P1-01

スマートフォンでのゲーミフィケーションを用いた学習支援：アンロック要素の影響

Learning support with the gamification on smartphones: The effects of unlock of the gamification

中桐 斉之[*1]，　鎌田　朋佳[*1]，　向坂 幸雄[*1, *2]
Nariyuki NAKAGIRI[*1], Honoka KAMADA[*1], Yukio SAKISAKA[*1,*2]
[*1] 兵庫県立大学環境人間学部
[*1]School of Human Science and Environment, University of Hyogo
[*2] 中村学園大学短期大学部幼児保育学科
[*2]Early Childhood Care and Education, Nakamura Gakuen University Junior College
Email: nakagiri@shse.u-hyogo.ac.jp

あらまし：本研究では，学習支援におけるゲーミフィケーション要素，特にアンロック要素の影響を解析するため，スマートフォン学習支援システムを開発した。システムは 4 択クイズ形式とし，解答により獲得したポイントでキャラクター育成を行い，アンロック機能を組み込んだ。これを用い，キャラクター育成におけるアンロック要素が学習モチベーションに与える影響を調べた。その結果，アンロックの要素を組み込んだアプリケーションの方が組み込んでいないアプリケーションよりもクイズの試行回数が多い傾向があり，アンロックの要素がモチベーションの向上に影響を及ぼす可能性があると考えられた.
キーワード：携帯端末，ゲーミフィケーション，アンロック，学習支援，スマートフォン

1. はじめに

近年，様々な分野において ICT 化が進んでいる．初等教育から高等教育にいたるまで，ICT の利活用が進んできており，スマートフォン等の携帯端末を利用した学習が行われるようになってきている．

しかし，携帯端末による学習には，他のアプリケーション（以下，アプリ）や SNS に気を取られて学習が進まないという問題があり，ユーザの自律性が必要である(1)と指摘されており，スマートフォンによる学習では，モチベーションを維持・向上できないことが重要な課題となっている．

近年，ゲーミフィケーションが注目され，学習支援の分野でも導入されてきている．ゲーミフィケーションとはゲームデザインの要素や技術をゲーム以外の分野に応用することで，学習支援においても，モチベーションの維持・向上の効果があることが期待できる(2)ことなどがわかってきた．ゲーミフィケーションの要素については，能動的な参加，称賛を演出，即時のフィードバック設計，独自性の歓迎，成長の可視化，達成可能な目標設定の 6 要素がある(3)ほか，具体的な要素として，ポイント，バッジ，リーダーボードと呼ばれるゲーミフィケーションの PBL の他，コレクション，アンロック，達成履歴などがある.タスク管理の分野においては酒見らが，ゲーミフィケーションのポイントやキャラクターの育成がモチベーションに与える影響を解析している(4). それらの研究を受け，学習の分野において，それぞれの要素にどのような効果があるかなど，ゲーミフィケーション要素の詳細な効果について研究が始まってきている(5).

2. システム

本研究では，大学生を対象とし，色彩検定を対象としたクイズ形式の学習支援システムを構築する. 学習におけるモチベーション維持・向上への影響を解析するため，スマートフォン用システムを開発した. 対象の学習分野は色彩検定とした. 色彩検定は，色彩の知識や技能レベルを知ることができる試験で，文部科学省後援の公的資格であるが，学習用アプリが少なく，学習の効率化が難しいと考えられるからである(5).

システムは，クイズ形式のアプリとし，練習問題として 2 択の○×問題及びテスト用 4 択のクイズ問題を作成し，問題内容は色彩検定の学習用とした. システムは Xcode（Ver.16.2）,Swift 6.0.3 にて iOS 向けのアプリケーションとして実装し．アンロックの要素有りと無しの 2 種類のアプリを作成し，ゲーミフィケーションにおけるアンロックの要素の効果を比較する．アンロックの要素とは，ユーザが目標を達成するとロックが解除され何らかの機能が利用可能になるものである.

アプリケーションは, トップ画面, スタート画面, 練習問題選択画面, テスト問題選択画面, 育成画面, キャラクター画面，慣用句名リスト画面で構成されている. トップ画面からはスタート画面に遷移でき, スタート画面から各画面へ遷移する(図 1). 練習問題選択画面は分野ごとにセクションを分け，○×クイズの出題を行う．練習問題は 2 択にすることで学習のハードルを下げるようにした．テスト問題選択画面では，問題数を 3,5,10 問の中から選択できる．テスト問題では色彩検定の全分野からランダムに 4 択クイズが出題される．クイズは，1 問正答するごと

に5ポイントを獲得でき，正答すると，○の画像表示後，正解の効果音が鳴り，即時フィードバックが行われる．誤答した場合は，×の画像表示後不正解の効果音が鳴る．そのほか，画面下部には進捗度合がグラフで表示され，グラフが全て埋まると，全問題の解答が終了し，スコア画面に遷移する．スコア画面では正答数とポイントの表示後，ボタンタップでスタート画面へ遷移する．育成画面では10ポイントで育成カウント1カウントと交換することができる．育成カウントが一定数貯まると，キャラクターのグラフィックが変化するようにし，アンロックの要素を取り入れた．キャラクターは全6段階とし，キャラクターが順に変化していくことによってステップアップする．ステップアップに必要なポイント数という目標をユーザに与えることで内発的動機付けを促進する．アンロック以外のゲーミフィケーションの要素は，ポイント，レベル，コレクション，即時フィードバックを取り入れている．実験では，アンロックありをアプリA，なしをアプリBとする．アプリAはポイントがたまるとポイントを育成カウントと交換することができ，育成カウントによってキャラクターが順番に従って成長する．アプリBはポイントを直接キャラクターと交換できるとし，キャラクターごとに交換に必要なポイント数を設定し，ユーザの好きなキャラクターと交換可能とする．

3.　予備実験

大学生約10名を被験者として，ユーザインタフェースと育成段階を簡略化したアプリのプロトタイプ版を用いて，予備実験を行った[5]．被験者をランダムに2つのグループA・Bにわけ，約5日間使用してもらった．その後，アンケート調査を行うとともに，クイズの解答率，システムのログイン回数，獲得ポイント数などを取得した．その結果，ポイント表示・育成機能についてはほとんどの被験者が良いと感じ，キャラクターの成長が気になり学習を続けたとの回答が多かったため，成長の可視化がモチベーションの向上につながると推測された．また，ゲーミフィケーションの可視化の要素・即時フィードバックが有効であることがわかった．

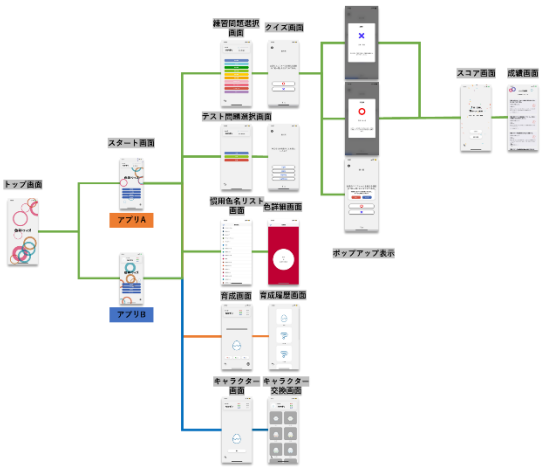


図1　画面遷移図

4.　実験および結果と考察

予備実験において，可視化の要素と即時フィードバックが有効であることがわかったため，ユーザインタフェースの改善をはかり，育成要素のグラフックを改善したバージョンで実験を行った．

被験者は，大学生男女16名とし，アプリAが9名，アプリBが7名であった．期間は，12日間として，アプリ開始時に事前テストを行い，アプリ利用後に事後テストを行った.事前事後テストはアプリの全問題から一定数を抽出して作成した．また，被験者の使用データとして，ログイン日時，ログイン回数，クイズ試行日時，クイズ試行回数，クイズ成績，各累計獲得ポイント数，育成ポイント使用数とキャラクター(アプリA)，交換済みキャラクター(アプリB）等のデータ取得を行った．

実験の結果，アプリA，Bともに事前テストより事後テストの方で点数が高くなることが分かり，本システムの有用性が明らかになった．これは，ポイントを貯めてキャラクターの外見を変化させるといったポイントやアンロックの要素が，内発的動機付けとなっている為だと考えられ，これが学習モチベーションの維持に繋がったと考えられる．また，クイズの試行回数を調べたところ，アプリAの方がアプリBよりも多い傾向があり，アンロックの要素がモチベーションの向上に影響を及ぼす可能性が示唆されたと考えられる．

参考文献

(1)　谷井宏尚，諏訪博彦，太田敏澄:“m ラーニングにおける自律神型学習モデルに関する研究”，日本社会情報学会第22回全国大会研究発表論文集, pp.90-93(2007)
(2)　中桐斉之，酒井瞳，向坂幸雄:“携帯端末によるゲーミフィケーションを組み込んだ学習支援システムの開発 ： 可視化の影響”，兵庫県立大学環境人間学部研究報告, 25, pp.33-40 (2023)
(3)　一般社団法人日本ゲーミフィケーション協会：“ゲーミフィケーション6要素”
https://www.jgamifa.jp/6elements (参照 2025.6.3)
(4)　酒見真歩，中桐斉之：“先延ばし行動改善のためのゲーミフィケーションを活用したタスク管理システムの開発”，情報処理学会第82回全国大会講演論文集, 1, pp. 571-572 (2020)
(5)　鎌田朋佳，中桐斉之:“携帯端末によるゲーミフィケーションを用いた学習支援システム：アンロックの効果”,教育システム情報学会2024年度学生研究発表会講演論文集, pp.101-102　(2025)

P1-02

生成 AI を活用した数学学習における教訓導出支援システムの提案と試作

Proposal and Prototype of a Lesson-Derivation Support System Utilizing Generative AI in Mathematics Learning

山口 夢叶, 高木 正則
Yuna YAMAGUCHI, Masanori TAKAGI
電気通信大学 情報理工学域
The University of Electro-Communications
Email: y2210662@gl.cc.uec.ac.jp

あらまし：本研究では，数学学習における質の高い教訓導出を目的とし，認知カウンセリングの考え方を応用した生成 AI による振り返り支援システムの提案と試作を行った．本システムは，生成 AI が学習者自身の内省を促す対話を通じて，誤りの原因分析や質の高い教訓の言語化を支援する．動作検証の結果，このアプローチが教訓の質向上に貢献する潜在的な可能性が示された．
キーワード：教訓帰納，生成 AI，振り返り，問題解決，認知カウンセリング

1. はじめに

本研究は，振り返り学習を促す「教訓帰納」に着目する [1]．教訓帰納は，学習経験から得られた知見を具体的な「教訓」として言語化し，それを今後の学習に活かす内省的な学習方略である．しかし，学習者自身による質の高い教訓の導出は困難であり，教員による個別最適な指導も現行の教育環境下では難しい．そのため，教訓帰納の効果は限定的となりやすい [2]．故に，個々の学習者の内省を効果的に支援する新しいアプローチが求められる．

そこで本研究は，数学学習において学習者が質の高い教訓を導出することを目的とし，対話型生成 AI を活用した認知カウンセリングに基づく振り返り支援システムの提案と試作を行う．本システムにより，学習者一人ひとりに寄り添った質の高い教訓導出を促し，数学学習における効果的な振り返り学習の実現が期待される．

2. 関連研究とリサーチクエスチョン

柴 [2] は，定期テスト後の振り返りに教訓帰納を用いた結果，導出された教訓の質が高い学生ほど，その後のテスト成績が高い傾向にあることを示した．植阪 [3] は，教訓帰納を継続的に行うことで，学習者の学習観が練習量を重視する志向から，学習方法を工夫する認知主義的なものへと変容する可能性を示した．しかし，これらの研究は教訓の導出を支援対象としない．

一方で，廣瀬ら [4] は，GPT-3 を用いて学習者の振り返りと計画の記述に対するアドバイスを自動生成し，学習者にフィードバックしている．しかし，教訓帰納のプロセスを対話的に支援し，質の高い教訓導出を目指すアプローチは，未だ研究の余地が大きい領域である．

3. 提案と試作

図 1 に本システムの構成図，図 2 に試作した本システムの画面例を示す．本システムはデータ管理機能，対話制御機能，教訓閲覧機能，データベースで構成され，生成 AI と外部連携する．生成 AI モデルには「Gemini 2.5 Pro Preview 0506」を採用した．

学習者は，まず問題，模範解答，そして自身の解答の 3 つから構成される問題・解答群データをシステムに入力する．データ管理機能は，学習者から入力された問題・解答群データをデータベースに格納する．その後，データ管理機能はデータベースから当該問題・解答群データを取得し，対話制御機能へ送信する．対話制御機能は，受け取った問題･解答群データと，初期プロンプトを生成 AI に送信する．この初期プロンプトは，認知カウンセリングの考え方を反映し，生成 AI が学習者に対して直接的な答えや解説を行うのではなく，学習者自身の思考を促すような問いかけや，誤りの原因を自ら発見するためのヒントを提示するよう設計されている．具体的には，学習者自身による正解の理解，誤りの原因分析，具体的な教訓の導出，そして導出された教訓の質の向上を支援する対話を展開するよう指示している．

教訓の質は，柴 [2] によって定義された 5 段階のレベルを採用した．表 1 に 5 段階の教訓の質を示す．

対話制御機能は，生成 AI と連携して学習者との対話を開始し，表 1 の定義に従って学習者の教訓の導出および質の向上を目指す．導出された教訓は，対話制御機能からデータ管理機能を経てデータベースに蓄積･管理される．学習者は，教訓閲覧機能を用いて，データベースに蓄積された過去の全教訓を閲覧し，今後の学習に活用することができる．

表 1 教訓の質と評価基準

質	評価基準
5	自分の間違いに即して、同型問題に活用できる汎用的な知識について述べている
4	自分の間違いに即して、同じ問題に活用できる具体的な知識について述べている
3	自分の具体的な間違いについて述べているのみ
2	問題内容に関する知識について述べているが、自分の間違いに即したものではない
1	抽象的な感想や今後の目標について述べているのみ

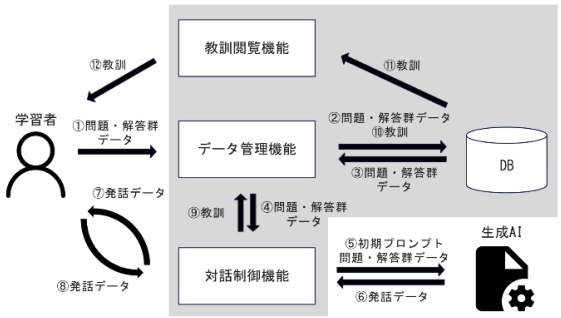


図 1 振り返り支援システムの構成図

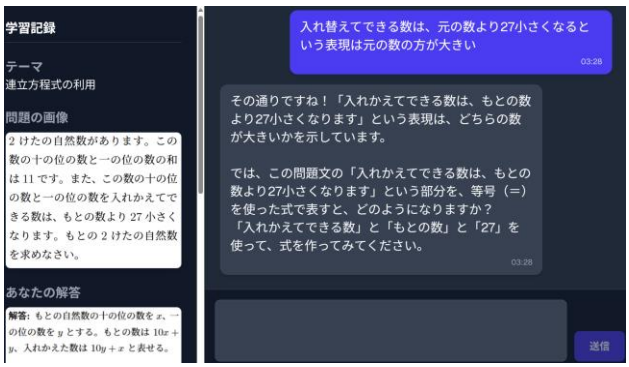


図 2 システムの画面例

4. 動作検証

4.1 検証の概要

提案システムが，学習者によって導出される教訓の質の向上に寄与するかを明らかにするために，中学 2 年生の学習範囲である連立方程式を対象として動作検証を行った．検証にあたり，文章題を 10 問用意した．これらの問題に対して，学習者が実際に犯しうる誤答を想定し，それぞれの誤答に基づき著者が 10 個の教訓を導出した．その後，同じ誤答シナリオを用いて本システムを利用し，対話を通じた教訓の導出を行った．導出された教訓の質の評価は，著者の所属する研究室の学部生が行った．

4.2 検証結果

本検証で扱った 10 個の教訓のうち，教訓の質が 5 未満であった全教訓の質の変化を表 2 に示す．表 2 から，教訓の質が 5 未満であったすべての教訓で質の向上が確認できる．この結果は，本システムが質の高い教訓の導出を支援する可能性を示唆している．表 2 の問題番号 3 の教訓の質が向上した具体的な対話例を表 3 に示す．問題番号 3 では，「5 年前，姉の年齢（x）は妹の年齢（y）の 3 倍」という問題文の解釈において「x-5=3y-5」という誤答が想定された．表 3 はこの誤答シナリオに対する対話例である．表 3 から，具体的な問いかけを重ねることで，段階的に正解へ至る思考プロセスを促し，質の高い教訓が導出されたことがわかる．このような主体的思考を支援するアプローチにより，結果としてより本質的で応用可能な教訓の言語化が促進された．

表 2 システム利用前後の教訓の質の変化

問題番号	システム利用前の教訓		システム利用後の教訓教訓	
	記述内容	質	記述内容	質
1	x年前であれば登場人物全員の年齢からxを引く	4	『〇〇の△倍』という表現が出てきたら、まず『〇〇』にあたる部分を正確に式で表し、その後に式全体を『△倍』する	5
2	2つの式を引き算する場合は、引く式の符号を必ず変える	2	集中力が切れても符号ミスしないように、符号の部分に丸をつけ、わかりやすくする	5
3	電車がとある道を完全に通過するときに進む距離は、道の長さに車両の長さを足す	4	問題文の言葉の定義を正確に理解し、図や状況をイメージして式を立てることが大切である	5

表 3 教訓の質が向上した対話例

システム	著者
「妹の年齢の3倍」という部分がポイントです。例えば、もし妹の5年前の年齢が Z歳 だったとしたら、その3倍はどのように表せますか？	3Z
その通りです！では、先ほど確認したように、5年前の妹の年齢は y-5 ですね。これを先ほどの Z に当てはめて、「5年前の妹の年齢の3倍」を表すとどうなるでしょうか？	3y-5じゃないですか？
おしい！とても良い線まで来ています。「5年前の妹の年齢」は (y-5) ですね。この (y-5) という年齢全体を3倍する、と考えてみてください。もし、(y-5) を一つの塊（かたまり）として見たとき、その塊を3倍するにはどうすれば良いでしょうか？例えば、リンゴが (y-5) 個入った袋が3つある、というイメージです。	あ～なるほど。3(y-5)ですね
はい、その通りです！では、この問題のように「〇〇の△倍」という表現が出てきたとき、計算の順番を間違えないようにするためには、問題文のどこに注目すると良いと思いますか？	〇〇の△倍という問題では、〇〇を式にしてからその式全体を△倍する

一方で，教訓の質は 5 と評価されたものの，システム利用前の具体的な教訓が，利用後には抽象的な表現へと変化し，具体的な行動指針を得にくいケースも見られた．表 2 の問題番号 3 で示されるシステム利用後の教訓は，システム利用前より一般化は進み，質は向上したが，具体的な図示や立式方法が示されず，活用のしやすさが損なわれている．このような事例は，現在の質の評価基準では，教訓が持つべき汎用性と具体性の適切なバランスを十分に捉えきれていない可能性を示唆している．

5. おわりに

本研究では，対話型生成 AI を活用した認知カウンセリングに基づく教訓導出支援システムを提案し，試作システムを開発した．具体的な誤答事例に基づく動作検証の結果，本システムが学習者の内省を効果的に促し，質の高い教訓の導出を支援する潜在的な可能性が示された．今後は，より効果的な教訓導出のために，評価基準の改良や細分化を行い，中学生を対象とした評価実験を実施する予定である．

参考文献

(1) 市川伸一:“実践的認知研究としての「認知カウンセリング」”, サイエンス社, 認知科学のフロンティア I, pp.134-163 （1991）
(2) 柴里実: “数学的問題解決後の振り返り記述をいかに評価するか—失敗から引き出された教訓の質を捉える新たな基準の提案—”, 教育心理学研究, Vol.70, No.2, pp.231-245 （2022）
(3) 植阪友理: “学習方略は教科間でいかに転移するか—「教訓帰納」の自発的な利用を促す事例研究から—”, 教育心理学研究, Vol.58, No.1, pp.80-94 （2010）
(4) 廣瀬伸行, 白松俊, 奥原俊: “学習者の振り返りと計画を支援するアドバイスの GPT-3 による自動生成”, The 37th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence （2023）

数学学習における主観的フィードバックを用いた個別最適な問題推薦システムの提案と試作

Proposal and Prototype of a Personalized Problem Recommendation System Utilizing Subjective Feedback in Mathematics Learning

三浦 翔大[*1], 大輪 拓也[*2], 高木 正則[*1]
Shota Miura[*1], Ohwa Takuya[*2], Masanori Takagi[*1]
[*1] 電気通信大学 情報理工学域
[*1] The University of Electro-Communications
九州工業大学 工学部
[*2] Kyushu Institute of Technology
Email: s.miura@uec.ac.jp

あらまし: 本研究では，学習者が解答したい問題へのニーズや解答意欲などを考慮した問題推薦システムを提案し，試作システムを開発した．本システムは，学習者の主観的フィードバックを大規模言語モデル（LLM）が解釈し，個々の状態に応じた問題と推薦理由を生成する．本システムにより，学習者の主観に寄り添った問題推薦を実現でき，学習効率の向上やモチベーション維持への貢献が期待できる．
キーワード： 問題推薦，適応型支援，生成 AI，数学科教育

1. はじめに

近年，学習者一人ひとりの特性に応じた「個別最適な学び」の実現が教育現場で求められている(1)．「個別最適な学び」の実現には，個々に適合した問題の推薦が有用である．従来の推薦手法では，学習者の各問題への正誤情報に基づく学力レベルに応じた問題推薦が多数提案されている(2)(3)．しかし，学習者がどのような問題を解きたいか，どの分野に興味があるのか，またはどのスキルを向上させたいか，などの学習者のニーズや解答意欲を考慮した柔軟な問題の推薦は実現されていない．

一方，近年，大規模言語モデル（LLM）の教育分野への応用が注目されている(4)．LLM は，高度な言語・文脈理解能力と柔軟なテキスト生成能力を主要な特徴とする．これらの特徴を応用することにより，学習者の曖昧なフィードバックから状況を的確に推定し，それに基づいた推薦根拠や個別化された学習目標の提示が期待できる．

そこで，本研究では，学習者の解答ニーズを考慮した問題の推薦とその推薦理由の提示を目的とした問題推薦システムを提案する．具体的には，学習者の多角的な主観的反応を LLM が分析・解釈し，現在の状態に応じた最適な問題を選定するシステムを構築する．これにより，学習者の主観に寄り添った効果的な動機付けに繋がる問題推薦が期待できる．

2. 関連研究

Takami ら(5)は，学習者の知識状態を確立的にモデル化する BKT（Bayesian Knowledge Tracing）パラメータから問題特性に基づいて生成した推薦理由の説明付与が学習者の問題への取り組みを促進する上で効果があることを示した．また，Labaj ら(6)は主観的難易度に基づく協調フィルタリングで難易度を推定した．Fazlija ら(7)は問題解決前の主観的困難度が成績予測に繋がりうることを示し，主観的フィードバックの有用性を示唆した．

一方，本研究は学習者に応じた多様な理由提示を目指す点や，難易度以外の多角的な主観的フィードバックを LLM が解釈し，問題推薦と個別具体的な推薦理由を生成する点に新規性がある．

3. 提案と試作

3.1 システムの概要

本研究で提案するシステム概要図を図 1 に示す．図 1 中の塗潰部が実装済みの機能である．本システムでは，まず，学習者が選択した学習分野の診断問題を提示する．学習者は提示された診断問題を確認し，4 つの所感（問題文理解度，解法計画立案度，困難度，意欲）と解きたい問題の要求を自由記述で入力する．その後，「推薦問題検索機能」が診断問題の特徴と学習者からのフィードバックを LLM に提供し，LLM から出力された推薦問題とその理由を学習者に提示する．

3.2 推薦方略

本研究では，問題文の理解が困難な学習者には，より平易な同種問題を推薦する．また，問題文は理解できるものの，解法計画に問題がある場合には，学習者の意欲や主観的な難易度認識に応じて，基本問題による動機付けや関連知識の確認問題を推薦する．問題文理解と解法計画が共に良好な学習者には，応用問題による発展的な学習を奨励する．これらの方略に該当しない場合は，学習傾向や未学習領域を考慮し，バランスの取れた問題を推薦する．また，

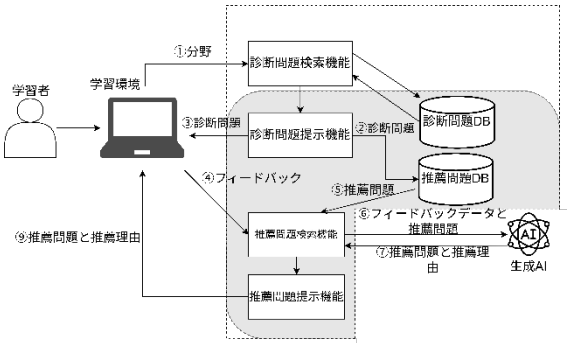


図 1:システム概要図

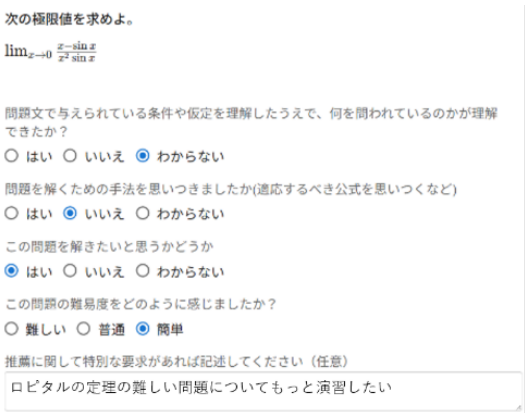


図 2：診断問題と主観的フィードバックの画面例

自由記述に特別な要求がある際は，理解状況とその要望から複合的に推薦する．

3.3 試作

本研究では，生成 AI モデルとして「Gemini 2.5 Pro Preview 0506」を採用してシステムを試作した．また，理工系大学 1 年生が学習する数学科目の演習問題 117 問を，解答時に使用する公式や関連分野，生成 AI が推定した難易度で分類したうえで，推薦問題 DB を構築した．診断問題と学習者からのフィードバックを入力させる画面例を図 2 に示す．学習者は提示された診断問題に対し，システムから提示される 4 つの質問に回答する．診断問題とその特徴（難易度や関連分野），学習者から回答されたフィードバックを JSON 形式，推薦候補問題(117 問)を CSV 形式で生成 AI のプロンプトに組み込み API 経由で LLM に送信する．LLM は推薦問題 DB から学習者に適切であろう問題を選定し，その推薦理由を生成する．LLM から推薦された問題とその理由は JSON 形式で受け取り，画面に表示する．

4. 検証

仮想の大学学部 1 年次の学習者を想定し，本システムがどのような問題を推薦するのかを検証した．表 1 に診断問題の特徴と学習者からのフィードバックに基づいて LLM から推薦された問題と推薦理由を示す．表 1 より，学習者が問題に対する理解が深く，より難しい問題を要求している際には，式の変形や置き換えが必要な解答までのプロセス数の多い問題を推薦していることが確認できる．一方，学習者が問題文の理解ができておらず，意欲が低いと回答した際は，より典型的で推定難易度の低い問題を推薦していた．以上から，学習者の主観的な意図を反映した問題推薦ができる可能性が示唆できる．

5. おわりに

今後は学習者の解答ニーズをより正確に取得するための質問項目や生成 AI のプロンプトの最適化，実証実験による効果検証を行う予定である．

参考文献

(1) 文部科学省：“「個別最適な学び」と「協働的な学び」の一体的な充実,”[Online].
(2) Corbett, A.T., Anderson, J.R. Knowledge tracing: Modeling the acquisition of procedural knowledge. *User Model User-Adap Inter* **4**, 253–278 (1994).
(3) Lord, F.M. (1980). Applications of Item Response Theory To Practical Testing Problems (1st ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203056615
(4) E. Kasneci, K. Seßler, S. Küchemann, M. Bannert, D. Dementieva, F. Fischer, U. Gasser, G. Groh, S. Günnemann, E. Hüllermeier, S. Krusche: ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education, Learning and Individual Differences, Vol.103, pp.1-9, 2023
(5) Takami, Kyosuke & Flanagan, Brendan & Dai, Yiling & Ogata, Hiroaki. (2021). Toward Educational Explainable Recommender System: Explanation Generation based on Bayesian Knowledge Tracing Parameters.
(6) Labaj, Martin & Bielikova, Maria. (2014). Utilization of Exercise Difficulty Rating by Students for Recommendation. 13-22. 10.1007/978-3-319-13296-9_2.
(7) Fazlija, Bledar. (2024). Feeling the difficulty of mathematics. Proceedings of the 17th International Conference on Educational Data Mining, 408-414. 10.5281/zenodo.12729846.

表 1：学習者からのフィードバック情報と推薦された問題

問題番号	入力								出力			
	問題の特徴			学習者からのフィードバック					推薦された問題の特徴			推薦理由
	問題分野	難易度(推定値)	問題の特徴	問題文理解度	解法計画度	困難度	意欲	自由記述	問題分野	難易度(推定値)	問題の特徴	推薦理由（要約）
A	ロピタルを使用する極限	標準	0/0の不定形	はい	はい	簡単	はい	ロピタルの定理のもっと難しい問題を解きたい	ロピタルを使用する極限	応用	0×∞の不定形	式変形や置換などのいくつかのテクニックを使った応用的な問題を推薦した
B	拡大係数行列	標準	拡大係数行列のrankの条件を使用して，文字の値を求める問題	いいえ	いいえ	難しい	いいえ	問題文からなにを求めたらいいのかがわからなかった	拡大係数行列	基本	拡大係数行列を用いて連立方程式を解く典型問題	連立一次方程式と簡約行列との関係の理解が大切なので，まずは典型問題を推薦した．

P1-04

特別支援教育におけるデジタルとアナログ教材の実践的比較検討

－軽度知的障害・ASD 児を対象に－

A Practical Comparative Study of Digital and Analog Teaching Materials in Special Needs Education

- Focusing on Children with Mild Intellectual Disabilities and ASD -

本間　優子
Yuko HONMA
新潟青陵大学
Niigata Seiryo University
Email: hyuko@n-seiryo.ac.jp

あらまし： 本研究は特別支援学級に在籍する児童を対象に役割取得能力トレーニングを実施し，デジタル絵本と紙芝居という異なる教材を用いた際の，児童と教諭の発話内容を比較検討した。Müller-Brauers ら（2020）のカテゴリーに基づく分類の結果，デジタル絵本群は物語的関与を促進し，児童が能動的にトレーニングに参加できる環境づくりに役立つ可能性が示唆された。

キーワード： **ICT 活用　主体性・能動性　軽度知的障害**　自閉スペクトラム症　デジタル絵本

1. はじめに

役割取得能力とは自己の立場からだけではなく他者の立場に立ち，相手の感情や思考を理解することのできる能力である （Selman, 1976)。特別支援学級に在籍する軽度知的障害児は自閉スペクトラム症などの発達障害も併せ持つ場合が多いが，両障害種に共通する課題として，役割取得能力の発達段階の低さに伴う社会適応の困難さを挙げることができる。本研究は役割取得能力トレーニング時の児童と教諭の発話内容を比較検討することで，対象児のトレーニング時の主体性・能動性の解明を行い，軽度知的障害・自閉スペクトラム症の両障害を併せ持つ児童に実施可能な，特別支援学級の自立活動における ICT 教材を活用した新たな教育プログラムの開発に向けた基礎的検討を行うことを目的とした

2. 方法

2.1. 対象児

小学校特別支援学級に在籍する男児 4 名（2 年生 1 名，3 年生 2 名，4 年生 1 名)。全員が軽度知的障害と診断され（WISC-IV／V 全検査 IQ60～68)，加えて自閉スペクトラム症の診断も受けていた。

2.2. 使用教材

役割取得能力トレーニング用デジタル絵本アプリ「こころえほん Jr.」（本間，印刷中）を使用した。紙芝居教材は，同アプリ内の物語課題および挿絵をそのまま使用して紙芝居化し，同一内容・同一場面数（3 場面）で構成した。

2.3. 手続き

デジタル絵本群に 2 年生，3 年生，4 年生の各 1 名を，紙芝居群に 3 年生 1 名を割り当てた。週 1 回 1 課題のトレーニングを計 4 回実施した。デジタル絵本群では，対象児とトレーニング実施者がデジタル絵本を聴取した後，質問音声を聴取し，対象児が回答する形式を取った。紙芝居群では，実施者が紙芝居を読み聞かせた後に口頭で質問を行い，対象児が回答した。セッション中は，小型ビデオカメラ（SONY アクションカム HDR-AS50)を対象児の正面に目立たない形で設置して録画した。録画データから対象児と担当教諭の発話部分を逐語録化し，発話単位ごとに発話者を区別し，文脈保持に留意して逐語録を作成した。作成した逐語録および録画映像に基づき，Müller‐Brauers ら（2020）が提唱した 6 カテゴリー分類基準に基づき，支援者の発話を分類した。

(1) Narrative（ナラティブ)：物語的なアニメーションに対して，ナラティブな形で言及 **(2) Illustrative（図解)**： 挿絵的なアニメーションに対して，視覚的な情報を強調する形で言及 **(3) Operative-narrative**（操作的－ナラティブ)： 物語的アニメーションに対し，操作的要素（例：キャラクターのタッチ操作など）を含めた言及 **(4)Operative-illustrative**（操作的－図解)：図解的アニメーションに対して，操作的行動を促す発話 **(5)Narrative-navigating**（ナラティブ・ナビゲーション)：ナビゲーション機能に付随するアニメーションに対して，物語的な文脈で言及 **(6)Operative（操作的)**：アニメーションの機能（物語的，図解的，ナビゲーション等）に関係なく，単に操作行動を指示する発話。

カテゴリー分類は，2 名が独立して行い，コーディング一致率(80%以上)を基準に分類精度を確認した。不一致箇所は協議により最終決定した。分類後，各セッションにおけるカテゴリー別発話件数を集計し，総発話数に占める割合（%）を算出した。

倫理的配慮　新潟青陵大学倫理審査委員会の承認（承認番号：201801）を得た上で実施した。

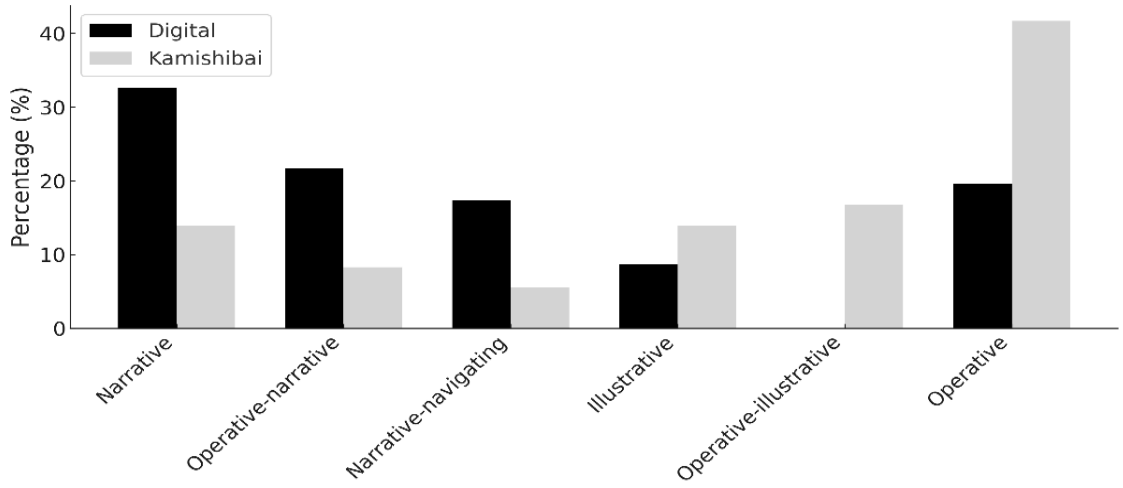


Figure1　Speech Category Comparison：Digital picture book vs Kamishibai

3.結果と考察

総発話数（デジタル絵本 92 件，紙芝居 36 件）に占める，各カテゴリーの出現回数をパーセンテージで示す（Figure1）。その結果，デジタル絵本群では Narrative 発話（物語内容に言及する発話）が全体の 32.6%を占め，Operative-narrative 発話（キャラクターとインタラクティブに関わる発話）が 21.7%を占めた。あわせて 54.3%が物語内容と深く関連する発話であり，児童が物語世界に主体的に関与していたことが明らかとなった。具体的には，児童は登場人物の気持ちや行動に言及し，登場人物と対話するかのように主体的に関わろうとする傾向が示された。例えば，「この子，怒ってるのかな？」という発話や，「○○ちゃんを助けてあげよう」といった発話がこれに該当する。これは，ICT 教材の持つマルチモーダルな提示が児童の想像力を刺激し，物語への没入と他者視点の獲得を促した結果と考えられる。また，教諭も物語的対話を促す発話を多く行い，児童の主体的関与を支援していた。これに対し紙芝居群では，Narrative 発話が 13.9%，Operative-narrative 発話が 8.3%にとどまり，両者合わせても 22.2%と低かった。紙芝居群の特徴としては，Operative カテゴリーや Operative-illustrative カテゴリーに該当する発話が多く，物語内容よりも，目に見える絵の要素や次の展開への操作的な関心にとどまる傾向が強いことが明らかとなった。例えば，「次，めくって」，「お父さんが出てきた」といった，表層的な事実確認にとどまる発話が多く示された。これは紙芝居を用いた場合，児童による操作ではなく，教諭による紙芝居の提示が行われており，それにより物語の展開が受動的に提示されるため，児童が自ら物語世界に働きかける契機が乏しかったことによると推察される。

また，デジタル絵本群では Narrative-navigating 発話（ストーリーの進行に対する期待や操作）が 17.4%と比較的多く，「次はどうなるのかな？見てみよう」等の発話もデジタル絵本群で多く観察され，児童が物語の構造を意識し，次の展開に期待を寄せながらストーリーを能動的に追う様子が認められた。一方，紙芝居群では，次の展開を主体的に期待・操作する行動（発話）は少なく，物語全体の見通しを持つことが難しい様子が窺えた。

逆に，Operative 発話（単なる操作に関する発話）は，紙芝居群で 41.7%と最も多く，デジタル絵本群の 19.6%と比べて約 2 倍にのぼった。紙芝居群では，物語理解よりも，単なるページめくりなどの行動に関する発話が中心になりがちであったことが示された。

さらに，Illustrative 発話（イラストへの注意喚起）は，両群でそれぞれデジタル絵本群 8.7%，紙芝居群 13.9%だったが，デジタル絵本群ではこの発話が Narrative 発話へ自然に発展する傾向が見られ（例：「猫ちゃんが壁にいるよ」），それらが Narrative 発話への橋渡し役となり，単なる視覚的注意喚起にとどまらず，物語理解を深める方向に作用していた点も注目される。これに対し紙芝居群では，イラストへの言及が単発的で，物語への統合的理解に結びつきにくい傾向があった。

これらの結果から，デジタル絵本はマルチモーダルな提示が児童にとって想像力を喚起しやすい支援環境となり，物語世界に主体的に参加する契機を増やしていると考えられた。これらの結果は，ICT 教材（デジタル絵本）の使用が，児童の主体性・能動性を引き出し，物語への積極的関与を促すという点で，紙芝居に比して優位性があると考えられ，特別支援学級に在籍する児童の役割取得能力のトレーニング実践に用いる教材として，アナログ教材よりも有用である可能性を示唆している。特に，社会適応の基盤となる「他者の視点に立つ力」である役割取得能力を育成するためには，児童が能動的にトレーニングに参加できる環境づくりが重要であり，本研究から有益な知見を得ることができたと言える。

付記　JSPS 科研費 23K02350 により実施した。

P1-05

教学 IR システムでの実践的応用に向けた 自由記述型課題のリアルタイム分析

Real-Time Analysis of Free-Response Assignments for Practical Application in Teaching Institutional Research Systems

加藤 寛士[*1], 八幡 政浩[*1], 松木 利憲[*2], 山田 祥之[*2]
Hiroshi KATO[*1], Masahiro YAHATA[*1], Toshinori MATUKI[*2], Yoshiyuki YAMADA[*2,]
[*1] 株式会社 The Logs
[*1]The Logs inc.
[*2] 国立大学法人電気通信大学
[*2]The University of Electro-Communications
Email: providence@logs.world

あらまし：本稿では、キャリア教育科目における自由記述課題をリアルタイムに収集・分析し、教学 IR（Institutional Research）の高度化を支援する情報基盤の構築と、その電気通信大学における運用事例について報告する。構築したシステムは、提出データの自動構造化、トピック分類、および AI による個人プロファイリング機能を備える。これにより、トピック分類された記述と、記述者の興味関心の対象・モチベーションの源泉・価値観といった傾向をダッシュボード上で可視化し、大学全体の施策設計と n=1 の個人特性を連動的かつリアルタイムに把握することを可能にした。本研究は、定量指標やスナップショットデータに依存しがちな従来型 IR に対し、新たな分析枠組みを提示するものである。

キーワード：教学 IR、キャリア教育、自由記述ログ、リアルタイム分析、トピック分類、AI プロファイリング

1. はじめに

近年、生成 AI や LMS の普及に伴い、教育現場では「何を学んだか」に加え、「誰が、なぜ、どのように学んでいるか」といったコンテクスチュアルな学修情報に対する分析への関心が急速に高まっている。その背景には、学生の興味関心の対象、モチベーションの源泉、価値観といった情報の把握を前提として、n=1 での学生支援の質と精度を高めたいという動機がある。こうした学修文脈情報を引き出すためには、学生が内省的に自身の経験や思考を表現する機会を捉えることが重要であり、特にキャリア教育における自由記述形式の課題はその有効な手段となりうる。また、従来より e ポートフォリオシステムを授業と密接に連携させ、学生支援の高度化を図る取り組みも報告されている(2)。

キャリア教育は、学生が自己の特性や価値観、将来の目標を見出し、社会との接続を主体的に構想する過程を支援する教育活動であり、特に自由記述形式による課題は、経験や思考を自己の言葉で表現することを通じて自己理解を深化させる重要な手段として位置づけられている。こうした自由記述課題には、興味関心の対象、モチベーションの源泉、価値観といった文脈依存的な意味づけが含まれている。これらの情報は、個々の学生のキャリア志向や学修動機にとどまらず、学生集団全体における価値観や興味の分布を把握する手がかりともなりうる。したがって、自由記述課題を体系的に分析・活用することにより、キャリア教育に限らない大学全体の施策設計や支援方針への寄与が期待される。

こうした動向を受け、先行事例としては、株式会社プラスアルファ・コンサルティングが提供するスクールマネジメントシステム「ヨリソル」が注目されている(1)。ヨリソルは、授業アンケートや卒業生データを活用し、学生の傾向把握や進路サジェスト機能を備えたシステムであり、学修データを教育改善に活かす試みの一例である。

本研究では、こうした議論や先行事例の方向性を踏まえつつ、キャリア教育科目において学生が提出した自由記述課題をナラティブデータとしてリアルタイムに収集・分析し、教学 IR の高度化を支援するためのシステムを構築した。特に、収集されたデータに対してトピック分類および AI プロファイリングの機能を活用することにより、学生個人の課題意識と大学全体の組織的施策とを連動させるための情報環境を実現した点に本研究の特徴がある。

2. データ分析フローとシステムの概要

本研究で構築した分析基盤における処理全体の流れを以下に示す。

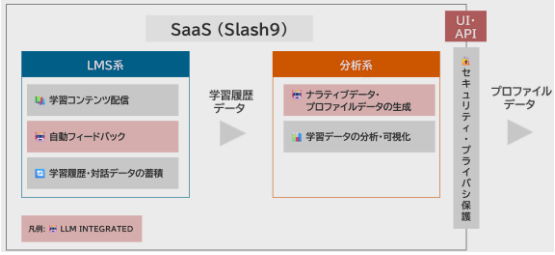


図 1：ナラティブデータ分析基盤の処理フロー

2.1　分析対象データ

分析対象としたデータは、2024 年度以降に電気通信大学で開講された以下、キャリア教育関連科目において、学生が提出した自由記述型課題の提出データである。

1. キャリア教育基礎
2. キャリアデザイン
3. 技術課程演習第二
4. アカデミックスキルズ
5. イノベイティブ総合コミュニケーションデザイン 2

これらの課題は、学内の LMS（Learning Management System）上で提出され、提出後 1 時間以内に Google Cloud Platform（GCP）が提供するデータウェアハウス（DWH）である BigQuery へ自動同期される。同期されたデータは、予め設計されたスキーマに基づき構造化され、トピック分類が実施される。これにより、ダッシュボードからのインタラクティブな可視化要求に対して即時に応答可能なデータ環境が整備される。

2.2　トピック領域とトピック分類機能

本情報基盤におけるトピック領域は、「学生生活系」「教育系」「研究系」の 3 つとし、各領域には複数の具体的トピックが紐づけられている。

表 1：トピック領域とトピックの設定

	学生生活系	教育系	研究系
Topic	1. インターンシップ 2. 国際経験 3. 経済的懸念 4. 起業・スタートアップ	1. デザイン思考 2. データサイエンス 3. 英語学習	1. レーザー 2. 拡張現実 3. 量子工学

トピック分類機能は、、提出された自由記述課題に対してキーフレーズベースのルールに基づき行われ、各記述がどの領域・トピックに関連するかを自動判別する仕組みとなっている。分類ルールは事前に専門家により定義されたキーワードセットを用い、複数トピックへのマルチラベリングも可能とした。

2.3 AI プロファイリング機能

本情報基盤における AI プロファイリング機能は、学生が提出した自由記述課題の過去データを分析対象とし、興味関心の対象、モチベーションの源泉、価値観といった要素に基づくプロフィールデータを自動生成する機能である。これにより、学生ごとの学修傾向や志向性をリアルタイムかつ体系的に把握できるよう設計されている。

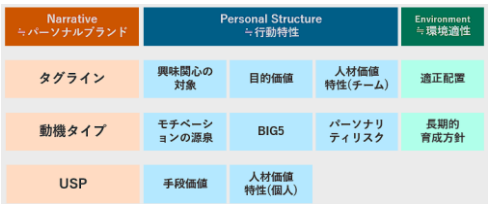


図 2：AI プロファイリングにおける主な分析軸

2.4 ダッシュボードの構成と機能

分析結果の可視化には、Google Cloud Platform（GCP）が提供する BI ツールである Looker Studio を用いている。本ダッシュボードは、トピック分類結果、学生プロファイル情報、元の自由記述データを相互に関連付けた構造を備えており、各種集計指標からレポート原文へのインタラクティブな遷移を可能としている。この設計により、施策判断の妥当性検証や注目学生の即時抽出といった実践的な活用が支援される。

3.　運用による効果実証

構築した情報基盤は、各科目においてナラティブデータの収集、構造化、分類、プロファイリング、可視化といった一連の処理を安定的に稼働させ、Web サービスとして実運用に耐える性能を示した。また、自由記述課題の収集と同時にプロファイリング情報が付加されることで、教員は学生個々の傾向を把握し、記述内容に応じたフィードバックに活用することが可能となった。例えば、プロファイル情報を参照しながら講義中に特定の学生に対して補足説明を行うなど、きめ細かな支援が行われた事例が複数報告された。

本基盤は従来のスナップショット的なデータ収集とは異なる、リアルタイムかつ文脈依存的な学修情報の収集・活用の実現可能性を示した。

4.　考察･結論

本研究では、ナラティブデータを分析対象とすることで、定量データでは把握が難しい個別学生の課題や文脈依存的な状態を捉える手段としての有効性を示した。特に、トピック分類と学生プロファイル情報を統合的に可視化し、インタラクティブな参照を可能としたことで、個別学生の理解と全体施策設計を一体的に支援する枠組みを提供できた点に、本情報基盤の特徴がある。

今後は、本研究は、ナラティブデータを活用した新たな教育支援基盤の構築とその実用性を示した点に意義があり、今後も実運用を見据えた透明性・説明可能性の向上やリスクマネジメント体制の整備に取り組む必要があると考えられる。

参考文献

(1) 株式会社プラスアルファ・コンサルティング「大学での活用シーン｜教育データの見える化ならヨリソル [Online].Available: https://www.yorisoar.com/scene/univ [Accessed:2025-06-05]
(2) 山田祥之「キャリア教育授業における e ポートフォリオ活用の実践」電気通信大学紀要 31 巻第 1 号, 2019 年

P1-06

PAC 分析による精神障害領域臨床実習でのスキル活用に関する作業療法学生の認識調査

A PAC Analysis of Occupational Therapy Students' Perceptions of Skill Utilization in Mental Health Clinical Practice

吉村 友希[*1], 戸田 真志[*2]
YUKI YOSHIMURA[*1], Masashi TODA[*2]
[*1] 熊本保健科学大学
[*1] Kumamoto Health Science University
[*2] 熊本大学
[*2]Kumamoto University
Email: yoshimura@kumamoto-hsu.ac.jp

あらまし：作業療法士養成教育における精神障害領域実習では，学生が対人関係に困難を抱えやすく，実践的スキルを活用できない場面も少なくない．筆者らはこれまで，自己効力感の向上を図る授業設計に取り組んできたが，授業で修得したスキルが実習現場でどのように活用されたかについては検討が不足していた．そこで本研究では，PAC 分析を用いて，臨床実習場面でのスキル活用に対する学生の認識を明らかにすることを目的とした．結果，実習自己効力感の高い学生はスキルを柔軟に活用していた一方，低い学生は対人不安や予期せぬ出来事により，十分に活用できていないことが示唆された．本研究は，実習と授業設計をつなぎ，教育現場における自己効力感支援のあり方に新たな視点を提示するものである．
キーワード：授業設計，作業療法，精神障害領域実習，質的分析，PAC 分析

1. はじめに

作業療法士養成教育における精神障害領域臨床実習では，精神障害領域特有の理解のしにくさや否定的なイメージにより，学生の苦手意識や患者との対人関係の困難さがしばしば報告[(1)]されており，実践的スキルの習得支援が急務である．筆者らは、Problem-based learning や真正課題を取り入れた授業設計[(2)(3)]により，知識・スキル・態度の統合を図るとともに，Bandura の理論に基づいた自己効力感の向上にも取り組んできた[(2)]. しかし，これまでの研究では，授業で得たスキルが実習場面でどのように認識され，実際に活用されたかという点に踏み込めていなかった．

そこで，本研究では，個人の主観的態度構造を可視化できる PAC（Personal Attitude Construct）分析[(4)]を用い，学生のスキル活用に対する認識を明らかにすることを目的とする．

2. 方法

2.1 対象者

本研究では，実習自己効力感の高低が PAC 構造にどのような違いを生むのかを探索的に検討するため，2024 年度に精神障害領域で総合実習を経験した学生の中から，実習自己効力感尺度[(5)]の得点が最も高かった者と最も低かった者の 2 名を対象に選定した．最も高い者の得点は 8.31 点，最も低い者の得点は 5.84 点であった．

2.2 手続き

手続きは内藤[(4)]に倣い，図 1 のように行った．なお，連想刺激文は，「あなたは，精神障害領域の実習において自身の力を発揮できましたか.」であった．

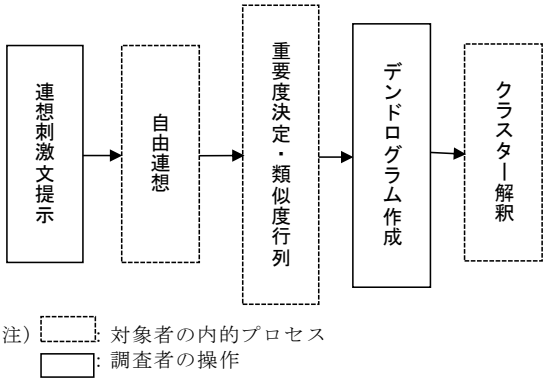


図 1 PAC 分析の手続き

3. 結果と考察

3.1 実習自己効力感の高い事例

高実習自己効力感事例の結果を表 1 に示す．事例は，作業療法の場面で，患者を観察しながら評価し，意図的に患者と関わり，患者の得意なことを治療に活用していた．

3.2 精神障害領域臨床実習自己効力感の低い事例

低実習自己効力感事例の結果を表 2 に示す．事例は，作業療法の場面で，全体に目を配り，特定の患者に合わせた対応を行っていた．しかし、実習中は体調不良が続き，さらに指導者への質問のしづらさや突発的な出来事への対応の難しさも重なっていた．

表 1 実習自己効力感の高い事例のクラスター（簡略）

CL	クラスター名	代表的な発話内容
1	作業療法評価としての観察	患者を観察しながら評価を行った
2	治療的介入	創作活動を通じて患者との会話から理解を深めた
3	個人因子	患者の得意なことを治療に活用した

※多角的にスキルを活用できている様子がうかがえる

表 2 実習自己効力感の低い事例のクラスター（簡略）

CL	クラスター名	代表的な発話内容
1	集団場面での治療的介入	集団全体に目配りを行いリスク管理に努めた
2	患者に合わせた治療的介入	患者に合わせた関わり方を工夫した
3	自分の心身面	体調不良が続き，集中できなかった
4	連絡・相談の困難さ	指導者にうまく相談できなかった
5	想定外な出来事への対応	突発的な出来事にパニックになった

※対人不安や困難さがスキル活用を妨げていた可能性がある

4. まとめと今後の課題

高実習自己効力感の学生は，患者中心の態度を持ち，治療的関わりを柔軟に展開していた．一方，低実習自己効力感の学生は，突発的の不安によって，スキルを活かしきれない場面が見受けられた．これは，自己効力感が対人支援場面での認知的余裕や柔軟性に影響を及ぼしている可能性を示唆している．

本研究の知見は，作業療法士養成教育における自己効力感育成の重要性を示すものであり，臨床教育と授業設計をつなぐ架け橋としての意義を持つ．

今後は対象者数を増やし，PAC 分析による態度構造の類型化を試みることで，学生のスキル活用を促進するための教育的介入指針の構築を目指す．本研究の示唆を表 3 に示す．

表 3 本研究の示唆

教育的インプリケーション
・学生の内面に焦点を当てた支援が必要 ・PAC 分析は主観的認識の可視化手法として教育に応用可能 ・教員はスキル提供だけでなく，学内および実習場面の心理的安全性の確保にも注力すべき

謝辞

本研究は，JSPS 科研費 JP22K02903 の助成を受けたものである．

参考文献

(1) 四本かやの，永井栄一，長尾　徹，野田和恵：“精神障害者の学内実習参画による学生の臨床における技能･態度についての自己認識と精神障害者に対するイメージの変化”，神戸大学保健学科紀要，Vol. 21, pp. 109–119 (2006)

(2) 吉村友希，戸田真志，久保田真一郎，鈴木克明：“精神障害領域作業療法における治療的態度修得のための熟考の機会を設けた授業設計と効果検証”，教育システム情報学会誌，Vol. 42, No. 1, pp. 50–65 (2025)

(3) 吉村友希，戸田真志，久保田真一郎，鈴木克明：“授業アンケートの自由記述に基づく改善は臨床推論学習に効果があるのか―精神障害領域作業療法における授業を対象として―” 教育システム情報学会誌，Vol. 42, No. 2, pp. 273–278(2025)

(4) 内藤哲雄：“PAC 分析実施法入門―「個」を科学する新技法への招待―改訂版”，ナカニシヤ出版，京都 (2012)

(5) 吉村友希，與座嘉康，久﨑孝浩：“作業療法学生を対象とした精神障害領域臨床実習自己効力感尺度の作成”，教育システム情報学会誌，Vol. 41, No. 2, pp. 162–176 (2024)

P1-07

半自動型アバターの教員の活用方法の分析

Analysis of Usage for Semi-Automatic Avatars by Teachers

小林 渓太[*1]，中林 寛人[*2]，青木 愛一郎[*1]，塩田 真吾[*3]
Keita KOBAYASHI[*1], Hiroto NAKABAYASHI[*2], Aiichiro AOKI[*1], Shingo SHIOTA[*3]
[*1] 福井大学　教育学部
[*1] Faculty of Education, University of Fukui
[*2] 早稲田大学　環境・エネルギー研究科
[*2] Graduate School of Environment and Energy Engineering, Waseda University
[*3] 静岡大学　教育学部
[*3] Faculty of Education, Shizuoka University
Email: kkobayas@u-fukui.ac.jp

あらまし：本研究では，教育用に開発した半自動型アバターアプリの教員の活用方法を調査・分析することで，今後の授業におけるアバター活用を考察する．アバターを利用した教員へのアンケートでは，教室で出てこない意見を言わせたり，反論を言わせたりすることが目的として多く挙がっていた．アバターに登録した発話内容の分析では，アバターの見た目ごとに発話カテゴリの違いが見られ，女の子アバターは「意見・説明」が最も多く，ネコアバターは「指示・質問・指名」が最も多いという結果となった．
キーワード：アバター，授業での活用，教員，動機，発話分析

1. はじめに

アバターを活用した様々な実践が行われており，例えば 1 クラス 3 名の小規模学級では多様な意見にふれさせる目的でアバターを登場させ(1)，意見の出にくい道徳科の授業であえて反対の意見を言わせて意見を言いやすい空気を作るなどといった実践(2)が行われてきた．それらの実践では，教師が一人でも意図した発話をアバターに行わせるために半自動型アバターという仕組みが用いられている．半自動型アバターとは，教師などがアバターに発話させたい内容をあらかじめ登録しておき，授業中はボタンを押すのみで，アバターが自動でリップシンクをして発話をするという仕組みである(3)．本研究では，教員がどのような目的で，アバターにどのような発話をさせようとしたのかを明らかにし，アバターの授業での活用を考察することを目的とする．

図 1　半自動型アバターの仕組み

2. 研究方法

アバターを利用した教員へのアンケート調査およびアバターに登録した発話内容の 2 種類の分析から，アバターの活用方法を分析する．

アンケート調査については，アバターの利用希望の申し込みがあった 45 名に対し，Web アンケートを送付し，回答を依頼した．回答があった 20 名のうち，実際に授業で利用した 12 名を分析対象とする．

発話内容の分析については，アバターに登録した発話を，集団における発話カテゴリーに関する先行研究を参考(4)に 5 つの大カテゴリと 9 つの小カテゴリを作成した．このカテゴリに基づき，アバターに登録された発話内容を分類した．大カテゴリの「情報」は，新規の情報や意見を述べる発話であり，小カテゴリの「意見・説明」と「自己紹介・挨拶」に分類される．アバターが自分の名前や趣味を名乗るなど，生徒との人間関係を高めようとする発話が見られたため，先行研究にはない「自己紹介・挨拶」というカテゴリを加えている．大カテゴリの「コメント・応答」は，他者の意見や質問に対する反応に関する発話であり，小カテゴリ「賛成・同調」「反対・非同調」に分類される．今回の調査は，実際の授業の様子は確認できないため，相手の質問に対して意見を述べるような発話と推測された場合でも，「コメント・応答」には含めずに「意見・説明」として分類することとした．大カテゴリ「投掛」は，相手に発言を求める発話であり，小カテゴリ「指示・質問・指名」に分類される．「●●さん，私に説明してください．」など，指名と指示が混在するような発話が多く見られたため，指示，質問，指名は 1 つの小カテゴリとしてまとめることとした．大カテゴリの「反射」は相槌や呼びかけに対する短いフレーズを指し，小カテゴリ「相槌」「わからない」「ごまかし」の 3 つに分類される．あらかじめ登録しておくという半自動型アバターの特徴上，登録しておいた発話で会話を成立させられない時のために，「それは秘密です．」などごまかすような発話が見られたため，「ご

まかし」という小カテゴリを加えている．上記のいずれにも分類できないものを「その他」としている．

分類作業は，研究内容を知らない教育学部生 1 人が行ったものを，第 1 著者と研究協力者が共同でチェックし，一致しない場合は相談の上決定するという手続きをとった．

アバターの見た目は女の子とネコの 2 種類(図 2)があるため，見た目ごとに分けて分類している．

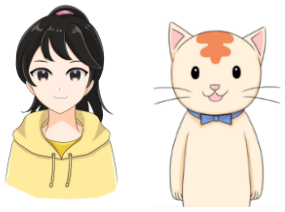


図 2　アバターの見た目

3.　結果と考察

3.1 アバター利用教員へのアンケート

「アバターにどのような発話をさせましたか.」という問いに対し，4 つの選択肢から複数回答可として，回答したもらったところ，「教室で出てこなかった意見を言わせた」が 66.7%と最も高く，次いで「反論するために言わせた」が 50%であった．「言いにくい意見を言わせた」が 41.7%で，「教室の空気を変えるために言わせた」が 16.7%となった．その他の回答で，「思考を広げるため」「学んだことを深化させるため」がそれぞれ 1 件ずつあった．

3.2 アバターに登録された発話の分析

分類作業の結果，表 1 の結果となった．女の子アバターは，「意見・説明」が最も多かったが，ネコアバターは「指示・質問・指名」が最も多いという結果となった．発話内容から考察するに「教室で出てこない意見を言わせる」目的の発話は，小カテゴリの「意見・説明」と見られ，「反論するために言わせる」目的の発話は，小カテゴリの「指示・質問・指名」と見られる．アバターの違いで発話内容に差が見られたが，アバターの見た目が要因となるかは，詳細な分析が必要である．

また，いずれのアバターにおいても，「自己紹介・挨拶」の発話登録数が 30 を超えており，アバターが授業で意見を言う前に，児童・生徒と関係性を築こうとする使い方が見受けられた．

今後は，授業内容や学習効果と，アバターの発話内容等を比較しながら効果的な活用について検討を進めていく．

謝辞

本研究の一部は，JSPS 科学研究費補助金 25K17072 の研究成果の一部です．

参考文献

(1) 小林渓太，向井敏幸，安永太地，塩田真吾,”教育用アバターを活用した道徳科におけるライフキャリア教育の実践”，福井大学教育実践研究，第 48 巻, pp.15-24 (2024)
(2) 小林渓太，向井敏幸，安永太地，塩田真吾，“小規模学級に多様性を与える転校生アバターの開発と授業実践”，福井大学教育・人文社会系部門紀要,Vol8, pp.155-165 (2024)
(3) 小林渓太，柳原麻里，田中みつき，安永太地，塩田真吾，”教育用アバターアプリ「バーチャル転校生」の開発”，日本教育工学会 2023 年秋季全国大会講演論文集, pp.25-26 (2023)
(4) 藤本学，大坊郁夫:”小集団コミュニケーションにおける話者の叙述パターン”，社会心理学研究, 23 巻, 1 号, pp. 23-32 (2007)

表 1　アバターごとの発話の分類と発話内容の例

大カテゴリ	小カテゴリ	女の子発話	ネコ発話	合計	発話内容の例
情報	意見・説明	123	49	169	問屋制家内工業や工場制手工業など産業が大きく発達したよね.
	自己紹介・挨拶	34	46	80	こんにちは．私の名前は〇〇です.
コメント・応答	賛成・同調	21	5	26	私は今の意見に賛成です. なるほど．いい考えだね.
	反対・非同調	10	8	18	私は今の意見に反対です. そういうのは良くないんじゃない？
投掛	指示・質問・指名	59	89	148	●●さん，私に説明してください. え？違うの？なんでかな？ もっと傷つくことになると思いませんか？
反射	相槌	9	30	39	そうきたか．さすがだね.
	分からない	5	14	19	う〜ん、わかんなくなっちゃった
	ごまかし	4	2	6	それは秘密です.
その他	その他	9	6	18	こほん.
合計		274	249	523	

P1-08

成果発表会での対話促進を目的とした生成 AI による発表検索支援

AI-Powered Search for Audience Engagement in Presentation Sessions

大﨑 理乃[*1]，松河 秀哉[*2]，江草 遼平[*3]，高橋 聡[*4,5]，近藤 伸彦[*6]
Ayano OHSAKI[*1], Hideya MATSUKAWA[*2], Ryohei EGUSA[*3], Satishi TAKAHASHI[*4,5], Nobuhiko KONDO[*6]
[*1] 島根大学学術研究院教育学系, [*2] 東北大学高度教養教育・学生支援機構, [*3] 千葉商科大学基盤教育機構,
[*4] 名古屋大学大学院経済学研究科, [*5] グロービス AI 経営教育研究所, [*6] 東京都立大学大学教育センター
[*1]Institute of Education, Academic Assembly, Shimane University,
[*2] Institute for Excellence in Higher Education, Tohoku University,
[*3] Platform for Arts and Sciences, Chiba University of Commerce,
[*4]Graduate School of Economics, Nagoya University,
[*5]GLOBIS AI Management Education Research Institute,
[*6]University Education Center, Tokyo Metropolitan University
Email: aohsaki@ohsaki-lab.net

あらまし：近年，教育機関の種類に関わらず，学びの成果を発表する場面が増えている．しかし，そこでの聴衆の学習を深めるための支援方法は十分に検討されていない．そこで，本研究では，生成 AI を利用した発表検索支援システムを提案する．提案システムは，学習者の興味・関心の言語化支援，先行研究検索，教師向けダッシュボードを備え，教室内での学習と指導を両面から支援する．
キーワード：対話的学び，協調学習，生成 AI，先進的学習支援，対話支援，コミュニケーション支援

1. はじめに

近年，対話を中心とした学習機会が増加し，グループワークだけでなく，学びの成果を他者に発表する機会も増えている．しかし，成果発表会における学習支援では，発表方法やスライドの作成に焦点が当てられることが多く，聴衆が学習を深めるための対話をどのように支援するかという議論は限られている．

そこで本研究は，成果発表会のポスター発表や質疑応答セッションの聴衆の学習に焦点を当て，聞き手の学びを深める対話を支援することを目的に，生成 AI を利用した発表検索支援システムを提案する．

2. 研究の位置づけ

対話を通した相互作用の中で理解が促進されるという協調学習(1)の視点から，本研究は，より良い協調学習の実現を目指した学習支援システム研究に位置づけられる．さらに，非専門家と専門家，または近接領域の専門家同士が出会うことを支援する，コミュニケーション支援の研究でもある．

これまで筆者らは，「会いに行ける研究者」をコンセプトとした研究者検索システムの提案(2)，探究学習における「問い」の生成支援を目的とした先行研究検索方法の検討(3)，そして探究学習の言語化に特化した生成 AI 利用型学習支援システムの研究(4)に取り組んできた．本研究では，これまでの研究成果を踏まえ，独自のユーザーインターフェースと活動分析機能を実装した．このことにより，学習者は，興味・関心が曖昧な状態であっても，システムの支援を受けて自らの興味・関心を深く掘り下げ，そのデータに基づいた先行研究に関する情報を入手する活動に集中することができる．さらに，教師は，可視化された学習者の活動状況を確認することで，活動中に適切な支援を行うことができるようになる．

3. 提案するシステム

本研究の提案システムは，図 1 のように，学習者情報の収集・整理，学習者と研究情報をつなぐデータ処理，学習者と AI との対話の分析の 3 機能で構成される．システムは Python で実装し，ユーザーインターフェースには Gradio(5)を，生成 AI サービスには Claude(6)を利用した．さらに，Google Colaboratory(7)を実行環境として利用することで，学校の Google Workspace 内で教師がログデータを管理できるようにした．

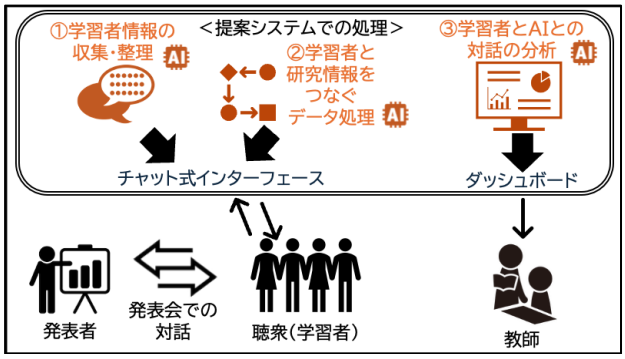


図 1 システム構成図

ユーザーインターフェースは，学習者向けにチャット形式のユーザーインターフェース（以下，チャット画面）を，教師向けにダッシュボードを準備した．

学習者向けのチャット画面（図 2）は，モード選択トグル，会話表示ビュー，リアクションボタン，入

力用テキストボックス，リセットボタンおよびログ出力ボタンで構成されている．モード選択は，学習者の興味・関心の言語化を支援する「探究サポート」モードと，先行研究を検索する「先輩の研究検索」モードから選ぶことができる．このことにより，学習者が十分に自らの興味・関心を言語化した上で検索活動に移行でき，より適切な発表が検索可能となる．なお，これらのモード選択は学習者に委ねられており，十分に言語化されたデータを入力できると学習者が判断した場合は，探究サポートモードを利用しないことも可能である．

図 2 学習者向けチャット画面例

教師向けのダッシュボードは，学習者と AI の対話のネットワーク分析と要約から構成される（図 3）．当該機能は，一人の教師が複数のグループや学習者を担当する教室環境を想定して設計されており，ダッシュボードでは，当システムにアクセスしている全アカウントと AI との対話の履歴が，アカウントごとに 200 文字程度の要約で表示される．なお，教師がすべての対話を詳細に確認したい場合は，全ログデータの出力機能を利用することが可能である．

生成 AI のプロンプトは，先行研究(4)に従い，生成 AI が教育支援システムとしての振る舞いをするようにチューニングした．具体的には，簡潔な回答を返すこと，ユーザーの代わりに研究計画を立てないことなどの制約を生成 AI に与えた．

検索結果は，発表タイトルなどのデータベースに格納されたデータのほか，AI が判定した類似点として発表者と学習者のバウンダリーオブジェクト(8)を示す．このことにより，発表会で学習者が発表を聞く際や質問する際の焦点が明確化される．

提案システムの具体的なユースケースは，中学校や高校，大学などの教育機関において，授業中に行われる中間発表や最終成果発表のほか，課題研究発表や卒業研究発表などの場面を想定している．しかし，学術研究会などに聴衆として参加するユーザーが，自らの学びを深めるための対話創出支援として，本システムを使用することも可能である．

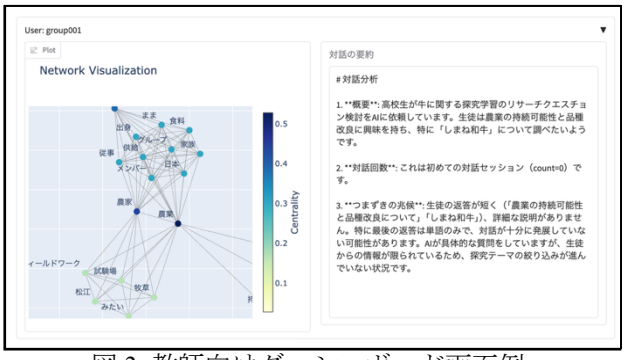


図 3 教師向けダッシュボード画面例

4. 課題と今後の展望

本研究では，成果発表会のポスターセッションや質疑応答セッションにおける，聴衆の学びを深める対話を支援することを目的に，生成 AI を利用した発表検索支援システムを提案した．

本稿では，システム全体の概要と機能の紹介にとどまっており，本システムを利用した実験または実践における効果は対象としていない．しかし，本研究は，発表会の聴衆を対象とした学習支援の可能性を示している．さらに，ダッシュボードは，教室内で複数のグループや学習者を指導する教師が，学習者と AI との対話ログをすべて読むことなく，指導に必要な情報を得ることを可能にした．今後，教室環境での実践等を通して，システムを利用した実践の評価やシステムの改善を検討する予定である．

謝辞

本研究の一部は，JSPS 科研費 23K11357，24K00445，25K17107,25K06648 の支援を受けた．

参考文献

(1) 三宅なほみ，東京大学 CoREF，河合塾（編著）：“協調学習とは”，北大路書房，京都 (2016)
(2) 大﨑理乃，近藤伸彦，米谷雄介，高橋聡：“「問い」の創造を支援する教育学習支援システムの要件検討”，第 48 回教育システム情報学会全国大会論文誌, pp.63-64，大阪 (2023)
(3) 大﨑理乃，近藤伸彦，米谷雄介，高橋聡：“探究学習における「問い」の生成支援を目的としたデータ分類方法の検討”，教育システム情報学会研究会報告,39(1),23-30 (2024)
(4) 大﨑理乃，松河秀哉：“探究学習における「問い」を深める出会いのための生成 AI による支援”，第 49 回教育システム情報学会全国大会論文誌：63-64, 教育システム情報学会，千葉，(2024)
(5) Gradio, https://www.gradio.app/ (参照 2025-05-21)
(6) Anthropic: “Claude”, https://www.anthropic.com/claude (参照 2025-05-21)
(7) Google: Google Colaboratory, https://colab.google/ (参照 2025-05-21)
(8) Star S. L., Griesemer J. R.: “Institutional Ecology, ‘Translations’ and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39”, Social Studies of Science, Vol. 19, No. 3, pp. 387-420 (1989)

P1-09

畳み込みニューラルネットワークにおける層構造の設計とコーディングを対象とする知的教育支援システム

Intelligent educational system for designing layer structures and coding in convolutional neural networks

中野 玄[*1]，小西 達裕[*2]
Gen NAKANO[*1], Tatsuhiro KONISHI[*2]
[*1] 静岡大学大学院総合科学技術研究科情報学専攻
[*1]Department of Informatics, Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University
[*2] 静岡大学情報学部
[*2]Faculty of Informatics, Shizuoka University
Email: nakano.gen.19@shizuoka.ac.jp

あらまし：近年，深層学習は様々な分野において広く活用され，その重要性は日々増している．しかし，深層学習の活用には多様な知識と技能の習得が求められるため，学習者にとって高いハードルとなっている．特に，モデル実装を伴う演習形式においては，学習者が自身の理解状況を把握しながら進めることが困難であり，効果的な支援を行う教育システムが求められている．本研究では，深層学習に関する演習を対象とし，学習者の解答やその過程から理解度を診断し，適切なフィードバックを提供する知的教育支援システムを提案する．提案システムでは，深層学習モデル構築手順を記述する手続きグラフと，深層学習の知識の体系を表現する知識グラフを用い，これらを連携させた学習状況の診断手法を実現する．
キーワード：知的教育支援システム，深層学習，畳み込みニューラルネットワーク，学習者モデル

1. はじめに

近年，深層学習は画像処理や自然言語処理など多様な応用領域において，社会的・産業的に不可欠な技術となっている．しかし，その習得には数学的基礎，プログラミングスキル，理論的知識など多面的な理解が必要であり，学習者にとって高い学習負荷を伴う．そのため，深層学習教育の現場では，より効果的な支援手法の開発が急務となっている．

現在，深層学習に関する学習コンテンツは，書籍やオンライン講座など座学中心の教材が充実している．一方で，実践的な演習については，ハンズオン形式に頼っており，学習者が試行錯誤を通じて学ぶ必要がある．演習形式では学習者にチューターを付け，上手くいかないときはチューターが原因を特定して教えることが望ましい．しかし，一般に充分な人数のチューターを確保することには困難が伴う．そこで，チューターの代わりとなる教育支援システムが必要である．しかしながら，こういった教育支援システムは不足している．

以上を踏まえ，本稿では学習者の解答およびその過程をもとに理解度や学習状況を診断し，適切なフィードバックを提供する知的教育支援システムを提案する．特に，深層学習モデル構築手順を記述した「手続きグラフ」と，学習内容の体系を表現した「知識グラフ」の 2 種類のグラフを活用し，学習者の理解状況を診断する．

本システムが対象とする学習範囲は，Google が示す MLOps プロセス(1)のうち，深層学習モデルの構造設計とコーディングである．

2. 関連研究

「手続きグラフ」の関連技術としては，フローチャートや PAD（Program Analysis Diagram）がある．これらは処理の流れを記述する手法として広く用いられている．深層学習モデル構築手順は一意に定まらず処理手段や順序に任意性を持たせること必要であるが，上記の手法では困難である．本研究では，順不同や OR 分岐といったシンタックスを導入し，柔軟な記述が可能な手続きグラフを構築する．

「知識グラフ」に関しては，コンセプトマップ(2)が概念間の関係を可視化する手法として広く知られている．本研究では，特に学習内容間の依存関係に着目し，学習順序を明示的に示したグラフを用いる．

本研究のシステムでは以下の三つが求められる．問題解答プロセスを評価し，各ステップの結果から理解度の推定を行う．その推定からどの知識が欠けているのか特定する．推定の過程で質問等をすることによって理解度の確認ができる．学習者の診断とフィードバックに関する研究は多数あり，学習状況の診断手法も多岐にわたる(3)．学習者の誤答をもとに理解度を推定するシステムは多数提案されている(4)(5)．しかし，上記の要求を満たす深層学習を対象としたシステムで広く知られているものは無い．

本研究では，深層学習領域において適用可能な学習者診断手法を提案する．提案する手法は，解答の手続きが記述可能な程度に明確で，手続きの各ステップとその実行に必要な知識の関係が明確に記述できる分野への応用可能性がある．

3. システムのアーキテクチャ

3.1 システムが扱う演習問題

システムが扱う演習問題は，提示された深層学習

モデルの条件からコード作成を行うような問題となっている（図 1）. 解答は問題読解, モデル構造設計, コーディングの 3 段階に分かれる．問題読解では扱うモデル，層，データ，タスクの情報を，モデル構造設計では深層学習モデルの層の順序やパラメータの設定を，コーディングでは深層学習ライブラリを用いたコードを学習者に解答させる．

多クラス分類問題を解くCNNモデルのコーディングをせよ
[データ]：32×32 RGB カラー画像　[分類]：10 クラス
[畳み込み層]：2層　[カーネル]：サイズ3×3，ストライド1
[プーリング層]サイズ2×2，ストライド2，MAX プーリ ング
[全結合層]：3 層[活性化関数]：relu 関数

図 1 問題例

3.2 システムのデータ構造

システムには対象とする深層学習のタスクを「手続きグラフ」と「知識グラフ」の形で整理しておく．

手続きグラフとは，以下に述べる解答のための手続きをグラフ化したものである．問題読解では，まず深層学習モデルに必要な情報を想起し，次に提示された条件がどれにあたるのか当てはめる．モデル構造設計では，畳み込みニューラルネットワークにおける各層の順序関係を決め，次に各層のパラメータを設定する．図 2 は畳み込み層とプーリング層のパラメータを決定しているグラフ例である．コーディングでは，各層を定義し，各層間でデータのやり取りを行う実行部を作成する．

図 3 に示す知識グラフは，矢印の順序で学習者が学習すべき順序を示している．図 3 には「畳み込み層のパラメータ計算」は「畳み込み層の概念と役割」を学習した後に学ぶ内容であることが示されている．

手続きグラフと知識グラフ間の各ノードには，手続きグラフ上のノードとそれを実行するために必要な知識グラフのノード間にリンク関係がある．これを「**手続き知識リンク**」と呼ぶ．例えば，図 2 の「畳み込み層 1 の出力パラメータ計算」と図 3 の「畳み込み層のパラメータ計算」はリンクされている．この「手続き知識リンク」を用いることで学習者の理解状況を診断する．

そのほかに，手続きグラフ上の設問があるノードには「想定解答」が用意されている．また，知識グラフの各ノードにはその知識を学習させるための「フィードバック教材」が用意されている．

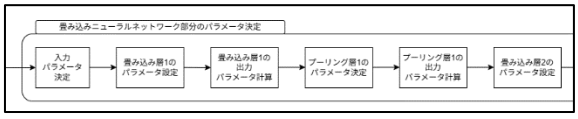


図 2 手続きグラフ例

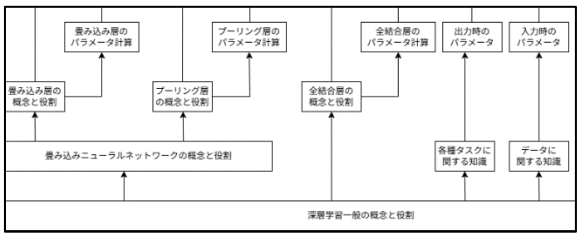


図 3 知識グラフ例

3.3 システムの処理の流れ

学習状況の診断処理の流れを述べる．「想定解答」を用いて学習者の解答の正誤判定を行う．その結果を手続きグラフのノードに記述する（図 4 緑①）．手続きグラフの各ノードに誤答を示すネガティブフラグ（NF）と正答を示すポジティブフラグ（PF）を付与する．手続きグラフのノードにおける NF・PF を「手続き知識リンク」を用いて知識グラフのノードに伝播させる（図 4 赤②）．知識グラフ上の NF は誤っている可能性のある知識を示し，PF は確実に理解している知識を示す．両方のフラグが付与された知識ノードは PF を優先し，理解済みと判断する．教授の順番としては，知識グラフの矢印の順序を考慮し，根側のノードから対応するフィードバック教材を提示する（図 4 青③）． その後、教材で学習した内容を質問し、学習者の理解を確認する。

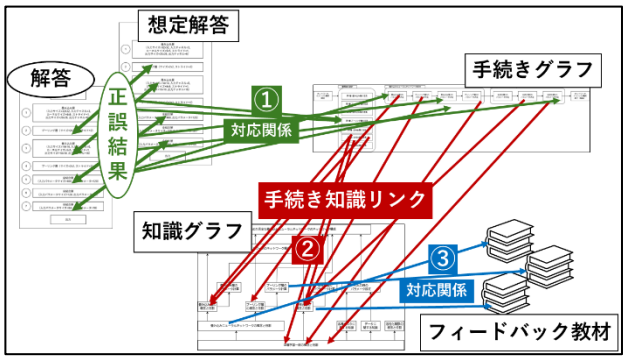


図 4 診断処理の流れ

4. 今後の展望

現在システムの設計が終了した．今後，開発と評価実験を行う予定である．評価実験では，深層学習を座学で学習済みの大学生程度の学習者を対象とし，提案システムを用いたグループと従来型支援を受けるグループに分けた対照実験を実施する．

参考文献

(1) Kazmierczak, J., Salama, K., & Huerta, V.(2024).*MLOps: Continuous Delivery and Automation Pipelines in Machine Learning*. Google Cloud. https://cloud.google.com/architecture/mlops-continuous-delivery-and-automation-pipelines-in-machine-learning (参照日 2025 年 5 月 30 日)

(2) Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). Learning how to learn. cambridge University press.

(3) 溝口理一郎. (1995). 誤りを科学する: 学習者モデルの構築 (< 特集>「コンピュータによる学習支援」). 人工知能, 10(3), 348-353.

(4) 古池謙人，藤島優希，東本崇仁，堀口知也，平嶋宗. (2023). プログラミングの機能的階層構造の学習環境における習熟度を考慮した適応的フィードバック機能の評価. 教育システム情報学会誌, 40(3), 234-239.

(5) 岩井健吾，林雄介，平嶋宗. (2019). 算数文章題を対象とした作問学習支援システム「モンサクン」における個々の作問課題の分析を目的とした作問プロセスシミュレータの設計・開発. 人工知能学会 先進的学習科学と工学研究会, 86, 83-88.

学習者の理解度に基づいた適切な協調学習者エージェントとの対話も可能なマルチユーザー型オンライン日本語学習支援システムの開発

Development of a Multi-user Online Japanese Language Learning Support System with a Collaborative Learner Agent That Adapts Its Comprehension

上田 悠水[*1], 小暮 悟[*2], 野口 靖浩[*2], 山下 浩一[*3], 近藤 真[*2], 小西 達裕[*2]
Yumi UEDA[*1], Satoru KOGURE[*2], Yasuhiro NOGUCHI[*2], Koichi YAMASHITA[*3], Makoto KONDO[*2] & Tatuhiro KONISHI[*2]
[*1] 静岡大学大学院総合科学技術研究科情報学専攻
[*1]Department of Informatics, Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University
[*2] 静岡大学情報学部
[*2]Faculty of Informatics, Shizuoka University
[*3] 常葉大学経営学部
[*3]Faculty of Business Administration, Tokoha University
Email: ueda.yumi.21@shizuoka.ac.jp

あらまし：日本語学習者数の増加や，都合の良い時間帯に利用できる日本語教室の不足などの要因から，独学で日本語を学習できる環境を構築することは重要である．そこで，理解度をユーザーが指定できる協調学習者エージェント(CLA)や他の学習者とのロールプレイ学習ができる日本語学習支援システムを構築した．評価実験として，日本人学生と留学生に本システムを使用してもらい，アンケートを行った．
キーワード：日本語教育，ロールプレイ，学習支援システム

1. 背景と目的

近年，日本語学習者の増加に日本語教師数が追い付いていないという現状がある(1)．また，「都合の良い時間帯に利用できる日本語教室・語学学校がない」ことが，在留外国人が日本語学習をしていない大きな要因となっている(2)．これらの問題の解決のため，日本語学習者が日本語教室等に通うことなく，独学で日本語を学習することができる環境が必要である．日本語学習の初期段階に効果的な学習方法の一つに，ロールプレイ学習がある(3)．しかし，ロールプレイ学習には教師からのフィードバックが不可欠であり，独学することが難しい．そこで協調学習者エージェント(CLA:Collaborative Learner Agent) とロールプレイ学習を行う日本語学習支援システム(4)の開発が行われているが，2 つの問題点がある．1 つ目は CLA との対話のみを行うシステムのため，学習者同士でロールプレイ学習をすることができないこと，2 つ目は CLA の理解度が固定であるため，学習者の理解度を考慮した対話や様々な理解度を持つ CLA との対話ができないことである．これらの問題点を解消し，学習者の理解度に基づいた CLA との対話も可能なマルチユーザー型オンライン日本語学習支援システムを開発することが本研究の目的である．

2. 先行のロールプレイ型日本語学習支援システム

我々は，独学で学習が可能なロールプレイ型日本語学習支援システムを開発してきた(4)．このシステムでは，学習者は CLA と対話しながらロールプレイを行う．学習者の発言文が穴あき文になっており，その空欄を選択・入力して「おくる」ボタンを押すことで発言する．また CLA が表現を誤り，学習者はそれを指摘できる機能がある．先行システムは Python+PySimpleGUI で実装されており，シングルユーザーでの利用のみが想定されている．本研究では利用の容易さおよびマルチユーザーでの利用を想定し，HTML+JavaScript+ WebSocket+Node.js でシステムを実装する．

3. 改善手法

第 1 章で述べた 2 つの問題点に対し，以下の方法で改善を図る．1 つ目は学習者同士でロールプレイ学習ができるフレンドモードの実装，2 つ目は CLA と対話するシングルモードにおいて，学習者の希望に沿った理解度の CLA を作り出し，その CLA と対話ができるようにするものである．

3.1 フレンドモードの設計

フレンドモードは，学習者が一緒に学習をしたい相手とロールプレイ学習ができるモードである．自動的に生成されるルーム ID を一緒に学習したい相手に共有することで，離れた場所にいても一緒にロールプレイ学習が可能である．

3.2 学習者および CLA の理解度の設計

本システムでは学習者の理解度を推定し，その理解度を CLA の理解度の指定などに用いる．学習者の理解度は，単語ごとの理解度である単語別理解度と，単語別理解度から計算される総合理解度の 2 種類を設定する．

単語別理解度の計算には 0 から 4 の 5 段階のポイントを用いる．ポイントは学習中にその単語に正解するまでにかかった回数により決まる．このポイン

トを用いて, 単語別理解度を以下の式により求める.

$$s_t = \alpha * p_t + (1 - \alpha) + s_{t-1} \quad (1)$$

(t:時間, s:単語別理解度, p:各解答のポイント(0~4), α:重み付け係数)

式 1 では，学習者が時刻 t で獲得したポイントp_tと, 時刻 t−1 での理解度s_{t-1}を係数 αで重み付けして加算する．総合理解度は学習者ごとの単語別理解度の平均から求める.

学習者が希望の CLA の理解度を指定する場面では，総合理解度を用いる．まず学習者の総合理解度を学習者に提示し，学習者は自分の理解度と比較してどれくらいの理解度の CLA と学習したいかを数値で指定する．ロールプレイで実際に CLA を作り出す時には，学習者が指定した総合理解度により「CLA が分からない単語」の割合を決める．学習者の単語別理解度を CLA にコピーし，単語別理解度が低いものから「CLA が分からない単語」とする．これにより，学習者が希望した理解度の CLA を作り出す.

3.3 希望の理解度の CLA との対話

CLA とのロールプレイにおいて, 学習者入力の正誤判定はキーワードの有無によりシチュエーションに則った入力がされているか判定している．同じキーワードを一定回数間違えると, CLA が正しい文章を伝え, 入力を促す.「CLA が分からない単語」は, CLA がロールプレイ中に誤って発話したり, 学習者がその単語を間違えたときに CLA が明治敵機にはっきりと指摘ができない仕様になっている.

また, CLA が誤った単語に対して学習者は「指摘」を行うことができる.「間違っていると思う単語」と「正しいと思う単語」を入力すると，システムがその指摘が正しいかどうかを判定し，その結果により異なるメッセージを送信する．指摘は成功したかどうかに関わらず，対話を進めることができる.

4.　システムの実装

本システムは，先行のロールプレイ型日本語学習支援システムを参考に Web アプリケーションとして実装している．サーバーは Node.js で実装しており，Socket.io ライブラリによりリアルタイム通信を行う．レッスンに関する情報は json 形式のファイルに, 学習者に関する情報は MariaDB に保存している.

システムの流れは，以下の通りである.

1. 新規登録・ログイン
2. シングルモード・フレンドモードの選択
3. (フレンドモード)部屋を作るか, 参加するか選択
4. (シングルモード・部屋の作成者)シチュエーション選択
5. (シングルモード・部屋の作成者)CLA の希望理解度・ロール選択
6. ロールプレイ学習
7. フィードバック

ログインにはユーザーネームとパスワードを使用する．フレンドモードにおいて，部屋を作った学習者が入室するとルーム ID がロールプレイ画面の上部に表示される．部屋主はフレンドにルーム ID を送付し，部屋に参加する学習者は教えてもらったルーム ID を入力すると，同じ部屋で一緒にロールプレイが出来る．シチュエーションおよびロールは部屋の作成者が選択する.

シングルモードでは，学習者の選択していないロールを CLA が担当する. ロールプレイが最後まで進行すると「学習を終わる」ボタンが表示され，クリックするとフィードバックに遷移する．フィードバックには対話のログ，正解データ，学習者が間違えた単語, CLA が間違えた単語, 指摘の結果, 正答率, 指摘成功率を表示する.

5.　システムの評価

1 章で挙げた 2 つの問題点が改善されているかを検証するため，以下の 2 つの仮説を設定した.

・仮説 1　CLA とだけでなく, 学習者同士でロールプレイ学習を行うことができる.

・仮説 2　アルゴリズムにおいて作られた CLA が学習者の希望にマッチした理解度になっている.

本システムのシングルモードとフレンドモードを留学生 2 名と日本人 8 名の学生に利用してもらい，学習者の振る舞いの観察と主観アンケートの実施によりこれらの仮説を検証した．5 点法の主観アンケートの結果，フレンドモードに関して「ロールプレイは問題なくできましたか」が 4.7 点，シングルモードに関して「CLA の理解度はあなたが指定した通りの理解度のように感じましたか」が 4.0 点と高得点であった．学習者の振る舞いの観察でも問題は見られなかったため仮説 1，仮説 2 はともに支持される結果となった.

6.　まとめと今後の展望

マルチユーザー型オンライン日本語学習支援システムを開発し，2 つのモードに対する主観アンケートでは良い結果を得た.

今後の展望として，希望の理解度が合致する学習者同士をシステムでマッチングさせ，ロールプレイができるマルチモードの追加を考えている.

参考文献

(1) 文部科学省　総合教育政策局日本語教育課(2024). 日本語教育実態調査　令和 5 年度報告　国内の日本語教育の概要.

(2) 法務省 (2022). 令和 4 年度　在留外国人に対する基礎調査-調査の概要-.

(3) 国際交流基金(2007).　話すことを教える　日本語教授法シリーズ 6. ひつじ書房.

(4) Kogure, S., Kamata, Y., Noguchi, Y., Yamashita, K., Konishi, T., Kondo, M. (2022). Construction of a Role-Play Style Japanese Learning Support System that Allows Teachers to Edit Dialogue Situations, Proceedings of ICCE2022 Vol.I, 302-304.

LMS コースのコンテンツ利用傾向に基づく分類手法の検討

Study on a Method for Classifying LMS Courses Based on their Content Usage Patterns

天野 由貴*, 宮崎 誠*, 古川 文人*, 小島 一晃*
Yuki AMANO *, Makoto MIYAZAKI*, Fumihito FURUKAWA*, Kazuaki KOJIMA*
*1 帝京大学ラーニングテクノロジー開発室
*Learning Technology Laboratory Teikyo University
Email: amano.yuki.xk@teikyo-u.ac.jp

あらまし：本稿では，LMS 上のコンテンツ使用傾向の違いを定量的に把握・分類することにより，各科目の設計アプローチの特徴を把握し，学習設計の改善や教育支援ツールの開発に活用できると考え，まずコンテンツ利用パターンに基づいてコースを分類する手法について検討し，試行の結果 4 つのクラスタに分類できた．
キーワード：LMS，学習支援システム，コンテンツ，コース分類

1. はじめに

多くの高等教育機関で学習管理システム（LMS）が導入されているが，LMS の利用方法は教員や科目により異なる．こうした LMS 利用傾向の違いを定量的に把握・分類することにより，各科目の設計アプローチの特徴を把握し，学習設計の改善や教育支援ツールの開発に活用できると考える．

Rhode らの研究[(1)]では，自分のコースがどのパターンに当てはまるかを知ることで，不十分な要素について気付きを得られるとしている．Bennacer らの研究 [(2)] では，教員の LMS 上での行動を「評価」「省察」「コミュニケーション」「リソース」「協働」「双方向性」の 6 軸でスコア化し，教員が自己評価できる Web ダッシュボードを開発している．

こうした教育支援ツールへの導入として，本研究ではまず LMS 上のコンテンツ利用パターンに基づいてコースを分類する手法について検討し，その後の活用に繋げることを目的とする．

2. 先行研究

LMS の利用ログ分析は教育データマイニング やラーニングアナリティクスの分野で研究されており，コース分類に関しても複数の先行研究がある．

Regueras ら [(3)] は， スペインの大学における 3,046 コース・約 200 万件の LMS ログを分析し，教員の LMS 活用能力の客観的評価を目指した．この研究では LMS 上のコース構成要素とログイベントを集計し特徴量とし，k-means 法，階層クラスタリング，LCA(潜在クラス分析）の三手法を比較し LCA を採用した．結果として，以下の 6 つの類型を設定した．

- Inactive（非活性型） ：教材・活動少ない
- Submission（提出中心型）：課題中心
- Repository（資料倉庫型）：教材中心
- Communicative（交流重視型） ：掲示板中心
- Evaluative（評価重視型）：課題・成績表中心
- Balanced（バランス型）：すべてを均等に利用

さらにコース類型によっては特定の学部に偏って多いものがあること，ならびに成績との間に有意な差異が見られることを示した．

Park ら [(4)] は，韓国の高等教育機関におけるブレンディッドラーニング科目 612 件を対象に，LCA により 4 タイプに分類した．

- Inactive/Immature: オンライン学習活動が極めて少ない非活性型
- Communication/Collaboration: コミュニケーション重視型
- Delivery/Discussion: 教材提供・討議型
- Sharing/Submission: 資料共有・答案提出型

3. コース分類分析

3.1 分析対象コース

帝京大学は 10 学部，11 研究科からなる総合大学であり，約 23,000 人の学生が学んでいる．キャンパスは，板橋，八王子，宇都宮，福岡にある．

本研究では，著者らの所属する宇都宮キャンパスの 2024 年度の授業コースのデータを用いることとした．学部としては理工学部，経済学部地域経済学科，医療技術学部柔道整復学科，加えて理工学部情報科学科通信教育課程があり，約 2,500 人の学生が在籍している．LMS 活用の少ない大学院の授業は除外し，学部と通信課程の授業かつコンテンツ（項目，課題，テスト，アンケート，掲示板，LTI ツール）を 1 つでも利用している LMS のコースを分析対象とした．分析対象コース数を表 1 に示す．共通教育科目は教養教育科目であり，学部を跨って開講されているため別項目とした．通信課程は理工学部ではあるが，授業制度が異なるため別項目とした．

表 1　分析対象コース数

共通教育科目	理工学部	経済学部	医療技術学部	通信課程	計
173	375	123	60	172	903

3.2 分析手法

各コースにおける LMS の利用状況を表すために，まず適切な特徴量を定義する必要がある．Regueras ら[2]は各コースで学生が各ツールに費やした時間の割合を算出し，ツール利用パターンを比較した．一方，Park ら[4]は各種機能の利用有無や頻度を特徴量とし，それらをもとにコースを分類した．

本研究における特徴量は，コース上に配置された教材ファイル数，コンテンツページ（項目）数，課題数，テスト数，アンケート数，掲示板のスレッド数，配置されたものの種類の数，学生一人当たりのアクセスログ行数，教員一人当たりのアクセスログ行数を加えて 9 つの変数とした．

分析手法としては，上記データを UMAP(Uniform Manifold Approximation and Projection)によって 2 次元に縮約してからクラスタリングすることとした．UMAP はデータの局所的な近傍関係とグローバルな構造の両方をバランス良く保持し，新しいデータが追加された時にも，そのデータの位置付けが明確になりやすくなるというメリットがあるため，この手法を採用した．

3.3 分析結果

UMAP によって 9 変数を 2 変数に次元圧縮をして平面にプロットして構造を見た．さらにその平面上でクラスタリングを行い，もとの 7 変数の散布図行列で各クラスタの分布を見たところ，概ね以下のような特徴をもつコースからクラスタが出来ている可能性があることがわかった（図 1）．

- クラスタ 1（赤）：課題もテストも活用．LMS アクセス多い
- クラスタ 2（橙）：課題を活用．LMS アクセス多い
- クラスタ 3（緑）：ファイル配布中心．LMS への中程度のアクセスがある
- クラスター4（青）：少数のファイル配布のみ．あまり LMS を活用していない

LMS の活用度は，クラスタ 1 が最も多く，クラスタ 4 へと少なくなっていく．学部別とクラスタの関係を図 2 に示す．通信課程ではクラスタ 4 に属するコースはなく，妥当な結果となった．理工学部と共通教育科目はほぼ同様の活用状況，経済学部はテスト活用が少ない，医療技術学部は他と比べて全体的に利用が少ないが、利用しているコースでは経済学部と比較してテストも使っている場合が多い結果となった．

4. まとめ

本研究では LMS 上のコンテンツ利用パターンに基づいてコースを分類する手法を検討することとし，試行として本学宇都宮キャンパスのコースデータを分析したところ，4 つのクラスタを確認することができた．今後，掲示板投稿数，テスト問題数，LTI ツール利用数，動画閲覧数などの指標を追加することや，分析対象を全学部に拡げ，今回の分類手法の有効性を実証していきたい．

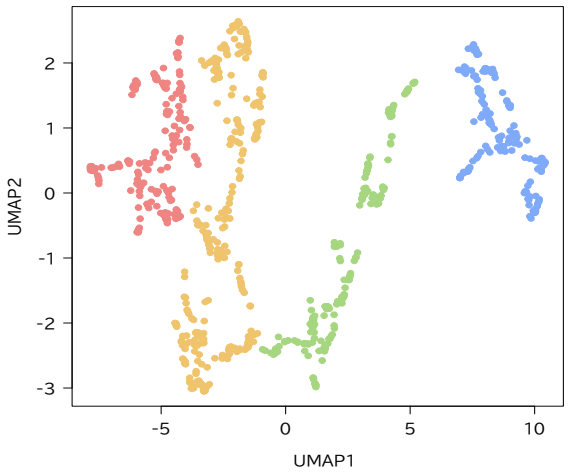


図 1　クラスタ分析の結果

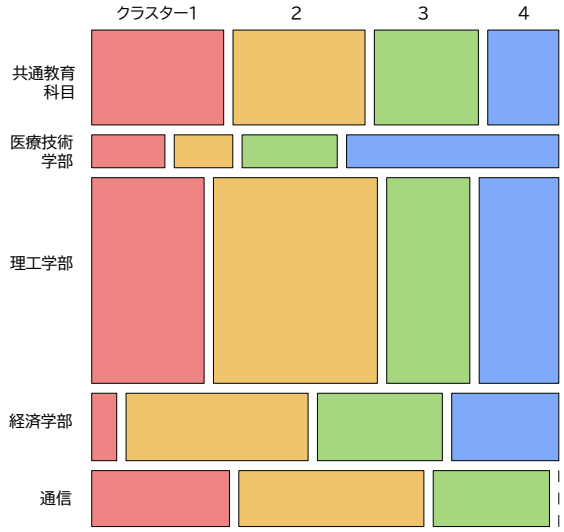


図 2　クラスタと学部

参考文献

(1) Jason Rhode, Stephanie Richter, Peter Gowen, Tracy Miller, and Cameron Wills: “Understanding Faculty Use of the Learning Management System”, Online Learning,Vol. 21 No. 3 (2017)

(2) Ibtissem Bennacer:”Teaching analytics : support for the evaluation and assistance in the design of teaching through artificial intelligence”, Le Mans, 2022LEMA1032 (2022)

(3) Luisa M.Regueras, María J.Verdú1, Juan P.de Castro,Elena Verdú:”Clustering Analysis for Automatic Certification of LMS Strategies in a University Virtual Campus”,IEEE Access,PP(99):1-1(2019)

(4) Yeonjeong Park, Ji Hyun Yu, Il-Hyun Jo:”Clustering blended learning courses by online behavior data case study in a Korean higher education institute”,The Internet and Higher Education 29(1)(2015)

パズルで学ぶプログラミング学習教材の開発

Development of Programming Learning Materials using Puzzles

内藤　泰良[*1]，岡本　慎一郎,[*2],佐々木　整[*3]
Taira NAITO[*1], Shinichiro OKAMOTO, Hitoshi SASAKI[*3]
[*1*3]拓殖大学 工学部
[*1*3]Faculty of Engineering, Takushoku University
Email[*1]: 71taira@eitl.cs.takushoku-u.ac.jp
Email[*2]: sokamoto@eitl.cs.takushoku-u.ac.jp

あらまし：小学校でもプログラミング教育の必修化がなされ，以前はプログラミングスクールなどを中心に行われていたプログラミング教育は一般的なものとなった．プログラミングスキル獲得への期待が高まる一方で，プログラミング学習への意欲が減少しているという報告もなされている．著者らは児童が楽しみながら段階的にプログラミングを学ぶことができる教材の開発を行っている．本発表では，パズルを解きながらプログラミングキルを向上させることを目的とした本教材の特徴について報告する．
キーワード：プログラミング学習，ビジュアルプログラミング，エデュテイメント，学習意欲

1. はじめに

2020 年から小学校でもプログラミング教育の必修化がなされた．これはプログラミング的思考の育成を目的とするもので，必ずしも実際にコンピュータを使用してプログラミングを行う訳ではないが，教育課程内で各教科等とは別に実施するものとして，プログラミングの体験を通して，プログラミングの楽しさや面白さ，ものごとを成し遂げたという達成感を味わうことが期待されている(1).

しかし，プログラミング教育実態調査(2)によると，2021 年には 22.3%，2023 年には 33.9%の小学生が「これ以上に学びたいとは思わない」と回答している．同様に，中学生では 2021 年に 23.5%，2023 年は 39.9%に，高校生では 2021 年に 32.8%，2023 年には 49.7%と，それぞれで今後のプログラミング学習への意欲が減少している．また，高校で「情報 I」を指導する教員のうち,「コンピュータとプログラミング」のコンピュータを用いた実習では,「十分に実習時間が取れた」のは 21.1%だけであり，実習時間の不足が明らかとなっている．そのため，多くの児童・生徒が，プログラミングの楽しさや面白さやものごとを成し遂げたという達成感を味わうことが，現状では困難であると考えられる．

そこで，はじめてプログラミングを体験する児童にフォーカスを当て、楽しみながら段階的にプログラミングを学ぶことができる教材の開発を行った．

2. ビジュアルプログラミング言語

ビジュアルプログラミングとは，プログラミングに必要な要素をブロックなどの視覚的なパーツで表現し，それらを組み合わせることでプログラミングを行うことであり，それを実現するために設計された言語をビジュアルプログラミング言語という．ビジュアルプログラミング言語には，Scratch に代表されるブロックタイプのものだけでなく，Squeak のような機能を線で繋げてプログラムを作成するフロータイプのものなど様々なものが存在し，それらを活用したプログラミング教育の実践報告も数多くなされている．特にブロックタイプのビジュアルプログラミング言語は，Python や Java 等のテキストプログラミング言語と比較して，プログラムが読みやすいだけでなく，複雑な構文を覚える必要もなく，キーボードを使用したプログラムの入力によるタイプミス等も生じにくいというメリットがあるため，以前より子供向けのプログラミング教育に利用されてきた．

このような，ブロックタイプのビジュアルプログラミング言語のメリットや，数々の実践報告の結果から，ある程度プログラムのお手本が与えられれば自ら試行錯誤を重ねるなどして，理解を深めプログラミングスキルが向上することが期待できる．しかし，全員がそうはならず，お手本が与えられてそれを動かしたとしても，なぜそのように動いたのかという仕組み自体も理解できず，試行錯誤しても混乱してしまう児童も存在する．

著者らは，このような仕組みが十分理解できていない状態で，試行錯誤を繰り返し，混乱した状態が長く続いてしまうことが，プログラミング学習への意欲低下の原因の一つではないかと考えている．

3. パズルを解いてのプログラミング学習

ブロックタイプのビジュアルプログラミングに限らず，教授者が学習者にお手本となるコードを示し，学習者がそれを入力して実行することで動作を確認したり，一部を修正したりすることでその動作への理解を深める「写経型学習」(3)と呼ばれる学習方法が取り入れられることが多い．この「写経型学習」が初学者にとって有効な学習方法の一つである(4)ものの，この学習を続け教授者によって与えられたコードを入力して実行するだけでは，プログラミングが

できるようにはならない[5]．さらに，児童がプログラミングを学ぶ場合は，特に「写経型学習」よる学習意欲の低下や喪失に注意しなければならない．扱うコードを極力細分化し，それを順序立てで児童に示すことで，各ブロックの動作およびそのブロックによって表現される複合的な処理に関する理解は可能であると考えている．しかし，ブロックの動作理解のためのプログラミングは，単調なものになりがちで，児童に興味を持たせたり，それを維持させたりすることは難しいと考えられる．そこで，楽しみながらプログラミングに取り組める工夫が必要であると考え，「パズルを解く」というアプローチでの学習教材の開発に取り組んだ（図 1）[6]．

図 1 開発したプログラミング学習教材

この教材では，図 1 の中央にいるアヒルが，アイテム（赤い宝石）を取ることができるように，図 1 の左側にあるブロック（図中では「コマンド」と表記）を組み合わせて，アヒルに与える指示を作成する．指示の作成は，図 1 の左側にあるコマンド欄にある「コマンド」を，黄色い「じっこう」ブロックにはめ込むことで行う．ここで，「コマンド」には，ステージごとに設定されている限られた種類と数のコマンドだけが与えられ，児童はそれらだけを使用してアヒルにアイテムを取らせるという目的を達成しなければならないことに注意されたい．

図 2 のように指示の作成が完了したら，図 1 下側のスタートボタンをクリックする．これによって，アヒルが指示に従って動く．この時，「じっこう」ブロック内のどのブロックを実行中なのかが，アヒルの動きと共に色の変化で示される（図 3）．アヒルがアイテムを取ることができたら，次の問題に進むことができるが，そうでない場合は必要に応じて「ヒント」を参照しながら，作成したプログラムを修正することになる．

問題は学習内容が異なる 6 つのステージごとに 7 問の計 42 問が用意され，最終的には関数の定義と呼び出しまでを学ぶ事ができるようにした．

4.　おわりに

本稿では，楽しみながらプログラミングに取り組めることを目的とした，パズルを使ったプログラミング学習教材について報告した．本教材でのプログラミング教育の実践を行い，本教材の有効性を検証することが今後の課題である．

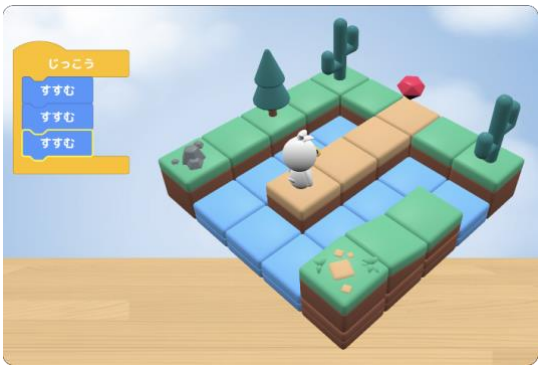


図 2 プログラムの作成例（実行前）

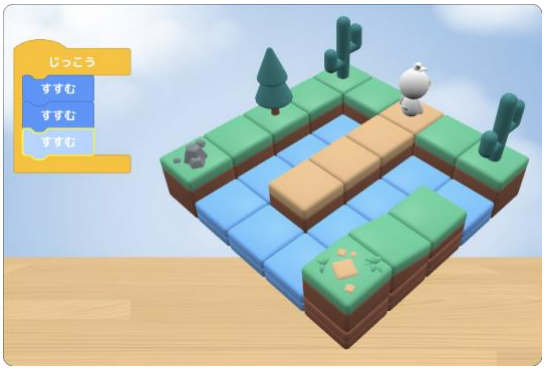


図 3 プログラムによるキャラクタの操作

謝辞

本研究にあたり，株式会社インネクサスの渡邉氏，張氏には，多大な助言や協力を頂いた．ここに感謝の意を記す．

参考文献

(1) 文部科学省，“小学校プログラミング教育の手引き（第三 版 ）”， https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_002.pdf 参照日 2025 年 5 月 27 日
(2) みんなのコード ,“プログラミング教育・高校「情報 I」実態調査報告書”, https://speakerdeck.com/codeforeveryone/2022nian-du-hurokuraminkujiao-yu-gao-xiao-qing-bao-i-shi-tai-diao-cha-bao-gao-shu 参照日 2025 年 5 月 27 日
(3) 岡本雅子，喜多一，“プログラミングの「写経型学習」における初学者の躓きの類型化とその考察”，滋賀大学教育学部附属教育実践総合センター紀要，第 22 巻，pp.49-53，2014
(4) 岡本雅子，“写経プログラミングをめぐる終わりそうにない論争”，情報処理学会 情報処理 2018 年 1 月号，2018
(5) 濱田惇也，佐々木整，佐野智哉，“模写コーディングによるプログラミング学習支援システムの開発”，JSiSE Reserch Report vol.37，no.5，2023
(6) 佐々木整，渡邊力英，張 朕檳，“グループワークを指向したビジュアルプログラミング環境の開発”，日本教育工学会 2024 年秋期全国大会講演論文集，L609，2024

P1-13

短期大学における FD 活動オンライン化の実践と考察
ー小規模校における発展的オンライン FD 研修の取り組みー

Practice and Study of Online FD Activities at a College
-A Case Study of Developmental Online FD Training for Small Schools-

澤崎 敏文[*1]
SAWAZAKI Toshifumi[*1]
[*1] 仁愛女子短期大学
[*1]jin-ai Women's College
Email: sawazaki@jin-ai.ac.jp

あらまし：コロナ禍を経て様々な場面でオンラインが活用されることもあたり前となった今，授業だけでなく研修等でもオンラインを活用する場面が増えてきた．本学でも FD 活動をオンライン化して継続的な授業改善を実現してきたが，代替手段として始まったオンライン化から 4 年が経過し，現在では，より効率的・発展的手法として定着している．今回は，本学のような小規模校における FD 活動オンライン化のメリットや課題について，これまでの実践を踏まえた考察をおこなう．

キーワード：オンライン，FD，Faculty Development，授業改善

1. はじめに

FD が義務化されて久しいが，本学では様々な場面で FD 活動にオンラインを活用している．それらは，コロナ禍における代替かつ継続のための手法として始まったものではあるが，物的・人的・時間的費用をかけずに FD 活動の質を担保しつつ，本学のような小規模校でも負担なく継続できるための手法としても評価されつつある．

そこで本稿では，この 4 年間本学が FD 活動のオンライン化として具体的にどのような活動を実践してきたかを分類することで，本学のような小規模校でも無理なく実践できる FD 活動のあり方がある程度標準化・共有化できるのではないかとの仮説のもと，そのメリットや課題を考察する．

2. FD 研修等のオンライン化

オンライン化の中心は，授業でも利用している Learning Management System（以下，「LMS」と言う．）を活用して FD 研修をオンデマンド型研修としたことであるが，具体的な実践内容の主なものを次の 3 点に分けて紹介したい．

2.1 内製化された動画視聴による FD 研修

オンラインでの FD 活動の中心となるのは，LMS を使って配信されるオンデマンド研修動画の視聴である．配信される内容は，本学教員の授業風景の一部紹介と，授業等の工夫などに関する当該教員のインタビューであり，質問する側も同僚となる教職員が務めている．また，動画は撮影から編集等まで製作の全てを FD 委員会担当教員で内製している．「わたしの授業」というシリーズとして，これまで 2021 年度から 4 年間で 12 名の教員の協力により研修動画が作成された．（図 1）

動画の配信方法は，学生のオンライン授業同様に LMS と YouTube 限定公開機能により配信．視聴後は研修課題として動画に対する感想やアンケート等のフィードバックを残す形式としている．また，配信は専任教員だけでなく全ての非常勤講師，職員を対象としており，SD 研修の一環としても機能するように設定した．（図 2）

図 1 研修動画「わたしの授業」より

図 2 LMS の FD 研修ページ

2.2 LMS を活用した諸手続きのオンライン化

毎回配信される研修動画では，LMS 上で簡易なアンケートと感想・意見等が収集されるが，アンケート結果や意見を LMS 上で即時公開し，教員同士でリアルタイムに共有できるようにすることで，迅速に他の方々の意見を比較できるようにした．

また，学期ごとに教員が作成する授業改善計画も LMS 上でオンライン化して，過年度のものを比較できるようにしている．これは，以前からもワード・エクセル等を用いて提出していたものであるが，LMS 上で記録・保存することで，アンケートの集計結果や改善点・反省点等の意見も匿名で全教員の意見がリアルタイムに閲覧できるようになった．こうすることで，他者の意見を取り入れやすくなり，多面的な授業改善を実践できるような環境を整えた．これらは，オンライン化された研修だけにとどまらず，対面実施されている他の研修や公開授業でのアンケート・意見収集でも同様である．（図 3）

図 3 オンライン化された授業改善計画

2.3 他部署主催の関連研修の共催と拡充

以前からおこなわれてきたことでもあるが，他部署で実施される様々な研修と連携して，できるだけ多くの教員が参加できるような機会を確保した．主なものとしては，情報メディア関連の担当部署と共催で教育情報システム（LMS，Teams 等の活用法）に関連した研修会を開催することで，授業改善につながるだけでなく，授業準備も含めたオンライン化による効率化，いわゆるタイムパフォーマンスの改善にもつながっていく取り組みを行った．

3. オンライン化によるメリット

FD 活動のオンライン化により考えられるメリットは多岐に渡るが，主なものを以下のとおり３つにまとめた．

3.1 FD 研修の拡充と自由度向上

前述のようなオンライン化の取り組みによって変化したことは，FD 活動の自由度が向上したことである．従前は集合型研修であったため，参加において物理的な制約があったが，オンデマンド型オンライン配信動画による研修であるため，教員は各自都合のよい時間・場所で，いつでも何度でも視聴可能となった．これらは，学生の授業におけるオンデマンド配信型授業の利点とも合致する．また，対面での集合研修と違い，オンラインになったことで非常勤講師の方々にも広く参加して頂くことが可能となり，FD 活動の幅が広がった．さらに，研修は教員だけでなく職員にも開放しているため，教職員間の教育環境に関する理解が深まり，大学全体での FD・SD 活動へと繋がり，組織における一体感の醸成にも寄与していると感じている．また，教員の授業ノウハウなどが詰まった映像がアーカイブとして蓄積されていくこととなり，映像作成に参加した教員自信も，自己の授業の振り返りに役に立ったとの声もある．

これらメリットの一方で，動画編集に関する技術的なノウハウの伝承や撮影協力してくれる教員の確保などの課題もあり，継続に向けた課題の検討も必要となっている．

3.2 参加状況等データの可視化

オンライン化したことで，様々な情報を容易に可視化・共有できるようになり，FD 活動の質が変化したと感じている．前述した研修動画視聴に際しての意見等もリアルタイムに共有することで，教員同士の気づきや得られた知見を授業設計に反映しやすくなったとの声をアンケート等からも得ている．また，オンライン配信動画も YouTube アナリティクス等による視聴分析が配信ごとに可能になり，学生の授業配信同様に，次回動画作成のための客観的な視聴データとして取得ができるようになった．加えて，FD 委員会の管理上のメリットとしては，教員の研修受講状況や授業改善計画の提出状況，暦年管理等も容易になり，アンケート結果や各教員の記述された情報もデータ化されたため，後述する学内での FD 報告書作成時等にも，そのままデータを活用できるようになった．

3.3 コスト削減

手作業での事務処理がオンライン化によって大きく削減された．その効果は費用的な側面だけでなく時間や人的コストにも表れている．例えば，本学では毎年 FD 報告書を作成しているが，オンラインで蓄積されたデータをそのまま活用して報告書化できるため，とりまとめ・編集等の作業時間がかからず，作業量や予算的にも大きなメリットとなっている．

4. まとめ

FD 活動は，その質が担保されることはもちろんであるが，参加する教員が無理なく継続できる環境を整えることが必須であり，本学のような小規模校だからこそ積極的にオンライン化を推進することの重要性を再認識できた．今後は，これらノウハウを大学間で共有できる手法を模索したいと考える．

P1-14

授業での対話的な学びを支援する AI ベースツール「ソクラ」の開発と実践

Development and Implementation of the AI-Based Tool “Socra” to Support Learning Through Dialogue in the Classroom.

中林 寛人[*1]，小林 渓太[*2]，塩田 真吾[*3]，青木愛一郎[*2],小野田弘士[*1]
Hiroto NAKABAYASHI[*1], Keita KOBAYASHI[*2], Shingo SHIOTA[*3],Aiichiro AOKI, Hiroshi ONODA[*1]
[*1] 早稲田大学　環境・エネルギー研究科
[*1] Graduate School of Environment and Energy Engineering, Waseda University
[*2] 福井大学　教育学部
[*2] Faculty of Education, University of Fukui
[*3] 静岡大学　教育学部
[*3] Faculty of Education, Shizuoka University
Email: hero1610@fuji.waseda.jp

あらまし：LLM ベースの対話型ツールの実践・分析を行うことで，今後の授業における対話型ツールの活用と展望を考察する．本研究では、AI ツールの利用方法として、答えを求めたり，検索エンジンの代わりとしたりではなく，「他・多視点に生徒自ら気づき，学びを得るため」に貢献するツールを目指した．利用した生徒へのアンケートでは，「通常の授業よりも，よいアイデアにたどり着いた」や「気づけなかったことに気づけたといった」回答がありツールの一定の優勢が示されるとともに，今後の利用へも肯定的な回答が見られた．
キーワード：AI，対話，Chat GPT，中学生

1. はじめに

AI の教育分野への利用はすでに画策されており，活用が考えられる例として,「グループの考えをまとめたり，アイデアを出す活動の途中段階で，生徒同士で一定の議論やまとめをした上で，足りない視点を見つけ議論を深める目的で活用させること」[(1)]や，ソクラテス挑戦者(Socratic challenge)と題して例示されており，期待される成果として，学習者をソクラテス的な事前知識に対する質問を彷彿とさせる対話に参加させ，新たな知識やより深い理解の発見を期待されている[(2)]．また，教室に多様性を与えることを目的とした[(3)]研究もあり教室における多様性の拡充が図られている．しかし，研究ベースでの LLM 等を利用したソクラテス的な実践は行われていない．本研究では，LLM 等を利用したツールとの対話を通して，生徒の考えがどのように変容するか，ツールに対する生徒の認識が考察することを目的とする．

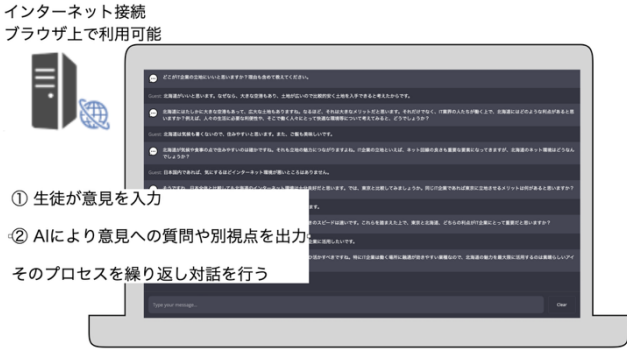


図 1　対話ツール「ソクラ」の仕組み

2. 研究方法

LLM を利用した対話ツール(以降「ソクラ」)を利用した生徒へのアンケート調査及び利用の様子の分析から，活用方法を分析する．なお本研究にあたり GPT API 4o を中学生が利用するにあたり，利用規約をもとに，保護者からの同意を得ている．

ツール「ソクラ」のコンセプトとして,「答えを伝えるのではなく，ソクラテスのように質問によって自己の意見を見つめなおすとともに，足りない視点を質問することで，他・多視点に生徒自ら気づき，学びを得る AI」を目的とし，作成における要件として以下の 3 点の実現を目標とした．

1.学年に応じた対話相手としての振る舞いを行える
2.質問のみを出力し，それが他・多視点を与える
3.どのような目的で利用し，どのような仕組みのものか，生徒も教師も理解できる．

そして，API にプロンプトベースのみの指示を与え，上記の動作となるよう調整を行った．Web での実装については，AI モデルとして GPT API 4o を利用し，WordPress の AI Engine を用いて，Web ページ上で公開する形式をとった．

授業実践の概要については，今回 A 県立中学校 2 年生の学級を対象とした．地理の授業で関東地方以外での IT 企業の立地を考え，候補地を自分の意見として持ち，それに基づき同じ候補地の生徒同士でグループを構成した．生徒は以前の授業において，関東地方に IT 企業が多い理由を理解しており，どの地域にするかといった構想が出来上がった状態でグループ分けを行い，ツール利用実践の授業を迎えている．地理の今回の IT 企業の立地について考える授業のねらいに合わせて、1)自然環境，2) 人口，3) 産業，4) 交通の 4 つの観点から質問を行うツールへと調整した．

アンケート調査については,「ソクラ」を利用した授業に出席した 24 名に対し，授業後 Web アンケートの回答を依頼した. うち回答があった 21 名を分析対象とする．会話内容の分析は，授業内での利用の様子と対話のログ，授業内でのツールに対する生徒のつぶやきを取り上げた.

3.　結果と考察

3.1 利用した生徒へのアンケート

「今回用意した AI を使うことで，いつもの授業と比べて，いいアイデアにたどり着けたと思いますか？」や「気軽に使えるこのような AI は今後も利用したいと思いますか」という問いに対し，1~7 のスケールでの評価を回答したもらったところ，双方の質問で最も評価の高い 7 が 38.1%と多くの生徒にとって有用で以降も使いたいというツールであったということを確認できた.

また，自由記述回答では，肯定的意見では「詳しく考えられた」「足りない意見を教えてくれた」のような記述がみられた. 否定的意見では、「間違えてエンターキーを押したこと」とあり変換を意図した入力としてのエンターが,「ソクラ」への送信となってしまう課題があり、UI の改善が今後の課題となった.

3.2 生徒が授業中に「ソクラ」と行った対話の分析

授業を行ったグループの中から対話回数を基準とし 3 グループ抜粋し，選択地域、それぞれの人数，対話の回数，特徴的な対話を表 1 にまとめる.
特に利用が顕著であった北九州グループの入力とソクラからの出力において，増税についての入力からはじまったが，授業の方向性を戻す出力を返していた．メリットを AI 側に提示させようと出力しているが，開発の意図通りに利点を例示しながらも質問で返していた．生徒の反応としても表 1 の対話での※あたりで「質問ばっかしてくる！」という発言もあり，生徒もツールの意図を感じ取っている様子が授業内で見られた.「北九州　移動　しやすい？」からの「ソクラ」との対話から，移動と交通の項目を発表スライドに未記載であったとに気づいていた.

北陸グループでは、表 1 のように生徒の「北陸に IT 企業を設置するメリットはなんですか．理由も含めて教えてください」という入力に対し、「1)自然環境，2) 人口，3) 産業，4) 交通の 4 つの観点でのメリットをそのまま例示し、北陸は IT 企業の立地に適しています.」と出力されていた．これは．質問で返されておらず「ソクラ」が意図しない出力を行っていた. 授業実践の際に，「その AI 嘘を言うかもしれないので気を付けて」と個別で声掛けを行った．授業実践後に，同様の AI に同一の入力を行った際は，想定通り質問で締める出力が返された．ワークシートの授業前後での変化をみると,「ソクラ」の利用を通して，ワークシートの記述が大幅に増加していた．北陸グループは欠席者の影響で, 1 名のみであり「ソクラ」との対話が中心であったため，ワークシート記述から根拠は増えたものの，出力の内容をそのまま書いてしまう可能性のある利用であったことは、学習効果の検討は今後の課題である.

今後は，どのように利用するのが行動変容につながるのか利用者と AI ツールとの関係性なども踏まえ検討していく.

参考文献

(1) 文部科学省　初等中等教育局「初等中等教育段階における 生成 AI の利用に関する暫定的なガイドライン」，令和５年７月４日，https://www.mext.go.jp/content/20230718-mtx_syoto02-000031167_011.pdf (最終アクセス日：2025 年 1 月 19 日)
(2) UNESCO "Guidance for generative AI in education and research"，2023 年 9 月 7 日，https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693 (最終アクセス日：2025 年 1 月 19 日)
(3) 小林渓太, 向井敏幸, 安永太地, 塩田真吾, “小規模学級に多様性を与える転校生アバターの開発と授業実践”, 福井大学教育・人文社会系部門紀要,Vol8, pp.155-165 (2024)

表１　グループごとの利用の特徴

グループ	人数	対話回数	視点	利用の特徴	会話内容の抜粋　生徒 S ソクラ AI
北陸	1	1	なし	メリットを聞いてそれで終わる利用であった.	S 北陸に IT を設置するメリットは？理由も教えて AI 自然環境涼しい気候なので~(といったようにメリットを説明してしまう．)
東海 B	4	10	自然環境 人口 貿易	少ない語数で質問に返答するような利用出会った.	AI 自然環境の影響は？ S しりません AI 東海は地震が多いよ，それを踏まえると S 地震は多いかもだが，名古屋には空港もあり人が来る.
北九州	2	19	貿易 交通 観光 産業	どのような内容でも自由に対話する利用であった.	S 増税についてどう思う？ AI それは大切な質問．でも今は IT 企業の立地について考えている. S　メリットを教えて AI　いくつかのメリット提示．でもあなたが北九州にしたい理由を教えて. S 北九州と海外貿易のメリットは AI 海外貿易はアジアといい．しかし，メリットは海外との貿易だけ？人や自然環境と都市生活のバランスは？※

P1-15

NIRS を用いたアバターとの対話における思考促進効果の分析

Analysis of the Thought-Promoting Effects of Avatar-Based Interaction Using NIRS

青木愛一郎[*1], 中林 寛人[*2], 塩田 真吾[*3], 小林 渓太[*1]
Aiichiro AOKI [*1], Shingo SHIOTA[*3], Hiroto NAKABAYASHI [*2], Keita KOBAYASHI[*1]
[*1] 福井大学　教育学部
[*1] Faculty of Education, University of Fukui
[*2] 早稲田大学　環境・エネルギー研究科
[*2] Graduate School of Environment and Energy Engineering, Waseda University
[*3] 静岡大学　教育学部
[*3] Faculty of Education, Shizuoka University
Email: ka210015@g.u-fukui.ac.jp

あらまし： 本研究では,教育場面においてアバターとの対話が学習者の認知的活動に与える影響を,脳血流計を用いて定量的に検証した.大学生 2 名を対象に,中学校道徳科の模擬授業を実施し,教師・アバター・被験者による三者対話形式で授業を構成した.教師による発問, アバターによる被験者が述べなかった意見の発言, アバターの意見を踏まえた教師からの発問,という三段階のフェーズにおいて脳血流量を計測した結果、アバターの発言直後に一時的な脳活動の低下が見られたのに対し、その前後には上昇が確認された。このように,アバターを用いた対話は脳の賦活が見られたことから, アバターであっても対話の相手として機能する可能性が示唆された.
キーワード：アバター,脳活動,近赤外分光法（NIRS）,小規模校

1. はじめに

現在, 小規模校における対話的な学びの実践には, 特有の課題があるとされており,文部科学省（2009）は,「学級規模が小規模化した場合には,授業の中で児童から多様な発言が引き出しにくく,授業の組み立てが難しくなる」と指摘している(1).このような課題に対して,先行研究では,教師が意図する発話を子供たちの代わりにアバターに代弁させることで,クラス内の意見に多様性をもたせる試みがなされている(2). 例えば, アバターが「教室で出にくい意見の提示」や「反論のきっかけづくり」に活用されている.このように,アバターを活用することで,小規模校における対話の幅を広げる工夫が実践されつつある.しかし, アバターが実際に児童・生徒の認知的活動,すなわち思考の促進に本当に効果があるのかについては, 十分に解明されていない.

本研究では,教育場面においてアバターの発話が被験者の思考促進に寄与しているかを, 脳血流計を用いて定量的に分析することを目的とする.特に,教師の発問に被験者が答える場面, アバターの意見を聞く場面, アバターの意見を踏まえて被験者が考える場面における酸素化ヘモグロビン濃度の変化を比較し, 思考の深まりにどのような変化が見られるかを検討した.

2. 研究方法

アバターを利用した授業を大学生を対象に実施し, 授業中の脳血流量の変化を分析する.

今回の研究では半自動型アバターを使用した(図 1)(3).半自動型アバターとは, 教師などがアバターに発話させたい内容をあらかじめ登録しておき, 授業中はボタンを押すのみで, アバターが自動でリップシンクをして発話をするという仕組みである(3).

脳血流計は,近赤外分光法（NIRS）を用いた NeU 社製のウェアラブル脳血流計（HOT-2000）を使用した.NIRS は,前頭前野の酸素化ヘモグロビン濃度の変化をリアルタイムで測定し,思考や判断などの認知活動を可視化できる非侵襲的手法である. 軽量かつ装着が容易なため, 授業中の自然な状況下でも脳活動の計測が可能である(4).

実験参加者として国立 A 大学 4 年生 2 名（A・B）を対象とした.授業内容は, 中学 1 年生向けに作られた道徳科教材「裏庭の出来事」を大学生向けに再構成した.本教材のテーマは, 「誠実な生き方」について考えるものであり, 責任ある行動とは何かを自ら考え判断する力を育成することをねらいとしている.

授業は教師・アバター・被験者の三者によるディスカッション形式で実施された(図 2). 授業の構成は,3 つの発問を中心に展開し, 各発問については,1 つの発問につき三段階のフェーズで進行した：

1. 教師から発問され,被験者が自らの意見を述べる.（フェーズ１）
2. アバターが,被験者が述べなかった意見を発言する.(フェーズ 2)
3. アバターの意見を踏まえ教師が被験者に対して「どう思う？」と聞き, 再度思考を促す.(フェーズ３)

以上の３つのフェーズを発問①,②,③の全ての発

問において繰り返す。ただし発問③のみ，アバターの発言とそれに対する被験者への問いを 2 回行っているため，フェーズ 4 およびフェーズ 5 がある．なお,アバターは,被験者が当初述べなかった意見を提示することにより,新たな視点を提供し,それに対する検討を通して被験者自身の意見に対する内省を促す役割を果たしている.例えば,被験者が考えていた「誠実」とは全く異なる視点からアバターが「誠実」について語ることで,被験者は改めて自分の考える誠実について深く考えることができていた.

この構成により，単に初期的な意見を述べるだけでなく，他者（アバター）の意見を受けて再考・内省するという認知的プロセスを伴う発話を促した.同時に，各フェーズにおける前頭前野の酸素化ヘモグロビン濃度の変化を計測することで，思考の深まりの度合いを客観的に検証することを試みた.

図 1 半自動型アバターの仕組み

図 2 実験の様子

3.　結果と考察

脳血流量の分析の結果,すべての発問において,以下のような共通した脳血流の変化パターンが,2 名の被験者に確認された.

まず,発問①,②,③におけるフェーズ 1（教師から発問され,被験者が自らの意見を述べる段階）では,前頭前野の酸素化ヘモグロビン濃度が顕著に上昇する傾向が見られた.教師からの発問に対して，脳の賦活が確認できた.

次に，発問①,②,③におけるフェーズ 2(アバターが,被験者が述べなかった意見を発言する段階）では,両被験者ともに酸素化ヘモグロビン濃度の低下が確認された。意見を述べる時と比べて，意見を聞くときの方が脳の賦活度合いが低いのではないかと考えられる.

最後に，発問①,②,③におけるフェーズ 3(アバターの意見を踏まえ教師が被験者に対して「どう思う？」と聞き，再度思考を促す段階）では，再び脳血流の上昇が見られた.このことにより,アバターに対しても対話の相手として機能する可能性が示唆された.なおフェーズ 3 での酸素化ヘモグロビン濃度の値は，いずれの場合でもフェーズ 1 の値を下回る結果となった.

これらの結果から,教師からの発問時の脳の賦活度合いを超えることはないものの，アバターの発話は思考を促進する効果があることが定量的に示された．特に本研究では,アバターが被験者の発言しなかった意見を提示することで,「他の生徒の声の代弁者」として機能した点が重要である.アバターの発言を契機として被験者の前頭前野の脳活動が再び活性化したことは,アバターが対話の“質”を高める触媒として生徒の議論相手になり得ることを,定量的に示す証拠といえる.これは,小規模校において不足しがちな意見の多様性を補い,対話的な学びを活発化させる可能性を示唆している.したがって,アバターは小規模校における認知的活動の支援手段として有効であると考えられる.

本研究は少人数での予備的検討であるため，今後は被験者数を拡大するとともに，発話内容の質的分析や長期的な学習効果との関連についても検討を進めていく．また，学生を対話の相手とした場合とアバターを対話の相手とした場合の思考の深まりの比較や，教師を対話の相手とした場合の比較など検討していく必要がある.

謝辞

本研究の一部は，JSPS 科学研究費補助金 25K17072 の研究成果の一部です.

参考文献

(1) 文部科学省中央教育審議会”資料２　小・中学校の適正配置に関するこれまでの主な意見等の整理” https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/038/siryo/attach/1286194.htm
(2) 小林渓太，向井敏幸，安永太地，塩田真吾，“小規模学級に多様性を与える転校生アバターの開発と授業実践”，福井大学教育・人文社会系部門紀要,Vol8, pp.155-165 (2024)
(3) 小林渓太，柳原麻里，田中みつき，安永太地，塩田真吾,”教育用アバターアプリ「バーチャル転校生」の開発”，日本教育工学会 2023 年秋季全国大会講演論文集, pp.25-26 (2023)
(4) Neu-Brains 株式会社：“NIRS 計測システム”，Neu-Brains 株式会社, https://neu-brains.co.jp/solution/nirs/

P1-16

人型ロボットを活用した韓国語初級学習者のための敬語・パンマル使い分けと視線マナー習得支援システムの試行

A Pilot Study on a Humanoid Robot-Assisted System Supporting Honorific–Casual Speech Switching and Gaze Manners for Beginning Learners of Korean

髙橋 小桜[*1]，甲斐 日菜[*1]，吉澤 朋花[*1]，谷田貝 雅典[*2]，卯木 輝彦[*1]
Koharu TAKAHASHI[*1], Hinata KAI[*1], Tomoka YOSHIZAWA[*1], Masanori YATAGAI[*2], Teruhiko UNOKI[*1]
[*1] 関西外国語大学外国語学部
[*1]College of Foreign Studies, Kansai Gaidai University
[*2] 共立女子大学文芸学部
[*2] Faculty of Arts & Letters, Kyoritsu Women's University
Email: s234608@kansaigaidai.jp

あらまし：韓国語会話では，対人関係に応じた敬語とパンマルの使い分けや，視線などの非言語マナーの調整が自然なコミュニケーションに不可欠である．本研究では，韓国語学習者を対象に，人型ロボット Pepper と ChatGPT を活用した対話型トレーニングシステムを構築し，言語・非言語の使い分け習得に与える影響を予備実験により検証した．ロールプレイ形式のトレーニングを通じて，敬語・パンマルの切り替えや視線マナーへの意識向上が確認され，学習者からも肯定的な反応が得られた．
キーワード：人型ロボット，韓国語教育，敬語・パンマル，初級学習者支援

1. はじめに

韓国語では，日本語以上に相手との関係性に応じて話し方を厳格に使い分ける必要がある [(1)]．具体的には，目上の相手には「敬語」を用い，親しい関係や年下の相手には「パンマル」と呼ばれるカジュアルな話し方を使う．これらの言語的スタイルに加え，視線や表情といった非言語的マナーも，相手との関係に応じて使い分ける必要がある．たとえば，目上の人に対しては視線を控えめにし，友人などの親しい相手とは自然に目を合わせながら話すといった文化的慣習が存在する．このような対人関係に応じた会話スタイルの切り替えが，韓国では円滑な人間関係の構築に必要不可欠である．

しかし，日本語を母語とする韓国語学習者にとって，これらのマナーは直感的に理解しにくく，学習の大きな障壁となっている．従来の学習環境では言語的スキルと非言語的マナーを統合的に習得する機会が限られている [(2)]．

著者らは，韓国語学習者向けに視線と敬語使用のトレーニングを統合した学習支援システムの構想を提案している [(3)]．本研究はその着想をもとに，人型ロボット Pepper と ChatGPT を組み合わせたトレーニング環境を構築し，韓国語初級学習者を対象とした予備実験を通して，その有効性を初期的に検証したものである．

2. 関連研究

従来の韓国語教育では，語彙・文法に比べて，文脈に応じた敬語・パンマルの使い分けに関する教材や指導が限定的であり，社会語用的な背景を理解しにくいとされる [(2)]．近年は，AI や人型ロボットを活用した言語教育が注目されつつあり，学習者の対話行動や態度へのフィードバックを通じて，より文化的に適切な運用を支援する試みも見られる [(4)]．しかし，敬語とパンマル，非言語的行動の複合的な使い分けを同時に支援するシステムは見当たらない．

本研究はこれらの課題に対し，人型ロボットと生成 AI を統合した学習環境の試作とその予備的評価を通じて，文化的マナーを含めた韓国語運用力の育成可能性を検討する．

3. システム概要

本トレーニングシステムは，以下の機能を有する：

- 視線トレーニング：Pepper による顔追尾
- 会話トレーニング：背後タブレットの ChatGPT アプリによる韓国語対話
- データ記録：視線・発話ログの収集（フィードバック機能は開発中）

4. 実験方法

4.1 被験者

被験者は，日本語を母語とする韓国語学習者 4 名であり，いずれも韓国語学習歴 6 ヶ月以上 1 年未満の大学生である．全員がハングル文字の読み書きと基礎的表現を習得済みであるが，韓国語における敬語・パンマルの使い分けや，視線マナーに関する体系的な学習経験はないと自己申告している．

なお，本研究は，事前・事後比較を行う単一群の予備実験としてデザインした．

4.2 実験手順

本実験では，ロールプレイ型の対話トレーニングを通じて，言語スタイルと視線マナーの使い分けに関する変化を検証するものである．被験者は以下の手順で実験に参加した．

1. 事前アンケート（自己評価）

2. 敬語，視線の使い分けルールの学習
3. 事前テスト：固定ダイアログによる発話
4. トレーニングセッション：人型ロボット Pepper との対話を通じ場面に応じた練習
5. 事後テスト：同一スクリプトで再実施
6. 事後アンケート

トレーニングおよびテストに使用したスクリプトは，以下の 2 場面×2 スタイル（敬語／パンマル）の固定ダイアログである．

- 場面 1（食事シーン）: 先生との会話（敬語）／学生との会話（パンマル）
- 場面 2（家での日常会話）: 親との会話（敬語）／兄弟との会話（パンマル）

いずれも，相手との関係性に応じた言語・非言語表現の切り替えが求められる内容である．スクリプトは日本語訳と発音表記付きで事前に提示し，暗記を許可した．

4.3 評価方法

定量評価は，事前・事後の発話映像をもとに，韓国語学習歴 1 年以上の大学生 2 名によってルーブリックに従い実施された．評価項目は以下の 3 点で，各項目 10 点満点，合計 30 点とした．

- 敬語・パンマルの使い分けの正確さと適切さ
- 視線マナーの自然さと場面への適合
- 発話の表現力・自信・態度の自然さ

加えて，自己評価式アンケートおよび自由記述による定性的フィードバックを収集した．なお，本予備実験では評価者の専門性および統計的検定に限界があることを付記する．

5. 結果と考察

5.1 定量評価結果

評価者 2 名によるルーブリック評価の結果，いずれの評価項目においても，トレーニング後のスコアが向上した．表 1 に，被験者 4 名の平均スコア（10 点満点×3 項目）を示す．視線マナーに関しては特に顕著な改善が見られた．これは，Pepper の視線反応機能が，学習者の非言語的注意喚起に寄与した可能性を示唆する．また，敬語・パンマルに関しても，明確なスタイル対比を行うトレーニングが有効であったと推定される．

表 1 ルーブリック評価の平均スコア（n = 4）

評価項目（各項目 10 点満点）	事前	事後	差分
敬語使い分け	9.0	10.0	+1.0
視線マナー	6.25	8.75	+2.5
表現力・自信	6.0	7.5	+1.5
総合得点（/30）	21.25	26.25	+5.0

5.2 アンケート結果

自己評価式の 5 段階アンケートの結果も全項目において平均値が上昇し，主観的な意識変化が確認された．表 2 に主な設問の平均スコアを示す．

表 2 アンケート項目の平均スコア（5 段階評価）

設問	事前	事後
敬語･パンマルを使い分ける自信がある	2.0	3.25
相手に応じた話し方を意識できた	2.75	4.5
視線マナーを会話中に意識できた	2.0	4.5
トレーニングが役に立ったと感じる	-	4.25

5.3 自由記述分析

肯定的意見としては「視線が大事だと初めて感じた」「ロボットが相手で緊張せずに話せた」があった．改善要望として「表情にも反応してほしい」との意見があった．

5.4 考察

本予備実験では，限定的な条件下ではあるが，短時間のトレーニングでも，敬語・パンマルの使い分けや視線マナーの意識・行動に一定の変化を促すことが確認された．ロボット支援型学習が学習者の意識変化を促す可能性が示唆された．ただし，小規模実験（n=4），対照群なし，評価者が韓国語の専門家ではないこと，統計的検定未実施などの限界があり，今後より厳密な検証が必要である．

6. 結論と今後の展望

本研究で実施した予備実験を通して，固定スクリプトを用いた AI・ロボット協調型トレーニングが，韓国語初級者の敬語および視線マナー習得に効果的である可能性が示された．今後は，この予備的知見を踏まえ，より大規模かつ対照群を含む本格実験の設計と実施に進めていく予定である．また，ChatGPT との対話インターフェースやフィードバック機能については改善の余地があり，今後のシステム拡張が課題である．

本研究は JSPS 科研費 JP23K02646 の助成を受けたものである．また，本研究に Pepper を貸与いただいたソフトバンク株式会社に深く感謝申し上げる．

参考文献

(1) Sohn, H.-M.：“The Korean Language”，Cambridge University Press（1999）
(2) Brown, L.：“Questions of appropriateness and authenticity in the representation of Korean honorifics in textbooks for second language learners”，Language, Culture and Curriculum，Vol.23, No.1, pp.1-14（2010）
(3) 古賀愛弓，堂本絵理，谷田貝雅典，卯木輝彦：“韓国語学習者のための視線と敬語トレーニングシステムの提案”，電子情報通信学会総合大会情報・システム講演論文集 2, TPO-1-55（2025）
(4) Urakami, J. and Seaborn, K.：“Nonverbal Cues in Human-Robot Interaction: A Communication Studies Perspective”，arXiv preprint arXiv:2304.11293（2023）

中国語初学者のための混在言語会話支援における ChatGPT の応答能力評価

Evaluating ChatGPT's Response Ability in Mixed-Language Conversational Support for Beginning Learners of Chinese

吉澤 朋花[*1]，甲斐 日菜[*1]，髙橋 小桜[*1]，谷田貝 雅典[*2]，卯木 輝彦[*1]
Tomoka YOSHIZAWA [*1], Hinata KAI[*1], Koharu TAKAHASHI [*1], Masanori YATAGAI[*2], Teruhiko UNOKI[*1]
[*1] 関西外国語大学外国語学部
[*1]College of Foreign Studies, Kansai Gaidai University
[*2] 共立女子大学文芸学部
[*2] Faculty of Arts & Letters, Kyoritsu Women's University
Email: s234626@kansaigaidai.jp

あらまし：本研究では，中国語初学者による中英混在の発話に対し，ChatGPT の応答能力を評価した．混在比率を変化させた模擬応答を ChatGPT に提示し、その返答を別の生成 AI（Gemini，Claude）が理解度、適切さ、自然さの観点から評価した．その結果，すべての条件で高評価が得られ，混在言語への柔軟な対応が確認された．また，会話を自然に継続させる応答傾向が見られ，初学者の不安軽減や学習継続の支援につながる可能性が示唆された．
キーワード：ChatGPT，生成 AI，語学学習，トランス・ランゲージング，混在言語

1. はじめに

外国語学習において，初学者は語彙や文法の不足により「言いたいことが言えない」といった挫折を経験しやすい [(1)]．とくに第二外国語として新たに学習する中国語は学習難度が高く，発話への心理的ハードルも大きい。このような場面では，既習言語を活用して「伝える工夫」を試みることができる柔軟な学習環境が求められる。会話の継続が学習意欲を支え、「伝わった」という実感が学習の継続を後押しする。既習言語を併用しながら柔軟に意味を伝えようとする「トランス・ランゲージング」は，学習者の表現力を引き出す有効な手法とされている [(2)]．

近年，ChatGPT などの生成 AI が語学学習に活用されるようになり，会話練習の相手としての有効性が報告されている [(3)]．一方で，このような AI は，複数言語に対応しているものの，学習者が中国語と英語を一文内で混在させて発話した場合に，どの程度的確に応答できるかは，十分に検証されていない．本研究では，語学初学者による中英混在の発話に対して，ChatGPT がその意図を適切に理解し，会話を自然に継続できるかを，他の生成 AI による評価を通じて検証する．

2. 実験方法

2.1 実験概要

本研究では，中国語初学者が中国語と英語を混在させて発話する場面を模擬し，ChatGPT がそのような発話に対し，適切に応答できるかを評価した．

評価のため，まず英語で提示される質問に対し，別の生成 AI である Claude Sonnet 4 [(4)] を用いて，中国語と英語が混在した模擬学習者の応答を，3 種類の比率で生成した．これらの応答を ChatGPT-4o [(5)] に提示し，応答を取得した．

最終的に，ChatGPT の応答に対して，別の生成 AI である Gemini 1.5 Flash [(6)] および Claude Sonnet 4 を用い，理解度・適切さ・自然さの観点からスコア評価を行い，得られたコメントも分析に用いた．

2.2 質問文の作成

語学初学者が自分の経験や関心に基づいて答えやすい話題として，「趣味（What is your favorite hobby and why?）」「旅行（Tell me about a place you want to visit.）」など，英語質問文 10 問を作成した．これらは，模擬学習者による自然な発話を引き出す起点として使用された．

2.3 混在言語による模擬学習者応答の生成

各質問文に対し，中国語と英語を混在させた 1〜2 文程度の短い応答文を，表 1 に示す 3 つの異なる言語比率で生成した．生成には Claude Sonnet 4 を用い，プロンプトにて「中国語初学者であり，言い表せない部分は英語を使用する」と指定した．

表 1 応答の言語混在比率の設定

言語比率	内容の特徴
中国語 75%	中国語中心で，英語を補助的に使用
中国語 50%	中国語と英語をほぼ等量で混在
中国語 25%	英語中心で，一部に中国語を挿入

2.4 ChatGPT による応答生成

生成された混在言語の応答に対して，ChatGPT-4o を用いて返答を生成した．プロンプトでは，相手が中国語初学者であり，中国語と英語を混在させることを前提に，内容を理解しつつ自然な返答を行うよう指示をした．文法誤りの訂正や指導は行わず，会話の継続を優先する設定とした．

2.5 応答の評価

ChatGPT による各応答に対して，Gemini 1.5 Flash および Claude Sonnet 4 によって以下 3 観点から評価を行った. 各項目について 5 段階でスコアを付け，併せて評価コメントも記録した.

表 2 評価項目

評価項目	内容
理解度	学習者の意図を把握しているか
応答の適切さ	話題や文脈に合った応答か
応答の自然さ	言語表現が自然で流暢か

2.6 データ構成と分析方法

本実験では，10 問の質問それぞれに対して，3 つの異なる混在比率（中国語 75%，50%，25%）による学習者応答を準備し，計 30 通りの ChatGPT 応答を対象とした．各応答に対して，Gemini および Claude を用いて，3 観点のスコア評価およびコメントを取得した．その後，条件ごとの平均スコアを算出し，混在比率の違いが応答品質に与える影響を比較した. また, 得られたコメントにから, ChatGPT の応答傾向および対話スタイルの特徴を抽出した.

3. 結果

3.1 定量的評価結果

混在比率（中国語 75%，50%，25%）ごとの各項目の平均スコアを表 3 に示す．評価は，理解度・応答の適切さ・自然さの 3 観点から，5 段階でスコア化した．いずれの混在比率においても，全評価観点で平均スコアが 5.0 となり，高い評価が得られた.

表 3 混在比率別の評価平均スコア（5 点満点）

混在比率	理解度	適切さ	自然さ
中国語 75%	5.0	5.0	5.0
中国語 50%	5.0	5.0	5.0
中国語 25%	5.0	5.0	5.0

3.2 定性的評価の傾向

評価コメントの分析から，ChatGPT の応答には以下のような共通傾向が見られた：

- 文脈の正確な把握 : 混在言語の構文や語順に影響されず，学習者の意図を正確に解釈していた.
- 共感的かつ自然な語調 : 話題に共感を示し，内容を広げる自然な追加質問を行っていた.
- 言語の使い分けの柔軟性 : 英語中心・中国語中心のいずれにも，自然に返答していた.

たとえば，評価コメントに見られたやりとりの一例として「What is your favorite hobby and why?」という質問に対して, 学習者が「我最喜欢的爱好是读书，因为通过 reading 可以学到很多东西.」と回答した場合，ChatGPT は「那真是个好爱好！你喜欢哪种类型的书？」と返答し，会話の継続を促していた.

4. 考察

本研究では，中国語初学者による中国語と英語の混在発話に対し，ChatGPT がどの程度適切に応答できるかを評価した．その結果，混在比率にかかわらず，理解度・適切さ・自然さの各観点で満点が得られ，ChatGPT の応答品質の高さが確認された.

この結果は，ChatGPT が文法的な正確さよりも意味理解を重視し，中国語や英語など，学習者が知っている言語を柔軟に組み合わせた発話にも適切に応答していたことを示しており，トランス・ランゲージングの理論 (2) とも整合する. また, 共感的応答は，学習者が安心して発話を継続できる会話環境を形成し，学習不安の軽減や動機づけの維持 (1) にも資する可能性がある.

一方で，このような受容的な応答スタイルは，誤用や不自然な表現に対しても肯定的な反応を返す傾向があり，学習者がそれらを「正しい表現」として誤って定着させてしまうおそれがある．心理的安全性を高めるという利点はあるものの，言語知識の正確な習得という観点からは限界があり，教育的応用に際しては，誤用の訂正や補助的なフィードバックとの併用が求められる.

5. 結論

本研究では，中国語初学者による中英混在の発話に対し，ChatGPT が適切な応答が可能かを検証した. その結果，混在比率にかかわらず一貫して高い評価が得られ，ChatGPT は柔軟かつ高品質な対話応答を生成できることが示された.

これは，ChatGPT がトランス・ランゲージング的な学習スタイルを支援し，初学者にとって安心して学習を継続できる対話パートナーとなり得ることを示唆している.

一方，常に肯定的な応答が誤用の見逃しや誤学習につながるおそれもあり，今後はフィードバック機能や補助的設計との連携が課題となる．今後の研究では，実際の学習者による応答や主観的評価を取り入れ，AI を活用した語学学習支援の実用性と限界をさらに検討していきたい.

本研究は JSPS 科研費 JP23K02646 の助成を受けたものである.

参考文献

(1) Horwitz, E. K., Horwitz, M. B., & Cope, J.: “Foreign language classroom anxiety”, The Modern Language Journal, Vol.70, No.2, pp.125–132（1986）
(2) García, O. and Wei, L.: “Translanguaging: Language, Bilingualism and Education”, Palgrave Macmillan, London（2014）
(3) Lee, J.: “The pedagogical potential of ChatGPT for foreign language education”, Computer-Assisted Language Learning, Advance online publication（2023）
(4) Anthropic: “Claude”, https://www.anthropic.com（参照日：2025 年 5 月 27 日）
(5) OpenAI: “ChatGPT”, https://chat.openai.com（参照日：2025 年 5 月 27 日）
(6) Google:“Gemini”, https://deepmind.google/models/gemini/（参照日：2025 年 5 月 27 日）

P1-18

ポートフォリオにおけるイラストの提示方法による成長度評価の変化

Changes in Growth Assessment by the Presentation Method of Illustrations in Portfolios

木内 日奈子[*1],山崎 治[*2]
Hinako KINOUCHI[*1], Osamu YAMAZAKI[*2]
千葉工業大学情報科学科
Chiba Institute of Technology
Email: s2132045sl@s.chibakoudai.jp

あらまし：本研究では、イラストの提示方法が成長度評価に与える影響を調査した。新旧 2 作品を用い、異なるレイアウト（例：新作を大きく、旧作を小さく）で提示し、クラウドワークス上の 201 名に評価を依頼した。結果、「新作を大きく・旧作を小さく」において、成長度評価がほかの提示の工夫よりも高くなる傾向がみられた。提示方法の工夫が視覚的な成長評価に有効であることが示唆された。
キーワード：イラスト、成長度評価、提示方法、ポートフォリオ、視覚的印象操作

1. はじめに

近年クリエイターエコノミー市場は大きく発展している。クリエイターエコノミーとはクリエイターを中心とした経済圏を指し、クリエイターの創作物の視聴や購入、クリエイターの活動を支えるマネジメントや事務手続き関連のサービスも含まれる。なかでもイラスト制作は市場全体の七割を占める「モノ分野」「コンテンツ分野」「スキル分野」それぞれに関与している肝要な技術である(1)。

イラストレーターの就職活動において、ポートフォリオと呼ばれる作品集が参考にされる。ポートフォリオは、そのイラストレーターの作品制作の実績および履歴、つまり、「これまで」について整理した書類であると言える。その一方で、企業や依頼者はポートフォリオを参照することで、イラストレーター個人の技術面（制作スキルや利用できるツールなど）や人物面（センスやこだわりなど）、の過去の実績を確認するのとともに将来性、つまり、「これから」をも評価している。しかし、単に作品の巧拙のみで将来性や成長度が測られているわけではなく、作品の見せ方、まとめ方によって評価が変化することが示唆されている(2)。

本研究では、どのようなイラストの提示方法が成長度評価に影響を与えるのかを質問紙形式の実験によって明らかにする。そこで、実際のポートフォリオを意識して、同じ作者が制作した 2 つ（以上）の人物イラストを対比するように見せる「評価用レイアウト」を用意する。ここで取り上げる 4 つの提示の工夫（レイアウト）のなかで、どの工夫が成長をアピールするのに効果的かを分析する。

2. 提示の工夫を施すイラストの準備

日常的にイラストを制作している協力者 5 名に研究の趣旨を説明し、研究への参加に同意を得た上で、人物を描いたイラスト 2 点ずつの提供を依頼した。依頼に際しては、一定の制作時期の間隔が設けられた作品を求め、作画技術の変遷を確認可能な素材を提供していただく旨を明示した。その結果、各協力者から「過去に制作された旧作」のイラスト 1 点および「現在の制作環境下で新たに描かれた新作」のイラスト 1 点を提供してもらった。図 1 に提供されたイラスト（新作／旧作）の例を示す。

図 1 イラスト 2　新作/旧作の例

同一の協力者による新作と旧作の 2 点のイラストに対して、提示の工夫として図 2 に示す 4 つの方法を用いて実験の刺激を作成した。

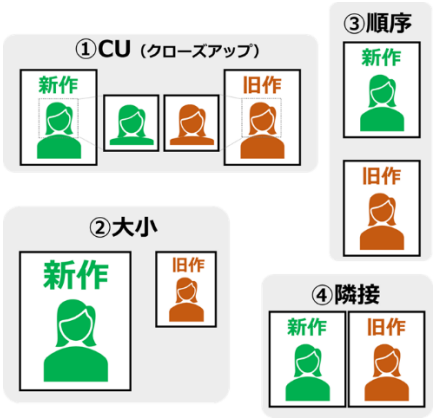


図 2 提示方法の工夫例

「①CU（クローズアップ）」の工夫として、もとのイラストとともに、主役である人物の顔をクローズアップした画像もあわせて提示した。「②大小」の工夫として、新作を大きく、旧作を小さく提示した。「③順序」の工夫として新作を先に提示し、旧作を後に提示した。「④隣接」の工夫として新作と旧作を間隔を空けずに横並びに提示した。

3.　成長度評価の違いに関する調査

3.1 方法

実験参加者： クラウドワークス上に登録している201名（男性100名/女性99名/回答なし2名）に参加してもらった。

実験計画： 参加者に対してイラストの提示方法4条件を設け、1要因4水準参加者間計画で実験を実施した。

材料： アンケートはGoogle Formで作成し、各参加者がそれぞれのパソコンやスマートフォンで回答できるようにした。成長度の評価にはリッカート尺度を採用した。成長度は「色彩」「陰影」「質感」「構図」「形どり」「アイデア」の6項目を、「全く成長していない」「あまり成長していない」「まぁ成長している」「大きく成長している」の4段階で評価することとした。

アンケートはフェースシートの後，参加者のイラスト制作経験などを尋ねるページを設けた。さらに、統制条件用のイラストと成長度などを回答する設問リストから成るページを先頭に、①～④の工夫により提示の仕方を変えたイラストと設問リストを組み合わせたページを4ページ分用意した。実験では各参加者が「同じイラスト」「同じ提示の工夫」に対する評価をすることがないよう、アンケート自体を4パタン用意し、各参加者にはいずれか1つのパタンのアンケートが提示された。

手続き： 参加者は、クラウドワークス上の依頼文を読み、留意事項を踏まえて実験協力に同意できる場合のみ、実験に参加した。参加者は各自のネットアクセスの環境（PCやタブレットなど）でGoogle Formのアンケートにアクセスをし、回答を行った。

3.2 結果

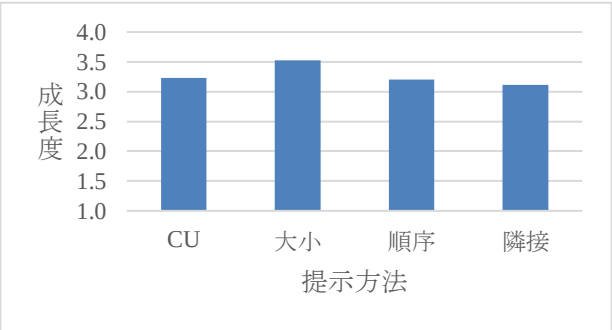


図 3 イラスト2構図の成長度の平均点

イラストごとに各評価項目の成長度評価の平均を求めた。一例として図3にイラスト2の「構図」の評価における提示方法ごとの成長度評価の結果を示す。

すべてのイラストと評価項目の組み合わせごとに，提示方法による成長度評価の平均点に差がみられるかを一要因分散分析で検定した。分散の等質性が成り立たない可能性を考慮して、Brown-Forsythe 検定と、Welch 検定を実施した。検定の結果、複数のイラスト／評価項目において提示方法の間で 5%水準の有意差が認められた。表1に有意差がみられたイラスト／評価項目において多重比較を行った結果の一部を示す。

表 1　イラスト／評価項目ごとの検定結果（一部）

	色彩	質感	構図
イラスト2	大小＞隣接		大小＞隣接
イラスト3	CU＞大小		
イラスト4		大小＞CU	大小＞隣接

表1より、提示方法のなかでも特に「②大小」（新作を大きく/旧作を小さく）において、成長度評価が他の提示の工夫よりも高くなる傾向がみられることが明らかとなった。以上の結果から、新作を大きく、旧作を小さく提示することで新作と旧作間の相対的な成長度評価を高めることができる効果が見込まれる。

4.　まとめ

研究では、イラスト経験者、未経験者を含めて成長度評価を実施した。しかし、イラストの知識の有無によって成長度評価に異なる差が生まれる可能性があるため、イラストの専門家に対しても本研究の提示方法の工夫が有効か調査する必要がある。本研究の知見は、イラスト共有アプリやSNSにおけるアルゴリズム設計に応用可能である。特に、ユーザーの成長を促進する視覚的インターフェースやフィードバック形式の開発に貢献することが見込まれる。また、オンライン教育ツールにおける視覚的成長評価機能の強化にも応用が期待される。

参考文献

(1)　三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング. (2023). 国内クリエイターエコノミーに関する調査結果. 参照日：2024 年 10 月 22 日，参照先：chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.murc.jp/wp-content/uploads/2023/10/cr_231031_01.pdf
(2)　【イラストレーター必見！】仕事に使えるポートフォリオの作り方. (2014 年 6 月 10 日). 参照日：2024 年 10 月 22 日，参照先: GIKUTASMagazine: https://gikutas.jp/magazine/illustration/44

P1-19

修学ビッグデータを用いた退学および留年リスクの予測と支援への応用

Prediction of Dropout and Grade Retention Risks Using Educational Big Data and Its Application for Student Support

吉本 悠真[*1], 鈴木 崇太朗[*1], 山本 知仁[*1],
Yuma YOSHIMOTO, Sotaro SUZUKI, Tomohito YAMAMOTO
[*1] 金沢工業大学大学院工学研究科情報工学専攻
[*1]Graduate School of Engineering, Kanazawa Institute of Technology
Email: c6500676@st.kanazawa-it.ac.jp

あらまし：文部科学省の調査によると，令和 5 年度における全国の大学・短期大学の退学率は 2.1%とされている．金沢工業大学では，年間退学率が 3%前後で推移しており，退学の抑制に向けた具体的な対策が必要とされている．そこで本研究では，大学のデータベースに蓄積された学生の修学状況に関するデータを用いて，退学および留年を予測するモデルを構築した．また，モデルの予測結果に SHAP を適用することにより，各学生のリスク要因に応じたフィードバックメッセージの提示を実現した．
キーワード：教学 IR，データサイエンス，AI，学習支援

1. はじめに

近年の日本の教育現場においては，大学進学率が増加傾向にある．その一方で，退学などの問題により，大学での学びを継続できなくなる学生も少なくはない．文部科学省の調査によると，令和 5 年度に大学および短期大学を退学した学生は 56,710 名にのぼり，退学率は 2.1%である(1)．金沢工業大学（以下，金沢工大）においては，近年の年間退学率が 3%前後で推移しており，退学の抑制に向けた具体的な対策が必要になっている．

このような背景のもと，教学 IR の一分野として，機械学習を活用した退学者予測に関する研究が行われている．たとえば，近藤らの研究では，入学前学習の提出状況や 1 年次前期第 5 週までの出席状況を用いることで，約 40%の精度で 3 年次開始時の在籍状況が予測可能であることが示されている(2)．また，石川らの研究では，1 年次の GPA や取得単位数，高等学校の偏差値などを用いることで，約 60%の精度で退学を予測できることが示されている(3)．金沢工大では，寺井らの研究で退学者予測モデルの構築が行われてきた(4)．寺井らの研究では，成績が確定した学期の 2 学期先までの退学を予測するモデルが提案され，モデルの予測結果に基づいたフィードバックが実施されている．しかし，この研究で提案されたモデルには，1 年次前期における退学者を見逃してしまうという問題点があった．また，退学者のみをターゲットとしており，留年者については支援の対象としていなかった．

本研究ではこれらの問題に対応するために，LMS のアクセスログや出席率などの随時更新されるデータを用いて，1 年次前期中の予測を可能とするモデル（以下，早期予測モデル）を構築する．さらに，従来の成績および出席情報に基づくモデルを拡張し，LMS のアクセスログや課題提出状況などの多様なデータを取り入れた新たなモデル（以下，学期ごと予測モデル）を構築する．いずれのモデルについても，留年者も考慮したモデル設計にすることで，大学生活への適応に課題を抱える学生をより包括的に特定することを目指す．

2. 退学者と留年者に関する予備的な解析

金沢工大では，2020 年より学内の教育 DX を推進する取り組みの一環として大学のデータベースを統合し，解析の基盤を構築している．本研究では，このデータベースにある修学状況に関するデータを解析の対象とする．

予測モデルを構築するにあたって，退学者および留年者に関する解析を行った．結果として，1 年次の退学者が最も多く，学年が進むにつれて退学者数が減少する傾向がみられた．また，学力不足や修学意欲の低下によって退学に至る学生は高年次生に多いことや，他校への進路変更によって退学に至る学生は低年次生に多いこと，経済的理由によって退学に至る学生は学年に関係なく一定の割合で存在することなどが明らかとなった．

2016 年度から 2021 年度の入学生を対象に，留年経験と退学率の関係についても解析を行った．結果として，留年を経験した学年が低いほど退学に至る割合が高い傾向が見られた．特に，1 年次または 2 年次に留年を経験した学生では，卒業に至った割合は全体の約 2 割にとどまり，退学に至る割合が顕著に高いことが明らかとなった．

3. 退学および留年予測モデル

3.1 モデルの概要

金沢工大における 2018 年度から 2022 年度入学生のデータを用いて学習を行い，2023 年度入学生のデータを用いて評価を行った．また，クラスタリングとアンダーサンプリングを組み合わせることにより，クラス不均衡問題に対処しつつ，学生の多様な特性

表 1 早期予測モデルの予測精度

Rank	Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 Score
1	Multilayer Perceptron	0.91	0.42	0.61	0.50
2	Random Forest Classifier	0.90	0.38	0.66	0.48
3	Gradient Boosting Classifier	0.90	0.38	0.62	0.47
4	Extra Trees Classifier	0.90	0.39	0.60	0.47
5	Decision Tree Classifier	0.88	0.37	0.58	0.45

表 2 学期ごと予測モデルの予測精度

Rank	Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 Score
1	Random Forest Classifier	0.89	0.32	0.75	0.45
2	Extra Trees Classifier	0.88	0.32	0.71	0.44
3	CatBoost Classifier	0.88	0.31	0.72	0.43
4	Blend model（rf + et）	0.88	0.32	0.66	0.43
5	TabPFN	0.87	0.29	0.69	0.41

を反映した代表性の高いデータセットを構築し，モデルの学習を行った．また，Grinsztajn らによると，数千行規模の表形式データの予測に関しては，ツリーベースモデルが最も優れた精度を示す傾向にあると報告されている(5)．そのため，複数のツリーベースモデルを効率的に比較することができる PyCaret を用いてモデルの学習および評価を実施した．

3.2 早期予測モデルの結果

評価用データに対する予測精度が良好であったモデルの結果を表 1 に示す．表 1 より，多層パーセプトロンやツリーベースモデルが比較的良好な性能であることがわかる．そして，1 年次前期の第 8 週までのデータを用いて，約 50%の精度で 1 年次終了までに発生する退学および留年を予測できることが明らかとなった．

3.3 学期ごと予測モデルの結果

評価用データに対する予測精度が良好であったモデルの結果を表 2 に示す．表 2 から，ツリーベースモデルおよび複数のモデルを組み合わせたブレンドモデルが，比較的高い性能を示していることが確認できる．予測を実施した学期により精度には一定のばらつきが見られたものの，約 45%の精度で 2 学期先までの退学および留年を予測できることが明らかとなった．寺井らが提案したモデルと比較して約 5%の精度向上が見られたため，学習成果に加えて行動データや属性データも考慮することが，退学および留年の予測において有効である可能性が示唆された．

4. フィードバックメッセージの提示

金沢工大では，寺井らの研究により 2022 年度から，退学リスクがあると予測された学生に対し，フィードバックを提示する取り組みが実施されている．具体的には，退学リスクがあると予測された学生に対して，SHAP を適用し，リスクを高めている要因を特定した上で，その結果に基づくフィードバックを提示している．SHAP とは，ゲーム理論におけるシャープレイ値の概念を応用し，各特徴量が予測結果に与える影響度を定量的に算出する手法である．

従来は，数理科目・専門科目・出席といった観点から学生を 4 つのカテゴリに分類し，それぞれに応じたフィードバックを提供していた．本研究では，成績や出席に加えて，LMS のアクセスログや課題提出状況といった行動データも活用することで，成績・出席・アクセスログ・課題提出の 4 項目を主な分類軸とし，さらに成績と出席については科目群ごとに細分化した．これにより，各学生の修学状況に即した，より的確なフィードバックの提供を実現した．本研究で実施したフィードバックは，2025 年 5 月現在，学内のポータルサイトを通じて学生に提示されている．

5. まとめと今後の展望

本研究では，退学および留年予測モデルを構築した．いずれのモデルも 4-5 割の精度で退学および留年を予測することできた．また，SHAP を活用することで各学生のリスク要因を特定し，その結果に基づいたフィードバックを提示することができた．

今後は，本研究にて未活用の自然言語データなどを取り入れた場合の予測精度を検証するとともに，フィードバックを受け取った学生の修学状況の変化を解析し，長期的な効果を検証する予定である．

参考文献

(1) 文部科学省:”令和 5 年度 学生の中途退学者・休学者の調査結果について”, https://www.mext.go.jp/content/20240627-mxt_gakushi01-000013028_1.pdf （参照 2025.4.1）
(2) 近藤伸彦, 畠中利治:“学士課程における大規模データに基づく学修状態のモデル化”, 教育システム情報学会誌, Vol.33, No.2, pp.94-103 （2016）
(3) 石川千温, 石本翔真:“機械学習を用いた退学予測に基づくエンロールメントマネジメントシステムの構築”, 情報処理学会論文誌デジタルプラクティス, Vol.4, No.2, pp.1-8 （2023）
(4) 寺井朝人, 鈴木崇太朗, 山本知仁: “修学ビッグデータを用いた退学者予測と学習支援”, 2023 年電気・情報関係学会北陸支部連合大会予稿集, p.177 （2023）
(5) Grinsztajn, L., Oyallon, E. and Varoquaux, G.:“Why do tree-based models still outperform deep learning on typical tabular data?”, Advances in Neural Information Processing Systems, Vol.35, pp.507-520 （2022）

P1-20

修学ビッグデータを用いたコロナ禍前後の学習行動の分析

Analysis of Learning Behavior before and after the COVID-19 Using Big Data of Student Learning

赤丸 太一[*1]，山本 知仁[*1]
Taichi AKAMARU[*1], Tomohito YAMAMOTO[*1]
[*1] 金沢工業大学大学院工学研究科情報工学専攻
[*1]Graduate School of Engineering, Kanazawa Institute of Technology
Email: c6500584@st.kanazawa-it.ac.jp

あらまし：本研究では，コロナ禍において遠隔授業等の導入が学生の学習行動および心理的側面に与えた影響を分析した．分析の結果，成績不振者や留年経験者は，遠隔授業等において出席率が低下する傾向が確認された．また，コロナ禍においては授業に対して不安や心配を持つ学生が多く見られた．さらに，コロナ禍に形成された学習行動の変化は，コロナ禍後も継続する傾向が示された．以上の結果から，遠隔授業等を導入する際には，成績不振者や留年経験者への早期対応が重要であること，また，学習行動を効果的に変化させるためには，大学全体で施策を一斉に実施することが有効であることが示唆された．
キーワード：コロナ，ビッグデータ，データ分析，オンライン，遠隔授業

1. はじめに

コロナ禍の影響により，全国の大学では遠隔授業，および対面授業と遠隔授業を組み合わせたハイブリッド授業が導入された．これらの授業形式は，コロナ禍による社会的混乱が一段落し，社会が平常に戻りつつある現在においても学習スタイルの一つとして活用され続けている．実際，学生からも ICT を用いた授業への転換を求める声が多く寄せられており，ICT 活用への期待度は高い(1)．このような状況に対応するために，遠隔授業が導入される以前の対面授業期間（コロナ禍前），遠隔授業期間（前期コロナ禍），ハイブリッド授業期間（後期コロナ禍），遠隔授業終了後の対面授業期間（コロナ禍後）を比較し，学生の学習行動の変化を明らかにすることが重要である．

また近年では，コロナ禍による学生の学習環境や生活習慣の変化がメンタルヘルスに与える影響も注目されている(2)．文部科学省の調査では，オンライン授業がもたらす課題の一つとして「友人と一緒に授業を受けられない」「課題が多い」等が挙げられており，授業に関する悩みを抱える学生も少なくない(3)．本研究では，コロナ禍で導入された遠隔授業やハイブリッド授業が今後も引き続き活用されることを前提に，大学教育の変化が学生に与えた心理的な影響についても明らかにする．

2. 分析手法

本研究では，2004 年から金沢工業大学（以下，金沢工大）の学内サーバに蓄積された修学ビッグデータを活用した．特に本研究では，授業形態の変化が成績層別や留年状況別の平均出席率（以下，出席率）に与える影響を分析した．成績層別の分析では，GPA を 0.5 単位で分類して，留年状況別の分析では，留年経験のある学生を抽出して，分析を行った．

また，学生の心理的側面を分析するために，年度末に学生が約 3000 字で記述した　状況や生活状況に関するレポートから「不安」と「心配」を含む文章を抽出し Word Cloud や TF-IDF を用いて分析を行った．さらに，年度ごとの学習行動の変化を明らかにするために，LMS のログインデータを可視化し，時間ごとのログイン数の推移，および各時刻に一度でもログインした学生数の推移を分析した．

分析対象は，2018 年から 2023 年の間に金沢工大情報工学科に在籍した 2206 名の学生である．期間の分類は，コロナ禍前（2018 年～2019 年），前期コロナ禍（2020 年），後期コロナ禍（2021 年），コロナ禍後（2022 年～2023 年）とした．

3. 分析結果

3.1 GPA 別出席率の推移

図 1 に GPA 別の平均出席率の推移を示す．図 1 の前期コロナ禍において，GPA が 1.5 未満の学生は出席率が低下していることがわかる．一方，GPA が 2.0 以上の学生は年度に関係なく出席率の推移は一定であることがわかる．

3.2 留年状況別出席率の推移

図 2 に留年状況別の平均出席率の推移を示す．図 2 の 1 年次留年の学生について，前期コロナ禍で出席率が低下していることがわかる．また，2 年次および 4 年次留年の学生についても出席率が低下していることがわかる．一方，留年経験のない学生は一貫して出席率が高いことがわかる．

3.3 不安と心配の Word Cloud と単語数の推移

図 3 に「不安」と「心配」を含む文章を抽出した 2020 年度の Word Cloud を示す．他年度の Word Cloud は紙面の都合で掲載していないが，図 3 では「授業」と「生活」が他の年度と比較して大きく出力されており，「出席」に関しても 2020 年度のみに出力され

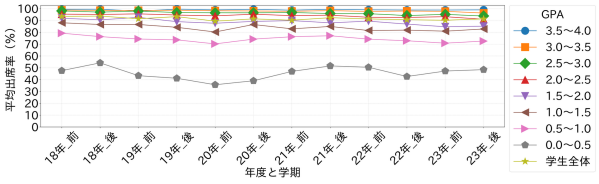


図 1 GPA 別出席率の推移

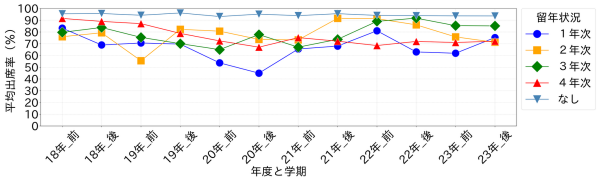


図 2 留年状況別出席率の推移

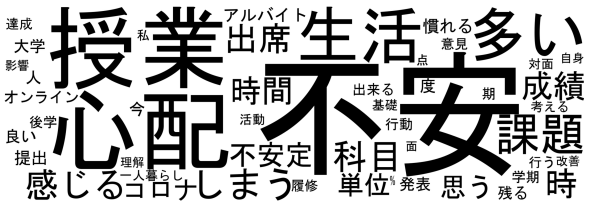


図 3 「不安」と「心配」の Word Cloud（2020 年度）

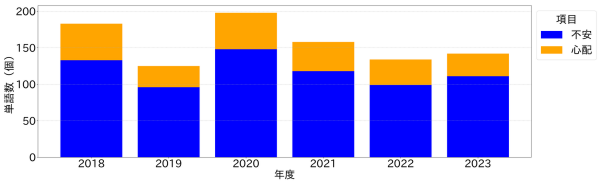


図 4 年度別「不安」と「心配」の単語数の推移

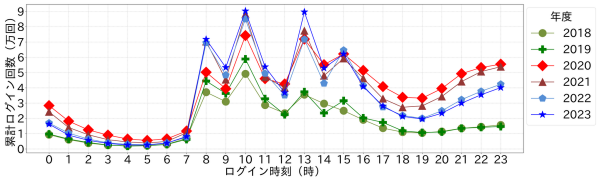


図 5 年度別時間ごとのログイン数の推移

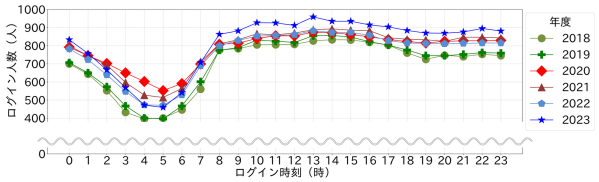


図 6 年度別ログイン時刻と人数の推移

ていた．図 4 に年度別の「不安」と「心配」の単語数の推移を示す．図 4 より，2019 年度から 2020 年度にかけて「不安」の単語数が約 50 個増加し，その後は減少傾向にあることがわかる．

3.4 年度別ログイン行動の傾向

図 5 に年度別の時間ごとのログイン数の推移を示す．図のコロナ禍後のログイン数の推移について，コロナ禍前と類似した傾向に戻るのではなく，前期コロナ禍および後期コロナ禍の推移に類似していることがわかる．また，前期コロナ禍および後期コロナ禍において，16 時以降のログイン回数が他の年度よりも多いことがわかる．図 6 に年度別のログイン時刻と人数の推移を示す．特に，図のコロナ禍において，3 時から 5 時のログイン人数が他の年度と比べて 50 人から 100 人多いことがわかる．

4. 考察

結果より，遠隔授業やハイブリッド授業の導入が出席率に対して影響を与えていることが明らかになった．特に GPA が低い学生や留年した学生は，出席率が低下しやすい傾向が確認された．これより，先のような授業形態を導入する際には，こうした学生に対する学習支援の強化が重要である．具体的には，GPA が低下した学生への早期アラートシステムの提供などが有効であると考えられる．

また，コロナ禍では「出席」や「授業」に関する心配が広く見られた．これは，学習環境の変化や，オンライン授業特有の出席管理方法への戸惑いが影響している可能性がある．今後，オンライン授業を継続する際には，学生が感じる心理的負担を軽減するための適切なサポートが必要である．具体的には，安心感を与えるための情報提供や FAQ の整備，オンライン授業の受講方法や課題提出方法に関する丁寧なオリエンテーションの実施が有効であると考えられる．さらに，コロナ禍では 3 時から 5 時にログイン人数が多いことが確認され，生活習慣の乱れや健康問題への注意が必要であることも示唆される．

ログイン行動の分析結果より，コロナ禍で生じた学習行動の変化が，その後も継続する傾向が確認された．このことから，学習行動を効果的に変化させるためには，大学で統一的な方針のもと一斉に取り組むことが重要であると考えられる．

5. まとめ

本研究では，コロナ禍による授業形態の変化に着目し，期間別に学生の学習行動や心理的側面を分析した．今後の展望として，今回の分析結果を踏まえ，具体的な施策の検討を進めるとともに，就職活動への影響も含めた教育効果の詳細な解明を目指す．

参考文献

(1) 鈴木克明，平岡斉士:“ICT を活用した授業デザイン原則の提案”，名古屋高等教育研，vol.21，pp.143-146（2021）
(2) 松本麻友子:“コロナ禍におけるオンライン学習や生活習慣が大学生の抑うつに及ぼす影響”，Japanese Journal of Applied Psychology, vol.48, No.2, pp.110-111（2022）
(3) 文部科学省:“新型コロナウイルス感染症の影響による学生等の学生生活に関する調査”，https://www.mext.go.jp/content/20210525-mxt_kouhou01-000004520_1.pdf （参照 2024.12.22）

早稲田大学データ科学教育プログラムの改善に向けた学修履歴分析指標設計

Design of Learning History Indicators for Improving the Data Science Education Program at Waseda University

渡邉 文枝[*1]，望月 泰博[*1]，中原 悠太[*1]，須子 統太[*2]
Fumie WATANABE, Yasuhiro MOCHIZUKI, Yuta NAKAHARA, Tota SUKO
[*1] 早稲田大学データ科学センター，[*2] 早稲田大学社会科学総合学術院
[*1]Center for Data Science, Waseda University，[*2]Faculty of Social Sciences, Waseda University
Email: watanabe.fumie@aoni.waseda.jp

あらまし：本稿では，早稲田大学データ科学センターが全学に提供するデータ科学教育プログラムの質向上を目的として設計した学修履歴分析指標について報告する．学生の履修行動を体系的にモデル化し，それに基づいて「履修登録者数」「認定要件修了率」「認定率」「ステップアップ率」の 4 つの指標を設定した．2020 年度から 2023 年度の学修履歴データ（累計）を集計した結果，必修学部ではステップアップに関する課題，非必修学部（統計）では認定要件の修了に関する課題が明らかになった．
キーワード：データサイエンス，履修行動モデル，学修履歴分析，大学教育

1. はじめに

大学などの教育機関において，教育カリキュラムの質を向上してくにあたっては，学修履歴データなどのエビデンスに基づいて推進することが重要である．そのためには，適切な指標を設定することが必要となる．早稲田大学では，データ科学センター（以下，DS センター）が全学に提供するデータ科学教育プログラムにおいて，学修履歴データを収集，および分析指標を設定し，その進捗管理を行っている．本発表では，その実践内容について報告する．

2. 全学向け「データ科学教育プログラム」の概要

2.1 データ科学教育プログラムのカリキュラム構成について

本学では学部・研究科を問わず，全学生が基礎から段階的にデータ科学を学べる教育プログラムを整備している[(1)(2)]．本プログラムは，統計・AI・機械学習などこれまで個別に発展してきた諸分野を「意思決定の目的」という観点から統一的かつ体系的に学ぶことができ，すべての科目がオンライン授業として提供されている．

本プログラムのカリキュラムは，学生が自身の関心や学修段階に応じて柔軟に履修できるよう，目的別に整理された 4 つの科目群（A 群～D 群）によって構成されている（図 1）．A 群は，統計学や機械学習などを含むデータ科学の基本的な考え方とその活用方法について学ぶことを目的とした科目群である．B 群は，数学，最適化，ICT といった周辺分野の知識を学び，より専門的・実践的にデータ科学を活用する力を養うための科目群である．C 群は，A 群を学んだ学生が各自の専門領域における課題やデータに対して，データ科学的な視点からアプローチする方法を学ぶための科目群である．D 群は，C 群までに学んだ知識を応用し，自身の専門分野以外においてもデータを活用する能力を育成することを目指した科目群である．これら 4 つの科目群は段階的に配置されており，学生が基礎から応用まで無理なく学びを進め，自らの専門領域を越えてデータ科学を活用する力を育むことができるよう設計されている．

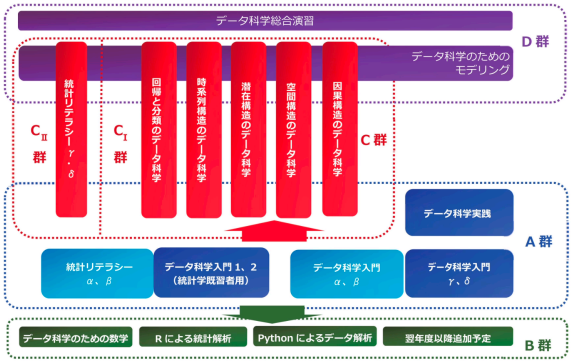


図 1 本プログラムのカリキュラムマップ[(3)]

なお，本学の 3 学部（政治経済学部，商学部，社会科学部）においては，A 群の 2 科目「統計リテラシー α・β」を必修科目としている．

2.2 データ科学認定制度について

本プログラムでは，学生の到達目標を明確化し，学修成果を可視化するため，2021 年度から独自のデータ科学認定制度を設けている．本制度は，データ科学に関する能力を段階的に評価・認定する 4 つの級（リテラシー級，初級，中級，上級）から構成されおり、各級の取得要件は次のとおりである．

リテラシー級はデータ科学の基本的な考え方を理解し，簡単なデータ分析を実行できる能力を認定している．A 群の 2 科目（統計リテラシー α・β，またはデータ科学入門 α・β）の単位を取得することにより認定される．初級はデータ科学の手法を体系的に理解し，実際のデータに適用できる能力を認定している．A 群の 5 科目（リテラシー級の 2 科目を含む）の単位を取得することが必要である．中級は

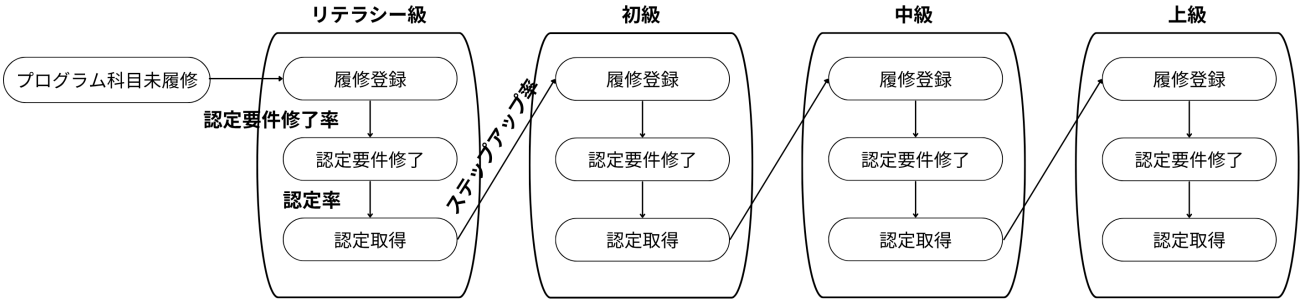


図 2 学生の履修行動モデル

自身の専門領域にデータ科学を適用する能力を認定し，C 群科目を 3 科目以上履修することを条件としている．上級は専門領域を超えてデータ科学を汎用的に活用できる最高レベルの能力を証明し，D 群の 2 科目を履修することが求められる．

なお，級の認定は単位を取得しても自動で付与されるものではなく，学生自身による認定申請を必要としている．また級の認定を受けた学生がデータ科学スキルを客観的に証明することができるように，DS センターでは, 希望者に対して認定証明書を発行している．加えて，一部科目を必修化している 3 学部においては，卒業時に少なくともリテラシー級の能力の保持が保証される仕組みとなっている．

2.3 学修履歴データについて

本プログラムでは，提供しているすべての科目について，学生の学修履歴データをデータベースに蓄積している．変数としては，学籍番号，所属学部・研究科名，学年，履修科目名，成績などが含まれている．また認定制度についても，学籍番号のほか，学生が申請した級，申請日時，判定結果，判定日に関するデータが記録されている．

3. 学生の履修行動モデルと学修履歴分析指標

DS センターでは, データ科学の全学的な推進を目的として，本プログラムの問題点や達成状況を確認するための指標を設定している．指標は学生の履修行動モデルをもとに設定した．

3.1 履修行動モデルについて

履修行動モデルとは，学生の理想的な履修行動を具体化したものである（図 2）．具体的には，本プログラム科目の未履修者は，まずリテラシー級の取得に必要な 2 科目を履修登録して受講し，単位を取得して認定要件を満たす．その後，認定申請を行って級の認定を取得し，次に初級科目にステップアップする．このプロセスを上級まで段階的に続けていくことを想定したモデルである．なお，リテラシー級科目の履修にあたっては 3 パターンの入り口が設けられている．1 つ目は「統計リテラシー α・β」を必修として受講するパターン（以下，必修学部）である．2 つ目は，同科目を選択授業として受講するパターン（以下，非必修学部（統計））である．3 つ目は「データ科学入門 α・β」を選択授業として受講するパターン（以下，非必修学部（DS））である．

3.2 学修履歴分析指標について

DS センターでは, プログラムの進捗管理と課題発見を目的として前述の履修行動モデルに基づく学修履歴分析指標を設定している．具体的には「履修登録者数」,「認定要件修了率」,「認定率」,「ステップアップ率」の 4 つである．このような指標を設定することで，現在の問題点や達成状況を数値的に把握している．

4. 学修履歴集計結果

2020 年度～2023 年度の学修履歴データ（累計）に基づく集計の結果，リテラシー級の統計科目においては，認定要件修了率が必修学部 95.5%，非必修学部（統計）66.2%，非必修学部（DS）82.0%であった．またステップアップ率は必修学部 6.5%，非必修学部（統計）35.8%，非必修学部（DS）49.7%であった．これらの結果から，必修学部にはステップアップに関する課題があり，非必修学部（統計）には認定要件の修了に関する課題があることが明らかになった．

5. 今後の展望

今後は, DS センター教員間で学修履歴分析指標の値を共有するためのダッシュボードシステムを構築し，分析業務を定型化するとともに，本プログラムの継続的な改善活動に活用していく予定である．また，今回明らかになった課題に対して，必修学部のステップアップ率促進策と非必修学部（統計）の認定要件修了率向上策の具体的な検討を進めていく予定である．

参考文献

(1) 松嶋敏泰, 野村亮: “早稲田大学における全学データ科学教育プログラム”, https://www.juce.jp/LINK/journal/2401/03_03.html （参照 2025.6.2）
(2) 野村亮, 小林学, 堀井俊佑: “早稲田大学における全学データ科学教育プログラム”, 第 13 回横幹連合コンファレンス予稿集 （2022）
(3) 早稲田大学データ科学センター:“カリキュラムの特色”, https://www.waseda.jp/inst/cds/education/curriculum （参照 2025.6.2）

自己内対話を捉える概念装置としての霊性的メタ認知

Spiritual Metacognition as Conceptual Framework for Internal Self-dialogue

田中 孝治
Koji TANAKA
金沢工業大学メディア情報学部心理情報デザイン学科
Department of Psychology and Information Design, College of Media Information,
Kanazawa Institute of Technology
Email: kjtanaka@neptune.kanazawa-it.ac.jp

あらまし：本研究の目的は，「霊性的メタ認知」という概念装置を導入することで，教育システム情報学分野における自己内対話を学習モデルに組み込んだ学習支援研究の理論的枠組みの拡張を議論の俎上に載せることである．本研究では，対話的自己論の枠組みを基に，自己内の自身との対話や他者との対話を調整する働きをメタ認知，知覚された非自己を自己に内在化する過程を調整する働きを適応的メタ認知，知覚されにくい非自己を自己に内在化する過程を調整する働きを霊性的メタ認知と位置付け，自己内対話について論じる．
キーワード：メタ認知，適応的メタ認知，対話的自己論，小なる自己

1. はじめに

社会科学の文脈において，現象の本質を見極めるために使われる概念は，物理装置と類比して，概念装置と呼ばれる [1]．本研究の提案する「霊性的メタ認知」も，現時点では，人間の認知機能としてのメタ認知能力を拡張して捉えようするものではなく，あくまで自己内対話を理解するための概念であることに注意が必要である．

瀬田ら [2] は，自己内対話の思考プロセスを，知識陳述，認知的葛藤，知識構築の三段階から構成されるものとして捉えている．その二段階目の認知的葛藤に，自身の思考の振り返り（つまりは，頭の中での自身との対話）や，他者の思考との葛藤や対立点を見つけ出す(つまりは,頭の中での他者との対話)活動が含まれている．また，Mori ら [3] は，システムが提供する思考に対する「問い」が刺激となり，学習者が自身の思考を整理する活動がデザインされている．問う行為とは，コミュニケーションであり，自分自身に投げかけられる問いは，頭の中の自身との対話（自己内対話）として捉えられる．これらの研究は，自己内対話を機能させる能力としてメタ認知を想定しているが，自己内対話における対話相手についての整理は，十分であるとは言い難い．

2. 対話的自己論

自己内対話における対話相手の整理に役立つのが，Hermans の対話的自己論（Dialogical Self Theory）[4] である．対話的自己論とは，自己（Self）を物語る様式を理論化したものである．対話的自己論では，自己の世界に存在する，様々な「私」や「他者」がポジション（I-position）として捉えられる．自己内に存在する様々な「○○としての私」は，内部ポジションに位置し，自己内に存在する様々な「私の○○」は，外部ポジションに位置される（図 1）．それぞれの I-position に視点を切り替えながら，別の I-position を眺める様相が対話として捉えられている．また，これらの自己内における I-position 同士の関係を吟味し調整する俯瞰的なポジションとして，メタポジションが位置づけられており，メタ認知的活動を見てとることができる．さらに，田中 [5] は，外界の他者を外部ポジションへと内在化する働きを適応的メタ認知として捉えている．ここでの他者とは，人に限るものではない．そこで本研究では，内在化されうる外界の対象を非自己と呼ぶこととする．例えば，非自己である学習エージェントも，外部ポジションの I-position として内在化されうる．非自己の内在化に対して適応的メタ認知を働かせるという考えに立脚すれば，ここでの非自己は認知の対象であり，知覚された非自己であるといえる．一方で，私たちの経験世界では，明確に知覚されにくい非自己とも邂逅している．

3. 東洋的霊性

明確に知覚されにくい非自己との邂逅は，一種のスピリチュアル（霊性的）な体験ともいえる．仏教哲学者の鈴木大拙 [6] によれば，生活世界は，分別的な「知性」の世界と，無分別的な「霊性」の世界との，相補完的構造世界である．また，大拙 [6] は，後

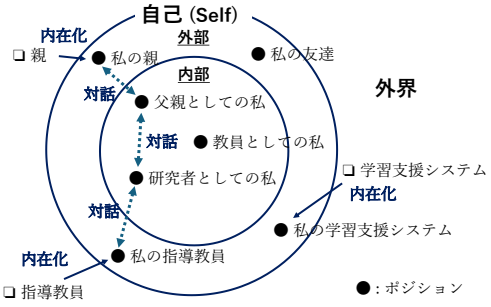


図 1 対話的自己論の概念モデル

者の宗教的世界観における霊性の自覚によって，人間の力では抗うことのできない不条理な出来事からの離脱が可能になることを説いている．田中 (7) は，この不条理な出来事からの離脱が，被災時の心のケアの自助として必要であることから，東洋的霊性（oriental spirituality）を防災教育の対象の一つとして扱うことの必要性を主張している．そのなかで霊性を涵養するためには，知的理解ではなく体験的理解が必要であり，瞑想的実践がその役割を担うことは述べているが，学習目標として体系化するための概念装置については，論じられていない．

4.　霊性的メタ認知

阿満 (8) は，人生は「小さな物語」であり，時間軸や空間軸の常識を超えた「大きな物語」（例えば，大乗仏教）のなかに「小さな物語」を見ることで，「小さな物語」の破綻を解決しうることを述べている．本研究では，こうした仏教的世界観における“それ” (9) や，畏敬・畏怖（awe）などの「大きな物語」を自己に内在化する働きを霊性的メタ認知と捉えている．また，「大きな物語」を内在化するきっかけを与えるものの一つが，坐禅などの瞑想的実践であると考えている．例えば，坐禅では，（宗派によるが）坐禅を組む自分自身を天から俯瞰して観ると同時に，坐禅を組む自分の内部（呼吸・身体の軸）に意識を集中する．この一見，矛盾する意識の対象を同時に意識に存在させる際の調整に，霊性的メタ認知が必要となる．「大きな物語」が内在化され，自己内の対話相手となった場合には，大きな“それ”と対比して自己を小さく感じる「自己の縮小（self-diminishment）」と，大きな“それ”と繋がっている自己を感じる「自己に対する広大さ（vastness vis-à-vis the self）」といった二つの小さな自己感（sense of small-self）(10) が得られることが考えられる．

5.　概念モデルの試作

いくつかの自己内対話は扱う研究では，自己内対話が思考の精緻化を促進することから，研究活動における学習支援の枠組みのなかで扱われる (3)．そこで本稿では，人間と科学の間に霊性的メタ認知を位置付けることを試みる．図 2 は，本研究の構想段階で試作した霊性的メタ認知の概念モデルである．人間の無分別的な世界で得た純粋経験 (11) は，ひとたび思考が始まれば，主客が分かれ通常の経験となる．

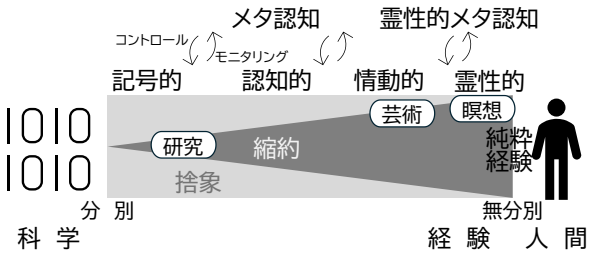


図 2 霊性的メタ認知の概念モデルの試作

そして，経験を認知的，記号的に処理するなかで縮約・捨象し，分別的な科学的な世界の記号となる．純粋経験は，思考が立ち入る前の世界であるため，思考を思考するメタ認知の対象とするのには，矛盾が生じる．本研究の霊性的メタ認知とは，純粋経験に近づくための思考をメタ認知する機能であり，浮かんできた思考を追わずに，ただ流すように調整する際に発揮されることを想定している．

6.　おわりに

霊性的メタ認知についての概念整理は，十分であるとは到底言えない状態である．霊性的メタ認知は，「メタ認知的知識として宗教的世界観をモデルに持つメタ認知」と言い換えれば，事足りるとの反論もあるだろう．しかし，中学校における「特別の教科道徳」や高等学校における「公民（主に倫理）」において，生命や自然に対する畏敬の念に関する涵養が学習指導要領にも明記される昨今においては，第 3 の概念装置として，霊性的メタ認知について議論してみることも，あながちおかしくないように思う．

謝　辞

本研究の一部は科研費 23K22327，24K06331，25K03237 の助成を受けた．

参考文献

(1) 内田義彦:“読書と社会科学”，岩波書店，東京（1985）
(2) 瀬田和久，崔亮，池田満，松田憲幸，岡本真彦：“思考外化と知識共創によるメタ認知スキル育成プログラム―大学初年次生を対象として―”，教育システム情報学会誌，vol.30, No.1, pp.77-91 (2013)
(3) Mori, N., Hayashi, Y. and Seta, K.: “Ontology-based thought organization support system to prompt readiness of intention sharing and its long-term practice”, The Journal of Information and Systems in Education, Vol. 18, No. 1, pp. 27–39 (2019)
(4) Hermans, H., Gieser, T. (eds.)：“Handbook of Dialogical Self Theory”，Cambridge University Press (2012)
(5) 田中孝治，渡邊嘉山，木村竜也：“エージェンティックスキルとしてのメタ認知スキル獲得の動機づけを高めることを意図した学習支援方式”，教育システム情報学会誌，vol.41, No.2, pp.132-148 (2024)
(6) 鈴木大拙:“仏教の大意（第 24 版）”, KADOKAWA，東京（2023）
(7) 田中孝治：“防災教育分野における先進的学習科学と工学研究への期待：人間性，東洋的霊性，ポジティブさの教育”，人工知能学会研究会資料，SIG-ALST-100-10, pp.51-56 (2024)
(8) 阿満利麿:“歎異抄にであう－無宗教からの扉－”，NHK 出版，東京（2022）
(9) オイゲン・ヘリゲル（著），魚住孝至（訳）:“新訳　弓と禅”, KADOKAWA，東京（2015）
(10) Piff, P. K., Dietze, P., Feinberg, M., Stancato, D. M., & Keltner, D. : “Awe, the small self, and prosocial behavior” Journal of personality and social psychology, Vol.108, No.6, 883-899 (2015)
(11) 西田幾多郎:“禅の研究（改版）”，岩波書店，東京（2012）

思考力評価のためのルーブリック設計と生成 AI による対話型評価システムの開発

Rubric Design for Thinking Skills Assessment and Development of Interactive Assessment System with Generative AI

山本 大翔[*1]，東本 崇仁[*2]
Hiroto YAMAMOTO[*1], Takahito TOMOTO[*2]
[*1] 千葉工業大学情報科学部
[*1]Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology
[*2] 千葉工業大学情報変革科学部
[*2]Faculty of Innovative Information Science, Chiba Institute of Technology
Email: s2232165WF@s.chibakoudai.jp

あらまし：被評価者の思考力を評価する手法として，レポート，プレゼン，グループワーク等がある．しかし，これらは一人の評価者によって評価されることが多く，人間の状態や環境による不安定さから主観的な評価となることが懸念される．そこで，本研究では客観的評価を行うために生成 AI を用いてルーブリックによるパフォーマンス評価を行う手法を提案する．また，被評価者の思考を最大限表現するために，生成 AI を用いた議論の場を仮想的に実現する対話型システムを開発する．
キーワード：思考力評価，対話型論証モデル，ルーブリック評価，生成 AI

1. はじめに

現在の思考力の評価はレポートによる評価が多く用いられている．しかし，レポートによる評価では被評価者の表現力不足によって自分の考えを言語化できていない可能性があり，思考力が正しく評価されていないと筆者は考えた．そこで本研究では，生成 AI との議論を用いることで被評価者の主張を対話によって深堀りし，思考を最大限表現することを目指す．

議論の場では，思考力は論証という推論形式を通じて表現されると筆者は考えた．論証とは，具体的な情報を論拠として用いることで主張を支持する推論形式である．論証では，主張に至る過程を思考する論理的思考力と主張の妥当性を反省的に思考する批判的思考力という二種類の思考力が働くことが考えられる．そこで本研究では，評価対象をこの二種類の思考力とし，それらを包括する本研究全体の思考力を「論証における思考力」と定義する．

本研究の思考力評価システムは議論の評価であるため，評価分類をパフォーマンス評価と設定し，ルーブリック評価を実践する．ルーブリック評価を行う評価物として，被評価者と生成 AI による議論履歴から被評価者の思考を構造化した思考モデルを使用する．

2. 提案手法

この章では，被評価者の思考を構造化する手法と評価に用いるルーブリックの 2 つについて紹介する．

2.1 対話型論証モデルを用いた思考の構造化

議論履歴を評価物とすると不要な情報を含む可能性や生成 AI が正しく内容を認識できない可能性があると考えた．そのため，被評価者の思考を構造化することによってこれらの問題点を解決できると考えている．構造化に使用する思考モデルとして松下[(1)]の対話型論証モデルを基に筆者が拡張したモデル（図 1）を提案する．

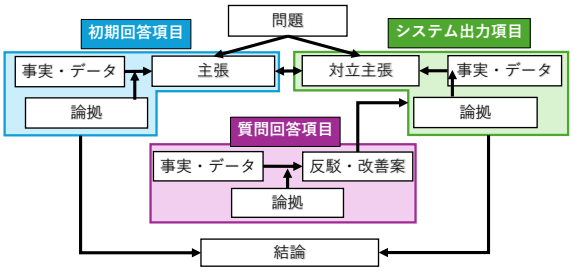


図 1 松下[(1)]の対話型論証モデルを基に筆者が拡張したモデル

2.2 本研究における思考力評価ルーブリック

この節では本研究で使用する思考力評価ルーブリックについて説明する．ルーブリックは，松下ら[(2)]のライティング・ルーブリックを基にその他思考力に関するルーブリックを参照し拡張を行った．拡張した理由は，既存のルーブリックは人間による評価のために作成されたものであり，生成 AI にそのまま認識させることが難しいと筆者が考えたためである．

作成したルーブリックは 9 観点 5 段階の構成となっており，9 観点は図 1 の構成要素を基に作成した．観点は，「背景と問題」「全体構成」「主張と結論」「統合」「仮説」の 5 観点と，初期回答項目と質問回答項目でそれぞれ分けた「事実・データ」「論拠」の 4 観点を併せた計 9 観点となっている．

3.　提案システム

提案システムは評価者用システムと被評価者提示用システムに分かれている．この章では，被評価者用提示システム(以下，ChatSystem）と評価を行うシステム（以下，EvaluateSystem）について説明する．

ChatSystem では，図 1 における質問回答項目の反駁・改善案を被評価者に入力させることで議論を行ってもらう．回答を行う生成 AI には，プロンプトとして，使用する知識や回答の方法について提示を行う．

EvaluateSystem では，生成 AI による被評価者の思考モデルのルーブリック評価を行う．評価を行う生成 AI には，2.2.で説明したルーブリックをプロンプトとして提示する．評価は，仮想的な複数人評価を行うことによって妥当な評価ができると筆者は考えたため，ルーブリック評価を複数回実行する．出力された評価結果を項目ごとで平均を求め，最終的な評価結果を算出する．

4.　予備実験

プロトタイプのルーブリックを用いたシステムによる評価の信頼性を分析するため予備実験を実施した. 実験は本大学の情報科学部の学生 18 名を対象に一人あたり最大で 2 回，国語・理科・社会の 3 科目で実施し，各科目 10 人に実施した．実験は，授業ワークを 45 分，生成 AI との議論を行うシステムの利用を 45 分，アンケートの順で行った．

実験にて得られた議論履歴から作成した思考モデルを用いてシステムの評価（評価者数 : 3）を実施した．評価結果から一般化可能性理論における G 研究を用いた分散成分の推定と一般化可能性係数の算出，D 研究を用いた各成分の増減における一般化可能性係数のシミュレーションを行った．

4.1 G 研究の結果と考察

理科では，一般化可能性係数は 0.4891 であったことから中程度の信頼性はあることが確認できた．しかし，評価として信頼性がある値（0.80）には及ばなかった．一方，国語と社会では，一般化可能性係数は 0.00 であり，信頼性がないという結果になった．信頼性が検知できなかった理由として，分散成分の推定値における被評価者の値が 0.00 であったことが作用しこのような結果になったことが考えられる．

G 研究から得られる考察として，被評価者のばらつきが全体的に検出できていないためこのような結果になったと考えられる．被評価者のばらつきが検出できなかった要因としては，ルーブリックのレベル間の表現における問題，被評価者の平均的なレベルの高さといったものが予想される．特に，レベル間の表現における問題に関しては，筆者がルーブリック作成に対する知見が少ないことが起因した可能性が高い．そのため，今後のルーブリックの作成は思考力評価の経験が豊富な評価者と議論を行い，生成 AI のルーブリック認識における多くの試行錯誤を通して改善を図っていきたい．

4.2 D 研究の結果と考察

理科における前項で得られた各分散成分の推定値を用いた D 研究を実施し，評価者数や評価観点数の増加によってどの程度一般化可能性係数が増加するのかをシミュレーションした．評価者数の増加におけるシミュレーションでは一般化可能性係数の増加は見込めないという結果になった．そのため，今回は評価観点の増加におけるシミュレーションのみを提示する（図 2）．図 2 より評価観点も増加を行っても効率的に一般化可能性係数が増加しないことが確認できる．評価観点数を 38 にすると 0.80 を超すことができるが，ルーブリックとして過剰な細分化となるので実践することはかなり難しいと考える．

D 研究から得られるシステムの問題点として，評価者や評価観点数といった量的問題ではなく，ルーブリックの内容やシステムの評価方法といった詳細な内容に問題があることが確認できた．

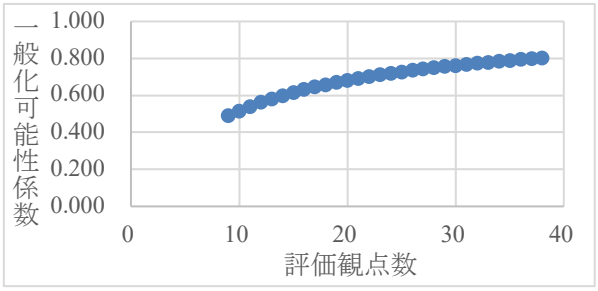


図 2 評価間点数増加における一般化可能性のシミュレーション

5.　おわりに

本研究では，生成 AI との議論履歴から被評価者の思考を対話型論証モデルとして構造化し，生成 AI によってルーブリック評価を行う思考力評価システムを提案した．また，予備実験を通してシステムの問題点を確認することができた．

今後としては，予備実験によって得られた問題点を改善し，信頼できる評価として一般化可能性係数の増加を図っていきたい．本評価実験の際には，システムの評価と実際の評価者による評価を比較し，システムの有用性を検証したいと考えている．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP24K00454 の助成による．

参考文献

(1) 松下佳代: “対話型論証による学びのデザイン : 学校で身につけてほしいたった一つのこと”，勁草書房（2021）
(2) 松下佳代, 小野和宏, 高橋 雄介: “レポート評価におけるルーブリックの開発とその信頼性の検討”, 大学教育学会誌, vol.35, No.1, pp.107-115 （2013）

Error-based Simulation における仮説駆動型誤り探索支援の提案

A Hypothesis-Driven Error Exploration Support Method in Error-based Simulation

Jean Paul Pierret Robles[*1], 相川 野々香[*2], 古池 謙人[*3,4], 東本 崇仁[*4]
Jean Paul PIERRET ROBLES[*1], Nonoka AIKAWA[*2], Kento KOIKE[*3,4], Takahito TOMOTO[*4]
[*1] 千葉工業大学大学院情報科学研究科
[*1]Graduate School of Information Science, Chiba Institute of Technology
[*2] 明海大学
[*2]Meikai University
[*3] 東京理科大学
[*3]Tokyo University of Science
[*4] 千葉工業大学
[*4]Chiba Institute of Technology
Email: jp.pierret09@gmail.com

あらまし:学習者が構成的に学ぶために内省が重要である.誤りは自らの理解状態を内省する契機となる.そこで,学習者の誤答を正しいと仮定したときの現象を可視化し,学習者に誤りを気づかせる誤りの可視化を通して学習者の理解状態を内省する機会を与えるものとして,Error-based Simulation(EBS)がある.誤りを学習者が主体的に探索するために,学習者自身で差分観察のための探索空間を構成する必要がある.本研究では,学習者に EBS を用いて誤った場合に探索空間をモデル化させる手法を提案する.
キーワード:Error-based Simulation,誤り探索活動,仮説検証,誤りの可視化,適応的支援

1. はじめに

学習者が主体的・構成的に学ぶことは重要であり,特に誤りは自らの理解状態を内省する契機となる.Error-based Simulation(EBS)[(1)]は学習者の誤りを可視化し,理解状態を内省する機会を与える.図 1 は EBS の例である.学習者が地面の上に静止する物体に対して,重力のみしか理解していないという誤答に基づいて,システムは「地面に沈む物体」を可視化することで学習者に理解状態の振り返りを促す.

しかし,EBS により可視化される誤りについて,学習者が十分に誤りを認識できないケース[(2)]や誤りの可視化が困難なケースも存在する.植野ら[(3)]や Pierret Robles ら[(4)]は学習者に観測器を用いて探索活動を行わせることで,可視化が困難な誤りについて能動的に観察させるフレームワークを提案している.

このような誤り探索を主体的に行うためには,どのパラメータをどのように観察していくかという探索空間を学習者自身が構成することが必要となる.探索空間がない状態での探索は,無作為な探索となり,誤り探索を用いた学習の実現が行えず,先行研究では無理解の探索を問題視している.

そこで,本研究では,仮説検証マップを用いた誤り探索空間のモデル化を学習者自身に行わせる学習手法を提案する.学習者は仮説検証マップを構築した上で探索することで,自らの誤り探索活動が自身の答えや測定される値とどのように関係しているかを内省できる.さらに,マップとして表現させることで,学習支援システムが学習者の探索空間の誤りに対して適応的フィードバックを実現する.

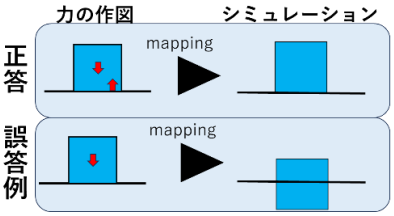


図 1 EBS の具体例

2. 提案手法

本稿で提案する仮説検証マップについて述べる.仮説検証マップとは,学習者が誤りを探索するときの探索空間を可視化するためのマップである.探索空間は,「可視化された運動が正しくないという事は,属性 A が間違っている可能性があるため測定しよう」や「測定値がパターン A なら次は測定値 α を調べる必要がある」のように探索するべき軸やその軸での探索の仕方を規定するものである.

図 1 では,正答と誤答のシミュレーションの差として「物体が沈む」という現象が観察される.正しい場合は物体が静止するため,速度や加速度に差があるはずであり,従って釣り合いに差があるはずである.このように,現象や測定結果に基づいて次にどの要素(位置・速度など)を探索すべきかを考えていくことを仮説検証と位置付ける.学習者が「現象や測定結果に基づいて次に何を探索するべきか」を記述できるように,マップではある現象や測定値に対して,次に探索するべき測定値を関連付ける形で描画させる.これにより,ある状態(現象の観察

や属性値の測定）において，探索するべき空間を学習者に構築させることを狙う．

本研究では，学習者に対して EBS を用いた学習を行わせ，誤った場合に「探索空間」を自ら設計させ，探索させることを目的とする．さらに，適切な探索空間を構築できない場合の支援機能の導入も目指す．

具体的な方法として，学習者が誤った現象を観察した後に，観察結果に基づいて仮説検証マップを構築する．仮説検証マップでは，探索を検討する軸（位置，速度，加速度，全体合力，部分合力，作用点など）を部品として学習者に提示する．学習者は，観察結果と与えられた部品に基づいて「どの要素を，どの順で探索すれば誤りを発見できるか」という戦略を，自ら仮説検証マップとして構築する．これにより，探索空間を外的表象として明示化することができ，思考の可視化と診断が可能となる．

さらに，システムは学習者の仮説検証マップを知ることができるため，正解との差分をもとにフィードバックが行え，学習者が自らの思考過程を振り返る機会を持つことができる．これは再構成型学習やキットビルドにおける内省支援[3]にも通じる枠組みであり，本手法は誤り発見のみならず，仮説検証のサイクルそのものを育成することを目指している．

3.　提案システム

学習の流れを図 2 に示す．本システムでは，学習者はまず与えられた問題に対して自身の解答を作成する（図 2(a)）．次に，正答に基づくシミュレーションと，自身の解答に基づく誤ったシミュレーションを比較し，現象の差分を確認する（図 2(b)）．ここまでは従来の力学 EBS と同様の流れである．

本システムの特徴は，ここから学習者自身に誤りの探索戦略を設計させ，その設計に基づいて仮説検証を行わせる点にある（図 2(c)）．学習者はシミュレーション結果から，正しい現象とどこに差があるかを考え，位置や速度，加速度などをどの順で探索するかを仮説として構築する．正しい現象と差がないが正解ではない場合は，現象に差を与えない属性の探索を仮説とする．

図 2(c)の仮説マップについて述べる．図 2 の例では，学習者の解答は上の物体が下の物体を押していないため誤りである．しかし，力は釣り合っているため現象としての差は発生しない．このとき，学習者は上の物体または下の物体のどちらか，あるいは両方が釣り合っているため全体の合力は正しいと仮説を立てる．さらに，釣り合っているが不正解という事は，上向きの合力と下向きの合力の両方が正しいが作用点が異なるかもしれないという仮説や，上向きの合力と下向きの合力が両方誤っているが結果として釣り合っているかもしれないという仮説を OR の形で立てる．このような仮説を立てた学習者は「上下の合力について正しいか測定してみよう」と探索を行い，結果に基づいて探索空間を洗練しながら誤りを発見する活動を続ける．

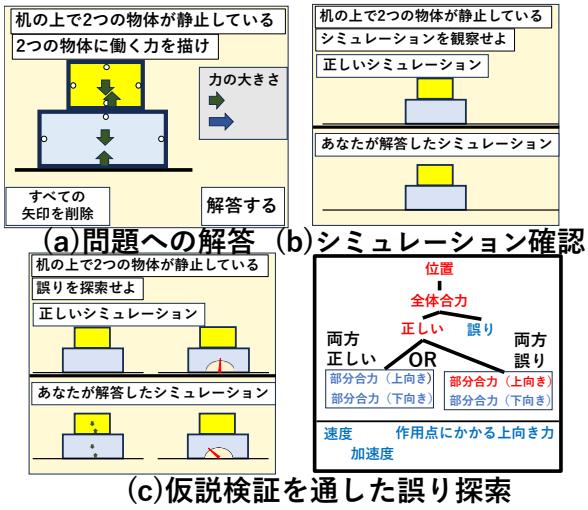


図 2　システム画面

4.　おわりに

自らの理解状態を内省する機会を与える Error-based Simulation(EBS)がある．しかし，誤りを主体的に探索するために探索空間を学習者自身で構築する必要がある．そこで本研究では，誤り探索空間のモデル化を仮説検証マップとして表現する手法を提案した．仮説検証マップを通して，学習者が探索の方針を考えることが期待される．

今後は，フィードバック内容の設計やシステム開発，効果検証が課題である．また，仮説検証マップから修正の妥当性の評価が期待される．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP25K21361，JP25K21362 の助成による．

参考文献

(1) Hirashima, T., Horiguchi, T., Kashihara, A. et al.: “Error-based simulation for error-visualization and its management”, International Journal of Artificial Intelligence in Education, Vol. 9, No. 1-2, pp. 17-31 （1998）

(2) 堀口知也，平嶋宗：“誤りへの気づきを支援するシミュレーション環境-表現手法と視覚効果を考慮した Error-Based Simulation の制御-”，教育システム情報学会誌, Vol. 18, No. 3-4, pp. 364-376 （2001）

(3) Ueno, U., Tomoto, T., Horiguchi, T. et al.: “A Support System for Learning Physics in Which Students Identify Errors Using Measurements Displayed by a Measurement Tool”, Workshop proceedings of the International Conference on Computers in Education ICCE 2019, pp. 426-434 （2019）

(4) Jean Paul Pierret Robles, 相川野々香, 古池謙人, 東本崇仁: “学習者の誤答に基づく誤りの可視化と誤り探索活動の支援環境の設計・開発”，第 103 回 先進的学習科学と工学研究会(ALST), pp.69-76 （2025）

(5) Hirashima, T.: “Reconstructional concept map: automatic Assessment and reciprocal reconstruction”, International Journal Of Innovation, Vol. 5, No. 5, pp.669-682 （2019）

研究活動におけるアイデア空間変容過程の可視化による リフレクション支援システム

Reflection Support System by Visualizing Idea Transition Process in Research Activity

久乗 皓大[*1], 小尻 智子[*2]
Kota KUNORI[*1], Tomoko KOJIRI[*2]
[*1] 関西大学大学院理工学研究科
[*1]Graduate School of Science and Engineering, Kansai University
[*2] 関西大学システム理工学部
[*2]Faculty of Engineering Science, Kansai University
Email: k194388@kansai-u.ac.jp

あらまし：研究活動において，行き詰まった際に，自身でそれを解決できるようになるためには，自身がどのような考え方で研究を進めたか(思考方略)を認識し，調整することが必要である．しかし，自身がどのような思考方略を用いているかを認識することは容易ではない．本研究では，アイデア空間の変容過程をグラフ構造として可視化することで，思考方略を振り返る活動を支援するシステムを構築する．
キーワード：リフレクション支援，研究活動支援，アイデア空間，アイデア変容過程

1. はじめに

研究活動では，アイデアを発想し，それらを取捨選択しながら,研究を進めることがある.その際に，アイデアが思いつかない，同じような思考を何度も繰り返す，といった行き詰まりに直面することがある．このような行き詰まりを解消するためには自身がどのような方針で研究を進めてきたか(思考方略)を認識し，調整する必要がある．本研究では，研究活動における思考方略の振り返り活動を支援するシステムを構築することを目指す.

振り返り活動の支援としては，学習者の活動を記録し，活動中の行為を確認可能にする方法や[1,2]，ある行為の意図を推定して提示することで自分では気づけなかった意図に気づかせる方法が提案されている[3]. これらの方法では, 学習者が活動全体を通してどのような方針を持っていたのかに気づかせることはできない.

アイデアは，既存のアイデアから派生したり，既存のアイデアと関連しないアイデアを新たに思いついたりすることで導出される．このようなアイデアの変化を捉えることができれば思考方略に気づけるかもしれない．本研究では，アイデアがどのように変化しているかをグラフ構造として可視化することで, 思考方略への気づきを促すシステムを構築する.

2. アプローチ

2.1 研究におけるアイデア

研究は背景や，目的，解決方法や実験などの要素で構成される.本研究では, ある研究領域において，研究成果物が持つべき要素とその関係の集合を研究知識と呼ぶ．研究成果物は，研究知識の各要素に具体的な話題が対応づいたものである.

研究成果物を作成するためには,「研究の背景から考えようかな」というように充足すべき研究知識の要素を考えたり,「研究の問題点としてプログラミング学習における概念理解の困難さを挙げよう」というように新たな話題を発想したりする.本研究では，このような，研究成果物を作成するために考えている研究知識の要素や，要素と話題のまとまりをアイデアと呼ぶ.

研究知識と話題，アイデアの関係を図 1 に示す.研究活動は，知識空間にある研究知識の要素と話題空間に話題を対応づけることで，アイデア空間にアイデアを新たに生み出す活動であると捉えられる.

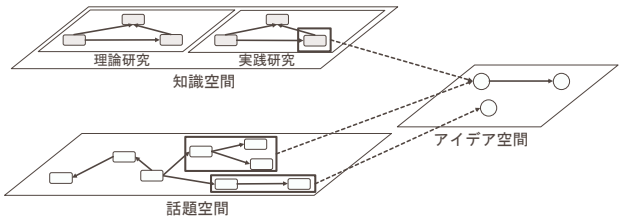


図 1 研究知識，話題，アイデアの関係

2.2 思考方略

ある目的に対して，どのような思考をしていくかの方針を思考方略と呼ぶ．アイデア空間を変化させるための思考にも思考方略がある．例えば，アプローチを決定するという目的に対して,「色々な手法を発想してみる」といった発散的な思考や,「問題の原因を分析して原因にあった手法を選ぶ」といった収

束的な思考が挙げられる．

このようなアイデア空間を発展させるための思考方略は，アイデア空間の変容過程を見ることで推測できる．図 2 にアイデア変容過程の具体例を示す．ある 1 つのアイデアから複数のアイデアが派生して生まれている場合には発散的な思考だと解釈できるし，1 つのアイデアから次のアイデアに線形に派生している場合は収束的な思考だと解釈できる．本研究では，このようなアイデア空間変容過程をグラフ構造として可視化するシステムを構築する．

図 2 アイデア空間変容過程の例

3. 思考方略リフレクション支援システム

3.1 システムの構成

アイデア空間変容過程を可視化するために，学習者が捉える研究知識や話題を表出可能にするインタフェースと，アイデア空間変容過程を表すグラフ構造を生成する機能を備えたシステムを構築した．システムの構成図を図 3 に示す．

思考表出インタフェースは，研究知識や話題をノード，それらの関係をエッジとする概念マップで研究活動を表現できるようになっている．このインタフェース上で学習者が実施した操作は思考データベースに保存される．

アイデア空間変容過程可視化インタフェースは，アイデア空間変容過程を表すグラフ構造（アイデア空間マップ）を提示することで，思考方略の振り返りを支援する．アイデアマップ生成機能は，思考データベースに保存された操作系列がどのアイデアを対象に行われた操作であるかを判定し，アイデアをノード，操作によるアイデアの変化をエッジとしたグラフ構造であるアイデア空間マップを生成する．学習者はアイデア空間マップを参照することで，アイデア空間の変容過程を確認し，自身がどのように思考を行ったのかを振り返ることができる．

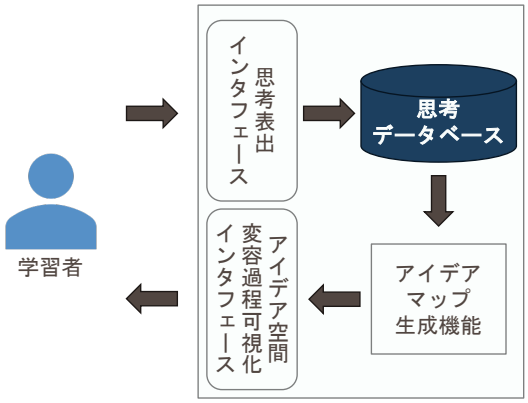


図 3 システム構成図

3.2 プロトタイプ・システム

思考表出インタフェースは概念マップを作成するインタフェースであり，特別な操作を含まないため，ここではアイデア変容過程可視化インタフェースについて説明する．アイデア変容過程可視化インタフェースを図 4 に示す．

アイデア変容過程可視化インタフェースは学習者が行った全ての操作がリスト形式で表示される操作リストと，学習者の作成した概念マップを表示する思考表出マップ，そしてアイデア空間マップによって構成される．アイデア空間マップでは，アイデアがノード，アイデアの変化がエッジとして表示されている．ノードをクリックすることで，そのアイデアが生成されたタイミングの思考表出マップが表示される．操作リストの操作をクリックすることで，操作と対応するアイデアのノードがアイデア空間マップ上で着色されて表示される．

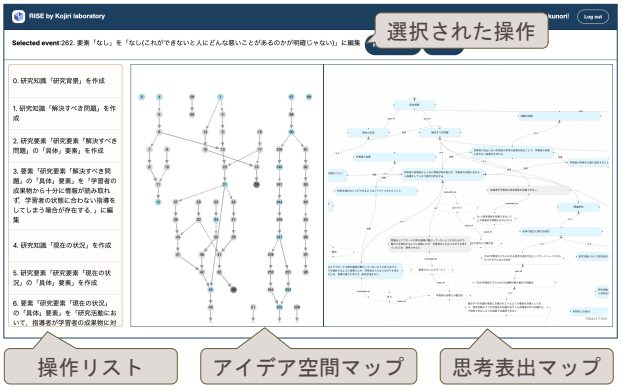


図 4 アイデア変容過程可視化インタフェース

4. おわりに

本稿では研究活動において，アイデア空間の変容過程を可視化することで，思考方略の振り返り活動を支援するシステムを構築した．今後は，提案システムを用いて，自分では気づいていない思考方略を発見できるか，自身の思考方略をどう変更したら良いか，に気づくことができるかを検証するための評価実験を実施する．

参考文献

(1) 園田遥也，永井孝幸:“プレゼンテーション発表者の身体動作分析に基づく練習映像振り返りツールの作成”，情報処理学会研究報告 教育学習支援情報システム(CLE), Vol.2020-CLE-30, No.5, pp.1-8 (2020)
(2) 浦谷成敏，竹川佳成,平田圭二:“ボウリング初心者のための投球フォームリフレクション支援システムの提案と実装”, Vol.情報処理学会研究報告 ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI), Vol.2021-HCI-194, No.12, pp.1-7 (2021)
(3) 吉岡茉里子，林佑樹，瀬田和久:“ill-defined な問題解決プロセスのリフレクション支援システム”，人工知能学会研究会資料 第 85 回先進的学習科学と工学研究会, Vol.B803-06, pp.31-36 (2019)

ID 視点から検討した専門職の自己リフレクション支援
ーキャリアコンサルタント向けの教材開発ー

Professional Self-Reflection Support Examined from an ID Perspective
-Development of educational materials for career consultants-

星野 宏[*1]，久保田 真一郎[*1]，川越 明日香[*1]，合田 美子[*1]
Hiroshi HOSHINO[*1]，Shin-Ichiro KUBOTA[*1]，Asuka KAWAGOE[*1]，Yoshiko GODA [*1]
[*1] 熊本大学大学院教授システム学専攻
[*1]Graduate school of Instructional Systems, Kumamoto University
Email: hhoshino@go.gsis.kumamoto-u.ac.jp

あらまし：本研究では，専門職である国家資格キャリアコンサルタントのリフレクションを支援する教材を開発した．リフレクティブサイクルとプロセスレコードの場面再構成法を用いて，実施した個別キャリアコンサルティングを自分でリフレクションし，自らの成長課題に気づき，その克服に向けた行動目標の設定を目標にして，手順書やチェックリスト，ワークシート等を開発し，有用性を確認した．
キーワード：自己リフレクション，リフレクティブサイクル，インストラクショナルデザイン

1. はじめに

社会環境の変化に伴い，個人の価値観や働き方が多様化する中，個人のキャリア形成に関する支援の必要性が高まっている．キャリアコンサルタントは2016 年に国家資格となり，登録者数が増加する一方で，専門性の維持と資質向上が課題となっている(厚生労働省 2020)(1).

資質向上においては，指導者の支援のもと実施した支援を自己評価して，自分の成長課題を明らかにする取り組み(スーパービジョン)に高い効果があると期待されているが(宮城 2013)(2)，スーパービジョンを受けているキャリアコンサルタントは約 1 割と報告されている(下村ほか 2023)(3).

医療・福祉や教育分野では，指導者の支援のほかに，自らの支援の傾向や問題を見出す学習ツールとして自己リフレクションが機能するとされている(大山 2006)(4).

そこで，本研究では，ID（インストラクショナルデザイン）の視点から，自己リフレクションによって，実施した支援を自己評価できる教材を開発し，有用性を評価した.

2. 研究の概要

2.1 研究の対象と手順

本研究は，キャリアコンサルタントに特化した自己リフレクション教材の開発であるため，研究対象は国家資格キャリアコンサルタント登録者とした．研究の手順は ID のシステム的アプローチである ADDIE モデルに沿って進めた.

研究協力に申し出があったキャリアコンサルタントに対して，協力者に不利益が生じない説明と個人情報の保護，研究協力撤回の自由の説明を文書と口頭で行い，調査協力の同意書を得た．また，本研究は，熊本大学大学院人文社会科学研究部で倫理審査を受けて承認された.

2.2 教材の設計と開発

教材は，Gibbs (1988)(5)のリフレクティブサイクルとプロセスレコードの再構成法(Peplau 1952)(6)を用いて図 1 の通り設計した.
まず，実施した個別キャリアコンサルティング面談について，星野(2024)(7)が開発したチェックリストを用いて客観的に評価をする(①)．評価結果をもとに，細かく分析したい場面を選択(②)して，ワークシートへ場面の選択理由とともに，具体的な面談場面での相談者とやり取りを想起して記述する(③)．選択した場面における自分の思考や言動，感情と，自分が捉えていた相談者の思考，言動，感情を記述する(④)．③④を経て選択した面談場面において，できたこととできなかったことを評価して記述する

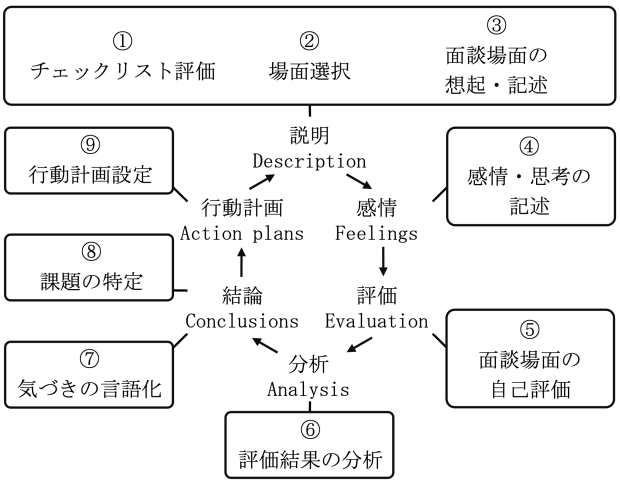


図 1　リフレクティブサイクルと教材の関係

(⑤)．⑤で記述した事象に対して，面談中の自分を分析し，できた理由とできなかった理由を記述する(⑥)．⑤⑥を経て得られた気づきを記述する(⑦)．⑦の結果をもとに，キャリアコンサルタントとしての成長課題を特定し(⑧)，克服に向けた行動計画を設定する(⑨)．

3. ID からの考慮点

本研究は，ID の知見を用いて，効果的・効率的・魅力的に自己リフレクションを支援できるよう考慮した．向後(2019)[8]が述べている教育工学研究における 3 つの指向性(現場の改善, 同種の実践に還元, 理論に寄与）を意識して，教材の開発過程での評価と改善を重視した．

評価は, まず ID 専門家 1 名へのレビューにより，背景に用いた ID に関する理論の妥当性を評価した．ID 専門家の評価によって, 自己リフレクションの流れを体系化する教材設計の試みは有効だが，自己リフレクションであるため，独り立ちに関する指摘が多く，独学教材に向けて主に次の点を改善した．

- 教材冒頭にリフレクションの必要性と学習目標を明示．
- リフレクションに対する足場がけとして，ワークシートの記入例と記入過程の思考を可視化したテキストを追加．

次に，キャリアコンサルタント向け教材の妥当性評価のために，キャリア領域の研究者と実務家 2 名によるエキスパートレビューを行なった．この評価では，学習者が自己の成長課題を把握できる妥当性は確認できたが，レベルに応じた配慮不足の指摘があり，主に次の点を改善した．

- 用語集を追加し，初学者でも使用できるようにした. 前提テストは, 時間的な負担を考慮して設けなかった．
- 記入例の解説を，標準レベルの架空のキャリアコンサルタント視点で追記した．

上記改善後の教材について，国家資格キャリアコンサルタント 2 名による 1 対 1 の形成的評価を実施し，学習者視点での改善点を抽出した．形成的評価では，教材使用時の意欲が自己リフレクションに取り組む姿勢に影響する可能性があると仮説を立て，主に次の点を改善した．

- 教材への動機づけを高めるために, ARCS モデルに沿って，探究心の喚起を狙った問いかけの表記や，学習者のペースで取り組める進め方の選択肢の提示を記載した．

改善後の教材を 23 名に実地テストし, 教材による自己リフレクションの有用性を評価した．

4. 今後の課題

本研究では，ID の知見を用いて，自己リフレクションができる教材を開発し，一定の有用性を明らかにできた．一方で，リフレクション自体への動機づけや，リフレクション過程の効率化に課題が残った．本教材は，原則，紙で印刷し，内省の成果を手書きで言語化する設計とした．また，リフレクションの成果も電子化せず，教材に書き込み蓄積して保管する流れになっており，実地テスト後のインタビューでは，手間がかかったと意見があった．

今後，ICT を用いて，教材の電子化やリフレクション成果のデジタルでの蓄積と保管を検討したい．電子データでの蓄積によって，テキストマイニング等による客観的な分析や，リフレクション成果のタグづけによる分類，他者との成果共有による協働学習の促進など，学習の幅を広げられると考える．

一方で，ツールやデバイスの導入には，紙媒体よりもコストが増加する可能性や，ICT に関する知識や操作技術，情報リテラシーなど，デジタルデバイドによる学習機会の損失につながる懸念がある．

本領域の研究では，現場の改善につながる成果が必要だと考える．ID と LT（ラーニングテクノロジー）を用いて，どれだけ良い教材を開発して有用性を評価できたとしても，実際に現場で使用できる教材を目指す必要がある．そのためには，本研究では考慮をしていなかった，ICT を用いた場合の学習成果や，教材を使用する学習者の ICT 面の前提条件，開発コスト，学習者のランニングコスト等も検討しなければならないと考える．

5. 参考文献

(1) 厚生労働省: “キャリアコンサルタントの継続的な学びの促進等に関する報告書”, https://www.mhlw.go.jp/content/11805001/000621255.pdf（参照 2025.04.24）
(2) 宮城まり子: “キャリアカウンセラーの質的向上とスーパービジョン：SV の必要性と役割に関する一考察”, 生涯学習とキャリアデザイン, Vol.11, pp.3-17（2013）
(3) 下村英雄, 高橋浩, 前田具美, 新目真紀: “第 2 回キャリアコンサルタント登録者の活動状況等に関する調査”, 独立行政法人労働政策研究・研修機構労働政策研究報告書 No.227, https://www.jil.go.jp/institute/reports/2023/documents/0227.pdf（参照 2025.04.24）
(4) 大山博幸: “援助場面での「わたし」を対象とする自己リフレクション研究−自己覚知概念との関連とその方法論的立場−”,十文字学園女子大学人間生活学部紀要, Vol.4,pp.129-140（2006）
(5) Gibbs,G.: “Learning by Doing: A Guide to Teaching and Learning Methods”, Oxford Brooks University, Oxford（1988）
(6) Peplau,H.:“Interpersonal Relations in Nursing:A Conceptual Frame of Reference for Psychodynamic Nursing”, G. P. Putnam’s Sons, New York（1952）
(7) 星野宏, 久保田真一郎, 川越明日香, 合田美子:“キャリアコンサルタントの自己リフレクション項目抽出の試み”, 日本教育工学会 2024 年秋季全国大会予稿集, pp.583-584（2024）
(8) 向後千春:“インストラクショナルデザイン研究の方法論”, 日本教育工学会論文誌, Vol.43, No.3, pp.207-214（2019）

LMS 学習活動履歴の可視化による学習者動機づけ
ーラーニングテクノロジーの視点による検討ー

A study on learner motivation through visualization of LMS learning activity history
- Considerations from a Learning Technology perspective -

福野憲一,[*1/*2] 喜多敏博[*1], 戸田真志[*1], 中野裕司[*1]
Kenichi FUKUNO[*1/*2], Toshihiro KITA[*1], Masashi TODA[*1], Hiroshi NAKANO[*1]

[*1] 熊本大学大学院　教授システム学専攻
[*1] Graduate School of Instructional Systems, Kumamoto University
[*2] レゾナンステクノロジ株式会社
[*2] Resonance Technology Co.,Ltd.
Email: fukuno@rezotech.co.jp

あらまし：デジタル庁などが 2022 年に公開した「教育データ利活用ロードマップ」は，教育データの利活用に向けた施策の全体像を描いており，学習者が学習履歴を活用して自らのデータを蓄積・活用できるようにすることを示している．今回の取り組みでは LMS 側の検証用コースの学習活動を実施しながら，LRS に蓄積された学習活動履歴より BI ツールを用いた可視化情報を表示させ，社会的存在感を醸成することにより，学習者の動機付けにどのような変化をもたらすか調査したところ，社会的存在感の意味で活動的で，役に立つことが示唆された．
キーワード：LMS，LRS(Learning Record Store)，学習活動履歴，BI ツール(Business Intelligence Tool)，可視化，社会的存在感

1.　はじめに

デジタル庁は 2022 年 1 月，総務省や文部科学省などと共同で「教育データ利活用ロードマップ」を公開した．教育データ利活用ロードマップは，教育データの利活用に向けた施策の全体像を描いたものであり，学習者が学習履歴を活用して生涯にわたり自らのデータを蓄積・活用できるようにすることを示している．今回の取り組みでは LMS 側の検証用コースの学習活動を実施しながら，LRS(Learning Record Store)に蓄積された学習活動履歴より BI ツール(Business Intelligence Tool)を用いた可視化情報を表示させ，社会的存在感[6]を醸成することにより，学習者の動機付けにどのような変化をもたらすか，調査を行った[3]．

2.　研究概要

2.1 社会的存在感の醸成のための設計指針

LMS による学習は，コース設計者の意図により，他者と関わることの無い学習形態が選択された場合，他者の存在感を感じることが無いことにより，孤独感やモチベーションの維持が難しい問題がある．他者を含めた学習活動履歴(IMS Caliper Analytics Event)を即時に可視化して学習者に示すことにより，社会的存在感を醸成するシステムを開発した[2]．

2.2 可視化システムの構成

LAaaS-docker[5]のシステム構成を発展させ，SQL クエリエンジン(Apache Drill[7])による MongoDB への直接アクセスにより，オーバーヘッド(データの読み込み，スキーマ作成とメンテナンス，変換など)なしで，BI ツール(Apache Superset[9])を用いて可視化するシステムを構築した．図 1 に可視化システムの概要を示す．

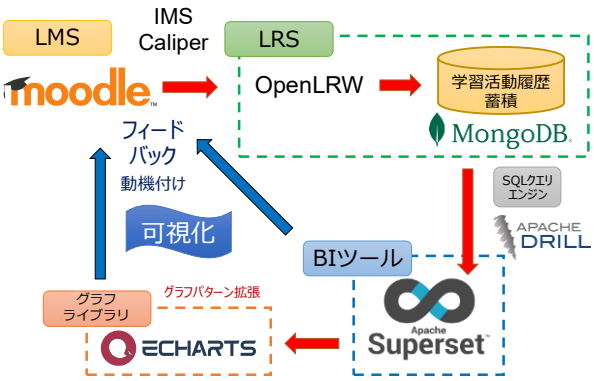


図 1　可視化システムの概要

2.3 LMS と可視化システムの統合

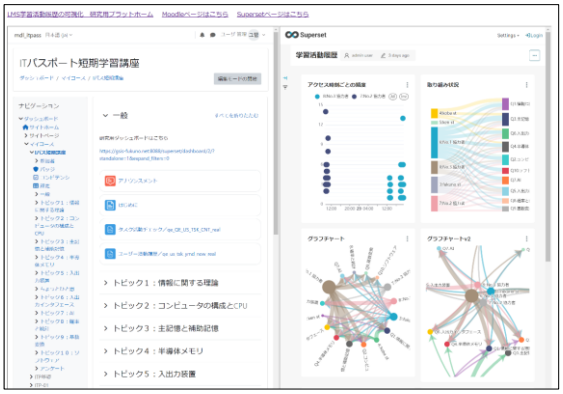


図 2　研究用サイトのスクリーンショット

<iframe>タグを用いて，Moodle と Superset ダッシュボードを同時に表示する研究用サイトを作成した．図 2 に研究用サイトのスクリーンショットを示す．

2.4 形成的評価

検証用として，Moodle に IT パスポート学習コンテンツ(10 トピック)を用意した．協力者３人は Moodle で学習したことがある人物に依頼し，それぞれ別の時間に，非同期で学習を体験した．研究用サイトを通して，Moodle に組み込んだ可視化ページや Superset ダッシュボードの可視化ページを閲覧しながら学習に取り組み，学習後，Google フォームより，アンケート１，２，３などに回答した．アンケート 1 ではメディアの特性に関するアンケートとして Gunawardena[4]の形容詞対(SD 法)を，5 段階評価で用いた[1]．　アンケート２では，本システムを用いた他者とのつながりに関して，５項目の質問項目について，５段階評価で用いた([1]を一部変更)．　アンケート３は，グラフを見て他の学習者の活動を感じた度合いについて，５段階評価を設定した．

2.5 結果と考察

アンケート１では，学習者は可視化システムを，活動的な，信頼できる，即時的な，役に立つと評価している．アンケート２では，他の学習者の進度を知ることができた，グループに所属している感覚を得られたと評価している．アンケート３では，時間軸があり，学習者の活動の様子が見えるグラフを，高く評価している．自由回答では，自分の状況や他者の状況が理解できて，即時性があることを評価している．改善点として，グラフの説明，操作，過去データの閲覧など，もっと知りたい，便利に使いたいという意見があった．

3. ラーニングテクノロジー(LT)から考慮したこと

教授システム学専攻では，LT 専門科目(ラーニングテクノロジーⅠ・Ⅱ・Ⅲ)の履修を通して，LMS における学習履歴分析の基礎や，LOG 解析と管理，学びの活動と可視化(ビジュアライゼーション)関連技術について学んだ．そのことから，学習者に対して可視化された学習活動履歴を見せる発想につながり，学習活動履歴の可視化を行うことで，どのような効果があるか，研究を行うことにした．そして，可視化システムを開発するだけでなく，教育工学として，システムを活用した提案や評価に繋げるよう考慮した．

汎用性：LRS に蓄積された学習活動履歴データを可視化する際，LMS に依存しない汎用的な方法となるよう考慮した．

拡張性：可視化システムは，①収集層（LMS→Caliper イベント），②格納層（LRS），③連携層（SQL クエリエンジン），④表示層（BI ツール）の４層で構成され，各層が疎結合で独立している．このため，BI ツールで可視化グラフを変更しても LMS・LRS・SQL クエリエンジンには影響が及ばず，拡張が容易である．結果として，変化に強く停止しにくいシステムとなるよう考慮した．

柔軟性：開発者が意図する単一のグラフに絞らず，複数種類の可視化グラフを配置しているため，学習者は複数のグラフを閲覧し，状況や学習者の特性に応じて，他の学習者の活動を感じた度合いの評価が行えるよう考慮した．BI ツールに無い可視化パターンを拡張するために，可視化ライブラリ(Apache ECharts[8])を利用したグラフを実装した．これにより，グラフの選択肢を増やすことを考慮した．

再現性：SQL クエリエンジン(Apache Drill)による MongoDB へ直接アクセスする可視化システムを構築した．これにより，他の研究者が簡単に可視化システムを構築，再現できることを考慮した．

4.　今後の課題

今後は協力者を増やし，学習者が求める可視化情報の提示や活用方法の提案を通じて，学習者の動機づけにつながる可視化手法を検証する予定である．

今回の学習者の体験では，Superset ダッシュボードに予め配置した可視化グラフを閲覧するのみであったが，ユーザーやページのフィルタ機能を動作させることも可能である．学習者に使い方の提案を行うことについては，例えば，自身の学習活動のリフレクションなど，学習者が可視化情報から何をどのように把握したいかを明らかにするため，ヒアリング調査を実施する予定である．

参考文献

(1) 加藤和磨, 杉谷賢一, 中野裕司, 久保田真一郎 : “非同期型オンライン授業における学習状況可視化による学習者の存在感醸成の研究”, 研究報告教育学習支援情報システム (CLE), 2022, 2022.6: 1-7.
(2) 福野憲一 : “研究のために構築した可視化システムの構築方法”, https://github.com/fukuno-kenichi/spset_drill_lrs (参照 2025.5.15)
(3) 福野憲一, 喜多敏博, 戸田真志, 中野裕司 : “オープンソース BI ツールを用いた LMS 学習活動履歴の可視化による学習者動機づけに関する研究”, 日本教育工学会 2025 年春季全国大会講演論文集 (pp. 187-188).
(4) Gunawardena, Charlotte N. : “Social presence theory and implications for interaction and collaborative learning in computer conferences”, International journal of educational telecommunications, 1995, 1.2: 147-166.
(5) RCOS : “A Docker version of Learning Analytics as a Service (LAaaS) ”, https://github.com/RCOSDP/LAaaS-docker (参照 2025.5.15)
(6) Short, John; Williams, Ederyn; Christie, Bruce. : “The social psychology of telecommunications“, London: John Wiley & Sons, 1976. 195 p.
(7) The Apache Software Foundation : “Apache Drill”, https://drill.apache.org/ (参照 2025.5.15)
(8) The Apache Software Foundation : “Apache ECharts”, https://echarts.apache.org/en/index.html (参照 2025.5.15)
(9) The Apache Software Foundation : “Apache Superset”, https://superset.apache.org/ (参照 2025.5.15)

130 人同時実施の解剖模型演習の設計 —模型不足を 3D モデルと謎解きで乗り越える授業デザインの工夫—

Design Considerations for Large-Scale Anatomy Model Practice with 130 Students: Overcoming Equipment Constraints through 3D Models and Problem-Solving Games

古堅　裕章*1,*2，久保田 真一郎*2,*3 ，合田　美子*2,*3
Hiroaki FURUGEN，Shin-Ichiro KUBOTA，　Yoshiko GODA
*1 九州看護福祉大学看護福祉学部看護学科
*2 熊本大学大学院 社会文化科学教育部 教授システム学専攻
*3 熊本大学 半導体・デジタル研究教育機構
*1 Department of Nursing, Kyushu University of Nursing and Social Welfare
*2 Graduate School of Instructional Systems, Kumamoto University
*3 Research and Education Institute for Semiconductors and Informatics, Kumamoto University
Email: furugen@kyushu-ns.ac.jp

あらまし：本研究は，解剖模型の数に制約がある状況下でも 130 名規模の学生が同時に参加できる演習を実現するため，3D 解剖モデルと謎解き脱出ゲームの要素を組み込んだ授業実践研究である．授業設計では，解剖生理学とフィジカルアセスメントのつながりを意識した課題設計，学生の移動や教室配置による混雑の回避と進行管理の工夫，協働学習を促すしくみをインストラクショナルデザインとゲームデザインに基づいて構築し，限られた物理リソースの中でも「学生一人ひとりが自律的かつ主体的に学べる環境」の創出を目指している．現在は 2 年目となる 2025 年度に向けた授業設計の評価・改善段階にある．
キーワード：解剖生理学，多人数同時演習，３D モデル，謎解き，インストラクショナルデザイン

1. はじめに

第 5 次指定規則改正により，看護師養成課程では「看護学の観点からの系統立てた人体の理解」と「主体的学習の促進」が求められている(1)．しかしながら，多くの看護学生は解剖生理学に対して苦手意識を抱いており，主体的に学ぶことが難しいのが現状である．こうした課題に対し，筆者は 2019 年より「体験型謎解き脱出ゲーム」の要素を取り入れた解剖模型演習を実施してきた．これまでの研究では，学習意欲の向上や苦手意識の改善といった効果が示唆されている(2,3)．新カリキュラムによる科目編成の変更に伴い，従来は 40 名規模で 3 クールに分けて実施していた本演習を，110〜130 名を対象に一斉に実施する必要が生じた．それにより，授業設計および運営方法の再検討が求められた．本研究では，2024 年度に実施した 113 名での結果を，従来の 40 名規模での実施状況と比較し，2025 年度に予定されている 130 名規模での実施に向けて，大人数における効果的な授業設計とその改善点を検討していく．

2. 謎解き形式の解剖模型学習の概要

教材は，解剖模型ごとに必要な学習内容を資料として整理し，学生が自由に巡回・観察可能であり，グループで話し合いながら学習を行う．また，謎解きゲームの要素として，「患者（解剖模型）に誤解され，学生が教室に閉じ込められる」という物語を設定した．学生は各解剖模型の謎（学習課題）を解き，脱出に必要なヒントを得ながら，患者の苦痛の本来の原因を解剖生理学的に明らかにする．最終的には看護師として解剖生理学に基づく説明を患者に提供し，誤解を解き教室から脱出（最終課題達成）を目指す．また，2020 年度からは，個人の PC やスマートフォンで課題提示・回答を行い・即時フィードバックが可能な e ラーニング教材を導入している．

3. 実施規模による条件等の比較（表 1，図 1）

3-1. 人数とグループ構成の比較

約 40 名規模での実施は，計 3 回の繰り返し開催により 120 名前後を対象として行われてきた．各回は 7 グループ（1 グループ 5〜6 名）で構成され，教員が進捗状況の把握が可能であり，適宜必要な指導を行うことが可能であった．これに対し，2024 年度の一斉実施（113 名）では 23 グループとなり，教員がすべてのグループの進捗を把握するのが困難となり，グループ間の活動進度に大きな差が生じるリスクが高まり，管理・運営方法に工夫が求められた．

3.2 授業時間，課題，使用教材・教室の調整

授業時間については，40 名規模の際には 180 分（2 コマ）を確保できており，余裕を持った活動ができていたが，2024 年度はカリキュラム上の都合により 120 分しか確保できないため，平面での理解が可能な皮膚モデルなどの課題を削除し，もともと 13 問あった課題数を 11 問に精選して，立体的理解を重視する方針とした．また，学生数の増加に伴い解剖模型が不足するという問題に対しては，BYOD（学生自身の PC やスマートフォン）により閲覧可能な 3D 解剖モデル(4)を導入することで，物理的資源の不足を ICT の活用によって補完を目指した．教室についても，40 名規模では 1 教室＋α（同教室内に間仕切りの壁を設ける程度）で対応可能であったのに対し，

一斉実施では，4 つの教室を使用せざるを得ず，教室間の移動が必要となった．

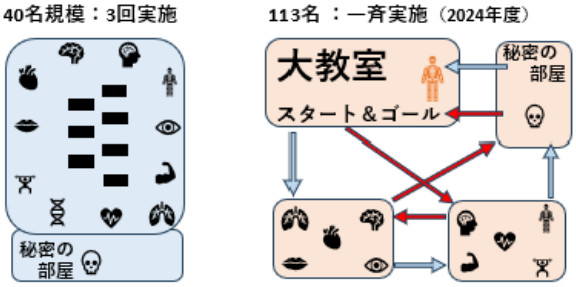
3.3 教室移動方法とシナリオの工夫

大人数による教室移動に伴う混雑や，移動という本来の学習にもゲームにも関係のない行動による，モチベーションの低下やマジックサークル（ゲーム的没入感）の維持が課題となり，大教室がスタート＆ゴールとなるルートを２つ作成し，グループ毎に異なる順路とすることで教室間の人流調整を行った．また，教室移動自体をシナリオに組み込み，謎解きの一部として楽しめる設計とした．

表１．実施規模による条件等の比較一覧

項目	約40名規模：3回実施	113名 ：一斉実施（2024年度）
グループ構成	7グループ（5～6名/グループ）	23グループ（5～6名/グループ）
教員等の数	教員：2名	教員：1名、機器操作・誘導係：5名
授業時間	2コマ：計180分	2コマ内：120分
教室数	1部屋＋α(間仕切り程度)	4部屋
課題数	全13問	全11問（平面対応可能な課題削除）
模型の種類	13種類	11種類＋BYOD閲覧型3Dモデル
模型の不足対応	特になし	BYOD閲覧型3Dモデル導入
最初の課題	解説に利用後、一斉スタート	解説＋課題を解けた順に移動+ 班別の教室分岐、による人流調整
最終問題の場所	演習室廊下	スタート地点の大教室前とし、 移動自体も謎解きシナリオに組み込む

図１．実施規模毎の教室・模型の配置模式図



4.　113 名一斉実施（2024 年度）の結果

演習前後に解剖生理学に関する学習意欲の変容や授業体験についてのアンケートを実施．

＜事前・事後質問項目＞

① 解剖生理学に対する「好き・嫌い」（0～100）
② 解剖生理学に対する「学習意欲」（0～100）

＜事後質問項目＞

③　解剖生理学の「好き・嫌い」の変化（5 段階）
④　解剖生理学の「学習意欲」の変化（5 段階）
⑤　解剖模型の演習は楽しかったか（5 段階）
⑥　演習は学習として役に立ったか（5 段階）
⑦　自由記述：授業全体の感想や意見

＜結果＞

事前回答者：113 名，事後回答者：112 名．

①解剖生理学の「好き嫌い」は，事前：42.2±22.7 から事後：57.4±20.0 へ上昇．③変化についても，好きになった：15 名，少し好きになった：86 名，変化なし：11 名と肯定的変化が多数であった．②「学習意欲」は，事前：43.1±22.3 から事後：61.8±20.4 へ上昇．④変化についても，向上した：32 名，少し向上した：75 名，変化なし：5 名と，肯定的な変化が多数であった．また，⑤演習の「楽しさ」については，とても楽しかった：60 名，楽しかった：50 名と 99%の学生が楽しかったと回答．⑥「学習として役に立ったか」についても，とても役に立った：58 名，役に立った:53 名と 99%の学生が役に立ったと回答しており，『楽しく・効果的な解剖模型演習』であったことが伺われる．⑦自由記述からも，「楽しかった」「理解が深まった」「ゲーム形式での学習が記憶に残りやすかった」「友人と協力して課題を解決できた」など，楽しさと主体的学習と協同的学習の効果が伺われる．一方で，「時間が長かった」「内容が難しかった」「ごちゃごちゃしていた」といった記述も散見され，認知負荷の高さや課題の見通しの悪さに対する課題が明らかとなった．また，「参加しにくい人がいた」「PC の持ち運びが大変」「操作方法が分からない」といった声からは，グループ内での役割分担の曖昧さや，使用機器や操作面での困難さといった環境面の課題が示され，今後の対策が必要である．

5.　130 名規模(2025 年度)実施へ向けた再設計

教員不足への対応と学生の自律的な学びを促すため，各課題に「課題解説動画」や「ヒント動画」を導入し，必要に応じて活用できる仕組みを整える．また，課題とフィジカルアセスメントとの関連を明示し，目的意識を高めるとともに，演習時間を 120 分から 140 分に延長して達成感と内省の時間を確保する．混雑の回避と効率化に向けては，ルートを 3 系統に拡張し，「難易度タグ」「所要時間目安」の表示やグループのカラー分けを行い，学生自身も教員からも進行状況を把握しやすくする．さらに，モバイルファースト設計として，QR コードによる課題提示・動画やヒントへのアクセス可能とするほか，複雑な 3D モデルにはタブレット端末の常設を検討し，演習前に操作ガイダンスも行う．このような工夫により，主体的な学びを支えながら，教育資源の制約や大規模実施に伴う課題を乗り越え，130 名規模でも円滑で効果的な学習環境の創出を目指す．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 22K10674 の助成を受けたものである．3D モデルは 筆者の監修のもと，レノボ・ジャパン合同会社により制作された．利益相反はありません．

参考文献

(1) 厚生労働省：第 9 回看護基礎教育検討会 資料 1-1 看護師等養成所の運営に関する指導ガイドライン改正について（案），https://www.mhlw.go.jp/content/10805000/000549122.pdf 2023/5/23 accessed
(2) 古堅裕章：会話をしない人体解剖模型グループ学習の実践と評価．古堅裕章．日本教育工学会秋季全国大会(第 41 回大会)講演論文集，435-436 (2022)
(3) 古堅裕章：体験型脱出ゲームの要素を用いた人体解剖模型学習の効果，日本教育工学会春季全国大会(第 38 回大会) 講演論文集，241-242 (2021)
(4) VR と Web AR を用いた人体解剖模型学習用ゲーム教材の開発．古堅裕章，合田美子．第 48 回教育システム情報学会全国大会発表論文集，2023：247-248

第二言語としての日本語学習における省察支援活動の設計
－ID と LT の視点による妥当性の理論的検討－

Designing Reflection-Support Activities for L2 Learners of Japanese
- Theoretical Validation from Instructional Design and Learning Technology Perspectives -

甲斐 晶子*
Akiko KAI*
*青山学院大学
*Aoyama Gakuin University
Email: a-kai@aim.aoyama.ac.jp

あらまし：筆者は，第二言語として日本語を学ぶ大学生を対象に，日々の言語使用経験を省察し，次の学習目標を自ら見出すことを目的とした，４段階の省察活動モデルを提案している．本稿では，提案モデルについてインストラクショナルデザインの観点から設計の妥当性を評価し，その支援ツールとして開発したチャットボットシステムについて，ラーニングテクノロジーの視点から技術選定評価を行った．その結果，本モデルおよびシステムは，学びの省察を深化させるために十分な要件を備えていると結論づけた．
キーワード：省察，自己主導型学習，第二言語としての日本語，ID 第一原理，SECTIONS モデル

1. はじめに

学習者中心の教育への転換に伴い，自己主導型学習（Self-directed Learning, SDL）を進める力により重きが置かれる昨今では，自己の学びを振り返り，次なる成長へとつなげるための「省察（Reflection）」の力もまた重要となる．他方，教育現場においては，省察の目的や具体的手順が十分認識されず義務的に取り組む学習者や，履修者の多さから表面的な確認作業に留まらざるを得ない教員が見受けられる．省察に関する体系的なガイドやモデルは多く提供されているものの，文脈に根ざした深い意味づけや行動変容に十分につながっていない学習者への支援体制をいかに構築するかは課題である．筆者は，第二言語としての日本語（Japanese as a Second Language, JSL）を学ぶ大学生を対象とした日本語 SDL 科目の担当経験から，授業「外」での日本語使用に深い省察を促すための教育デザイン研究を進めている．本稿では，その評価段階として，提案する省察活動モデルとその支援チャットボットについて，インストラクショナルデザイン（ID）およびラーニングテクノロジー（LT）の観点から理論的妥当性を評価する．

2. JSL 学習者のための省察活動モデル

筆者は，JSL を主な対象とし週次で開講する日本語科目の履修者を，自己主導型言語学習の実践コミュニティと捉え，教室という共有された価値と関係性を持つ拠点を基盤に，教室外での言語使用という実践経験を共有し，省察を繰り返すことで，自己と集団の成長を目指す省察活動モデル(1)を提案する．

本モデルは４つの活動で構成される循環モデルであり，理論的基盤として 5Rs モデル(2)を採用している．5Rs モデルは「Reporting, Responding, Relating, Reasoning, Reconstructing」の 5 段階からなる省察プロセスであり，この段階に従い，日常の言語使用経験について省察していくことで，次なる言語学習目標を明確化する．活動１は学習者が直面した言語使用経験について，事実とその経験に対する感情的・直感的な反応を報告する日次活動である（Reporting & Responding）．活動２はそれらの記録から一つの経験を選び，省察を記述することで言語化する授業前の個人活動である．構造化された質問により，経験を既有知識や過去の経験と関連付け（Relating），深い原因分析や意味の解明を試みる（Reasoning）．活動３はクラスメートや教員との授業活動である．対話を通じて省察をさらに深化させる．自らの経験を語り，他者の経験を聞くことで追体験する．また，感情を共有し，より望ましい行動について話し合い，日本語で表現する練習をする．対話後に活動４として，活動２の省察記録に加筆修正する形で意識の変容や再構成された省察を記述し（Reconstructing），翌週までのアクションプランを追記した上で，教員へ提出し，その達成に向けて行動する．

3. ID の視点からの理論的評価

メリルの ID 第一原理（First Principles of Instruction, FPI）では，効果的な学習活動には共通する５つの原理「Problem-Centered，Activation，Demonstration，Application, Integration」が存在すると仮定される(3)．本節では，FPI に基づき，提案モデルの理論的妥当性を検討する．本モデルは学習者が日常において経験した言語使用経験から省察プロセスが始まる．これは「Problem-Centered」であると言え，また，その真正性が学習の転移を最適化し「Application」や「Integration」を促す．活動２では学習者に経験に対する自身の認識や反応を思い起こさせる．個人活動では既有経験との接続が促され，自己分析や関連づけを促す．これらは「Activation」の原理に対応する．さらに，活動３において経験やその解釈を共有する

ことで，身近なロールモデルを提示し，他者の省察から学ぶ機会を提供する．これは「Demonstration」の原理に対応する．活動４は，これらの活動を通じて得られた教訓や新しい理解を，具体的な行動計画に落とし込み，学習者自身の実生活や今後の学習に統合する目的がある．これは次なる「Application」や「Integration」の機会創出につながる．

このように，提案モデルは文脈に根ざした具体的経験を重視し，学びの場を実生活と教室の往還とする構造を特徴とする．支援された個人活動記録と，教室という実践コミュニティーでの共有を通じて，経験から教訓や学びを抽出し，知識の再構築を促すものであり，FPI の原理と高い整合性を持つことから，教育効果が期待できる設計であると評価できる．

4. LT の視点からの技術選定評価

活動１での日常的な経験の記録を支援するために，段階的問いかけ機能を持つ省察支援チャットボット（以降，本システム）を開発した(4)．本節では，教育工学および遠隔教育の分野で特に実践現場での導入・運用可能性を重視する枠組みとして認知される SECTIONS モデル(5)を用いて，提案システムの適合性を検証した．SECTIONS モデルは，学習者中心の教育における技術選定において考慮すべき８つの観点（Students, Ease of use, Cost, Teaching and other pedagogical factors, Interaction, Organisational issues, Networking, Security and privacy）と 39 項目の適合性チェック例が提示されている．中でも「Students」の多様性を理解し，その学習ニーズや技術へのアクセスを踏まえた技術選定の重要性が強調されている．

筆者および LT の専門家により適合性を評価した結果，本システムは複数の観点において高い適合性を示した．「Students」に関して，対象となる JSL 学習者は，日本語能力やデジタルリテラシーにおいて多様性を有する．本システムは，短いテキストでの応答を促す設計を採用しており，中間言語段階にある学習者でも言語的負荷を感じにくく，省察を日常的に行うための実用的な足場として機能する．また，記録媒体をスマートフォンで動作するチャットボットとしたことで，教室外での言語使用経験を，時間・場所を選ばず記録できる柔軟性が実現した．「Ease of use」に関して，操作インターフェースは，広く普及する SNS を利用しており，直感的な利用が可能である．管理者側である教員にとっても，質問項目はブラウザベースで編集でき，操作に特別な技術スキルを要しない．「Cost」に関して，運用コストを抑えることで，継続的な活用が促進できる．低次段階の省察記録を半自動化することで教員の時間的コストの削減に貢献している．金銭的コストについては本稿執筆時点では科研費助成により無償提供が可能であるが，持続性の点で課題は残る．「Teaching and other pedagogical factors」に関して，省察の構成要素に対応した段階的な問いかけにより，段階に合わせた足場掛け的支援が可能である．また，本システムは生成 AI による個別対話機能を搭載している．対話の目的や考慮事項を調整するプロンプトは各教員が編集でき，自身の教育観や信念を反映させることができる．「Interaction」，「Organisational issues」，「Networking」について，本システムは学習者同士の直接的な相互作用機能は備えていないが，LTI により学内 LMS との連携が可能である．記録内容を次段階の省察活動や教室での活動へ接続し，対話や共有の出発点として機能する．「Security and privacy」に関して，省察内容には個人的体験が含まれるため，記録媒体は情報保護ポリシーを明示した上で紙も含めた複数の候補から学習者が選択できるようにすることを教員への利用条件とすべきであろう．

以上から，本システムは，モバイル端末による直感的な利用，段階的問いかけによる省察の深化支援，低コストかつ教員の負担を抑えた持続可能な運用設計という点において，有効性が認められる．全体として，本システムは JSL 学習者の省察を支援し，深化させるための教育実践基盤として十分な適応性と拡張性を備えていると評価できる．

5. まとめ

本稿では，JSL 学習者の省察深化を支援する活動モデルとチャットボットを ID および LT 観点から評価した．FPI および SECTIONS モデルとの整合性の検討を通じて，その理論的妥当性が確認された．本研究は，実践課題への介入と理論的理解の発展を両立する教育デザイン研究の立場から，省察支援における新たな学習環境デザインと技術的支援の可能性を示す試みであり，今後の学習支援環境の高度化に向けた一つの基盤となることを目指す．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 21K13646，25K06527 による助成を受けた．

参考文献

(1) 甲斐晶子, 松葉龍一, 合田美子, 和田卓人,鈴木克明: "大学初年次日本語科目における自律学習支援のケーススタディー: チャットボット利用による授業外リフレクションと授業内活動の統合", 教育システム情報学会研究報告, Vol. 38, No. 5, 教育システム情報学会, pp. 1–8 (2024)

(2) Bain, J., Ballantyne, R., Mills, C., and Lester, N.: "Reflecting on practice: Student teachers' perspectives", Flaxton, Qld (2002)

(3) Merrill, M. D.: "First principles of instruction", Educational Technology Research and Development, Vol. 50, No. 3, pp. 43–59 (2002)

(4) 甲斐晶子,和田卓人: "学習者個々のニーズに応じた指導や支援を提供する生成 AI 組み込み型チャットボットシステムの開発と評価", 教育システム情報学会研究報告, Vol. 39, No. 7, pp. 9–16 (2025)

(5) Bates, A. W.: "Teaching in a Digital Age – Second Edition", https://pressbooks.bccampus.ca/teachinginadigitalagev2/（参照 2025.5.20）

探究型学習を深化させる評価モデル
－拡張 PICRAT モデルと「主体的な学び」の可視化－

An Evaluation Model that Deepens Comprehensive Inquiry Learning

- Extended PICRAT Model and Visualization of "Proactive Learning" -

大島 直樹[*1], 佐藤新太郎[*2]
Naoki OHSHIMA[*1], Shintaro SATO[*2]
[*1] 山口大学大学院技術経営研究科、[*2] 大分県立中津東高等学校
[*1] Graduate School of Management of Innovation and Technology, Yamaguchi University
[*2] Nakatsu Higashi High School

Email[*1]: nohshima@yamaguchi-u.ac.jp

あらまし：本研究では、探究型学習における「主体的な学び」を可視化し評価するための新たなフレームワークとして、拡張 PICRAT モデルを提案する。現行の学習指導要領で求められる評価の 3 観点（知識・技能、思考・判断・表現、主体的に学習に取り組む態度）のうち、「主体的に学習に取り組む態度」は情意領域に属し、認知領域中心の既存評価ツールでは適切に評価することが困難である。そこで、教育現場でのテクノロジー活用を評価する PICRAT モデルの PIC 軸（Passive・Interactive・Creative）に「Proactive（主体的）」を追加し、PICP 軸として拡張することで、認知領域と情意領域の両方を統合的に評価できるフレームワークを構築した。さらに、生成 AI ツールである NotebookLM を具体例として、拡張モデルにおける 12 の実践パターンと 5 つの評価指標（自己調整度、探究深度、メタ認知レベル、協働的自律性、先見的行動）を提示し、「主体的な学び」を観察可能な行動レベルで評価する方法を示した。本提案により、生成 AI 時代における探究型学習の質的向上と、学習者の主体的な学びの育成・評価の両立が期待される。
キーワード：拡張 PICRAT モデル、主体的な学び、探究型学習、生成 AI、NotebookLM

1. はじめに

近年の教育改革では「主体的・対話的で深い学び」の実現が求められ、特に総合的な学習の時間では、思考力・判断力・表現力と主体的に学習に取り組む態度の育成が期待されている。しかし、「主体的な学び」の適切な評価は教育現場の大きな課題である。さらに生成 AI 時代において、学習者が AI を単なる答えを得る道具としてではなく、探究を深めるパートナーとして活用できているかを評価する枠組みが必要となっている。

本研究では、PICRAT モデル[1-3]の PIC 軸に「Proactive（主体的）」を追加して PICP 軸とし、認知領域と情意領域を統合的に評価できる拡張 PICRAT モデルを提案する。NotebookLM を具体例として、生成 AI 時代における探究型学習の評価の在り方を探る。

2. 背景

GIGA スクール構想による ICT 機器の普及と生成 AI の登場は、教育に根本的な変革をもたらした。これらのテクノロジーは「デジタルティーチングアシスタント」として機能し、教員はファシリテーターへ、学習者はより主体的な学習活動へと変化している。しかし、テクノロジーをどう活用するかが質的向上の鍵となっている。

探究型学習の評価では「知識・技能」「思考・判断・表現」「主体的に学習に取り組む態度」の 3 観点が求められるが、前二者は認知領域、後者は情意領域に属し、異なる領域を同一枠組みで扱うことが評価の混乱を招いている。PICRAT モデルは有効なツールだが、情意領域の要素が含まれていない。そこで、認知・情意両領域を統合的に扱える評価フレームワークとして、PICRAT モデルの拡張を検討する。

3. PICRAT マトリクス

PICRAT モデルは、Kimmons, Graham, and West (2020) [4]によって開発された教育テクノロジー統合のための評価フレームワークであり、従来のモデル（SAMR や TPACK）の限界を克服し、より実践的な評価を可能にすることを目的としている。このモデルの革新性は、テクノロジー統合を 2 つの独立した軸で評価する点にある。PIC 軸は学習者の活動を表し、Passive（受動的：情報を受け取る）、Interactive（対話的：能動的に関与する）、Creative（創造的：新しいものを生み出す）の 3 段階で構成される。RAT 軸はテクノロジーの役割を表し、Replacement（置き換え：従来の方法を代替）、Amplification（増幅：従来の方法を効率化・拡張）、Transformation（変容：新しい学習体験を創出）の 3 段階となっている。これら 2 軸の組み合わせにより 9 つの教育実践パター

ンが生成され、教育者は自身のテクノロジー活用の段階と改善の方向性を明確に把握できるようになった。

4.　総合的な学習の時間における評価観点とブルームのタキソノミー

現行の学習指導要領では「知識・技能」「思考・判断・表現」「主体的に学習に取り組む態度」の 3 つの観点での評価が定められている。ブルーム（Bloom, 1956）のタキソノミーでは、教育目標を認知領域、情意領域、精神運動領域に分類し、認知領域は「記憶→理解→応用→分析→評価→創造」の 6 段階で構成される。

３つの観点をタキソノミーと対応させると、「知識・技能」は認知領域の下位レベル、「思考・判断・表現」は上位レベルに対応するが、「主体的に学習に取り組む態度」は情意領域に属する。現行の評価は認知・情意の異なる領域にまたがるが、多くの評価ツールは認知領域中心のため、情意領域の評価に困難が生じている。探究型学習では両領域を統合的に評価できるフレームワークが必要である。

5.　PICRAT マトリクスの拡張

既存の PICRAT モデルは主に認知領域と対応し、PIC 軸の Passive（受動的）は記憶・理解、Interactive（対話的）は応用・分析、Creative（創造的）は評価・創造レベルに対応する。RAT 軸は学習の深度を表すが、情意領域である「主体的に学習に取り組む態度」は含まれていない。

生成 AI 時代には学習者の主体的な AI 活用能力が重要となるため、PIC 軸に「Proactive（主体的）」を追加し PICP 軸とする拡張を提案する。Proactive レベルは、自己調整学習、メタ認知的活動、探究の深化、協働的自律という特徴を持つ。この拡張により従来の 9 パターンに 3 つの新パターンが加わり、計 12 の実践パターンで認知・情意両領域の包括的評価が可能となる。

6.　「主体的な学び」の可視化の試み

拡張した PICRAT モデルは、PICP 軸（学習者の活動と態度）と RAT 軸（テクノロジーの役割）の組み合わせにより、12 の実践パターンを生成する。表 1 は、NotebookLM を活用した各パターンにおける学習活動の特徴を示している。

Proactive（主体的）レベルでは、PR（Proactive - Replacement）で資料の体系的整理と振り返り、PA（Proactive - Amplification）で思考パターンの分析と探究の深化、PT（Proactive - Transformation）で AI を思考パートナーとした独自理論の構築を行う。これらを可視化するため、「自己調整度」「探究深度」「メタ認知レベル」「協働的自律性」「先見的行動」の 5 つの評価指標を提案し、NotebookLM を通じて「主体的に学習に取り組む態度」を観察可能な行動として評価する。

表 1 拡張した PICRAT マトリクス

PICP＼RAT	Replacement（置き換え）	Amplification（増幅）	Transformation（変容）
Passive（受動的）	・紙の資料をNotebookLMにアップロードして読む	・NotebookLMの音声解説で効率的に理解	・AIが生成する多角的な解説で理解を深める
	・教科書の内容をAIに要約してもらう	・複数の資料を横断的に検索・確認	・資料間の関連性をAIが可視化
Interactive（対話的）	・資料についての質問をAIに投げかける	・AIとの対話で概念の理解を深める	・AIをソクラテス的問答の相手として活用
	・理解度確認の問題をAIに作成してもらう	・AIが示す別視点から考察を広げる	・AIと協働で仮説を立て検証する
Creative（創造的）	・AIの要約を基にレポートを作成	・複数資料を統合した新しい知見を創出	・AIと協働で新しい研究課題を発見
	・AIが整理した情報でプレゼン資料作成	・AIの示唆を基に独自の理論を構築	・資料を基に創造的な成果物を生成
Proactive（主体的）	・学習計画をNotebookLMで管理	・AIの分析で自己の理解度を可視化	・AIを学習パートナーとして探究を設計
	・学習の振り返りをAIと共に記録	・学習履歴から次の探究課題を発見	・自ら問いを立てAIと協働で探究

7.　まとめ

本研究では、PICRAT モデルの PIC 軸に「Proactive（主体的）」を追加し、認知領域と情意領域を統合的に評価できる拡張モデルを提案した。これにより 12 の実践パターンが生成され、NotebookLM を具体例として 5 つの評価指標で「主体的な学び」の可視化を実現した。拡張 PICRAT モデルは、生成 AI 時代において AI を学習パートナーとして活用する段階まで評価でき、新たな学習者像を示すことができた。今後は実証的検証と教育現場での実践を通じて、さらなる発展を図ることが重要である。

参考文献

(1) Kimmons, Royce, Darren Draper and Joseph Samuel Backman. “PICRAT.” *EdTechnica* (2022):
(2) Wang, Lixun. “Adoption of the PICRAT Model to Guide the Integration of Innovative Technologies in the Teaching of a Linguistics Course.” *Sustainability* (2023):
(3) Jennifer Readlynn, Nathan Houchens, Samir S. Shah, Preparing future generations of hospitalist educators, Journal of Hospital Medicine, 10.1002/jhm.13188, **18**, 10, (875-876), (2023).
(4) Kimmons, R., Graham, C. R., & West, R. E. . The PICRAT model for technology integration in teacher preparation. Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 20(1), 176-198.(2020)

高大連携による地域課題探究活動の設計と実践
ーインストラクショナルデザイン理論を活用してー

Design and Implementation of local issue research activities through high school-university collaboration
- Using Instructional Design theory-

宮下　伊吉[*1]，鈴木　伸哉[*2]
Ikichi MIYASHITA[*1], Shinya SUZUKI[*2]
[*1] 大阪大学
[*1]The University of Osaka
[*2] 三重大学
[*2]Mie University
Email: imiyashita.slics@osaka-u.ac.jp

あらまし：高大連携の探究活動では，模擬講義の講師や実験体験等での指導的な役割ではない新たな役割が大学に求められている．本稿は，インストラクショナルデザイン（ID）理論を活用した高大連携の地域課題探究活動の設計という新たな役割に取り組んだ実践研究である．その結果，精緻化理論とメリルの ID 第一原理を組み合わせた「地域課題探究のテーマ発見のための ID モデル」を示すことができた．
キーワード：地域課題探究，メリルの ID 第一原理，精緻化理論，GBS 理論，ARCS 動機付けモデル

1.　はじめに

学習指導要領改訂で必修となった高校の探究学習を進めていくうえで一番難しいとされている点は，その生徒自身によるテーマ・課題（問い）の設定である（上田ほか 2022）．その探究学習の課題は，高校教員側のスキルアップであり，自分の教科科目に限定の指導や知識偏重の指導の意識を変える必要があるとされている（林　2020）．そのような課題を抱える高校の探究活動において，学習者中心の教材設計で企業研修や大学の初年次教育等で活用されているインストラクショナルデザイン（ID）理論が役立つと考え，高大連携の探究活動で実践された事例がある（宮下 2024，宮下・鈴木　2025）．本稿は，昨年度（2024 年度）に実践された宮下・鈴木（2025）の先行研究を踏まえて，ID 理論を活用した高大連携による地域課題探究活動の設計を試みた実践研究である．

2.　昨年度の実践結果より

宮下・鈴木（2025）によると，昨年度，メリルの ID 第一原理の 5 つの構成要素の 1 番目の要素「①現実に起こりそうな課題」として，地域の課題を高校生（プログラム協力高校 35 名 8 グループ）に考えてもらい，約 1 か月後に地域関係者（市役所職員等 4 名）の前でグループプレゼンを行い，コメントをもらう（⑤統合）方向で設計・実践した（図 1 図 2）．プレゼン準備（②既有知識の活性化，③例示，④応用）では，Google Classroom によるオンデマンド学習コンテンツの提供と，仮想空間（2D メタバース）でのアバター大学生と高校生グループの代表アバターによる 1 回 10 分の相談（各グループ 2 回）の機会を設定した．アバター大学生との相談については，事後アンケートから一定の成果を確認できている．

しかしながら，高校生の事前課題提出率は 43%，オンデマンド学習コンテンツ利用度は 51%という低い結果となった．この原因は，高校生への活動への動機づけの方略が不十分であったからだと考える．事前課題では，各自が考えている解決したい課題を 6 月の活動開始までに提出するよう指示していたが，提出状況は 35 名中 15 名（43%）に留まった．メリルの ID 第一原理の 5 つの構成要素の 1 番目の要素「①現実に起こりそうな課題」として，地域の課題を考えてもらうことに挑戦させる設計を行ったが，そもそも高校生が地域の課題に自ら関心を持って考えられるのかという視点から活動への動機付けができていなかった点が昨年度の実践結果の課題である．

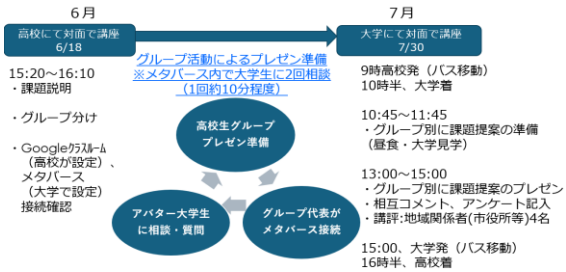


図 1　昨年度の概要

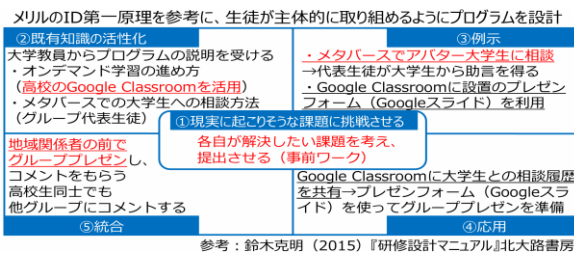


図 2　昨年度の ID 理論の活用

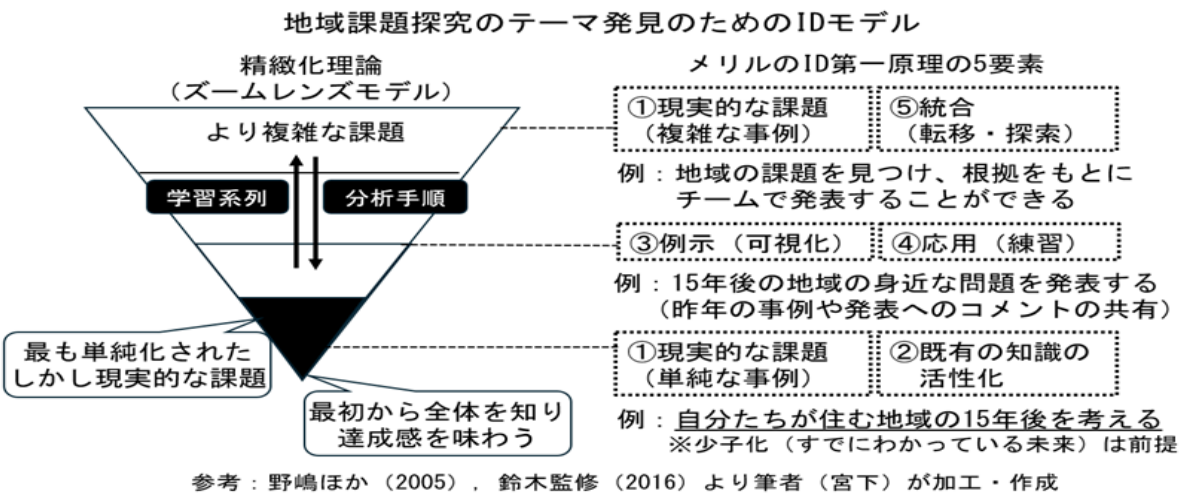


図 3　精緻化理論とメリルの ID 第一原理の組合せによる ID モデル

3. 今年度の活動の設計に用いた ID 理論

3.1　精緻化理論とメリルの ID 第一原理

昨年度と同様に，メリルの ID 第一原理の５つの構成要素の 1 番目の要素「①現実に起こりそうな課題」に挑戦させる点は引き続き踏襲するが，いきなり地域の課題という複雑で正解のないテーマを高校生に考えさせるのではなく，高校生が主体的に探究活動のテーマ・課題（問い）を設定できるように，単純化された例（しかし現実的な事例）から，徐々に複雑な例に系列化させていくモデルであるライゲルースの精緻化理論（ズームレンズモデル）を取り入れる．精緻化理論は，学習者が最初から達成感を味わうことができる効果を期待したモデルであり，メリルの ID 第一原理の 5 要素の「①現実に起こりそうな課題」の教授方略例にある「解決すべき問題を徐々に難しくして何度もチャレンジさせ、問題同士で何が違うのかを明らかに示せ」にあてはまる(野嶋ほか 2006)（鈴木 2016）．本プログラムのゴール設定モデルは，筆者が加工し，再構成した地域課題探究のテーマ発見のための ID モデルである．

3.2　GBS 理論と ARCS 動機付けモデル

地域課題探究のテーマ発見のための ID モデルで示されたゴールを実現するために，自分で問いを設定できない高校生が自ら探究活動に向かえるように，GBS 理論をプログラム設計の基軸とし，ARCS 動機付けモデルでプログラムへの関心と満足度を高める方略を反映した設計を行う．

まず，GBS 理論の 7 つの構成要素をもとに，本プログラムで高校生が 2 回の練習の機会を通して，自ら学び，学習目標のスキルを自然に身につけることができるように設計した．ゴールベースシナリオ（GBS）理論は，疑似的に「失敗することで学ぶ」経験ができる学習環境を物語で構成するための理論である（根本・鈴木　2005）．本研究では，GBS 理論の構成要素の 7 要素（使命，カバーストーリー，役割，学習目標，シナリオ操作，フィードバック，情報源）を参考に，高校生が自ら地域の課題に関心を持ち，探究活動に主体的に取り組めるようなシナリオを検討した．

ARCS 動機付けモデルは，ケラーによって提唱され，学習意欲を高める授業設計としてだけではなく，学習者自身が「学習技能」の一環として自らの学習意欲の向上にも役立つとされている（鈴木　1995）．学習意欲向上の 4 要因は，注意（Attention），関連性（Relevance），自信（Confidence），満足度（Satisfaction）とされ，それぞれの頭文字（英文字）から ARCS 動機付けモデルと呼ばれている．本研究では，GBS 理論の 7 要素と ARCS 動機付けモデルの 4 要因をとり入れた先行研究（南條・小松川　2020）を参考に，高大連携の地域課題探究活動の設計に取り組んだ．

4. 今年度の実践に向けて

今年度は高校と大学の研究協力者間による事前協議を行い，高 1 生 40 人 10 グループを対象に，4 月～7 月の期間で計 6 回（50 分授業×5 回は高校，6 回目は大学で 1 日）の探究活動の計画を策定し，高大の協力者の了解を得た．（表 1）

表 1　今年度の概要・スケジュール

	実施日	仮想空間接続形態	主な活動内容
1	4月22日	同期接続（50分）	アバター大学生のプレゼンを高校で視聴
2	5月13日	非同期接続（50分）	仮想空間の掲示板に質問・書き込み、プレゼン準備
3	5月27日	同期接続（50分）	高校生のプレプレゼン1回目をアバター大学生視聴
4	6月10日	非同期接続（50分）	仮想空間の掲示板に質問・書き込み、プレゼン準備
5	6月24日	同期接続（50分）	高校生のプレプレゼン2回目をアバター大学生視聴
6	7月29日	対面１日（大学集合）	地域関係者・大学生の前で対面による本番プレゼン

参考文献

(1) 宮下伊吉，鈴木伸哉:“グループでの探究活動の ICT 活用による高大連携支援事例”，日本教育工学会 2025 年春季全国大会（第 46 回大会）講演論文集, pp.543-544（2025）

VR ゴーグルを用いたセミナーの検討と実践

Study and Implementation of Seminars Using VR Goggles

鈴木 伸哉
Shinya SUZUKI
三重大学
Mie University
Email: suzuki@hedp.mie-u.ac.jp

あらまし：近年の VR デバイスにおける進化は目覚ましく，高性能化，低価格化が急速に進んでいる．各分野での活用が進んでいるなか，教育においては発展途上の状況にある．特に VR ゴーグルに注目し，特性を調査し試行的な取り組みを経て実施した高大接続セミナーでの実践事例を報告する．得られた注意点をまとめることで今後の活用の見通しを立てることができた．
キーワード：バーチャルリアリティ，VR，メタバース，高大接続

1. はじめに

昨今，VR の分野において，VR 体験のできるデバイス（以下，VR デバイスという）は進化が目覚ましい．高性能化，低価格化が急速に進んでおり，なかでも VR ゴーグルにおいては新製品の開発が活発であり，入手しやすくなっている．VR の活用は医療，観光，娯楽等各分野で進められているが，教育においても様々な試みが続けられている状況である．筆者は，特に VR ゴーグルに注目し情報教育分野での活用に向けて取り組んでおり，2024 年度は基礎的な研究として，高校生向けセミナーでの実践を通じ，特性の把握と扱う上での注意点を得ることができた．今後の活用の見通しを立て，教育における可能性についても確認することができたので以下に報告する．

2. 使用する VR デバイス

VR デバイスのなかでも，特に新製品の発売が相次いでおり代表的なデバイスの地位を確立しつつあるのが VR に対応したゴーグルタイプのデバイスである．VR ヘッドセットとも呼ばれるが，本稿では VR ゴーグルで統一する．

使用する製品としては Meta 社の Quest を選定した．価格帯が手ごろになっており，今後の普及が期待できるためである．Quest シリーズにもいくつか製品があるが，2024 年時点で最も価格と性能のバランスが取れているのは，2023 年に発売された Quest3 であると考えられる．

Quest3 はマイクとスピーカーが内蔵であり，振動機能付きコントローラーも付属している．メニュー操作においてはコントローラーを使わずに対応可能であり，他にも，眼鏡をかけたまま装着可能である点，MR 機能を備えている点など，実に多くの特徴がある．

3. VR ゴーグル使用の準備段階

準備段階として実施した，オープンキャンパスにおける検討と県立高校への出前授業での試みを題材に，活用にあたり考慮の必要な要素について検討した．

まずは，2024 年 8 月に開催予定であった（延期により実施は 10 月）三重大学の「秋のミニ・オープンキャンパス」において，オンラインのキャンパスツアーを企画した．会場はメタバースとし，学生ガイドが参加者に対して各学部の説明を行うもので，仮想空間は CG によって構成されたステージを準備した．VR ゴーグルでも接続可能であり検討したが，オンラインのみでの実施であり遠隔でのサポートが難しい点などから推奨環境からは除外している．また，VR ゴーグルの普及についてもまだ途上にある状況であることも理由の一つである．

次に，2024 年 8 月に三重県内の県立高校において，探究学習の事前授業として「情報」をテーマに授業を行った際に，VR ゴーグル体験も準備をした．VR ゴーグルにていくつかの体験用アプリケーションをインストールしておき，代表者に装着してもらい，操作者の画面をスクリーンに投影し，操作者以外は観察者とする想定としていた．通信回線については，高校側のネットワーク環境が不明であったため，自前でモバイルルータを準備し持参した．

しかしながら，現地では通信速度が出ないが故に，VR ゴーグルの画面をスクリーン投影するのに表示が激しく遅延し，例えば 10 秒ほど待たないと画面が動かないなど，実施不能であることが判明した．これにより，事前に通信環境の確認や，動作確認を十分に行うことが重要であることが分かった．また，生徒が各自で所持している PC のスペックが 3D 処理には不足気味であり，今後 3D データを扱う際には端末を手配することも含め考慮が必要であることも分かった．

4. セミナーにおける活用

三重大学では 7 月から 8 月にかけて，高校生向けの無料セミナーである「学問探究セミナー」を開催している．筆者はテーマを「3D モデルデータの活用

メタバースやXRについて」とし，時間は半日型（13時30分～16時）で開講した．内容は3Dデータに関して，座学を交えながらVR体験をするというものである．ここでは全体設計を以下のように行った．

・前半（70分）
　座学，VRゴーグルのプレ体験
・休憩（10分）
・後半（70分）
　メタバース説明・体験，VRゴーグル説明・体験

参加者の特性や体調を考慮し，バランスよく座学と体験ができるように配慮した．酔いやすい体質かどうかは事前に確認をしておき，途中でも体調に変化が無いか気をかけておくようにした．事前確認事項として，(1)VR経験者か否か，(2)体調は良好か否か，(3)酔いやすい体質か否か，(4)途中で酔いの気配が来たら中断すること，以上の4点をあらかじめ本人確認している．座学については，3Dモデルのデータ形式，作成方法，データの活用例としてのAR説明・体験，簡単な制作方法等について触れている．

前半におけるVRゴーグルのプレ体験は，肩慣らしとして感覚と操作方法に慣れてもらう程度に留めた．後半ではメタバースを二次元版と三次元版双方で体験してもらい，特に三次元版ではVRゴーグルも装着して臨場感の違いを感じてもらった．VRゴーグルの映像は，モニターに投影して会場内で共有できるようにした．当日の様子を図1に示す．

図1　セミナーの様子

セミナーはおおよそ想定通り進行し，終了することができた．参加した高校生の様子からは，新たに以下の知見を得ることができた．

(1) 自発性
休憩時間中も休むことなくVRゴーグルを使い続けていたことから，夢中にさせる要素があり，自発的に学ぶ姿勢を得やすいことが分かった．

(2) 順応性
VRゴーグルの操作にすぐに慣れていたことから，順応性の高さが窺えた．

(3) 創造性
3Dモデルを空間内に配置できる，本来は家具レイアウトの検討を行うためのアプリケーションを体験してもらっていたが，いつのまにか複数のモデルを立体配置し，新たな造形の制作に取り組むようになっていた．もともと想定していなかった使い方であり，創造性の発現が垣間見えた．

また，「おもしろかった」という率直な感想を聞くことができ，楽しく学べるということが，得られた成果としては大きいものであったと考えている．

以上，セミナーを通じて高校生の適応力と創造力について確認ができ，今後の展開を検討するのに十分な情報を得ることができた．

5.　まとめと今後の展開

2024年度はVR体験の準備段階から実践までを進めてきた．準備段階の課題を考慮することで，セミナーを設計通りに無事実施することができた．最後にVRゴーグルの活用にあたっての，注意すべき点と今後の展開をまとめる．

(1) 生徒端末環境
一般家庭への普及には至っておらず，現時点では機材を準備して提供する必要がある．

(2) 通信環境
データ量が大きくなりがちであり，十分な環境を準備する必要がある．

(3) 体調への配慮
体調不良に陥らないか注意を払いながら進める必要がある．

(4) 生徒状況のモニター
VRゴーグルを装着すると，操作者がどのような状態にあるか把握ができなくなり，サポートや状況を見ての進行が非常に難しくなる．従って，モニターへの投影が必要である．さらに，人数が多くなればなるほど統制が効かなくなる．そのため，事前に内容をよく練っておかなければならない．複数端末のモニターが可能となるような仕組みがあれば有用であり，実際に支援サービスも提供されてきている．

(5) 操作性の問題（操作のサポート）
個人差があると思われるため，ある程度操作できるようになるまでのサポートを考慮する必要がある．

(6) 羞恥心への配慮
機体に厚みのあるVRゴーグルではかなり目立つため，羞恥心から装着にためらいが生じる可能性がある．

以上，これらの点を抑えつつ，今後は体験に留まらず内容を伴ったVRゴーグルを活用した教育プログラムの開発を進めていければと考えている．それ以外にも，情報系授業での活用，高大接続プログラムの開発も行い高校生向けにも展開をしていく計画を進めている．そのためにはVR教材の開発も必要であり，主要なテーマとして取り組み，報告できればと考えている．

参考文献

(1) 鈴木伸哉，宮下伊吉:“オープンキャンパスでのメタバースキャンパスツアー開催事例”,三重大学高等教育研究, 31, pp.21-27 （2025）

VDT 症候群予防支援システムにおける通知手法の比較とユーザ評価
Comparison and User Evaluation of Notification Methods in a VDT Syndrome Prevention Support System

土江田 織枝[*1], 山田 昌尚[*1], 林 裕樹[*1], 香山 瑞恵[*2]
Orie DOEDA[*1], Masanao YAMADA[*1], Hiroki HAYASHI[*1], Mizue KAYAMA[*2]
[*1] 釧路工業高等専門学校
[*1]National Institute of Technology, Kushiro College
[*2] 信州大学工学部
[*2]Faculty of Engineering, Shinshu University
Email: yoshida@kushiro-ct.ac.jp

あらまし：本稿では，VDT 症候群の予防を目的とした支援システムを提案する．本システムはウェブカメラを用いて，ユーザの姿勢やまばたきをリアルタイムに検出し，不適切な状態が認識された場合に，通知音と 2 段階ポップアップによるフィードバックを提供する．評価実験の結果，通知音と画面表示を併用することで有効な注意喚起が可能であることが示された．一方で，状況に応じた通知手法の選択が重要であることも確認された．
キーワード：VDT 症候群，姿勢推定，まばたき検出，フィードバック通知

1. はじめに

近年，パソコンやスマートフォンなどの VDT（Visual Display Terminals）機器の利用時間が増加し，眼精疲労や肩こり，ドライアイといった VDT 症候群の発症が問題となっている．これらを予防するには，正しい姿勢の保持や定期的な休憩，まばたきの促進が効果的とされるが，作業に集中していると，これらを忘れがちである．筆者らは，ウェブカメラを用いてユーザの姿勢やまばたきの状態をリアルタイムに検出し，問題がある場合には通知を行うことで VDT 症候群の予防を支援するシステムを開発している[(1)]．従来は通知音のみを用いていたが，本研究では視覚的な通知も組み合わせることで，より効果的な注意喚起を目指す．通知の提示方法によってユーザの受け取り方や反応がどのように変化するかを検証し，その伝達効果と受容性について評価した．本稿では，システムの概要，通知方法の改善内容，および評価実験の結果について報告する．

2. システムの構成

本研究で開発した VDT 症候群予防支援システムは，ウェブカメラを用いてユーザの顔や上半身の映像を取得し，MediaPipe により姿勢の傾きやまばたき頻度をリアルタイムに推定する．不適切な姿勢やまばたきの不足が一定時間継続した場合にユーザへフィードバックを行い，VDT 症候群の予防を図る．姿勢判定には，額中央の座標による猫背の検出，両目内側の距離によるディスプレイとの距離推定，および両目と両肩を結んだ線の外積による上体の傾きの検出を用いる．まばたきは，目の周辺 6 点から算出した EAR（Eye Aspect Ratio）値[(2)]に基づいて検出する．本システムでは，ユーザが正しい姿勢を取った状態で「基本姿勢」の設定を行い，その際に取得した額・目頭・肩の座標の平均値を基準として保存する．ここで定義する正しい姿勢とは，①ディスプレイと目の距離が 40cm 以上あること，②背筋がまっすぐに伸びていること，③肩が前に出ていないこと，の 3 点を満たす状態である．以後はこの基本姿勢との相対的な変化により，姿勢の崩れや距離の変化を検出する．基本姿勢は初回設定に限らず，必要に応じて再設定可能である．通知については，従来のシステムでは通知音のみであったが，本研究では視覚的な 2 段階ポップアップによるフィードバックを導入した．まず小さなポップアップで軽度の注意喚起を行い，改善が見られない場合には，より大きく目立つポップアップを追加することで，ユーザの行動変容を促す設計となっている．この 2 段階表示により，音を出せない静かな環境でも利用しやすく，ユーザの受容性および反応率の向上が期待される．なお，姿勢やまばたきの検出手法の詳細は 2024 年度本大会にて報告済み[(1)]のため，本稿ではその説明を省略する．

3. 通知手段の比較と検討

本システムでは，不適切な状態を通知する手段として，通知音と画面表示の 2 種類を用いているが，それぞれに利点と課題がある．以下にその概要を述べる．通知音の利点は，ユーザが画面を見ていない場合でも気づくことができる点である．一方で，姿勢の乱れとまばたき不足のいずれに対する通知であるかが判別しにくいという課題がある．これについては，まばたきに対応する通知音を直感的に認識しやすい音に設定することで，ある程度の識別が可能である（評価実験により確認済み）．また，騒音環境下では聞き取りにくく，音を出せない環境では使用できないという制約もある．一方，画面表示の利点は，音を出せない状況でも視覚的に通知が可能である点である．ただし，通知が頻繁に表示されると画

面を占有して作業の妨げになるほか，ユーザが画面を見ていない場合には見逃される可能性がある．これらの課題に対応するため，本研究では 2 段階ポップアップによる通知手法を導入した．まずは小さなポップアップで軽度の注意喚起を行い，状態の改善が見られない場合には，より大きく目立つ表示へと切り替えることで，ユーザの注意を促す設計としている．

4.　評価実験と考察

4.1 評価の目的と方法

本研究では，通知によるユーザの行動改善および通知に対する主観的受容性の評価を目的とした．まばたきや姿勢の検出精度については既に検証済みであるため，本評価では通知提示がユーザに与える影響に着目した．被験者は，PC を日常的に使用する 18〜20 歳の学生 20 名であり，実験は人の出入りや一定の環境音がある研究室内で実施した．被験者には PC 上で図や絵を描く作業を行ってもらい，その間，システムが姿勢やまばたきを常時監視し，不適切な状態が一定時間継続した際に通知を提示する条件で実施した．通知手法は，①通知音のみ，②通知音と画面表示の併用の 2 条件を設定した．画面表示は 2 段階構成とし，最初に小さなポップアップを表示し，改善が見られない場合に大きなポップアップへ切り替える仕様とした．各条件での作業後，被験者には通知の必要性や気づきやすさ（聞き取りやすさ・見やすさ）について，5 段階評価で回答を得た．

4.2 実験結果と考察

通知音および通知表示に関する主観評価の結果を，図 1 および図 2 に示す．図 1 および図 2 に通知音および通知表示に関する評価結果を示す．横軸は 5 段階評価（1：とても良くない，2：良くない，3：普通，4：良い，5：とても良い）を表す．まず，通知の必要性について，通知音は「とても必要」40%,「必要」45%と，全体の 85%が有効と評価した．画面表示は「とても必要」25%,「必要」65%で，計 90%がその必要性を認めていた．通知音の聞き取りやすさに関しては，まばたき用通知音に対し「とても聞き取りやすい」90%,「聞き取りやすい」10%と極めて高評価であった．一方，姿勢用通知音では「とても聞き取りやすい」60%,「聞き取りやすい」20%,「普通」20%と，やや分散した．通知表示の視認性では，小さなポップアップに対して「とても見やすい」50%,「見やすい」25%,「普通」20%,「とても見にくい」5%であった．大きなポップアップでは「とても見やすい」70%,「見やすい」20%,「見にくい」および「とても見にくい」が各 5%となり，段階的表示による視認性向上が示唆された．

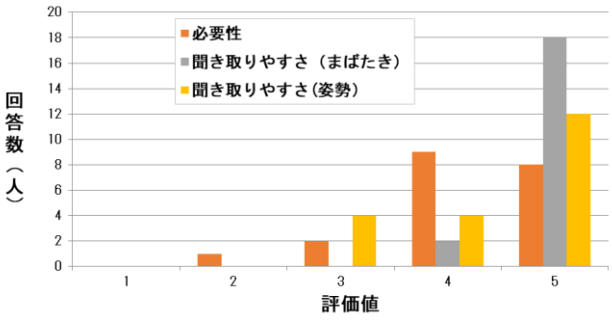


図 1 通知音についての評価実験の結果

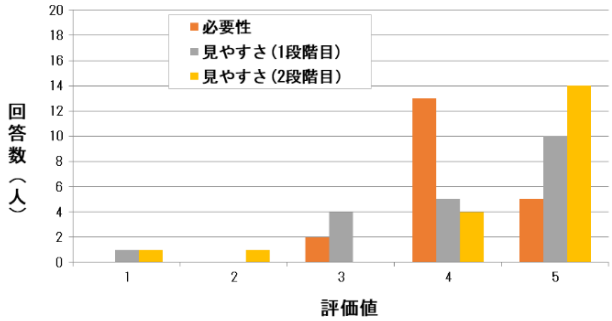


図 2 通知画面の表示についての評価実験の結果

通知手法の選好については，通知音のみを選択した被験者が 7 名，併用を選択したのは 13 名であった．通知音のみを選んだ被験者からは，「ポップアップが集中を妨げる」「気になる」といった否定的意見が見られた．一方，併用を選んだ被験者からは，「気づきやすい」「直感的でわかりやすい」との肯定的評価が得られた．以上より，通知音と画面表示の併用は通知の効果を高める一方，視覚的通知に対する好みには個人差があることが明らかとなり，今後は柔軟な通知設計の必要性が示唆された．

5.　おわりに

本研究では，VDT 症候群予防支援システムにおいて，通知音と視覚的フィードバックの併用による通知手法を提案し，その有効性を評価した．実験結果から，併用により通知の気づきやすさが向上する一方，ユーザによっては視覚通知に煩わしさを感じる場合もあることが確認された．今後は，通知方法をユーザごとにカスタマイズ可能とするなど，使用環境や個人の好みに応じた柔軟な通知設計の実現を目指す．さらに，このシステムが VDT 症候群の予防に実際に役立つよう，ユーザビリティの向上と様々な使用環境に対応できる柔軟性のあるデザインを追求していきたい．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 23K02699 の助成を受けたものです．

参考文献

(1) 土江田織枝，吉田真佑見,山田昌尚,林裕樹,香山瑞恵: “正面カメラによる VDT 機器使用時の不適切状態監視システム”,教育システム情報学会第 49 回全国大会論文誌,pp.71-72 (2024)

(2) Tereza Soukupova and Jan Cech, “Real-Time Eye Blink Detection using Facial Landmarks” ,21st Computer Vision Winter Workshop, (2016)

こころと学びを繋ぐメンタルヘルス教育の新提案

New Approaches to Mental Health Education：Connecting Minds and Learning

スナルマンジュ[*1]，荒平高章[*1]
Manju SUNAR[*1], Takaaki ARAHIRA[*1]
[*1] 九州情報大学　経営情報学研究科
[*1] Kyushu Institute of Information Sciences, Graduate School of Management and Information Sciences
Email: arahira@kiis.ac.jp

キーワード：メンタルヘルス,教育システム,支援,学生,うつ病,不安障害,ストレス

1. はじめに

メンタルヘルスケア教育は，学生の心理的健康に大きな影響を及ぼす重要なテーマである．現代社会においては，身体的健康と同様にメンタルヘルスが重視され，その課題はますます深刻化している．特に大学生は，学業，将来への不安，人間関係の複雑さなど，多種多様な要因により心の健康への負担が大きくなっているのが現状である．実際，国内外で大学生が抱えるメンタルヘルスの問題が顕在化しており，これが学業成績，日常生活，さらには将来的なキャリア形成にも悪影響を及ぼしている状況である．

前述した通り，うつ病，不安障害，ストレスなどの問題は，大学生に広く認識される共通の課題となっており，これらの症状が相互に影響し合うことで，学生生活全般に深刻な影響をもたらす可能性がある．しかし，多くの学生はこうした問題に直面した際，他者に相談することにためらいを感じ，適切な情報および支援へのアクセスが限定されるため，状況がさらに悪化するリスクがはらんでいる．

これまでに九州情報大学の学生を対象に，うつ病，不安障害，ストレスなどのメンタルヘルスに関する現状を調査し，多くの学生が精神的負担を抱えている実態が明らかになった（表１）．そこで，本研究では，これらの調査結果を踏まえ，本学内において包括的なメンタルヘルス支援体制を確立することが，学生が安心して学業および日常生活に取り組むために不可欠であると考え，それらを支援するシステムを開発することを目的とする．

表１ アンケート調査学生の参加者

学年	回答人数	何らかの心理的負担を抱えている割合
１年生	88 人	52.1%
２年生	13 人	7.7%
３年生	61 人	36.1%
４年生	７人	4.1%

2. 方法

2.1 教員や先輩に相談できる環境

学生の声を教員や先輩と効果的に連携させ，自由に意見交換が行える環境の構築を図ることが，当研究における重要な取り組みの一つとなる．具体的には，相談の場の設置とともに，対話を促進する仕組みやフォローアップ体制の確立を通じて，学生が安心してメンタルヘルスに関する相談を行える学内環境の構築を目指す．

2.2 モチベーションを与える仕組みの導入

学生のモチベーションを高めるため，本研究では，先輩や教員が自己の経験を語るストーリー紹介やメッセージ動画の活用を実施する．このアプローチにより，精神的に困難な時期においても，身近な人々の実体験から前向きな気持ちを引き出し，自己肯定感と継続的な学習意欲を向上させることにつなげる．

2.3 自己管理のための実践的情報の共有

本研究では，誰もが実践可能な自己管理手法に関する資料および最新の研究成果を提供する取り組みを進める．これにより，学生が自らの健康状態や生活リズム，ストレス管理の方法を効果的に把握し，実践できる基盤を整えることを目的としている．さらに，こうした情報を学生同士で共有できる環境の構築により，互いに学び合い，支え合うコミュニティの形成を促進する．

2.4 支援機関情報の提供

特に留学生においては，日本国内の医療機関や助成制度に関する情報が得にくい状況が見受けられる．そのため，本研究では，多言語に対応した医療機関，並びに各種支援制度の情報を体系的に整理し，その利用方法も提示する．

2.5 メンタルヘルスケア支援システムの実装

上記内容を踏まえたメンタルヘルスケアシステムを構築し，実際に試行的に運用することを目指す．

3. 結果および考察

本研究では，学生および教員を対象に実施した調査を通じて，大学生のメンタルヘルスに関する現状を把握し，今後の支援体制の構築に向けた基盤づくりを目的とした．表 1 の結果をさらに詳細に分析すると，多くの学生がうつ病，不安障害，ストレスといった心理的問題に直面していることが明らかとなった（図２）．特に，留学生においては，言語や文化の違いが支援へのアクセスを困難にし，適切な支援を受ける上での大きな障壁となっていることが考えられる．

図 3 に本研究で構築したシステムのホーム画面を示す．訪問した学生の気持ちを和らげるような配色や構成を施している．この画面から様々なページへ遷移できるようになっている．しかし，現状はシステムの構築を進めている段階であり，実際にシステムを使用してもらう段階には到達していない．したがって，実際にシステムを使用してもらい，システムのユーザビリティや有用性などの観点からフィードバックを得ることが今後の課題となる．

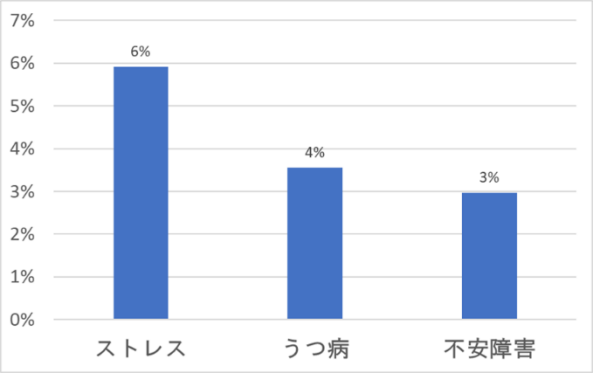


図 2 ストレス・不安・うつ病の
全学生に占める割合

図 3　システムのホーム画面

4. おわりに

本研究により，大学生のメンタルヘルスの現状と課題が明確となり，学生の多くが精神的悩みを抱えながら十分な支援を受けられていないことが示された．また，学生自身がメンタルヘルスケアへの高い関心を示していることも示唆されました．

これらの知見を踏まえ，今後は，学生が自己の心の状態に気づき，適切な行動を起こすための教育システムの開発が必要であると考えられる．本システムは，メンタルヘルスの知識とセルフチェック機能，安心して相談できる学内環境，先輩や教員との経験共有によるモチベーション支援，および多様な背景を持つ学生への多言語サポートを統合したものとして試行的に運用をしていく必要がある．

参考文献

(1) Generalized Stanford University. (2024). Patient Health Questionnaire (PHQ-9).Retrieved April 19, 2024, from https://med.stanford.edu/fastlab/research/imapp/msrs/_jcr_content/main/accordion/accordion_content3/download_256324296/file.res/PHQ9%20id%20date%2008.03.pdf

(2) 大田区. (2024). 簡易ストレス度チェックリスト (日大柱・村上版). Retrieved April 19, 2024, from https://www.city.ota.tokyo.jp/seikatsu/hoken/kenko_soudan/kokoro/kokorogenkidesuka.files/r3scl.pdf

(3) Western Wisconsin Health. (2024). Generalized Anxiety Disorder Assessment (GAD-7). Retrieved April 19, 2024, from https://www.wwhealth.org/wp-content/uploads/2016/05/GAD-7-1.pdf

複数の大規模言語モデルによる相互評価機構の提案と評価
—学校の救急処置の課題解決を目指して—

A Mutual Evaluation Framework with Multiple Large Language Models Proposal and Assessment
- Aiming to solve the problem of first aid in schools-

博田 光[*1]，讃岐 勝[*2]
Hikaru HAKATA[*1], Masaru SANUKI[*2]
[*1] 筑波大学大学院医学学位プログラム
[*1] Doctoral Program in Medical Sciences, University of Tsukuba
[*2] 筑波大学医学医療系
[*2] Institute of Medicine, University of Tsukuba
Email: s2430403@u.tsukuba.ac.jp

あらまし：学校現場の緊急時，養護教諭を中心とした応急処置の記録が求められる．緊急下での記録作業は困難を伴うため，その支援として音声入力と LLM を活用し，記録業務の負担軽減と標準化を目指した救急処置記録支援システム SCC を開発した．本研究では，PoLL という手法に基づき，複数 LLM を用いて互いの出力を相互評価・スコアリングする構成を導入した．これにより，ユーザに対して信頼性の高い応急処置記録の提示を可能とした．システムの構成と処理手順を示し，看護師による専門的評価を議論する．
キーワード：学校救急処置録，入力の自動化，校務の情報化，生成系 AI，教育 DX

1. はじめに

大規模言語モデル（以下, LLM）は幅広い分野で利用されている. LLM はモデルによって特性が異なり，同様の入力でも出力が同じになることはかなり少ない．また，誤った情報や偏った情報を出力することも LLM の利用にあたっての課題である．

学校における緊急時対応では，救急処置録への正確な記録が求められるが，緊急下では記録が困難であり，教職員間の連携や役割分担が重要である．特に養護教諭が少人数で対応している現状では，記録業務の情報化が求められている．著者はこれらの課題を解決するために，応急処置を記録・共有できるシステム School Care Check[(1)]（以下, SCC）を開発した．このシステムを養護教諭を含めた教職員が利用することにより，救急処置の音声から医療機関で用いられる SOAP という記録方法に分類され，記録業務の負担軽減や記録の質の標準化が期待できる．

本研究では Panel of Large Language Models[(2)]（以下, PoLL）に基づく LLM の評価手法をシステムのバックエンドに組み込み，複数の LLM によって高評価とされた出力をユーザに提示するという新たなシステム構造を提案し，評価する．

2. 実装

応急処置記録の質と一貫性を向上させるため，PoLL の評価機構を統合したシステムを構築した．
フロントエンド：Django をベースに，養護教諭や教職員が操作しやすいモバイル対応 UI を実装．
バックエンド: 音声認識から LLM 評価，記録保存までを統合的に処理する．
セキュリティ：個人情報や医療情報を扱うため，音声データと記録情報はローカルサーバで完結し，外部のクラウドサービスとは非連携とする設計とした．

使用した LLM は次の 4 つである．Elyza:8b[i](elyza)，LLaMa3.3:70b [ii] (llama)， DeepSeek-R1-Distill-Qwen-14B-Japanese[iii](DS-R1)，Gemma3:27b[iv] (gemma)

3. 提案手法

3.1 PoLL の概要

本研究では, LLM の出力を複数モデル間で相互評価する PoLL という手法に着目した. PoLL は，複数の LLM に同一の入力を与え，それぞれが出力を生成した後，他の LLM がその出力を評価・スコアリングする．全 LLM が相互に評価を行うため，最終的に全体として最も高い評価を得た出力をスコア順でユーザに提示することができる（図 1）．このアンサンブル的な仕組みにより，単一モデルのハルシネーションや偏りのある出力を抑制する．

3.2 SOAP 分類と記録の構造化

SCC では，医療・看護の現場でも用いられる SOAP に基づいて，応急処置の記録を分類・保存する．この構造により，後から情報を参照する際にも内容の把握が容易であり，病院や保護者への情報連携も円滑

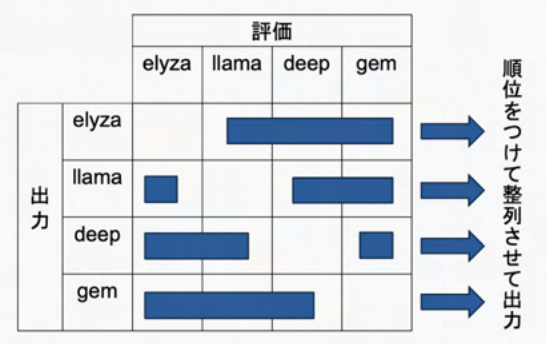


図 1. 処理フロー

	PoLLによる順位				A				B				C				D			
	elyza	llama	deepseek	gemma	elyza	llama	deepseek	gemma	elyza	llama	deepseek	gemma	elyza	llama	deepseek	gemma	elyza	llama	deepseek	gemma
1	1	3	2	4	4	3	1	2	3	1	2	4	4	3	1	2	4	2	1	3
2	3	4	1	2	4	2	1	3	3	1	2	4	4	2	3	1	3	4	1	2
3	3	2	4	1	4	3	2	1	2	3	4	1	4	3	2	1	2	3	1	4
4	3	4	1	2	4	1	3	2	2	4	3	1	3	4	2	1	1	2	3	4
5	1	4	3	2	4	3	1	2	4	3	1	2	4	3	2	1	1	4	2	3
6	3	4	2	1	4	3	1	2	4	1	2	3	4	3	2	1	1	3	2	4
7	3	4	1	2	4	3	2	1	4	3	1	2	4	3	2	1	1	2	3	4
8	4	3	2	1	4	3	2	1	3	4	2	1	4	3	1	2	2	1	3	4
9	3	2	4	1	4	3	1	2	4	2	3	1	3	2	1	4	4	1	3	2

表 1. 評価結果

になる. PoLL を用いることで, 曖昧な表現や情報の欠落を最小限に抑え, より現実的かつ自然な記述を自動生成することが可能となる.

3.3 SCC との統合と処理フロー

本研究では, 応急処置記録システム SCC に PoLL を統合し，実装した.

(1) 音声を録音
(2) 音声認識エンジンによってテキストに変換
(3) 変換されたテキストを 4 つの LLM に入力
(4) 各 LLM が SOAP に分類された出力を生成
(5) 各 LLM が他方の出力を正確性，可読性，一貫性，適切な分類の 4 項目で評価しスコア付与
(6) スコア順に結果をユーザに表示

音声の変換からユーザに提示する一連の処理は音声の長さにも依存するが，1 分以内で出力される．これにより，事故現場での記録業務の負担を最小限にしつつ, より正確かつ標準化された救急処置記録の作成されることが期待される.

4. 評価

本研究では，高校生に対して行った救急処置時のデモンストレーションの音声をもとに，提案される SOAP の順位が学校医療関係者に与える影響を検証した．日常的に SOAP を用いて業務を行う医療関係者を対象に評価者 A〜D の 4 名に対して，提示される出力の順位の一致度を Poll で出力された順位を基準としてスピアマンの順位相関係数[3](ρ)を用いて定量的に評価した．結果は表 1 の通りである．A: 平均 $\rho = 0.178$, B: 平均 $\rho = 0.289$, C: 平均 $\rho = 0.222$, D: 平均 $\rho = -0.133$ 評価者 B，C には弱い正の相関が確認でき，A と D にはほとんど相関はなかった.

5. 考察

幅広いニーズへの対応：一致度は一見して限定的に見えるが，各評価者がある程度独自の観点で記述を行っていたことを意味している．むしろ記述内容に分散が見られたことは，幅広い表現や観点が生成されていたことの証左であり，記録者の多様なニーズに応じた情報提供が可能であることを示している.

個別最適化：評価者間でも提示された記録の好ましさにばらつきが見られた．この差異は，評価者の専門性や実務環境，個々の判断基準に起因すると考えられる．応急処置記録の本来の目的は，生徒の状態や処置内容を他者に正確かつ簡潔に伝達することである．したがって,「どのような記録が記録者にとって実務的に使いやすいのか」という観点で詳細な聞き取りを行い，分類における重要な要素を抽出し，評価項目に追加，評価項目に適切な重み付けをすることでその結果を分類段階のプロンプト設計に反映することができる．これにより現場で活用しやすいシステムの実現が期待される.

記録提示の柔軟性：本研究ではスコア順で出力を提示する方式を採用したが，自由記述から「簡潔さ」や「実務性」を重視する傾向が確認された．単一のスコア基準による提示ではなく，例えば「簡潔」「詳細」「客観性重視」など，記録者のニーズに応じて出力をフィルタリング・選択できるような提示方式の導入も検討すべきであると考えられる.

6. 終わりに

本研究では，学校現場における救急処置記録の支援を目的として，PoLL を用いた記録生成・提示システムを提案・実装した．評価者の好みにばらつきがあることから，出力に一定の分散があることはむしろ有効であり，記録者の多様なニーズに応じた柔軟な記録提示が求められることも明らかとなった.

PoLL の評価に評価者のニーズを反映させられる機構の導入，および，多様な学校医療関係者からの意見を抽出し，実用性と信頼性をさらに高めることが今後の課題である.

参考文献

(1) 博田 光, 讃岐 勝：“学校救急処置記録における生成系 AI による分類の可能性”, JSiSE Research Report, 教育システム情報学会研究会, 40(1), 32-39 (2025).
(2) P. Verga, S. Hofstaetter, S. Althammer *et al.*: “Replacing Judges with Juries: Evaluating LLM Generations with a Panel of Diverse Models”, Association for Computational Linguistics Rolling Review, Submission1601(2024)
(3) C. Spearman: The proof and measurement of association between different sets of similarites between men. British Journal of Psychology, 1, pp.149-171(1904).

[i] https://huggingface.co/elyza/Llama-3-ELYZA-JP-8B
[ii] https://huggingface.co/meta-llama/Llama-3.3-70B-Instruct
[iii] https://huggingface.co/cyberagent/DeepSeek-R1-Distill-Qwen-14B-Japanese
[iv] https://huggingface.co/google/gemma-3-27b-it

授業資料に基づく演習問題の生成手法
A Method for Generating Practice Exercises Based on Instructional Materials

青野 圭汰[*1]，上野 春毅[*2]，小松川 浩[*1]
Keita AONO[*1]，Haruki UENO[*2]，Hiroshi KOMATSUGAWA[*1]
[*1] 公立千歳科学技術大学大学院 理工学研究科
[*1] Graduate School of Science and Technology, Chitose Institute of Science and Technology
[*2] 公立千歳科学技術大学 理工学部
[*2] Faculty of Science and Technology, Chitose Institute of Science and Technology
Email:m2250010@photon.chitose.ac.jp

あらまし：本研究では，生成系 AI（ChatGPT）を用いて，授業後の理解度確認を目的とした演習問題（確認問題）を自動生成する手法を提案する．授業で用いるワークシートおよび e ラーニング教材に基づき，出題形式や内容の整合性を保ちながら問題文を生成し，6 項目のルーブリックにより出力の質を評価した．評価の結果，出力には一定の品質が見られる一方，単元の特定の用語に偏った問題文が多く，出題の多様性が課題であることが示唆された．

キーワード：生成系 AI，RAG，問題生成

1. はじめに

近年，高等教育においては，学生の主体的な学びを促すことを目的とした反転授業や予習中心の授業設計が注目されている．特に，e ラーニング教材や演習問題を活用した事前学習は，授業内での応用的な活動を可能にする基盤として広く採用されている．しかし，学生が予習内容をどの程度正しく理解しているかを教員が把握することは難しく，つまずきの箇所や理解の深さを詳細に捉えるには限界がある．

本研究が対象とする授業では，反転授業のアプローチを採用し，学生はまず，e ラーニング教材を用いた予習とプレテストを行った上で，演習活動やデータ分析課題などに取り組んでいる．具体的には，Python の基礎文法から機械学習・統計手法（重回帰分析，ロジスティック回帰，クラスタリングなど）までを段階的に学び，最終課題でのデータ分析につなげる構成を取っている．このように，データサイエンスの基礎から応用に至る一連のスキルを段階的に修得させる構成となっており，演習を通じて学生が主体的に考えながら実践力を高めることを狙いとしている．

しかし，仮にプレテストを実施したとしても，結果だけでは学習の定着度やつまずきの内容を十分に把握することはできない．そこで本研究では，教材に含まれる演習問題をもとに，授業後の学習内容の定着を図る「確認問題」を自動生成する手法の構築を目的とする．

このような確認問題は，教員にとっては授業設計における負担軽減や指導の個別最適化に貢献し，学生にとっても自らの理解の振り返りと補強を促す有効な手段となりうる．本研究は，反転学習における「予習→プレテスト→授業→確認」の流れの中で，理解度を多面的に把握できる支援の一端を担うものである．

2. 研究の目的

本研究の目的は，プレテストを受験済みの学生に対し，内容理解を補完するための確認問題を，予習ワークシートの内容に基づいて自動生成することである．特に，生成される確認問題は，プレテストと同様の形式を維持することを重視している．これにより，学習の継続性を確保しつつ，学習内容の定着度を高める教材としての活用を目指す．

3. 関連研究

近年，生成系 AI（例：ChatGPT）を教育支援に活用する研究が盛んになってきている．たとえば，既存の教材からプログラミング演習問題を自動生成するシステム(1)が提案されている．しかし，これらの多くは自由形式の問題生成に留まっており，実際の授業設計において必要とされる「授業の設定」や「授業内容」への配慮が十分ではない．

4. 研究の手法

本研究では，本学の e ラーニング教材である Solomon の演習問題をベースに，授業ワークシートを ChatGPT に渡して確認問題を生成した．まず，授業ワークシートを用意し，これを，OpenAI 社が提供する Assistants API の RAG ツールである file search を通じて ChatGPT に与える．次に，生成される問題が，プレテストと同様の出題・解答形式になるようプロンプト内で演習問題の例示を行った．

問題文は，内容的妥当性（ワークシートの内容と一致しているか）および形式的整合性（プレテストと同じ書式）を両立するように設計されており，確認問題として授業内での使用を前提としている．

今回使用した授業回は Python を使った重回帰分析の第一回であり，ワークシートに対応する演習問題は問題に設定された難易度が 7 段階のうち 1 から 3 までの問題群である．今回は，各レベルで 1 問のみを例示として与える場合と，各レベルから 1 問ずつ計 3 問を例示として与える場合の全部で 4 種類のパターンで検証を行った．また，検証の際には出力のブレをみるため各パターンで 5 回ずつ出力している．

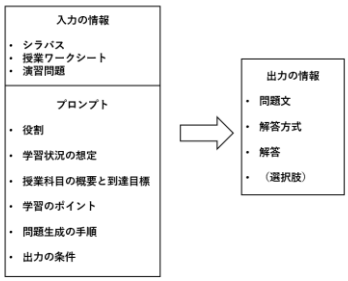


図 1：演習問題生成における入力情報と出力情報の構成

5. 検証結果

結果を以下の表 1 の項目に基づいて評価した．

表 1：評価項目

評価項目	3（良い）	2（やや不十分）	1（不適切）
学習目標との整合性	学習目標と一致し、理解を的確に測れる	一部対応しているがずれがある	関連が薄い／ずれが大きい
問題の明確さ・文法	文法・構成ともに明快で読みやすい	表現があいまい／冗長	文法ミスが多く、意味不明
形式の正確さ	指定形式・選択肢構成が規定通り	形式は正しいが構成に乱れあり	指定と異なる形式／構造不備
内容の妥当性	前提や設定が論理的かつ明確	一部あいまいな点がある	論理の破綻、情報不足
難易度の適切さ	授業内容に対して適度な難易度	やや簡単 or 難しすぎる	極端に易しい or 難解
解答の正確性	解答が内容に忠実で論理的	解答は正しいが説明が不足	誤答、または根拠不明の解答

表 2：各問題における評価結果

問題	学習目標との整合性	問題の明確さ・文法	形式の正確さ	内容の妥当性	難易度の適切さ	解答の正確性
レベル1_1	3	3	3	1	3	1
レベル1_2	3	3	3	2	3	1
レベル1_3	3	2	1	2	3	1
レベル1_4	3	3	3	2	3	1
レベル1_5	3	3	3	2	3	1
レベル2_1	3	3	3	2	3	1
レベル2_2	3	3	3	2	3	1
レベル2_3	3	3	3	2	3	1
レベル2_4	3	3	1	2	3	1
レベル2_5	3	3	3	2	3	1
レベル3_1	3	3	1	2	3	1
レベル3_2	3	3	2	2	3	1
レベル3_3	3	3	2	2	3	1
レベル3_4	3	3	3	2	3	1
レベル3_5	3	3	2	2	3	1
レベル123_	3	3	3	2	3	1
レベル123_	3	3	3	2	3	1
レベル123_	3	3	1	1	3	1
レベル123_	3	3	3	2	3	1
レベル123_	3	3	3	2	3	1

表 3：評価結果の項目別平均

条件	学習目標との整合性	問題の明確さ・文法	形式の正確さ	内容の妥当性	難易度の適切さ	解答の正確性
レベル1	3	2.8	2.6	1.8	3	1
レベル123	3	3	2.6	1.8	3	1
レベル2	3	3	2.6	2	3	1
レベル3	3	3	2	2	3	1

各パターンにおいて生成された問題に対して，6 項目のルーブリックを用いて評価を実施した（表 1）．その結果，「学習目標との整合性」および「難易度の適切さ」はすべてのパターンで平均 3.0 と高い評価を得た（表 3）．一方で「解答の正確性」は全パターンで 1.0 と最低評価に留まり，最も大きな課題として明確に示された．

また，「形式の正確さ」や「内容の妥当性」についてはレベルによってばらつきが見られた．特にレベル 3 では「形式の正確さ」が平均 2.0 と低下しており，複雑な例示が出力の安定性に影響を与えた可能性がある．

さらに，レベル 1〜3 を混在させた「レベル 123」パターンでは，形式の正確さは 2.6 と比較的高水準を維持していたものの，「内容の妥当性」は 1.8 と他パターンと比べてやや低下した．これは例示の多様性が出力の一貫性に一定の影響を与えることを示唆している．

6. 考察

生成されたすべての問題において，設問内容が「決定係数を算出し，モデルの評価を行う」ものに偏っていた．これは，file search によって与えたワークシートの影響が考えられる．今回与えたワークシートでは，健康に関わるデータから重回帰による分析を試みる演習となっており，ワークシートの最後の演習で決定係数と偏回帰係数の算出を行ってモデルの評価を行っている．ワークシート情報を参考にして問題作成するように指示をした結果，ワークシートの情報に生成される問題が強く影響を受けてしまったと考えられる．

このようなバリエーションの乏しさは，学習目標全体のカバー率の低下や，学習者に対する出題の単調化につながるおそれがある．今後は，出題例の提示内容の分散化や，学習目標に沿った多様な出題パターン（例：係数の解釈，交差項の意味，予測精度の比較など）を意識的に含めることが，より効果的な演習問題の自動生成につながると考えられる．

7. おわりに

本研究では，生成系 AI を活用して授業ワークシートに基づく確認問題の自動生成を試み，問題の形式的・内容的整合性を保ちながら出題可能であることを示した．評価の結果，全体としては高い整合性と適切な難易度が維持されていた一方，出題内容が決定係数に偏るなど，内容の多様性に課題が見られた．また，解答の生成に関しては，今回正しく生成できたものが 1 つもなく，解答の正確性についても課題が残された．

この要因として，生成系 AI は自然言語による問題文の生成には一定の強みを持つ一方で，数式処理や精密な数値推論を必要とする設問に対しては誤答や論理の飛躍が生じやすく，現時点では制御が難しいという特性が挙げられる．解答部分においては，一貫性や正確性を十分に担保することが困難であるという限界が明らかとなった．

今後は，出題例のバリエーション拡張やプロンプト設計のさらなる調整を通じて，より多様な学習項目に対応する問題生成を目指すとともに，出力された問題の質を評価するためのルーブリックの精緻化や，第三者による評価の導入も検討していきたい．また，解答の生成については，問題文の生成と工程を分離し，別フェーズでの検証・補完を行うことで，より正確で信頼性の高い教材構築につなげたいと考えている．

参考文献

(1) 前田 悠翔，田中 英武，井垣 宏，福安 直樹：多様な問題パターンおよび難易度を考慮した言語系生成 AI によるプログラミング演習問題自動生成手法の検討，第 10 回実践的 IT 教育シンポジウム（rePiT2024）論文集，pp. 88-99（2024）

LLM エージェントシミュレーションの反復的改善を伴う授業案の自動生成

Automatic Generation of Lesson Plans with Iterative Improvement of LLM Agent Simulation

後藤 孔[*1]
Toru GOTO[*1]
[*1] 早稲田大学グローバル・エデュケーション・センター
[*1] Global Education Center, Waseda University
Email: goto.toru@aoni.waseda.jp

あらまし：本研究では，AI 自身による授業の自動作成と実行という将来目標に向けて，LLM エージェントシミュレーションを活用した授業案の反復的改善システムを開発した．従来の LLM 教育応用が主に人間支援を目的としていたのに対し，本システムは AI による教育コンテンツの自律的生成と質の向上を目指している．システムは教師役 LLM，多様な学習特性を持つ 6 体の学生役 LLM 群，教育アナリスト役 LLM の 3 種類のエージェントで構成される．初期授業案生成，学生による質疑シミュレーション，専門的評価とフィードバック，最終改善という多段階プロセスを通じて授業案を反復的に改善する仕組みとなっている．「Python プログラミングの基本」を対象とした実験では，学生エージェントが多様な学習レベルに応じた質問を生成し，教育アナリストが AI 自動実行の実現可能性と教育格差防止の観点から評価を行った．その結果，誤解予防ガイド，ペルソナ別アプローチ，適応的評価システム等を含む包括的な授業案が生成され，本システムが質の高い AI 自動実行型授業案を効果的に生成できることが示された．
キーワード：大規模言語モデル，LLM エージェント，教育シミュレーション，授業支援，教育 AI

1. はじめに

大規模言語モデル（LLM）の急速な発展は，教育分野において新たな変革をもたらし，特に複数の LLM を協調させる LLM エージェントシミュレーションは，複雑な状況の模倣と洞察に有望である(1)．これまでの LLM 応用が主に人間支援に主眼を置いていたのに対し，本研究は AI 自身による授業の自動作成と，将来的にはその自動実行を最終目標として掲げる．

その達成に向けた重要な第一歩として，本稿では，AI が質の高い授業案を自律的に生成し，それを反復的に改善するシステムを開発した．このシステムは，LLM エージェントシミュレーションを活用し，教師役 LLM による初期案生成，多様な学生役 LLM 群による質疑シミュレーション，教育アナリスト役 LLM による評価・フィードバック，そして最終改善という多段階プロセスを経る．この反復的な設計・評価サイクルを通じて，AI が生成する授業案の質を高め，多様な学習者のニーズに対応することを目指す．さらに，AI が特定の知識レベルの学習者に偏った教育内容を提供するリスクを低減し，教育格差の拡大を防ぐという倫理的課題にも配慮する．

2. 関連研究と本研究の位置づけ

LLM エージェントは，計画・記憶・ツール利用能力により自律的タスク実行が可能(2)で，教育分野でも革新的可能性が期待される．Chu らによる教育分野の LLM エージェントに関するレビューでは，「教育エージェント」が AI 主導のシステムとして教育と学習の双方を強化すると述べられている．これらのエージェントは，「教育支援エージェント」と「学生支援エージェント」の 2 つに大別される(3)．前者は教育者の主要タスク自動化を，後者は学生への個別化された学習ガイダンス提供を目的とする．

本研究が特に関連するのは「教育支援エージェント」であり，Chu らによればこれらは授業シミュレーション，フィードバックコメント生成，学習リソース推薦といった機能を通じて教育者をサポートする．先行研究では，複数の LLM エージェントを用いたシミュレーションにより，「人間が行う授業」の改善を支援するシステムが基本的に提案されている．

本研究はこれらの動向を踏まえ，目的を「人間の教育者支援」から「AI 自身による教育コンテンツの自律的生成と実行準備」へと転換する．多様な学生ペルソナによるフィードバックと教育アナリスト LLM エージェントによる専門的評価という二重のフィードバックループを通じて AI 自動実行用授業案を反復的に改善する点で，既存研究に新たな視座を提供し，AI 生成コンテンツの質と公平性の向上に貢献する．

3. LLM エージェントによる授業案自動生成

本研究で開発した AI 自動実行型授業案の反復的改善システムは，LangChain フレームワークを基盤とし，Python 3.12 上で動作する．LLM には，Ollama を介して DeepSeek R1 の 6710 億パラメータモデルを使用した．

3.1 システム構成

本システムは主に 3 種類の LLM エージェントで構成される．各エージェントは特化したプロンプトと役割を与えられ，連携して多段階で授業案を自動

生成・改善する．

第一に教師エージェントは，AI 自動実行を前提とした授業案を作成する．指定されたトピック，対象学年，授業形式に基づき，教育目標設定から具体的な活動内容，評価方法まで一貫した授業設計を行い，学生やアナリストからのフィードバックを解釈し授業案に反映させる．その思考プロセスも出力し，設計の意図や論拠を明らかにする．

第二に学生エージェント群は，多様な学習者の視点をシミュレーションする．「理論探求型上級者」や「慎重派初級者」など，知識レベルや学習スタイルが異なる 6 体のペルソナを設定した．各学生エージェントは提示された授業案に対し，自身のペルソナに基づいて具体的な質問と思考過程を生成する．

第三に教育アナリストエージェントは，教師作成の授業案と学生の質問を専門的観点から分析・評価する．教育学的妥当性，AI 自動実行の実現可能性，多様な学習者への配慮等を評価し，具体的な改善提案を含むフィードバックレポートを作成する．これは授業案の質を客観的に高め，教育格差助長を防ぐ目的に貢献する．

3.2 反復的改善プロセス

授業案自動生成と反復的改善プロセスは以下のステップで進行する．まず利用者が基本パラメータを設定後，教師エージェントが初期授業案と思考プロセスを出力する．次に，この初期案に対し 6 体の学生エージェントがペルソナに応じた質問と思考プロセスを生成し，多様な学習者の潜在的疑問点を収集する．その後，教師エージェントが初期案と全学生質問を総合的に検討し，AI 自動実行に適した第一次改訂版授業案を作成する．続いて，教育アナリストエージェントが初期案，全質問，第一次改訂案を分析し，改善提案を含むフィードバックレポートを作成する．最後に，教師エージェントが全情報とアナリストからのフィードバックを総合的に考慮し，AI 自動実行に最適化された最終授業案を生成する．

4. 実験結果と考察

本システムを用い，「Python プログラミングの基本」をトピックに，大学生向け質疑応答型講義形式で AI 自動実行用授業案の生成実験を行った．実験の各ステップで LLM は詳細な思考プロセスを出力した．初期授業案は，AI による自動実行を意識し学習目標，授業の流れ，具体的説明ポイント，活動案等を体系的に記述した．6 体の学生エージェントがそれぞれのペルソナを反映した多様な質問を生成し，第一次改訂案はこれらの質問を網羅的に取り込み，認知科学的視点やゲーム開発事例等を追加し内容を深化させた．

教育アナリストのフィードバックは，質問傾向，AI 授業進行上の課題，つまずきポイントと AI 対応策，第一次改訂案への具体的改善提案を詳細に記述した．その際，AI が授業を効果的に自動実行するための実現可能性と，教育格差を防止するための配慮が特に重視された．最終授業案はアナリストのフィードバックを全面的に反映し，典型的な誤解を事前に提示する「誤解予防ガイド」，学習者の特性に合わせた指導法を切り替える「ペルソナ別アプローチ」，操作を通じて概念理解を促す「インタラクティブシミュレータ」，段階的にスキルを習得させる「ステップバイステップ習得プログラム」，理解度に応じた課題を提供する「3 層式評価クイズと適応的発展」，個別の学習進捗報告と推奨を行う「個別最適化レポート案」，多様な学習環境への配慮を示す「公平性確保メカニズム」といった，具体的で多角的な教育戦略へと授業内容を昇華させた．

この結果は，本システムが質の高い AI 自動実行用授業案を生成する上で有効であることを示唆する．特に教育アナリストの評価とフィードバックは，授業案の質を客観的に高め，多様な学習者への配慮や教育格差抑制の組み込みに効果的であった．LLM の思考プロセス出力は，授業案生成の論拠を透明化し，人間による検証や改善の手がかりとなる．

5. おわりに

本研究では，AI による授業の自動作成・実行という目標に向けた第一歩として，LLM エージェントを用いたシミュレーションを通じて AI 自動実行型授業案を反復的に改善するシステムを開発･提案した．実験結果は，本システムが多様な学習者の視点や専門的な教育的評価を効果的に取り込み，AI による自動実行に適した，より質の高い授業案を生成できる可能性を示した．

特に，多段階のフィードバックループ，すなわち学生役エージェントによる多様な疑問点の提示と，教育アナリストエージェントによる専門的かつ多角的な評価・改善提案が，最終的な授業案の質向上，具体性向上，そして教育格差抑制への配慮という点で重要な役割を果たすことが示唆された．

今後の展望としては，本システムで生成された授業案に基づき，AI による授業自動実行を可能にするための具体的な授業進行スクリプトの自動生成，さらにはそのスクリプトと連動した自然な音声合成技術の導入に取り組み，より実用的な教育 AI システムの実現を目指す．

参考文献

(1) Park, J. S., O'Brien, J. C., Cai, C. J., Morris, M. R., Liang, P., & Bernstein, M. S. (2023). Generative agents: Interactive simulacra of human behavior. In *Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology* (pp. 1-22).
(2) Luo, J., et al. (2025). Large Language Model Agent: A Survey on Methodology, Applications and Challenges. arXiv:2503.21460.
(3) Chu, Z., Wang, S., Xie, J., Zhu, T., Yan, Y., Ye, J., Zhong, A., Hu, X., Liang, J., Yu, P. S., & Wen, Q. (2025). LLM Agents for Education: Advances and Applications. arXiv:2503.11733.

講義資料と QA ログを活用したプログラミング学習支援のための RAG ベースチャットシステムの試作と評価

Prototype and Evaluation of a RAG-Based Chat System for Programming Learning Support Using Lecture Materials and QA Logs

越智 洋司[*1]，濱田結衣[*2]
Youji Ochi, Yui Hamada
[*1] 近畿大学情報学部／近畿大学情報学研究所
Faculty of Informatics/ Cyber Informatics Research Institute , Kindai University
[*2] 近畿大学理工学部
Faculty of Science and Engineering, Kindai University
ochi@info.kindai.ac.jp

あらまし：本研究では、Retrieval-Augmented Generation（RAG）を活用し、プログラミング学習における初学者向けにヒントを提供する講義連動型チャットシステムを試作した。本システムでは、学生と TA の過去のやりとりによるチャットログ、および PDF 形式の課題資料と異なる性質を持つ 2 種類の情報源を活用した。生成された応答と過去ログの比較実験の結果、本システムによる応答も多くの場合において正確であったが、人間による応答の方が概して好まれる傾向はあるなど課題が確認された。
キーワード：チャットシステム、RAG、プログラミング学習、チャットログ

1. はじめに

近年、生成 AI（例：ChatGPT や GitHub Copilot）を活用した学習支援の導入が進み、教育分野でも大きな変革が起きつつある。特にプログラミング初学者にとって、自然言語で質問し、即座にコード例を得られることは、学習の敷居を下げる有効な手段である。一方で、こうした利便性の裏には、深い理解を伴わない「AI 依存的な学習」が常態化する懸念も存在する。初学者が課題に直面した際、本来必要とされる問題の構造化や試行錯誤の過程を経ず、即座に AI に回答を求めるような利用は、自己解決力や論理的思考力の習得を阻害する恐れがある。また、生成 AI が必ずしも正確な情報を返すとは限らず、誤情報に基づく学習の危険性もある。しかし、教員やティーチング・アシスタント（TA）がすべての質問に対応するには限界があり、学習支援の質を担保しつつ、人的負担を軽減する新たな仕組みの必要性が高まっている。本研究では生成 AI を単なる「答えを提供するツール」としてではなく、過去の学習記録や教材を活用した情報提示を通じて、学習者の自己解決を促す支援システムの構築を目指す。

2. 関連研究と本研究の位置付け

本研究は、Retrieval-Augmented Generation（RAG）を活用し、過去の質問応答ログや課題資料といった学習コンテキストを検索・抽出し、それをもとに動的に回答を生成するチャットシステムを設計した。

Swacha ら[(1)] は、教育分野における RAG ベースのチャットボットに関する 47 件の研究を包括的に調査し、応用領域、対象学習者、基盤となる大規模言語モデル（LLM）、評価手法の観点から分類した。その結果、RAG アーキテクチャが多様な教育ニーズに柔軟に適応できることが明らかとなった。

しかしながら、既存の多くの実装は教科書や講義ノートといった単一ソースのデータに依存しており、チャットログや PDF 課題資料といった各種メディアの統合については限定的である。Khan ら[(2)] は、PDF 文書を主要なデータソースとして用いた RAG システムの開発に関する経験報告を行い、構造化文書の処理における課題とその解決策を強調しているが、学習者と指導者間のやりとりの機微を捉える上で重要な会話データの統合には触れていない。

本研究の提案するシステムでは、Slack 上に蓄積された過去の学生の質問と教員・TA とのやり取りを活用し、質問とそれに対応する適切なヒントの生成に参考となるように活用する。また、課題資料には講義名や講義回などのメタデータを付与することで検索精度を高める方針とした。

3. 研究手法

本稿では、Slack 上の複数情報源データを統合し、共通のベクトルデータベースを用いた統一検索システムを提案する。本節では、システム全体のアーキテクチャと実装について述べる。

3.1 データ構造と前処理

本システムでは、以下の主な 3 種類のデータソースを使用する。

(1) 学生と教員（TA）との Slack でのやりとりを匿名化した質問応答チャットログ。各ログには「学生」または「TA」の役割が注記されている。

(2) PDF 形式の課題資料。講義中に学生に提示している資料である。

(3) 講義で使用されたサンプルコード。プログラミング言語は Java である。

これらの資料は、講義名や講義番号に基づいて分類され、検索効率を高めるため、講義タイトルやタイムスタンプといったメタデータが付与した。

3.2 埋め込みとベクトルストア

テキストの埋め込みには Amazon Titan-Embed（AWS Bedrock 経由）を使用し、Chroma を用いてベクトルストアを構築した。チャットログと課題資料はそれぞれ別々のベクトルストアとして管理する。ユーザからのクエリを受け取ると、システムは意味的類似度に基づいて、各ストアから最も関連性の高い上位 k 件（通常は k=5）の文書を取得する。

3.3 応答生成プロンプト

LangChain を用いて、取得した文書から応答プロンプトを構築し、自然言語による応答を動的に生成する。これにより、単純な文書検索ではなく、文脈に応じた一貫性のある回答が可能となる。生成される応答は、実際の過去のチャットコミュニケーションの語調や文体に合わせて調整されており、ユーザにとっての親しみやすさや心理的なハードルを下げることを目指した。図 1 に応答生成のプロンプト例を示す。

```
以下は公式な PDF 資料と過去のチャットログから得られた情報です。PDF 資料をもとに質問に答えてください。ただし、回答の形式や語調は過去のチャットログを参考にしてください。
回答は自然な文章で簡潔に説明してください。
【PDF 資料の情報】:
{pdf_context}
【過去のチャットログの情報】:
{chat_context}
【質問】:
{question}
【回答】:
""",
input_variables=["pdf_context", "chat_context", "question"]
```

図 1 応答生成プロンプト例

4. 評価実験

4.1 実験方法

本実験の目的は、提案するシステムが実際の学生からの質問に対して、有用かつ適切なヒントを提供できるかを検証することである。特に、システムによる回答の関連性、明確さ、教育的有用性について、人手による回答（教員や TA によるもの）と比較しながら評価を行うことを目指した。実験では、過去の Slack ログから代表的な 10 問の質問を選定し、それぞれに対して以下の 2 種類の回答を用意した。回答 X は TA によって実際に記述されたオリジナルの回答であり、回答 Y は本システムによって生成された回答である。これらについて、情報系を専攻する 11 名の参加者に対して実験を実施し、各設問ごとに「どちらの回答（X または Y）がより適切か」を選択してもらった。

4.2 結果

全体として、回答 X（人手による回答）に対しては肯定的な評価が多く寄せられた。「より適切」と評価した参加者は約 44%、さらに「どちらかというと X」と答えた参加者を含めると、全体の約 70%が人手による回答を支持する結果となった。一方で、回答 Y（システムによる回答）については、「より適切」が 15%、「どちらかというと Y」が 16%であり、肯定的な評価の合計は約 30%にとどまった。

回答 X（人手）は、文脈に即した具体的な説明が多く、「適切」と評価された割合が 69%に達した。一方で、一部の回答には抽象的すぎる、あるいは情報が不足していると判断されたケースも見られた。

回答 Y（システム）は、誤答率は人手の回答と同程度で平均 9%にとどまったものの、「説明が過剰である（教えすぎ）」とされた割合が 55%にのぼった。

4.3 考察

この結果は、現時点においては人手による回答の方が学習支援として効果的であると認識されていることを示唆している。ただし、すべての設問において人手の回答が優れているわけではなく、特定の質問においてはシステムによる回答が高い評価を得る場面も見られた。

また、特定の設問では、人手による回答が抽象的すぎると評価された一方で、システムの回答が明確かつ有用であると判断された事例も確認された。

5. 今後の課題

現在のプロンプト設計では、生成される回答が冗長になる傾向があり、学習者の「自分で考える余地」が損なわれる懸念がある。今後は、学習者にとって適切な粒度のヒントを提供するため、プロンプト設計と応答生成の制御方法の最適化が重要な課題となる。また、本システムは現在、問い合わせ内容のみをトリガーとしているが、学習文脈を補完する枠組みの追加が求められる。これにより、より個別化された学習支援が可能となり、システムの教育的価値をさらに高めることが期待される。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 25K15376 の助成を受けた.

参考文献

(1) Swacha, J., & Gracel, M. (2025). Retrieval-Augmented Generation(RAG) Chatbots for Education: A Survey of Applications. AppliedSciences, 15(8), 4234
(2) Khan, A., Saeed, A., Ahmad, W., & Asgher, U. (2024). PDF RAG: Anexperience report of building retrieval-augmented generation systems using PDFs. arXiv. https://arxiv.org/abs/2410.15944

植物栽培を対象とする観察日記支援システム：AI によるフィードバック支援

Observation diary support system for plant cultivation: Feedback support by AI

向坂 幸雄[*1,*2], 藤田 遼太郎[*2], 中桐 斉之[*2]
Yukio SAKISAKA[*1,*2], Ryotaro FUJITA[*2], Nariyuki NAKAGIRI[*2]
[*1] 中村学園大学短期大学部幼児保育学科
[*1] Early Childhood Care and Education, Nakamura Gakuen University Junior College
[*2] 兵庫県立大学環境人間学部
[*2] School of Human Science and Environment, University of Hyogo
Email: sakisaka@nakamura-u.ac.jp

あらまし：携帯端末の普及に伴い，学校教育の ICT 化が急速に進行している．理科，生物分野の授業等において，植物栽培の成長記録をつける際に，デジタル撮影機器を搭載した携帯端末を利用し，従来の絵日記に代わり電子媒体で観察記録をつけることは，記録の効率化を可能にするのみならず，事後の詳細な比較も可能にする有効な手段である．我々はこれまでに web 媒体による成長記録支援システムを構築する取り組みを行ってきた．各受講者の取組情報のオンライン参照を可能にし，記載内容に教員がコメントを入れることも可能にしてきた．一方で，高等教育など膨大な受講者の日々の観察内容に対して教員が個別にコメントすることは受講者のモチベーション向上にはつながるものの，教員の負担が大きく現実的ではない．本研究では AI の活用により受講者の書き込み内容を受けたコメントを自動生成し教員側に予稿として提示し，教員が内容に責任を持った上でフィードバックコメントとして受講者に提示できる，フィードバックコメント作成支援システムを開発する．
キーワード：携帯端末，観察記録，栽培，観察日記，AI

1. はじめに

近年の教育分野での ICT 導入の進展は目を見張るものがあり，初等教育から高等教育まで様々な分野で各種携帯端末の活用が行われ，児童生徒学生も日常生活と関連させて使いこなしている．特に高等教育分野においては，ICT の利活用は教育活動の効率化だけでなく，利活用のスキルを身に付けること自体が社会に出てから ICT 技術を様々な分野において活用するための基盤的教育活動としても捉えられ，教職課程なども含め積極的な取り組みが求められている．レポートでの一般的な文章作成のみならず，各種記録でのデジタル機器の活用が初等教育から見られ，タイパ世代の学生たちにとって，これらを活用した教育環境への期待が以前にも増して高まっている．一方で，課題の提出方法は印刷後の紙媒体での提出や Word ファイルに記入後メールで提出，もしくは LMS 機能で提出するといった中途半端なデジタル化に終わっているものも多く，スマートフォンなどの携帯端末を活用した統合的学習アプリケーションの提供は，学生・教員の負担軽減，学習・指導への労力の集中の上でも望まれている．

筆者らはこれまでに，１人１鉢の植物を種子から栽培させる生長過程の観察日記作成を行う高等教育での授業を対象に，従来型の紙媒体での観察絵日記から Word を用いたスマートフォン等のデジタル撮影機器による写真データを用いたデジタル日記の執筆に切り替えた授業運営を行ってきた．

加えて携帯型端末を入力装置として活用する本研究の第一段階として web 上でスマートフォンによる写真撮影と日々の観察記録執筆をアプリケーション化した入力インターフェースを開発し，学生の記録執筆状況をリアルタイムに参照できる web システムを完成させた(1)．

このシステムを改良しサーバ上に書き込まれた内容が記録され，その内容を教員が参照するインターフェースを用意し，参照できた学生の日々の記録コメントに対して，教員が適宜フィードバックコメントを記載することも可能にした．学生にとっては日々の記録内容を共有してもらえているという安心感につながるとともに，提出段階まで自身だけが参照できる記録として孤独な活動を続けているのに比べ，記録活動の継続持続というモチベーションを必要とする学習活動の上でも大きな意味を持つと考えられる．これまで，本システムでは学生の記録継続の上で学びの本質である観察に注力させ，ファイルの編集といった「作業」を軽減させることを主眼に学習支援のシステムを構築し，一定の効果を得てきたが，全受講者にとってのさらなるモチベーション維持に繋がる即時（実際には人力の為，順次）のフィードバックコメントの作成を目指すと，受講者数が増大するほどマンパワーを要し，現実的には不可能な目標となっていた(2)．

そこで，本研究では，受講者側が入力・記録を即時に行えるシステムを開発し，そのシステムに記録された内容に応じた適切なフィードバックコメントを生成系 AI を用いて作成し，コメント内容の考案を支援するシステムを作成することとした．このシステムは，教員のコメント予稿として入力画面に AI

が作成した文案を表示することで，完全な自動化ではなくあくまでコメント作成の支援を行うとのスタンスであり，AI による教育の場での不適切な内容がそのまま受講者に提供されることを防ぐ．

2.　観察日記支援システム

本研究では学生を対象とし，植物を栽培し観察を行い，写真付きの観察記録を行うという課題のための新たな観察日記支援システムを構築する．そのための実証実験用のシステムとして，Microsoft Power Apps を用いて，アプリケーションとして実装した．Microsoft Power Apps は大学等の教育機関であれば無料で取得可能なアカウントでも使用可能であるためこれを使用することとした．

システムは，学生用アプリケーションと教員用アプリケーションで構成され，学生用アプリケーションは，ホーム画面，観察記録画面，閲覧画面，教員用アプリは，検索画面，成績管理画面で構成される．ホーム画面では，日記をタップすると閲覧画面へと遷移し，観察日記を閲覧することができる．閲覧画面（図 1）では，観察日記のコメントと写真，教員からのフィードバックを読むことができる．ホーム画面で日記を書くボタンをタップすると観察記録画面に遷移し，観察記録画面（図 2）では，気温，天候，コメント欄と，写真を登録するカメラボタンが表示される．ここで，カメラボタンをタップすると携帯端末のカメラアプリが起動し，写真を撮影することができる．写真撮影が終わると写真の下にコメントを書く事ができ，観察したその場でコメント付きの写真をアップロードすることが可能となっている．なお，天候はプルダウンメニューから選択して入力することができる．日記を記載し終わった後，保存ボタンをタップすると，観察日記が登録される．日記は，記録でもあるため，1 日に 1 件のみ登録できるものとし，後日編集することはできない．

図 1　閲覧画面

図 2　観察記録画面

検索画面では，学生の記録を検索するための画面となっており，名前や日記の登録日時などで検索が可能となっている．ここでは，学生の作成数，総文字数，作成率，文字数が一覧で表示され，タップすると，対象となる日記が表示される．このようにして，学生全員の日記の閲覧を可能にするが，その際学生に対するフィードバックコメントの記入欄を用意している．同欄には AI のサジェストボタンがあり，ここを押すと学生の記録をもとに生成 AI を用いたコメント案が表示され，教員はその案を元にフィードバックコメントを作成することができる．

成績管理画面では，ユーザーネーム，作成数，作成率，総文字数等の一覧を表示可能とし，作成数は一定数以下であると色付きで表示されるほか，総文字数が一定以下でも，任意の着色表示を可能である．これらの機能の実装によって，提出状況に遅れがないか，一定の努力量での取り組みが見られるか，といった学生の取組状況を量的に判定しアラート情報を付加して把握することを可能にする．

3.　予備実験

被験者として，iOS 端末を所持している大学生 20 名を対象に，予備的なシステムを構築し，Word での使用と比較してもらう実験を実施．対象者には，植物の栽培セットを配布し，毎日写真を撮って日記に観察記録を記載するよう伝え，約 1 週間観察をしてもらった．期間終了後には，使用感やアプリの満足度,アプリケーションの改善点等を自由記述のアンケートで調査をした．詳細は講演で報告する．

4.　まとめ

本研究は，携帯端末を用いて学生向けの植物観察支援システムを提案し，携帯端末用のアプリケーションとして実装を行った．システムは，学生用アプリは，ホーム画面，観察記録画面，閲覧画面，教員用アプリは，検索画面，成績管理画面で構成され，学生側の観察記録に対する利便化を促進するとともに教員側の管理画面からの学生の提出状況の閲覧に加えフィードバックコメントの執筆支援により管理性を向上できる事が分かった．

参考文献

(1)　藤田遼太郎，向坂幸雄，中桐斉之:“携帯端末を用いた初等教育向け観察日記支援システム”，第 48 回教育システム情報学会全国大会講演論文集，pp.77-78（2024）

(2)　中桐斉之，藤田遼太郎，向坂幸雄:“携帯端末を用いた植物栽培を対象とする観察日記支援システムの開発”，第 49 回教育システム情報学会全国大会講演論文集，pp.173-174　（2024）

初学者の問題解決能力育成を目指した 卓上型自作三相誘導モータ実験教材の開発

Development of a Desktop-Type Teaching Kit for Building a Three-Phase Induction Motor to Foster Problem-Solving Skills in Beginners

稲守　栄[*1], 千田 和範[*1]
Sakae INAMORI[*1], Kazunori CHIDA[*1]
[*1] 釧路工業高等専門学校
[*1] National Institute of Technology, Kushiro College

Email: sakae@kushiro-ct.ac.jp

あらまし：これまで協働作業を通してコミュニケーション能力を向上させる実験教材の開発を行ってきた．しかし，試行錯誤型実験が苦手な学習者は，問題が生じた場合に経験不足から対応ができない場合があった．そこで本研究では，座学で学習してきた知識を用いて問題解決能力の向上を目指した卓上型自作実験教材の開発を行う．
キーワード：ジェネリックスキル，試行錯誤型実験，課題解決能力，学生実験

1.　はじめに

最近の教育現場では，ジェネリックスキルが教育上重要視されている(1)(2)．独立行政法人国立高等専門学校機構でも，モデルコアカリキュラムが組まれており，「汎用的技能」や「総合的な学習経験と創造的な思考力」といった技術者が備えるべき分野横断的能力を獲得することが求められている(3)．そこで，筆者らはこれまで協働作業を通してコミュニケーション能力を向上させるプロジェクト型メカトロニクス学習教材の開発・運用を行ってきた(4)．しかし，学習者が試行錯誤型実験に取り組んでいる様子を観察すると，経験不足から問題が生じた場合の対応ができないことがあった．そこで，本研究では学習者がこれまでの知識を活かしつつ問題解決能力を向上させるための実験装置の開発を行う．

2.　ジェネリックスキルと高専生

ジェネリックスキルは，汎用的技能と表現されることもあり，知的活動だけでなく職業生活や社会活動においても必要な技能として定義されている．主なスキルを次に示す．

- コミュニケーションスキル
- 数量的スキル
- 情報リテラシー
- 論理的思考力
- 問題解決力

これらのスキルを共通項目として，さらに文部科学省と経済産業省では，それぞれの視点で次のように提言されている．

- 文部科学省：大学生が卒業するまでに身につけるべき汎用的な能力
- 経済産業省：職場や地域社会で多様な人々と仕事をしていくために必要な基礎的な力

高専は 5 年制の高等教育機関で技術者育成をしており，学生の大半は，卒業後技術者として活躍する．したがって高専生にとってジェネリックスキルは，在学中に獲得することは重要となる．

3.　学生実験の問題点

本校電気工学分野の学生実験には，試行錯誤型実験が行われている．この試行錯誤型実験において，学生は次の手順で実験に取り組む．

1. 課題・条件の提示
2. 実験装置の製作
3. 測定
4. 考察・検討

学習者は，課題・条件の提示後に試行錯誤しながら装置の製作に取り組む．しかし，実験に取り組む学習者の様子を観察していると，いくつかの問題点があることがわかった．

- ◆ 問題点 1：作業の進め方が不明確
  課題・条件が提示されたのちに，どのような段取りで作業をするべきか見通しを自分で立てられない．そのため，次の作業に移ることが難しい．
- ◆ 問題点 2：装置の製作が計画通りに進められない
  設計通りに部品を組み立てたつもりでも，構造上の不具合や寸法のずれは生じる．その時，試行錯誤の経験不足から臨機応変に対応することが難しく計画を修正しながら作業を進められない．

これらの問題点は，学習者の問題解決能力が低いことから，基礎知識不足・メタ認知が低い・問題解決へのフレームワークを知らないことが原因と考えられる．そのため，学習者の実験に対するモチベーションは下がり，実験から様々なスキル取得をする

ことができない．そこで，これらの問題点を改善するため初学者の問題解決能力育成を目指した卓上型自作三相誘導モータ実験教材を実現する．

4.　初学者の問題解決能力育成を目指した卓上型自作三相誘導モータ実験教材

4.1 実験教材の構想

試行錯誤型実験が実験を苦手とする学習者は，与えられた課題を達成させるための道筋を立てることが難しい．それは，学習者がこれまで学習してきた知識とこれから必要な知識を関連付けることができていないことが多い．また，課題達成に必要な知識や技術がどのように足りていないのか，客観的に捉えられていない．これらを改善するためには，課題達成に向けた道筋を立てて，客観的に不足している知識や技術を捉えることを身につけさせるための教材にする必要がある．本教材は，図 1 に示すように実際にある実機のミニモデル製作から，座学での学びを再確認し，課題達成に必要な道筋を立てて，足りない知識や技術を特定し認識させる．さらに，課題達成に向けてのアイデア出しを取り組ませる．このように，課題達成に向けて「道筋を立てる」「必要な知識・技術を知る」「アイデアを出す」の反復をさせることで，問題可決能力の向上をめざす．

4.2 実験教材の構成

本実験教材の構成を図 2 に示す．本装置は，三相交流を制御するためのマイコンと誘動機モータモジュール(固定子パーツ＆回転子パーツ)で構成する．マイコンには,Arduino nano を使用する．誘動機モータモジュールは，固定子パーツにはタミヤモータの FA-130 を分解し，固定子部分を流用する．回転子パーツは学習者が自作するパーツである．学習者が自作する部分は，回転磁界を制御させるためのマイコンのプログラムと誘動機モータモジュールの回転子パーツとなる．

5.　学生実験導入方法

本実験教材は，表 1 に示すように年次進行型実験として本校電気工学分野の第 3 学年および第 4 学年に導入する．本教材の自作部分は，自作に関係する知識を座学で学習する学年に合わせることで，課題と関連付けさせる．さらに，各自作部分の課題を達成させるために，「道筋を立てる」「必要な知識や技術を知る」「アイデアを出す」の反復作業を継続的に取り組ませることで問題解決能力育成を目指す．

6.　おわりに

本研究では，初学者の問題解決能力育成を目指した卓上型自作三相誘導モータ実験教材の開発を行った．試行錯誤型実験に取り組む学習者の作業工程において問題点を挙げた．そこで，その問題点を改善するための本実験教材について説明をした．また，本実験教材は年次進行型実験で運用する．それによ

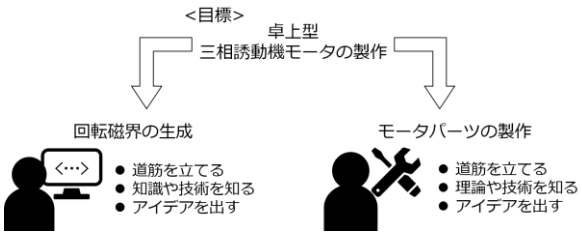


図 1　本実験教材を用いた実験の構想

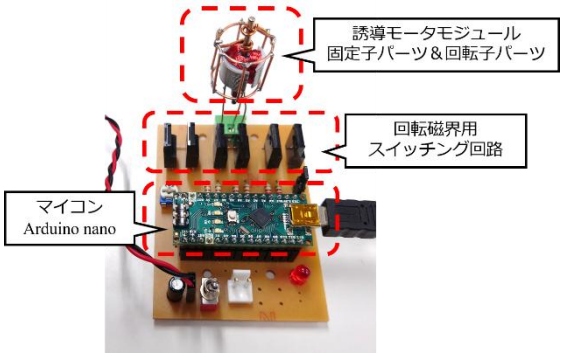


図 2　本実験教材の構想

表 1　実験装置導入予定の学年と自作する部分

	第 3 学年	第 4 学年
導入する授業	ロボット システム入門	電気工学実験Ⅳ
学習時間	45 分×2 コマ 4 回	45 分×3 コマ 3 回
製作する部分	マイコンの プログラム	誘動機の 回転子パーツ

り，問題解決能力を身につけさせる工程を反復させることで，能力向上を目指す．今後は，実際に学生実験に導入し,本実験教材の改良を行う予定である．

謝辞

本研究の一部は，JSPS 科研費（25K06484）の支援を受けたものである．

参考文献

(1) 久保田祐歌：“大学におけるジェネリック・スキル教育の意義と課題”，愛知教育大学教育創造開発機構紀要，Vol.3，pp.66-70(2013)
(2) 和田朋子，二上武生：“大学教育に求められる「ジェネリックスキル」の教育ー経団連が示す「『次期教育振興基本計画』策定に向けた提言」を、大学教育の文脈において読み解く”，工学院大学研究論叢，60 巻-2 号，pp9-20(2023)
(3) 独立行政法人　国立高等専門学校機構　モデルカリキュラム，https://www.kosen-k.go.jp/nationwide/main_super_kosen，(2025/5/27 確認)
(4) 稲守，千田，荒井，“プロジェクト型メカトロニクス学習教材の開発”，平成 22 年度工学・工業教育研究講演会講演文集，pp.362-363(2010)

自動車危険運転の気づきを促すリフレクション支援
―危険運転レビューの効果的な視点に関する検討―

Promoting Awareness of Risks in Driving Reflection
– Considerations of Effective Viewpoints in Reviewing Risky-Driving –

川本裕也[*1]，柏原昭博[*1]，松浦健二[*2]，佐々布直明[*3]
Yuya KAWAMOTO[*1], Akihiro KASHIHARA[*1], Kenji MATSUURA[*2], Naoaki SASOU[*3]
電気通信大学大学院情報理工学研究科[*1]，徳島大学情報センター[*2]，三菱プレシジョン[*3]
Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications, Japan[*1]
Center for Administration of IT, Tokushima University, Japan, Japan[*2]
Mitsubishi Precision, Japan[*3]
e-mail : k2430036@gl.cc.uec.ac.jp

あらまし： 自動車の危険運転を改善するために，シミュレータを用いたリフレクション支援がなされている．しかしながら，学習者自身が自らの運転の潜在的な危険要素を認識することは容易ではない．本稿では，運転の危険要素を 3 つのカテゴリに分類し，カテゴリごとに危険運転に対する気づきを高めるために学習者が自ら行った運転走行をどのような視点からレビューするのが効果的であるかについて検討する．

キーワード：自動車，シミュレータ，レビュー視点，リフレクション，気づき

1. はじめに

シミュレータを用いた自動車運転のリフレクション支援がなされている(1)．運転のリフレクションでは，自らの運転が危険であると認識することが重要であるが，危険な運転を繰り返す運転者にとって危険な運転であることを認識することは容易ではない．従来のリフレクション支援では，学習者が運転した車の再現映像を，運転席以外の特定の視点から眺めさせる，教授者が危険運転の要素を指摘するなどの支援が行われてきた．しかしながら，運転者が自分の運転が危険であると気づけない場合も多く，支援の効果は限定的である．そのため，有効な支援を検討する必要がある．

本研究では，自動車運転シミュレーションにおいて，自ら走行した自動車を眺める複数の視点を取り上げ，学習者の運転における危険要素に対する気づきを促すことを目的としている．本稿では，具体的に運転者視点（図 1 左上），他者視点（図 1 左下），固定俯瞰視点（図 1 右上），後方追従俯瞰視点（図 1 右下）の 4 視点を取り上げ，どの視点が気づきを高めるかについて論じる．

図 1　リプレイ視点

2. 運転の危険要素の分類

運転における危険要素は，道路交通法などによりその発生が抑制されていると考えられる．危険要素は様々存在し，要素ごとに気づきやすさは異なると考えられる．そこで，本研究では交通違反による減点対象 (2)を参考に，運転の危険要素として車の走行中の「速度」，「走行方法」，「歩行者保護」の 3 つのカテゴリに分類し，カテゴリごとに気づきが得られやすい視点について検討を進めている．表 1 に，分類した危険要素カテゴリを示す．

表 1　運転の危険要素の分類

カテゴリ	運転の危険要素
速度	速度超過 急加速 急ブレーキ 最低速度違反
走行方法	右折方法不適 左折方法不適 走行妨害 一時不停止 徐行違反 走行場所不適 指示灯不灯火 ライト不灯火
歩行者保護	歩行者側方安全間隔不保持 歩行者保護不停止

3. 運転の危険要素の感じ方と視点の関係

ここでは，危険要素のカテゴリごとに，最も気づきを促すことができる視点について考察する．

3.1 速度カテゴリ

速度カテゴリに属する運転の危険要素の気づきを促すためには，映像から速度をどのように感じるかを考える必要がある．文献(3)より，速度感は注視点から離れた周辺視野の部分で形成されることが指摘されている．また，文献(4) では速度の感じ方は，図２に示すような電柱やビルなどの視界内の物体から受ける視覚刺激移動量であるオプティカルフローによって異なることが示されている．具体的には，視界内の物体の時間的変化量が大きいほど速度が大きいと感じやすい．速度カテゴリに属する運転の危険要素は，オプティカルフローを感じやすい視点を選ぶと認識しやすくなると考えられる．

オプティカルフローからすると，運転者視点，後方追従俯瞰視点からのレビューでは，電柱やビルが視界内でどれだけ動いたのかによって速度を感じる．オプティカルフローは走行方向を狭くみている時は小さく感じる．それに対して，広く見る，もしくは走行ベクトルに対して横に位置するような物体を視覚刺激物とすると速度を大きく感じることも知られている．また，後方追従俯瞰視点では，運転者視点に比べてオプティカルフローが大きくなりやすいため，より速度を感じやすくなると考えられる．

一方，他者視点では，視界内にある車の移動によるオプティカルフローによって車の速度を感じる．この時，オプティカルフローは他者視点の位置と速度を感じる車の位置関係が近くなれば速く，遠くなれば遅く感じるため，速度感は個人差が大きくなりやすいと考えられる．

固定俯瞰視点では，視覚刺激が車などの動いている物以外は移動しないため，オプティカルフローは発生しない．また，俯瞰視点の高さによって移動する車の大きさが異なってみえるが，視点が低ければ対象車が視界外に出るまでの時間が短くなり，遠ければ対象車の大きさ自体が小さくなるなど，適切な視点位置を定めるのは難しいと考えられる．

以上の考察より，速度カテゴリの運転の危険要素の気づきのためには，後方追従俯瞰視点が最も適していると考えられる．

図２　オプティカルフローの概念

3.2 走行方法カテゴリ

走行方法カテゴリに属する運転の危険要素は，他車に影響を与えることが多い．例えば，右折時にショートカットするような曲がり方をしてしまっている場合，対向車からすると唐突に車が現れる．この時，対向車は危険を感じやすいが，危険運転している車にとっては，実際にこの運転による危険な影響を受けていないため，危険に気づきにくいという性質がある．運転者視点，後方追従俯瞰視点では，影響を与えている運転車を中心に見るため，危険を感じにくい．一方，後方追従俯瞰視点は，俯瞰した状態で学習者の車を見るため，運転者視点より影響を受けている側の車の影響に気づきやすくなると考えられる．

他者視点であれば影響を受けている車の側に視点があるため，走行方法カテゴリの危険による影響を感じやすい．しかし，運転している車と，それに影響を受けている車が遠くにみえるような視点では気づきにくくなってしまう可能性がある．そのため，他者視点を設定する場合は適切な視点を設定することが必要となる．

固定俯瞰視点では，影響を与えている運転車と，影響を受けている他車の両方を見ることができる．しかしながら，固定俯瞰視点は現実で見ることができない位置に視点があるため，他者視点ほど影響を感じやすいわけではないと考えられる．

以上より，走行方法カテゴリの運転の危険要素の気づきには他者視点が最も適していると考えられる．

3.3 歩行者保護カテゴリ

歩行者保護カテゴリに属する運転の危険要素は，歩行者が影響を受ける要素となっている．そのため，走行方法カテゴリと同様に影響を与えていることを学習者が感じやすい視点が適切であると考えられる．

視点ごとの気づきやすさは，走行方法カテゴリと同様であると考えることができ，他者視点が最も適していると考えられる．

4.　まとめ

本稿では，運転の危険要素の分類と，要素ごとに4つの視点からの気づきやすさを考察した．今後は，気づきやすい視点を検証するための評価実験を実施し，気づきを促す運転シミュレータを設計・開発する予定である．

参考文献

(1) 柏原 昭博, 齊藤 玲, 松浦 健二, 戸井 健夫, 栗田 弦太. 交通事故の適応的な擬似体験のための運転シナリオ制御. 2024-7-1. 教育システム情報学会誌. 2024年 41 巻 3 号 p. 210-223

(2) 警視庁. 交通違反の点数一覧表. 警視庁. 2024-4-1. https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/menkyo/torishimari/gyosei/seido/tensu.html (参照 2025-5-22)

(3) D. シャイナー著(野口薫・山下昇訳). 交通心理学入門－道路交通 安全における人間要因. サイエンス社. P.91

(4) 濁澤　雅，上岡　高之，片倉　正彦，大口　敬，鹿田茂則. 視覚環境が運転者の速度感に及ぼす影響要因解析. 土木計画学研究・講演集.2003.Vol 28.

腰部センサの加速度と速度を用いた MCI スクリーニングモデルの構築

Screening of Mild Cognitive Impairment Using Gait Features from Waist Sensor Data

脇谷 大志[*1]，和田 愛未[*1]，永井 孝[*3]，舘 伸幸[*2]，香山 瑞恵[*2]
Taishi WAKITANI[*1], Manami WADA[*1], Takashi NAGAI[*3], Nobuyuki TACHI[*2], Mizue KAYAMA[*2]
[*1] 信州大学大学院総合理工学研究科,
[*2] 信州大学 工学部, [*3] ものつくり大学 技能工芸学部
[*1]Graduate School of Science & Technology, Shinshu University
[*2]Faculty of Engineering, Shinshu University
[*3] Department of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists
Email: 24w6082j@shinshu-u.ac.jp

あらまし: 本研究では歩行データをもとに MCI のスクリーニングを行う分類モデルの構築を目的としている．本稿では，歩行周期をランチョロスアミーゴ方式で分割した各相の速度・加速度データに着目し，各データの統計量を特徴量とする分類モデルを構築した．テストデータを使って評価を実施した結果，正解率 0.7 を得た．

キーワード：歩行，歩行周期，ランチョロスアミーゴ方式，MCI

1. はじめに

健康な状態で長生きするためには，心身ともに健康であり，日々の運動が欠かせない．歩行は日常的な運動で，身体的フレイルを発見する指標の一つとして使用されている．また，健常高齢者と軽度認知障害（MCI）及び軽度のアルツハイマー型認知症を有する高齢者では，バランス能力や歩行機能に定量的な低下が認められており，これらの変化は認知機能低下の早期段階から出現する可能性がある(1)．

本稿では，歩行時の背面腰部の加速度・速度データから算出する統計的特徴量をもとに，MCI 疑いの有無の分類を試みた．

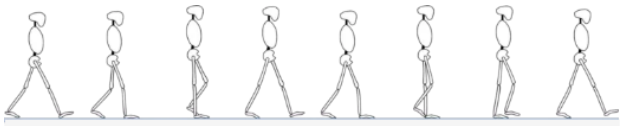
2. 解析対象データ

2.1 入力データ

分類モデルへの入力対象データは，長野県小布施町の高齢者 100 名（男性 58 名 73.67±9.33 歳，女性 42 名，72.61±8.78 歳）のデータである．各被験者は，腰に加速度センサをつけた状態で 10ｍの通常歩行を行う．10m のうち，歩行安定区間とされている中央 4ｍに完全に含まれる 1 歩行周期を使用した．注目する足の踵の接地から始まり，もう一度同じ足の踵が設置するまでが 1 歩行周期である．踵接地の検出には，進行方向と鉛直方向の加速度を併用するアルゴリズムを用いた(†)．

MCI の基準として MoCA-J(2)を使用した．MoCA-J は，視空間・遂行機能，命名，記憶，注意力，復唱，語想起，抽象概念の 7 領域である．30 点満点中，25 点以下を MCI 疑い有りとしている．被験者 100 名のうち，MCI 疑い無しが 63 名，MCI 疑い有りが 37 名であった．なお，就学年数（12 年未満で 1 点加点）による補正後の点数を使用した．

2.2 前処理



IC	Initial Contact	衝撃吸収の準備
LR	Loading Response	衝撃吸収
MSt	Mid Stance	支持足の前足部までの荷重
TSt	Terminal Stance	支持足より前方で身体を運ぶ
PSw	Pre Swing	遊脚期の準備
ISw	Initial Swing	足を離して前方へ運ぶ
MSw	Mid Swing	接地面と足の間隔を確保して前方へ運ぶ
TSw	Terminal Swing	足を前方へ運ぶ動作の終了

図 1 RLA 方式 8 相とその役割

1 歩行周期をカットオフ周波数が 15 Hz のローパスフィルタで処理したのち，ランチョロスアミーゴ（RLA）方式の 8 個の相に分割した．IC は踵が接地するタイミングであるため，IC を除く 7 つの相に関して，平均値，標準偏差，中央値，四分位範囲，最大値，最小値を算出した．3 軸の速度と加速度に対してこの処理を施した．

3. 分類モデル

3.1 分類手法と特徴量選択

ランダムフォレスト(RF)による分類モデルを構築した（scikit-learn 1.5.1）．モデルの汎化性能向上を目的として，特徴量の選択をした．初期特徴量は，加速度・速度から得た統計量に加え，被験者の年齢を加えた 253 個が対象である．まず，特徴量間の多重

(†) 2025 年 6 月 ME とバイオサイバネティックス研究会（MBE）にて発表予定

共線性を除去するため，相関係数が 0.9 以上の特徴量の一方を削除し，150 個に絞った．次に，単変量統計に基づく特徴量の選択をした．具体的には目的変数との関連性が高い上位 50 個の特徴量を選択するために，1 要因分散分析に基づく F 値を指標とする関数（SelectBest） により 50 個を選択した．選択した 50 個の特徴量を用いたモデルを RF-Model-1 とした．さらに，RF-Model-1 で分類をした際の特徴量重要度の高いものから順に 30 個を選択し，これを RF-Model-2 とした．最後に，RF-Model-2 で分類した際の置換重要度が高いものを 5~15 個の範囲で選択し，テストデータでの F1 値が最も高いときの特徴量を選択した．この特徴量を使用したモデルを RF-Model-3 とした．置換重要度は，あるモデルにおいて，ある特徴量をランダムにシャッフルした際，どれほど性能が低下するかを評価したもので，数値が大きいほど与える影響が大きい．

3.2 分類精度の導出手順

MCI 疑いの有無の比率を維持し，入力対象データを学習用（80 個）とテスト用（20 個）に分割した．学習用データのみを用いて K-fold 交差検証(CV)（K＝5) を行う. その際, それぞれの特徴量を最小が 0, 最大が 1 になるように正規化した．特徴量を選択する過程で各モデルの分類精度を求め，テスト用データでも評価し，そのモデルの汎化能力を確認した．

3.3 分類精度

各モデルで使用した特徴量と CV での平均正解率と標準偏差（CV 正解率，SD)，テストデータでの正解率（Test 正解率）を表 1 に示す．RF-Model-1 の正解率は，CV : 0.76，Test ： 0.50 である．RF-Model-2 では，CV : 0.84，test : 0.55 である．CV のスコアは上昇しているものの，テストデータの精度は上昇していない. RF-Model-3 では特徴量の数を RF-Model-2 の置換重要度が低いものから順に除外した．その結果, 以下に示す置換重要度が高い 8 個の特徴量を使用したとき，CV:0.79，test : 0.70 であった．テストデータでの F1 値は 0.67 であった．再現率は 0.6，特異度は 0.8 であった．

RF-Model-3 に使用した 8 特徴量

- 年齢
- LR　進行方向　加速度 最大値
- LR　鉛直方向　速度 最大値
- MSt　左右方向　速度標 準偏差
- TSt　鉛直方向　加速度 標準偏差
- TSt　鉛直方向　速度 最小値
- ISw　鉛直方向　速度 平均値
- ISw　鉛直方向　加速度 最大値

表 1　各モデルの特徴量数と正解率

	特徴量数	CV 正解率(SD)	Test 正解率
RF-Model-1	50	0.76 (0.08)	0.5
RF-Model-2	30	0.84 (0.09)	0.55
RF-Model-3	8	0.79 (0.06)	0.7

3.4 考察

特徴量選択の過程の RF-Model-1，2 はともに CV 正解率においては　RF-Model-3 と同等かそれ以上の性能を示した．しかし，テストデータでの F1 値はそれぞれ 0.38 と 0.47 だった．ランダムに分類した場合の F1 値は 0.63 となるので，これより低い性能であった．データ数に対して特徴量が多いことによる過学習が原因であると考える．そのため，特徴量数を減らした RF-Model-3 ではテスト正解率が改善した．選択した 8 個の特徴量のうち，5 つが鉛直方向成分である．そのうち， TSt・TSw は踵接地の直前で, LR は踵接地の直後である．ことから体が支持足を超える際の体の上下運動が影響していると考える．このことは Ikegami らが指摘した運動機能検査と認知機能の関連性(3)と一致する．特異度と感度の結果から，MCI 疑い無しの判別は比較的良好であるが，MCI を見落とすリスクが高い．

4.　今後の展望

本稿では 1 周期分の歩行データから得られる統計的特徴量のみに基づいて MCI スクリーニングを試みた. CV では正解率が 0.79 であったが Test では 0.7 であり精度の差が生じた．モデルのさらなる性能向上にはいくつかの課題がある．第一に，個々の周期のみを解析対象としており，周期間の安定性や変動性といった情報を扱えていない．そのため，複数周期を連続的に解析し，その変動パターンや一致度などを特徴量として取り込むことで MCI 特有の歩容の揺らぎをとらえることが可能になると考える．第二に，現時点ではデータを要約する指標のみを特徴量としており，波形そのものの形状情報を十分に反映していない．1 周期中に複数見られる極値の大きさ，振幅といった形状的特徴を取り入れることで統計量ではとらえきれなかった動作の差をとらえられる可能性がある．さらに，ケイデンスや歩幅等の歩行全体の指標を加えることにより，MCI スクリーニングの精度および実用性の向上が期待できる．

参考文献

(1) Kuan YC, Huang LK, Wang YH, et al: “Balance and gait performance in older adults with early-stage cognitive impairment”, European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, Vol.57, No.4, pp560-567(2021)
(2) Fujiwara Y., Suzuki H., Yasunaga M. et al: “Brief screening tool for mild cognitive impairment in older Japanese: validation of the Japanese version of the Montreal Cognitive Assessment”, Geriatrrics & Gerontology International, Vol.10, Issue.3, pp225-232 (2010).
(3) Ikegami S., Takahashi J., Uehara M., et al:”Physical performance reflects cognitive function, fall risk, and quality of life in community-dwelling older people”, Scientific reports, Vol9, No.1:12242 (2019).

歌声の習熟度と LPC スペクトル包絡線から得られるフォルマントとの関係に関する考察

A Consideration of the Relationship between Singing Proficiency and the Formant of the LPC Spectral Envelope

寺内 大晴[*1]，冨田 孝幸[*2]，山下 泰樹[*3]，舘 伸幸[*2]，永井 孝[*2,4]，香山 瑞恵[*2]
Taisei TERAUCHI[*1], Takayuki TOMIDA[*2], Yasuki YAMASHITA[*3], Nobuyuki TACHI[*2], Takashi NAGAI[*2,4], Mizue KAYAMA[*2]
[*1] 信州大学大学院 総合理工学研究科，[*2] 信州大学 工学部
[*3] 長野工科短期大学校 情報エレクトロニクス学科，[*4] ものつくり大学 技能工芸学部
[*1]Graduate School of Science & Technology, Shinshu University
[*2]Faculty of Engineering, Shinshu University
[*3]Department of Information and Electronics, Nagano Prefectural
[*4]Department of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists
Email: 24w6050a@shinshu-u.ac.jp

あらまし：本研究では，音響特徴量に基づき，声楽における歌声の習熟度を測る評価指標の提案を目的としている．これまでの研究で，歌声特有の周波数応答である Singer's formant を，周波数成分の割合やフォルマントの鋭さを用いて定量的に評価してきた．本稿では，ソプラノ音域のプロ歌手と声楽学習者を対象に，LPC スペクトル包絡線から得られる Singer's formant の候補となるフォルマントの周波数と相対的な強度を比較検討し，歌声の習熟度を測る音響特徴量としての可能性を見出した成果について述べる．
キーワード：歌声，周波数特性，歌声評価指標，音響特徴量，定量化，Singer's formant

1. はじめに

声楽の研究では，歌唱力と音響特徴量の関係が長年研究されてきた[1]．その中で我々は，歌声の周波数特性に現れる「Singer's formant（SF）[2]」に注目し，それを基にした音響評価指標を提案・検証してきた[3,4]．

本稿では，LPC（Linear Prediction Coding）スペクトル包絡線から得られるフォルマントに基づいた音響特徴量について，プロ歌手と声楽学習者の分布の比較と学習者の指導前後の分布の比較から，歌声の習熟度を表す音響特徴量として妥当か検証する．

2. 音響特徴量

本研究では，声道の共振特性を表す LPC スペクトル包絡線に基づき，音響特徴量を抽出する．なお，LPC スペクトル包絡線の導出は山下らの提案したシャープ分析における分析条件及び式を用いる[3]．また，図 1 に歌声のスペクトル（灰実線）と LPC スペクトル包絡線（赤実線）の例を示す．本研究では，3 章で示す解析条件において 3kHz 付近に見られる LPC スペクトル包絡線の 2 番目のフォルマント（以下，SP: Secondary Peak）に着目する．具体的には，0～2 kHz の区間に 1 番目のフォルマント（以下，PP: Primary Peak）が得られた LPC スペクトル包絡線において，PP の周波数から 6 kHz の区間にあるフォルマントを SP として抽出する．本研究では，この SP に基づく特徴量として，SP の周波数と相対強度を用いる．なお，相対強度として 2 凸[3]を用いる．2 凸とは，SP と SP の直前の谷とのパワーレベル差である．以降は相対強度に表現を統一する．

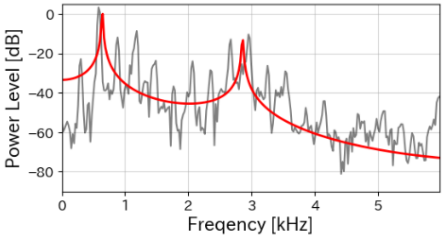


図 1　LPC スペクトル包絡線の例

3. 実験条件

本実験における被験者は，プロ歌手（以下，pro）5 名，音楽大学声楽科在籍の学習者（以下，mu）6 名，教育学部在籍で音楽教育を専修する学習者（以下，ed）5 名である．なお，全ての被験者において声種はソプラノである．学習者の各被験者については，各大学において歌唱指導を開始した直後の 2022 年 4 月～6 月に収音した歌声データ（以下，指導前/bf）と，歌唱指導を定期的に受けた後の 2024 年 1 月~3 月に収音した歌声データ（以下，指導後/af）を分析対象とした．

実験に使用する楽曲は，“Caro mio ben”（作詞：不明，作曲：Tommaso Giordani）とし，21 小節目“tanto”区間を解析対象とした．収音は音の反響しない静かな部屋で行いレコーダは LS-P2（OLYMPUS）を使用した．被験者にはレコーダから 2 m 離れた正面立位で歌唱させた．音声はサンプリング周波数 44.1 kHz，量子化ビット数 16 bit で収音した．

4.　解析結果

図 2 に“tanto”の“ta”区間，図 3 に“tanto”の“to”区間において，それぞれ SP の周波数と相対強度のヒストグラムをもとにカーネル密度推定（scipy.stat.gaussian_kde，バンド幅:default）を行った結果を示す．橙色が pro，水色が mu 指導前，青色が mu 指導後，黄緑色が ed 指導前，緑色が ed 指導後を表す．なお，SP が検出できなかった解析フレームについては周波数, 相対強度ともに 0 として集計した．

pro - mu 指導前 - ed 指導前の 3 群間において，SP の周波数には F 検定による分散の比較, SP の相対強度には Mann-Whitney U 検定（ともにボンフェローニ補正後 0.42 %）による代表値の比較を行った．検定結果を表 1 に示す．SP の周波数については“to”区間の mu 指導前 – ed 指導前を除くすべての組み合わせで有意な差が見られ, SP の相対強度については“to”区間の pro – mu 指導前を除くすべての組み合わせで有意な差が見られた．

mu 指導前後と ed 指導前後の分布について，pro 分布との Wasserstein 距離を導出した結果を表 2 に示す．mu においては，to の SP の周波数と相対強度で指導後に Wasserstein 距離が減少した. ed においては, ta の SP の周波数及び to の SP の周波数と相対強度で指導後に Wasserstein 距離が減少した．

5.　考察

本章では，前章で得られた結果をもとに，提案評価指標が歌声の習熟度を表す音響特徴量としての妥当性を検討する．

SP の周波数について，プロ歌手の SP の周波数は学習者の分布と比較して有意に散らばりが小さく, 3 kHz 付近に集中していることが得られた．学習者間でも習熟度の初期値の違いによって分布の散らばりが異なり，習熟度が低くなるほど散らばりが大きくなる傾向が得られた．

SP の相対強度について，プロ歌手の SP の相対強度は学習者の分布と比較して有意に大きいことが得られ，20～40 dB に分布する割合が大きくなる傾向が得られた．

学習者の指導前後の比較においては，mu，ed に共通して，“to”区間において特徴量の分布が pro の分布に近づく傾向が得られた．“ta”区間については，ed における SP の周波数の分布でのみ同様の傾向が得られ，“to”区間の方が習熟度の向上による特徴量の変化が顕著であることが得られた．これらのことから, SP の周波数と相対強度が歌声の習熟度を表す音響特徴量として妥当であることが示された．

ただし，“ta”区間と“to”区間における傾向の要因については，他の区間を用いた解析や対照実験によって議論される必要がある．

6.　おわりに

本稿では，LPC スペクトル包絡線から得られるフォルマントに着目した音響特徴量について，習熟度の違いによる音響特徴量の分布の違いを検証した．その結果，提案特徴量が歌声の習熟度を表す音響特徴量として妥当であることを示した．

今後は, SP の周波数と相対強度を組み合わせた歌声の習熟度を評価する指標を検討し，主観的な評価との比較分析を行う．

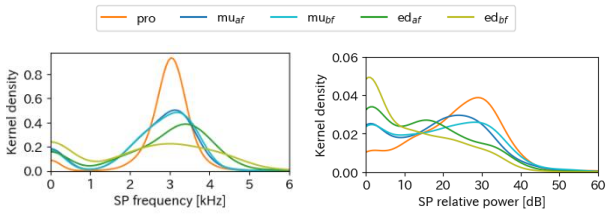


図 2　“ta”区間の SP の周波数（左）と相対強度（右）の分布

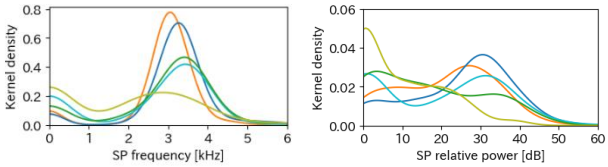


図 3　“to”区間の SP の周波数（左）と相対強度（右）の分布

表 1　検定から得られた p 値（*: p < 0.0042 ）

	SP 周波数		SP 相対強度	
組み合わせ	ta	to	ta	to
pro - mu$_{bf}$	*	*	*	0.2488
pro - ed$_{bf}$	*	*	*	*
mu$_{bf}$ - ed$_{bf}$	*	0.6079	*	*

表 2　pro 分布との Wasserstein 距離

	SP 周波数		SP 相対強度	
群	ta	to	ta	to
mu$_{bf}$	445.75	701.14	4.65	12.34
mu$_{af}$	467.31	250.16	5.28	8.82
ed$_{bf}$	1118.57	1186.94	3.72	11.59
ed$_{af}$	647.03	486.65	3.89	4.72

謝辞　本研究は科研費 22K00237 により支援された．

参考文献

(1) W.T.Bartholomew, A Physical Definition of “Good Voice- Quality” in the Male Voice, J. Acoust. Soc. Am., Vol.6, No.1, pp.25-33 (1934)
(2) J.Sundberg, Articulatory interpretation of the “singing formant”, J. Acoust. Soc. Am., Vol.55, Issue 4, pp.838-844 (1974)
(3) 山下泰樹他, 声楽の習熟度に関連する周波数特性に基づく音響特徴量分析条件の検討, 電気学会論文誌 C, Vol.144, No.12, pp.1197-1208 (2024)
(4) 寺内大晴他, LPC スペクトル包絡線から導出される Singer’s formant 中心周波数の声種及び母音種別分布, 情処研報音楽情報科学, Vol.2024-MUS-140, No.27, pp.1-5(2024)

研究開発学校に見る柔軟な教育課程編成の事例研究
ー情報活用能力に着目してー

A Practical Research of Curriculum Development at Experimental Schools System
-focused on Information Literacy -

福本 徹
Toru FUKUMOTO
国立教育政策研究所
National Institute for Educational Policy Research
Email: fukumoto@nier.go.jp

あらまし：研究開発学校における柔軟な教育課程の編成について、特に「情報活用能力」の育成に焦点を当てた事例研究である。春日井市出川小学校・高森台中学校、や宮城教育大学附属小などの学校が ICT やコンピュータサイエンスを取り入れた教育を実践しており、教科横断的な資質・能力の育成に取り組んでいる。情報活用能力は学習の基盤として重要であり、今後は学校独自の教育課程編成を支援する仕組みが求められる。
キーワード：研究開発学校，カリキュラム，情報活用能力

1. はじめに

現行の学習指導要領が平成 29～30 年に公示され、その中では資質・能力の育成や、カリキュラム・マネジメントの必要性とその 3 つの側面が述べられている。また、資質・能力の 3 つの柱と並んで「学習の基盤となる資質・能力」や「現代的な諸課題に対応して求められる資質・能力」といった、教科等横断的な資質・能力の育成を図るものとするとされている。さて、次期学習指導要領に向けた大臣諮問が令和 6 年 12 月に中央教育審議会に対して行われ、これから検討が進行する。

学習指導要領に拠らない教育課程を編成することができる制度としては大きく２つ、「研究開発学校」と「教育課程特例校」という制度がある。これまで、研究開発学校による研究成果は、例えば文部科学省ホームページにおいて各学校による要約が掲載されている。しかし、研究開発学校による研究成果は各学校がまとめているものが多く、複数の研究校を横断した形で整理分析したような研究は、例えば小学校外国語や総合的な学習の時間など教科等を限定したものは数多いが、あまり行われていない。また、資質・能力の育成や近年の教育改革の流れを踏まえての整理分析に係る研究は、非常に少数である。そして、研究開発学校における新しい教育課程の編成実施は、学校を基盤としたカリキュラム開発（SBCD）の営みそのものである。すなわち、研究開発学校の研究内容を整理することは、新学習指導要領におけるカリキュラム・マネジメントの 1 つ目・2 つ目の側面、すなわちカリキュラムデザインや編成・実施・評価・改善といったサイクルからも大変重要である。

本稿では、柔軟な教育課程編成の類型について、「主として学習の基盤となる資質・能力の育成に向けた教育課程に関する研究開発」に例示されている「情報活用能力の重点的な育成に向けた教育課程の研究」(文部科学省,2021)について、研究開発学校の事例を通して整理を試みる。なお、『研究開発学校の研究開発課題の設定について』のうち、「主として特別支援教育の教育課程に関する研究開発」に例示されている「小・中・高等学校と特別支援学校との間の学びの連続性の確保」（文部科学省,2020）については既に報告(福本,2024)を行っている。また、「主として各教科等の内容の構造化等による資質・能力の育成に関する研究開発」(文部科学省,2021)についても、既に報告(福本,2025)を行っているので、それぞれ本稿と合わせて参照されたい。

2. 各学校の事例

学習の基盤となる資質・能力の育成を目指す研究開発を行っている春日井市立出川小学校および高森台中学校、Computer Science に寄せた小学校情報科の研究開発を行っている学校として宮城教育大学附属小学校、研究開発学校ではないが生成 AI をはじめとした情報科の実践研究を行っている印西市立原山小学校、の各事例について述べる。

2.1 春日井市立出川小学校および高森台中学校

両校では「情報の時間」を設け、児童・生徒が ICT を効果的に活用しながら、主体的・協働的な学びを深め、情報活用能力の育成に重点を置いたカリキュラムを実施している。特に「生涯にわたって自ら学びを進めていくこと」を重視し、学習の基盤としての性格を強く有する「情報社会に参画する態度」「情報手段の基本的な操作等」「問題解決の基礎」を軸に、小・中９年間を見通した教育課程を編成している。特に教科横断的な資質・能力の育成を目指し「情報の時間」で育成した資質・能力は各教科や、総合的な学習の時間、それ以外の学校内外の様々な活動場

面で発揮されることを期待している。時数としては各学年 35 時間である。

中学 1 年生の「情報の時間」では、「動画を作って高森台中学校の良さを小学生に紹介しよう」という課題に取り組み、生徒はデータを収集・分析し、グラフ化するなどして説得力のある動画を作成する。また、社会科の授業では、Jamboard や Google Chat を活用し、生徒が自ら情報を整理・分析し、意見を共有する活動が行う。これにより、生徒は多様な視点を持ち、協働的に学びを深めている。

2.2 宮城教育大学附属小学校

2020 年度より「コンピュータサイエンス科（CS 科）」を独立教科として設置し、児童が児童は自ら課題を発見し、解決する力を養い、将来の情報社会で主体的に活躍できる資質・能力を育成することを目指している。この取り組みは NPO 法人「みんなのコード」との共同実証研究として進められている。

CS 科のカリキュラムは、米国の「K-12 Computer Science Framework」を参考に、「コンピュータの仕組み」「ネットワーク技術」「アナログとデジタル」「データと分析」「メディアの特徴」「プログラミングとアルゴリズム」「コンピューティングと社会の関わり」の 7 つの柱と「情報モラル教育」で構成されている。2023 年度は 1〜4 年生で年間 20 時間、5、6 年生で 35 時間を設定した。

具体的な実践例としては、1 年生ではコンピュータの存在に気付き、ドット絵を描く活動を通してデジタルな表現活動を体験する。4 年生では、Scratch を用いたルーレット作成を通じて、デジタルデータのコピーや著作権について学ぶ。

これらの研究開発の取り組みを通じて、児童はコンピュータの仕組みや情報の科学的理解を深め、デジタル社会における適切な情報活用能力を育成している。CS 科の導入により、児童は自ら課題を発見し、解決する力を育成している。。

2.3 印西市立原山小学校

研究開発学校ではないが、情報活用能力の育成に重点を置いた先進的な教育実践を展開してる。独自の「情報探究」カリキュラムを導入し、児童が現実的な文脈の中で情報を活用し、課題解決に取り組む力を育成している。原山小学校では、「データサイエンス」「情報デザイン」「プログラミング」「コンピュータとネットワーク」「メディア表現」「デジタルシティズンシップ」の 6 つの領域を設定し、各教科等と連携させながら探究的な学びを実現しています。

実践事例としては、4 年生の社会科では、児童が千葉県の農業、水産業、工業について分担して調べ、端末を使ってグループで共同編集し、まとめる活動を行った。また 6 年生の総合的な学習の時間「情報デザイン」の学習では、児童がオリジナルの校章をアプリを使って作成した。また、生成 AI の活用にも取り組み、「情報探究」の単元の 1 つとして、児童は「みんなのコード」が開発した教育用対話型 AI サンドボックス「&box Classroom」を使用し、AI の特性を理解し、その活用の在り方を考える学習を行った。

原山小学校の実践は、研究開発学校ではないものの、情報活用能力の育成における先進的なモデルの 1 つといえる。

3. まとめと課題

このような取り組みが一般の（研究開発学校ではない）学校では可能なのかという疑問もあるが、ある部分では可能である。情報活用能力は「学習の基盤となる資質・能力」であって、教科等における資質・能力とともに各学校で育成する資質・能力である。既存の教科等であっても「単元は決まったもの」ではなく「単元を創る」ことが大切であるという指摘（齊藤,2021）もある。一方で、例えば標準授業時数を単純に減らしても効果は限定的であり、それは、教育課程編成権は各学校が有するからである。また、情報活用能力のみを取り出して指導することもなかなか難しい。とすれば、これまでの言われてきたように、各学校の教育課程編成をサポートする仕組みが必要となるであろう。

参考文献

(1) 国立教育研究所, 昭和 62〜平成 10 年度文部省研究開発学校における研究開発の内容に関する分析的検討(1). 「教科等の構成と開発に関する調査研究」研究成果報告書(1) (2000)
(2) 国立教育政策研究所, 文部科学省研究開発学校における教育課程の研究開発の調査.「教科等の構成と開発に関する調査研究」研究資料 (2007)
(3) 文部科学省, 令和 3 年度研究開発学校の研究開発課題の設定について (2020)
(4) 文部科学省, 令和 4 年度研究開発学校の研究開発課題の設定について (2021)
(5) 福本徹, 次期学習指導要領に関する連続性と一本化に関する調査-特別支援学校（知的障害）と小・中・高等学校との接続について-, 日本特殊教育学会第 62 回大会発表論文集 P2-63 (2024)
(6) 福本徹, 研究開発学校に見る柔軟な教育課程編成の事例研究, 日本教育工学会 2025 年春季全国大会講演論文集 p.505-506 (2025)
(7) 奈須正裕編著,「少ない時数で豊かに学ぶ」授業のつくり方, ぎょうせい (2022)
(8) 国立教育政策研究所, 研究開発学校におけるカリキュラム・マネジメントの実践, 令和元年度プロジェクト研究報告書 (2020)
(9) 国立教育政策研究所, 今後の教育課程、学習指導及び学習評価等の在り方に関する有識者検討会（第 8 回）配付資料 (2024)
(10) 齊藤一弥（2021）数学的な授業を創る, 東洋館出版社
(11) 文部科学省　研究開発実施報告書 https://curriculumdb.mext.go.jp/bc/kk/kk02/04

中等教育向けデータサイエンス教育アプリケーションの開発

Development of an Educational Data Science Application

水嶋　宏太郎[*1]，安留　誠吾[*2]
Kotaro MIZUSHIMA[*1], Seigo YASUTOME[*2]
[*1] 大阪工業大学情報科学研究科
[*1]Graduate School of Information Science，Osaka Institute of Technology
[*2]大阪工業大学
[*2]Osaka Institute of Technology
Email: m1m02530163@oit.ac.jp

あらまし：本研究では，情報教育の重要性の高まりを受け，中等教育向けデータサイエンス教材アプリケーションを iOS 向けに開発した．画像からのデータ入力機能や，単元別の学習機能に加え，プログラミング未経験者でも直感的にデータ分析を体験できる設計とした．
キーワード：データサイエンス，iOS，教育用アプリ，データ分析

1. はじめに

2025 年度から大学入学共通テストに情報科目が導入されるなど，情報リテラシーとデータ活用能力の重要性が増している．日本政府は GIGA スクール構想により，「一人一台端末」の整備を進め，令和 4 年度時点で児童生徒 1 人当たりの教育用コンピュータの整備率は 0．9 台に達している [(1)]．中等教育現場でも ICT 活用が進む一方で，プログラミング未経験者にとって扱いやすく，効果的な教材が不足している．本研究では，iPad 端末を活用した中等教育向けデータサイエンス教材アプリを開発し，その有効性を検証した．

2. 関連研究と課題

既存の教材には，Kaggle [(2)] のような高機能だが英語前提・上級者向けのプラットフォームや，Connect DB [(3)] のような，ブラウザ上で動作する無料のデータ可視化・分析ツールも利用可能である．Kaggle は機械学習初心者から専門家まで幅広く利用されており，豊富なデータセットやコンペティションが特徴である．しかし，英語による操作や専門用語が多く，日本の中等教育段階の学習者にはハードルが高い．また，Connect DB は，単回帰分析の基礎から重回帰分析までを段階的に学習できる，教育現場向けのデータ分析学習システムである．高校生にも親しみやすいサンプルデータや視覚的に分かりやすい操作画面を備えており、データ分析の基礎から応用までを無理なく学習できる点が特徴である．また，マウス操作で視覚的に学べるインタラクティブ教材も存在するが，断片的で学習の連続性に欠けるものとなっている [(4)]．

3. 提案アプリケーション

開発したアプリは，MacOS のソフトウェア開発アプリケーションである Xcode を用い，プログラム言語には Swift を用いて iOS 向けに実装された．主な特徴は以下の通りである．

3.1 画像からのデータ入力機能

本アプリに搭載した「画像からのデータ入力機能」は，ユーザーが撮影した画像をもとに文字情報を抽出し，それを表形式のデータとして取り込む機能である．これは，教科書やプリント，Web ページなどに掲載された表形式のデータを，直接入力する手間を省き，迅速かつ直感的に分析に活用できるようにすることを目的としている．

具体的には，ユーザーが端末に保存された画像を選択し，行数（横方向のデータ数）と列数（縦方向のデータ数）を指定すると，アプリ側で OCR（Optical Character Recognition）処理を実行し，画像内の文字列を読み取る．読み取られたデータは，表形式で自動整列され，画面上に表示される．この時点で，ユーザーは必要に応じてセルの値を修正することもできる．誤って指定した行数や列数によってデータが崩れた場合でも，「リセット」ボタンを用いて設定をやり直すことが可能である．

また，画像データの一部が不要な場合や，OCR 精度の関係で誤認識された場合に備えて，「データの追加・削除」機能も実装しており，ユーザーが任意の行や列のデータを手動で編集・調整することができる．さらに，整列後のデータは単元別学習機能で使用する分析モジュールにリアルタイムで共有される．

3.2 単元別学習機能

本アプリにおける単元別学習機能は，中等教育段階の学習者が段階的にデータサイエンスの基礎を身につけられるよう設計されている．この機能は，文部科学省が公表している「情報 I」教員研修用教材 [(5)] を参考にしており，「1.データ収集」「2.データの処理」「3.統計量」「4.データ分析」「5.推定」「6.検定」の 6 単元に分類されている．各単元は，初学者が基礎から応用へと自然に学び進められるよう，段階的かつ体系的な構成となっている．

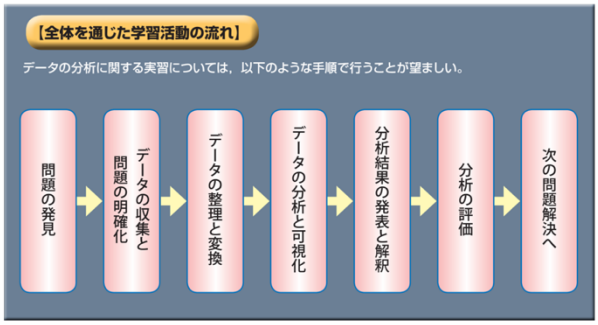


図 1 「情報 I 」教員研修用教材 (5)

3.3 評価実験

データサイエンス未学習者を対象に，本アプリを用いた体験学習とアンケート調査を実施した．その結果，学習内容の分かりやすさについては約 67%が肯定的に評価しており，図 3「画像からのデータ入力」機能については一部操作のわかりにくさが課題として挙げられた．一方で，全ての被験者が本アプリによって「データサイエンスを学ぶことができた」と回答し，教育的効果が示唆された．

4. 考察・改良点

評価実験の結果，UI や操作手順に関して「わかりづらい」という意見が複数挙がった．特に，起動画面やメニューの視認性が低く，学習の開始方法が直感的でないことが課題となった．これに対して，起動画面に操作方法の案内を追加し，ボタンの名前を明確にした．

また，「画像からのデータ入力」機能では，操作手順の理解が難しいという指摘があったため，ボタンの配置や説明を改善し，ユーザーが順を追って操作できるよう設計を見直した．さらに，学習進捗の把握を支援するために，一部単元でチェックマークと進行状況の表示機能を試験的に導入した．

これらの改良により，操作性と学習の見通しが向上し，初心者にとっても扱いやすい教材となることが期待される．

5. おわりに

本研究では，中等教育段階においてプログラミング経験の有無にかかわらずデータサイエンスを学習できるアプリケーションの開発を行い，その有効性を評価した．

調査により，ICT 環境が整いつつある現場において，本アプリのように画像入力や単元別学習に対応した教材が，実践的な情報教育の一助となり得ることが示唆された．

また，Kaggle や Connect DB といった既存ツールに比べ，　専門知識を前提とせず，　日本のカリキュラムに沿った本アプリの利便性は，教育現場における導入の障壁を下げると期待される．

今後は，ファイルインポート機能の拡充や AI の API の利用による分析結果の補足や，場面に応じた適切な助言機能の実装などを進め，より多様な学習環境への対応を目指すとともに，ガイド機能の充実や学習履歴の管理機能などの強化に取り組む予定である．

図 2 データ分析単元画面

参考文献

(1) 文部科学省: “令和 4 年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果(概要)(令和 5 年 3 月 1 日現在)〔確定値〕”, https://www.mext.go.jp/content/20231031-mxt_jogai01-000030617_1.pdf（参照 2025.5.30）

(2) Kaggle: “Kaggle”, https://www.kaggle.com/（参照 2025.1.14）

(3) 岸本有生，本多祐希，漆原宏丞，兼宗進，:高等学校における重回帰分析までの学習を可能にする学習教材の提案，情報処理学会研究報告 コンピュータと教育(CE)，Vol.2023-CE-170，No.6，pp.1-5(2023).

(4) 三浦 元喜，中田 豊久: “データをインタラクティブに操作できるデータサイエンス教育用ウェブ補助教材の開発”，情報教育シンポジウム，情報処理学会，pp.74-80 (2023)(参照 2025.1.30)

(5) 文部科学省: “高等学校情報科「情報I」教員研修教材 第 4 章情報通信ネットワークとデータの活用”, https://www.mext.go.jp/content/20200722-mxt_jogai02-100013300_006.pdf（参照 2025.1.31）

姿勢推定を用いたダンス教育を支援する評価システムの開発

Development of an evaluation system to support dance education using pose estimation

松本　悠輝[*1]，安留 誠吾[*2]
Yuki MATSUMOTO[*1], Seigo YASUTOME[*2]
[*1] 大阪工業大学情報科学研究科
[*1] Graduate School of Information Science, Osaka Institute of Technology
[*2] 大阪工業大学
[*2] Osaka Institute of Technology
Email: m1m02530160@oit.ac.jp

あらまし:学習指導要領改訂により，中学校の体育授業では 2012 年にダンスが必修となり，適切に評価するために，公平かつ客観的な評価手法の必要性が高まっている．本研究では，姿勢推定技術を用いたダンス動作の評価システムを構築した．お手本動画とカメラで撮影した映像に対して，骨格情報を取得・比較することで，動作の類似度を測定する．さらに，主観的評価との比較実験を通じて，本システムの有効性を検証した．
キーワード：ダンス教育，姿勢推定, YOLOv8，コサイン類似度, DTW 距離

1. はじめに

学習指導要領(1)の改訂により，2012 年から中学校の体育授業においてダンスが必修化された．また，各教科において，「知識・技能」，「思考・判断・表現」，「主体的に学習に取り組む態度」の３観点に基づいて評価される．その中で，体育授業におけるダンスでは，「技能」の評価基準において数値的指標がないため，評価の難しさが浮き彫りとなっている．

具体的には,「リズム感」や「変化のある動き」など評価基準が抽象的であることから，教員の主観に基づく採点となり，評価の公正性や客観性が確保されにくいという課題がある．加えて，教員側のダンスに対する専門性のばらつきも，評価の一貫性を損なう要因となっている．このような背景から，本研究では，姿勢推定技術と動作類似度の数値化手法を活用し,生徒のダンス動作を客観的に評価するシステムの構築を目的とする．

2. 関連研究

姿勢推定技術の教育分野への応用は近年注目されており，とりわけ OpenPose や MediaPipe などを用いた研究が多く見られる．

稲田の研究(2)では，複数名が同時に踊るダンス映像を対象に，個々のダンサーの動作のタイミングと一致度を定量的に評価するシステムを提案している．評価には,OpenPose を用いて各ダンサーの骨格情報（キーポイント座標）を抽出し，さらに，それらのデータを用いて動作時系列の類似性を計算している．特徴的なのは，全体の代表的な時系列を基準データとして導出し，各ダンサーとの一致度をこの基礎データと比較する形で算出している点である．

また，動作変化点の検出や，平均類似度の時間的推移の可視化も行っており，これにより演技全体にわたる協調性や一貫性の評価が可能となっている．この手法は，個々の動作だけでなく，グループ全体の動きの揃い具合やタイミングのズレを客観的に可視化できるという点で，教育や練習支援における活用が期待されている．

3. 研究概要

本研究では，事前に用意したお手本動画と生徒のダンス映像から抽出したキーポイント座標をもとに比較し,コサイン類似度と DTW 距離を算出する．

3.1 提案手法

提案手法では，姿勢推定用モデルとして YOLOv8-pose(3)を採用し，人物映像から 17 箇所のキーポイント座標を取得している．これらの情報を用いて，隣接する関節間のベクトルを算出し，正規化を行い，単位ベクトルとした．これにより，個体差（身長やカメラ距離）を排除した動作の「方向性」のみを評価対象としている．取得した単位ベクトルをもとに２種類の評価指標「コサイン類似度」,「DTW 距離」を算出し，客観的評価を行う．

3.2 評価指標

コサイン類似度

コサイン類似度は，同一フレームにおけるお手本と生徒の姿勢をベクトルとして比較し，そのなす角のコサイン値を算出することで，動作の「方向の一致度」を評価する指標である．本研究では，図 1 に示す単位ベクトルの内，両肩-肘，両肘-手首，両腰-膝，両膝-足首間の合計 8 つについて，それぞれのコサイン類似度を求め，その平均値を 1 フレームごとのスコアとした．値は-1～1 の範囲で変動し，1 に近いほど瞬間的な動作方向が一致しているとみなされる．

DTW 距離

DTW（Dynamic Time Warping）距離は，時間的な

伸縮を許容しながら 2 つの時系列データの類似度測るための DTW アルゴリズム[4]によって得られる数値である．本研究では，図 1 に示すように関節間の全単位ベクトルに対し，文献(2)の稲田も使用した Soft-DTW アルゴリズム[5]により，得られた数値を DTW 距離とした．Soft-DTW アルゴリズムは，従来の DTW アルゴリズムと同様に動作テンポや速度の違いを考慮しつつ，微分可能かつ滑らかなスコアを提供することで，安定性・柔軟性に優れた時系列比較が可能となる手法である．DTW 距離は，数値が小さいほどお手本に近いと判断される．

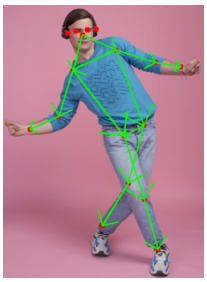


図 1 キーポイント間の単位ベクトル

4. 実験・結果

本実験では，提案システムの有効性を検証するため，15 秒ほどの簡単な振り付けのダンス動画を用い，被験者 1 名に 3 種類のテストケース（1：お手本とほぼ同一，2：リズムずれ，3：異なる振り付け）をそれぞれ 3 回ずつ実施し，計 9 回分のデータを収集した．評価には，①コサイン類似度（平均値），②DTW 距離，③主観的評価（開発者および被験者自身による 10 段階評価）を用いた．ここで，②コサイン類似度（平均値）とは，生徒の動作における全フレームに対するコサイン類似度の平均値をとったものである．

実験結果は表 1 である．DTW 距離は主観評価との相関が高く，特に動作全体の再現性に関して有効であることが確認された．一方，コサイン類似度は動作の「一瞬の一致度」を高く評価する傾向があり，動きの流れよりも静止画的な一致に敏感であることが示唆された．また，主観評価と数値評価の乖離が見られたケースでは，振付自体が似ているもののタイミングが大きくずれているパターンが多く，評価の基準に応じて指標を使い分ける必要があることが明らかとなった．

表 1 実験結果

テストケース	動作の内容	主観的評価	コサイン類似度(平均値)	DTW距離
1	お手本とほぼ同じ	8.5	0.784	239.482
1		8.5	0.751	280.511
1		7	0.732	351.448
2	踊り出し遅い	6.5	0.657	291.538
2	ペースが早い	4.5	0.618	297.761
2	ペースが遅い	4	0.769	331.119
3	異なるダンス	1	0.691	668.969
3	歩き回る	1	0.576	1278.136
3	直立状態	1	0.569	1288.245

5. 今後の課題・まとめ

本研究では，被験者 1 名・お手本動画 1 種類という限定的な条件下での検証を行ったが，今後は複数名の同時撮影・同時評価や，さまざまなジャンル・テンポのダンスに対応する拡張が求められる．また，現段階では YOLOv8-pose の推定精度とフレーム単位のマッチングに限界があり，推定精度の向上や時系列の揺らぎへの補正技術の導入も検討すべき課題である．

加えて，教育現場に導入するためには，より簡易な操作性と高い応答性が求められる．軽量なモデルの選定や，Web カメラ・低スペック PC でも動作可能な設計の追求も必要である．また，教員が指導中にシステムを使って生徒にリアルタイムでフィードバックを与えるという活用場面を想定した機能（例：コメント表示，評価記録の自動蓄積）なども，今後の開発課題となる．

最終的には，本システムを教育現場に導入し，主観評価を補完する新たな評価基準として活用できるよう，継続的な実証実験とシステム改善を重ねていく予定である．

実験では，被験者 1 名が異なる 3 種類の動作（正確な模倣，リズムずれ，振り付けミス）をそれぞれ 3 回ずつ行い，計 9 回の評価を実施した．その結果，DTW 距離は主観的評価と高い一致を示し，特に動作全体の再現性に関して有効であることが分かった．一方で，コサイン類似度は瞬間的な一致度を評価するのに適しているが，リズムのずれや部分的な誤りに対しては過大評価される傾向があった．これにより，評価対象に応じて指標を使い分ける必要があることが明らかとなった．

参考文献

(1) 文部科学省：“新学習指導要領に基づく中学校向け「ダンスリーフレット」”，https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/jyujitsu/1306098.htm, (参照 2025.06.03)
(2) 稲田健太郎：“姿勢情報を用いた複数ダンサーの動作評価”，早稲田大学大学院修士論文（2020）
(3) Ultralytics チーム：“紹介 Ultralytics YOLOv8”, Ultralytics, https://www.ultralytics.com/ja/blog/introducing-ultralytics-yolov8, (参照 2025.05.28)
(4) H. Sakoe, S. Chiba： “Dynamic programming algorithm optimization for spoken word recognition”, IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 26, No.1, Vol. 70, pp.43-49（1978）
(5) M. Cuturi, M. Blondel： “Soft-DTW: a Differentiable Loss Function for Time-Series”, TheInternational Conference on Machine Learning (ICML), Vol. 70, pp.894-903（2017）

STEAM 教育を活用した小学生向け AI 教育の実践
ーお絵描きを通して AI について学ぼうー

Practice of AI education for elementary school students using STEAM education
-Learn about AI through drawing -

森山　海音[*1]，荒平　高章[*1]
Kaito MORIYAMA[*1], Takaaki ARAHIRA[*1]
[*1] 九州情報大学　経営情報学研究科
[*1] Kyushu Institute of Information Sciences, Graduate School of Management and Information Sciences

Email: arahira@kiis.ac.jp

あらまし：近年，急速に発展している AI や IoT 技術に対応できる人材が求められている．そこで注目されているのが STEAM 教育である．STEAM 教育とは，様々な分野を横断的に学ぶ事によって課題解決の力を身につける教育方針である．そこで，AI 教育と STEAM 教育の芸術分野を組み合わせる事により楽しく AI について学べる授業の作成を目指している．
キーワード：AI 教育，STEAM 教育，お絵描き，小学生

1.　はじめに

近年, 急速に発展している AI や IoT 技術に対応できる人材が求められている．そこで、文部科学省は STEAM 教育をはじめとする分野横断的な学を通して幅広い問題に対処できる人材の育成を目指している。(1) 文部科学省は，GIGA スクール構想などで教育現場の ICT 環境が整っているため AI を使った授業やプログラミングの授業が行われやすくなっている．

STEAM 教育とは，科学（Science），技術（Technology），工学（Engineering），芸術（Arts），数学（Mathematics）の 5 つの分野を横断的に学び，問題発見や解決に生かしていく教育概念である．目的として，芸術分野を通して想像力を育んだり，数学や科学を通して倫理的思考力を養ったり，様々な分野の知識を総合的的に活用し社会の課題を解決する能力を身につける事である．しかし，2022 年までに行われた STEAM 教育は 30 件と少ない(2).

そこで, 本研究では AI 教育と STEAM 教育の芸術分野を組み合わせる事により楽しく AI について学べる授業の作成を行い，実践を行った．

2.　Teachable Machine を使った授業

Teachable Machine とは，Google 社が公開している無料の WEB サービスである．AI やプログラミングに関して詳しくなくても簡単に AI を作成できるシステムである．Scratch で実行できる環境が整っていて授業で導入がしやすい．

2.1 授業の流れ

授業の目的は，お絵描きを通して AI の得な事と AI の苦手な事を実際に体験しながら学ぶ事である．今回はリンゴとオレンジを題材に授業を実施した．

授業の具体的な流れとして，Teachable Machine で使うための画像を Google ドライブからダウンロードを行い，その間，AI は完ぺきな存在でなく間違いを起こす可能性があることを説明した．ダウンロード完了後，実際に Teachable Machine を使って AI を作成した．その後，リンゴとオレンジの絵を書いて貰いそれが正しく判断できるか体験を行った. 最後に，アンケートを行った．

2.2　結果

授業の目的である AI の得意な事と AI の苦手な事はほとんどの生徒が理解していることが分かった．「人工知能の苦手な事」では約 89%，「人工知能が出来る事」では約 93%の生徒が正解をした．しかし，楽しかった事を答える項目では AI 体験より絵を書く体験の方が楽しかったという結果になった．係り受け分析の結果を見ても分かる通り絵を書く方が楽しいと意見が多かった．

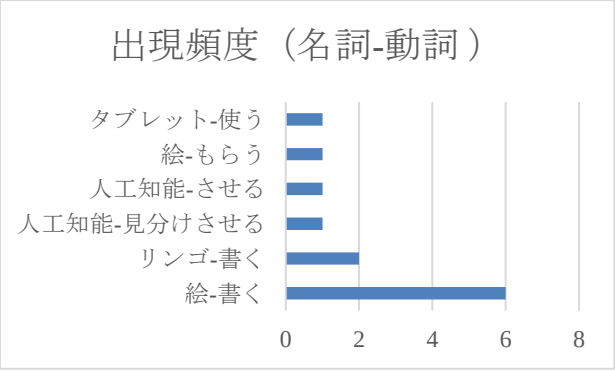


図 1 楽しかった事の係り受け分析(1)

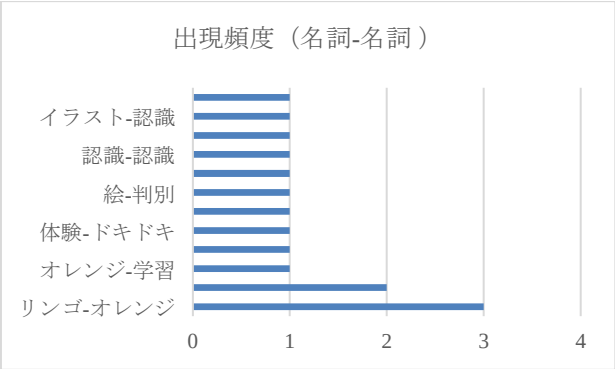


図 1 楽しかった事の係り受け分析(2)

体験の楽しくない事の項目では，ダウンロードの待ち時間が長く退屈したという意見が寄せられた．しかし，全体的に体験の楽しくない事は無かったという意見の方が多かった．係り受け分析の結果を見ても分かる通り待つのが楽しくないと感じた生徒が多いことが分かる．

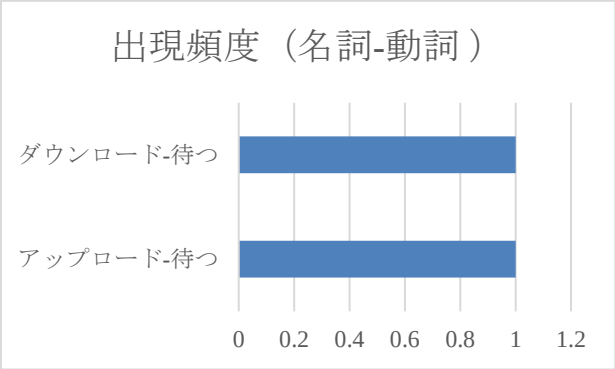


図 2 楽しくなかった事の係り受け分析(1)

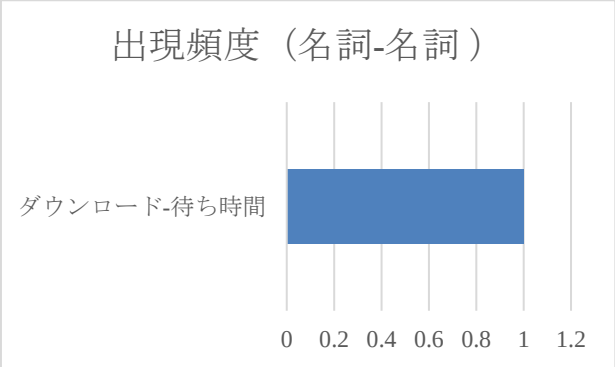


図 2 楽しくなかった事の係り受け分析(2)

2.3　問題点

この授業の問題点として，授業の内容が「お絵描き＞AI」となっている点である．理想は「お絵描き＝AI」となるのが理想的である．特に，授業の楽しくなかった事として挙げられている待ち時間を楽しい物にする必要がある．

3.　次の授業案

授業の案として，今回はリンゴとオレンジの写真を準備して授業を行ったが，次は児童自ら写真を撮影してもらい AI の作成を行う．その際，撮影する写真を例えば１０枚と５０枚撮るグループに分けて性能に違いが出るのかなどを体験してもらいより AI を意識した授業の作成を目指す．作成した後に AI がどの程度正解率を出せるかのテストなども行い作成した AI についての体験も増やす．

最後に，自分が描いた絵を AI がどう判断するか体験をしてもらいなぜその結果になったかなどを考えてもらう．想像通りの結果になったのか，なぜその結果になったのか，学習画像が悪かったのか，自分の描いた絵が良くなかったのかなどを考えてもらい，多角的な考察が行えるように実習の充実を図る．前回の授業より AI について考える時間を増やす事でお絵描き＝AI となることを目指す．

4.　まとめ

Teachable Machine を使った授業では，目的としていた AI の得意な事と AI の苦手な事を教える事は出来たが体験自体としては，「お絵描き＞AI」となった．そこで，AI につての体験を増やし，AI について考える時間を増やすことで「お絵描き＝AI」となる授業の作成を目指す．

参考文献

(1) 文部科学省：https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/mext_01592.html
(2) 岡本敏雄, 松田昇:“知的 CAI における幾何の証明計画の認識と学習機能について”, 情報処理学会論文誌, 第 30 巻, 第 8 号, pp.1046-57 （1989）

オンライン大学における初年次必修科目の学習支援実践とその年次変化

Developing and Evolving Support Practices for First-Year Students in an Online University

加藤 泰久
Yasuhisa KATO
東京通信大学 情報マネジメント学部
Department of Information and Management, Tokyo Online University
Email: kato.yasuhisa@internet.ac.jp

あらまし：オンライン大学における初年次必修科目の履修状況を，開学 8 年間の年次推移から分析した．特に，学生の孤立感や中途離脱の課題に対し，オリエンテーション内容の充実，同期型イベントの開催等による支援を試みてきた．入学者層の多様化や環境要因により一律の支援策は困難であるが，柔軟な対応と継続的な検証により，学習の初期段階で学生を学修軌道に乗せる実践知が蓄積されつつある．
キーワード：**初年次教育**，e ラーニング，オンライン大学，学習者支援

1. はじめに

2018 年度から 2025 年度までに実施された、社会人の学び直しを主軸とするオンライン大学における 1 年次必修科目の授業実践を振り返り、その内容を分析する。オンライン大学では、オンライン学習に必要なスキルの習得が求められ、学習意欲は継続的な学修の重要な要因となっている(1)。本講では、ドロップアウトをなるべく減らし、学習継続率を高めることを目指した学習者支援の取組について考察する。

2. 関連研究

高等教育機関のオンライン学習環境におけるドロップアウトに関する研究は今まで多く行われてきているが，各大学の状況が大きく異なるのが現状であり、様々な取組が行われてきた(1)．特に初年次オンライン学習者の定着・成果向上には、多面的な初期支援が効果的とされる。音声付き動画による導入支援が満足度と成績を向上させたことが示され(2)、体系的オリエンテーションにより継続率が 7%向上したことが報告されている(3)。また、同期型授業による交流促進がエンゲージメントに寄与したと述べている(4)。学習分析による個別介入が脱落率を抑制したことが示され(5)、時間的困難が離脱要因であることから、柔軟な支援の必要性が主張されている(6)。これらは初期段階の多角的支援が学習継続に不可欠であることを示唆しているが、多様な学生にオンライン大学としてどう対応していくかは大きな課題の一つとなっている。

3. オンライン大学における学習環境

本講では 2025 年度 1 学期における 1 年次の必修科目についての学生の履修パターンと学生支援の実践について 2018 年度からの授業実践と比較して述べる．学事暦上、2018 年度から 2020 年度は、全配信期間は 7 週間、2021 年度から 2023 年度は，8 週間、2024 年度と 2025 年度は､7 週間と 2 日となっている．

4. オンライン大学での授業実践

1 年次必修科目の 2018 年度から 2024 年度(1)及び 2025 年度の各 1 学期における学生の各回の学習率を図 1 に示す．3 年次編入学生及び過年度履修の学生を除き，各年度における 1 年次入学生のみを対象にしている．2025 年度については，単位認定試験が未完了のため，最大の予測値である．図 1 において，2024 年度の授業回の第 1 回から第 6 回に対して，どの回もほぼ，2018 年度から 2024 年度の平均に近いかあるいは少しよい数字となっており，第 7 回及び第 8 回に関しては、過去最高の学習率となった．ここで学習率とは，第 1 回第 1 講の映像教材（約 15 分）を最後まで視聴した学生を 100%とし，以降その学生の内の何%が各回の受講または単位認定試験を完了したかについて示した数字である．例えば，2025 年度の第 8 回については, 学習率は約 85%であるが，これは，第 1 回第 1 講の 15 分の映像教材の履修を終えた学生全体の約 85%の学生が第 8 回の履修を完了し，残り約 15%の学生については第 8 回が未完了であるということを示している．また，単位認定試験は全体の授業回の 2/3 以上の出席が受験条件であるため，単位認定試験の学習率（受験率）は第 8 回の学習率よりも通常高くなっている．

5. 考察

図 1 に示した通り，2025 年度は第 1 回から第 6 回まで，過去の年度と比較して，平均的で若干学習率がよくなり、第 7 回及び第 8 回においては過去最高の学習率を達成した．

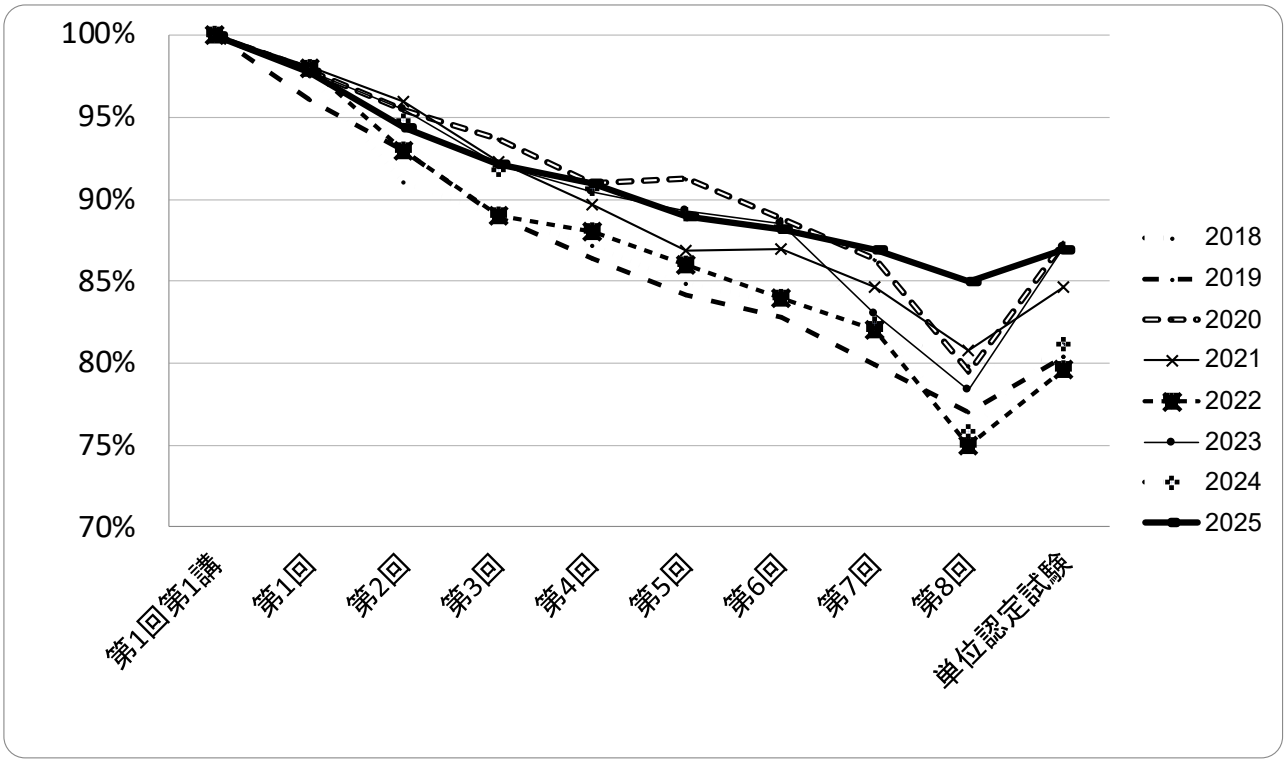


図 1　各授業回の学習率の推移

次に、開学の 2018 年度以降で，今年度が第 7 回及び第 8 回の学習率が一番大きい結果となった．つまり、途中でつまずいて進められなかった学生の比率が最小という結果となり、特に、第 8 回については、7 年間の平均値よりも 7 ポイント上昇した。今年度のオリエンテーション教材の改善等も影響が出たものと考えている。

6.　おわりに

開学の 2018 年度以降、若年層の新入生（高校からのストレート入学）が増えたことにより，ゴールデンウィークの休日に入る前の 4 月末には，2024 年度より、Teams 等を利用した新入生向けの同期型の学生と教員との交流会を開催し，疑問や質問をその場で解決する試みを行ってきた．2025 年度も約 30 名が参加したが，このような同期型のイベントの効果については，今後効果の検証が必要であるが、参加した学生には好評であった．

今後は，新入生オリエンテーションでの学び方の説明の改善・強化，アカデミックアドバイザーから学生にメッセージを送るタイミング・内容・システム化等を検討し，学習者支援の活動計画を随時見直し，さらなるドロップアウト率の低減及び授業完遂者増を目指すこととしたい．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費(22K12303)の助成を受けたものである．

参考文献

(1) 加藤泰久：” オンライン大学における学生の学習パターンの分析と学習者支援の試行”，教育システム情報学会全国大会（2024）

(2) Taylor, J. M., Dunn, M., & Winn, S. K. (2015). Innovative Orientation Leads to Improved Success in Online Courses. Online Learning, 19(4).

(3) Stoebe, A., & Grebing, R. (2020). The Effect of New Student Orientations on the Retention of Online Students. Online Journal of Distance Learning Administration, 23(2).

(4) Majewska, A. A., & Vereen, E. (2021). Fostering student-student interactions in a first-year experience course taught online during the COVID-19 pandemic. Journal of Microbiology & Biology Education, 22(1), 22.1.29.

(5) Bañeres, D., Rodríguez-González, M. E., Guerrero-Roldán, A.-E., & Cortadas, P. (2023). An early warning system to identify and intervene online dropout learners. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 20(1), 3.

(6) Xavier, M., Meneses, J., & Fiuza, P. J. (2022). Dropout, stopout, and time challenges in open online higher education: A qualitative study of the first-year student experience. Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning.Michael Beaudoin et al.: “Online Learner Competencies (The Ibstpi Book Series)”, Information Age Publishing (2013)

大学数学対面授業におけるチーティング耐性オンラインテストの試み

Exploring Cheating-Resistant Online Assessments for In-Person University Mathematics Courses

吉冨 賢太郎[*1]
Kentaro YOSHITOMI[1]
[*1] 大阪公立大学 国際基幹教育機構
[*1]Faculty of Liberal Arts, Sciences, and Global Education of Osaka Metropolitan University
Email: yositomi @ omu.ac.jp

あらまし：筆者はコロナ禍以降，大学線形代数の授業において，チーティング耐性を持つ問題を開発し，活用してきた。目的は，問題に取り組むことによって理解が深まる演習用と自宅で受験しても成績評価とできる評価用の 2 つである。前者は効果についてのエビデンスが重要であり，後者は評価の正当性についてエビデンスが必要である。 2021 年度から 2024 年度において，工学向け線形代数の授業において，STACK を利用したチーティング耐性問題を潤沢に開発し，その効果を検証してきた。演習としての効果は一定程度確認できたが，評価については，ある程度の相関は確認できたものの，すべての成績評価を完全にオンラインとするのは現状困難である。2024 年から今年度において，授業冒頭で通常紙で行う小テストについて，オンライン採点であるが，チーティング耐性があり，妥当性のある成績評価とできるような取り組みを行ってきた。本講演では，その手法と結果について紹介する。
キーワード：オンライン小テスト，チーティング耐性，線形代数，大学数学教育

1. はじめに

コロナ禍において，オンラインでどのように数学の授業を進めるか深刻な課題であった。解説については，筆者の場合，反転学習用の動画を開発途上であったため，比較的短期に解説を用意することができた。一方で演習問題や評価については，それまで試行的に STACK の問題開発を進めていたものの，コロナ禍において本格的な開発が必要となった。

このような状況で，チーティング耐性という問題の属性を提唱し，形成的評価と成績評価の両面で活用できる問題開発に取り組むこととした(図 1)。従来の問題は，計算問題が中心であったが，文脈理解が必要な問題や，定義に基づいて自分で考える必要がある問題，教科書や演習書には見られないような問題の開発を中心とした。

2021 年以降，期末試験の結果との一定の相関が見られるなど，オンライン演習問題には効果が確認できたが，対面が中心になるにつれ，課題の量が過剰である問題が生じ，ドロップアウトする学生が 10〜15%程度発生する問題があった。

このような状況で，学生の欠席が目立つようになり，学生の学習進度をコントロールする意味合いもあり，授業内での紙の小テストを定期的に実施するようにした。結果的に，ある程度出席率は回復したが，学期末アンケートでは，途中でテストに答えられなくなるなどして，出席を躊躇するようになった学生が少なからずいることがわかった。

そこで，2024 年度からはオンライン小テストやオンライン演習を見直し，2025 年度は，従来の 1/3 程度の演習量とし，小テストは，授業において冒頭に実施するのみ，とするようにした。

2. オンラインテストの問題点

数学のオンラインテストを対面授業内で実施するにあたっては，可能なかぎり PC/Mac の利用が望ましい。本学は大学統合後から BYOD が必須となり，学生の PC/Mac 持参を必須化できるようになった。そのため，基本全員が PC/Mac を所有していると仮定できる 2024 年度から，オンラインテストを実施することとした。

2022 年に登場した AI は当初，大きな問題とはならなかったが，計算ソフトとの統合や AI の大きな進化に伴い，受験中のチーティングは避けがたいものとなっている。このような状況で，オンラインテストを実施するには，対策が必要である。

1 つには，AI チーティング耐性を持つ問題を活用する，という方法である。AI チーティング耐性とは，従来のチーティング耐性が，計算ソフトの利用などを主な対象としていたのに対し，AI や AI と計算ソフト(e.g. Wolfram Alpha)の融合したものを利用することに対する耐性である。従来であれば，行列の入力が大変で時間がかかるが，自分で少し考えれば，あるいは，一定以上の理解があれば解答できるような問題がチーティング耐性を有していたが，AI 時代にあっては，スクリーンショットでそのまま問題を渡せるため，チーティング耐性を持つ問題を設計することは容易ではない。

ここでは割愛するが，そのような問題もある程度作れるものの，有料版であればほぼ 95%以上の問題について，正確な答を提示してくるものと考えて

間違いない(無料版では正解率は落ちるが，無視はできない)。

このような状況でオンラインテストを信頼性の高い成績評価目的で実施するために以下のような方式を検討した。

1. まず，紙で問題を提示し解答過程を記述してもらい，時間になったら，短い制限時間で入力してもらう。
2. 1 と同様だが，解答時間に少し余裕を持たせ，ランダムな理解を必要とする多肢選択問題(STACK 利用)を併用する。
3. スマートフォンの使用を禁止した上で，Safe Exam Browser(3)を用いる。

1，2 どちらの方法においても，オンライン入力時間が終了した後，紙を原則回収する。これにより，入力時に他の学生の答案を見て修正したりするチーティングを抑止できる。また，解答を送信した直後には正解や評点は提示せず，制限時間終了時に点数や正解を表示する。また，欠席者用に教室後部で撮影を行っている機材で試験中にモニタリングすることで，チーティングの抑止効果も期待できる。また，解答入力ミスを本人が申し出た場合には，提出した用紙を確認して教員が手動で修正することもできる。

このような方法により，少し難易度の高い問題では，成績に分散が見られ，評価としての妥当性が推測される(図 2)。

なお，小テストにはやりなおし課題を課すが，今年度は，オンライン演習(これまでより大幅に分量を削減している)をすべて完了することにより合格点に補正する，という対処をしている。

3 の方法では，ランダム問題も利用できるため，他の学生の答案を見るなどのチーティングは完全に防げる他，PC/Mac の場合，画面の切り替えができないので，AI を参照することはできない。なお，この場合にも，解答過程を書かせて出させる方法も併用すれば効果的であると考えている。また，この場合，万一 AI でチーティングされても，AI チーティング耐性を有する問題にしておけば，さらに安全に評価することができる。

ただし，Safe Exam Browser が昨年度までは本学では動作しなかったこともあり，今年度試行の準備を進めているところである。ただし，学生によってはトラブルで使用できないケースもあり，何らかの個別対応が必要な点が難点である。

3. AI チーティング耐性問題について(補足)

AI チーティング耐性問題は，図 1 に示したような問題も正解を導き出す。しかし，ある程度深い理解をしていれば数秒で解答できるような多肢選択問題を多用すれば，AI に尋いて正解を得るには一般に 1 分以上かかるため，評価に利用できると考えられる。なお，この手法・考え方は，数学に限らず利用できるのではないかと考えている。

4. まとめと今後の課題

チーティング耐性を持つオンライン問題を活用して演習問題とし一定の効果は得られたが，評価においては AI の進化が早く，どのような問題でもほぼ正解を出す状況になりつつある。

このような状況においては，自宅でのオンラインでの評価は一旦断念し，授業内での小テストとして，即時フィードバックを持つオンラインテストを解答過程の提出と合わせて実施し，評価することで一定の正確性を担保できると考えている。実際に，テストによっては，評価の分布は 0%〜100%まで広く分布しており，理解していない学生の抽出には，効果を発揮していると考えられる。

今後， AI チーティング耐性を持つ問題を利用したオンラインテストを併用し，授業でのオンライン評価との相関等について調査したい。

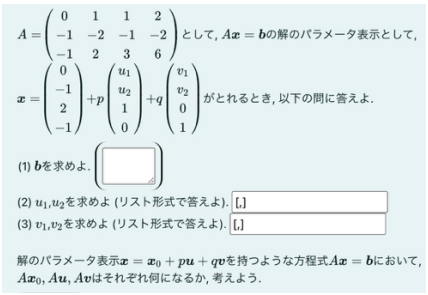


図 1 チーティング耐性問題の例

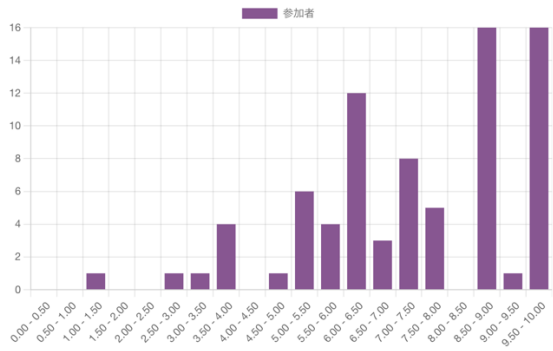


図 2 小テストの評点分布

5. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 24H00168 の助成を受けたものです。

参考文献

(1) 吉冨賢太郎, “線形代数における形成的評価を目的とするオンライン演習問題について”、教育システム情報学，2022 年度第 2 回研究会報告,pp.49–56, (2022).
(2) 吉冨賢太郎, “線形代数授業におけるオンライン問題の活用と学習分析”, 教育システム情報学会 2023 年度第 2 回研究会報告,pp.81–86, (2023).
(3) Safe Exam Browser : https://safeexambrowser.org/ (2025.6.4 確認)

Sims のデザイン錬金術モデルの教育事例の検討
Examining the educational case of Sims' Design Alchemy model

高橋 暁子[*1]，根本 淳子[*2]，竹岡 篤永[*3]，市川尚[*4]，鈴木 克明[*5]
Akiko TAKAHASHI[*1], Junko NEMETO[*2], Atsue TAKEOKA[*3], Hisashi ICHIKAWA[*4], Katsuaki SUZUKI[*5]

[*1] 千葉工業大学情報変革学部
[*1] Faculty of Innovative Information Science, Chiba Institute of Technology
[*2] 明治学院大学心理学部
[*2] Faculty of Psychology, Meijigakuin University
[*3] 事業創造大学院大学新潟地域活性化研究所
[*3] Niigata Regional Revitalization Institute, Graduate Institute for Entrepreneurial Studies
[*4] 岩手県立大学ソフトウェア情報学部
[*4] Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University
[*5] 武蔵野大学響学開発センター
[*5] Center for the Development of Enhanced Learning, Musashino University
Email: takahashi@net.it-chiba.ac.jp

あらまし：本稿では，鉛のような退屈な情報を金のように輝く科目に変換するという Sims のデザイン錬金術モデルについて，事例を中心に文献調査をした結果を報告する．
キーワード：Design Alchemy，文献研究，教授設計理論，インストラクショナルデザイン

1. はじめに

著者らは，激変する世界で変わらない（変えてはいけない）コアとなる教授設計要素概念を整理するため，その第一段階として文献調査を行っている．本稿では，Sims [(1)]の「デザイン錬金術」モデルに着目し，デザイン錬金術モデルを用いた教育事例を整理して，その特徴を明らかにすることとした．

2. デザイン錬金術モデル

Sims は，デザインを「学習と指導を支援するために環境を概念化し，それを実現する仕様を導き出すプロセスである」と定義した上で，「これまでの学習指導に対する考え方を変える視点」を「デザイン錬金術」モデルと呼んでいる[(2)]．デザイン錬金術では，Pedagogy（教育理論や哲学），Practice（実践），Assets（資源）の３つを組み合わせて錬成することで，鉛のような退屈な教育を金のように輝くオンライン（またはブレンデッド）の学びに変換する．特に教育理論（図 1）は「学習者中心」の視点を中央に置き，特定の理論のいずれかに単純に従うのではなく，自らが思い描く学習・教育環境に対して「どう組み合わせてアプローチするか」を重視する折衷的・統合的な戦略を取るとしている（Sims [(1)]，p.59）．

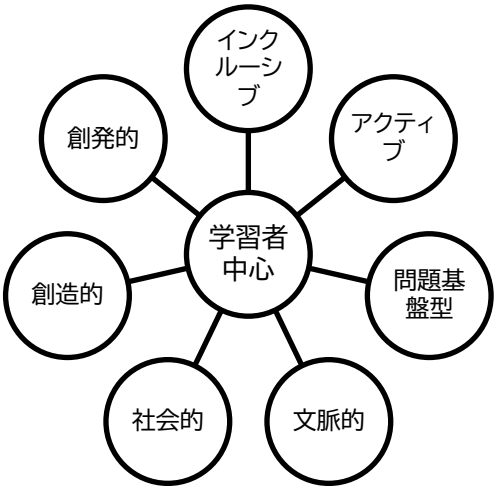


図 1　デザイン錬金術の教育理論の構成要素
（Sims [(1)]の図 3.7 を日本語訳）

3. 事例分析

デザイン錬金術が鉛のようなつまらない教育を金のように輝くものに変化させた事例として，Sims の著書[(1)]の第 11 章の 4 事例を表 1 にまとめた．

3.1 衛生検査技師研修

衛生検査技師を養成する 3 つのプログラム（組織学，瀉血学，臨床神経生理学）の改善事例である．既存プログラムは全て「講義，実験，臨床」の積み上げで構成されていた．教師は講義をしてクイズを実施する役割が課せられ，当初は講義部分をオンライン化するだけの予定であった．

改善後は「不正や腐敗から私たちを守る」というゴールに向かい，専門職としての 3 つの役割と 5 つのスキルが定義され，学習成果と知識の応用に重点を置いた統合的な活動へと変革した．自己ペース学習と協働学習の機会を提供され，教師はメンターかつ専門家として，学習者と協働する役割となった．

3.2 不正と汚職（コンプライアンス研修）

企業の不正と汚職に関するコンプライアンス系のオンライン研修の改善事例である．もともと単なる

スライド資料を提供して（学習者が自分で見る），最後にクイズに答えるスタイルだった．

そこで，目標や評価，リソースなどを再検討し，グループによる問題解決型学習へと改善した．問題解決型学習のシナリオは３種類あり，雇用形態に応じて選択できるようになった．

3.3 企業法コース

オンラインの 5 週間の企業法コースの改善例である．既存コースは明確に設計され，評価基準やディスカッション活動も明文化してあった．しかし，実際の活動や小テストは設計とは異なり，教科書の一部にしか対応していないなど，不整合が見られた．また，学習者が学んだ情報を実務に活かす視点が不足していた．

改善後は評価・活動・リソースの整合性が担保された．そして最終的な学習成果として「提案書作成」を追加し，毎週の成果物は最終提案書の各章として反映されることとなった．

3.4 科学と数学（大学院の教員養成コース）

現在および将来の学校教員を対象に，科学と数学の知識を向上させる目的のコースを改善した例である．従来の教育では測定が困難な用語で学習目標が記述されていた（例：数学的誤解に対処し，是正することの重要性を理解する）．また，オーストラリアの学習指導要領に基づき「この単元ではこの内容を教える」という「知識の伝達」が重視されていた．

改善後は学習成果と評価を一体化させ，「授業プログラムの作成」といった具体的な成果物が設定された．能動的に学ぶ授業設計へ転換されたと言える．

4. 考察

4 つの事例から，デザイン錬金術モデルの特徴として以下が挙げられる．

- **学習目標・評価・活動・リソースの整合**：これらが不整合だった場合は，整合性を担保することから始めている．ID の原則と合致している．
- **学習成果重視**：学習者によって現実的な文脈依存の学習成果が作り出される．そのため，問題解決に向かって学習者が協働的に学ぶ活動が組み込まれている．
- **役割の変化**：教員がメンターになったり，学習者が教え合ったりと，参加者の役割が変わる．

一方で，教員やデザイナーが当初想定していないような新たな知識を学習者が生み出すという意味での「創発」は，「3.4 科学と数学」などで見られるようだが，明確には示されていなかった．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 24K00457 の助成を受けた．

参考文献

(1) Sims, R.: “Design alchemy: Transforming the way we think about learning and teaching”, Springer (2014)
(2) 鈴木克明，根本淳子:“奇跡を呼ぶ魔法あるいは錬金術としてのインストラクショナルデザイン”，教育システム情報学会第 43 回全国大会講演論文集, pp.207-208 (2018)

表 1 デザイン錬金術モデルの教育事例

	デザイン錬金術モデルによる変革	
	鉛（改善前）	金（改善後）
衛生検査技師研修	● プログラム構造は，講義，実験，臨床実習の積み上げ ● 講義部分のみをオンライン化の予定 ● 教師は講義をしてクイズを実施する役割	● プログラム構造を学習成果と知識の応用に重点を置いた統合的な活動へと変革 ● オンライン技術を統合し，自己ペース学習と協働学習の機会を提供 ● 教師はメンターかつ専門家へ移行
不正と汚職（コンプライアンス研修）	● スライド資料を提供して学習者が見る，最後にクイズに答える	● 目標や評価，リソースなどを再検討し，グループによる問題解決学習へと改善 ● 問題解決型学習のシナリオは 3 種類あり，雇用形態に応じて選択
企業法コース	● 評価基準とディスカッション活動が明文化されていたが，実際の活動や小テストは教科書の一部だけ ● 学習者が学んだ情報を実務に活かす視点が不足	● 評価・活動・リソースを一致 ● 最終的な学習成果に「提案書作成」を追加（各週の成果物は提案書の各章に反映）
科学と数学（教員養成コース）	● 測定が困難な用語を用いて学習目標を設定（例：理解する） ● 知識の伝達を重視	● 評価と学習成果を一致させた（例：授業プログラムの作成） ● 学習者は自ら授業活動を「設計」し，評価課題を「作成」することで理解を示す

交通状況の変化を想定した HMD 型自動車運転訓練支援システム

HMD-based Driving Training Support System with Various Traffic Conditions

竹本 陸[*1], 岡本 勝[*1], 松原 行宏[*1], 毛利 考佑[*1]
Riku TAKEMOTO[*1], Masaru OKAMOTO[*1], Yukihiro MATSUBARA[*1], Kousuke MOURI[*1]
[*1] 広島市立大学大学院情報科学研究科
[*1]Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University
Email: mj67006@e.hiroshima-cu.ac.jp

あらまし：本稿では，様々な交通状況の配置機能を導入した HMD 型自動車運転訓練支援システムを提案する．従来のシステムでは，静的オブジェクトのみで交通状況を再現していたため，体験した交通状況を理解できない課題があった．提案システムでは動的オブジェクトを用いることで交通状況を再現し現実に近い運転環境を構築した．検証実験により，訓練者はほとんどの交通状況を理解できたことを確認した．
キーワード： HMD，VR，自動車運転訓練，体験学習，危険予測能力

1. はじめに

令和 6 年交通安全白書によると，2023 年における自動車による交通事故件数は約 30 万件もあり，平成 16 年から令和 5 年にかけて減少傾向にあるものの，依然として多くの事故が発生している [(1)]．交通安全教育において事故防止効果のある手法として，危険予知トレーニングがある．これは，道路交通に潜む危険を事前に予測し，適切に対応する力を養うためのトレーニングである．

従来の手法として，教習所にある初心運転者講習で用いる危険予測シミュレータや HONDA では映像を見ながらクイズを解く危険予知トレーニング [(2)] などが挙げられる． これまでに，我々は広範囲な仮想都市環境と静的オブジェクトを用いて様々な危険場面を再現したドライビングコースを開発し，状況予測を指向した運転訓練を行い，運転行動の評価が可能か調査した [(3)]．

本稿では，様々な交通状況の配置機能を導入した HMD 型自動車運転訓練支援システムを提案する．様々な交通シナリオを作成し，様々な交通状況の運転体験による学習効果と訓練者の運転行動の傾向について検証する．

2. 提案システム

2.1 システム概要

図 1 に，システム概要を示す．図 1(a)には提案システムの外観を示す．HMD は Meta Quest Pro を，ハンドルコントローラは Logicool G923 を使用する．訓練者は HMD を頭部に装着し，ハンドルとペダルで仮想空間内の自動車を運転する．図 1(b)に，提案システムの映像を示す．提案システムで使用した仮想都市環境は，(株) ゼンリンが提供する 3D 都市オブジェクトである．これは実際の街を基にデータ化しているため，現実に近い街を仮想空間内に再現できる．また日本の秋葉原，福岡市，札幌市のオブジェクトを構築しており，本システムでは秋葉原のオブジェクトを使用した．訓練者は仮想空間内の自動車の運転席の位置に座った状態で，スピードメータ，ルームミラー，両サイドミラーを用いて，運転操作を行う．また仮想環境内で再現した様々な交通状況を運転体験してもらい，危険予測能力を訓練する．

図 2 には，提案システムの構成図を示す．入出力インターフェース部にある HMD とコントローラの入力データが仮想環境生成部内の運転操作管理部に入力される．運転操作管理部では，入出力インターフェース部で得られた入力データに基づき，訓練者が運転する自動車の前進，旋回，停止などの車両挙動を制御する．データベースでは，訓練者が運転訓練を行う様々な交通状況を再現するため，複数のオブジェクトを配置するためのデータを格納している．次節で詳細を述べる．

(a) システム外観　　(b) システム映像

図 1 システム概要

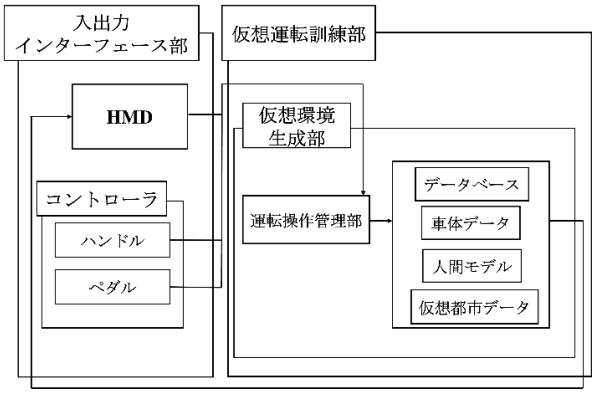


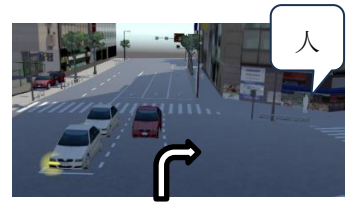
図 2 システム構成図

2.2 交通シナリオに基づいた仮想状況生成

一般的に同じ交通環境を運転していて，同じ交通状況が存在し続けるとは考えられない．そこで本システムでは，交通シナリオに基づいた仮想状況生成する機能を構築した.各交通状況を再現するために，自動車やバイク，人などの動的・静的オブジェクトを使用した．動的オブジェクトは，あらかじめ指定した目的地の位置情報に向け，移動する処理を行った．これらのオブジェクトが持つ位置情報や角度情報などの複数のデータを一つの交通シナリオとしてまとめ，様々な交通シナリオを格納するための DB を構築した．DB に用意した交通シナリオに基づいて 3D モデルを自動配置し、交通状況を再現している．交通シナリオの作成には，公益財団法人交通事故総合分析センターにある事故事例を参考にした．また,今回作成した交通シナリオは主に右折や左折，直進における事故事例を用いた．

表 1 に同じ仮想交通環境における右折状況の違いを示す．表 1 にある 2 つの右折状況は同じ仮想交通環境であるが，交通状況が異なる．例えば，表 1 の上図では右折車の死角にいるバイクが潜んでいる右折状況である．この状況では，対向車の死角に対向車またはバイクがいるかもしれないと予測する必要がある．一方，下図では対向車と横断する歩行者が存在する複雑な右折状況である．この状況では，対向車に気を取られないよう周囲を見渡し，歩行者を見落とさないようにする必要がある．以上のように同じ交通環境でも異なる交通状況の中で，訓練者は危険を予測しながら運転訓練を行う．

表 1　同じ仮想交通環境における右折状況の違い

交通状況（右折）	出現オブジェクト	予測例
	・車(自走) ・車(停車) ・バイク（自走）	対向車だけでなく，バイクにも注意が必要
	・車(自走) ・車(停車) ・人(横断)	対向車に加え，横断する歩行者に注意が必要

3.　検証実験

検証実験では，様々な交通状況の運転体験による学習効果の違いだけでなく，運転行動に与える影響を検討する．実験方法として，はじめに事前アンケートを行う．次に訓練者が走行するコースを運転練習として走行してもらい，コースを覚えてもらう．その後提案システムを用いて異なる交通状況を複数回体験してもらう．その際，訓練者に各交通状況の運転体験において指定した走行速度で運転するように指示した．最後に事後アンケートを行い，実験は終了する．事前アンケートでは訓練者の運転経験に関する質問を行った．交通シナリオは右折，左折，直進における交通シナリオを計 8 種類ある．訓練者は異なる順番に設定し，計 8 回運転訓練を行う．事後アンケートでは，訓練者に訓練効果に関する自己評価を行ってもらう．訓練者は運転免許取得していたことを確認した大学生 7 人とした．

表 2 に各訓練者における運転体験ができた交通状況の数を示す．全ての訓練者において，5 種類の交通状況を体験できた．しかし，2 種類の交通状況において，ほとんどの訓練者に想定通りの運転体験ができなかった．原因として，訓練者毎に運転中の走行速度が異なるため，交通シナリオにおける危険なイベント発生がする前後に通過し，想定通りの交通状況を再現することができなかった．

そして，様々な交通状況を異なるように体験することで，訓練者の運転行動が改善することを確認した． 例えば，表 1 にある上図の死角からバイクの飛び出しの交通状況を体験した後，表 1 の下図のバイクが出現しない交通状況を体験した際，バイクが来るかもしれないと予測する運転行動を訓練者 8 名中 7 名に見られた．

表 2　各訓練者における運転体験ができた交通状況

訓練者	交通状況の体験数と割合
A	5 (62.5%)
B	6 (75%)
C	5 (62.5%)
D	6 (75%)
E	7 (87.5%)
F	6 (75%)
G	6 (75%)

4.　まとめと今後の課題

本研究では，様々な交通状況の配置機能を導入した HMD 型自動車運転訓練支援システムを構築した．検証実験では，様々な交通状況を体験することで運転行動の改善が確認できた．今後の課題として，訓練者の運転速度に応じた危険なイベント発生の調整が挙げられる．

参考文献

(1) 内閣府，「令和 6 年版交通安全白書」，https://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/r06kou_haku/index_zenbun_pdf.html (2025 年 5 月 19 日)
(2) HONDA，「危険予測トレーニング（KYT)」，https://global.honda/jp/safetyinfo/kyt/training/(2025 年 5 月 19 日)
(3) 竹本陸，岡本勝，松原行宏，他．仮想都市環境を用いた VR 型自動車運転訓練システム．第 49 回教育システム情報学会全国大会講演論文集. pp. 59-60 (2024).

A2-2

HMD を用いたバスケットボールの行動選択訓練支援手法

HMD-based Action Selection Training Support Method for Basketball

原井　駿成[*1]，岡本　勝[*1]，松原　行宏[*1]，毛利　考佑[*1]
Shunsei HARAI[*1], Masaru OKAMOTO[*1], Yukihiro MATSUBARA[*1], Kousuke MOURI[*1]
[*1] 広島市立大学大学院情報科学研究科
[*1]Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University
Email: mj67008@e.hiroshima-cu.ac.jp

あらまし：本稿では，バスケットボールにおいて，ボール保持者が瞬間的に位置関係を把握し，瞬時の判断で行動選択をするために時間制限を設け，さらには，一人称視点以外での確認ができるシステムを構築した．本システムでは，他者視点と俯瞰視点を用いることで，ある状況下での適切な行動は何かについて，ゴール，自分，味方，敵の位置を自分の視点以外から考えることができる．検証実験より，提案システムの行動選択訓練支援に対する有効性を検証する．実験結果より，俯瞰視点や他者視点を用いることで，自分とそれ以外の位置関係を把握でき，選択肢について再検討を促すことが示唆された．
キーワード：HMD，バスケットボール，行動選択，VR

1.　はじめに

近年，スポーツ分野において，VR 技術を活用した研究が進められている．大川らは，オープンデータで公開されている試合データを仮想バスケットボール環境で再現し，その状況をボール保持者の視点だけでなく，俯瞰視点や各選手視点で観察することができるシステムを構築し，パス可能な選手の予測情報を提供している [(1)]．

バスケットボールにおいて，目で見る情報が重要であり，即座に正しい判断をするためには，なるべく見て判断する「視覚的」な合図で行動を選択する必要がある．また，試合中の予期せぬ状況に対応するために，「自分がどこにいるか，周りのものや人がどういう位置関係にあるか把握する能力」の向上も必要である [(2)]．

これまでの我々の研究では，ボール保持者の行動選択に着目し，構築した VR バスケットボール環境の空間内でどのような行動選択を選択するのか検証した [(3)]．検証する際には，空間の状況を把握したと自己判断するまで制限時間を設けず行った．

本稿では，ボール保持者が即座に位置関係を把握し，時間制限や俯瞰視点，他者視点を加えたシステムを提案する．本システムでは，瞬時の判断での行動選択や一人称視点以外での確認ができる．

2.　提案システム

システムの外観を図 1(a)に示す．本システムでは HMD を学習者の頭部に装着し，適宜コントローラを用いながら，学習を進めていく．次に図 1(b)に提案システムの仮想環境例として，HMD を装着し，状況を把握する画面と選択画面を示す．ユーザは，表示されたシチュエーションを指定された時間内で状況を把握し，コントローラを用いて，パス，ドリブル，シュートの中のいずれかを行動を選択することができる．

図 2 に様々な局面の一つとして，今回設定したクラッチシチュエーションの場面を示す．クラッチシチュエーションとは，試合終盤の重要な局面を指す．この局面として，表示された残り試合時間を把握した後，指定した時間が経過すると，行動選択の場面に強制的に遷移するように設定した．この機能を追加した理由は，試合状況の把握し，自分の置かれた状況を実際の試合に近づけるためである．

図 3,4 に行動選択の正答率と他者視点，俯瞰視点を加味したフィードバックの場面を示す．図 3(a), (b)は表示されたそれぞれのシチュエーションに対応した俯瞰視点と他者視点である．図 4 は表示された総シチュエーションの中で，どのような割合で妥当な行動選択ができていたか示した場面である．

以上の機能を追加した本システムを用いることで，これまでの自分の行動が妥当であるか「視覚的」に考えたり，コート上での適切な位置関係の把握をしたりすることへの支援ができる．

(a)システム外観　　(b)仮想環境例

図 1　システム外観と仮想環境例

図 2　クラッチシチュエーションの表示

(a)俯瞰視点

(b)他者視点

図 3　フィードバック画面

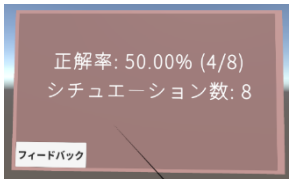


図 4　正答率表示

3.　検証実験

検証実験では，制限時間を設けた本システムを使用し，8 つのシチュエーションでボール保持者が行動に関して，フィードバックを使用することでの行動の変化について調査する．

実験手順は，被験者(5 名)に表示されたシチュエーションに対して，行動選択を行わせる．正解率の把握後，フィードバックを活用してもらい，再度，同じシチュエーションで行動選択を行わせる．これは，フィードバックの活用が行動選択の変化への影響を調査するためである．なお，被験者の中で継続的なバスケットボール経験者は確認されなかった．

表 1 に 8 つのシチュエーションに対する行動選択の変化の結果を示す．変化があったシーンの中で，「不正解」→「正解」を◎，「不正解」→「違う不正解」を▲，「正解」→「不正解」を×，さらに，複数の正解が用意されているシーンにおいて，「正解」→「違う正解」を◌で示す．また，行動の変化がなく，正解のままを〇，不正解のままを■で示す．

「不正解」→「正解」（◎）において，オールコートの場合，「俯瞰視点や他者視点を用いることで奥の味方の位置の認識の変化があったため」と回答があった．ハーフコートの場合，「俯瞰視点でみたときに，想定していたより，ゴールやディフェンスとの距離があったことに気付いたため」と回答があった．

「不正解」→「違う不正解」（▲）において，「他者視点から見て，パスカットされそうと感じたため」と回答があった．一方で，「試合状況を考慮できていなかったため」と回答があった．これは，試合状況表示をより把握しやすくする必要がある．

「正解」→「不正解」（×）において，「俯瞰視点でみると，1 回目に選択していた味方より，2 回目に選択した味方の方が，ディフェンスが近く，パスカットされにくいと感じたため」と回答があった．

「正解」→「違う正解」（◌）において，「俯瞰視点を用いることで，他にパスできそうな味方を見つけたため」と回答があった．

正解のまま（〇），不正解のまま（■）においては，自分の行動選択にフィードバックを活用し，1 回目の選択に確信を持っていた．

以上より，行動の変化が確認されたほとんどが「不正解」→「正解」（◎），「正解」→「違う正解」（◌），正解のまま（〇）となっており，本システムは，同じシチュエーションにおいて，行動選択の訓練支援へ効果があったといえる．一方で，「不正解」→「違う不正解」（▲），「正解」→「不正解」（×），不正解のまま（■）があったことに関して，継続的なバスケットボール経験がないことが原因として考えられるため，バスケットボールに関する戦術的な基礎知識の学習支援もする必要があるといえる．

表 1　行動選択の変化

シーン＼被験者	A	B	C	D	E
①	▲	■	◎	◎	〇
②	◎	▲	◎	〇	▲
③	◎	〇	〇	〇	〇
④	〇	〇	〇	〇	〇
⑤	◎	◎	■	◌	〇
⑥	×	〇	〇	■	〇
⑦	〇	〇	〇	◎	〇
⑧	▲	〇	▲	◎	〇

4.　おわりに

本稿では，バスケットボール仮想環境を構築し，提案システムの行動選択へのインタフェース効果を検証した．検証実験より，俯瞰視点や他者視点を用いることで，自分とそれ以外の位置関係を把握でき，選択肢について再検討を促すことが示唆された．今後の展望として，戦術的な基礎知識の学習支援をする機能について考える必要がある．

参考文献

(1) 大川順也，中田洋平．バスケットボールにおける選手・ボール位置情報の 3 次元可視化ツール．画像電子学会誌. Vol. 47, No. 4, pp. 372-381 (2018).
(2) 佐々木三男，倉石平，トーステン・ロイブル．Coordination Training　基礎編. 公益財団法人日本バスケットボール協会. (2013).
(3) 原井駿成，岡本勝，他．HMD を用いたバスケットボールプレイヤー視点にもとづく行動選択支援手法. 第 49 回教育システム情報学会全国大会講演論文集．pp. 63-64 (2024).

A2-3

コズミックレイ・エアシャワーの VR コンテンツの運用

VR contents of Cosmic Ray Air Shower for use

中山 翼[*1], 冨田 孝幸[*2], 香山 瑞恵[*2]
Tsubasa Nakayama[*1], Takayuki Tomida[*2], Mizue Kayama[*2]
[*1] 信州大学大学院総合理工学研究科
[*1]Graduate School of Science & Technology, Shinshu University
[*2] 信州大学工学部
[*2]Department of Engineering, Shinshu University
Email: 24w6055a@shinshu-u.ac.jp

あらまし: 宇宙空間を飛び交う高エネルギーの放射線であるコズミックレイ(宇宙線)の認知度が低い.そこで視覚的なイメージがしやすくなるように,コズミックレイが引き起こすエアシャワー(空気シャワー)現象を VR コンテンツで再現した.本コンテンツを佐久市子ども未来館(SAKUMO)に常設展示し,それは長野県内の北信地方と東信地方の子どもたちを中心に体験されている.本稿では,SAKUMO での本コンテンツの運用実績について報告する.
キーワード: コズミックレイ, VR, 宇宙線, 科学館

1. はじめに

コズミックレイ(宇宙線)とは宇宙空間を飛び交う高エネルギーの放射線である.地球に到来したコズミックレイが大気分子の原子核と相互作用を引き起こし,大量の 2 次粒子を生成する.これをエアシャワー現象と呼び,地球上では日常的に発生しており,私たちにとって身近な自然現象である.

これまでに,湯川秀樹,小柴昌俊,梶田隆章ら 3 人の日本人がコズミックレイに関する研究でノーベル賞を受賞しているにも関わらず,コズミックレイは一般に広く認知されていない.その一例として,コズミックレイが放射線であり目に見えないことや,子供向け図鑑にもコズミックレイについての掲載がないことが原因として考えられる.

そこで,コズミックレイ・エアシャワーにイメージを持ってもらいやすくするために,それを可視化した VR コンテンツを開発した.また,日常生活において触れる機会の少ない VR を活用することで,コズミックレイについて知らなかった人にも,本コンテンツを通じて興味を持ってもらえると考えた.

図 1　コズミックレイ・エアシャワーのイメージ

2. 開発した VR コンテンツ

本コンテンツは,360 度の全方位立体視写真にコズミックレイが引き起こすエアシャワーの CG 画像を重ね合わせることで,日常の身の回りで発生しているエアシャワーを視覚的に体験できるようにしたものである.立体視写真は定点で撮影しており,1 日を通して撮影した複数の写真をフェード切り替えで切り替えることにより,昼夜を通してエアシャワーが発生する様子を再現した.また,エアシャワーは高度 10km 程度から粒子数を急激に増大させ,地上では数 km の広がりを持って,粒子が到達する.本コンテンツでは,エアシャワーの大きさを再現するために,Google Earth Pro の機能を利用した.また,全方位写真とオブジェクトの重ね合わせは Unity 環境にて実装している.

図 2　VR コンテンツ内のエアシャワー

3. VR コンテンツを科学館に常設展示

本コンテンツは小・中学生向けの特別授業や大学のオープンキャンパスで主に使用されている.しかし,講演イベントにおいては,本コンテンツの体験者数に限りがある.そこで,より多くの人に本コンテンツを体験してもらうことを目的として,2024 年 5 月 17 日から長野県佐久市に位置する佐久市子ども未来館(SAKUMO)[*1]にて常設展示を開始した.これに伴い,SAKUMO における本コンテンツの稼働数および

営業時間に対する稼働率を調査したいと考え,2024年6月7日から2025年5月19日までの期間におけるVRコンテンツの稼働状況について調査した.

図3　SAKUMOでの展示の様子

3.1 本コンテンツの稼働数及び稼働率

本コンテンツの1回あたりの体験時間は約3分30秒であり,SAKUMOの1日あたりの営業時間は6時間である.営業時間に対する平均稼働率R(%)は,以下の式により算出した.

$$R = \frac{t \times N}{T} \times 100$$

t :1回あたりの体験時間(3.5分)
N:1日当たりの稼働数(回)
T:科学館の営業時間(360分)

データ収集期間は301日間で,総稼働数は10614回であった.この期間における1日あたりの平均稼働数は約35回,営業時間に対する平均稼働率は約34%であった.さらに,春休み,夏休み,冬休みを含む休日のみのデータ収集期間は155日間で,総稼働数は9018回となった.この期間における平均稼働数は約58回で,営業時間に対する平均稼働率は約56%となった.

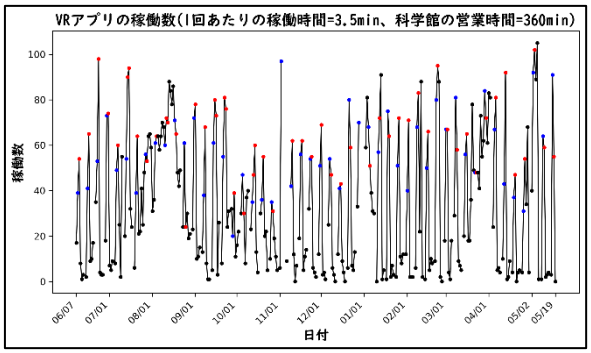


図4　SAKUMOでのVRコンテンツの稼働回数

3.2 評価

SAKUMOは長野県の東信地方に位置しており,主な来館者は県内の北信地方および東信地方に在住する小学生以下の子どもを連れた家族であると考えられる.また,職員への聞き取り調査から,本コンテンツの主な体験者は小学生以下の子どもであることが確認された.

長野県内の北信地方と東信地方の小学生以下人口は54442人[*2]とされている.そこで,SAKUMOにおける本VRコンテンツの総稼働数(10614回)をこの人口で割ることで,該当地域における体験率を算出した.その結果,この地域における本コンテンツの体験率は約19%となった.

また,都市部と比較して地方ではVRに触れる機会が少ないと考えられる.そうした中で,長野県の北信地方と東信地方の約19%の小学生以下の子どもたちが本コンテンツを通じてVRを体験し,さらにコズミックレイといった先端科学にも触れることができた点は,都市部と地方における教育格差を是正する一助となったと考えられる.

4.　おわりに

本稿では,コズミックレイ・エアシャワーを体験できるVRコンテンツを開発し,長野県佐久市のSAKUMOに常設展示を行った.その結果,SAKUMOにおける本VRコンテンツの総稼働数は301日間で10614回となり,多くの来館者に体験されている.さらに,長野県の北信地方および東信地方に在住する小学生以下の子どもたちの約19%が本コンテンツを体験したと推定される.これにより,地方の子どもたちにVRに触れる機会を提供し,都市部と地方における教育格差を縮める一助となったと考えられる.

今後の展望としては,長野県以外の地方にある科学館にも本VRコンテンツを展示し,より多くの地域で,都市部との教育格差の是正に貢献していく予定である.

謝辞

コズミックレイ・エアシャワーVRコンテンツを2024年5月17日より導入していただいたSAKUMOの皆様に深く感謝を申し上げます.

参考文献

(1) sakumo 佐久市子ども未来館, http://kodomomiraikan.jp/, (2025年2月2日確認)
(2) 高原 文郎,家 正則, 小玉 英雄, 高橋 忠幸(編): “宇宙物理学ハンドブック”, 朝倉書店, (2020)
(3) 独立行政法人　統計センター, SSDSE(教育用標準データセット), https://www.nstac.go.jp/use/literacy/ssdse/?doing_wp_cron=1738483850.7043130397796630859375, (2025年2月2日確認)
(4) T. Tomida, M. Kayama, Y. Abe, et al.: “Research on the development of stereoscopic contents for experiencing cosmic ray air showers and infor-mation provision methods.”, PoS(ICRC2023)1605, 2023

ブレンド型学習における相対的学習状況に関する初期的分析

A Preliminary Analysis of Relative Learning Status in a Blended Learning

三石 大[*1], Adrien SIMON[*2], 大河 雄一[*3], 趙 秀敏[*4]
Takashi MITSUISHI[*1], Adrien SIMON[*2], Yuichi OHKAWA[*3], Xiumin ZHAO[*4]
[*1] 東北大学データ駆動科学・AI 教育研究センター
[*1] Center for Data-driven Science and Artificial Intelligence, Tohoku University
[*2] 東北大学大学院情報科学研究科
[*2] Graduate School of Information Science, Tohoku University
[*3] 東北大学大学院教育学研究科
[*3] Graduate School of Education, Tohoku University
[*4] 東北大学高度教養教育・学生支援機構
[*4] Institute for Excellence in Higher Education, Tohoku University
Email: takashi.mitsuishi@tohoku.ac.jp

あらまし：本研究では，学習履歴の取得に制約により学習状況の予測に限界のあるブレンド型学習による授業を対象に，他者と比較した学習行動やアカデミックパフォーマンスからなる学習状況を分析し，将来的なアカデミックパフォーマンスの予測やアットリスクな学生の早期発見を目的とした初期的分析を試みる．
キーワード：学習分析，ブレンド型授業，相対的学習状況、アカデミックパフォーマンス予測

1. はじめに

現在，東北大学では，第 2 外国語の 1 つである中国の 1 年時教育の全クラスおいて，共通教材によるブレンド型学習による授業を実施している(1)．これまでの実践結果からは受講生からの印象もよく，また，従来の対面授業と比較しても学力の向上が確認されており，限られた人的資源の中で教育の質保証を実現する有効な手法といえる．

一方で，依然，学習動機が必ずしも高くはなく，最終的な成績も思わしくない結果に至る学生も一定数存在し，そのような学生をできるだけ早期に発見し，何らかの指導を行えることが求められる．すなわち，日々の学習行動や確認テスト等から，個別の学生のアカデミックパフォーマンスを推測し，指導を要する(アットリスクな)学生を発見できる仕組みが必要といえる．

2. ブレンド型学習における学習分析

アカデミックパフォーマンスの推測やアットリスクな学生の発見には，それまでの学習履歴や学習成果を利用した学習分析が利用されることが多い．しかしながら e ラーニングと対面授業の組合せとして実施されるブレンド型学習では，データとして記録が得られる学習履歴や学習成果は e ラーニングにより実施された部分に限られるため，対面授業による学習効果を含めたアカデミックパフォーマンス全体を e ラーニングのみの学習分析から推測することは必ずしも容易ではない．

我々のこれまでの取組みからは，学習行動の単純な機械学習による最終的な成績の高低の予測は極めて困難であることを確認している(2)．また，e ラーニングによる学習行動の種別と予想される学習動機との対応付けにより最終的な成績の高低を一定程度予測できることを確認できたが，機械学習により得られたモデルを異なる学年に適用した場合の予測精度には課題があることも確認されてる(3)(4)．

一方で今回対象とするブレンド型授業では，全 27 クラスで共通の教材を利用し，授業進行も全く同じとなっている．このため，各回の e ラーニングの取り組み状況や確認クイズの正解・不正解の状況の他学生との比較が可能であり，これにより他者との比較による相対的な学習状況を確認できる．そこで本研究では，相対的な学習状況に着目し，その分析結果から将来的なアカデミックパフォーマンスの推測やアットリスクな学生の早期発見を試みる．

3. 初期的分析

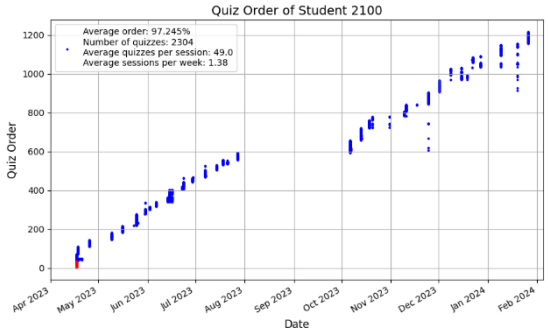
今回は，まず，相対的な学習状況の分析に向け，どのような学習状況が確認可能か，また，他者との比較したアカデミックパフォーマンスの確認が可能かを検証すべく，初期的分析を行った．ここでは，オンデマンドビデオによる学習の後，学習内容の定着のために実施するスマートフォンアプリによる学習状況を確認する．

3.1 学習者別進捗状況の確認

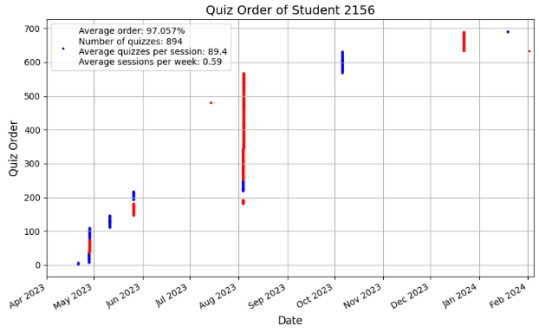
まず，スマートフォンアプリによる学習への取組み状況の推移を図 1 に示す．ここでは，〆切より前に当該練習問題の実施を開始したものを青点，〆切を過ぎて初めて実施したものを赤点で示している．

図 1(1)は，授業の進捗に応じてコンスタントに学習を進めていた学生の履歴を示す．多くの学生はこのような推移を辿っており，また，一部の学生は，図 1(1)に見られるような，過去の課の練習問題に立

ち戻って繰返し学習を行っている様子が確認できる．一方で図 1(2)は，各回の〆切を守らず，特定の日に溜まった分をまとめて実施している学生の例を示す．当該学生は練習に取り組んでいない空白期間が目立つほか，赤点が多いなど，〆切を過ぎて練習に取り組んでいることが確認できる．



(1) 継続的に学習を行っていた学生の例



(2) 散発的な学習を行っていた学生の例

図 1 学習行動履歴

3.2 学習者別アカデミックパフォーマンスの推移

図 2 に，個別の学習者のアカデミックパフォーマンスの推移を示す．当該授業で使用する練習用 e ラーニング教材は一部の教材を除き正誤判定を行っているが，基本，学習内容の定着のための練習を目的としており，各問題の難易度も高いものではなく，その正誤を成績評価に利用するものでもないため，多くの問題は 1 ないし複数回の試行で正解に至るよう設計されている．このため，各問題の正誤だけでアカデミックパフォーマンスを推定することはできない．そこで，何回の試行で正解に至ったかを計測し，その変化から，アカデミックパフォーマンスの向上もしくは低下として捉えることとした．

3.3 相対的アカデミックパフォーマンス

3.2 節で求めたパフォーマンスの推移と他者との比較結果を図 3 に示す．

ここでは問題種別ごとに，特定の期間におけるパフォーマンスの相対位置を求めており，これにより問題種別ごとに他者と比較した得手不得手を確認することができる．この得手不得手が時間軸に沿ってどのように推移するかを確認すれば，将来的なアカデミックパフォーマンスを予測し，アットリスクな学生の早期発見が可能とできると考えられる．

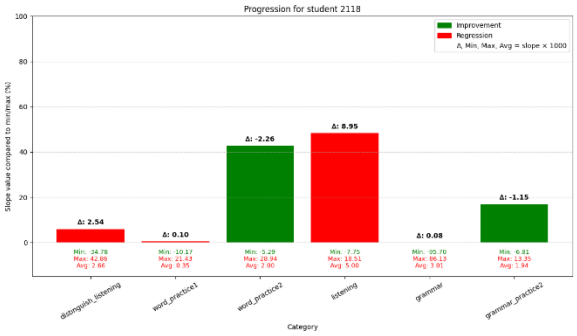


図 2 学習者のパフォーマンス推移の例

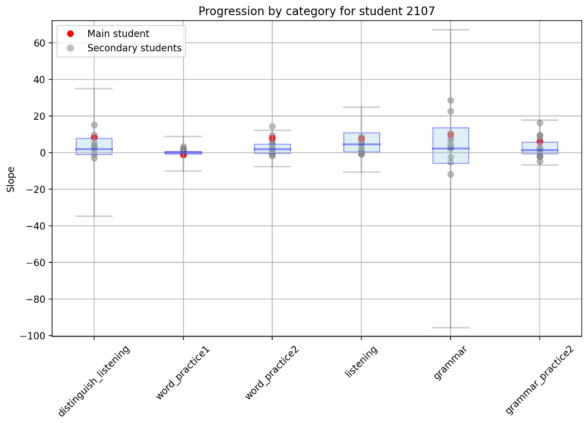


図 3 問題種別ごとの相対的パフォーマンスの例

4. まとめ

学習履歴の取得に制約のあるブレンド型学習を対象に，他者との比較による相対的な学習状況の分析に向けた初期的分析を行った．その結果，特定期間における相対的なアカデミックパフォーマンスを確認でき，将来的な予測に利用できることを確認した．

参考文献

(1) 趙秀敏 他: ブレンディッドラーニング : 3 段階から 2 段階学習プロセスへの転換－DX に向けた東北大学初修中国語教育改革の取り組み－，第 48 回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.277-278 (2023).
(2) B. Sanchez et al.: A Case Study on Prediction of Student Performance in a Blended Learning Class when Using Small Data, 情報処理学会研究報告 2018-CLE-24 (23), pp.1-8 (2018).
(3) Z. AZIZAH et al.: Measuring Motivational Pattern on Second Language Learning and its Relationships to Academic Performance: A Case Study of Blended Learning Course IEICE Transactions on Information and Systems, Volume E106.D, Issue 11, pp.1842-1853 (2023).
(4) Z. AZIZAH et al.: Predicting at-risk students in the early stage of a blended learning course via machine learning using limited data, Computers and Education: Artificial Intelligence 7, 100261, pp.1-10 (2024).

メタ学習プログラム実践データの質的比較分析

Qualitative Comparative Analysis of Practice Data from Meta-learning Program

油谷 知岐[*1]，林 佑樹[*1]，瀬田 和久[*1]
Tomoki ABURATANI[*1], Yuki HAYASHI[*1], Kazuhisa SETA[*1]
[*1] 大阪公立大学大学院 情報学研究科
[*1]Graduate School of Informatics, Osaka Metropolitan University
Email: aburatani.tomoki@omu.ac.jp

あらまし：著者らはこれまで，学び方の学びを普段の学習文脈でも意識するよう変容を促すことを目掛けたメタ学習プログラムを開発し，その有効性を確認してきた．一方で，開発したメタ学習プログラムは学習者に要求するタスクが多く，難易度や実行の負荷を低減するプログラム洗練の必要性が示唆された．本研究では，プログラムの実践データを対象に，メタ学習の成功に関わる要因を質的・量的双方の特性を有するケース分析手法の１つである fsQCA を用いて分析する．
キーワード：メタ学習プログラム，データ分析，ファジィ集合質的比較分析（fsQCA）

1. はじめに

専門的な学習トピックに関する知識に加えて，学習プロセスを制御して効果的に学ぶための知識（メタ認知知識）を身につけるメタ学習が大切である．

著者らはこれまで，わかったつもりの自覚を起点に理解を深める学習経験を起点にメタ認知知識を構成するメタ学習プログラムを開発した[(1)]．そして，その実践を通じて，普段の学習におけるメタ学習意識に肯定的な変化を与えうることを確認した．

この学習プログラムは，一般に暗黙的なメタ学習活動を明示的活動とするよう複数のタスクを課題化している．この課題系列はメタ学習意識の変容に繋がる重要な取り組みと考えている一方で，学習者に与える課題の難易度や負荷の調整には課題がある．

本研究では，メタ学習の意識変容に繋げる学習プログラムの学習成果に繋がる課題デザインや学習活動の要因を分析する．

2. メタ学習プログラムと分析手法

2.1 メタ学習プログラム[(1)]の概要

学習者は自分なりに十分理解したと思うまで学習トピックの知識を学んだ上で以下の課題に取り組む．

まず，自身が教材から読み取ったことを表明し，これに基づいて診断される「さらに読み取る余地があること（目標化ギャップ）」の指摘を受ける．これにより，メタ認知的気づきを起点に理解を深める学習経験を励起することを狙いとしている．

この学習経験を題材に，何を考えたことで何の理解が深まったか，今後学ぶときに何を考えることが理解を深めるのに有効かを考える課題（メタ認知知識カード作成課題）に取り組む．具体的には，メタ認知知識の言語化の観点を表すテンプレートを参照しながら，自身の経験をカードに記述し，今後の学びに有効な教訓へと抽象化･汎化する．これにより，段階的にメタ認知知識を構成していく活動を課題化している．

このプログラムの実施過程では，学習者は複数回，振り返りシートを使って自身の学び方に関する考えを振り返る課題に取り組む．これにより，学び方への意識が段階的に変容していくことの意識化を促すことを狙いとしている．

これらの学習課題はメタ学習の困難性の低減を狙いとしてデザインしている．具体的には，学習トピックの理解を深める経験が生じるよう目標化ギャップ指摘について考える負荷を与えたり，普段は意識の俎上に上がらないメタ認知知識の構成活動を陽に課題化するといった狙いがある．

なお，本プログラムによるメタ学習の成果を評価するため，実践実施の３ヶ月後にプログラム参加以降の普段の学びにおけるメタ学習の意識の変化を問うアンケートを取っている．

2.2 分析手法

本メタ学習プログラムにおける学習課題は，複数の異なる狙いに基づいて設計されており，各課題内容や課題に対する学習者の活動（要因）は相互に影響し合う従属関係にある．

こうした特徴を持つメタ学習プログラムによるメタ学習意識の変容(メタ学習の成果)とその要因を，先行研究[(1)]で実践に参加した学習者７名のケースを対象に分析する．具体的には，小規模データかつ要因間の従属関係を許容する分析手法であるファジィ集合質的比較分析（fsQCA：fuzzy-set Qualitative Comparative Analysis）[(2)]を用いて分析する．

fsQCA では，成果（OUTput）とその産出に関わる要因（Parameter）それぞれについて，ケースごとに合致する度合いを 0.0〜1.0 の連続値で表したファジィ集合として捉える．成果の値が 1.0 に近い（成功している）ときに各要因が取る値の傾向を計算し，成功を導く条件構成を算出する手法である．

本研究では，プログラム実施３ヶ月に実施したアンケートで,「普段の学びにおけるメタ学習意識が変化したか」に対する回答をメタ学習の成果（OUT）と捉える．そして，1.0 に近い肯定的成果に繋がったケースにおける要因を分析する．本分析では，成果

表1　メタ学習プログラムにおける学習者ごとのデータ（fsQCA におけるキャリブレーション結果）

学習者	(1)理解深化にかかる負荷	(2)プログラム遂行にかかる負荷		(3)メタ認知知識の作成活動に費やした努力	(4)プログラム中の学び方への意識	(5)メタ学習の成果
	P1 目標化ギャップ指摘数	P2 学習トピック内容の検討に要した時間	P3 メタ認知知識の検討に要した時間	P4 メタ認知知識カード作成数	P5 段階的に新たな気づきがあった記述の頻度	OUT メタ学習への意識の変化
A	0.69	0.60	0.71	0.32	0.67	0.67
B	0.67	0.59	0.74	0.28	1.00	0.78
C	0.58	0.56	0.68	0.44	1.00	0.89
D	0.14	0.53	0.65	0.55	0.67	0.67
E	0.64	0.05	0.22	0.21	0.67	0.44
F	0.64	0.43	0.38	0.75	0.33	0.89
G	0.64	0.40	0.17	0.28	0.67	0.67

表2　fsQCA の計算結果

	fsQCA の解となる条件構成（青文字は補集合）	一貫性 条件に合致するケースの内，OUT が高い割合	網羅度 OUT が高いケースの内，条件に合致する割合
1	P1⋀P2⋀P3⋀^P4⋀P5	1.00	0.47
2	P1⋀^P2⋀^P3⋀^P4⋀P5	0.92	0.46

の産出に関わると考えられる以下の４観点を対象に，要因（P）を５つ設定して分析した．

(1) 学習トピックの理解深化にかかる負荷
　P1. 読み取るべきと設定されたことの数に対する目標化ギャップ指摘数の割合
(2) プログラム遂行にかかる負荷
　P2. 学習トピック内容の検討について，想定所要時間に対する実際に要した時間の割合
　P3. メタ認知知識の検討について，想定所要時間に対する実際に要した時間の割合
(3) メタ認知知識の作成活動に費やした努力
　P4. メタ認知知識カードの想定枚数に対する実作成枚数の割合
(4) プログラム中の学び方への意識
　P5. 振り返りシートでの段階的な気づきの頻度

3.　分析結果と考察

学習者ごとの要因と成果の値を表１に示す．解となる条件構成に当てはまる最小ケース数を 2，一貫性の最低基準値を 0.9 と，R の QCA パッケージ[3]を用いて計算した．その結果，高い学習成果（OUT）を示す十分条件となりうる条件構成が２つ得られた（表２）．以下，それぞれの条件構成の解釈を述べる．

3.1 構成１．思考活動を優先する構成

１つ目の条件構成は，P4 以外のパラメタが高く，P4 のみ低いときにメタ学習の意識変容に肯定的成果が見られることを示している．すなわち，目標化ギャップが多数指摘（P1）され，学習トピックの理解とメタ認知知識の構成活動の双方に時間をかけて取り組み（P2⋀P3），プログラムの進行に伴って学び方に意識を向けている（P5）一方で，メタ認知知識カードの作成数は多くない（^P4）とき，メタ学習意識が高まる学習者がいたことを示している．

メタ認知知識カードの作成活動に作業的に取り組むのではなく，多数の指摘を踏まえて理解を見直し，学び方の認識の変化への意識に注力した場合に学習が成功する可能性が示唆された．

3.2 構成２．短時間で学び方に意識を向ける構成

２つ目の条件構成は，P1 と P5 が高く，それ以外が低い値のときに肯定的成果が見られることを示している．すなわち，目標化ギャップが多数指摘（P1）され，プログラムの進行に伴って学び方に意識を振り向けている（P5）一方で，学習トピックの理解とメタ認知知識の構成活動のどちらにも多くの時間は割かず（^P2⋀^P3），メタ認知知識カードの作成数も多くない（^P4）とき，メタ学習意識が高まる学習者がいたことを示している．

作業的な活動に注力するのではなく，わかったつもりの状態からさらに読み取る余地があることを認識し，短い活動時間に集中して取り組み，学び方への認識の変化への意識に注力した場合に学習が成功する可能性が示唆された．

いずれの条件構成でも P4 が補集合（NOT）となっていることから，メタ認知知識カードの作成作業量が想定より少ないことが肯定的成果に繋がる可能性が示唆された．これは，「学習作業量が多いほど学習成果が高まる」という素朴な仮説を支持しない興味深い結果である．また，P1 と P5 が両条件構成にあることから，メタ認知知識構成の源泉となる「さらに読み取る余地があることへの気づき」と，これを踏まえた学び方への意識の振り向けが，メタ学習の意識を高める鍵となる可能性が示唆された．

4.　まとめ

学び方の学びを普段の学習文脈でも意識するよう変容を促すことを目掛けたメタ学習プログラムの洗練に目掛け，実践の中で肯定的な学習成果に繋がりうる認知的負荷を fsQCA を用いて分析した．

分析結果から，今後学習プログラムを再設計する際に，メタ認知知識カードの作成に求める時間や枚数の制限や，学び方への意識変化そのものの意識づけを促す介入を強化するといった方針が考えられる．

参考文献

(1) 油谷知岐，瀬田和久，林佑樹：“学習経験の抽象化と汎化によるメタ学習プログラム”，教育システム情報学会誌，Vol.42, No.2, pp.243-260 (2025).
(2) Ragin, C. C.: “Fuzzy set social science”, University of Chicago Press (2000)
(3) Duşa, A.: “QCA with R: A comprehensive resource”, Springer (2018)

リアルタイム音声フィードバックを用いた 左官作業姿勢の個人学習支援システムの検討

Investigation of a self-study support system for plastering work posture using real-time voice feedback

田中 凌太[*1] 高橋 瑞貴[*2] 後藤田 中[*1] 高井 由佳[*2]
Ryota Tanaka[*1] Mizuki Takahashi[*2] Naka Gotoda[*1] Yuka Takai[*2]
[*1] 香川大学 [*2] 大阪産業大学
[*1]Kagawa University [*2]Osaka Sangyo University
Email: s25d155@kagawa-u.ac.jp

あらまし：熟達した技能者は暗黙知と呼ばれる言語化の難しい技能を持っており，その習得には長い期間が必要となる．こういった技能を習得する際には，指導者からのアドバイスの声かけが用いられることが多い．本研究ではこの声掛けに着目し，音声を用いた個人学習支援システムについて左官を対象に検討する．まず，左官職人の方にインタビューを行った．インタビューから支援対象として「作業姿勢」を選択し，次に熟達した技能者の作業動画をもとに，作業時の理想的な姿勢について数値化を行った．数値化された姿勢をもとに 5 つの音声フィードバックを作成し，実際にリアルタイムフィードバックを行うシステムを開発した．
キーワード：個人学習，リアルタイムフィードバック，音声フィードバック，骨格推定，作業姿勢

1. はじめに

熟達した技能者は暗黙知と呼ばれる身体化された知を持っている．暗黙知はその作業を行う際のコツや勘といったものを含んでおり，その特性上言語化が難しく，習得には長い期間が必要である．

左官業は暗黙知を持つ技能職の 1 つである．他の暗黙知を持つ技能と同様に，その技能習得には長い期間がかかる．他方で，左官業を含む建設業全体において就業者数は減少の傾向にあり，個人での学習を含む職人育成環境の整備は急務である．

技能を新たに習得する場面において，指導者によって与えられる動作修正のフィードバックは学習者の技能向上に効果的である(1)．作業を通して学習を行っている学習者にとって，自身の動作について自己評価を行うことは難しく，また自己評価には限界がある．指導者が「どう直すべきか」の適切なアドバイスの声かけを行うことにより，学習者は自身の動作と理想的な動作との乖離を瞬間的に把握することができる．これにより学習者は自身の作業動作をより理想に近づく形で修正することができる．

そこで，指導者による音声フィードバックを個人学習においても再現することで，個人学習を強化できると考え，本論文ではリアルタイム音声フィードバックを用いた左官作業を対象とした個人学習を支援するシステムについて検討した．初めに，左官指導者へのインタビューを行い，左官指導において重視する点を調査した．今回はインタビューから得られた重視する指導点から，左官作業時の姿勢に着目し，実際に 5 つの音声フィードバックを作成し，それらを用いてリアルタイムフィードバックを行うシステムを開発した．

2. 左官職人へのインタビュー

指導者が指導の場面において，どのような点を重視しているかを把握することは個人学習支援システムにおいて適切なフィードバックを与えるために必須である．

そこで，左官指導者に対し，初期段階の学習者への指導の際に重視する点についてインタビューを行った．その結果，以下の 5 点が挙げられた．

1）壁に対して正面に立つ
2）足を肩幅に開きバランスをとる
3）材料が剥離しないよう鏝に力をしっかりと入れる
4）材料を塗り付けるのに集中しすぎて壁に目が近づきすぎないようにする
5）力を分散させないため脇を閉めてまっすぐ塗る

これらの 5 点から，左官学習の初期段階においては「姿勢」を重点的に学習すべきであると考えた．高井らの研究においても，下半身の安定が重要であると報告されている (2) ため，本研究ではまず，足が肩幅に開かれているかを判定し修正のフィードバックを行う．

3. 左官における理想的な姿勢の数値化

理想的な足の開き幅を調査するために，左官職人と初期段階の学習者の下半身の動作について，VisionPose(3)を用いて骨格推定を行い，その違いを測定した．図 1 に示す通り，腰と左膝の成す角を $\theta 1$，腰と右膝の成す角を $\theta 2$，左右の膝間の距離を ℓ とした．左官を行う壁面は高さ 1800mm，幅 900mm とし，そのうち上半分の 900×900mm の範囲を塗りの対象とした．

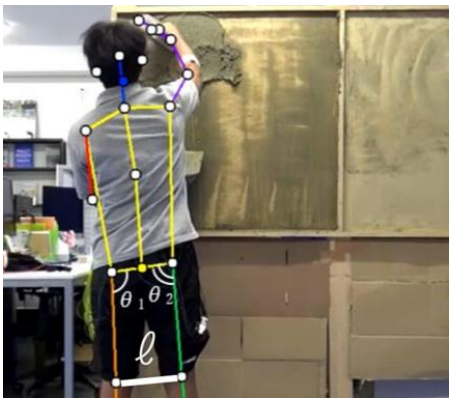


図 1 本研究で計測した部分

また，対象者の条件は以下のとおりである．
・職人：職歴 2 年，左官訓練校での指導経験あり．
・学習者：大学生，実験前に左官に関するレクチャーを 1 時間程度受けている．

測定の結果，職人は膝―腰の成す角 θ1 θ2 がおよそ 80°から 100°の範囲に収まっており安定しているのに比べて，学習者は 110°を超えて足を広げている場面や 70°以下まで足を占めている場面が多くみられ，不安定な状態にあることが確認された．

また，左右膝間の距離ℓについては，職人が平均して 200mm から 350mm 以内を維持していたのに対して，学習者においては平均して 100mm から 350mm と広く遷移し，場合によっては足の交差が起こる場面もあった．

これらの結果から，膝―腰の成す角度が，職人の測定値上位及び下位 2.5%のデータを除外した範囲である 81.1≦θ1≦107.6[°]および 79.4°≦θ2≦103.4[°]を維持しているかつ膝間の距離が肩幅と同定度の開き具合を維持している状態が理想的な足の開き幅であると定義し，これを逸脱する場合において，修正のフィードバックを行うシステムを考えた．

4. 姿勢矯正システムの開発

理想的な足の開き幅を学習者が維持できていない場合に，修正を指示する音声指示をフィードバックとして与えるシステムを作成した．表 1 は修正のフィードバックを与える条件と条件に対応したフィードバックの内容である．

次に，このシステムの利用法について説明する．本システムはリアルタイムでのフィードバックを行うものである．学習者の左官作業姿勢について，学習者の後方 2.5m から撮影を行う．学習者は，左官作業姿勢のための個人学習システムに Web 上からアクセスし，カメラをセッティングした後に，撮影を開始する．撮影中において，各フィードバック条件が 2 秒間継続して発生した場合に，修正のフィードバックが学習者に対して行われる．フィードバックにより学習者は音声指示に従い自身の左官作業姿勢を修正することができる．これを繰り返すことで，理想的な左官作業姿勢の学習を進めていく．

表 1　修正フィードバックを与える条件とその内容

フィードバックの条件	音声指示の内容
θ1 のなす角度が 81.1°以下	左足を開いてください
θ1 のなす角度が 107.6°以上	左足を閉じてください
θ2 のなす角度が 79.4°以下	右足を開いてください
θ2 のなす角度が 103.4°以上	右足を閉じてください
肩同士の距離とℓの差が 10%以上/以下	両足を肩幅に開いてください

5. まとめと今後の展望

左官は暗黙知を含む技能の 1 つであり，その習得には長い時間が必要である．本研究では，インタビューで得られた左官作業においてまず初学者が学習すべき点の 1 つである左官作業姿勢について，技能指導の場面でよく使用される声掛けによる動作修正のフィードバックに着目した．まず理想的な左官作業姿勢の状態を調査した．学習者の姿勢が理想的な左官作業姿勢から離れている場合に，具体的な修正点を持った音声指導を行う左官作業姿勢の個人学習支援システムについて試作・検討を行った．

今後の展望について説明を行う．現状はフィードバックの内容の検討とシステムの試作の段階まで進んでいる．今後は実際に左官作業姿勢の学習に対して有用であるかを調査する必要がある．また，このシステムと同様に左官を対象としているリアルタームフィードバックシステムや振り返り学習システムなどと比較実験を行い，どのような点においてシステムが優れているか，またはどこを改善すべきかを調査する予定である．また，本研究においては左官作業姿勢を学習の対象としているが，今後はこれ以外の左官作業についても研究を行い，総合的な左官学習環境を構築する予定である．

謝辞

本研究は，JSPS 科研費 JP23K02735 の助成並びに，JST 次世代研究者研究挑戦的プログラム JPMJSP2163 の支援を受けたものです．

参考文献

(1) George Tzetzis, Evandros Votsis, Thomas Kourtessis: “The Effect of Different Corrective Feedback Methods on the Outcome and Self-Confidence of Young Athletes”, *Journal of Sports Science and Medicine*, 2008, Vol. 7, Issue 3, pp. 371–378 （2008）
(2) 高井由佳, 後藤彰彦, 佐藤ひろゆき, 濱田泰以: “熟練職人の形式知を取り入れた京壁塗り習熟 e ラーニング教材の構築”, 教育システム情報学会誌, Vol.33, No.2, pp84-93 （2016）
(3) 株式会社ネクストシステム: “VisionPose”, https://www.next-system.com/visionpose（2025.5 参照）

社会ネットワーク分析による非認知能力の測定
－小学生の協働活動におけるピア評価を通じて－

Measurement of Non-cognitive Skills through Social Network Analysis
-Peer Evaluation in Elementary Students' Collaborative Activities-

松瀬 尚[*1]，近藤 伸彦[*1, *2]，小川 裕也[*3]
Hisashi MATSUSE[*1], Nobuhiko KONDO[*1, *2], Yuya OGAWA[*3]
[*1] 東京都立大学大学院 経営学研究科
[*1]Graduate School of Management, Tokyo Metropolitan University
[*2] 東京都立大学 大学教育センター
[*2]University Education Center, Tokyo Metropolitan University
[*3] 東京学芸大学附属大泉小学校
[*3]Tokyo Gakugei University Oizumi Elementary School
Email: matsuse-hisashi@ed.tmu.ac.jp

あらまし：本稿では，小学生を対象に社会ネットワーク分析（SNA）を用いて非認知能力を測定する手法の予備的検討を行った．協働的な活動後に児童同士が行ったピア評価のデータから中心性指標を算出し，自己評価による質問紙スコアとの関連を探索的に分析した．サンプルサイズ（自己評価 12 名，ピア評価 8 名）の制約により有意な関係は確認できなかったが，協働的な活動における行動や能力の発揮を可視化する手法としての可能性が示された．
キーワード：非認知能力，社会ネットワーク分析，他者との協働，中心性指標，ピア評価

1. はじめに

近年，子どもの非認知能力の育成が教育政策における重要課題として注目されている．この流れは，ヘックマンの研究に端を発し [(1)]，日本でも教育政策に反映されている [(2)]．非認知能力は将来の学業成績や就労状況に長期的な良い影響を与えるとされており，AI や自動化技術の発展によって人間ならではの対人的・社会的スキルの価値が高まる中，その重要性は増している．

しかしながら，非認知能力の測定方法には課題が残る．従来の質問紙調査には，主観や社会的望ましさのバイアス，低年齢児童の自己評価の信頼性，そして各時の協働場面で発揮される能力を動的に捉えきれないという限界がある．

本研究は，児童間のピア評価に社会ネットワーク分析を適用し，非認知能力（他者との協働）の新たな測定手法の可能性を探ることを目的とする．本稿では，東京都内の国立大学附属小学校における協働的な活動に取り組む児童を対象に実施した予備調査の結果を報告する．

2. 研究の枠組み

2.1 社会ネットワーク分析とピア評価

社会ネットワーク分析（SNA）は，人々の関係性をネットワークとして定量的に捉える手法であり，教育分野においても人間関係や相互作用の分析に応用されている．本研究では，協働活動後に児童同士が互いの貢献を「いいね！」と評価し合う仕組みを設け，その贈与関係をネットワークとして可視化し，中心性指標（次数中心性，近接中心性，媒介中心性，固有ベクトル中心性，PageRank）を算出した．

ピア評価の利点は，児童の行動が他者の視点から評価される点にある．つまり，個人の自己認識では捉えにくい対人影響や貢献行動の受容が，ネットワーク構造を通じて可視化される可能性がある．

2.2 リサーチクエスチョン

本研究は探索的な予備調査であるが，以下のリサーチクエスチョンに基づいて実施した．

RQ：児童の非認知能力（他者との協働）に関する自己評価と，ピア評価に基づくネットワーク中心性指標との間には，どのような関連性が見られるか？

2.3 調査の概要

対象は，東京都内にある国立大学附属小学校の「生活団」の 1 団（23 名）である．同校では 1 年生から 6 年生までの複数学年で構成される「生活団」単位で，自然との関わりをテーマにした探究的な学びや学校行事などに日常的に取り組んでおり，このような場面は非認知能力（他者との協働）が発揮される環境としても好適であると考えた．

2025 年 5 月 7 日，対象団の活動において調査を実施した．内容は以下の通りである．

(1) 社会情動的スキルに関する質問紙調査 [(3)] を，iPad を用いて Google Forms で実施した．9 項目からなり，「他者との協働」に関する下位尺度「社交性」「敬意」「思いやり」について 5 段階で自己評価を行った．総回答数 21 名のうち，多重回答等を除いた有効回答は 17 名，さらに尺度の対象学齢に即して 3 年生以上の 12 名を分析対象とした．

(2) 屋外での園芸作業（低学年の補助）と教室での話し合い（行事に向けた野菜の栽培計画）後にピア評価を実施した。iPad 上での Google Forms で，団員

の氏名一覧に対して，貢献をふり返りながら該当者にチェックマークを入れる形式とした．回答者は 8 名，すべて有効であった．
(3) ピア評価データをもとに，ネットワーク構造を可視化し，各児童のネットワーク中心性指標を算出．
(4) 質問紙スコアとネットワーク中心性指標の相関を算出し，探索的に関連性を検討した．

3.　結果と考察

3.1 ネットワーク構造の可視化

ネットワーク図（図 1）においては，回答数 8 という制約の中で構成されたネットワークは，入方向のみで出方向のエッジを持たないノードが多くスパース（まばら）な形状になった．しかしながら，一部の児童から多くのエッジが出ていて，多くの児童の活動を見て評価している様子や，ある児童同士では双方向的な評価関係が生じている点など，ネットワーク的な偏りが観察できた．このことは，協働活動の中での他者支援的なふるまいが，児童間の相互評価を通じて可視化されることを示している．

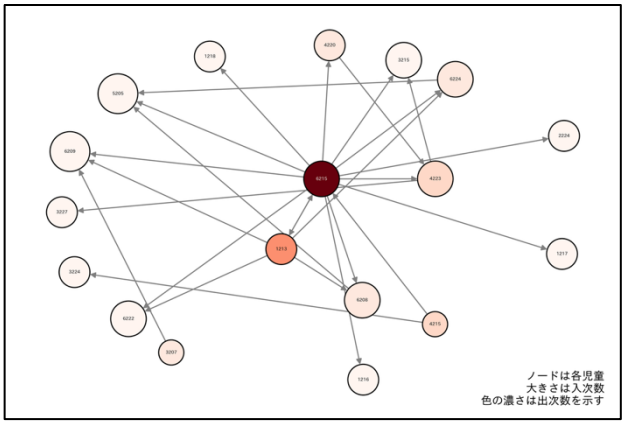


図 1 ネットワーク図

3.2 質問紙スコアとネットワーク指標の関連性

質問紙調査による「社交性」「敬意」「思いやり」の各スコアと、ネットワーク中心性指標（次数中心性、近接中心性、媒介中心性，固有ベクトル中心性，PageRank）との相関を算出した（表１）。

表 1　質問紙スコアとネットワーク中心性指標

質問紙	ネットワーク中心性指標	相関係数	決定係数
社交性	入次数中心性	−0.41	0.165
社交性	出次数中心性	−0.19	0.037
社交性	入力近接中心性	−0.09	0.008
社交性	出力近接中心性	−0.47	0.22
社交性	媒介中心性	−0.24	0.059
社交性	固有ベクトル中心性(入力)	−0.16	0.027
社交性	固有ベクトル中心性(出力)	−0.52	0.272
社交性	PageRank	−0.55	0.297
敬意	入次数中心性	−0.18	0.032
敬意	出次数中心性	0.11	0.011
敬意	入力近接中心性	0.30	0.088
敬意	出力近接中心性	−0.34	0.116
敬意	媒介中心性	0.07	0.004
敬意	固有ベクトル中心性(入力)	0.30	0.088
敬意	固有ベクトル中心性(出力)	−0.23	0.051
敬意	PageRank	−0.03	0.001
思いやり	入次数中心性	0.16	0.027
思いやり	出次数中心性	−0.47	0.223
思いやり	入力近接中心性	−0.47	0.217
思いやり	出力近接中心性	0.31	0.093
思いやり	媒介中心性	−0.40	0.158
思いやり	固有ベクトル中心性(入力)	−0.45	0.205
思いやり	固有ベクトル中心性(出力)	0.38	0.145
思いやり	PageRank	0.41	0.166

しかしながら、ピア評価の有効回答者は 8 名にとどまり、すべての決定係数は 0.3 未満であり、回帰モデルとしての説明力は極めて限定的であった。

したがって、今回の分析結果は特定の相関や傾向を意味づけるには不十分であり、数値的な解釈を行う段階には達していない。本分析で得られた重要な知見は、児童同士の相互評価をネットワーク構造として可視化し、そこから各児童の「協働における位置づけ」を定量的に把握できる可能性があるという点である。

今後は、対象生活団の全 23 名から、毎回の生活団活動後の「ふりかえり」時にピア評価を取得する枠組みを整備することで、十分なサンプルサイズと時系列のデータ蓄積を図る予定である。

4.　おわりに

本研究の予備調査により，児童間のピア評価データを社会ネットワーク分析により可視化する試みは，非認知能力の新たな測定手法として一定の可能性を示した．データ数には制限があるが，活動後に各自の端末でピア評価するという簡便な仕組みによって，協働活動の中の貢献を児童自身の視点から捉えることができた点は有意義であると考える．

今後は，回答回収数の向上，活動機会の複数化，および質問紙スコアとネットワーク指標の関係性を丁寧に検証すること，指導教諭の観察による客観的･質的評価との関係性の検証などを計画している．また，この手法が教育実践の中で評価や個別支援の指標としてどのように活用できるかについても検討を進める．

参考文献

(1) Heckman, J.J.: “Giving Kids a Fair Chance”, MIT Press（2013）（古草秀子訳『幼児教育の経済学』東洋経済新報社, 2015）
(2) 文部科学省:“小学校学習指導要領解説【総則編】”（2017）
(3) 山田淳子，松田繁樹，辻延浩: “小学生用・社会情動的スキル評価尺度の開発”，発育発達研究, Vol. 95, pp. 25-41（2023）

医療関係者による独自の教育用 XR コンテンツ制作を可能とするシステムの検証

Evaluation of a System Enabling Healthcare Professionals to Create Original Educational XR Content

米満 潔[*1], 田仲 浩平[*2], 菊原 美緒[*3], 大坪 美由紀[*1], 鈴木 智恵子[*1]
Kiyoshi YONEMISTU[*1], Kohei TANAKA[*2], Mio KIKUHARA[*3], Miyuki Otsubo[*1], Chieko SUZUKI[*1]
[*1] 佐賀大学, [*2] 東京工科大学, [*3] 令和健康科学大学
[*1]Saga University, [*2]Tokyo University of Technology, [*3]Reiwa Health Sciences University
Email: yonemik@cc.saga-u.ac.jp

あらまし：コロナ禍以降，医療系教育の教材として XR 教材も活用されている．これらの教材は企業が開発したものが多いが，医療関係者が独自に制作したものもある．しかし，個人やグループでは，XR 教材の制作や教育向けの配布や配信等が技術的に困難な場合が多い．この技術的な壁を越えやすくすることで医療系 XR 教材の活用と普及が促進されると考えた．そこで，教材の制作や配信に XR 関連技術を必要としないシステムの検証を行った．
キーワード：看護教育，災害対応，VR，AR，教材制作

1. はじめに

コロナ禍以降，医療系教育の教材として AR（Augmented Reality）や VR（Virtual Reality）などの技術を活用した XR（Cross Reality）教材も活用されている．それらの教材は，3DCG（3D Computer Graphics）を活用しゴーグルなどで没入感のある学習を行える VR 教材や，スマートグラスで現実空間にコンテンツが提示される仮想空間を融合させることで臨場感のある学習を行える AR 教材である．また，VR 教材には 360 度カメラなどで撮影した実写映像を利用する教材もある．

大学等の教育機関において使用される XR 教材の多くは，企業が開発したものである．これらは高品質である一方高価であり教材のセットアップなどに専門的な技術を必要とする．また，教育機関のカリキュラムや教育内容に適した教材がないこともある．

そのため一部の教育機関では教員が自らの授業内容に沿うシナリオで行う実技を 360 度カメラで撮影した映像を教材にすることが行われている(1)．しかし，教員個人やグループでは，XR 教材の制作や教育向けの配布や配信等が技術的に困難な場合が多い．学習効果を高める設問や異なるシーンを選択するケーススタディを実現することも容易ではない．

そこで，この技術的な壁を越えやすくすることができれば，医療系 XR 教材の活用と普及が促進されると考えた．ここでは，教材の制作や配信に XR 関連技術を必要としないシステムの検証活動について報告する．

2. AR コンテンツ制作システムの検証

スマートフォンなどの携帯向け AR アプリ「セカイカメラ」がリリースされた 2009 年以降 AR コンテンツの利用も増えている．特に Google Glass や Microsoft が HoloLens 等の XR デバイスが提供されたことでコンテンツの情報量や精度が向上した．さらに，一方的な情報の提示だけでなく，利用者の操作や場所の移動あるいは現実空間の変化に伴い提示される情報が変化するコンテンツもある．そのような AR コンテンツ開発には専用の開発環境や 3DCG やプログラミングの高度な IT スキルが必要となった．そのため，コンテンツ制作過程が高度化し，企業による開発が主となった．しかし，企業制作の製品は高品質であるが高価であり教材のセットアップなどに専門的な技術を必要とする．また，教育機関が求める教育内容に適した教材がないこともある．

そこで IT スキルを持たない教員あるいは医療関係者が，AR コンテンツを容易に制作できるシステムを使用することで自分が必要とする教材が制作できるか検証する．検証するシステムは，エピソテック社の Dive を採用した．このシステムは，現場で教材として想定した動きに合わせて動画と AR を組み合わせてコンテンツとするシステムである．

3. VR コンテンツ制作システムの検証

これまで VR コンテンツとして，フル 3DCG の看護教材を使用するだけでなく VR ゴーグルや端末で再生するのみの 360 度動画 VR 教材を制作し使用してきた．ここでは，教育効果の向上を目的としてテストの正誤や状況判断により提示される情報が変化する分岐システムを利用した VR コンテンツ制作について検証する．

3.1 動画撮影

動画は，表 1 に示すカメラ構成で撮影した．撮影は複数のカメラで同時に行った．これにより，カメラのアングルを変えるたびに，演者に同じ動きを複数回行ってもらうという負担を軽減した．また，同時撮影には撮影時間の短縮という目的もある．

避難所の段ボールベットのスペース内で人の移動が少ないケースと，瓦礫に挟まれている人の救助で人が大きく動くケースでカメラの設置場所やタイプを変更した.

表 1 撮影時のカメラ構成

シーン	カメラ	C1	C2	C3	C4
避難所での発作	設置場所	避難者足元	避難者の頭上	-	避難者の上方
	タイプ	360	360	-	VC
瓦礫からの救出	設置場所	救助者 1 頭部	救助者 2 頭部	瓦礫上部	瓦礫エリア外
	タイプ	SP	SP	360	VC

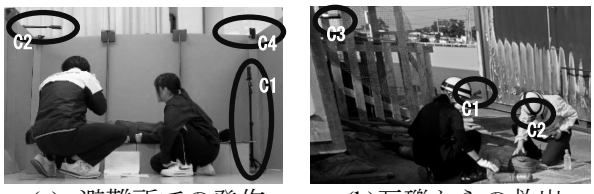
※ SP:スマートフォン，360:360 度カメラ，VC:ビデオカメラ

撮影した動画は，冒頭と末尾にある不要な箇所をカットする程度の編集を行った．これらの動画は，次に述べる分岐システムで制作する VR 教材の素材として使用する.

3.2 VR ゴーグル用 360 度動画分岐システム

風水害の際に被災者が避難してくる避難所の運営にあたる自主防災組織の方や医療従事者を対象とした教育用コンテンツとして「避難所での発作」シーンのコンテンツを試作した.

段ボールベッドで発作を起こした人を中心に家族や自主防災組織の方や医療従事者が対応する様子を異なる方向から撮影するために複数の 360 度カメラを設置し，段ボールベッドのパーティションの上方にもビデオカメラを設置した（図 1(a)）.



(a) 避難所での発作　(b)瓦礫からの救出

図 1 カメラ設置状況

避難所の段ボールベッドで心臓発作を起こした人の周辺が確認でき，かつ意識の有無により対応が異なることを理解できるように，利用者がメニューを選択することで再生される動画が異なる分岐システムを使用した.

ここで使用した 360 度動画分岐システムは，クリーク&リバー社の StoryPlay で, VR ゴーグル専用のシステムである. 表示される選択肢や選択後に再生される 360 度動画の指定などは，CSV ファイルに記述するためプログラミング等のスキルは必要としない.

3.3 パソコン用動画配信システム

震災や土砂災害などによる家屋倒壊時に状況把握や救助などの作業にあたる自主防災組織の方や医療従事者を対象とした教育用コンテンツとして「瓦礫からの救出」シーンのコンテンツを試作した.

瓦礫に挟まれている人を 2 名が協力して救助する様子を撮影するため，瓦礫や要救助者など作業活動範囲全体を撮影できるよう 360 度カメラは瓦礫の上方にビデオカメラは瓦礫から離れた場所に設置し，救助者目線での動画を撮影するため救助者 2 名のヘルメットにスマートフォンを取り付けた（図 1(b)）.

瓦礫からの救出は，瓦礫を含めた周辺の状況や要救助者の状況の把握が重要な項目になるため，動画の中の状況把握ができるようになることを目的としている．そのため，条件分岐で動画が切り替わるよりも救助のステップごとに状況が確認できているかを問う設問を提示し回答の正誤により動画の再生を制御できるシステムが向いていると判断した. また，使用する動画は 360 度動画だけではないため VR ゴーグル専用ではなく，パソコンやタブレットで同時に多人数での利用を想定した配信機能を有するシステムを選定した.

ここで使用したシステムは，スプライングローバル社が提供している hihaho で，インタラクティブ動画配信システムである. 設問の表示タイミングや設問と選択肢と正誤の指定などは，Web ページで設定可能であるためプログラミング等のスキルは必要としない．そのため，IT スキルを持たない教員あるいは医療関係者でも教材の制作が可能である.

4. 検証結果

これら 2 つのシステムを利用する教材の作成は，IT スキルを持たない教員あるいは医療関係者でも可能である.

これらの教材を使って学習をした人からは「状況がわかりやすい」「学習しておけば役に立ちそうだ」という意見も得られており，今後の教材の充実により学習効果の向上も期待できる.

教材作成の前に，教材の利用対象，演者のセリフや動き，表示させる設問などシナリオの作成を含めた準備が必要である．これは医療教育者が中心に行う必要がある．可能であればインストラクショナルデザインに関する知識を持つ人の協力を得る．さらに，システムや機材の操作など医療教育者が得意ではない部分については IT スキル等を持つ人の協力を得られれば良い.

ただ，今回使用したシステムは，いずれも有料のサービスや製品である．今後の継続的な活動には費用が必要となるため，それらをどのように確保していくかは，大きな課題である.

参考文献

(1) 米満 潔, 鈴木 智恵子, 菊原 美緒, 合田 友美, 水戸 優子, 鮫島 輝美, 中野 理佳, 榊原 愛, 佐藤 珠美: "360 度カメラを使用した動画教材制作の看護教育への展開", 教育システム情報学会 第 48 回全国大会論文集, pp.9-10 （2023）

喘息の子どもの看護を疑似体験する VR 教材の開発と使用感の評価

Development and evaluation of VR teaching materials to simulate nursing care of children with asthma

合田 友美[*1]，松本 宙[*2]
Tomomi GODA, Hiro MATSUMOTO
千里金蘭大学看護学部看護学科
Faculty of Nursing & Graduate School of Nursing
Email: t-gouda@cs.kinran.ac.jp

あらまし：2024 年 9 月，自作の CG 版 VR 教材を用いた小児看護学演習に参加した A 看護大学の学生 96 名を対象に教材の使用感（教材の仕様，学習意欲，学習満足度）について，アンケート調査を実施した．本教材は AI 機能を搭載し，入院中の喘息のある 6 歳男児とコミュニケーションをとりながら症状観察および呼吸困難時の援助をインタラクティブに疑似体験できるものである．調査の結果，教材の仕様については，‘映像’や‘ストーリー’‘音声’‘AI 機能’は高値である一方で，‘操作性’に関する平均値は低く【技術的・操作的な難しさ】に関する記述を散見した．学習効果については，9 割以上の学生が‘イメージしやすい’‘楽しい’‘興味が湧く’‘学習意欲が増す’‘創造力が増す’‘もう一度チャレンジしたい’と回答した。このことから，インタラクションの高い CG 版 VR は，学生に楽しさやおもしろさを感じさせ，抽象的な看護スキルを具体的に理解するのを助ける可能性が示唆された．
キーワード：喘息，小児，看護，VR，使用感

1. はじめに

近年，VR（Virtual Reality）を用いた看護教育において，知識，スキル，自己効力感，学習満足度の有意な向上（Lin,2024）など，複数の効果が報告されている．そして，今後は VR 技術の進化と普及により，看護教育がさらに革新され，より多くの学生が質の高い教育を受けられるようになることが期待されている．

このような中，VR の表現形式は，大きく「360 度実写版 VR」と「CG（Computer Graphics）版 VR」の 2 つがあり，筆者らは，これまで主に 360 度実写版 VR を小児看護技術教育に活用してきた．360 度実写版 VR は，筆者らがカメラで 360 度撮影した実際の映像を VR 空間上に再現するため，リアルな質感を伴い，ユーザーである学生は臨場感や没入感をもって看護技術を疑似体験することが可能であった．一方で，撮影対象やカメラワークに制約があるため，インタラクションには限界があった．そこで，本研究では，3DCG で構築された仮想空間においてユーザーが自由に移動・操作・対話できる教材を作成し，その使用感を調査したので報告する．

2. VR 教材の仕様と内容

入院中の喘息のある 6 歳の男児とコミュニケーションをとりながら症状観察および呼吸困難時の援助が疑似体験できる CG 版 VR 教材を作成した．本教材は，病室前の廊下から対象の病室を選択して入室する場面から開始し，バイタルサイン測定，SpO_2 測定，呼吸音の聴取といった症状観察を行いながら，子どもの状態に応じて体位の調整，酸素投与，ネブライザー吸入，飲水の促しなどの援助を実施し退室するまでの一連の流れを体験できる構成となっている（写真 1，2）．医療機器はユーザーが自ら選択し，測定部位に適用することで，測定結果が表示される（呼吸音については聴取が可能）．また，AI による音声認識機能を搭載し，ユーザーの発話内容をリアルタイムで自動判定し，即時にフィードバックを返すことで，映像内に登場する子どもと対話を可能としている．

3. 調査方法

2024 年 9 月，自作の CG 版 VR 教材を用いた小児看護学演習に参加した A 看護大学の 3 年次生 96 名を対象に，Google フォームを用いた無記名の WEB アンケートを実施した．本演習は，小児看護学実習（臨地実習）に先立ち学内で実施されたものである．演習では，1 名の教員が HMD（Head Mounted Display）内に映る映像をミラーリングしながら操作方法を学生に説明した後，学生は 2 名 1 組で交代しながら，それぞれ 1 回ずつ教材を視聴した．

調査内容は，教材の仕様に関する 8 項目（1 点：悪い～5 点：良い），学習意欲に関する 14 項目（5 件法：そう思う～そう思わない）学習効果に関する 3 項目（同様に 5 件法）からなる計 25 項目の設問と自由記述による感想で構成した．アンケートへの協力は任意とし，フォーム内に研究協力の同意確認欄（同意する・同意しないのチェックボックス）を設けた．得られた量的データは記述統計量を算出し，質的データは記述内容の類似性に基づき帰納的に分析した以下，カテゴリーは【 】サブカテゴリーは[ ]で示す．

4. 結果

CG 版 VR 教材の仕様に関する学生の評価（図 1）

は，‘映像（4.1±0.98）’や‘ストーリー（4.1±0.99）’に関する平均値（±標準偏差）が特に高値で，‘AI 機能（3.8±1.13）’も好評であった．一方，‘操作性（2.8±1.36）’の平均値は低く，[距離感が掴みにくく，操作が難しい][物を掴む操作が難しい]など【技術的・操作的な難しさ】に関する記述を散見した．さらに，【身体的な不快感】として[歩き回るシーンで酔う]など，VR 酔いに関する記述もあった．

学習効果については，‘イメージしやすい（90.6%）’‘楽しい（92.9%）’‘興味が湧く（92.9%）’‘学習意欲が増す（90.6%）’‘創造力が増す（92.9%）’‘もう一度チャレンジしたい（95.3%）’は，9 割以上の学生が「そう思う」と回答した．そして，学習効果に関する記述（表 1）には，【理解・イメージのしやすさ】や【臨場感のある体験】【楽しさ，意欲の向上】などがあった．

写真 1 CG 版 VR 教材の一場面（血圧測定）

写真 2　CG 版 VR 教材の一場面（呼吸音聴取）

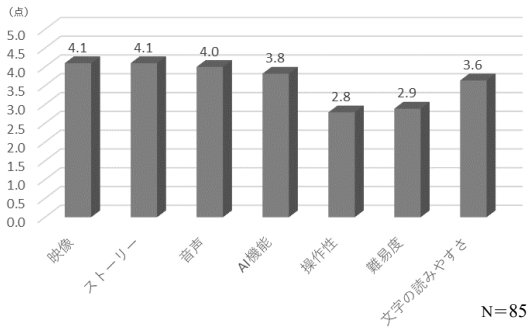


図 1　教材の仕様に関する学生の評価（平均値）

表 1　CG 版 VR 教材を使用した学生の感想　N=75

理解・イメージのしやすさ	実際に症状を観察できるため、理解しやすい
	観察が実際と同じようにできるので、理解しやすい
	現場にいるような感覚で理解しやすい
	映像や構成がリアルで、実際がイメージしやすい
	声かけの方法を具体的にイメージできる
	会話をすることができてイメージしやすい
臨場感のある体験	病室に向かい看護を行うという臨場感を味わえた
	実際に体験しているようでおもしろい
	臨場感のある体験ができて楽しい
	実際の患児に対応している気持ちになる
楽しさ・意欲の向上	新しい教材で面白い
	悔しかったのでまたチャレンジしたい
	ゲーム感覚で楽しめるため、もう一度挑戦したい
技術的・操作的な難しさ	距離感が掴みにくく、操作が難しい
	短時間で操作を覚えるのが難しい
	物を掴む操作が難しい
	機器を使いこなすのに、時間がかかる
	トラブルに対処するのに時間がかかる
身体的な不快感	歩き回るシーンで少し酔う
	酔うので、ずっと使い続けるのはしんどい
専門的な技術の体験	なかなかできない肺音が聴取ができたので良かった

5.　考察

CG 版 VR 教材に対する学生の評価では，特に，映像やストーリー性，音声や AI 機能が高く評価された．CG 版 VR ならではのこれらの機能により，没入感や臨場感のある学習体験が促され，学生の理解や関心を高めるきっかけとなった可能性がある．すなわち，インタラクションの高い CG 版 VR ならではの視覚的・体験的な特性は，学生に楽しさやおもしろさを感じさせるとともに，抽象的な看護スキルを具体的に理解させるうえでも有効であったと考える．これらの点から，CG 版 VR 教材は学生の能動的な学習姿勢を引き出し，理解を促進するうえで有用性が高いといえる．一方で，操作性に関する評価は他項目と比べて著しく低く，VR 機器に不慣れな学生への配慮が必要であることも明らかとなった．さらに，2DCG のコンテンツと 3DCG とでは，両眼立体視を行う 3D の方が臨場感が高いものの，VR 酔いを誘発しやすいという報告がある（藤井ら，2012）．今回も VR 酔いに関する記述を認めたことから，身体的不快感への対策も重要である．

したがって，CG 版 VR 教材の使用感を高め教育効果を最大限に引き出すためには，操作説明の充実，事前練習（チュートリアル）の機会の確保，ユーザーインターフェースの改善に取り組むとともに，VR 酔いへの対策が求められる．

引用・参考文献

(1) Mei-Yu Lin, Mei-Zen Huang, Pao-Chin Lai：“Effect of virtual reality training on clinical skills of nursing students: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials”, Nurse Education in Practice Vol81,（2024）
(2) 藤木卓，市村幸子，寺嶋浩平，小清水貴子：“VR コンテンツの精度が現実感と酔いに与える影響”，日本教育工学会論文誌 36，pp73-76，（2012）

C2-3

シミュレーションアプリによる人工呼吸器教育効果－理解度と GPA の分析

Impact of Ventilator Simulator App on Learning Outcomes: Comprehension vs GPA

布江田 友理、藤江 建朗
Yuri FUEDA, Tatsuro FUJIE
森ノ宮医療大学医療技術学部臨床工学科
Department of Medical Technology, Faculty of Health Sciences, Morinomiya University of Medical Science
Email: yuri_fueda@morinomiya-u.ac.jp

あらまし：本研究では、人工呼吸器シミュレーションアプリ（TruVent®）を活用した教育プログラムの効果を検証した。2022-2025 年に実施した講義・実習プログラムを受講した 123 名を対象に、主観的評価（リッカート尺度）と客観的評価（波形判別テスト）を実施した。その結果、アプリ使用後には理解度が有意に向上し、特に流量波形の認識精度が顕著に改善した。クラスタ分析により学生を 3 群に分類したところ、理解度の向上パターンが異なり、GPA との関連性も認められた。本研究は、ICT を活用した反復学習が臨床技能習得に有効であることを示唆するものである。
キーワード：シミュレーションアプリ、反復学習、ICT 教育、医療教育、能動的学習

１．研究背景・目的

2020 年の新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の世界的な拡大以降、情報通信技術（ICT）の教育分野への応用が加速し、オンライン講義・e-learning・VR 教育などが広く導入されるようになった。しかし、E. Dale[(1)]の「学習の円錐」が示すように、受動的な学習では知識定着率が低く、能動的な学習（特に実践的訓練）が効果的である。医療教育においては、人工呼吸器操作のような臨床技能の習得には反復訓練が不可欠だが、学生数分の医療機器を準備することは現実的に困難であった。この課題を解決するため、2021 年度より人工呼吸器シミュレーションアプリ（TruVent®, Laerdal）を導入した。同アプリでは、人工呼吸器の操作・換気管理・波形モニタリングを仮想環境で学習可能であり、学内実習での実機操作に先立つ予習教材として活用している。

2024 年の学会報告では、この ICT を活用した教育介入の効果を検証し、特に人工呼吸器のグラフィック波形の理解度について調査を実施した。その結果、受講生は波形理解度に基づき 3 群に分類された。本研究では、これらの群間で GPA（Grade Point Average）に有意な差異が認められるかを分析し、教育効果と学生の学業成績との関連性を明らかにすることを目的とする。

２．方法

2.1 教育プログラムの構成

人工呼吸療法に関する教育プログラムは、2 回生後期から 3 回生後期にかけて実施した。プログラムは講義 60 時間（うち人工呼吸器グラフィック波形関連 12 時間）と実習 30 時間（同 8 時間）で構成された。

2.2 研究対象

2022 年 10 月から 2025 年 1 月までにプログラムを受講した学生 123 名（男性 76 名、女性 47 名）を対象とし、森ノ宮医療大学研究倫理委員会の承認（承認番号：2023-027）を得て実施した。

2.3 評価方法

2.3.1 主観的評価

人工呼吸器グラフィック波形（量規定波形・圧規定波形）の理解度について、5 段階リッカート尺度（1: 全く理解できない ～ 5: 完全に理解できる）を用いて自己評価を実施した。

2.3.2 客観的評価

6 種類の人工呼吸器グラフィック波形を提示し、換気様式（量規定/圧規定）と波形方法（圧・換気量・流量）の項目の判別を求めた。

2.3.3 クラスタ分析

jamovi（Version 2.6.44）を用いて、各評価の正解数を特徴量として k-means クラスタリングを実施した。クラスタごとの GPA（Grade Point Average）を統計手法で比較した。

2.4 統計解析

すべての解析は両側検定で実施し、$p<0.05$ を有意水準とした。主観的評価は Wilcoxon 符号順位和検定（経時的比較）を用いた。客観的評価・クラスタ間 GPA 比較は、Kruskal-Wallis 検定を実施し、有意差検出時は Dunn 検定で多重比較を実施した。

３．結果

3.1.主観的評価

人工呼吸器グラフィック波形の理解度は、アプリ使用前は 2.35±0.85 点、アプリ使用後は 3.16±0.92 点であった。

3.2.客観的評価

表 1 は、量式と圧式に分けて、各波形の正解者数を示した。1 回目の正解数は全波形で低かったが、2 回目、3 回目は 1 回目よりも有意に正解率が増加した。

表 1. 客観的評価

a. 量式	圧波形 正解者数 (%)	流量波形 正解者数 (%)	換気量波形 正解者数 (%)
1 回目 n=109	19 (17.4)	24 (22.0)	14 (12.8)
2 回目 n=120	55 (45.8) *	77 (64.1) *	57 (47.5) *
3 回目 n=121	64 (52.9) *	80 (66.1) *	56 (46.2) *

b. 圧式	圧波形 正解者数 (%)	流量波形 正解者数 (%)	換気量波形 正解者数 (%)
1 回目 n=109	25 (22.9)	25 (22.9)	22 (20.2)
2 回目 n=120	63 (52.5)*	76 (63.3) *	70 (58.3) *
3 回目 n=121	69 (57.0) *	79 (65.3) *	63 (52.1) *

* : $p<0.01$ versus 1 回目

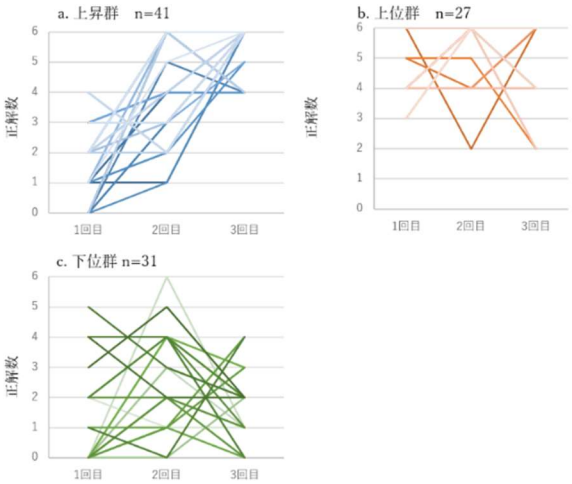


図 1. クラスタ分類

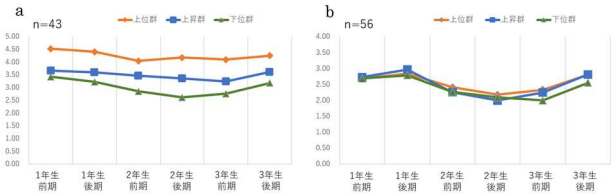


図 2. 各学期 GPA

a.2021 年度入学生、b.2022 年度入学生

3 回試験を受験できた学生 99 名の正解数を対象として､3 クラスタごとに GPA の学期ごとに示した(図 1)。さらに 2021 年度入学生と 2022 年度入学生は、GPA 評価が異なるため、入学年度で分けた。2021 年度入学生は全学期で下位群、上昇群、上位群の順で上昇した。2022 年度入学生は有意な変化はなかった（図 2)。

4. 考察

本研究では、人工呼吸器シミュレーションアプリ（TruVent®）を活用した教育プログラムの効果を検証した。主観的評価ではアプリ使用後の理解度が 2.35 点から 3.16 点へ有意に向上し、客観的評価でも全波形の正解率が経時的に改善した。この結果から、講義・シミュレーション・実習の反復学習が技能定着に有効であることが示唆された。特に流量波形の理解向上が顕著だったことから、視覚的フィードバックの重要性が確認された。

学生は理解度に基づき「下位群・上昇群・上位群」の 3 クラスタに分類され、2021 年度入学生ではクラスタ間で GPA に明確な差が認められた。これは専門知識の習得が他科目にも波及効果をもたらす可能性を示している。一方、2022 年度入学生で GPA 変化がみられなかった背景には、学習環境の変化が影響したと考えられる。

教育的意義として、シミュレーションアプリの活用が臨床推論力の基盤形成に寄与することが明らかになった。特に、視覚的情報の処理能力向上に効果的であった。ただし、換気量波形の理解が低かったことから、抽象的概念の指導法改善が必要と示された。また、下位群への個別支援の重要性も浮き彫りになった。

本研究の限界として短期評価である点が挙げられるが、ICT を活用した能動的学習が医療教育に有効であることを示した。今後は長期追跡による技能持続性の検証や、VR 教材などの新たな教育手法の比較が課題となる。結論として、シミュレーションアプリは人工呼吸器教育の効率化と個別化を促進し、臨床対応力のある医療人材育成に貢献し得ると考えられる。教育現場では、本結果を基にしたカリキュラム改善が期待される。

5. 結語

本研究では、シミュレーションアプリ活用による人工呼吸器教育の有効性を確認した。反復学習により波形理解度が向上し、個別化教育の必要性が示された。今後の課題として、長期効果の検証や教育プログラムの最適化が挙げられる。ICT を活用した能動的学習は、医療人材育成に有効な手段と言える。

参考文献

(1) E. Dale, Audiovisual methods in teaching. 3rd edition, The Dryden Press; Holt, Rinehart and Winston, New York (1969)

社会変化とイノベーションに着目した 医療系データサイエンス教育における自己調整学習の設計と実践

Designing and implementing self-directed learning in medical data science education with a focus on social change and innovation

多賀万里子[*1]
Mariko TAGA[*1]
[*1] 日本薬科大学
[*1] Nihon Pharmaceutical University
Email:m-taga@nichiyaku.ac.jp

あらまし：様々な産業分野でのイノベーション，AI やロボット，特に生成 AI の適用や進化は著しいが，今回，薬学系学部学生が社会に出たときに，変化し続ける状況（VUCA の時代）に対応できるような，自己調整学習者を育成することを目標とし，過年度より改善実施している科目の設計及び実践報告を行う．
キーワード：イノベーション，VUCA，　自己調整学習，医療系データサイエンス

1.　はじめに

日本薬科大学（以下，本学）は，複数学部と複数キャンパスを持ち，令和 3 年度より,数理・データサイエンス・ＡＩ教育のリテラシーレベル教育として,「健康・医療データサイエンスプログラム」[1]を開講している．本学卒業生の進路は,主に病院,調剤薬局,医療関係企業である．AI やロボットの医療業界への適用は目覚ましく,特に調剤業務や病院事務に適用されつつある．VUCA[2]という将来の予測が困難となっている状況下では,薬剤師が担ってきた調剤業務が今までとは異なってくるという可能性は高い．

2.　科目「データサイエンス入門」

私の担当科目「データサイエンス入門」は令和 6 年度より全学の 1−4 年次の学生向けの選択科目として再編された．

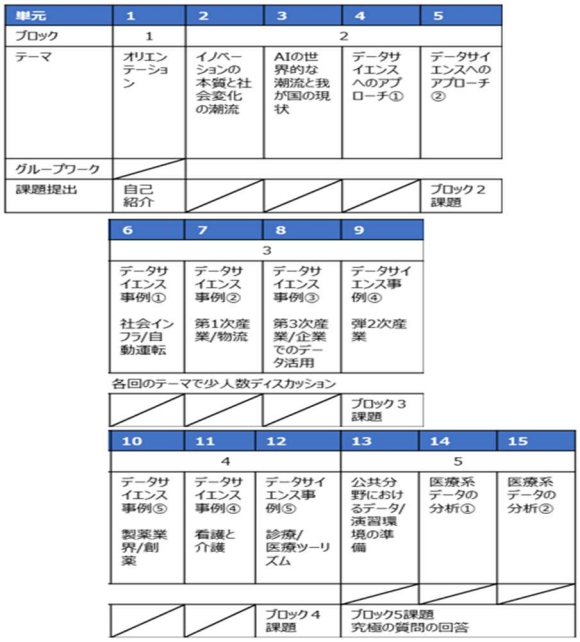


図 1　「データサイエンス入門」全体構成

2.1　出席管理とグループワークの設計

当該科目はオンデマンド科目である.5 つのブロックから構成され，第 1 ブロックと第 5 ブロックが個人学習,2～4 ブロックは少人数のグループワークという設計である．グループワークのブロックの各単元では,指定するテーマについて,学生にグループでの討論結果の議事録を作成することを義務付けている．議事録には,授業参加のエビデンスという側面もある．各グループは 5 人程度の編成にしている．

表 1　グループワークのテーマ

単元	テーマ
02	イノベーションが起こる「きっかけ」
03	健康・医療関連,住民サービスでマイナンバーカードはどのように活用されているか
04	通販会社が「おすすめ」を出す仕組み
05	自動運転を強化学習の用語を使い説明をしてみる
06	事例「都営地下鉄ホームドア革命」
07	耕作放棄地対策で使われる IoT
08	物流分野では,どのようなデータがどのような IoT から取得され誰に,何の目的に使われるのか
09	産業用ロボットの用途,IoT とその制御,利用している AI モデル
10	従来の創薬プロセスと AI を活用した創薬の違い
11	介護ロボットの介護現場での利用状況・課題
12	医療データにはどのようなものがあるか.私たちがより健康に注意するためには,医療データをどのように活用できるようになれば良いか

2.2　レポートの設計

当該科目は,期末試験はなくレポート提出とその内容により成績評価を行っている,2～4 の各ブロックテーマのレポート提出を課しており,レポート提出前に,グループワークメンバー全員による相互チェックを義務づけている．相互チェックのポイントは,①レポートの体裁,②レポート内容,③生成 AI の活用,④提出形式である．また,レポート作成で生成 AI を活用することは構わないが,その際,主張に対する具体的な根拠として参考文献の提示を要求している．

表２　2～4 ブロックのレポートのテーマ

ブロック	テーマ
2	あなたの生活環境で，自動運転以外で強化学習を適用していると思われるものを一つ上げ，強化学習の用語を使って説明せよ．
3	老朽化したトンネル点検で使われるセンサーと AI モデルを推理しそう考えた理由を説明せよ．
4	自立支援介護で活用される介護がどのようなデータを使って動作するか，どのような AI モデルを使っていると想定するか，推理し，そう考えた理由を説明せよ

2.3 学生による自己評価

自己調整学習[3]に向け，第 15 単元で，習得したスキル，達成度などの内省レポートを提出させている．

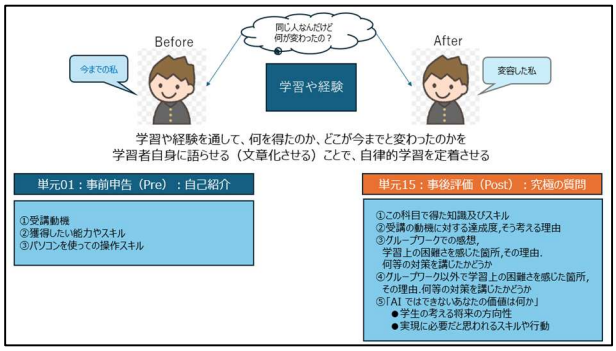


図２　自律的学習，内省の設計

3.　授業実践結果の考察

3.1　提出レポートと成績，学生の行動

成績が高い学生は,レポート作成要領を遵守し,読み手を意識した構成や言葉使いで主張とその根拠を論理展開,記述しているのが特徴であり,またグループ内の相互チェックも機能している.逆に,成績の低い学生は,主張と根拠の論理展開が弱いこと,日本語の表現力や語彙が少ない傾向にある．

3.2　内省レポートから見た学生の行動

以下は,内省レポートからの学生の意見抜粋であるが,工夫して学習に取り組んでいることが伺えた．

表３　内省レポートより抽出した学生の意見抜粋

	学生の意見
1	自分の考えの幅が広がった．特に医療データに関する事例では，異なる解釈や分析方法を学ぶことができた．意見を分かりやすく伝える練習ができたほか，他者の考えを尊重しながら建設的な議論を進める力も身につけることができた
2	他人に自分の意見をわかりやすく伝えるためには，どのように発言するべきか深く考えることができた
3	複数および他の科目の課題提出が重なり，優先順位付けが難しかったため，対策としてタスク管理アプリを導入した．
4	時間を合わせて全員集まることが大変．メッセージを見ているのにも関わらず，返信をしないメンバーも見受けられた．先に日程を決めてしまい，参加できなかったメンバーは欠席とするとした
5	Python によるプログラミング経験がなく，演習に苦戦した．　講義資料にあった関連教材・URL で練習した結果，練習によって基礎的なスキルを身につけ課題を完了させることができた
6	聞きなじみのない IT 用語や，Python の課題を与えられたときの対策としてとった行動だが，私は「ChatGPT」に用語の解説をしてもらっていた

3.3　教員側の視点

教員側の気づきとして，以下の 5 点があげられる．

①オンライン講義，グループワーク用のツールは teams を活用している．学生の投稿によりグループワークの打ち合わせ日程の調整状況が確認できるので教員側はフォローがしやすい．グループワークの導入により脱落者が出にくい学習環境を作れた，と考えている．

②レポート作成要領と相互チェックリストを提示したことにより，学生のレポートの品質が上がり，提出されたレポートのチェックにかかる時間が削減できた．

③タスク管理や会議調整ツール，teams 会議での録画ツールなど，教員から情報提供しなくても自ら見つけ出し活用している学生がいることから，その学生は積極的な学習が行えていると考えている．

④プログラミングに不慣れな学生が一定数いるので，ブロック 2 の途中から,プログラミング環境の環境設定や Python プログラミング練習を始め,ブロック 5 で医療データ分析の演習を行うように授業構成を変更する．

⑤動力源,電源,エネルギーに関する教材を拡充し，イノベーションへの関心を深めさせる予定である．

4.　今後の方向性

（1）学習データ分析とその活用の検討

学生ポートフォリオシステム内に蓄積されているデータの調査と活用のための検討，調整．

活用が可能な場合，データを眺めたうえで，仮説を組み立てる必要もある．さらに，行動パターンの分析用途に，どのような既存モデルがあるかなど調査は今後必要になると考えている．

（2）より多くの学生に履修してもらうために

履修する学生の増加に対応し，レポートの評価が的確に行える仕組，学生へのタイムリーな指導を行えるような仕組を実現するために AI などの技術をどのように活用するか検討し開発導入する必要があると考えている．

5.　参考文献

(1)　健康・医療データサイエンスプログラム:日本薬科大学データサイエンスセンター
https://www.nichiyaku.ac.jp/course-information/datascience-center/educational-programs/

(2)　VUCA
d's Journal VUCA とは？基本的な捉え方と求められるスキルを紹介(2024/01/13 更新)
https://www.dodadsj.com/content/201222_vuca/

(3)　Self-regulation:
Where metacognition and motivation intersect
Barry J. Zimmerman and Adam R. Moylan
Graduate School and University Center
City University of New York

Open Badges 2.0/3.0 に対応したクレデンシャル発行システムの JV-Campus への組み込み

Integration of an Open Badges 2.0/3.0 Credential Issuance System into JV-Campus

柳川 信[*1]，讃岐 勝[*2]
Makoto YANAGAWA[*1], Masaru SANUKI[*2]
[*1] 筑波大学国際局国際室
[*1]Office of Global Initiatives, Bureau of Global Initiatives, University of Tsukuba
[*2] 筑波大学医学医療系
[*2]Institute of Medicine, University of Tsukuba
Email: yanagawa.makoto.gp@un.tsukuba.ac.jp

あらまし：本稿では，JV-Campus 上に構築した Open Badges 2.0/3.0 準拠の自動発行システムについて報告する．Moodle と，バッジ発行基盤である KnowledgeDeliverSkill+を RabbitMQ を介して連携させ，学習活動の完了に応じてバッジを非同期に発行する仕組みを実現した．各システムと全体構成を紹介した上で，考察および課題を述べる．
キーワード：JV-Campus，Moodle，Open Badges，RabbitMQ，KnowledgeDeliverSkill+

1. はじめに

JV-Campus[(1)]は，日本の高等教育機関が提供するオンライン教育コンテンツを国内外に発信し，国際的な学修機会の拡充を目的としたプラットフォームである．2021 年の運用開始以降，国内外の多様な大学や教育機関，企業が参画し，コンテンツ数の増加とともに，国内外の教育関係者や学習者からの注目も集めている．2024 年には，JV-Campus，大学の国際化促進フォーラム，JMOOC の 3 団体合同でマイクロクレデンシャル（MC）共同 WG[(2)]を立ち上げ，日本で発行された MC を国内外に対して流通させる取り組みが検討されている．このような背景のもと，今回 JV-Campus では，掲載コンテンツに対する学習証明を Open Badges（OB）2.0/3.0 で発行する仕組みを JV-Campus 内部で構築した．

OB 3.0 は，2024 年 5 月にその仕様が正式公開されており，従来のように画像ファイルに JSON-LD 形式のメタデータを埋め込む形式から脱却し，W3C が提唱する Verifiable Credentials（VC）仕様との整合性が図られている．これにより，VC ベースのデジタル署名や分散型 ID（DID）との連携が可能となり，改ざん耐性や真正性の担保といったセキュリティ面の強化に加え，バッジの検証性および国際的な相互運用性のさらなる向上が期待される．

本稿では，この JV-Campus 上に構築された Open Badges 発行システムの設計および実装の概要を報告し，実運用における課題や今後の展望について考察する．

2. 各システムと全体構成

本稿で紹介するシステムはすべてオンプレミス環境で構築されており，次のシステム群で構成される：

- Moodle：学習管理システム（LMS）
- RabbitMQ：メッセージ指向ミドルウェア
- KnowledgeDeliverSkill+[(3)]（Skill+）：バッジ発行管理基盤

一般的なクラウドベースのバッジ発行サービスを用いるのではなく，すべての主要コンポーネントをオンプレミス環境で構築を行なった主な理由は以下の通りである：

（1）柔軟な制度設計と多機関連携のための制御性：JV-Campus では複数の教育機関が参画しているという特性上，各機関の要請に応じた柔軟なカスタマイズや運用ポリシーの設定が求められる．そのため，既存の商用サービスでは，他システムとの連携を含めた柔軟な対応が困難である．

（2）セキュリティとデータ主権：バッジの発行処理においては，学習者の個人情報や履修状況といったセンシティブなデータを一時的に扱う必要があり，これらの情報を外部サービスに預けることには一定のリスクが伴う．オンプレミス環境であれば，データの保存場所やアクセス権限を厳密に管理できるため，個々の大学・機関が設定しているセキュリティポリシーに対応することが可能となる．

以下，各システムの役割をそれぞれ概説し，それらを連携させた全体構成について述べる．

2.1 Moodle

本システムにおいて，OB の自動発行を実現するため，以下の 3 つの Moodle プラグインを新たに開発した:（1）Moodle のイベント API を利用して特定の学習活動の完了を検出し，該当するユーザ ID やコース ID，バッジ発行対象情報を含むメッセージを生成して RabbitMQ へ送信する機能；（2）Skill+の利用に必要なシングルサインオン認証と利用ポリシ

一同意の管理を行う機能；(3) コース内でバッジ発行設定を行い，対象者やバッジの種類を定義するための GUI 機能.

これらのプラグインは，Moodle の標準的な拡張機構に基づいて開発されており，既存のコース設計への影響を最小限に抑えつつ，OB の発行プロセスを学習活動に自然に統合することを可能としている.

2.2 RabbitMQ

RabbitMQ は，オープンソースのメッセージ指向ミドルウェアである．本システムにおいては，Moodle と Skill+の間でバッジ発行処理に必要な情報を中継する役割を担っており，両システム間の疎結合化および処理の非同期化による安定性の向上を実現している.

具体的には，Moodle でバッジ発行トリガーが検出されると，発行対象となるユーザ情報，コース情報，バッジ情報を含むメッセージが生成され RabbitMQ に送信される．RabbitMQ はこのメッセージをキューに一時的に保持し，Skill+側がこれを順次受信・処理することで，非同期かつ信頼性の高いバッジ発行が可能となる.

2.3 KnowledgeDeliverSkill+

「KnowledgeDeliverSkill+」は，株式会社デジタル・ナレッジ（DK）が提供するデジタルバッジの発行・管理基盤であり，OB 2.0 および 3.0 の仕様に準拠したバッジ定義，メタデータ管理，発行履歴の記録，検証用エンドポイントの提供などの機能を備えている．本システムにおいては，一部 JV-Campus 専用にカスタマイズし，オンプレミス環境に設置している．バッジ発行においては，RabbitMQ を介して Moodle から送信されたバッジ発行リクエストを受信し，必要な検証処理を経た上で，該当するバッジを対象ユーザに対して発行する役割を担っている.

バッジ発行および検証処理を担うアサーションサーバは DK が展開する商用サービスとしての Skill+で使用されているものを利用している．DK の管理の下 AWS 上に構築されているが，発行に関わるユーザ情報はハッシュ化された状態で安全に保管されており，個人情報の漏洩リスクを低減しつつ，将来的な異なるバッジ発行システム間の連携を視野に入れた設計となっている.

OB 3.0 における VC 形式での発行時に使用される Verifiable Data Registry は，Hyperledger Indy VDR が用いられている．これはコンソーシアム型のブロックチェーン基盤であり，DID による認証情報との連携が可能である．これにより，バッジの発行者や受給者の真正性や改ざん耐性が，分散型ネットワーク上で保証される仕組みとなっている.

2.4 全体構成

本システムは，Moodle，RabbitMQ，Skill+の 3 つの主要コンポーネントによって構成されている．それぞれのコンポーネントが非同期に連携し，学習活動の完了からバッジ発行・検証までの一連の流れを効率的かつ確実に処理するアーキテクチャを実現している．図 1 に，本システムの非同期連携によるバッジ発行処理の流れを示す.

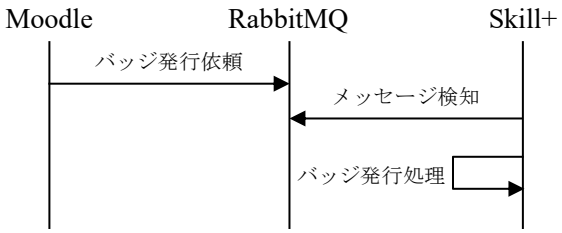


図 1 非同期連携によるバッジ発行処理

3. 考察と課題

本システムの設計および実装を通じて，Moodle を起点とした学習活動の完了をトリガーに，OB 2.0/3.0 に準拠したバッジを自動的に発行する一連の処理を，非同期かつ高信頼で実現できることを確認した．特に，RabbitMQ を介したメッセージング処理により，Moodle とバッジ発行基盤との疎結合を維持しつつ，リアルタイム性と耐障害性を両立できる構成は，他の LMS や発行基盤への拡張・応用という観点からも有効であると考えられる.

一方で，運用面では以下のような課題も明らかとなった．まず，バッジの活用促進および社会的認知の向上，そして第三者によるバッジの価値判断の困難さといった問題が挙げられる．バッジの信頼性や活用価値が学習者や教育機関内にとどまらず，社会全体に適切に伝達されなければ，バッジの取得動機や活用のインセンティブは十分に機能しない.

現在発行されている多くの OB は，発行そのものが目的化しており，第三者機関や学習者本人以外によって十分に活用・評価されている例は限定的である．とりわけ，JV-Campus のように複数の教育機関が参画するプラットフォームにおいては，組織を横断した学習成果の共有と相互評価を実現する枠組みの構築が不可欠である．しかし，OB 3.0 や VC といった技術要素のみでは，こうした学習成果の評価と信頼性を保証する仕組みを十分にカバーすることは困難である．本システムが採用した VC 技術は，真正性や改ざん耐性といった点において有効である一方で，発行されたバッジの社会的評価や信頼性の判断には，制度的・社会的な枠組みの整備が必要である．今後は，こうした技術的基盤を活かしてバッジの価値を高めるとともに，JV-Campus での運用を継続的に行いながら効果を検証していく必要がある.

参考文献

(1) “JV-Campus とは?” JV-Campus. https://www.jv-campus.org/providers/about/
(2) “マイクロクレデンシャル共同 WG とは?” マイクロクレデンシャル共同 WG. https://micro-credential-jwg.org/aboutus/
(3) “ナレッジデリバースキル+”. デジタル・ナレッジ. https://www.digital-knowledge.co.jp/product/skill-plus/

教育支援における知識トレーシングモデルの検討

A Study of Knowledge Tracing Models for Educational Support

金西 計英[*1]，戸川 聡[*2]
Kazuhide KANENINSHI[*1] and Satoshi TOGAWA[*2]
[*1] 徳島大学
[*1]Tokushima University
[*2] 四国大学
[*2]Shikoku University
Email: marukin@cue.tokushima-u.ac.jp

あらまし：本稿は，学習者の知識状態を推定・可視化する技術である Knowledge Tracing（KT）について，初期の確率的モデルから深層学習を活用した最新手法までを体系的に整理したものである．BKT や因子分析モデルなどの伝統的手法に加え，RNN・注意機構・グラフ構造・テキスト情報・忘却モデリングなどを組み込んだ多様な深層学習モデルを紹介する．さらに，KT の応用として個別最適化学習や教育支援ツールの高度化に言及し，今後の研究課題としてマルチモーダル情報の活用や解釈性の向上などを示す．
キーワード：Knowledge Tracing(KT), Deep Knowledge Tracing(DKT), 教育支援システム，深層学習

1. はじめに

高等教育における基礎科目の中には，知識の伝達を目的とするものが存在する．これらの授業では，対象とする知識の提示と演習問題による反復練習が，学習の基本的な枠組みとなる．教師は，知識の提示や課題の提示タイミングを，個々の学習者の理解状態に応じて柔軟に調整する必要がある．学習者の理解状態の診断は，教師にとって重要な能力であり，正確な診断は個別最適化された学習の実現に不可欠である．このような診断機能は，Knowledge Tracing（KT）として知られている．

KT の目的は，学習者の知識状態，すなわち学習履歴から特定のスキルに対する習熟度を観察・定量化することである．KT が効果的に機能すれば，個別最適な教材推薦や学習支援システムの開発に大きく寄与することができる．

本稿は，近年急速に進展する KT に関する研究動向を，初期の確率的手法から深層学習を活用した最近のアプローチに至るまで体系的に整理する．あわせて，現在の課題と将来の展望についても考察する．

2. KT モデルの進化

2.1 Knowledge Tracing の概要と背景

KT は，学習者の過去の解答履歴に基づき，現在および将来の知識状態を推定し，次に提示される問題に対する正答確率を予測する技術である．その起源は，Corbett と Anderson によって提案された「Bayesian Knowledge Tracing（BKT）」にあり，学習をマルコフ過程としてモデル化する確率的手法として発展してきた(1)．

2.2 伝統的 KT モデル

伝統的な KT モデルには，BKT やロジスティック回帰に基づく因子分析モデルが含まれる．これらは少数のパラメータで動作し，計算効率が高いという利点を持つ．一方で，スキル間の相互依存性や長期的な記憶効果の扱いには限界がある．

- BKT（Bayesian Knowledge Tracing）モデル
  BKT は，知識状態を未習得か習得の２値で示す．また，知識はスキルの階層として適切に記述されており，上位のスキルの学習は下位スキルの学習が保証されていることが前提とされる．モデルは，初期習得確率，習得遷移確率，知識を持つが誤答する確率，知識を持たないが正答する確率の 4 つのパラメータを用いる．
- 因子分析モデル（Factor Analysis Models）
  因子分析モデルは，項目反応理論（IRT）を基盤とし，学習者の知識状態能力を，さまざまな要因に基づいて関数（通常はロジスティック関数）を学習することで推定するというものである．代表的な手法には，AFM（Additive Factor Model）(2)や PFA（Performance Factor Analysis）(3)がある．近年では，KTM（Knowledge Tracing Machine）も提案されている(4)．

2.3 深層学習型 KT モデル

2015 年に Piech らが DKT（Deep Knowledge Tracing）を提案して以降，DKT が伝統的な KT より高い精度を示したことで，深層学習を用いた DKT が KT の主流となっている(5)．DKT は，リカレントニューラルネットワーク（RNN）および長短期記憶（LSTM）を用いて，学習者と問題・回答のインタラクションの時系列動態を捉え，新しい問題に対する回答の正誤を予測するものである．

一方で，DKT の課題も指摘されている．隠れスキル（KC）を単一と仮定し，スキル間の関連性を十分に表現できない．また，すべての課題が等しく関連しているという前提も現実的ではない．

こうした課題に対応するため，多様な拡張モデルが提案されている．

- メモリ強化型モデル（Memory-Augmented KT）
  DKVMN（Dynamic Key-Value Memory Network）が代表的で，キー（スキル）とバリュー（習熟度）のペアで知識状態を動的に記録・更新することが可能となっている[6].
- 注意機構（Attention-based KT）モデル
  SAKT，AKT，SAINT などのモデルがあり，大規模言語モデルで注目される注意機構を活用し，過去のインタラクションの中で重要な質問に注目し，次の解答を予測するものである[7,8].
- グラフベースモデル
  GNN（Graph Neural Network）を用いて，スキルや問題の依存関係をグラフ構造で表現する GKT や GIKT などがある[9].
- テキスト活用型 KT
  EERNN や EKT などが，問題文のテキスト情報を活用して，より意味的なスキル認識と知識状態推定をおこなう[10].
- 忘却考慮型モデル（Forgetting-aware KT）
  DKT に忘却機能を加えた DKT+Forget や，学習・忘却の両面を確率的にモデル化した KPT，時間的効果を Hawkes 過程で扱う HawkesKT などがある[11,12].

3. KT の応用

KT は，教育分野において広範な応用が可能である．まず，個別最適な学習では，学習の理解度に応じた教材や問題の提示が可能となる．さらに，スキルの構造に基づいたカリキュラムの最適化や，学習順序の設計が可能となる．また，能力診断や学習の進捗把握といった評価の側面でも有用である．加えて，KT は教育支援ツールの構築に貢献しており，大規模公開オンライン講座（MOOC）等へ機能が統合されることで，より高度な教育支援が可能となっている．

4. KT の課題

KT には幾つか課題が存在している．第一に，視線・表情・音声など非言語的なマルチモーダルデータを活用し，学習者の理解状態をより精緻に把握する必要がある．第二に，モデルの解釈性と説明可能性の向上も不可欠であり，教育現場で信頼される KT システムの構築には，判断根拠を可視化する仕組みが求められる．第三に，学習履歴が少ない状況や新規問題への対応には，転移学習やメタラーニングの活用が望まれる．さらに，学習者の戦略的行動を追跡する試みも重要であり，単なる正誤データにとどまらず，問題解決の過程や学習パターンを捉える KT の開発が期待される．

5. おわりに

KT は，個別最適な教育支援を実現する上で中核を成す技術であり，深層学習の導入によってその精度と柔軟性は飛躍的に向上している．本稿では，伝統的手法から最新の深層学習を活用した KT 研究を網羅的に整理し，KT の全体像と今後の発展方向を明らかにした．今後は，理論と応用の両面から KT のさらなる高度化が期待される．

謝　辞

本研究の一部は，科学研究費補助金基盤研究(C)（課題番号 25K15371）等の支援を受けた．

参考文献

(1) Corbett, A.T. and Anderson, J.R. : “Knowledge tracing: Modeling the acquisition of procedural knowledge”, *User Modeling and User-Adapted Interaction,* vol. 4, no. 4, pp. 253-278(1995)
(2) Cen, H. Koedinger, K. R. and Junker, B. : “Learning factors analysis - A general method for cognitive model evaluation and improvement”. *Proc. of International Conference on ITS 2006*, Vol. 4053. pp. 164–175 (2006)
(3) Pavlik, P. I. Cen, H. and Koedinger, K. R. : “Performance factors analysis - A new alternative to knowledge tracing”. *Proc. of 14th International Conference AIED* , Vol. 200. pp. 531–538 (2009)
(4) Vie, J. J. and Kashima, H. : “Knowledge Tracing Machines: Factorization Machines for Knowledge Tracing”. *Proc. of The Thirty-Third AAAI Conference on Artificial Intelligence(AAAI)*, pp.750-757 (2019)
(5) Piech, C. Bassen, J. Huang, J. Ganguli, S. Sahami, M. Guibas, L. J. and Sohl-Dickstein, J.: “Deep Knowledge Tracing”. *Advances in Neural Information Processing Systems 28 (NIPS 2015)*, pp.505–513 (2015).
(6) Zhang, J. Shi, X. King, I. and Yeung D-Y. : “Dynamic key-value memory networks for knowledge tracing”. *WWW '17: Proc. of the 26th International Conference on World Wide Web*, pp.765–774 (2017)
(7) Pandey, S. and Karypis, G. : “A Self-Attentive model for Knowledge Tracing”. *Proc. of The 12th International Conference on Educational Data Mining (EDM 2019)*, pp.384-389 (2019)
(8) Gan, W. Sun, Y. Peng, X. and Sun, Y. : “Modeling learner’s dynamic knowledge construction procedure and cognitive item difficulty for knowledge tracing”. *Applied Intelligence*, 50, pp.3894–3912 (2020)
(9) Nakagawa, H. Iwasawa, Y. and Matsuo. Y.:“Graph-based Knowledge Tracing: Modeling Student Proficiency Using Graph Neural Network”. *Proc. of WI '19: IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence*, pp.156–163 (2019)
(10) Su, Y. Liu, Q. Liu, Q. Huang, Z. Yin, Y. Chen, Ding, C. Wei, S. and Hu. G. : “Exercise-Enhanced Sequential Modeling for Student Performance Prediction”. *Proc. of Thirty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence,* pp.2435–2443 (2018)
(11) Nagatani, K. Zhang, Q. Sato, M. Chen, Y-Y. Chen, F. and Ohkuma, T. :“Augmenting Knowledge Tracing by Considering Forgetting Behavior”. *WWW '19: Proc. of the 28th International Conference on World Wide Web*, pp.3101–3107 (2019)
(12) Wang, C. Ma, W. Zhang, M. Lv, C. Wan, F. Lin, H. Tang, T. Liu, Y. and Ma, S. : “Temporal cross-effects in knowledge tracing”. Proc. of the 14th ACM International Conference on Web Search and Data Mining, pp.517–525 (2021).

学習視聴体験を考慮した 映像品質最適化のための映像配信システム

A Video Delivery System to Enhance the Video-Based Learning Experience through Video Quality Optimization.

楠瀬 法生[*1], 吉原 和明[*1*2], 越智 洋司[*1*2], 井口 信和[*1*2]
Hosho KUSUNOSE[*1], Kazuaki YOSHIHARA[*1], Youji OCHI[*1], Nobukazu IGUCHI [*1*2]
[*1] 近畿大学大学院総合理工学研究科
[*1]Graduate School of Science and Engineering, Kindai University
[*2] 近畿大学情報学部/情報学研究所
[*2]Kindai University / Cyber Informatics Research Institute, Kindai University
Email: 2433340425k@kindai.ac.jp, yoshiharak@info.kindai.ac.jp,
ochi@info.kindai.ac.jp, iguchi@kindai.ac.jp

あらまし：本研究では，オンデマンド授業における学習体験の向上を目的として，ネットワーク状況や映像内容に応じて映像品質を動的に最適化する HLS ベースの映像配信システムを設計・実装した．VMAF スコアと QoS パラメータの相関を分析するモデルを構築し，解像度やフレームレートなどを自動調整する仕組みを導入することで，学習内容に適した映像品質を提供し，視聴体験と学習効果の向上を目指す．
キーワード：学習視聴体験，映像品質最適化，オンデマンド授業，VMAF，QoS

1. はじめに

近年，オンデマンド授業の普及により，学習者は場所や時間を問わず柔軟に学ぶことが可能となった．一方で，通信環境や視聴デバイスの多様化により，学習体験の質にはばらつきが生じている．現在主流のストリーミング配信では，QoS 制御により回線状況に応じた画質調整が行われているが，映像に対する学習時の視聴体験（以下、学習視聴体験）への対応は考慮されていない．たとえば，医療系手術映像では器具や患部の識別性が求められ，高解像度が学習効果に寄与するとされる(1)．一方，スポーツ動作の分析では，一瞬のフォームを捉えるために高フレームレート映像が有効であるとされる(2)．このように授業内容により最適な映像特性は異なるが，現行の配信方式では一律的な制御が多く，学習者にとって最適な視聴環境が保証されているとは言えない．

本研究では，「ネットワーク状況」「映像特性」そして「学習視聴体験」を統合的に考慮し，映像特性に応じた映像品質を動的に最適化する配信システムを設計・実装する．VMAF スコア(3) と QoS パラメータ（ジッタ，遅延，通信速度など）の相関を活用して，解像度やフレームレートを自動的に調整する手法を提案することで，学習視聴体験を向上する仕組みの構築を目指す．

2. システム概要

2.1 映像最適化と学習視聴体験の関係

視覚的な快適さの観点から，視聴中に得られる QoS パラメータに基づき，解像度・フレームレート・ビットレートを動的に最適化することで，映像の識別性や滑らかさを確保できる．これにより，細部の視認が求められるスライド資料や，動作の正確な把握が必要な技能訓練映像などにおいて，学習内容の理解を支援する再生品質が維持される．通信状況の変化による映像停止や画質低下といった体験は，学習の集中を妨げる要因となる．そこで、ストリーミング再生中においても品質を適応的に制御することで，安定した映像提供を実現し，学習者の没入感や継続的な集中の維持を支援する．

2.2 システム構成

本システムは，通信状態に応じて映像の画質を自動調整し，オンデマンド授業における視聴体験の質を高めることを目的とする．構成を図 1 に示す．対象は教育現場の教師と生徒であり，双方がパソコンから利用することを想定している．教師は授業映像を準備し，重要な場面をブラウザ上でマーキングしてアップロードすることで，配信を開始できる．これにより，授業内容に応じて映像特性（視認性，動きの明瞭さ，板書や図の読み取りやすさ）への配慮が特に求められる箇所を事前に指定でき，専門的な編集を行わずとも教材の意図を効果的に伝えられる．生徒はアップロードされた授業動画を Web ブラウザから選び，通信環境に応じて自動で画質が調整された映像をストレスなく視聴できる．多様なネットワーク環境下でも，映像品質が適応的に最適化されることで，通信状況に左右されず安定した視聴が継続でき，学習効果の向上が期待できる．このように本システムは，教材提供者と学習者の双方にとって技術的な負担を軽減し，安定した学習環境を実現するよう設計されている．システムの詳細は，次節で述べる．

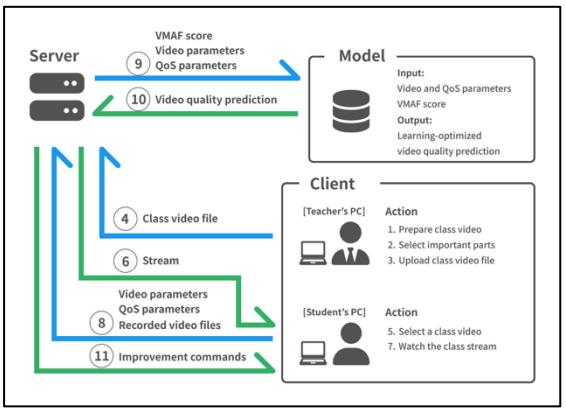


図 1　システム構成図

2.3　サーバ

サーバは，通信状態に応じて画質を自動調整し，快適な視聴体験を支援する制御モジュールである．教師が授業動画をアップロードすると，サーバ上でストリーミング配信が可能な形式に自動変換される．生徒が動画を再生すると，PC 上で QoS パラメータの測定と再生映像のキャプチャが行われ，サーバに送信される．サーバは，送られた映像と元映像を比較し，VMAF により画質を評価する．VMAF は，人間の視覚特性を考慮した客観的指標であり，見やすさや自然さを数値化する．この評価結果，QoS 情報，および映像パラメータ（解像度，フレームレートなど）は，最適な画質・通信条件を推定するモデルに入力される．出力された最適条件に基づき，クライアントに画質設定の変更を指示することで，映像品質の向上を図る．たとえば，解像度調整による文字の視認性向上や，フレームレートの最適化による滑らかさの確保が可能である．こうした柔軟な制御により，学習者は安定した視聴環境を得られる．

本システムは，WebRTC における VMAF 活用の先行研究（García ら，2019）[4]を HLS 配信に応用し，実測データに基づく評価と自動制御を統合した枠組みとして設計した．現在，サーバの基本機能は実装済みであり，今後は最適化モデルを用いた制御の有効性を検証していく予定である．

2.4　モデル

モデルは，通信環境と映像の特性に応じて，学習に適した画質設定を推定することを目的としている．入力として，サーバで得られた VMAF スコアに加え，解像度やフレームレートなどの映像パラメータ，パケットロス率やスループットといった QoS 情報を用い，それらの相関を分析することで最適な設定を導出する． 初期段階では，これらの特徴量を説明変数とし，線形回帰により関係性を可視化したうえで，非線形モデル（ランダムフォレスト等）による精度向上を図っている．たとえば，文字や図の視認性が求められる場面では高解像度を，動作の滑らかさが重要な場面ではフレームレートを優先するなど，学習内容に即した画質制御が可能となる．現在はサンプルデータによる検証段階にあり，今後はクライアントから得られた実測データを活用したモデルの本格実装を予定している．このモデルにより，通信状況に左右されず，学習効果を損なわない安定した映像視聴環境の提供が期待される．

3.　評価実験

本実験では，ネットワーク状況に応じた映像品質の最適化が学習体験や学習効果に及ぼす影響を検証する予定である．従来手法（品質制御なしの配信）と，QoS および映像特性に応じて画質を動的に調整する提案手法を比較対象とする．評価には，VMAF スコアと平均意見スコア（MOS）を用い，さらに授業映像を種類別に分類して最適化効果を分析する．これにより，通信環境に依存せず，映像内容に即した品質が保たれることが学習者の集中力や理解度にどう影響するかを明らかにし，教育に適した映像配信の設計指針を示すことを目指す．

4.　まとめ

本稿では，ネットワーク状況に応じて映像品質を動的に最適化し，学習視聴体験の向上を図る映像配信システムの設計と実装について報告した．今後は，映像特性とネットワーク状態の相関を定量的に分析し，学習効果を損なわず視聴しやすさを保つ画質制御の実現を目指す．また，視聴行動のログ（再生時間や操作履歴）と学習理解度の関係を検討し，学習視聴体験が学習成果にどう寄与するかを明らかにする．今後は教師による教材管理と，学習者による多端末での受講を想定し，デバイス特性も考慮した拡張を進める．本研究の特徴は，通信帯域や主観評価だけに依存しない新たな枠組みとして，「ネットワーク状況」「映像特性」「視聴行動」の 3 要素を統合的に扱い，教育に資する質の高い学習視聴体験を提供する点にある．

謝辞　本研究に協力いただきました（株）NTT データ関西に感謝いたします．

参考文献

(1) Niederhauser, J., Wittkopf, J., Koerber, A., Holzl, M., Preyer, S.: “Video Learning of Surgical Procedures: A Comparison Between 3D Endoscopic, 2D Endoscopic, and Microscopic Techniques”, Otology & Neurotology, Vol.43, No.8, pp.1123–1129 (2022)
(2) Pueo, B.: “High-speed Cameras for Motion Analysis in Sports Science”, Journal of Human Sport and Exercise, Vol.11, No.1, pp.53–73 (2016)
(3) Netflix Technology Blog: “VMAF: The Journey Continues”, https://netflixtechblog.com/vmaf-the-journey-continues-44b51ee9ed12 (accessed 2025-05-22)
(4) García, B., López-Fernández, L., Gortázar, F., Gallego, M.: “Practical Evaluation of VMAF Perceptual Video Quality for WebRTC Applications”, *Electronics*, Vol.8, No.8, 854 (2019)

D2-4

Visual Studio Code 上で動作する課題ごとのテスト実行環境の実装

Development of test execution environment for each assignment running on Visual Studio Code

小河原 直道[*1]，香川 考司[*2]
Naomichi OGAWARA[*1], Koji KAGAWA[*2]
[*1] 香川大学創発科学研究科
[*1]Graduate School of Sciece for Creative Emergence, Kagawa University
[*2] 香川大学創造工学部
[*2]Faculty of Engineering, Kagawa University
Email: s25g354@kagawa-u.ac.jp

あらまし: 学習者がすぐ自らのコードに不備があると指摘を得ることができれば, 効率的に学習を行える. 本研究では, Visual Studio Code の拡張機能という形で学習者が作成したコードを実行およびテストを行うシステムを開発した. また現在の状態をログとして収集, 教師が補足説明などの参考にできる教師支援機能も持たせた. 試用試験ではシステムの機能に対して肯定的な意見が見られた一方, 教師向けシステムのインターフェース改善などの課題点が残った.
キーワード：Visual Studio Code，プラグイン，プログラミング言語教育，自動テスト，教師側支援

1. はじめに

学校でのプログラミング学習の際，学習者は与えられた演習を解きプログラムを解答として提出する. プログラムに間違いがあった場合はそれを修正し，再提出する.

しかし，間違いがあるという指摘は次回の授業の時などすぐに行われるとは限らず，修正作業との間に時間が空いてしまうことがある. そのような場合，学習者は前回考えていたことなどを思い出さなければならない. その代わりに学習者自らが自分のプログラムをテストできすぐに間違えているという指摘を得ることができれば便利である.

実際に，演習の問題にはテスト用にいくつかの入力及び出力例が記載されることがある. 不備を見つけるためにはある程度の量かつ修正のたびにテストを行うことが望ましいが，実際は学習者が手動で 1 回ずつプログラムを実行し結果を目視で比べるというものであり毎回行うことは大変であると考えられる. この問題は学習者がプログラムのテストを自動で行うことができれば回避することができる.

そこで本研究では，プログラミング学習者に対しプログラムのテストを自動で行う環境を Visual Studio Code の拡張機能という形で開発し学習者の支援を図る. また，拡張機能として開発することにより現在起きているエラーなどファイル監視だけでは得られない情報が取得できる利点を活かし，教師が学習者の様子を把握することを支援できるような教師側支援の機能も持たせることとする.

2. 先行研究

大山の研究(1)では，メタ認知の成長を目的としてローカルファイルを監視するデスクトップアプリケーション及びサーバーサイドで動作するシステムを開発した. これらのシステムにより，サーバー側でユーザーの管理や課題情報の提供を行い，デスクトップアプリケーション側で演習内容の表示や進捗状況の取得，プログラム実行結果の取得および確認を行うことが可能となっている. しかし，学習者がどこで行き詰まっているのか確認が難しいといった教員側を補助する機能が欠如している. また進捗状況の収集はファイルを保存するタイミングに限られる.

野口らの研究(2)では，Visual Studio Code の拡張機能を作成することでコーディング活動ログを収集し，演習活動がコーディングプラクティスに与える影響の実験的分析を行った. 拡張機能を作成する点では類似しているが，この研究のものはログ収集の機能しか持っておらず，学習者を補助するようなことは行っていない.

また，テストを自動で行うという点で類似するものとして，プログラミングコンテストで用いられる自動採点システム(3)がある. これは参加者が提出したコードを実行し正しい結果を出力するか検証するものであるが，このシステムは採点結果のみを明らかにし，何の入力の時誤った出力を行っているといった情報を表示しない. そのため学習者は誤った出力を行う入力を自力で見つけなければならず難易度の高いものであり，直接学習の場面で利用するには適さないものであると考えられる.

3. Visual Studio Code について

Visual Studio Code とは，Microsoft が開発するテキストエディターである. シンタックスハイライトやコード補完といった機能を持ち，拡張機能をインストールすることで機能を追加することができる.

プログラミング学習時にも用いられており，香川大学創造工学部の情報システム・セキュリティコー

スと人工知能・通信ネットワークコースにおけるプログラミングの授業では本エディターのインストールが案内されている．

拡張機能はNode.js上で動作しJavaScriptを用いて開発することができる．任意にファイルアクセスやコマンドの実行，HTTP 通信などを行うことが可能である．開発した拡張機能は.vsix 形式としてパッケージ化することで配布が可能である．

4. システムの概要

本研究は，Visual Studio Code の拡張機能としてシステムを開発する．理由として学習者がエディター以外を起動する必要がないこと，編集箇所や現在出ているエラーといったファイル監視だけでは得られない情報を得ることができること，学習者にとっては新規アプリケーションよりも導入への抵抗感が低いことが考えられたためである．

システムの構成図を図 1 に示す．システムは課題や学習者ログデータを管理提供するサーバー部と，拡張機能であり学習者のプログラムの実行および結果を得るクライアント部から成る．教師向けのシステムは Web ページとして提供されている．

サーバーは大山の研究[1]のものを基礎として使用し，これに HTTP 通信を行うことにより現在行っている課題情報やテストのためのデータを取得する．

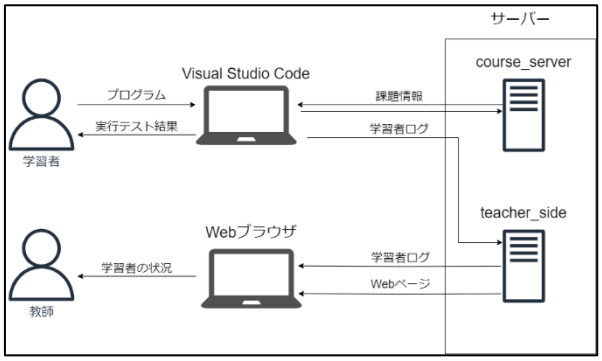


図 1 システム構成

プログラムのテストは学習者がテスト実行ボタンを押すことにより行われる．拡張機能はテストデータをサーバーから取得し，シェルからコンパイラを実行して実行可能ファイルを得た後テストケースの個数分それを実行，結果を比較および表示する．

また拡張機能はテスト毎や定期的に状況をサーバーに送信する．教師向けシステムではそれを表示し，教師が学習者の全体的な進み具合や躓いているポイントを把握することを支援する．

5. 評価

香川大学の香川研究室の学生 6 名，教師 1 名を対象に試用実験を行った．学習者側 5 名と教師側 2 名に分かれ，学習者側にはシステムを用いながら用意した 3 問の問題を解いてもらい，教師側はその間教師側システムを用いて学習者側の様子を確かめた．その後アンケートを行った．

結果肯定的な意見を多く得ることができ，学習者側の良い点として欲しい解答と自分の解答を並べて見られることや，様々な数値で実行してくれることが挙げられた．また教師側では解答者のコードやエラーが見られることが挙げられた．一方で，次章で挙げるようないくつかの改善点も指摘された．

6. まとめ

プログラミング学習者向けに，学習者が作成したプログラムのテストを行う Visual Studio Code 拡張機能を開発した．これにより学習者は自らのプログラムを簡単にテストでき教師に指摘される前から修正が行え，効率よく学習を行うことができる．また同時に教師向けの機能として，学習者のログを収集し全体的な進み具合や，個人の現在のコードや出ているエラー，補足説明などに繋がるヒントとなるような情報の提供を行う Web ページを開発した．

試用実験では肯定的な意見が多く見られた一方，特に教師向けシステムにおいて改善点が見られた．

今後の課題として，主に以下のようなものが挙げられる．

1 つ目として，他の言語への対応である．プログラミング学習の場では，C 言語以外に Python や JavaScript などが用いられる場合がある．しかしその際は言語やツールに合わせた実行処理が必要である．

2 つ目として，詰まっていると自覚を促す機能の改善である．この機能は一定時間にわたり同じ箇所を編集していた場合に詰まっていると判定し通知を行うようになっているが，このためある箇所を編集ししばらく手を離した後同じ箇所を編集するといった場合でも詰まっていると判定されてしまった．また，教師側からアクティブに編集されているかどうかの表示の要望もあり，非アクティブの場合も詰まっていると判定することも考えられる．しかしながら，ログ送信に抵抗感を持つ学生も存在するため，匿名として非アクティブデータを送信するといったことも検討しなければならない．

参考文献

(1) T. Oyama and K. Kagawa, “Development of a Learning Support System for Improving Metacognition in Programming Exercises,” 2024 16th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI), Takamatsu, Japan, pp. 186-189 (2024)

(2) 野口靖浩，増山寧浩，小暮悟，山本頼弥，山下浩一，小西達裕: “コーディング活動ログ収集フレームワークの構築と演習活動がコーディングプラクティスに与える影響の実験的分析”，第 49 回教育システム情報学会全国大会講演論文集, P2-05, pp. 193-194 (2024)

(3) 渡部有隆: “オンラインジャッジの開発と運用 -aizu online judge-”，情報処理, Vol. 56, No. 10, pp. 998 - 1005 (2015)

生成 AI による物語教材の視覚的教材作成プロセスの設計とプロンプト評価の課題

Designing a Visual Instructional Material Generation Process for Narrative Texts Using Generative AI: Issues in Prompt Evaluation

應供 亮生[*1], 緒方 思源[*1] 小川 修史[*1]
Ryosho OGU[*1], Shigen Fang OGATA[*1], Hisashi OGAWA[*1]
[*1] 兵庫教育大学 学校教育研究科
[*1] Graduate School of Education, Hyogo University of Teacher Education

あらまし： 本研究では生成 AI を用いて物語教材の特定場面を視覚化する三段階の画像生成プロセスを設計し，プロンプト評価に関する課題を検討した．プロンプト評価を生成 AI に委ねた際に生じる文字数バイアスを検証した結果，情報量の多寡が評価得点に強い相関を示すことが確認された．さらに，生成画像には情報過多に起因する矛盾も観察され，人間の認知処理における「状況モデル構築の困難性」との類似性が示唆された．

キーワード： 生成 AI，画像生成，プロンプト設計，認知心理学，教材開発

1. はじめに

2024 年 12 月に文部科学省から公表された「初等中等教育段階における生成 AI の利活用に関するガイドライン（Ver.2.0）」[(1)]では，教育目的での生成 AI 活用に一定の方向性が示され，実践への検討が広がっている．生成 AI，とりわけ大規模言語モデル（LLM）のマルチモーダル化が進む中，教育においても AI を活用した教材生成や学習支援の設計が検討されつつある．

国語教育において，これまでの物語教材の読解は論理的な言語的理解を中心に構成されてきた．しかし，認知心理学の観点からは，読解とは文章内の情報を基に登場人物の心情や場面の構造，時間，空間的な状況などを高次で統合した，「状況モデル（Situation model）」を構築する過程であるとされる[(2)(3)]．このモデルの構築が困難な場合，視覚的イメージによる補助が理解を促進することが知られている[(3)]．メイヤーによるマルチメディア学習の認知理論[(4)]においてもテキストと画像の併用が理解を助けるという知見が示されている．それらの知見を踏まえ、著者らは文章と画像を統合した認知モデル[(5)]を提案した．

本研究では，こうした理論的背景を踏まえ，物語教材に対して文章から描画方針（登場人物，場面，心情，時間，空間など）を LLM で抽出し，それを画像生成のプロンプトとして用いて視覚的教材を作成する一連のプロセスを，教育支援システムとして設計した（図 1）．このプロセスは，従来の挿絵では実現が難しかった柔軟な視覚支援を可能にし，学習者の認知特性や発達段階に応じた教材のカスタマイズを実現する．

さらに本研究では，画像生成の際に中心的な役割を果たすプロンプトに着目し，その評価を LLM に委ねた場合に生じる構造的バイアスについても検討した．特に，出力されたプロンプトの情報量が評価結果に影響を与える傾向[(6)]が確認されており，LLM を活用した教材開発においては，プロンプト設計とその評価手続きの妥当性が重要な検討課題となる．

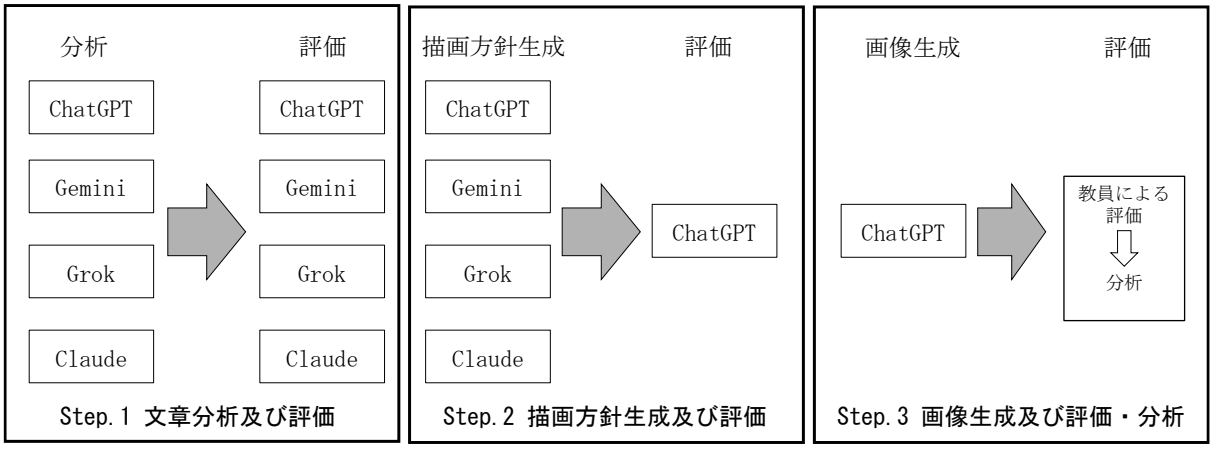


図 1　生成 AI を用いた物語教材に対する視覚支援教材作成プロセスと検証手順

2.　画像生成プロセス

本研究では，物語教材の読解支援を目的として，文章からの情報抽出と画像生成を連携させた支援プロセスを構築した. 複雑なタスクの構造を明確化し，問題を把握しやすくするために ReAct アプローチ(7)を導入し，Step.1 物語文全体の分析，Step.2 特定場面の描画方針（プロンプト）の生成，Step.3 画像生成，という 3 段階で構成した．この時，Step.1 の分析や Step.2 の描画方針に対する評価を生成 AI が行う設計とした．また，AI が自己生成物を高く評価しやすいという自己バイアス(8)の回避のため複数の LLM で比較検討を行った.

3.　バイアスの検討

生成 AI による描画方針（プロンプト）の評価において，出力されたテキストの文字数が評価に与える影響，すなわち情報量に基づくバイアスの存在を検証した.

2 種類の物語教材（「ごんぎつね」と「走れメロス」）に対する 4 種の LLM（ChatGPT, Gemini, Grok, Claude）による文章分析と描画方針作成の生成文書に対し，同じ 4 種類の LLM による評価を行った．そこで出力された文字数と評価との関係を検討するため，相関分析を実施した．評価プロンプトによって評価得点にばらつきがあったため，前処理としてセットごとに z スコアによる標準化を行った. 分析の結果，表 1 に示す通り，文字数と評価得点の間には強い正の相関が認められた（文章分析 n = 64, r = .777 , p < .001 ; 描画方針 n = 32, r = .794 , p < .001）. これは，出力された文章が長文になるほど，AI による評価得点も高くなる傾向があることを示している.

この結果は，文字数＝情報量そのものに AI が引きずられる可能性を示唆しており，プロンプトの設計段階において，必要以上の情報追加や過剰な冗長性が評価に影響しうることを示している．生成 AI を評価者として活用する場合には，このバイアスに対する設計上の対策が求められる.

表 1　文字数と評価の相関

		n	相関係数（r）	p
文章分析	文字数-評価	64	.777	<.001
描画方針	文字数-評価	32	.794	<.001

4.　教員による評価

生成した画像を用いて教員を対象にオンラインフォームによる調査を実施し，回答を得た．評価の結果，生成 AI が出力した画像には，「視覚化により多様な特性を持つ児童にも理解が促進される」といった肯定的な評価が多く得られた．一方で，「絵に引きずられ，自らの想像力で読解する努力を妨げる懸念」も指摘され，教材提示の工夫が今後の課題となる．なお，調査の詳細については紙幅の都合により本稿では割愛し，発表にて報告する.

5.　まとめと今後の課題

本研究では，物語教材における生成 AI を用いた視覚支援プロセスを構築し，AI が評価する時の文字数バイアスの存在を実証的に検討した．プロンプトの情報量が多いほど高評価を得る傾向は設計上の対策の必要性を示している.

また，情報量が過剰な描画方針は，表現空間の限界による矛盾やノイズの増加を引き起こす可能性が考えられる．実際，AI によって高く評価された描画方針を用いても，矛盾がある画像が生成されることが確認された．これは，人間が状況モデルを構築する際に直面する注意資源やワーキングメモリの限界，情報統合の困難さと類似しており，情報量の最適化と情報の取捨選択の難しさは AI と学習者に共通する課題といえる．つまり，「本当に必要な情報」を見出し，情報を統合する能力の育成が学習支援の要点だと考えることができる.

本研究では，プロセスの段階化によって ReAct アプローチを導入したことで，より焦点化されたプロンプトの生成と評価が可能になったが，プロンプトの評価を AI に委ねる際のバイアスや，生成画像のばらつきといった技術的な限界も残る．加えて，視覚情報が児童の想像を制限する可能性があることも教員から指摘された.

今後は描画方針の情報量の最適化，生成 AI の出力精度を高めるプロンプトの設計，さらには教育現場への実践的な導入可能性について，総合的に検討を進める必要がある.

参考文献

(1) 文部科学省: “初等中等教育段階における生成 AI の利活用に関するガイドライン（Ver.2.0）”, https://www.mext.go.jp/content/20241226-mxt_shuukyo02-000030823_001.pdf（参照 2025.5.20）
(2) Kintsch, W.: “Text Comprehension, Memory, and Learning”. American Psychologist, 49(4), 294-303（1994）
(3) Zwaan, R. A., Radvansky, G. A., Hilliard, A. E., and Curiel, J. M.: “Constructing multidimensional situation models during reading”. Scientific Studies of Reading, 2(3), 199-220（1998）
(4) Mayer, R.E. “Multimedia learning”, Cambridge University Pres, Cambridge（2002）
(5) 應供亮生・緒方思源・小川修史：“認知モデルに基づく画像が文章理解に及ぼす感性的影響の理論的検討および画像生成 AI による教育支援の可能性”，第 20 回日本感性工学会春季大会（2025）
(6) 應供亮生，緒方思源，小川修史：“生成 AI による物語教材への学習支援の可能性”，第 148 回全国大学国語教育学会（三重大会）（2025）
(7) Yao, Shunyu, Zhao, J., Yu, D., Du, N., Shafran, I., Narasimhan, K., & Cao, Y. “React: Synergizing reasoning and acting in language models.”, International Conference on Learning Representations（2023）
(8) Xu, W., Zhu, G., Zhao, X., Pan, L., Li, L., and Wang, W. Y. “Pride and prejudice: LLM amplifies self-bias in self-refinement”, arXiv preprint, arXiv:2402.11436（2024）

若手教師の指導力向上を支援する生成 AI の活用に関する実践研究

A Practical Study on Utilizing Generative AI to Support the Improvement of Instructional Skills in Early-Career Teachers

山本 利一[*1]，池田 周登[*2]
Toshiakzu YAMAMOTO[*1], Shuto IKEDA[*2]
[*1] 埼玉大学　教育学部
[*1]Faculty of Education, Saitama University
[*2] 埼玉大学 大学院 教育学研究科
[*2]Graduate School of Education, Saitama University
Email: tyamamot@mail.saitama-u.ac.jp

あらまし：若手教師の学習指導力を形成的に評価し，改善方法を検討する支援に生成 AI を活用した。具体的には，中学校技術・家庭科（技術分野）の学習指導において，生徒の振り返りシート（デジタルポートフォリオ）で web 上で収集し，それらを生成 AI を用いて改善点を洗い出す指導モデルの構築を目的とする。授業実践の結果，若手教師が作成した指導過程，題材，発問など具体的な改善点が確認されるとともに，これらを繰り返すことで質の高い授業が展開できる基本的知見を得ることができた。

キーワード：生成 AI の活用，授業研究，指導力向上，技術・家庭科技術分野

1. はじめに

文部科学省が発行した『「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料』(国立教育政策研究所，2020）では，「子供たちにどのような力が身に付いたか」という学習成果を的確に捉え，主体的・対話的で深い学びの視点から授業改善を図るために，「指導と評価の一体化」を実現することの重要性が示されている。

また，『教育課程の実施と学習評価』(文部科学省）においても，「評価の結果によって後の指導を改善し，さらに新しい指導の成果を再度評価するという，指導と評価の一体化を図る中で，児童生徒一人一人のつまずきや伸びについて，指導過程で評価する形成的な評価を行うことが重要である」とされており，形成的評価を生かしながら，学習指導要領に示されている各教科の目標に照らして，児童生徒が「おおむね満足できる」状況を目指したきめ細やかな指導・支援が求められている。

このような評価実践の中で，ポートフォリオの活用は，「指導と評価の一体化」および「形成的評価」を実現する有効な手法の一つとして注目され，各地での実践が報告されている。

このような背景のもと，近年では生成 AI を活用した評価支援に関する研究が進展している。たとえば山口ら（2024）は，e ポートフォリオに記述された学習の振り返りをもとに，生成 AI（DALL· E 3）で学習風景画像を生成し，それを学びの振り返り活動に活用することで，学習者自身が自らの学びを教訓として再構築する手法を検証した。特に，テキストと画像を併用した振り返りが，学習内容の理解と記憶の定着に最も効果的であったと報告されている。これらの現状を踏まえ，若手教師の指導力向上に生成 AI を活用する実践的研究に取り組むこととした。

2. 実践

2.1 実践期日および対象

実践は，2025 年 4 月～7 月に実施した。対象教員は，教師経験 1 年未満の若手教員 2 名を対象に実施した。実践校は，A 県の公立中学校 2 校である。授業科目は，技術・家庭科技術分野とした。

2.2 授業設計

若手教員が，授業を設計する一般的な手順を下記にする。

①最初に教師用指導書などを参考に配時計画を立案する。②次に，学習指導要領の指導項目を確認するとともに，教科書の記載内容を元に，指導の概要を構想する。③大筋の指導内容と学習の手順を確認した後，本日の目標を設定する。その際には，評価方法や評価基準も書き示す。④これらを受け，本時の中心発問を構想し，活用する題材，教材教具，ICT の活用を検討する。⑤具体的な授業展開（学習指導案），時間配分，生徒の活動，指導の留意点などを書き示す。⑥授業で利用する学習シートや，提示用資料を作成する。⑦これら①～⑥を繰り返し確認しながら，授業を構築することが一般的である。

これら授業設計をする際，学校・地域の特徴や生徒の実態に応じた指導過程の工夫は，大切な要件の 1 つである。しかし，若手教員は，学校・地域の特徴や生徒の実態を十分把握できないまま，教師用指導書を参考に授業を展開する。

そこでこれらを補うために本研究においては，生成 AI に授業内容を提供し，授業実践後に生徒に振

り返りシート（デジタルポートフォリオ）を記入させ，生徒の反応を生成 AI に入力することで，指導法の改善を提案できるシステムを構想した。振り返り記述は Google スプレッドシートに記録される形式をとった。

具体的には，振り返りシートには，中心発問に対する理解の程度，授業の中で最も興味関心を持った学習内容，授業全体を通して疑問や感想を尋ねた。下記に，振り返りシートに記した，調査項目の具体的な事例を示す。

Q１本日のプログラミングによる処理の自動化の手順（中心発問）についてどのようなことが理解できましたか。

Q２今日の授業で一番重要だと思ったこと，一番大切だと思ったことを書いてください。

Q３今日の授業を通して疑問に感じたことや，全体の感想を書いてください。

以上の基本的な３項目を尋ねることとした。

3.　生成 AI の評価と授業改善のコメント

実践で示された生成 AI からのコメントの事例を下記に示す。

3.1 総合評価

この授業に対する生徒の感想を総合的に分析すると、「処理の自動化の手順を理解する」という目標は，概ね達成されていると評価できる。以下に詳細な評価と考察を示す。

3.2 知識・理解の定着

多くの生徒が，以下の基本的な概念をしっかりと理解していることが感想から読み取れます。アルゴリズムとは何か，プログラムとはルールに沿って記述したもの，順次処理・分岐処理・反復処理という 3 つの基本構成，プログラムの表現方法（アクティビティ図・フローチャート）などの理解は大旨満足である。その中で，生徒の記述例として「順次処理，分岐処理，反復処理などのルールに沿って記述し，アルゴリズムをコンピュータに指示すると処理を自動化できる」，「プログラムの構成に種類があることを初めて聞いた」など，小学校での経験と結びつけて理解を深めている生徒も複数見られ，既習内容との接続がなされていた点は評価できる。

3.3 関心・意欲の喚起

多くの生徒が「面白かった」「やってみたい」「次回が楽しみ」といった前向きな姿勢を示しており，授業への興味・関心が十分に高まっている。

その中で，生徒の記述例として「Java とかテキスト系のやつは全然わかんないからやってみたい」，「自分オリジナルのゲームを作っていきたい」，「複雑なプログラムも組んでみたいと思った」などであった。これは，「スクラッチ」という視覚的かつ操作しやすい教材を使いながら理論と実践を結びつけた授業構成の効果が表れていると評価できる。

3.4 課題・改善点の兆し

一部の生徒から，プログラミングを言語化する難しさや，処理の順序の理解への課題も挙がっている。その中で，生徒の記述例として「無意識にやっていることを一つ一つ文字に起こすのは難しい」，「頭がこんがらがる」，「どこにどの条件がかかっているのか理解することが大事」などであった。これは中学生段階では自然な反応だがが，フローチャートやアクティビティ図の扱い，条件や繰り返し処理の仕組みの視覚化などをより丁寧に扱うことで，さらなる理解の深化につながると考えられる。

3.5 具体的な改善点

1. 条件分岐・反復処理の「意味」と「使い分け」の理解を深める。ブロックの動作を視覚的に確認できる演習（シミュレーション）を強化する。生活の中の「判断」や「繰り返し」の例（信号機、自販機、ゲーム等）を教材に取り入れる。

2. 表現と実装を結びつける学習活動の導入として，アルゴリズムの言語化 → フローチャート化 → プログラム化の流れをペアワークで実施する。Scratch での作業に言語化タスクを付加する（例：「このブロックは何処の処理？」と問うプリント併用）。

3. テキスト言語へのステップアップへの橋渡し Scratch の裏側にあるコードの構造を視覚的に示す（例：Python で同様処理を見せる）。「やってみたい」という声があるので、選択課題や放課後開放時間での個別探究を提案する。

4. 失敗から学ぶ文化の明示

試行錯誤のプロセスを共有する授業展開（例：うまくいかなかった理由をチームで検討する活動）を取り入れる。成功だけでなく「うまくいかなかった記録」を肯定的に扱う姿勢を共有する。などが提案された。

4.　おわりに

若手教師の学習指導力の向上のため，生成 AI を活用し評価システムを構想した。実践を通して指導の課題点と授業の改善点を確認することができた。中学校技術・家庭科（技術分野）の学習指導に関しては，教科担当者が１名のみであるため，自分自身で授業改善を行うシステムには一定の効果があると考えられる。実践と評価を繰り返し，適切なプロンプトの在り方は，評価項目の作成方法を模索したい。これらは今後の課題とする。

参考文献

(1) 国立教育政策研究所，「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料 中学校編 技術家庭，東洋館出版社(2020)

(2) 文部科学省，学習指導要領の趣旨の実現に向けた 個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実に関する参考資料， p.21 https://www.mext.go.jp/content/20210428-mxt_kyoiku01-00014639_13.pdf(2021)

e ラーニングにおける学習履歴データから同定された学習スタイルに応じた生成 AI による学びの自己調整支援モデルの提案

A Proposal of a Self-Regulated Learning Support Method using Generative AI Based on Learning Styles Identified from Learning Log Data in e-Learning

枝窪 悠[*1], 丸山 浩平[*2], 森本 康彦[*2]
Haruka EDAKUBO[*1], Kohei MARUYAMA[*2], Yasuhiko MORIMOTO[*2]
[*1] 株式会社デジタル・ナレッジ
[*1]Digital Knowledge Co. Ltd.
[*2] 東京学芸大学
[*2]Tokyo Gakugei University
Email: edakubo@digital-knowledge.co.jp

あらまし：e ラーニングでは，学習者が粘り強く，見通しを持ち，学びを調整しながら学びに取組むことはなかなか難しい．ここで，生成 AI を活用することで，e ラーニングにおける学習者の学習スタイルだけでなく，学習者自身の学びの文脈を考慮した，適応的な学びの自己調整支援を提供できると期待される．そこで，本研究では，e ラーニングにおける学習者の学習スタイルに応じた学習支援を提供するシステムの開発を目的とする．本稿では，e ラーニングにおける学習履歴データから同定された学習スタイルに応じた生成 AI による学びの自己調整支援モデルの提案について述べた．
キーワード：e ラーニング，生成 AI，適応的支援，学びの自己調整支援，学習履歴データ，学習スタイル

1. はじめに

e ラーニングは，企業内教育や学校教育など様々な学びにおいて活用されている．e ラーニングにはいつでもどこでも取り組むことができるが，学習者の強い主体性が求められるため，粘り強く，見通しをもって，学びを調整しながら取組むことは難しい．学習者の学びの取り組み方（以下，学習スタイル）に応じた学習支援として，筆者らは，学習履歴データのクラスタリングにより学習スタイルを抽出することに試み，教師あり学習により学習者の学習スタイルを同定する機能を持つシステムを開発した(1)．

一方，近年，教育における生成 AI の活用が注目されている．丸山・森本(2025)は，学びの振り返りの支援において，学習者が記述した学びの振り返りの記述を生成 AI に読み込ませて「学びの文脈」を取得することで，学習者が実際に振り返った内容に即した適応的な振り返りを支援する方法を開発している(2)．ここで，e ラーニングで蓄積された学習履歴データ等を生成 AI に読み込ませることで，学習者がどのような見通しで，どこまで，どう取組めているかといった学びの文脈を取得できると考えられる．このような生成 AI 活用と学びの文脈は，同定された学習スタイルだけでなく，実際の学習者の学びの文脈を考慮した，個別最適な学びの自己調整の支援の提供に活かすことができる可能性に，我々は着目した．

そこで，本研究では，e ラーニングにおける学習者の学習スタイルに応じた学習支援を提供するシステムの開発を目的とする．本稿では，e ラーニングにおける学習履歴データから同定された学習スタイルに応じた生成 AI による学びの自己調整支援モデルの提案について述べる．

2. 同定された学習スタイルに応じた学習支援

筆者らは，実際の企業内教育として行われた e ラーニングでの学習履歴データをクラスタリングし，「受講期間終了間際に急いで学習するスタイル」(学習スタイル A)，「テストに合格するのが目的になりがちなスタイル」(学習スタイル B)，「講座にじっくり取り組み，苦手な部分についてしっかりと取り組むスタイル」(学習スタイル C) の 3 つの学習スタイルを抽出，分類した(1)．そして，e ラーニング受講完了後に，学習者の学習スタイルを教師あり学習により同定（予測）する機能をシステムに実装した(1)．

これらの学習スタイルでは，どのように取り組んでいくかといった学習計画を立てることを促したり，テスト後には間違えた問題や内容の復習を促したりするなど，同定された学習スタイルだけでなく，実際の学習者の学びの文脈を考慮して，学びの自己調整の支援を提供することが重要になると考えられる．

ここで，学習スタイルに応じた適切な学びを促す学習支援の内容に，生成 AI を活用して，学習者が取り組んだ LMS 上のコンテンツの内容や学習履歴データを元にして学習者の学びの文脈を反映させることで，学習者の学習スタイルと学びの文脈に応じた適応的な学習支援の提供が可能になると期待される．

3. 生成 AI を活用した学習スタイルと学習状況に応じた学びの自己調整支援のモデル

本研究では，生成 AI による学習者の学びの文脈の取得に注目し，e ラーニングにおける学習履歴データから同定された学習スタイルに応じた生成 AI による学びの自己調整支援モデルを提案する（図 1）．

（Ⅰ）では，学習者は，「見通す」「取り組む」「振

り返る」の主体的な学びに取り組む．具体的には，①前回の学習内容を想起する，②学習目標を確認する，③学習計画を設定する，④学習に取り組む，⑤学びを振り返るという学習ステップで取り組み，自身の学習状況を振り返り，学びの自己調整を繰り返しながら，e ラーニングに取り組んでいく．

（Ⅱ）では，システムが学習者に学習ステップと学習スタイル，学びの文脈に適応的な学習支援を提供するためのデータを，生成 AI に読み込ませる．データは，LMS 上のコンテンツデータ，その学習者の学習履歴データ，同定された学習スタイル，学習支援シナリオを読み込む．生成 AI は，読み込んだデータと学習支援シナリオに基づいて，学習者の学びの文脈に適応的な学習支援の情報を生成する．

（Ⅲ）では，表 1 の学習ステップごとの学習スタイルに応じて提供する学習支援のシナリオをもとに，生成 AI を用いて生成した学習支援の情報を学習者に提示し，学びの文脈に応じた足場かけ（ファシリテーション）や学習スタイルに応じて適切な学習活動へ誘導する（ナビゲーション）．そして，学習者は e ラーニングでの主体的な学びが促されていく**（Ⅰ）**．

4.　おわりに

本研究では，e ラーニングにおける学習者の学習スタイルに応じた学習支援を提供するシステムの開発を目的に，本稿では，e ラーニングにおける学習履歴データから同定された学習スタイルに応じた生成

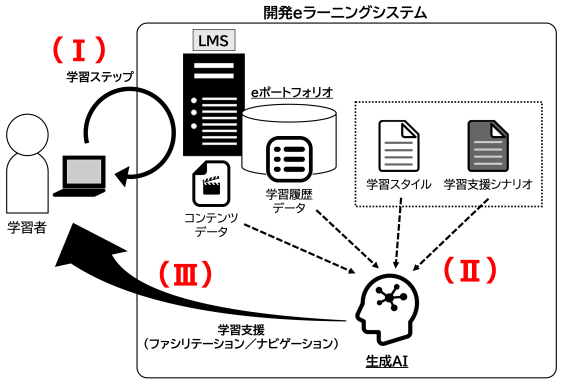


図 1 学習スタイルに応じた学びの自己調整支援モデル

AI による学びの自己調整支援モデルを提案した．今後は，学習ステップごとの学習スタイルに応じて提供する学習支援のシナリオで動作する機能をシステムに実装し，本機能の有効性の検証を行っていく．

参考文献

(1) Edakubo, H, Maruyama, K. and Morimoto, Y.: “DEVELOPMENT OF LEARNING SUPPORT SYSTEM CORRESPONDING TO LEARNING STYLES BY CLUSTERING LEARNING LOG DATA IN E-LEARNING”, *Proceedings of the 17th annual International Conference of Education, Research and Innovation*, pp. 9603-9609 (2024)

(2) 丸山浩平，森本康彦: “文章生成 AI を活用した学びの文脈に適応的な振り返り支援方法の開発と評価”, 教育システム情報学会誌, Vol.42, No.2, pp.194-207 (2025)

表 1　学習ステップごとの学習スタイルに応じて提供する学習支援のシナリオ

		（Ⅱ）学習スタイルに応じた学習支援のシナリオ			（Ⅲ）学習支援の内容
		学習スタイル A	学習スタイル B	学習スタイル C	
見通す	①前回の学習内容を想起する	1.前回の講座のコンテンツから内容を読み込む 2.前回の学習内容に，どのように取り組んできたか，前回の学習スタイル情報を踏まえて提示する	1.前回の講座のコンテンツから内容を読み込む 2.前回の学習内容に，どのように取り組んできたか，前回の学習スタイル情報を踏まえて提示する	1.前回の講座のコンテンツから内容を読み込む 2.前回の学習内容に，どのように取り組んできたか，前回の学習スタイル情報を踏まえて提示する	【学びの足場かけ】モデル提示 ・前回の学習内容とその学習の過程や結果の情報を提示する
	②学習目標を確認する	1.今回の講座のコンテンツから学習目標・内容を読み込み，提示する	1.今回の講座のコンテンツから学習目標・内容を読み込み，提示する	1.今回の講座のコンテンツから学習目標・内容を読み込み，提示する	【学びの足場かけ】モデル提示 ・今回の学習コンテンツを踏まえて，学習目標，学習内容の情報を提示する
	③学習計画を設定する	1.今回の講座にどのように取り組むか考えるよう促す 2.理想の取り組み方からずれていた場合，今回の学習では，もう少し早くから取り組み始めるように例示する	1.今回の講座にどのように取り組むか考えるよう促す 2.理想の取り組み方からずれていた場合，今回の学習では合格した後に改めて復習してみるように例示する	1.今回の講座にどのように取り組むか考えるよう促す 2.理想の取り組み方からずれていた場合，今回の学習では合格した後に改めて復習してみるように例示する	【学びの足場かけ】アドバイス／意見 ・今回の学習目標，学習内容を踏まえて，どのように学習に取り組むか，学習計画を立てることを促す 【学びの足場かけ】モデル提示 ・前回の学習スタイルを踏まえて，どのように学習に取り組むことが良いかの例を示す
取り組む	④学習に取り組む	1.学習計画通りに進んでいるかどうかを学習履歴と比較して確認する 2.学習計画から遅れた場合，学習計画を立て直すように誘導する 3.学習計画通りに進んでいる場合，ほめる	1.学習計画通りに進んでいるかどうかを学習履歴と比較して確認する 2.学習計画から遅れた場合，学習計画を立て直すように誘導する 3.学習計画通りに進んでいる場合，ほめる 4.テスト合格後，不正解だった問題に関して復習するよう誘導する	1.学習計画通りに進んでいるかどうかを学習履歴と比較して確認する 2.学習計画から遅れた場合，学習計画を立て直すように誘導する 3.学習計画通りに進んでいる場合，ほめる 4.テスト合格後，不正解だった問題に関して復習するよう誘導する	【学びの誘導】評価活動への誘導 ・学習計画通りに進んでいない場合，学習計画を立て直すよう誘導する 【学びの誘導】学習活動への誘導 ・学習スタイルに応じて，学習者の学習活動を誘導する
振り返る	⑤学びを振り返る	1.最初に立てた学習計画通りに進めることができたか振り返りを促す 2.なぜ今回の学習スタイルになったのかの振り返りを促す 3.次の学習はどのように取り組むか考えるよう促す	1.最初に立てた学習計画通りに進めることができたか振り返りを促す 2.なぜ今回の学習スタイルになったのかの振り返りを促す 3.次の学習はどのように取り組むか考えるよう促す	1.最初に立てた学習計画通りに進めることができたか振り返りを促す 2.なぜ今回の学習スタイルになったのかの振り返りを促す 3.次の学習はどのように取り組むか考えるよう促す	【学びの振り返りプロンプト】振り返り促進プロンプト ・今回の学習目標や学習計画，学習活動を踏まえて，今回の取り組み方の振り返りを促す

パーソナリティを表出するロボット講義システム
―講義へのエンゲージメント促進支援―

Robot Lecture with Personality Expression
-Promoting Engagement in Robot Lecture-

佐々木 奏[*1], 柏原 昭博[*1]
So SASAKI[*1], Akihiro KASHIHARA[*1]
[*1] 電気通信大学大学院情報理工学研究科
[*1]Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications
Email: so.sasaki@uec.ac.jp

あらまし：講義へのエンゲージメントの促進には，学習者の興味を惹くことが望ましい．筆者らは，学習者が教師の表出するパーソナリティに惹かれ，講義に聞き入る現象を，ソーシャルロボットを教師とするロボット講義で再現するシステムを開発した．しかし，学習者が講義ロボットのどのような振る舞いから特定のパーソナリティを認識するかは明らかではない．本稿では，ロボットの振る舞いを非言語動作とエピソードに分け，講義ロボットが想定通りのパーソナリティを効果的に表出するための振る舞いのデザインについて論じる．また，その妥当性を検証するための実験計画を示す．
キーワード：パーソナリティ，エンゲージメント，ソーシャルロボット，講義システム

1. はじめに

講義における学習者のエンゲージメント促進には，教授者が適切な説明だけでなく，学習者の注意状況・理解状況の把握，また学習者の講義内容への興味を引くことが重要である．教授者は，板書への指差し・顔向けによる注意誘導や，学習者の受講姿勢から注意・理解状況を推定・リカバリすることが求められる(1)．筆者らは，e-learning 講義においてこれらの要素を適切に組み込んだ代講ロボットシステムを開発し，注意面に対する支援を実現した(2)．

一方で，学習者の講義内容へ興味を引き出すことは容易ではない．筆者らは，この問題に対し，学習者が教授者の身振りやパラ言語，表情による感情表現や講義内容に関するエピソードに表れるパーソナリティに惹かれ，講義に聞き入る現象に着目し，パーソナリティを表出する代講ロボットシステムを開発した(3)．検証実験の結果，ロボットの表出するパーソナリティによって，学習者の講義に対するエンゲージメントに変化がみられることが分かった．

しかし，講義におけるロボットのどのような振る舞いが，学習者によるロボットのパーソナリティ認識に影響を与えるかは明らかではない．そこで本研究では，ロボットの振る舞いとパーソナリティ表出の対応をデザインし，パーソナリティを効果的に表出可能とする講義ロボットの開発および学習者の講義へのエンゲージメント向上支援の実現を目指す．

本稿では，筆者らがデザインした講義要素とパーソナリティが反映されるロボットの振る舞い要素の対応について述べる．また，講義ロボットのパーソナリティの認識には，講義中の非言語動作と共有されるエピソード内容の両方が適切にデザインされていることが必要という仮説の検証を目的とした，実験計画について述べる．

2. パーソナリティを表出する講義ロボット

2.1 講義ロボットのパーソナリティ表出

筆者らはこれまでの研究で，性格特性を独立した5つの因子で説明する Big Five(4)に基づいて講義ロボットの振る舞いを制御することで表出するパーソナリティに違いを生み，その違いが学習者のエンゲージメントに与える影響を調査した(3)．調査では，外向性と勤勉性に着目し，高い外向性と勤勉性を表出させた講義ロボットの方が，学習者の講義へのエンゲージメントを高めることを示した(3)．また，文献(5)では，教師の外向性と勤勉性は，学習者の授業評価に大きな影響を与えることが示唆されている．

以上を踏まえ，本稿ではより効果的な講義ロボットのパーソナリティ表出制御の実現を目指す．パーソナリティの表出と，ロボットの振る舞いの対応をデザインするため，スライド講義の中でパーソナリティが反映されると考えられる要素を，図 1 のように整理した．特に赤枠で囲った 3 つの要素は，Big Five の中でも外向性が強く反映されると考えられる．例えば，口頭説明では，敬体か常体か，語り掛けるような口調を用いるかの違い，パラ言語や身体動作といった非言語動作では，トーンの変化やジェスチャーの頻度によって外向性を表現できる．また，講

講義要素	パーソナリティが反映される要素
スライド	講義内容，説明表現，図表
口頭説明	講義内容，説明表現，言葉選び
パラ言語	トーン，間，フィラー
身体動作	指差し，顔向け，姿勢，ジェスチャー
（エピソード）	具体例の代わり，雑談

図 1 スライド講義中で教師のパーソナリティが反映されると考えられる要素の整理

	D条件 (Default)	N条件 (Nonverbal behavior)	E条件 (Episode)	C条件 (Combination)
パラ言語 表情変化 身体的動作	重要箇所で間を取る 表情変化なし 重要箇所を指さす	重要箇所で間を取る 親しみやすい口調 説明に合わせた表情変化 ジェスチャー有りの説明	重要箇所で間を取る 表情変化なし 重要箇所を指さす	重要箇所で間を取る 親しみやすい口調 説明に合わせた表情変化 ジェスチャー有りの説明
講義内容に 関連した エピソード	共有無し	共有無し	外向性の高いエピソード - リーダー経験 - 大勢での遊び - 楽しいことが好き	外向性の高いエピソード - リーダー経験 - 大勢での遊び - 楽しいことが好き

図 3 実験の各条件におけるデザイン方針

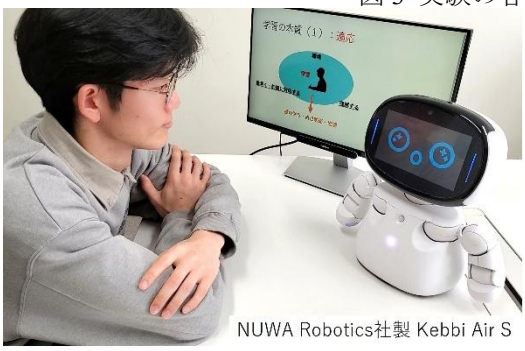


図 2 ロボット講義のイメージ (文献(3)より抜粋)

義におけるエピソードは，講義にとって必須の要素ではないものの，講義に盛り込むことが望ましく，その内容にパーソナリティが表出されやすく，講義ロボットのデザインにおいて重要であると言える．

2.2 ロボット講義システム

本研究では，図 2 に示すようなロボット講義システム(3)を使用する．ロボットには，発話や身振り手振りなどの身体動作，表情の制御が可能な Kebbi Air S を採用し，ロボットの振る舞いおよびモニターに表示する講義スライドのページ遷移は，サーバによって制御する構成である．

3. 実験計画

3.1 実験目的

本研究では，講義ロボットの講義中の振る舞いのうち，非言語動作とエピソードの内容が，学習者のパーソナリティの認識に影響を与えると仮定し，いずれの影響が大きいか，あるいは適切に組み合わせることが重要なのかを明らかにすることを目的に，ロボット講義システムを用いて検証実験を行う予定である．検証する仮説は次の通りである

H1 非言語動作とエピソード内容の両方の制御が，最も想定した通りのパーソナリティを認識させる

H2 想定したパーソナリティの認識が，学習者の講義へのエンゲージメントを高める

3.2 実験方法

本実験では，2.1 節で述べたような先行研究および図 1 の整理をもとに，Big Five のうち，講義における表出が見られやすいと考えられる外向性に着目し，実験を行う．実験は図 3 に示すように，非言語動作

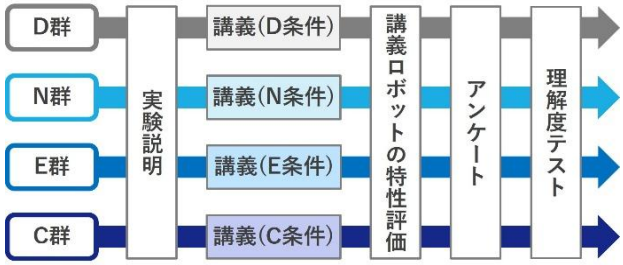


図 4 実験の流れ

のみで外向性の高さを表現する条件（N 条件）とエピソードのみで外向性の高さを表現する条件（E 条件），非言語動作とエピソードを組み合わせる条件（C 条件）と，統制条件として従来のロボット講義，すなわちパーソナリティのデザインを行わない（D 条件）の 2 要因 2 水準の 4 条件を設定し，被験者間で比較を行う．

実験の手順は，図 4 に示すとおりである．各条件における講義は，図 3 に対応するようにロボットの振る舞いをデザインする．

4. まとめ

本稿では，学習者が想定通りのパーソナリティを認識するような講義ロボットの振る舞いのデザインについて検討し，検証実験の計画を述べた．今後は実験実施と，その結果をもとに適切にパーソナリティ表出をデザインしたロボットを用いた，学習者のエンゲージメントへの影響の調査を予定している．

参考文献

(1) Melinger, A., & Willem, J. M. L.: “Gesture and the Communicative Intention of the Speaker”, ResearchGate, Vol.4, No.2, pp.119–141 (2004)
(2) Toshiyuki S. & Akihiro K.: “An Interactive Robot Lecture System for Attention and Understanding Recovery”, Proc. of the 31st International Conference on Computers in Education, Vol.2, pp.1084-1087 (2023)
(3) 佐々木奏，柏原昭博：”講義ロボットの有するパーソナリティへの共感による講義へのエンゲージメント促進”，教育システム情報学会(JSiSE) 2024 年度 第 6 回研究会，Vol. 39, No. 6, pp. 105-112 (2025).
(4) 小塩真司，阿部晋，Pino Cutrone：”日本語版 Ten Item Personality Inventory（TIPI-J）作成の試み”，パーソナリティ研究, Vol.21, No.1, pp. 40-52 (2012)
(5) Kim, Lisa E., Verena Jörg, and Robert M. Klassen.: “A Meta-Analysis of the Effects of Teacher Personality on Teacher Effectiveness and Burnout”, Educational Psychology Review, Vol.31, No.1, pp.163–95 (2019)

PBL での教員の役割認識の再構成を支援する介入事例カードの試作

Prototype of Intervention Case Cards to Support the Restructuring of Instructors' role Perceptions in PBL

石田 百合子[*1], 鈴木 雄清[*2], 松葉 龍一[*3], 甲斐 晶子[*4], 水島 あかね[*5], 田中 誠一[*6], 石田 祐[*7]
Yuriko ISHIDA[*1], Yusei SUZUKI[*2], Ryuichi MATSUBA[*3], Akiko KAI[*4],
Akane MIZUSHIMA[*5], Seiichi TANAKA[*6], Yu ISHIDA[*7]
[*1] 職業能力開発総合大学校 [*2] 大分大学 [*3] 福山平成大学
[*1]The Polytechnic University of Japan [*2]Oita University [*3]Fukuyama Heisei University
[*4] 青山学院大学 [*5] 大阪工業大学
[*4] Aoyama Gakuin University [*5]Osaka Institute of Technology
[*6] 明石工業高等専門学校 [*7] 関西学院大学
[*6]National Institute of Technology, Aakashi College [*7]Kwansei Gakuin University
Email: y-ishida@uitec.ac.jp

あらまし：本研究では，高等専門学校で PBL（Project-Based Learning）科目を担当する教員を対象に，PBL 担当教員の役割認識の再構成を支援する介入事例カードを開発した．介入事例カードは，教員が PBL における自らの役割と行動を深い視点でふり返り，他の教員との共通のフレームワークで共有することを可能とする．本稿では，介入事例カードの開発プロセスおよび開発物を紹介する．
キーワード：学習者中心の教育，PBL，ID，FD

1. はじめに

不確実な時代における問題解決力を育むための教育方法として，Project-Based Learning（以下，「PBL」）科目を導入する高等教育機関が増えている．しかし，学生自身が課題・目標を定めて自らのペースで学習し，学習成果を自ら評価する自己調整学習の考え方を取り入れた PBL 授業の設計や学習者に対する学びの支援が十分にされているとは言い難い．多くの教員は，自らが学生時代の授業で PBL を経験しておらず，専門的トレーニングを受けていないなど，PBL に対する困難や不安に直面している(1)．また教員が PBL 授業設計や学びの支援に関する情報を得る，体系的に学ぶ機会が少ないのも要因として挙げられる．

筆者らは学年学科混合の大規模 PBL 科目を行う高等専門学校（以下，「対象校」）において，PBL での教員の役割を再構築するためのガイドラインの提供，PBL 授業をふり返り，教員間で授業実践を共有する FD 研修の教育改善活動に関与してきた(2),(3)．

しかし，ガイドライン活用に関するインタビュー調査および FD 研修での観察から，これまで行ってきた教員の役割再構築のための支援だけでは，教員の役割や行動の変化を促すのは不十分であることがわかった．また教員の多くがガイドラインを読んだり，FD 研修での授業実践のふり返りと共有をしたりするだけでは，学生の自己調整学習の支援につながる具体的な行動を想像できず，実践に結びつけることができなかったことが明らかになった(4),(5)．そこで，FD 研修の実施方法の見直しを行うこととした(6)．

本研究では教員の役割認識の再構築を支援する新たな研修ツールとして，PBL 授業の文脈にあわせた事例カード（以下，「介入事例カード」）を試作した．

2. 方法

2.1 設計コンセプト

介入事例カードの役割は、教員が PBL における自身の役割認識と行動を，表面的かつ合理的な方法ではなく，より意味のある深い視点で振り返ることを可能にすること(7)である．従来の FD 研修では実現できなかった自らの PBL 授業実践のふり返りと再構築の方向性を考えるためのフレームワークを提供し，他の教員との相互作用の促進についても目指す．

そのため，介入事例カードは，PBL における教員の役割に関する理論的な概念，実際の PBL 授業での文脈に合わせる形で教員の役割認識および具体的な行動を併記するように設計した．

2.2 開発

以下の手順で，介入事例カードの開発を進めた．

手順１：C.M. ライゲルースらによる教員の６つの役割(8)を，対象校の PBL 実践の文脈に適合するよう再編成（**表１**：最左列）した．

手順２：対象校のベテランおよび新任教員へのインタビュー結果および第一筆者による授業観察に基づき，教員が意識的または無意識での介入行動を表現した 47 項目を抽出した．

手順３：対象校での PBL 授業経験のある教職員および教授設計の専門家らが 47 項目を教員の役割カテゴリーに分類し，一致度を確認した．教授設計の専門家が 47 項目の行動記述をレビューし，改善点を指摘した．

手順４：一致度が低い，または専門家レビューで指摘された行動記述は修正した．

表１　介入事例カード（試作版）

教員の役割	概要		役割認識
役割１ **目標設定の支援**	グループ学習を通じて達成したい個人目標の設定を支援する．各メンバーの個人目標をもとに，チームとしての目標（ゴール）設定の支援を行う．	1	全員で授業の全体像を確認
		2	長期ゴールと学習成果をつなぐ
		3	個人目標の明確化を支援する
		4	活動テーマ設定の壁打ち相手
		5	決定プロセスに納得感を持たせる
役割２ **グループ課題の設計と選択の支援**	自分たちのゴールを達成するために，グループで適切な課題や活動を選択・設計できるよう支援する．	6	助言・指導，協働の度合いを調整する
		7	到達目標の達成に向かう課題の方向づけ
		8	学外連携先を探すヒントを出す
		9	個人のゴールと役割分担を関連づける
		10	活動計画作成の時間を確保する
役割３ **学習を促進**	グループが課題に取り組む際に効果的に支援する．	11	目標共有・進捗確認の機会を設ける
		12	プロジェクトの進め方を例示する
		13	学生主導の学習活動へ移行する
		14	沈黙を学びの時間と捉える
		15	軌道修正のタイミングを見極める
役割４ **課題遂行の促進**	必要に応じてタイムリーな指導を行い，グループ学習を支援する．	16	学外の関係性と学びのバランスを意識する
		17	なすことによって学ぶ（Learning by Doing）
		18	トラブルから学べることを考える
		19	課題に必要なスキルの確認と学ぶ機会の提供
		20	学生と教員はともに学習者であり指導者である
役割５ **学習とパフォーマンス（成果物）の評価の支援**	グループ全体および個々のメンバーの評価を公正かつ適切に行う．	21	蓄積した観察記録をもとにフィードバックする
		22	第三者からの評価をもらう機会
		23	メンバーが相互で行うパフォーマンス評価
		24	自己評価を発表する機会と互いをねぎらう場をつくる
		25	複合的な視点で個人評価する
役割６ **グループのメンター（メンタルケア）**	グループ全体の動機づけを維持し，感情的なサポートを提供する．	26	モチベーション管理とコーチング
		27	人間関係構築の支援と調整を行う
		28	安心できる空間・関係性・雰囲気づくり
		29	個人差に対応した学習機会を提供する
		30	ふり返りシートの記述内容を活用したメンタリング

手順５：６つの役割のうち，行動記述が少なかった役割１および５は，PBL インストラクターのルーブリック(1)を参考に追加記述した．

これらの手順を経て，役割ごとに５枚ずつ，計 30 枚からなる介入事例カードを作成した（**表１**）．

3.　ＦＤ研修の試行および今後の予定

2025 年３月，対象校にて介入事例カードを用いた FD 研修を試行した．参加教員が作成した役割認識の再構築に向けた行動計画からは，介入事例カード利用による一定の効果があることが示唆された．今後も継続的に FD 研修を実施し，研修プログラムおよび介入事例カード双方の改善を進める予定である．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP22K02830 の助成を受けて実施した．

参考文献

(1) スージー・ボス，ジョン・ラーマー 著，池田匡史，吉田新一郎 訳: “プロジェクト学習とは－地域や世界につながる教室－”，新評論，東京（2021）
(2) 石田百合子，石田祐，梶村好宏，松葉龍一，根本淳子，鈴木克明: “サービスラーニングの原則・基準を活用した PBL 科目の授業設計・運営準備ガイドおよびワークシートの開発”，教育システム情報学会誌 Vol 34, No.2 pp.196-201 (2017)
(3) 石田百合子，竹岡篤永，梶村好宏，松葉龍一: “プロジェクト型学習実践のための教員共同体形成の試み-教員意見交換会の分析-”，教育システム情報学会 2017 年度 第 5 回研究会研究報告，pp. 61-68（2018）
(4) 石田百合子，水島あかね，田中誠一，松葉龍一，鈴木雄清，石田祐: “新任教員インタビューにみる PBL 科目で直面する課題および独自の工夫点 - PBL 授業支援システムの開発に向けて - ”，教育システム情報学会 2023 年度 第 5 回研究会研究報告, pp.75-82（2024）
(5) 石田百合子，水島あかね，田中誠一，鈴木雄清，松葉龍一: “PBL 授業実践の現状と課題 - ベテラン教員インタビューからの一考察 - ”，教育システム情報学会 2024 年度 第 3 回研究会研究報告，pp.38-45（2024）
(6) 石田百合子，松葉龍一，鈴木雄清，田中誠一，水島あかね，甲斐晶子: “実践と理論の統合を目指した PBL 科目担当教員向け研修プログラムの設計”，日本教育工学会 2025 年春季全国大会講演論文集，pp.521-522（2025）
(7) Korthagen, F.; “Inconvenient truths about teacher learning: towards professional development3.0”., Teacher and Teaching, Vol 23, No.4, pp.387-405（2017）
(8) C.M. ライゲルース，B.J. ビーティ，R.D. マイヤーズ 編，鈴木克明 監訳: “学習者中心の教育を実現するインストラクショナルデザイン理論とモデル”．北大路書房，京都（2020）

F2-2

感染症拡大沈静化後の専門科目フルオンデマンド授業継続の試み

An Attempt to Continue Full On-Demand Classes after Stabilization of the Infectious Disease Spread

阿部 一晴　　酒井浩二
Issei ABE　　Koji SAKAI
京都光華女子大学 キャリア形成学部
Email: i_abe@koka.ac.jp

あらまし：感染症拡大に伴い、本学でも 2022 年度まで多くの講義系専門科目をオンデマンド授業として提供した。2023 年度以降も少数の科目はオンデマンドを継続したものの、従来どおり大学には通学することを基本とし、ほとんどの科目が教室での対面授業に戻った。一方感染症拡大とは無関係に、オンデマンド授業の方が受講生にとって利便性や学習効果が高いのではないかという分析もあり、一部の専門科目を再度オンデマンドに戻すことにした。一連の授業形態の変更による受講生の評価の違いから見える、オンデマンドによる専門科目授業提供の可能性について検討した。

キーワード：感染症拡大，講義科目，オンデマンド授業，対面授業，授業評価

1. はじめに

2020 年度期初からの感染症拡大に伴い、大学における授業の方法も大きく変化せざるを得なくなった。2020 年度は様々な混乱の中、試行錯誤を繰り返し、ある意味特別扱いの一年であったとも言える。2021 年度からは感染症ありきとなり、学生が大学に通学することが当たり前ではないことがノーマルという前提での授業運営に移行した。筆者も、ゼミ以外の講義科目をすべて（前期 4 科目・後期 4 科目）非同期型のオンライン授業(オンデマンド)で提供した。本学では、ちょうど 2021 年度後期に授業支援システムの更新があり、オンデマンド等のオンラインによる授業への対応が従来よりも容易になる環境が整いつつあったことも助けとなった。

一方、2023 年度は感染症の法的扱い等が変化したこともあり、オンライン対応としていた講義系科目も基本的に従来どおりの対面授業に戻して提供することとなった。上記 8 科目もすべて対面授業とした。しかし、学生からは時間割の配当その他からオンデマンド授業を望む声もあり、また授業担当者としても受講生の授業への取り組み姿勢や学習効果においてオンデマンド授業には対面授業よりもメリットを感じる面もあった。このため、2024 年度にこのうちより専門性の高い 3 年次以上配当の 2 科目を再度オンデマンド授業として提供することとした。

2. 対象授業の受講者数について

筆者の所属する学科は、特定のディシプリンに依存せず、比較的幅広い領域の科目を受講できることが特徴となっている。その中で、筆者はビジネス・経営系科目を中心に担当している。今回比較の対象とした授業科目もそれらの分野に含まれる。表 1 に各科目の受講登録者数を示す。(2024 年度にオンデマンドに戻さず対面授業で提供した 2 科目を含む)

表 1：年度別科目受講登録者数

	2022年度 (オンデマンド)	2023年度 (対面)	2024年度 (オンデマンド)
科目A	53	23	41
科目B	43	11	34
科目C	42	23	
科目D	70	6	

本学科のカリキュラムは、必修科目が少なく自由に選択できる科目が多く、各科目とも例年ほぼ同程度の受講者数があるのだが、2022 年度に比べて 2023 年度の受講者数が減少していることがわかる。選択受講対象となる学年全体の学生数は各年度でほぼ同一である。一方、2024 年度にオンデマンド授業に戻した 2 科目は 2023 年度より受講者が増加している。

3. 受講生の授業評アンケート回答率の比較

本学では、全学統一で授業評価をおこなっているが、筆者はそれとは別に最終授業と期末試験終了後に独自の授業アンケート（オンライン回答）を実施している。表 2 に各科目の回答率を示す。

表 2：年度別受講生授業アンケート回答率

	2022年度 (オンデマンド)	2023年度 (対面)	2024年度 (オンデマンド)
科目A	49.1%	52.2%	48.8%
科目B	48.8%	45.5%	47.1%
科目C	38.1%	56.5%	
科目D	52.9%	不開講	

この種のアンケートとしては、相対期に回答率は低めではあると考えられるが、オンデマンドか対面かの差異は大きくは感じられなかった。

4.　受講生の授業評価の比較

2022 年度オンデマンド授業、2023 年度教室での対面授業、2024 年度オンデマンド授業でほぼ同じ内容を提供した 2 科目で、授業評価アンケートの結果には科目ごとに大きな違いはなかった。以下に比較的受講生が多く、回答率が相対的に高かった科目 A 受講生の各年度の評価結果を示す。

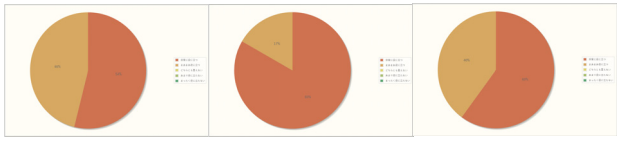


図 1：この授業で学んだことは今後の自分にとって役に立つと思いますか？

一つ目の設問では、授業で学んだことが今後役立つと考えるかどうかを尋ねた。「非常に役に立つ」が対面 83%、オンデマンド 54%・60%（22022 年度・2024 年度）と明らかに傾向が異なっていることがわかった。（対面の方がポジティブ）

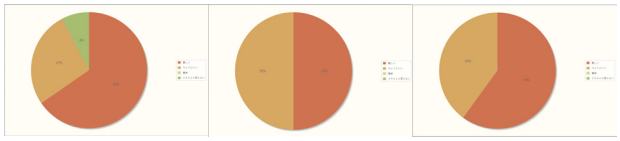


図 2：この授業の内容は難しかったですか？

次に授業内容を難しいと感じたかどうかを尋ねたが、この設問も「難しい」が対面 50%、オンデマンド 65%・60%と少し違いがあった。（オンデマンドの方がネガティブ）

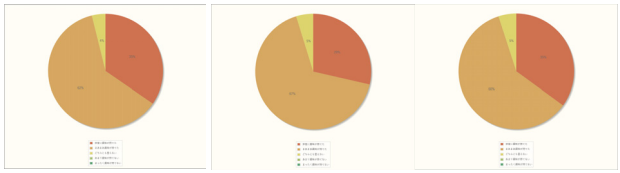


図 3：この授業の内容に興味が持てましたか？

次の授業内容に興味が持てたかという設問では、「非常に興味が持てた」「興味が持てた」を合わせて対面 95%、オンデマンド 97%・95%という回答となった。（対面・オンデマンドで差異なし）

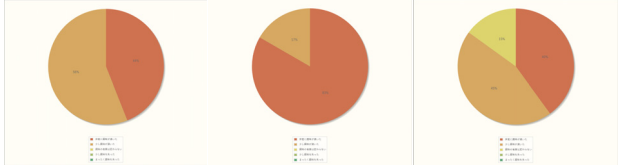


図 4：この授業を受ける前に比べて、社会や企業といったものへの興味が変化しましたか？

授業を受けたことで関連分野への興味が変化したかどうかについては、「非常に興味が湧いた」が対面 83%、オンデマンド 44%・40%という回答であった。（対面の方がポジティブ）

これらの回答から、対面授業とオンデマンド授業に対する受講生の捉え方に一定の傾向（全般的に対面授業への評価が高い）があることが読み取れる。

5.　受講生の成績比較

受講生の授業評価比較の対象とした科目 B の 2022 年度（オンデマンド）、2023 年度（対面）と 2024 年度（オンデマンド）の最終的な成績は表 3 のとおりである。

表 3：年度別科目 A 受講生の成績

	2022年度（オンデマンド）		2023年度（対面）		2024年度（オンデマンド）	
A+	4	8%	8	35%	9	22%
A	14	26%	6	26%	12	29%
B	7	13%	2	9%	4	10%
C	15	28%	1	4%	2	5%
D	1	2%	0	0%	4	10%
K	12	23%	6	26%	10	24%
合計	53	100%	23	100%	41	100%

途中で受講放棄した率はいずれの年度もほぼ同じ（当初受講登録者の約 4 分の 1）であったが、最後まで受講して期末レポートを提出した学生の成績はオンデマンドか対面授業かで傾向差はなかった。成績評価の基準は同一であったので、年度毎の受講生の個別差による結果ではないかと考えられる。

6.　まとめ

今回の授業評価アンケート比較から、受講生はオンデマンド授業よりも教室での対面授業を高く評価する傾向が読み取れた。ただし、最終的な成績はオンデマンド授業も教室での対面授業も特段の傾向差はなかった。元々オンラインによる授業は、感染症拡大に対する緊急避難的な対策であり、通信制等の特例を除き「大学の授業は教室で実施することが当たり前」という教員側の無意識な常識のようなものは学生側にも同様に受け入れられていると言えるのかも知れない。感染症拡大沈静化後も、時間割配当の柔軟化等のメリットがあり、「対面とは遜色ない内容・水準の授業を提供する」というオンライン化の原則に基づいて、一定の科目をオンラインで提供してきたが、それが本当に良いことなのか見直す必要があるのかも知れない。今後も対面授業とオンライン授業のより詳細な比較等について、更にしっかりと検証していく必要があるのではないかとも考えられる。

参考文献

(1) 阿部一晴：“同一科目の教室での対面授業とオンライン授業による受講生の授業評価の比較”，教育システム情報学会，第 49 回全国大会講演論文集，pp79-80 (2024)
(2) 阿部一晴，酒井浩二：“学生の対面授業とオンライン授業に対する評価の比較”，情報コミュニケーション学会，第 21 回全国大会発表論文集，pp.96-97　(2024)
(3) 阿部一晴：“対面授業とオンデマンド授業の受講生によるクラウド型教育コンテンツへの評価比較”，コンピュータ利用教育学会，2023 PC Conference 論文集，pp.80-81　(2023)

ＡＩアシスタントを活用した教育内容の充実を目指して ～体験型の FD 研修会を受講した教員の認識に関する研究～

Enhancing Educational Content through the Use of AI Assistants: A Study on Teachers' Perceptions after Participating in Experiential Faculty Development Workshops

庄司 一也[*1], 石川 由美[*2], 國分 義之[*3]
Kazuya SHOJI[*1], Yumi ISHIKAWA[*2], Yoshiyuki KOKUBUN[*3]
[*123]帝京平成大学 健康医療スポーツ学部
[*123]Teikyo Heisei University, Faculty of Health Care and Medical Sports
Email: k.shoji@thu.ac.jp

あらまし：帝京平成大学 FD 委員会 千葉キャンパス情報教育研究・推進部会主催の全教員を対象にした AI アシスタント（Microsoft Copilot）の使用方法に関する FD 研修会を，対面とライブ配信のハイブリッド型で開催した．研修後のアンケートでは，「参加者の満足度」が高く「AI の理解が深まった」と感じた教員が多かったほか，「実践的な内容が役立った」「研修全体を通して，今後に活かせそうな内容があった」と回答したものも多かった．一方，事前説明不足やコンピュータリテラシーの差が課題として挙げられた．
キーワード：生成 AI　Microsoft Copilot（AI アシスタント）　FD 研修会　ワークショップ　ビデオ配信

1. はじめに

第 2 著者，第 3 著者らが部会構成員を務める帝京平成大学 FD 委員会 千葉キャンパス情報教育研究・推進部会（以下「同部会」とする）は，2025 年 1 月 10 日に全キャンパスの教員を対象とした同部会主催の FD 研修会を開催した．

今回は，すでに担当授業で生成 AI を活用 (1) している第 1 著者が研修会講師を務め，参加教員のコンピュータ（パソコン）体験を伴うワークショップ型の研修会を開催した．これは近年爆発的な普及と進化を遂げる生成 AI の理解を深め，教育内容の充実を目的にコンピュータ操作を実際に行いながら生成 AI に少しでも慣れ，全学的な教育改善や DX 促進を意図したからである．そして FD 研修会後教員向けのアンケート調査によって成果や課題を分析し，あらためて同部会で検証した．

本稿では上記一連の取組について報告する．

2. FD 研修会の趣旨と内容

2.1 FD 研修会の趣旨

以前より本学 FD 委員会では，FD に関するさまざまなテーマを取り扱い，専門分野の講師を招聘しタイムリーで質の高い研修会を定期的に開催してきた．

今回は近年大きな話題になっている「生成 AI」について，同部会構成員による協議の下，教育内容の充実のほか，教育 DX 促進，さらには全学の AI・コンピュータリテラシー向上，業務プロセスの高度化など複数の意図を含んだ．

さらに生成 AI が情報システムであることから，コンピュータ操作を伴う体験型（ワークショップ型）での開催が好ましく，研修会参加者の理解も一層促進されると同部会で考えた．そこでコンピュータ操作を行いながら，千葉キャンパスはコンピュータ演習室での対面で，他キャンパス（池袋・中野）はリアルタイムのライブ配信での開催となった．

なお，当日の研修会に参加できない教員や後日確認等のために，研修会と同じ内容のビデオを制作し後日オンデマンド配信を行った．

2.2 FD 研修会の内容

研修会に先立ち，事前に「Microsoft Copilot 事前設定資料」を全教員に配布し，当日の研修会で即 生成 AI を使用できるよう事前設定方法を案内した．

1 月 10 日 当日は，本学で全教員がエンタープライズ データ保護の下で使用できる「Microsoft Copilot」を使用アプリケーションソフトとして，「Microsoft Copilot（AI アシスタント）を活用した教育内容の充実～体験を通して AI の理解を深める～」という研修会テーマで実施した．

研修会が 1 時間という関係上，解説は基本部分に絞り，コンピュータ・システム上の注意点のほか，Microsoft Copilot の代表的な機能である「文章生成」「画像生成」「WEB ページ要約」「単語帳として活用」「PDF ファイル（大容量文書）要約」，「動画の要約（議事録）」を扱った．

上述のとおり，講師登壇地である千葉キャンパスはコンピュータ演習室を利用した対面開催，それ以外の池袋・中野キャンパスは Microsoft Teams を活用したライブ配信での開催となった．解説時は第 1 著者が講師として上記内容を説明し，第 2 著者が教室および Microsoft Teams 画面の質問等をチェックしながら協働して個別対応に当たった．なお千葉キャンパスの教室会場においては，適宜情報分野に強い教員の協力も得ながら進行することができた．

3.　アンケート調査の集計結果と考察

前述のとおり研修会後にアンケート調査を行った．研修会当日の対面参加者数は 35 名（千葉キャンパス），リアルタイム配信参加者は 37 名（池袋・中野キャンパス）であった [(2)]．そしてオンデマンド配信も含め，最終的な研修参加者数は 118 名で，そのうちアンケート結果を研究に用いることに「同意する」と回答した者は 113 名，「同意しない」者は 6 名であった．以下は，研究に同意が得られた 116 名の調査結果である．

まず『研修会の参加方法』は，「後日オンデマンド配信を受講」した者が 72.6%と最も多かった．次いで，「対面」による受講者が 16.8%，「当日ライブ配信を研究室で受講」した者が 10.6%であった．なお『キャンパス別の参加方法』は表 1 のとおりである（『視聴状況』についても概ね問題はなかった）．

次に『研修全体の満足度』は，「とても満足」が 60.2%と最も多く，次いで「満足」が 38.9%，「どちらでもない」が 0.9%であった．「不満」及び「とても不満」と回答した者はいなかった．「とても満足」と「満足」を合計すると 99.1%で，参加者のほとんどが満足した結果となっている．

さらに『理解のしやすさ』『説明の分かりやすさ』『進行速度』についても他設問同様，好意的・肯定的な回答が得られた．

そして特に着目すべき点として『Microsoft　Cpilot を活用した実践的な内容が役に立ったか』という問いについては，図 1 のとおり「とても役立った」が 54.0%と最も多く，次いで「役立った」が 38.9%，「普通」が 7.1%であった．「あまり役立たなかった」及び「役立たなかった」と回答した者はいなかった．「とても役立った」と「役立った」を合計すると 92.9%であり，ほとんどの参加者が役に立ったと感じていることが分かる．加えて，『研修全体を通して，今後に活かせそうな内容があったかどうか』については，「あった」が 98.2%，「無かった」が 0.9%，「無回答」が 0.9%であった．

それ以外に『体験を通して AI の理解が深まったか』については，「深まった」54.9%，「とても深まった」33.6%と約 90%が肯定的な回答をしている．

最後に研修会に対する意見・感想の自由記述（有効回答者 33 名）をテキストマイニングによって図 2 のとおり共起ネットワークで可視化した．ここからも「今回貴重な機会になったこと」「有意義な研修会であったこと」「今後授業や業務で活用していくこと」「大変勉強になったこと」など，肯定的・前向きな記述が多数見られた．

表 1 キャンパス別の参加方法（n=116）

	池袋	千葉	中野
対面		38. 8%	
当日ライブ配信	8. 7%	0. 0%	24. 4%
後日オンデマンド配信	91. 3%	61. 2%	75. 6%

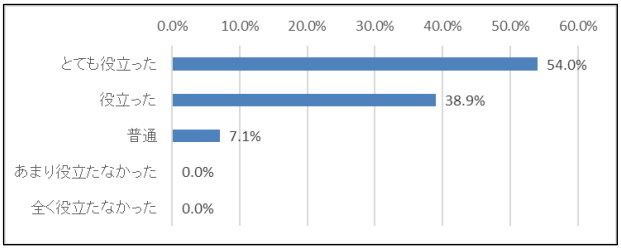


図 1 実践的な内容が役立ったか（n=116）

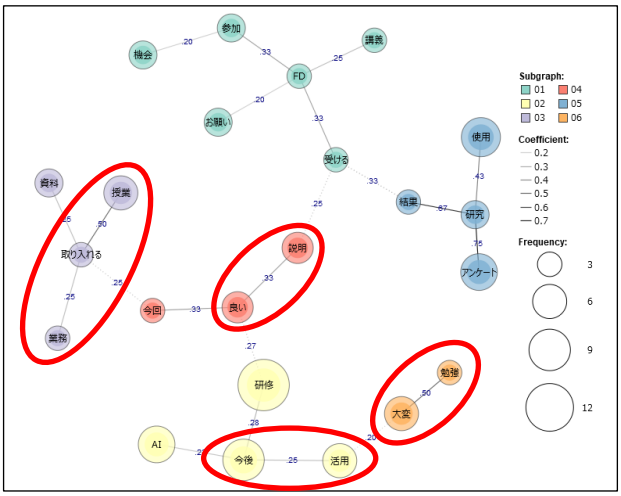


図 2 自由記述の共起ネットワーク（n=33）

4.　おわりに

以上のとおり FD 委員会 千葉キャンパス情報教育研究・推進部会主催の下，同部会の協働により，生成 AI に関するコンピュータの体験を伴うハイブリッド型の FD 研修会を開催し，環境や内容，さらには理解度など全体的に高評価ものとなった．

一方，事前の説明不足で当日の研修会開始時に生成 AI の設定が未完了の者が存在したほか，コンピュータリテラシーの差によって対面・リアルタイムライブ配信ともに進行に一部支障が出るケースもあった．

今後これらの課題を同部会内で再検討し，FD 研修会を改善・継続していきたい．

5.　倫理的配慮および利益相反行為

本研究においては，帝京平成大学の倫理委員会の倫理審査を経て，研究倫理に抵触する内容がないことが認められた（承認番号 2024-127）．

併せて利益相反申告の審査を経ており，利益相反に抵触する内容がないことが認められた（承認番号 2024-0226）．

6.　参考文献

(1) 庄司一也:“理解向上を目的とした生成 AI 活用教育と生成 AI に対する意見の分析”，関西ベンチャー学会第 33 回九州研究部会 発表資料, pp.1-20 （2024）
(2) 石川由美:“情報教育研究・推進部会　1.FD 研修会の実施”，帝京平成大学 FD NEWSLETTER, Vol.18, No.1, p.34 （2025）

研究情報とメモ群の可視化による LLM を活用した研究テーマ決定支援システムの提案

A Support System for Research Topic Selection Using LLMs through Visualization of Research Data and Memos

進藤 修一郎[*1], 中村 勝一[*2], 宮寺 庸造[*1]
Shuichiro SHINDO[*1], Shoichi NAKAMURA[*2], Youzou MIYADERA[*1]
[*1] 東京学芸大学
[*1]Tokyo Gakugei University
[*2] 福島大学
[*2]Fukushima University
Email: e225409k@st.u-gakugei.ac.jp

あらまし：研究では，先行研究やデータに基づき，いわば巨人の肩の上に立って，新規性を公知にする必要がある．しかし，研究初学者にとっては，研究活動の経験が乏しいため，研究の枠組みに沿って研究テーマを構築することは容易ではない．そこで，本研究では，研究初学者が研究テーマを決定できるよう支援することを目的とし，その過程で生じる困難を LLM によって支援するシステムを提案する．
キーワード：研究テーマ決定支援，可視化モデル，LLM

1. はじめに

研究とは，新規性を見出し，それを公知にする活動である(1)．この過程では，先人たちの研究に基づき,「巨人の肩に立つ」姿勢が求められる．すなわち，先行研究やデータに基づいて研究動向を把握し，背景や課題をまとめることは，知識を整理する活動である．その上で，新たな研究テーマを見出し，自身の研究の立ち位置を明確にし，新規性を意識しながら主張を裏付け，研究ストーリーを体系的に論理立てることは，創造的な活動である．このように，研究活動においては，知識の整理と創造が不可欠である．しかし，大学をはじめとする研究初学者は，研究活動を経験したことがないため，研究の枠組みに則って，整理と創造を繰り返し，研究テーマを決定するには多くの困難をともなう．

これらの困難に対して，研究活動支援，研究テーマ決定に関する多くの研究がある(2)-(5)．これらいずれの研究においても，研究テーマ決定プロセスにおける十分な支援に至っていない．

そこで本研究では，研究初学者の研究テーマの決定を支援することを目的とし，LLM の支援を活用しながら，メモを活用した研究活動モデルの開発とそれらに基づく研究テーマ決定支援システムの提案を行う．

2. 提案システムの概要

一般に研究活動においては，論文などの研究情報を調査し，それらをいろいろな観点から整理して，研究テーマ決定に至る．これらの活動において，特に研究初学者は以下の困難に直面する．

（困難 1）研究情報群の整理が困難：研究情報に対して様々な観点で整理して，その分野における背景や課題，研究動向，新たな研究テーマの発見などを整理することが困難，

（困難 2）研究テーマの創造が困難：整理した研究情報をもとに，未開拓な研究要素を見つけ，自身の研究の立ち位置を明確にしたり，主張を裏付けたり，体系的に論理立てながら研究ストーリを構築することが困難．

そこで，本研究では，研究テーマ決定に至る間に発生する上記の困難を LLM によって支援するシステムの開発を目指す．想定システムでは,「研究テーマ決定活動」は,「1. 研究調査活動」「2. 研究ストーリー構成活動」の繰り返しによって構成されるものと定義する．

提案システムにおいては,「研究情報」と「メモ」を用いた活動を想定する．研究情報とは，論文，ウェブサイト, 書籍, ゼミ資料などの情報資源を指す．また，メモとは，これらの研究情報から得られた「感情」「知見」「考察」「課題」である．

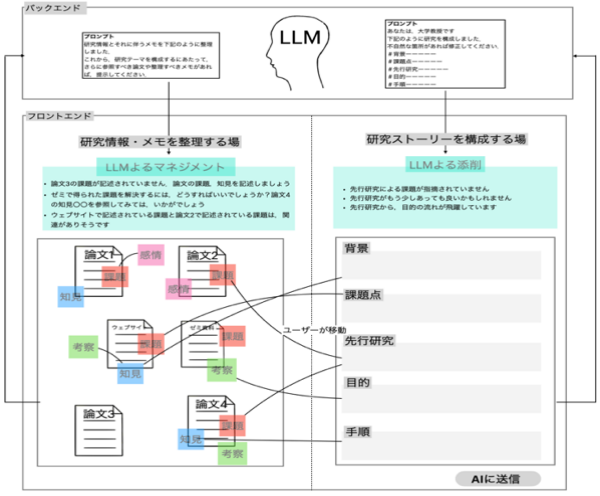


図 1 研究テーマ決定支援システムの概要

提案システムの概要を図 1 に示す．ユーザーは，論文やウェブサイトなどの研究情報から得られた内容を，画面左の領域に貼り付ける．これらの情報を LLM が読み取り, 研究活動の管理・推進を支援する．ユーザーは, これらのコメントを参考にしながら「1. 研究調査活動」を繰り返し,「研究情報・メモを整理する場」を充実させていく．研究情報やメモがある

程度蓄積された段階で，ユーザーは「研究ストーリー構成活動」に取り組む．ユーザーは，整理されたメモを画面右の各項目にドラッグアンドドロップして，研究ストーリーを構成する．その後，送信ボタンを押すことで，構成内容が LLM によって添削され，コメントが表示される．ユーザーは，そのコメントをもとに研究ストーリーを再構成したり，必要に応じて再度研究情報を収集・整理したりすることで，研究調査活動に立ち戻る．提案システムでは，これらの活動を繰り返すことによって，研究テーマ決定活動を支援する．

3.　研究テーマ決定活動の詳細

前章では，研究テーマ決定活動が「1．研究調査活動」「2．研究ストーリー構成活動」の繰り返しによって構成されるものと述べた．本章では，各活動においてユーザーがどのような操作や思考を行うのかを，より具体的に説明する．

3.1 研究調査活動

研究調査活動は以下の 3 つのサブ活動から構成される．

① 研究情報を収集し内容を把握する

研究情報を収集し，それを「研究情報・メモを整理する場」に添付する．研究情報から背景，課題，目的，結果，要点，新規性などを読み取り，気になった情報に対して「感情」「知見」「考察」「課題」に分類したメモを作成し，研究情報に貼り付ける．

② 収集した研究情報群を整理する

①での整理内容をもとに，研究情報群に対して様々な観点から，関係に着目し，研究領域全般の動向に留意しながらゼミ資料を作成する．このとき，研究領域全体の動向にも留意する．研究情報間のつながりはエッジで表現し，類似した研究情報は近接して配置することができる．従来のファイルシステムでは論文間の関係性を表現しにくいが，エッジを用いることで関係を可視化しながら整理することが可能となる．

③ ゼミで議論する

②で作成したゼミ資料をもとにゼミでの発表を行い，教員や他の学生と議論を行う．作成したゼミ資料は，あらかじめ「研究情報・メモを整理する場」に添付しておき，ゼミ中に得られたコメントをメモとして記録する．たとえば，教授や研究室の学生から問題点を指摘された場合は「課題」としてメモを追加し，新たな研究情報が提示された場合は，その情報を研究情報として添付する．

ユーザーは，ゼミで得られたコメントをもとに，①に立ち戻って追加の調査を行ったり，既存の研究情報やメモとの関連を検討したりすることで，研究動向の把握や課題の抽出，研究への興味の明確化，研究テーマとしての可能性の発見などを行う．

3.2 研究ストーリー構成活動

ここでは，「研究調査活動」を通じて研究情報やメモが充実してきた段階で，研究ストーリーの構成を行う．ユーザーは，これまでに整理してきたメモを「研究ストーリーを構成する場」における「背景」「課題点」「先行研究」「目的」「手順」の各項目にドラッグアンドドロップすることで，研究ストーリーを組み立てていく．その後，配置したメモをもとに，各項目の文章を執筆する．

この活動の目的は，蓄積された研究情報とメモという根拠に基づいて，論理的で一貫性のある研究テーマの骨組みを作成し，その展開を構築することである．たとえば，研究情報のうち「課題」に分類されたメモをもとに研究課題を明確化し，「知見」に分類されたメモを参照して先行研究の整理や手順の検討を行う．このように，分類されたメモを根拠として活用することで，説得力のある研究ストーリーの構成が可能となる．

4.　研究テーマ決定支援システム

2 章において，研究初学者は，研究情報群の整理が困難であること，および研究テーマの創造が困難であることを述べた．前者は「研究調査活動」における困難であり，後者は「研究ストーリー構成活動」における困難である．そこで，本論文では，LLM を用いてこれらの困難を支援する．

4.1　LLM によるマネジメント

ここでは，「研究調査活動」における「研究情報を収集し内容を把握する」「収集した研究情報群を整理する」活動を中心に支援を行う．LLM は，研究情報およびメモを読み込み，次に調査すべき観点や補足すべき情報を示唆する．これにより，研究情報および研究情報間の内容把握を促進し，研究活動の推進を支援する．

4.2　研究ストーリーの添削

ここでは，ユーザーが構成した研究ストーリーに対して，LLM がその妥当性や論理性を評価し，改善のためのコメントを提示する．研究ストーリーの添削において LLM を利用する意図は，構成という創造的な活動をユーザー自身が担うことにある．すなわち，全ての活動を AI が代行するのではなく，研究ストーリーの構成はユーザーが行い，その内容に対する添削を LLM が行うことで，本質的な研究の営みは人間が担い，LLM はその補助的役割を果たすようにする．

5.　おわりに

本研究では，研究テーマ決定に至る過程で発生する困難に対し， LLM を用いて支援するシステムを提案した．

今後は，提案システムの構築を行うとともに，その有用性について実際の利用を通じて検証する．

参考文献

(1) 森畑明昌．”研究とは何か”．https://www.graco.c.u-tokyo.ac.jp/labs/morihata/research_memo.htm,(Accessed May 27,2025)
(2) 鎌倉夏帆 他：“心理学系卒業研究におけるテーマ決定プロセスの検討”，横浜国立大学教育学部紀要 1, pp.220-233（2022）．
(3) Takuma Oura et al., Development of a Generator for the Research View: Research Information Relation Visualization System, Proc. the 2017 International Conference on Computer Science and Artificial Intelligence, ACM, pp.55-59 (2017).
(4) 土田貴裕 他:“ゼミコンテンツの再利用に基づく研究活動支援”，情報処理学会論文誌，第 51 巻，第 6 号, pp. 1357-1370 （2010）
(5) 堀田大輔 他:“ストーリーテリングと分類・体系の連携に基づく研究情報整理手法—大学研究室における知識共有に向けて”，電子情報通信学会研究報告，第 106 巻，第 618 号, pp. 29-32（2007）

問題解決において生徒が生成 AI の役割を自ら切り替えて活用するためのシステムの開発

Development of a System to Support Students in Switching Roles of Generative AI during Problem Solving

萩原 浩平[*1]， 中沢 尚也[*2]， 森本 康彦[*2]
Kohei HAGIWARA[*1], Naoya NAKAZAWA[*2], Yasuhiko MORIMOTO[*2]
[*1] 大成高等学校
[*1]Taisei High School
[*2] 東京学芸大学
[*2]Tokyo Gakugei University
Email: k.hagiwara@taisei.ed.jp

あらまし：現行の学習指導要領では，問題の発見・解決を図る活動を通して必要な力を身に付けることが求められている．また近年，生成 AI の教育での利活用が注目されているが，活用の仕方によっては生徒の学びそのものが奪われることが懸念される．そこで，本研究では，生成 AI を活用した問題解決における学びを促進させることを目的とした．本稿では，生成 AI の役割を自ら切り替えて活用することを支援するシステムを開発した．
キーワード：問題解決，議論支援，生成 AI，シグニファイア

1. はじめに

現行の学習指導要領では，生徒に育成を目指す資質・能力が明確化され，各教科等のそれぞれの分野において問題の発見・解決を図る活動を通して必要な力を身に付けることが求められている(1)．また近年，生成 AI の教育での利活用が注目されており，ガイドラインでは足りない視点を見つけ議論を深める目的で活用する等が適切な例として示されている(2)．つまり，問題解決において生成 AI を活用することで，グループの意見を深めたり，躓いた際にアドバイスを得て議論を進めたりできると期待される．しかし，本来は生徒が自ら取り組まなければならない場面で明確な目的もなく生成 AI を活用したり（**問題点 1**），生成 AI からの出力を答えや指示として捉えてしまったりすることが想定され（**問題点 2**），学びそのものが奪われることが懸念される．

坂本・森本（2024）は，「学びにおける生成 AI の役割」に着目し，児童生徒が生成 AI の役割を決めてから活用する学習方法を提案し，授業を実践した(3)．実践の結果，生成 AI の役割を明示的に宣言してから活用することを促す学習進行マップ（図 1）を活用することで，生成 AI が必要な場面かどうか考えて，生成 AI の出力をどう受け取って学習に生かすかを考えられたことが示唆された．これは，学習進行マップが生成 AI を活用する際の「手がかり」（シグニファイア）として機能したためと考えられる．

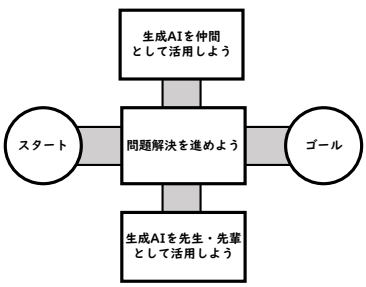


図 1　学習進行マップ(3)

ここで，生成 AI の役割を自ら切り替えながら活用するための「手がかり」を提供し，決めた役割をもとにした生成 AI の利活用と生成 AI の出力内容を含めた問題解決の議論を支援するシステムを開発できれば，生徒による問題解決における学びをさらに充実させ，促進できるのではないかと考えた．

そこで，本研究では，生成 AI を活用した問題解決における学びを促進させることを目的とする．本稿では，生成 AI の役割を自ら切り替えて活用することを支援するシステムの開発について述べる．

2. 生徒が生成 AI の役割を自ら切り替えて活用するためのシステムの開発

2.1 生成 AI の役割を自ら切り替えて活用するための手がかりに求められる要件

シグニファイアとは，オブジェクトがもつ可能性を視覚的・触覚的・聴覚的に使用者に認識させる手がかりとされている(4)．そこで，本研究では，生徒が生成 AI の役割を自ら切り替えて活用するための手がかりの要件として，以下の 3 つを挙げる．

要件 1）生徒がどのような生成 AI の役割があるのかを認識するための手がかりを得ることができる（**問題点 1** に対応）．
要件 2）生徒が問題解決の状況を踏まえ，生成 AI をどの役割として活用するかを決定するための手がかりを得ることができる（**問題点 1** に対応）．
要件 3）生徒が生成 AI をどの役割として活用してい

るのかを認識するための手がかりを得ることができる（**問題点 2** に対応）.

2.2 システムの機能

問題解決において，生徒が生成 AI の役割を自ら切り替えて活用するための手がかりを提示するシステムを開発した．具体的には，自身のグループを選択する機能や問いを設定する機能の他に，要件に対応付く以下の 3 つの機能を有するシステムを，Web アプリケーションとして開発した.

機能 1：生成 AI の役割の提示機能

本機能は，生徒が生成 AI にどのような役割があるのかを認識するために，生成 AI の役割ごとのボタンを提示する（**要件 1** と対応）．ボタンは役割選択画面上に提示され（図 2 中），生徒はボタンを押すことで，その役割としての生成 AI を活用するための対話画面（図 3）に遷移できる．なお，生成 AI の役割として，本システムは「仲間」「先生」を実装した.

機能 2：問題解決過程の可視化機能

本機能は，生徒が問題解決における議論の状況を踏まえて生成 AI の役割を決定するために，以下 2 つを可視化する．1 つ目は，問題解決における議論の状況を把握するため，生成 AI との対話の記録も含めた議論の記録を時系列で可視化する（図 2 右）．2 つ目は，問題解決における生成 AI との対話の傾向を把握するため，生成 AI の役割をどのように切り替えて活用してきたかの割合を可視化する（図 2 上）.

これらの可視化により，生徒は，グループでどのような議論を進めてきたか，どのような場面でどの役割として生成 AI と対話をしてきたか，自身のグループにどのような生成 AI の活用の傾向があるかなどを把握でき，議論の状況を捉えて生成 AI の役割を決定することが期待される（**要件 2** と対応）.

図 2　生成 AI の役割選択画面

図 3　生成 AI との対話画面

機能 3：生成 AI との対話機能

本機能は，生徒が生成 AI と対話をする時，どの役割として活用しているのかを認識するために，生成 AI の役割に応じて背景色を変化させ，生成 AI への入力に対して決定した役割に対する入力ができた際に文字色を変化させる（図 3）．生成 AI の役割に応じて背景色が変化することで，生徒は決定した生成 AI の役割を意識して活用できると期待される．また，入力内容に応じて文字色が変化することで，生徒は決定した生成 AI の役割としての対話ができているかを把握できると期待される（**要件 3** と対応）.

2.3 開発したシステムの利用の流れ

生徒は，解決すべき問題に対して議論を進め，提示された生成 AI の役割から（**機能 1**），生成 AI の役割を決定する．その際，問題解決過程の記録を参照して（**機能 2**），グループでの問題解決の状況に応じて役割を決定する．仲間として活用する際は，自分達とは異なる意見がないか等を相談し，出力を仲間の一意見として捉えて問題解決を進める．先生として活用する際は，解決できない疑問等を質問し，出力を足場掛けとして捉えてどう生かすかを意思決定し，問題解決を進める．背景色や文字色を参照することで（**機能 3**），生成 AI を決定した役割として捉えて活用し，問題解決を進めることが期待される.

3.　おわりに

本研究では，生成 AI を活用した問題解決における学びを促進させることを目的とした．本稿では，生成 AI の役割を自ら切り替えて活用することを支援するシステムを開発した．現在，A 高等学校の第 1 学年を対象に，「情報 I 」で開発したシステムを用いた実践をしている．実践では，問題解決の様子や議論したことを踏まえて生成 AI の役割を決定する様子や，生成 AI を「仲間」「先生」として捉え対話を続けながら問題解決を進める様子などが見られた.

今後は，開発したシステムを用いた実践を進めるとともに，システムの評価を行っていく予定である.

謝辞

本研究は，科研費（23K02681）の助成を受けた.

参考文献

(1) 文部科学省：“高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説　総則編”，東洋館出版社，東京（2019）
(2) 文部科学省：“初等中等教育段階における生成 AI の利活用に関するガイドライン”，https://www.mext.go.jp/content/20241226-mxt_shuukyo02-000030823_001.pdf.（参照:2025.6.1）
(3) 坂本誠，森本康彦：“児童が生成 AI の役割を自ら切り替えながら活用し問題解決に取り組む授業実践”，日本教育工学会研究報告集，2024 巻，3 号，pp.153-159 (2024)
(4) Noman, D. A.:　“Living with complexity”, MIT Press. (2010)

大規模言語モデルによる教員の発話特徴を用いた授業発話のアドバイス生成に関する研究

A study on generating advice for classroom utterances using teachers' utterance characteristics based on large-scale language models

児嶋 祥成[*1]，大西 朔永[*2]，椎名 広光[*2]，保森 智彦[*3]
Shosei KOJIMA[*1], Sakuei ONISHI[*2], Hiromitsu SHIINA[*2], Tomohiko YASUMORI[*3]
[*1] 岡山理科大学大学院　理工学研究科　システム科学専攻
[*1] Graduate School of Science and Engineering, Okayama University of Science
[*2] 岡山理科大学　情報理工学部
[*2]Department of Information Science and Engineering, Okayama University of Science
[*3] 岡山理科大学　教育学部
[*3]Department of Education, Okayama University of Science
Email: r24smd8qv@ous.jp

あらまし：教員の授業改善として，他の教員の授業を参考することがある．しかし，授業参観には大きな手間がかかるため，簡易な方法が必要とされている．また，生成 AI の開発は，日進月歩であり，現在は大規模言語モデル内の思考プロセスを含めて出力ができるモデルが開発されている．本研究では，大規模言語モデル思考プロセス部分を利用することで，教員の授業分析や発話のアドバイスを行うシステムの開発を行っている．特に，熟達した教員の発話を分析した思考プロセスを利用した分析とアドバイス生成についても行っている．
キーワード：**大規模言語モデル，授業発話生成，アドバイス生成，対話分析**

1.　はじめに

小学校における授業改善では，児童に対して「主体的・対話的で深い学び」(1) の実現が求められている．そのための手法として，教員による省察活動が注目されている．しかし，省察活動を行うための時間的制約がある上に，主観的になりやすく，客観的な評価が難しいという課題がある．したがって，自動的かつ客観的に省察を支援するシステムの必要性が高まっている．

また，近年では大規模言語モデル（LLM）は急速に発展している．生成結果に至る理由や思考プロセスを出力可能な DeepSeek や Qwen などの思考モデル（Reasoning Model）も登場しており，これは生成結果の直前にあるプランニングとも考えらえる出力を把握することが可能である．

しかし，データの入力形式やプロンプトが適切でない場合，大規模言語モデルによって生成されるアドバイスは汎用的で抽象的な内容にとどまり，個別の状況に適した助言が得られないことがある．これは，大規模言語モデルがより汎用的なデータを学習していることに起因していると考えられる．

さらに，学習者の特徴をプロンプトのみで明示することには限界がある．たとえば，「若手」や「経験度の高い」といった簡単なラベルだけでは，その教員の具体的なスキルや授業の傾向をモデルに伝えることが難しく，適切なアドバイス生成につながらない可能性がある．

そこで本研究では，省察活動のサポートとして，授業中の経験度の高い教員の発話から教育的な特徴を Reasoning model を用いて推定し，LLM の思考プロセスに基づいて若手教員への発話の改善に向けたアドバイスを提示するシステムを開発している．

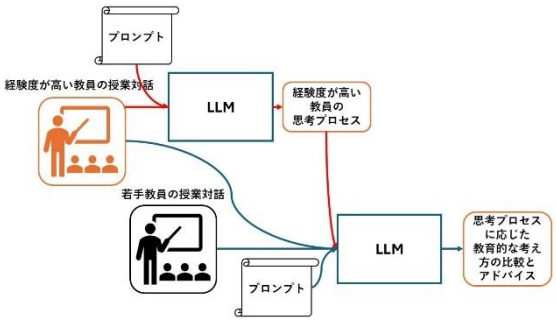


図 1 授業発話アドバイスシステムの概要

2.　アドバイスシステムの概要

本研究では，若手教員に対して Reasoning model を用いたアドバイスを提供するシステムの構築を目指している．手法としては，(1) 経験度が高い教員の授業中の対話データを用いて，教育的な思考プロセスを Reasoning model に出力させる．(2) 出力された思考プロセスを基に，若手教員の発話に含まれる教育的な考え方の比較と (3) 比較結果に基づき，若手教員の発話に対して改善に向けたアドバイスを生成する．

3.　授業データの収集と整形

本研究では，小学校の数学の授業風景（45 分）を

表 1 経験度が高い教員の思考プロセスを用いた教育的観点の比較の生成例（一部抜粋）

観点	若手教員	経験度が高い教員
発問の特徴	生徒の理解度を確認する発問や、多様な意見を幅広く引き出す発問が多い。「～と思う人？」といった挙手や短い応答を求めることが多い。	「なぜそうなるのか？」「本当にそう言えるのか？」といった、生徒の思考の根拠や過程を問う、深掘りする発問が多い。
生徒同士の関わり	ペアワークなどで意見交換の機会は設けているが、比較的短時間で、その後教師が全体をまとめることが多い。	ペアワークやグループワークで、生徒同士が互いの考えを吟味し、説明し合う時間を十分に確保し、協働的な学びを促す。
まとめ方	教師が学習のポイントを明確に提示し、板書などで整理して示すことが多い。	生徒自身の言葉でまとめさせたり、ルールを発見させたりすることを重視し、生徒の主体的な理解構築を支援する。

表 2 若手教員へのアドバイス生成例の比較（要約，一部抜粋）

思考プロセスを用いなかったアドバイス	経験度が高い教員の思考プロセスを用いたアドバイス
児童の誤答に対して、図を一緒に見ながらどこで間違えたのかを確認し、原因を丁寧に分析させようとする。教師の寄り添いによって理解を助ける姿勢が見られる。	誤答をすぐに否定せず、「どうしてそう考えたのか？」と児童に問いかけることで、思考を尊重しながら修正を促す。図や具体物を用いて、児童が自ら誤りに気づけるよう導く。誤りから学ぶ姿勢を大切にしている。
学習のまとめとして、「×4」が何を意味するのかなど、関係性に注目しながら教師が言葉で整理・説明を行い、他の問題への応用にも触れる。	学習のまとめや法則の発見を、教師が説明するのではなく、生徒自身の言葉で表現させるよう促す。「今日の学習で大事だと思ったことは何か？」などの問いを通して、自分なりの理解を言語化させることで、深い学びにつなげる。
問題の意図や構造を丁寧に確認し、1 段の例など簡単な数に置き換えて、児童が考えやすいように補助する。	表の作成や規則性の発見といった活動において、「なぜそうなるのか」といった理由や根拠を考えさせる問いを活動前に与えることで、児童の思考をより深めるようにする。活動の過程においても、思考の筋道を意識させる工夫が見られる。

映した動画データを使用した．使用した動画データは 2 種類である．2 種類の動画データから児童と教員の発話を対話形式に文字を起こし，整形した発話を使用した．若手教員と児童の発話数は 192，経験度が高い教員と児童の発話数は 145 発話である．

4. 使用モデルとプロンプト設計

本研究では，LLM に Gemimi2.5 Pro (preview) [(2)] を使用した．思考プロセスとアドバイス生成のプロンプトの設計方針を次に示す．

4.1 思考プロセス生成のためのプロンプトの方針

経験度が高い教員の思考プロセス生成に関するプロンプトは，(1) 対話内容の説明，(2) 経験度が高い教員の教育的な特徴をまとめさせる指示，(3) 経験度が高い教員と児童の授業中の対話としている．

4.2 特徴の比較とアドバイス生成のプロンプトの方針

教育的特徴の比較と若手教員へのアドバイス生成に関するプロンプトは，(1) 対話内容の説明，(2) 特徴の比較を行いまとめさせる指示，(3) 特徴の比較を用いて若手教員へのアドバイスを行う指示，(4) 若手教員と児童の授業中の対話，(5) 経験度が高い教員と児童の授業中の対話，(6) 経験度が高い教員の思考プロセスとしている．

5. 生成された特徴比較とアドバイスの評価

Reasoning model によって得られた思考プロセスを用いた若手教員と経験度が高い教員の教育的特徴を比較した一部を表 1 に示す．経験度の高い教員は児童の思考を深く掘り下げる問いを多用し，児童の主体的な理解構築を支援する傾向が見られた．一方で若手教員は，正解へと導く発問や，教師主導で学習内容を整理する場面が多く確認された．

比較結果を踏まえて，若手教員の発話改善に向けたアドバイスを生成した．思考プロセスを用いずに若手教員へのアドバイス生成との比較例を表 2 に示す．誤答に対して即座に訂正するのではなく，その背景にある児童の考えを探るような問いかけを取り入れるアドバイスとなっている．また学習内容のまとめを教員が提示するのではなく，児童自身の言葉で言語化させる工夫を行うといったアドバイスとなっている．アドバイスは，具体的な発話例と対応させる形で提示され，若手教員が実践に取り入れやすいように生成された．

6. 今後の課題

本研究では，思考プロセスを用いて特徴の差異を可視化し，改善の方向性を具体的に提示することでアドバイスシステムの構築を目指した．以下の点が今後の課題として，(1) 生成されたアドバイスの客観的な評価方法 (2) データ収集 (3) マルチモーダルモデルの利用が挙げられる．

参考文献

(1) 保森智彦:“「主体的・対話的で深い学び」を実現するための教師の発話の検討”，岡山理科大学紀要, B, 人文・社会科学, No.57, pp.45-52 (2021)
(2) Google:“Gemini 2.5 Pro Preview Model Card”, Google (2025)

G2-3

特別支援学校教員を対象とした 改造プラレールを用いたプログラミング講座の実践

Practical implementation of programming courses using modified 'Pla-rail' for Special support School Teachers

舩木英岳[*1]，丹下裕[*1]，畑亮次[*1]，足立正人[*1]，蔭山海一郎[*1]，金森克浩[*2]
Hidetake FUNAKI[*1],Yutaka TANGE[*1], Ryoji HATA[*1], Masato Adachi[*1], Kaiichiro KAGEYAMA[*1], Katsuhiro KANAMORI[*2]
[*1] 舞鶴工業高等専門学校
[*1] National Institute of Techonology, Maizuru College
[*2] 帝京大学 教育学部
[*2] Teikyo University, Faculty of Education
Email: funaki@maizuru-ct.ac.jp

あらまし：本研究では、これまでに特別支援学校の教員が担当児童・生徒の授業やクラス運営で活用できるようなビジュアルプログラミング教材を開発し、出前授業を実施してきた。プログラム能力の向上は確認できたが、実行結果を画面で確認する教材が多かったため、教員の関心は必ずしも高いわけではなかった。そこで、目に見えるモノをプログラムで制御する題材としてプラレールを取り上げ、MESH センサと組み合わせるプログラミング教材を開発したところ、これまでの出前授業よりも関心が高く、熱心に取り組む教員が多くなった。出前授業参加者の事前・事後アンケートを分析することで、改造プラレールを教材とするプログラミング講座教材の教育的効果を分析し、考察を行う。
キーワード：特別支援学校教員、ビジュアルプログラミング、改造プラレール、MESH、出前授業

1. はじめに

舞鶴高専では、平成 26 年度より特別支援学校において様々な障害を持つ児童生徒に合わせた支援機器の製作とその充実化に取り組んできた。この取り組みは、電子工作に関する知識・経験が乏しいため、支援機器を開発・製作ができない特別支援学校教員（以後、教員と呼ぶ）や、対象児童生徒に合わせた支援機器の改良、既存の支援機器が故障した場合の修理を行うことが困難な教員に対して、電子工作の基礎レベルの技術力の習得を目的としたものであり、教員の技術力向上に一定の成果が得られた。

本研究では、支援機器の更なる活用を目指して、教員を対象としたビジュアルプログラミング教材を開発している。プログラミング能力の向上は確認できたが、実行結果を画面で確認する教材が多かったため、教員の関心は必ずしも高くはなかった［1］。そこで、目に見えるモノをプログラムで制御する題材としてプラレールを取り上げ、MESH センサと組み合わせるプログラミング教材を開発した。

出前授業参加者の事前・事後アンケートを分析することで、改造プラレールを教材とするプログラミング講座教材の教育的効果を分析し、考察を行う。

2. これまでの取り組み

2.1 技術教育手法の構想

様々な専門分野のシーズ技術を有する国立高等専門学校の教職員により、全国 KOSEN 福祉情報教育ネットワークが平成 24 年に設立され、舞鶴高専も含んだ多くの高専が参加している。支援機器と技術は、障害のある児童生徒の教育において不可欠なものとなっている。また、中学校では平成 24 年度から、小学校においても令和 2 年度から学習指導要領にプログラミング教育が盛り込まれ、必修化されているため、プログラムを授業に取り入れていく方法について議論がなされ、多くのプログラミング教材の提案もなされている。しかし、これらは児童生徒に対してプログラミング的思考を育むませることに主眼を置いたものがほとんどである。

本研究で提案するプログラミング教育は、アクティブラーニングの実践と出前授業の実施と共に、教員のプログラミング能力の向上を目指したものである[(1)]。本研究の技術教育手法の構想を図 1 に示す。

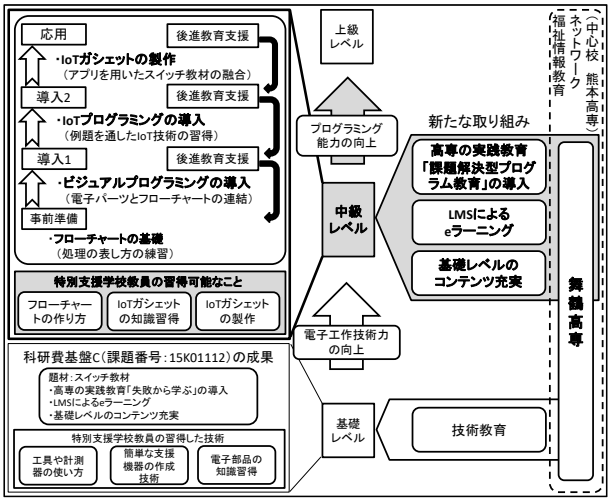


図 1　技術教育手法の構想

2.2 出前授業の一覧

地元の支援学校教員に対する出前授業は、毎年数回実施しており、実施時期としては、教員が時間の余裕がある夏休みや年末・年度末が多く、3 時間程度の実習時間が確保できるような日程で設定している。

令和 6 年度は、舞鶴支援学校で 2 回の出前授業を実施したほか、京都府北部の与謝の海支援学校でも 1 回の出前授業を実施した。Mesh センサを用いた MESH アプリケーションによるビジュアルプログラミングの説明を行い、その後に改造プラレールと MESH センサを組み合わせたプログラム制御を実践してもらった。実施した出前授業の一覧を表 1 に示す。

表 1　出前授業の一覧

実施場所 （開催時期）	プログラミング教育の内容
舞鶴支援学校 （8 月）	MESH でプラレールを動かそう
舞鶴支援学校 （12 月）	MESH でプラレールを動かそう 2
与謝の海支援学校 （3 月）	MESH でプラレールを動かそう

2.3 出前授業教材の一例

本研究で作成した出前授業教材のコンテンツの一例を図 2 に示す。本コンテンツは、GPIO タグをプラレールに接続するように改造を施し、MESH の複数ブロックの状況に応じてプラレールの動きを制御する教材である。実際にプラレールを動かしている様子を図 3 に示す。

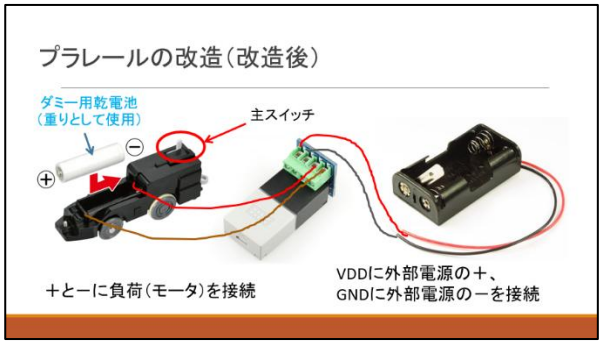


図 2　制作したプログラミング教材の一例

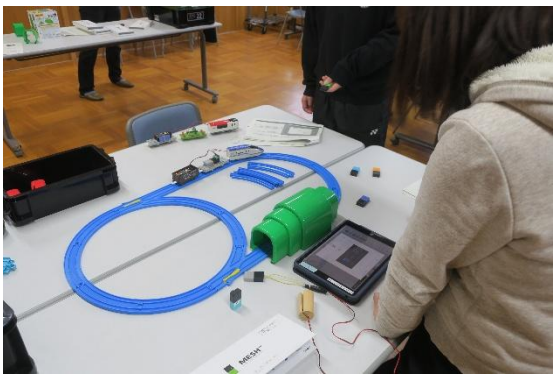


図 3　プログラムでプラレールを制御する様子

3.　アンケート結果と考察

8 月と 3 月の出前授業後に、教員によるアンケートを実施して、「出前授業前のプログラミング能力」と「受講後のプログラミング能力」を 10 段階評価（1 が最低点、10 が最高点）の自己評価で回答してもらった。このアンケートは、参加者を特定して時系列でのプログラミング能力向上の度合いを知るために記名式としており、受講した教員には、プログラミング能力以外に「氏名」、「年代」、「担当児童の障害種」、「プログラミング学習経験の有無」を回答してもらい、これを基礎データとして分析を行っている。8 月と 3 月の参加教員はそれぞれ 10 名であり、事前と事後の自己評価の推移を表 2 に示す。この表より、舞鶴支援学校、与謝の海支援学校のどちらのケースでも、事前より事後の自己評価（共に平均値）が 2 点程度高くなっており、改造プラレールを教材とするプログラミング講座の教育効果が確認できる。なお、舞鶴支援学校での事前の自己評価が与謝の海支援学校での事前の自己評価より高いのは、舞鶴支援学校ではこれまでにも同様なプログラミング講座を何度か実施していたため、プログラミング能力が向上していたためと考えている。

表 2　プログラミング能力の自己評価（平均値）

実施場所 （開催時期）	事前	事後
舞鶴支援学校 （8 月）	4.6	6.6
与謝の海支援学校 （3 月）	3.2	5.4

4.　まとめ

本研究では、目に見えるモノをプログラムで制御する題材としてプラレールを取り上げ、MESH センサと組み合わせるプログラミング教材を開発することで、出前授業実施後にどの程度プログラミング能力の向上に影響するかについて考察した。自分たちで工夫したプログラムで改造プラレールの制御結果に直接反応することで、より深いプログラミングの理解に繋がる可能性があることが分かった。今後は、継続した出前授業とアンケートの分析により、教員のプログラミング能力の分析をより詳しく行っていきたい。

謝辞：本研究は、日本学術振興会科学研究費（基盤研究(C)：課題番号 20K03086）の補助を受けて行われた。関係各位に謝意を表する。

参考文献

(1) 舩木英岳、丹下裕、畑亮次、足立正人、蔭山海一郎、平井慎一、金森克浩，「特別支援学校教員を対象としたプログラミング講座の教材の違いによる教育的効果の比較」，第 49 回教育システム情報学会全国大会講演論文集，pp. 27-28（2024. 8）

G2-4

自主夜間中学におけるコミュニケーション講座の実践とその課題

A Practical Study of Cognitive Function Training in Voluntary Night Schools

上村 英男
Hideo KAMIMURA
福岡工業大学短期大学部情報メディア学科
Fukuoka Institute of Technology, Junior College
Email: h-kamimura@fit.ac.jp

あらまし：本稿では，自主夜間中学で行ったコミュニケーション講座の概要と課題について報告する．自主夜間中学には，コミュニケーションに不安を抱える参加者が散見される．そこで，コミュニケーション能力の涵養を目指し「コグトレ」を実践した．参加者からは「コミュニケーションの難しさを再認識した」という感想や「楽しかった」「もっと体験したい」などの感想があった．一方で，デリケートな参加者が多い自主夜間中学においては研究を進める際には慎重さが必要などの課題もあった．
キーワード：**多様性**，自主夜間中学，コミュニケーション能力，コグトレ

1. はじめに

学修者の多様性の拡大が顕著となり，教育現場においても様々な特性を持った学修者への対応が求められている．

2022 年に発表された「通常の学級に在籍する特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について」[(1)] では，学習面又は行動面で著しい困難を示す児童生徒の割合は，小・中学校で 8.8%，高等学校で 2.2%と報告されている．この調査は 10 年おきに実施されており，その割合は年々増加傾向にある．

また，2023 年に行われた調査「児童生徒の問題行動・不登校など生徒指導上の諸課題に関する調査」の結果 [(2)] では，不登校児童生徒数が小・中学校で約 34 万 6 千人，高等学校で約 6 万 8 千人とされ，それぞれ前年度の約 29 万 9 千人，約 6 万人から増加していることが報告されている．

学校生活への適応が難しいなどの理由で学校を長期欠席している児童生徒が増加する中で，それら児童生徒の受け入れ先として，学びの多様化学校（いわゆる不登校特例校）や公立夜間中学の整備が進められている．また，民間においてもフリースクールや自主夜間中学が設立されている．

児童生徒が長期欠席となった理由は様々あると思われるが，コミュニケーションにかかわる理由も少なからずあると推察される．そのため，学びの多様化学校や公立夜間中学では授業時間や教育課程において柔軟な対応が取られるだけでなく，コミュニケーション能力などの向上を期待した取り組みがなされている．

自主夜間中学の参加者もその参加理由は様々であるが，コミュニケーションに不安を抱えていると思われる参加者も散見される．そこで，自主夜間中学においてコミュニケーション講座を実施したので，その概要と課題を報告する．

2. 夜間中学

夜間中学は 2025 年 4 月時点で公立 61 校，私立 1 校が設置されている [(3)]．設置されている都道府県は図 1 の通りでありすべての都道府県に設置されているわけではない．自主夜間中学については，全国各地でボランティア活動として行われている側面があり，どれだけ設置されているのか把握するのは難しい．全国夜間中学校研究会において 2017 年 9 月時点の一覧 [(4)] は公表されているが，その後設立されたものもあり，現在あるすべての自主夜間中学を網羅しているわけではないと思われる．今回コミュニケーション講座を実践したのは公立の夜間中学が設置されていないA県にある自主夜間中学である．すでに同県において開設されていた自主夜間中学の姉妹校という位置づけで発足し，隔週の土曜日の夜に地域のコミュニティーセンターを会場に開設している．

図 1　2025 年 4 月時点での夜間中学の設置状況
（文部科学省の資料をもとに筆者が作成）

3. 実践

夜間中学の授業を始める前の 15 分間をコミュニ

ケーション講座の時間としていただいた．実践した内容は「コグトレ」における「姿位伝言」と「何が一番？」である．「コグトレ」とは認知トレーニングの略称で社会面・学習面・身体面の3方面から子どもを支援するための包括的プログラムである[5]．

コミュニケーションをとる際には，こちらの思いを正確に伝えることや相手が伝えたことを正確にとらえることが必要となる．自分では正確に伝えられていると思っても思いのほか伝えられていないことはよくあり，そのことが原因でコミュニケーションに困難が生じることもある．今回実践した「姿位伝言」はカードに描いてあるポーズを口頭で伝え，聞いた人がそのポーズを再現するというものである．「姿位伝言」を通して，正確に伝えることや正確にとらえることの難しさを体験してもらった（図 2）．参加者からは「コミュニケーションの難しさを改めて再認識した．同じ国の人間同士でも齟齬や行き違いが生じてしまうのに外国人との国家外交がより複雑なのは当たり前だと思った．どうしていけばより良くしていけるかもっと学んでみたいと思った．」などの意見があった．

また，日常の会話では，相手から聞いた内容を整理し自分なりに把握しながら同時に会話を続ける必要がある．「何が一番？」を通して，相手が言っている内容を順次整理し把握することの難しさを体験してもらった．特に高齢の参加者にとっては難しい様子が見受けられた．また，問題を一度聞いただけではなかなか把握できず，教員スタッフからも「もう一度言ってほしい」などの声があり，次々と進む会話の中で内容を把握することの難しさが実感できたようである．

これらの内容は，特別な知識を必要とせず実践できるため，幅広い年齢層の参加者が在籍する夜間中学においては実践に適していると思われる．体験者からは「楽しかった」「他の種類のものも体験したい」などの前向きな感想があり，楽しみながら継続することができる可能性が感じられた．

図 2　実践の様子

4.　課題

今回実践をさせていただいた自主夜間中学では，すでに時間割が定着しており，時間割の中で新たにコミュニケーション講座を実践させていただくことは難しかった．そのため，夜間中学の授業を始める前の 15 分間に行った．短い時間の中ではあまり多くの内容を行うことはできず，コミュニケーションの難しさを実感してもらうことはできたが，コミュニケーション能力の涵養という意味ではさらに回数を重ねる必要がある．参加者からも時間が「短かった」との感想が多くみられた．

参加者自体も少なかった．これは，学齢の生徒の中には保護者に送ってもらう生徒もおり，土曜日の夕方に早く来ることが難しい参加者もいたと思われる．また，“コミュニケーション講座”と謳ったもの自体に参加することをためらう参加者もいたと思われる．

自主夜間中学の参加者・保護者のなかにはデリケートな方も多いため，研究にあたっては信頼関係を築くことから始めなければならなかった．今回の取り組みも，研究を依頼した後半年間，視察を繰り返し，時にはボランティア教員として参加して顔を覚えてもらった後に実現できた．また，実践時には参加者の変化の観察や詳細なアンケートの実施も検討したが，参加者・保護者のことを考慮し今回は控えることとした．どのような場合も研究を実施するにあたっては，対象者のことを最大限考慮して進めることは当然であるが，今回の対象者は特に配慮を必要とした．

謝辞

本研究の一部は，JSPS 科研費（23K02698）の助成を受けたものである．

参考文献

(1) 文部科学省初等中等教育局特別支援教育課：“通常の学級に在籍する特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について”，https://www.mext.go.jp/content/20230524-mext-tokubetu01-000026255_01.pdf（参照 2025.5.21）
(2) 文部科学省初等中等教育局児童生徒課：“令和 5 年度児童生徒の問題行動・不登校など生徒指導上の諸課題に関する調査結果について”，p.68, 2024.
(3) 文部科学省：“夜間中学の設置・検討状況”，https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/yakan/index_00003.htm（参照 2025.5.21）
(4) 全国夜間中学校研究会：“全国自主夜間中学　関係諸グループ　一覧”，https://zenyachu.sakura.ne.jp/public_html/jishuyachu.html（参照 2025.5.21）
(5) 日本 CO-TR 学会 HP：https://cog-tr.net/（参照 2025.5.21）

生成 AI 時代における個別最適化学習支援のノーコード実装
－NotebookLM と Dify の比較－

Implementing No-Code Applications to Support Individualized Learning in the Era of Generative AI
- Comparison of NotebookLM and Dify -

大島 直樹[*1]
Naoki OHSHIMA[*1]
[*1] 山口大学大学院技術経営研究科
[*1] Graduate School of Management of Innovation and Technology, Yamaguchi University
Email: nohshima@yamaguchi-u.ac.jp

あらまし：ChatGPT 公開以降、生成 AI 技術は教育分野において授業設計支援や個別最適化学習など従来困難であった教育革新の可能性を示している。しかし、教育現場への生成 AI 導入には、学習者のプライバシー保護、過度な AI 依存による学習能力阻害、アルゴリズムバイアスによる教育格差拡大、透明性確保など、倫理的観点から慎重に検討すべき重要な課題が山積している。
本研究では、これらの倫理的課題に対応しながら教育 DX を推進するため、技術的専門知識を持たない教育関係者でも活用可能なノーコード・ローコードプラットフォームに注目し、Google の NotebookLM とオープンソースプラットフォームの Dify を対象とした比較分析を行った。両プラットフォームの異なる特性を活かした統合的活用により、データプライバシー保護と教育効果向上の両立を図りながら、個別最適化学習支援システムの実装可能性を検討し、教師と学習者双方のニーズに応える実践的なソリューションを提案する
キーワード：ノーコード、学習支援 AI ツール、NotebookLM、Dify

1. はじめに

2022 年 11 月の ChatGPT 公開以降、生成 AI は教育現場に急速に浸透し、授業設計支援や教材作成の効率化、学習者の理解度に応じた個別支援が現実的になった。教員側では授業準備時間の短縮や評価業務の自動化が期待され、学習者側では 24 時間体制の AI チューターによる疑問解消や進捗管理が可能となる。一方で、プライバシー保護、AI 依存による思考力低下などの倫理的課題が存在し、導入には慎重な検討が求められる[1,2]。

本研究の目的は、こうした倫理的課題に対応しつつ、教育 DX を推進するためにノーコード・ローコードプラットフォームを活用する方法を検討することである。特に、Google の NotebookLM[3]とオープンソースプラットフォーム Dify[4]を比較し、その統合的活用により個別最適化学習支援システムを実装する手法を提案する。

2. 背景

近年、ChatGPT などの会話型生成 AI が急速に普及し、教育分野でも講義設計支援や多様な授業アプローチ、教材作成の効率化など、教育業務全般に革新をもたらしている。学生側でも、個々の理解度に応じた学習支援や疑問解消、学習コンテンツの最適化が可能となり、従来の一斉授業では困難だった個別化学習を実現しつつある。

教師からは「生成 AI を活用して授業準備の時間短縮や個別指導の充実、評価業務の自動化を図りたい」という要望が高まり、一方で学生・生徒からは「AI を利用して学習効率を上げ、理解度に応じた問題提示や進捗の可視化を行いたい」というニーズが顕在化している。

しかし、教育への生成 AI 導入にはプライバシー保護や学習データの管理、アルゴリズムバイアスによる格差拡大、AI 依存の懸念、評価透明性の確保など、倫理面での課題が山積している。

本発表では、こうした倫理的論点に配慮しつつ、教師と学生双方の要望を満たす実践的アプローチとして Google の NotebookLM とオープンソースの Dify という二つのノーコード・ローコードプラットフォームに着目し、それぞれの特徴を活かした個別最適化学習支援システムの構築可能性を検討する。

3. 教育 DX における AI の倫理的課題

教育分野における生成 AI の活用には、技術的な可能性と同時に重要な倫理的課題が存在する[1,2]。

3.1 データプライバシー保護の問題

学習データには、学習履歴、理解度、興味関心、学習時間、成績情報など、極めて機微な個人情報が含まれている。現状では、これらのデータが十分に匿名化されずに AI システムで処理される場合があり、深刻なプライバシー侵害のリスクが存在する。

3.2 学習データの適切な管理

学習データの収集、保存、利用、廃棄に至るまでのライフサイクル全体において、適切な管理方法を慎重に検討する必要がある。また、学習者本人がデータの利用状況を把握し、必要に応じて利用停止を

求める権利の確保も重要である。

3.3 学習者の過度な AI 依存

生成 AI による教育コンテンツの提供や学習支援が学習者の自主性や自律的な学習能力を阻害するリスクが指摘されている。特に、AI が生成する解答や説明に過度に依存することで、学習者が自ら問題を分析し、論理的に思考し、創造的に解決策を見出す能力が低下する恐れが懸念されている。

3.4 透明性確保

生成 AI の利用目的、想定されるリスク、データの利用範囲について、教職員、学習者、保護者に対して十分かつ理解しやすい形で説明する責任がある。この透明性の確保は、AI システムに対する信頼構築と適切な活用の前提条件である。

4. ノーコードプラットフォームの分析

前述した倫理的課題に対応しつつ、教育現場での AI 活用を実現するため、ノーコード・ローコードプラットフォームに注目する。特に NotebookLM と Dify という二つの代表的なプラットフォームを比較分析する。

4.1 NotebookLM の特徴と教育的活用

Google の NotebookLM は、知識整理・要約・学習支援・レポート管理を主な用途とするプラットフォームである。学生向けには資料要約機能、音声ガイド機能、インタラクティブな QA 機能を提供し、個人の学習ペースに応じた支援を実現している。

4.2 Dify の特徴と学習支援機能

一方、Dify はチャットボットや専用 AI ツールの開発、業務自動化を主な用途とするオープンソースプラットフォームである。Dify の最大の特徴は、ワークフロー設計機能と部門横断的な AI 連携機能にある。学生向けには個別最適化 AI チューターの構築、質問への自動対応機能を提供し、24 時間体制での学習支援を可能にする。教員・職員向けには、業務自動化システム、QA ボット、教材の自動生成機能など、より高度なカスタマイズが可能な機能を提供できる。

4.3 両プラットフォームの比較分析

セキュリティと運用形態の観点では、NotebookLM がクラウドベースで Google サービスとの連携に特化している一方、Dify はローカル運用が可能で校内サーバーでの構築ができるという違いがある。この差異は、データプライバシー保護の観点から重要な選択要因となる。

カスタマイズ性については、NotebookLM はテンプレート主体で制限があるものの使いやすさを重視している。一方、Dify は、カスタム AI 設計や API 連携が可能で、より柔軟で高度なシステム構築を実現できる。教育機関の技術リソースや運用方針に応じた選択が必要である。

倫理的課題に対して、NotebookLM は Google によるプライバシー保護機能を、Dify は透明性の高いオープンソース環境と柔軟なカスタマイズで対応する。

5. 個別最適化学習支援システム

NotebookLM と Dify の特性を活かした個別最適化学習支援システムの具体的な開発手法について論じる。両プラットフォームの協調的な活用により、学習者一人ひとりの理解度、学習スタイル、進捗状況に応じた最適な学習環境の構築を目指す。

5.1 NotebookLM を活用した学習基盤

NotebookLM の特性を活かした協働学習支援機能では、複数の学習者が同一のトピックについて議論・研究を行えるワークスペースを共有する。リアルタイムでの共同編集機能、コメント・フィードバック機能、グループディスカッションの記録・整理機能により、集合知の形成を促進する。

5.2 Dify による個別適応・自動化エンジン

Dify のワークフロー設計機能を活用し、学習者個人の特性に応じた適応的学習支援システムを構築っできる。特に、デジタルティーチングアシスタントとして、24 時間体制での質問対応システムを実装できる。学習者の質問意図を理解し、理解度に応じた適切なレベルでの回答を提供する。また、単純な答えの提示ではなく、思考プロセスを促すヒントの提供、関連概念の説明、応用問題の提案など、学習の深化を支援する多層的な対応機能を実装できる。

6. まとめ

本研究では、ChatGPT をはじめとする生成 AI の急速な普及を背景として、教育分野における AI 活用の実現に向けた実践的なアプローチを提案した。データプライバシー保護、学習データの適切な管理、学習者の過度な AI 依存、透明性確保という 4 つの倫理的課題に対して、NotebookLM と Dify という二つの代表的なノーコード・ローコードプラットフォームの特性を比較分析した。そして、両プラットフォームの統合的活用による課題解決策を提示した。

参考文献

(1) Abimbola, Chima, Chima Abimbola Eden, Onyebuchi Nneamaka Chisom and Idowu Sulaimon Adeniyi. “Integrating AI in education: Opportunities, challenges, and ethical considerations.” Magna Scientia Advanced Research and Reviews (2024)
(2) Thelma, Chanda Chansa, Zohaib Hassan Sain, Yusuf Olayinka Shogbesan, Edwin Vinandi Phiri and Wisdom Matthew Akpan. “Ethical Implications of AI and Machine Learning in Education: A Systematic Analysis.” International Journal of Instructional Technology (2024)
(3) Tufino, Eugenio. “NotebookLM: An LLM with RAG for active learning and collaborative tutoring.” (2025).
(4) Tan, Xiaoyu, Bin Li, Xihe Qiu, Chao Qu, Wei Chu, Yinghui Xu and Yuan Qi. “Meta-Agent-Workflow: Streamlining Tool Usage in LLMs through Workflow Construction, Retrieval, and Refinement.” Companion Proceedings of the ACM on Web Conference 2025 (2025)

クラウドツールを用いた協調学習環境における創発的分業の一考察

A Preliminary Study of Emergent Division of Labor in Collaborative Learning Environments Using Cloud-Based Tools

谷内 祐樹[*1*2], 加藤 浩[*3], 戸田 真志[*4]
Yuki YACHI[*1*2], Hiroshi KATO[*3], Masashi TODA[*4]
[*1] 熊本大学大学院社会文化科学教育部教授システム学専攻
[*1] Graduate School of Instructional Systems, Kumamoto University
[*2] 信州大学学術研究院教育学系
[*2] Graduate School of Education, Shinshu University
[*3] 放送大学教養学部
[*3] Faculty of Liberal Arts, The Open University of Japan
[*4] 熊本大学半導体・デジタル研究教育機構
[*4] Research and Education Institute for Semiconductors and Informatics, Kumamoto University
Email: yyachi@st.gsis.kumamoto-u.ac.jp

あらまし：人々が相互行為的に分業を組織化し，維持・再編する行為は創発的分業と呼ばれ，学習機会として重要であるとの指摘がある．互いの作業状況を把握できるクラウドツールは，この創発的分業を支援する機能を持つ．本研究では，同期／非同期，対面／遠隔という異なる協調学習環境を設定し，教員を被験者として調査を行った．その結果，学習環境の違いによる創発的分業の特徴が見えてきた．
キーワード：クラウドツール，協調学習，創発的分業，学習環境

1. はじめに

人と人とが協働する際，たとえ作業が分業されていても，「のりしろ」となる重なりが生まれる．この「のりしろ」は単なる境界ではなく，知識やスキルの学習が生じる重要な接点であり，新たな視点の獲得や相互理解の深化といった契機となることが多い．

加藤 (1) は，こうした相互行為的な分業のあり方を「創発的分業」と呼び，人々が互いの作業状況を捉えながら分業を組織化し，維持・再編するプロセスに学習の契機があると指摘した．創発的分業は，協調学習において，自然に分業が生まれ，相互に調整されていく過程として捉えられる．これに基づき，加藤 (1) は同期・対面の協調学習環境の分析を通して，学習機会としての創発的分業の意義と，自他の作業状況が互いに把握・認識されることの重要性を提案した．これに続く研究では，稲垣ほか (2) が教育現場への応用可能性を示し，望月・加藤 (3) は遠隔環境への適用も視野に入れた理論拡張を行った．望月 (4) は仮想空間における創発的分業の可能性を探っている．

このように，創発的分業に関する理論的知見が蓄積されてきたが，使用されるソフトウェアの専門性ゆえ，現場への普及には限界がある．近年，汎用的なクラウドツールの普及により協調学習環境が整備されつつあるが，こうした環境における創発的分業の実態は十分に明らかにされていない．

そこで，本研究では，クラウドツールを用いた 3 種類の協調学習環境を設定し，それぞれの環境において創発的分業がどのように生じ，維持されているのかを分析することを目的とする．

2. 調査方法

本調査は 2025 年 3 月に実施した．被験者は，異なる小中学校に勤務する教員 6 名で，いずれも複数年度の学級担任経験を有していた．6 名は 2 名ずつ 3 グループに分け，同期・対面グループ，同期・遠隔グループ，非同期・遠隔グループという異なる環境で課題に取り組んだ．同期型の 2 グループの作業時間は約 30 分間，非同期・遠隔グループは実務上の多忙さを考慮し，2 日間の作業時間を設定した．なお，実際の勤務時間に限定して作業を実施した．

提示した課題は「2025 年 4 月に統合される新しい小学校の第 6 学年の学級開きプランを作成する」であった．いずれのグループもクラウドの文書作成ツールを使用し，同期・対面グループは机を横並びにして会話し，同期・遠隔グループはオンライン会議ツールを通じて，非同期・遠隔グループはチャットツールを用いてコミュニケーションを取っていた．全グループが使用した文書作成ツールは，複数人で同時に文書を編集できる機能を持ち，他者の編集状況をリアルタイムで把握できる．調査 1 週間前に全被験者に対して課題の要件をまとめた資料を送付し，作業前に個人でアイデアを考えられるようにした．

3. 分析方法

各グループの協調学習における相互行為は，画面操作と発話の両面から分析した．同期型の 2 グループは，文書作成ツールの操作記録と対話の動画記録を用い，非同期・遠隔グループはこれらにチャット履歴を加えて分析対象とした．各グループで得られた記録を文字起こしし，創発的分業に関する理論的

枠組みに基づいて，「分業の創発」「分業の維持」「分業の再編成」といったカテゴリでコーディングした．これらを通して，各グループから典型的なエピソードを抽出し，各協調学習環境の違いが創発的分業に与える影響を考察した．

4.　結果と考察

下記は，同期・対面グループ（図 1）の一場面である．A と B は被験者，それぞれ 1 行目は視線トランスクリプト（f=前，s=画面），2 行目は音声トランスクリプト，3 行目は身体トランスクリプトを示す．

18B：fffffffffffffffffffffffssssss
　　前日にまあ，自己紹介してん*だけど］
　　((両手で頬杖))　((両手をくるくる回す))
19A：sssssssssssssssssssssssssssss
　　*うん　］
　　((記述開始))
20A：sssssssssssssssssssssssssssss
　　＝じゃ，最初担*任ね．担任自己紹介］
　　((「担任自己紹介」と記述する))
21B：sssssssssssssssssssssssssssss
　　*うん，担任自己紹介］
　　((A が書き終わるまで待っている))

同グループでは，A と B が隣り合って作業することにより，相手の視線や作業状況を把握し，行為の前触れとなる発話を伴うことなく記述を開始する「分業の創発」が確認された（19A）．また，相手の記述が終わるまで発話を控える「見守る」行為（21B）も見られ，「分業の維持」が行われていた．こうした行為は，対面環境に特有の視覚的・身体的な共有に支えられていたものと考えられる．

オンライン会議ツールを用いた同期・遠隔グループ（図 2）では，文書作成ツールに表示される名前付きカーソルを通じて，相手の操作状況を把握していた．名前付きカーソルは相手の視線が置かれている箇所を示している．このような相互行為のもとで，「分業の創発」や「分業の維持」が確認された．遠隔であるため，直接的な視線の共有はないものの，同期環境が即時的な反応や調整を可能にしており，対面と類似した分業の形態が観察された．

一方，非同期・遠隔グループ（図 3）では，相手が作業中ではないことを確認した上で記述を始めるなど，時間差を考慮した分業が行われていた．また，チャットツールを用いた依頼や進捗の共有を通じて，協働を維持しようとするやりとりが見られた．非同期環境においては即時性がないため，分業の創発や維持には明示的なメッセージや確認行為が重要であることがわかった．

これらの結果から，対面では視線や動作などの視覚情報，遠隔ではカーソルや入力内容のリアルタイム表示，非同期ではチャットによる確認や作業タイミングの配慮が，それぞれの環境における創発的分業を支える役割を果たしていることがわかった．

図 1　同期・対面グループの様子

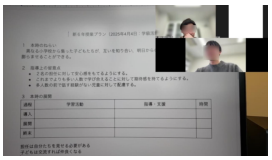


図 2　同期・遠隔グループの様子

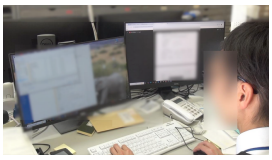


図 3　非同期・遠隔グループの様子

5.　結論と今後の課題

本研究では，クラウドツールを用いた協調学習環境において，同期・非同期および対面・遠隔という条件の違いが創発的分業に与える影響を検討した．その結果，対面環境では視線や姿勢といった視覚的な情報，遠隔環境ではカーソル表示や記述の動き，非同期環境ではチャットなどを通じた補助的な伝達や時間的配慮が分業の創発と維持を支える手がかりとして機能していることが示された．これにより各学習環境の特性に応じて，分業の創発・維持の様式が異なることが明らかとなった．

今後の課題は，未分析の「分業の再編成」の事例を含めてさらに詳細な検討を行うことである．これにより，働き方や学習スタイルが多様化する現在において，たとえ非同期・遠隔環境であっても，学習者間に分業が自然に生まれ，「のりしろ」が学習の契機として立ち上がる可能性が示唆される．こうした視点は場所や時間を共有できない状況における新しい協調学習の設計にも貢献し得ると考えられる．

参考文献

(1) 加藤浩:“協調学習環境における創発的分業の分析とデザイン”，ヒューマンインターフェース学会論文誌, Vol.6, No.2, pp.161-168　(2004)
(2) 稲垣成哲，山口悦司，出口明子，舟生日出男，望月俊男，鈴木栄幸，加藤浩:“創発的分業を支援する CSCL システムの実践的評価”，科学教育研究, Vol.30, No.5, pp.269-284　(2006)
(3) 望月俊男，加藤浩:“協調学習環境デザインのための創発的分業理論の再検討”，教育システム学会誌, Vol.34, No.2, pp.84-97　(2017)
(4) 望月俊男:“仮想空間を介したインタラクションを支援する学習環境のデザイン–創発的分業の観点から-”，人工知能，第 36 巻，第 4 号, pp.484-487　(2021)

エンジニア教育における持続可能な学習環境モデルの提案
－高校ロボコンを事例として－

Sustainable Learning Environment Model in Engineering Education
- High School Robocon as a Case Study-

荒川 龍聖[*1], 太田 光一[*2], 長谷川 忍[*2]
Ryusei ARAKAWA[*1], Koichi Ota[*2], Shinobu HASEGAWA[*2]
[*1] 北陸先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科
[*1] Graduate School of Advanced Science and Technology, JAIST
Email: s2520001@jaist.ac.jp
[*2] 北陸先端科学技術大学院大学遠隔教育研究イノベーションセンター
[*2] Center for Innovative Distance Education and Research, JAIST

あらまし：近年，少子高齢化による技術者の人手不足や生産性向上等の社会課題の解決のため，「ロボットSIer」という業界が世界中で注目されている．しかしながら，国内では需要に対して質・量ともに不足しており，早急な対応が必要な状況である．この問題に対して本研究では高校ロボコンを事例としたエンジニア教育における持続可能な学習環境モデルを提案する．
キーワード：E-Learning by doing，learning by Refining，Robocon，教育工学，持続可能な学習環境

1. はじめに

近年，少子高齢化による技術者の人手不足や生産性の向上等の社会的課題の解決にロボット導入を伴う自動化への期待が高まっている[(1)]．そのため，生産ラインにロボットを導入し，自動化を推進するロボットシステムインテグレータ(以下, ロボットSIerと略す）という業界が世界的に注目されている[(2)]．しかし，国内では急激な需要増加に対して質・量ともに不足している．また，ロボットSIerに求められる人材はその専門的な業務内容により実践経験による高度なスキル・経験が求められ，熟練者による技術伝承のみでは，若手技術者を一定のレベルまで育成する負担が大きいという問題がある．これらの観点から早急なエンジニアの人材確保のために若手技術者を育成する汎用性の高い学習支援を実現することが必要である．この状況を打開する案としてロボットコンテスト（以下，ロボコンと略す）を用いた技術教育がある．ロボコンとは与えられた競技課題を製作したロボットにより解決することを通じて技術力と独創力を競う大会である[(3)]．ロボコンによるエンジニアの教育方法は技術者として必要な知識や概念を実践的に学ぶことにより，短期間で高い教育効果が見込めるため，その有効性が期待されている[(4)]．しかしながら，多額なロボット製作費や専門知識を持つ指導教員の不足などがあり，ロボットを製作できる環境が極めて少なく，短期間での探求学習として用いられているのが現状である．こうした背景から，本研究ではロボットを製作する環境や学習者自身の学習状況に着目し，高校ロボコンに特化した学習環境を構築し，ロボット工学全般における持続可能な学習環境モデルの基礎指標を定め，若手技術者を短期間で効果的に育成する方法論の構築を目指す．

2. 持続可能な学習環境モデルの構想

2.1 高校ロボコンの概要・課題

本研究の対象である高校ロボコンとは，全国高等学校ロボコン競技大会といい，文部科学省が主催している全国産業教育フェアの一環として行われている[(5)]．全国の工業高校生が各高校でチームを構成し，毎年異なる課題で競技を行うため，ロボット全体の仕組みや構造を限られた期間内で工夫して，どのように実現するかを実践的に学ぶことができる．また，大会に出場するには必ず各工業高校に高校ロボコンの活動をサポートする指導教員が必要である．しかしながら，退職や高齢化により指導できる教員が年々減少傾向にある．また，新人指導教員を育成するにも高校教員としての通常業務に加え，専門性の高さ故に指導の負担が大きい．その結果，十分な伝承が行われず出場を辞退するといったこともある．これらの高校ロボコンの競技概要と課題は，先述したロボットSIerの求められる人材像と育成の課題と酷似しており，高校ロボコンに特化した学習環境を構築することで持続可能な学習環境モデルの基礎指標を定めることができると想定される．

2.2 教育環境の全体構想

本研究では，ロボット工学全般における持続可能な学習環境モデルの基礎指標を定めることを目的とする．目的を実現する上で学習者自身が主体的に学び, 考えながらロボットを製作できることを重視し，「デジタルベース」:いつでも閲覧可能なオンライン映像授業を主軸とする場，「実践ベース」: アクティブラーニング方式を主軸とする場，「連携ベース」: 地域と企業との連携を主軸とした場．の３つの場から構成される学習環境を構築する．（図１参照）．

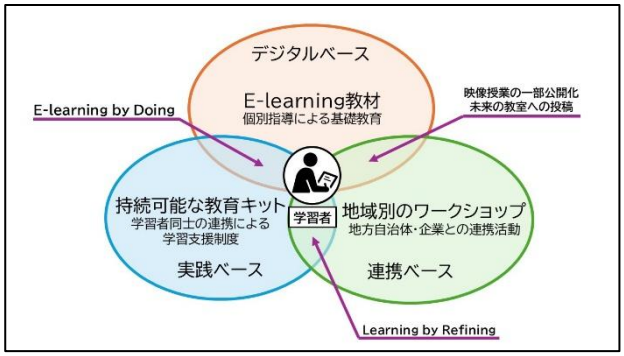


図 1 構築する学習環境の構想図

2.3 教育カリキュラムの詳細構想.

- E-learning by Doing による教育

インターネットの普及により, E-learning 教材が注目され, 教育機関での学習者の学習状況を個別管理・指導できるようになった．しかしながら，工業高校などの専門科目が多く存在する高校では熟練技術者や教員などの感覚型暗黙知を映像授業で表現することが困難であり, E-learning 教材の普及率が現状低いという問題がある．感覚型暗黙知とは非接触型感覚の目および接触型感覚の手・足・体などに依存し，言葉や表現が困難で記述しづらい知である [6]．特に振動, 表面粗さといった感覚は数量化も困難である．そのため, E-learning 教材のみではエンジニア教育には不十分である．この問題に対して，本研究では E-learning の場面に合わせて, 教材キットへ感覚データを送信することができる「エンジニアの感覚型暗黙知」に特化した E-learning by Doing 教材の実装を行う [7]（図 2 参照）.

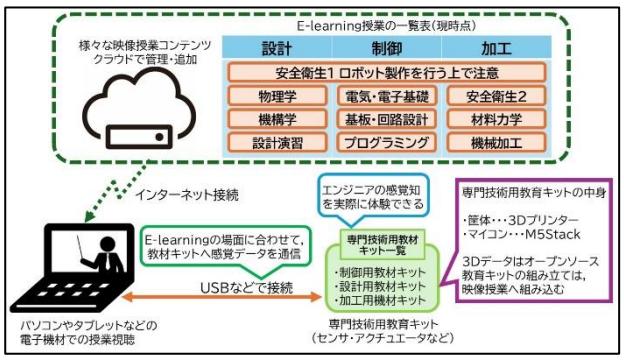


図 2 E-learning by Doing 教材の構想図

- Learning by Refining による教育

近年，AI や IoT などロボット技術を中心とした先端技術の急激な発展によって, Society5.0 が実現されつつある [8]．新たな社会では自ら課題を発見し解決手法を模索する，探究的な活動を通じて身につく能力・資質が重要となり，これを実践できる教育・人材育成システムの実現が教育機関に求められている．工業高校も例外ではなく，最先端技術の教材は，その都度開発されるが高額であるため，使い回されるうちに次第に技術が古くなるという課題がある．本研究では，学習者が教えることで学ぶ Learning by Teaching と，学習者自身が教材に対して改良や改善することができる環境 Community of Practice を構築し，持続可能な新しい工学系教材モデル Learning by Refining を構成する（図 3 参照）.

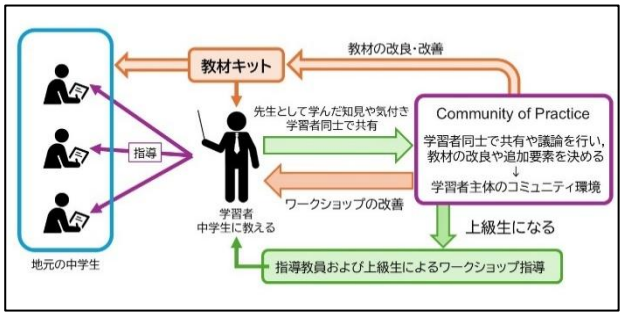


図 3 Learning by Refining の構想図

3. まとめ

本研究では，ロボット SIer の需要に対して質・量ともに不足していることを課題と設定し，ロボット SIer に求められる人材像と育成の課題と酷似している高校ロボコンを事例としたエンジニア教育における持続可能な学習環境モデルを提案した．将来的には受講生が「自分自身が何で心を動かされて，何に感動するのか」を探す場所または環境として活用できるデジタル学校もしくはデジタルコミュニティ環境として発展させたい．今後の展望として，構築する学習環境モデルの実施環境および評価方法を確立する.

参考文献

(1) 内閣府:“統合イノベーション戦略 2024[全体版]”, pp.17-18 (2024)
(2) 経済産業省関東経済産業局:“ロボットシステムインテグレータ（ロボット Sler）業界の人材確保に関する調査報告書”, 地域経済部デジタル経済課, pp.59-67 (2017)
(3) 森政弘:“ロボコンの人間教育的意義”, 日本ロボット学会誌, Vol.27, No.9, pp.964-966 (2009)
(4) 渡邊香, 馬躍航, 内田尚登, 河野仁, 大海悠太, 鈴木秀和:“競技型ロボット教育科目における教育効果の検証”, 工学教育, Vol.69, No.6, pp.6_100-6_105 (2021)
(5) 文部科学省:“全国産業教育フェア”, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/shinkou/mext_01560.html (参照 2025-4-1)
(6) 森和夫: “熟練技の特性と次世代への継承, 育成における課題”, 日本労働研究雑誌, Vol.724, pp.74-84 (2020)
(7) Bouarab-Dahmani, F., Comparot, C., Si-Mohammed, M., Charrel, P. J.:“Ontology based teaching domain knowledge management for e-learning by doing systems.” Electronic Journal of Knowledge Management, Vol.13, No.2, pp.156-171 (2015)
(8) 内閣府:“Society 5.0”, https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/（参照 2025-4-1）

学会コミュニケーションの整理とインフォーマル性拡張に向けた考察

An Examination of Conference Communication in Academic Societies and Considerations for Expanding Informality

鈴木 真保[*1]**, 平岡 斉士** [2]
Maho SUZUKI[*1], Naoshi HIRAOKA[*2]
[*1] **みんなの学習環境研究所**
[*1] Minna Learning Environment Laboratory
[*2] **放送大学**
[*2] The Open University of Japan
Email: m-suzuki@suzukisan.net

あらまし：本研究では分析軸としてフォーマル／インフォーマルさを用い，学会（学術集会）で発生するコミュニケーションを整理した．探究の共同体に基づき筆者らの開発した環境も同軸で分析し，インフォーマル性の拡張について検討した. この分析を活用し, 学びに繋がるブレンド型学習環境の設計を目指す.
キーワード：学会，探究の共同体，インフォーマルコミュニケーション，オンライン，ブレンド型学習

1. はじめに

筆者らは学術集会（以下、学会）におけるインフォーマルコミュニケーションを支援するために，大学院生などを対象にオンライン学会の集団視聴環境を設計して，探求の共同体（Community of Inquiry）(1)を支援する学習環境の実践をしてきた(2)．学会では発言しにくくても，集団視聴環境では仲間内で安心してコミュニケーションが取れるため，相互作用から学びを深められる．しかし、その実践は主にオンライン学会を対象としており、集団視聴環境もオンライン上で完結していた．当時はコロナ禍であったためにオンライン開催が主だったが、現在はオンサイト開催に回帰しているため，オンサイト学会での学びの支援環境の在り方を確認する必要がある．本研究ではフォーマル／インフォーマルさを分析軸として，学会でのコミュニケーションを整理する．その上で，オンライン学会集団視聴におけるコミュニケーションも同軸で分析し，比較を試みる．

2. 学会コミュニケーションの整理

2.1 インフォーマルコミュニケーションとは

仲谷・西田はインフォーマルコミュニケーションの枠組みとして implicit な部分と explicit な部分に分け，後者を話題の偶然性，出会いの偶然性，仕事との関わりの３つの軸でコミュニケーションの中での位置づけを示した(3). 仲谷・西田は３つの軸の大小でインフォーマルさをとらえているため，本研究でもフォーマル／インフォーマルさは濃淡のあるグラデーションのようにとらえる．

2.2 学会におけるコミュニケーション

図１は学会のコミュニケーションの種類をフォーマル／インフォーマルさで整理したものである．フォーマルなコミュニケーションは、学会主催者からの告知・連絡など，講演や発表など学会の主要コンテンツ，これら主要コンテンツに関する質疑応答などであり, 話題の偶然性や出会いの偶然性が低く（質疑応答は中程度もあり得る），研究・学びとの関わりが高い．インフォーマルなコミュニケーションは、参加者同士の挨拶，雑談や近況報告，フォーマルな内容に関連する意見・感想などが想定され，話題や出会いの偶然性は高いものの，研究・学びとの関わりは比較的高いものも低いものも含まれる．

フォーマルなコミュニケーション

コミュニケーションの種類	話題の偶然性	出会いの偶然性	研究・学びとの関わり
主催者からの告知・連絡	低	低	高
講演／発表	低	低	高
質疑応答	低／中	中	高
講演／発表／質疑応答などへの意見・感想	中／高	中／高	高
近況報告	高	高	高／中／低
雑談	高	高	低
挨拶	高	高	低

インフォーマルなコミュニケーション

図１ 学会でのコミュニケーションの種類とフォーマル／インフォーマルさ

2.3 オンサイト学会におけるコミュニケーション

図２でオンサイト学会でのコミュニケーションを示した．フォーマルコミュニケーションはフォーマル内で完結するとは限らず，フォーマルコミュニケーションに関連して知人と意見交換するなどのインフォーマルコミュニケーションの契機となり得る．インフォーマルコミュニケーションの中にはフォーマルコミュニケーションと独立したものもあるが，インフォーマルコミュニケーションの内容を契機として，フォーマルコミュニケーションに関与する事

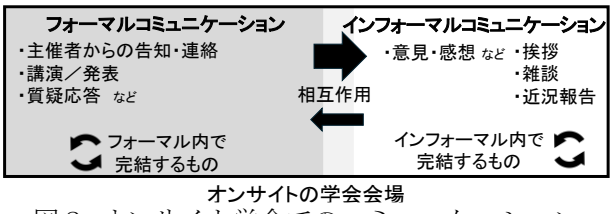


図２ オンサイト学会でのコミュニケーション

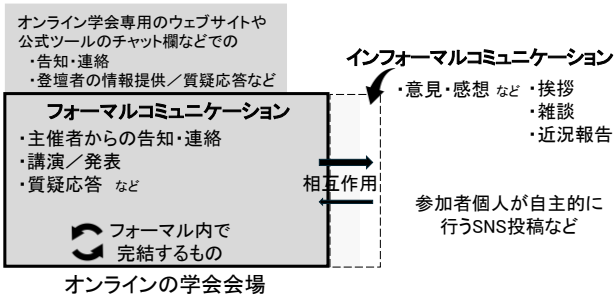


図３ オンライン学会でのコミュニケーション

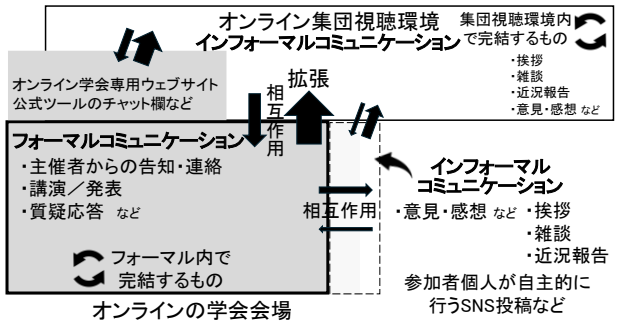


図４ オンライン学会と集団視聴でのコミュニケーション

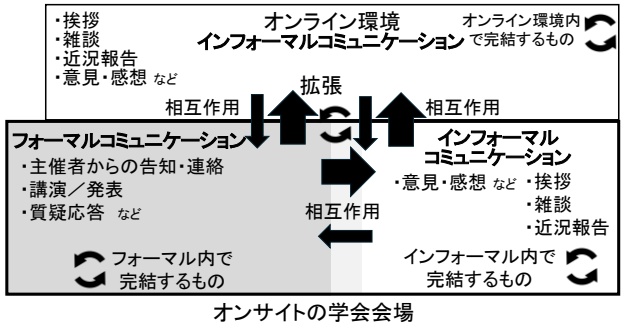


図５ 想定するオンサイト学会でのブレンド環境におけるコミュニケーション

例もある．このようにフォーマル／インフォーマルには相互作用が生じると考えられる．

2.4 オンライン学会におけるコミュニケーション

図３にてオンライン学会でのコミュニケーションを示した．オンライン学会では，フォーマルコミュニケーションはオンサイト学会とほぼ同様に実現された．インフォーマルコミュニケーションの機会が公式に提供される事例は少なかったが，参加者個人が SNS を活用するなどの事例は見られた．オンライン学会ではオンサイト学会に比べてインフォーマルコミュニケーションが生じにくいが，主催者側がコミュニケーション用のウェブサイトを用意したり，Zoom のチャット機能が自然に活用されたりするなど，新たなコミュニケーション手法が生じる面もあった．

2.5 オンライン学会と集団視聴のコミュニケーション

図４は，筆者らが開発したオンライン学会集団視聴[(2)]参加者のコミュニケーションを整理したものである．集団視聴環境は，Gahter などのコミュニケーションツール，Miro などのオンラインホワイトボード，参加のしおりからなり，参加者は学会と並行して集団視聴環境にもログインして利用する．集団視聴環境はオンサイト学会における仲間内での安心なインフォーマルコミュニケーションをオンライン上に実現するものであり，いわゆるパブリックビューイングに類似した形式である．集団視聴参加者は公式コンテンツに影響を与えることなく気軽にやり取りができるため，話題や出会いの偶然性は高く，インフォーマル性が高い．研究・学びとの関わりは高いものも低いものも存在するが，学びの環境を目指しているため，その関わりを高める工夫がなされる．集団視聴環境でのやり取りの結果，学会の質疑応答に参加するなど，フォーマルコミュニケーションに影響を与えることも想定される．

3. オンサイト学会に合わせたブレンド環境でのコミュニケーションと今後の方向性

オンサイト学会でオンライン集団視聴のような学習環境を実現しようとする場合，コミュニケーションは次のように整理されるだろう（図５）．オンライン上での学会参加支援環境には，仲間内で安心してコミュニケーションが取れ，学びに繋がる情報をやり取りしストックする場としての機能が求められる．参加者はオンサイト会場にいながら，オンライン環境にも参加するため，その相互作用はオンラインのみの場合よりも複雑で密になると予想される．

今後，本検討を踏まえて，学びの深化に繋がるインフォーマルコミュニケーションによる探究の共同体支援のための学習環境の設計を行う．

参考文献

(1) Garrison, D. R. :“E-learning in the 21st Century: A Community of Inquiry Framework for Research and Practice”, 2nd edition, Routledge, New York (2011)
(2) 鈴木真保，鈴木克明，戸田真志，合田美子：“オンライン学会における探究の共同体支援のための学習環境デザイン”，教育システム情報学会誌，Vol. 41, No. 3, pp.253–263 (2024)
(3) 仲谷美江，西田正吾：“インフォーマルコミュニケーション研究の動向”，計測と制御，Vol.33, No. 3, pp.214-221 (1994)

P2-01

園児の活動を記録再現する保育実習前 VR システムの構築

Development of a VR System for Recording and Reproducing Early Childhood Students' Activities in Pre-Service Teacher Training

舘 秀典[1]，本池 巧[*2]
Hidenori TACHI[*1], Takumi MOTOIKE[*2]
[*1] 駿河台大学
[*1] Surugadai University
[*2] 日本工業大学
[*2] Nippon Institute of Technology
Email: tachi.hidenori@surugadai.ac.jp

あらまし：保育実習前指導において園児の多様な活動パターンを学習するための，実際の園児の活動を記録・再現する VR システムを構築した．フォトグラメトリにより実際の園室を 3D 再現し，深度カメラによるスケルトントラッキングで園児の自然な動作を記録する．NUITrack を用いて 30FPS で関節位置を追跡し，VRM アバターにより VR 空間内で動作を再現することで，学習者が多角的視点から園児活動を観察できる環境を構築した．本システムでは，個人情報に配慮し関節位置情報のみを記録，汎用アバターを使用しての再現を行った．従来の固定視点映像では困難であった複数園児の同時活動や多角的観察を実現し，実習前の効果的な学習環境を提供する．
キーワード：VR 技術，モーションキャプチャ，保育実習，スケルトントラッキング

1. はじめに

保育実習前指導において，実習生が園児の多様な活動パターンを事前に理解することは極めて重要である．従来の映像教材では，園児の自然な動きや複数の活動が同時進行する保育現場の複雑さを十分に再現できず，これらの教材で学んだ学生が，教材と現場との違いにリアリティショックを受けてしまう傾向が見られる．本研究では，実際の園児活動を高精度で記録し，VR 空間で自然な動きを再現するシステムを構築することで，実習前の効果的な学習環境を提供する．特に，園児の個別行動パターンの記録技術と，それらを VR 空間で統合再現する手法に焦点を当て，実習生が多角的視点から園児の活動を観察できるシステムの開発を目指す．

2. VR 技術による 3D 空間の再現

映像を活用した本研究に近いものとしては 360 度カメラを活用した研修教材が存在する．これらの教材は，保育現場の臨場感を伝える点では一定の効果を上げているが，全周 360 度の中から切り出して視点を変えることは可能であるが，1 視点からであり，映っている保育士や園児の後ろに回り込むことはできない．つまり，実際の保育現場で必要となる，状況に応じた視点の移動や位置取りを学ぶことには限界がある．また VR を活用して園室を再現した教材も存在するが，これらは，実際の園室が撮影されたものであっても，園児の動きは作られた動作であり，実際の園児の動きを再現したものではないため現実との乖離が大きい．特に，子どもたちの自然な動きや相互作用を再現することが困難であり，実践的な学習教材としては不十分な面がある．

2.1 フォトグラメトリ技術の選択と実装

本システムでは，実際の園室を 3D 空間として再現するためにフォトグラメトリ技術を採用した．この技術選択には，処理時間とソフトウェア利用における検討が重要な要因となった．近年注目されている NeRF（Neural Radiance Fields）や 3DGS（3D Gaussian Splatting）と比較検討した結果，処理時間とソフトウェアの利用に際する検討結果からフォトグラメトリを選択した．また，撮影機材の簡便性と既存の園室環境への適応性が挙げられる．

技術的実装において，園児や保育士のいない園室をデジタルカメラで多角的に撮影し，ソフトウェアとして RealityCapture により多角形の 3D ポリゴンを生成した．この手法により，実際の保育環境の物理的特徴を高精度で再現することが可能となった（図 1）．

2.2 VR 空間における没入感の実現

構築された VR 空間では，学習者がヘッドマウントディスプレイを通じて自由に視点を移動し，子どもたちや柱の後ろに回り込むことが可能である．こ

図 1 フォトグラメトリによる園室の再現

れにより，従来の固定視点映像では不可能であった多角的な観察が実現され，保育士としての立ち位置の確認や状況判断の学習が促進される．VR 技術の活用により，実習前の学生が実際の保育現場をより具体的にイメージできる環境を提供する．

3.　モーションキャプチャ技術による動作再現

3.1 深度カメラによるスケルトントラッキング

園児の動作を仮想空間で再現するため，深度カメラを用いたスケルトントラッキング技術を実装した．本システムでは，Intel RealSense D455 を採用し，その選択理由として認識可能範囲の広さと可搬性を重視した．ボリュメトリックビデオや装着型モーションキャプチャデバイスとの比較検討において，子どもへの負荷がない点と複数人同時トラッキングの実現可能性が決定的な要因となった．

技術的制御には 3DiVi 社の NUITrack ミドルウェアと NUITrack SDK を採用した．このシステムにより，サンプリング速度 30FPS で最大 19 個の関節の位置と一部のジョイント間角度の記録が可能となっている（図 2）．ただし，認識可能な体格として身長 100cm 以上という制限があり，4 歳程度以上の子どもが対象となる技術的制約が存在する．

3.2 複数カメラシステムの構築

複数の深度カメラを同時制御することで，死角の発生を防ぎ，包括的な動作トラッキングを実現する．技術的要件として，カメラ 1 台につき 3〜4CPU Core が必要であり，4 台のカメラ制御には最低 12Core 以上の CPU が要求される．この高いハードウェア要件は，リアルタイム処理における重要な技術的課題となっている．本システムでは，関節のみをトラッキングすることで各時刻での記録情報量を削減し，ボリュメトリックビデオと比較してデータ量の大幅な抑制を実現した．この技術的工夫により，システムの実用性と処理効率の両立を図る．

4.　アバター技術による人物表現

3D キャラクタの表現には，VR/AR 分野で普及している glTF をベースとする 3D アバターフォーマット VRM を採用した．VRoidStudio を用いて 3D キャラクタを作成し，形状データに加えて骨格情報を含む包括的なアバターデータを構築した．

技術的課題として，VRM が定める関節構造と NUITrack が認識する関節構造の差異への対応が挙げられる．この構造的な違いを調整し，Unity のアニメーション処理システムに統合することで，自然な動作の再現を実現した．

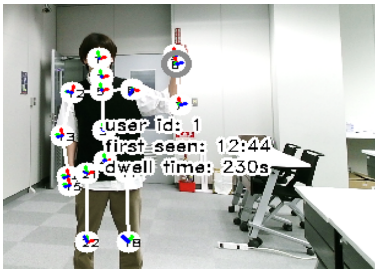


図 2 骨格抽出

5.　個人情報の保護

本システムでは，実際の園児を対象とした動作記録を行うため，個人情報保護が重要な技術的課題となる．これに対し，スケルトントラッキング技術の採用により，個人の顔や身体的特徴を直接記録することなく，関節の位置情報のみを抽出している．この技術的アプローチにより，プライバシーの保護と教育効果の両立を図っている．

また，記録される骨格データは数値化された関節座標であり，個人を特定する情報を含まない形式で保存される．また，3D キャラクタによる動作再現においても，実際の人物の外見的特徴を反映しない汎用的なアバターを使用することで，さらなるプライバシー保護を実現している．

6.　製作するコンテンツ

保育事前指導における本システムの活用において，養成校の担当者，園の実習指導担当者らにアンケート調査を行い，制作するコンテンツや時間の長さについて，指導の現場で要望の多い種類から作成を行う．

7.　今後の課題

今後の技術発展として，VR ヘッドセット内蔵 Web ブラウザによる WebVR コンテンツやスマートフォンベースの WebAR コンテンツへの展開を計画している．これにより，専用ハードウェア不要でのコンテンツ利用が可能となり，アクセシビリティの大幅な向上が期待される．

また，学習者の視点移動や着眼点を記録するログ機能の実装により，学習効果の定量的評価と個別最適化された学習支援の実現を目指している．

本システムを用いた教材の展開においては，撮影および 3D 空間への配置を可能な限り容易にするインターフェースの改善および自動化を行い，より多くのコンテンツを誰もが提供できる環境を目指す．

参考文献

(1)　舘 秀典, 本池 巧, 戸田 大樹:“多視点 VR 技術とモーションキャプチャーを活用した保育実習支援システムの開発”，日本教育メディア学会研究会論集, 58 巻, p. 90-94（2025）
(2)　谷川夏実（2010）幼稚園実習におけるリアリティ・ショックと保育に関する認識の変容，　保育学研究, 48(2):96-106.
(3)　松浦美晴, 上地玲子, 岡本響子, 皆川順, 岩永誠（2020）保育士リアリティショック尺度の作成，保育学研究, 58 (2-3): 143-154

P2-02

修学ビッグデータを用いた大学における学生の GPA 推移パターンの分析

Analysis of GPA Temporal Patterns Using Big Data of Student Learning in University

彦坂 昇[*1], 山本 知仁[*1]
Noboru HIKOSAKA[*1], Tomohito YAMAMOTO[*1]
[*1] 金沢工業大学大学院工学研究科情報工学専攻
[*1]Graduate School of Engineering, Kanazawa Institute of technology
Email: c6400893@st.kanazawa-it.ac.jp

あらまし：本研究では大学に蓄積された修学ビッグデータを活用し，GPA の変化量に基づいて 4 つのグループを作成して，数理，専門科目の成績や就職先規模などのデータから，その特徴を分析した．結果として，高 GPA を維持するグループは数理，専門科目ともに高い得点を得て，資本金規模の大きい企業へ就職することが確認された．また，GPA が下降するグループは専門科目で伸び悩むのに対し，上昇するグループは専門科目で相対的に高得点を得ており，それが就職先にも影響していることが示唆された．
キーワード：Institutional Research，修学ビッグデータ，GPA，就職

1. はじめに

現在，多くの大学において学内の様々なデータを収集，分析し，戦略的意思決定などに利用する Institutional Research が行われている[(1)(2)]. 例えば山形大学では 2010 年から入試から卒業までの多様な学生データを統合，分析し，成績や就職先と関連づけて教育の質の改善に役立てている[(1)]．これらの研究を含め, 多くの先行研究では卒業時の GPA と出席率の関係，あるいは就職先の企業規模との関連などが報告されているが, それらは単一時点の GPA を用いた解析にとどまる[(3)]．一方，学生の学修成果は在学期間にわたり遷移し, 例えば GPA の時系列データを分析することで，学びの変化の理由を明らかにできれば，よりきめの細かい教育の実現につなげることができる．本研究ではこのような背景のもと，入学時から卒業までの GPA の変化に注目し, 高水準を維持する群，入学時は高かったが下降する群，入学時は低かったが上昇する群，低水準が続く群の 4 つの群を作り，各群の特徴を明らかにしながら，学習支援の方策について考察する．

2. 分析手法

本研究では，金沢工業大学（以下，金沢工大）に蓄積されているデータを活用する．金沢工大では 2020 年より，学内の教育 DX を推進する取り組みの一環として大学のデータベースを統合し，解析基盤を構築している[(4)]．本研究では，2014-2020 年度に入学し卒業した，工学部情報工学科の学生 1417 名中，大学院進学者と就職先が公務員など資本金の値が 0（円）の学生を除く 1086 名を分析対象とした．続いて，これらの学生の学期別 GPA，科目別成績，就職先企業情報，および学生が 1 年間の振り返りや，目標などが記述された達成度評価ポートフォリオ（以下，達成度 PF）のデータを分析した．

分析の手順として, まず 1 年次前学期の GPA で学生を上位，下位 50%で 2 分割し，さらに 4 年次終了時までの GPA の変化量に基づいて先のグループを 2 分割して，4 つのグループを作成した．結果として，「G1 : グループ 1」を GPA が高水準で維持される群，「G2 : グループ 2」を入学時の GPA は高いが徐々に下降していく群，「G3 : グループ 3」を入学時は GPA が低いが徐々に上昇していく群，「G4 : グループ 4」を GPA が低水準で維持される群とした．

分析内容は，研究目的に沿って次の 3 つを設定した. 1 つ目は, GPA 推移の上下要因を特定するため，数理を含む科目の得点と，専門を含む科目の得点を調べ，どの科目群で成績が下降，上昇したかを調査した．2 つ目は，学修成果が就職へ及ぼす影響を明らかにするため，就職先企業の資本金（円）を対数変換して企業規模の指標とし，GPA 推移と就職先の関連を調査した．以上の分析では，群間の平均値の差について Kruskal-Wallis 検定で有意な差があるかを確認後, Dunn–Bonferroni でグループ間の差について検定を行なった．

3 つ目は，群間で学生の主観的な報告にどのような差があるのか把握するため，学生の達成度 PF を形態素解析し分析した．具体的には，グループ別に算出した TF-IDF 値から他のグループ平均を差し引いた差分スコアを用い，各グループで顕著に多い語を抽出して Word Cloud として可視化した．

3. 分析結果

3.1 各グループの GPA 推移

まず，本研究では GPA の変化を調べるために学期ごとの GPA 推移を可視化した．図 1 に各群の平均 GPA の変化を示す．G1 は全期間で高い GPA を維持していることがわかる. G2 は 1 年 2 学期に下がる傾向が見られ, 3 年 1 学期には G3 との差が小さくなる．G3 は，入学時は低い GPA だったが，1 年 2 学期から G4 を上回ることがわかる．

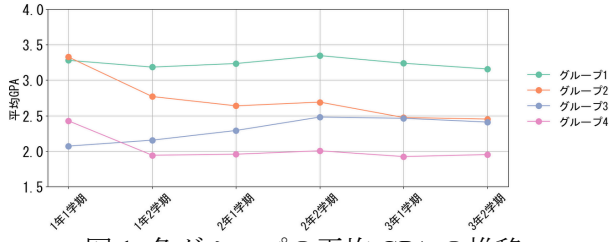


図 1 各グループの平均 GPA の推移

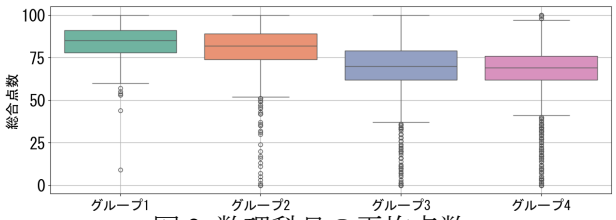


図 2 数理科目の平均点数

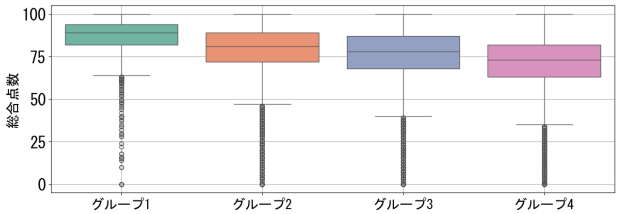


図 3 専門科目の平均点数

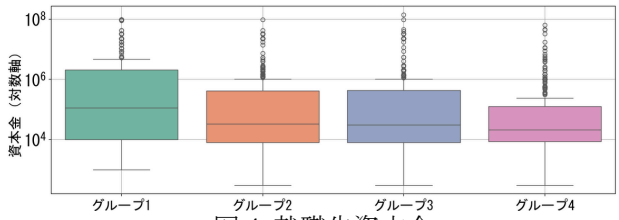


図 4 就職先資本金

3.2 各グループの数理と専門科目の成績

図 2 に数理科目の平均点の箱ひげ図を示す．中央値は G1 が 85 点，G2 が 82 点，G3 が 70 点，G4 が 69 点で，全ペアで有意差（$p<.05$）があった．図 3 に専門科目の平均点の箱ひげ図を示す．中央値は G1 が 89 点，G2 が 81 点，G3 が 78 点，G4 が 73 点で，全ペアで有意差（$p<.05$）があった．

これらの結果より，G1 と G2 は G3 と G4 に比べ，比較的低学年に提供される数理科目で高得点を得るのに対し，比較的高学年で提供される専門科目において G2 と G3 の差が小さくなっていることがわかる．

3.3 各グループの就職先企業規模

図 4 に就職先企業の資本金の対数分布を示す．中央値は G1 が 1.12 兆円，G2 が 0.32 兆円，G3 が 0.30 兆円，G4 が 0.21 兆円であり，G1 のみ，すべてのグループと有意差（$p<.05$）があった．G2 と G3 の関係から，1 年次の GPA が就職先の規模に直接的には影響していないことがわかる．

3.4 達成度評価ポートフォリオの Word Cloud

Word Cloud の図については紙幅の都合により本稿では掲載を省略するが，G1 では課外活動や実践型教育のキーワードが現れた．G2 は学習への高い意識はあるが，生活習慣に問題があることに言及している学生が多かった．G3 はプレゼンテーション能力やコミュニケーション能力に関する言及が多く，積極的に修学を続けている様子が伺えた．G4 では学修時間の不足が読み取れた．

4. 考察

結果より，G1 は数理，専門科目ともに高得点を獲得し，就職先資本金も最大だった．達成度 PF からも課外活動への意欲が読み取れ，修学，進路選択ともに良好な状況である．このグループにはより高難度，高付加価値な学習機会を提供し，その活動の様子を全学で共有することで，大学全体の学びの質の向上につなげられると考えられる．

G2 は数理科目で G3 を上回ったが，専門科目で伸び悩み GPA が下降した．達成度 PF では生活習慣の乱れが見られ，就職先資本金も G3 と同程度だった．このようなグループには，専門科目の学びを支援するとともに，生活リズムの改善を支援することが重要であると考えられる．G3 は数理科目では G2 より低いが，専門科目で成績を伸ばし GPA を向上させている．達成度 PF から自己肯定感が高く，就職先資本金は G2 とほぼ同程度だった．このグループには数理科目でのつまずきが進路に直結しないことを伝え，補講等で弱点を強化し，自信を維持できるよう支援することが重要であると考えられる．

G4 は数理，専門科目ともに点数が低く，就職先資本金も低かった．達成度 PF からは学修時間の不足が読み取れた．このようなグループには，学習計画の支援や，修学アドバイザーを含めた教職員との面談を，重点的に行うことが必要であると考えられる．

5. まとめと今後の展望

本研究では，修学ビッグデータを用い，GPA 推移に基づいた 4 グループの特徴を分析した．結果として，GPA が上昇，もしくは降下するグループは，それぞれ得意とする科目群に差があることなどが明らかとなった．今後は，LMS の課題提出ログなど，より多くの学習行動データを用い，因果推論等を実施することで，さまざまな行動が修学成果に及ぼすメカニズムについても明らかにしていく．

参考文献

(1) 福島真司：“「総合的学生情報データ分析システム」の構築”，情報管理, Vol.58, No.1, pp.2-11 (2015)
(2) 緒方宏明，殷成久，毛利考佑，大井京，島田敬士，大久保文哉，山田政寛，小島健太郎: “教育ビックデータの利活用に向けた学習ログの蓄積と分析”，教育システム情報学会誌, Vol.33, No.2, pp.58-66 (2016)
(3) 鍋谷太希，山本知仁：“修学ビックデータの解析による修学状況の把握と成長した要因の分析”, 2023 年度電気・情報関係学会北陸支部連合大会, p.126 (2023)
(4) 山本知仁：“金沢工業大学における Plus-DX の取り組み —教育ビッグデータを用いた学びの支援—”，工学教育, Vol.71, No.4, pp.130-135 (2023)

P2-03

視線情報を加味した英単語並べ替え問題の解答時における迷い推定の試み

An Attempt to Estimate Hesitation with Eye Gaze Information When Solving Word-Reordering Problems

反町 祐啓[*1]，宮崎 佳典[*2]
Yukei SORIMACHI[*1], Yoshinori MIYAZAKI[*2]
[*1]静岡大学　情報学部
[*1]Faculty of Informatics, Shizuoka University
[*2]静岡大学学術院　情報学領域
[*2]College of Informatics, Shizuoka University
Email: sorimachi.yukei.20@shizuoka.ac.jp

あらまし：我々は英単語並べ替え問題を対象に，学習者の解答中の迷いを推定する web アプリケーションの開発を進めている．推定には機械学習を採用しており，分類器作成のための特徴量として解答中のマウスの軌跡情報や学習履歴，解答情報等を用いている．本稿では新たに視線計測装置（アイトラッカー）を導入し，注視点の動きや注視単語の変化といった視線情報を特徴量とすることで推定精度向上を試みる．得られた迷い情報は学習者の履歴データと合わせ，学習（者）分析に応用することを目指す．
キーワード：英単語並べ替え問題，迷い推定，視線情報，機械学習，アイトラッカー

1. はじめに

我々は，ランダムに並べられた英単語を，所定の日本語文に対応するように並べ替える英単語並べ替え問題を対象に，解答時に発生する「迷い」（解答に対する自信のなさ）を推定する web アプリケーションの開発を進めている．先行研究では新規パラメータ策定や取得データ分析等により推定率向上に焦点を当てた取り組みが行われていた．評価指標の F 値を参照すると，問題単位では約 84% (1)，単語単位では約 68% (2) という結果であった．問題単位の推定と比べると，単語単位の推定においては単語間を絶えず行き来しながら文構造を試行錯誤する等の複雑な行動に対して詳細な分析が求められる．マウスの軌跡情報のみでは「一切操作をせずに熟慮する」，「何度も単語同士を見比べる」等の迷いの兆候を把握することは難しく，迷いの推定精度を上げるに至っていないと考えられる．そこで今回，視線計測装置（アイトラッカー）の Tobii Eye Tracker 5 を導入し，実用的な視線計測システムを構築することを目的とした上で注視点の動きや注視単語の変化等の視線情報を特徴量とすることで推定精度の向上を目指す．

関連研究として，英語多肢選択問題における解答時の視線と確信度の関係を分析した研究 (3) (4) や，組み立て作業における視線情報を用いた迷い検出についての研究 (5) がある．(3) は英語多肢選択問題を対象として視線情報から学習者の確信度を機械学習で推定している．視線情報を e-Learning に応用する点は本稿と共通するが，特徴量としてマウス軌跡情報は用いられていない．(4) は英語多肢選択問題を用いて正答に対する確信による視線の特徴を考察している．学習者の視線情報と迷いの関係性を分析するという点で本稿と類似するが，機械学習による自動推定ではなく関係性の記述が主であり実験方法も異なる．(5) はレゴブロックを用いた組み立て作業において，機械学習を使用して作業者の視線遷移情報から迷いを検出している．視線情報を用いて迷いを推定する点で方向性は違わぬものの，対象となるタスクが物理的な組み立て作業である点が異なる．

2. システムの概要

本システムは web 上でマウスのドラッグ&ドロップ（D&D）操作を利用して英単語並べ替え問題に解答する．学習者が解答に使用する解答画面を図 1 に示す．解答画面には並べ替え対象の単語を提示する「問題提示欄」，学習者が単語を配置する「解答欄」，そして単語を一時的に退避させておくことのできる「単語退避レジスタ」が用意されている．学習者は，提示された日本語文に合うように単語を D&D 操作によって解答欄やレジスタへ移動し，全ての単語を配置し終えたあとに決定ボタンを押下することで解答を完了する．また，操作の効率化のため，複数の単語を矩形選択によってまとめて移動できる「グループ化機能」も実装されている．学習者は一問解答するごとに，解答過程で迷った単語について，その迷い度を「かなり迷った」，「少し迷った」，「ほとんど迷わなかった」の三段階から選択できる．特定の単語ではなく問題全体で迷った場合には「全体的に迷った」という選択も可能である．加えて，問題一問の解答を通じた迷い度の選択では「かなり迷った」，「少し迷った」，「ほとんど迷わなかった」，「誤って決定ボタンを押した」の四つから選択できる．本稿では，「誤って決定ボタンを押した」は，解答データからノイズとして除去する．

取得した軌跡データや解答情報を利用して，機械学習によって学習者の迷いを推定する．軌跡データを学習者の自己申告に基づき，単語に対する迷い度

が「かなり迷った」場合を「迷いあり」，「ほとんど迷わなかった」場合を「迷いなし」とする 2 ラベル化し，ラベルと特徴量の組であるデータを用いて分類器を構築する．分類アルゴリズムには，ランダムフォレストを，実装には Python のライブラリである scikit-learn を使用している．

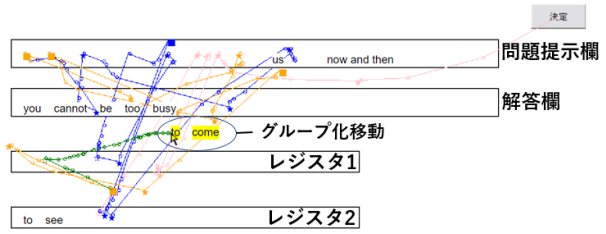


図 1　解答画面

3.　視線情報の計測方法

本稿で使用するアイトラッカーは Tobii Eye Tracker5（トビー・テクノロジー株式会社）である．キャリブレーションにはドライバアプリケーションである Tobii Experience を用いる．また，Tobii Eye Tracker5 が検出した学習者の注視点を画面上の円形ポインタ（視線ポインタ）としてオーバーレイ表示するため，専用アプリケーション Tobii Ghost も同時に利用する．実験時には，画面キャプチャソフトである OBS Studio を用いて，図 1 に示される英単語並べ替え問題の解答画面と，Tobii Ghost によって表示される視線ポインタを同期して実験の様子を MP4 形式で録画する（問題解答ごと）．また，録画操作の効率化と同期の正確性を期すため，OBS studio の obs-websocket 機能を介して，学習者が英単語並べ替え問題の解答開始，及び決定ボタンを押下することで，画面録画が自動で開始・終了するようにした．

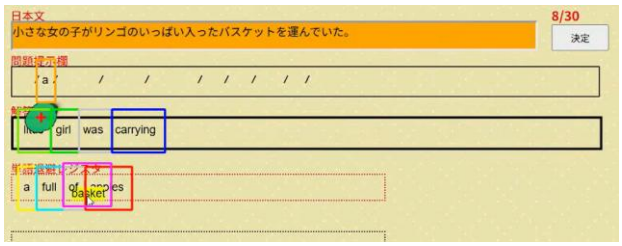


図 2　注視点座標の抽出処理

録画したファイルから各フレームにおける視線ポインタの中心（注視点）座標を抽出する際には，python のライブラリである OpenCV を使用する．視線ポインタの色を事前に統一し，MP4 ファイルの各フレームを読み込み，同色を持つ領域を検出する．その後，領域の重心を計算し，重心位置を該当フレームの注視点座標として記録する．本稿では，得られた注視点座標を用いて，当該フレームで注視している単語情報も取得した．これを実現するには，各時刻における問題画面上の各単語の表示位置及び判定領域を正確に把握する必要がある．英単語並べ替え問題のシステム仕様に基づき，各単語の表示位置は動的に計算されるため，実験システムの記録履歴データと照合することで各単語の判定領域を計算し，注視している単語の判定を行った．上述の抽出処理のイメージ図を図 2 に示す．緑の円が視線ポインタ，赤い十字線が視線ポインタの重心点（注視点）を表す．各単語を囲っている線が判定領域である．

4.　特徴量設計と迷い推定

本稿における迷い推定は，単語単位そして問題単位を対象とするが，ここでは単語単位の推定を中心に説明する．分類アルゴリズムにはランダムフォレストを採用し，機械学習における正解ラベルは「かなり迷った」「ほとんど迷わなかった」の二値とし，先行研究 (1) (2) で用いた特徴量は以下の通りである：

・解答時間　・移動距離　・移動速度
・静止時間　・D&D 回数　・D&D 間時間

D&D 間時間は，一度 D&D 操作が完了してから次に D&D 操作が行われるまでの間の時間を指す．本稿で視線情報として新しく追加する特徴量は：

・注視時間　・注視点移動距離
・注視点座標の標準偏差　・注視単語回数

である．注視単語回数は注視点が単語から別単語へ移動した回数，注視時間は該当する単語を注視していた時間である．機械学習では迷いなし，迷いありのデータを少ない方のデータ数に合わせて同数ずつランダムに抽出し，分類する 10 交差検定を行う．

5.　まとめ

本稿では，英単語並べ替え問題の解答時に生じる迷いの推定精度を向上させるため，マウスの軌跡情報・解答履歴に加えて視線情報を特徴量として導入する枠組みを提案した．現在，評価実験として，4 節で示した視線情報の特徴量を含むデータセット，マウス軌跡情報の特徴量を含む既存のデータセット，両者の特徴量を含むデータセットの三条件を用いた比較検証，ならびに迷いの有無に応じた注視点座標のヒートマップ分析を計画している．上記の実験は今後実施予定，発表時に結果を報告する予定である．

参考文献

(1)　坂野僚亮, 宮崎佳典:“英単語並べ替え問題に解答する際に発生する迷いの解答履歴データ分析,” 情報処理学会第 83 回全国大会, pp.(4)-789-790 [4ZG-07] (2021)
(2)　山川智也, 宮崎佳典:“英単語並べ替え問題における迷い推定を利用した学習支援システム開発の試み,” 情報処理学会第 86 回全国大会, pp.(4)-505-506（2024）
(3)　山田健斗, 大社綾乃, 藤好宏樹, 他:“英語多肢選択問題解答時の視線に基づく確信度推定,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.116, No.462, pp.199-204 (2017)
(4)　小島一晃, 村松慶一, 松居辰則:“多肢選択問題の回答における視線の選択肢走査の実験的記述,” 教育システム情報学会誌, Vol.31, No.2, pp.197-202（2014）
(5)　村儀天星, 渡邊昭信, 辻愛里, 他:“組み立て作業における視線遷移の特徴に着目した「迷い」の検出と分類法,” 情報処理学会研究報告, Vol.2022-MBL-104, No.30, pp.1-8（2022）

学習者の e ポートフォリオから生成 AI を用いて 学びの文脈を抽出する精度の検証

Evaluating the Accuracy of Learning-Context Extraction from Learners' e-Portfolios Using Generative AI

中沢 尚也[*1], 吉田 喬亮[*1], 丸山 浩平[*1], 森本 康彦[*1]
Naoya NAKAZAWA[*1], Kyosuke YOSHIDA[*1], Kohei MARUYAMA[*1], Yasuhiko MORIMOTO[*1]
[*1] 東京学芸大学
[*1]Tokyo Gakugei University
Email: m258123x@st.u-gakugei.ac.jp

あらまし：現在，児童生徒の学習状況を的確に捉え，学習支援を行っていくことが求められている．一方近年，生成 AI の教育での利活用が注目されている．生成 AI を用いて学習者の学びの文脈を抽出することができれば，学習者に適応的な振り返りの支援や，ファシリテーションを行うことができると期待される．そこで，本研究では，学習者の e ポートフォリオから生成 AI を用いて学びの文脈を抽出する精度を明らかにすることを目的に，高等教育における実際の学習記録を用いて検証を行った．
キーワード：生成 AI，e ポートフォリオ，学びの文脈，適応的支援

1. はじめに

学習指導要領では，児童生徒の学習状況を的確に捉え教師が指導の改善を図るとともに，児童生徒が自らの学びを振り返って次の学びに向かうことができるようにする学習評価の充実が求められている(1)．あわせて，学習履歴をはじめとした様々な教育データを蓄積・分析・利活用することで，児童生徒の個々の状況に応じたきめ細かい指導や学習評価の充実や，学習の改善を図ることが求められている．

また近年，教育における生成 AI の利活用が注目されている．学習評価については「児童生徒の学習評価を，教師が判断せずに生成 AI からの出力をもって行う」という利活用は不適切と考えられる例として挙げられているが，生成 AI を活用して，いかに人間が行う，児童生徒の学習状況の見取りや学習支援に近づけることができるかという利活用の方法やその仕組みの議論は，今後必要になると考えられる．

例えば，丸山・森本（2025）は，生成 AI に学習者の学びの振り返りの記述を読み込ませ，学びの文脈に適応的な振り返りの支援を行っている(3)．また e ラーニングにおいても，学習者の状況に応じた学習支援が重要とされており，生成 AI を用いて，学習者の e ポートフォリオから学びの文脈を抽出できれば，学びの文脈を踏まえた，適応的な学習支援を実現することができると期待される．

しかし，生成 AI を活用して，学びの文脈をどのような e ポートフォリオから，どのくらい正確に抽出できるのかということは明らかではない．

そこで，本研究では，生成 AI を用いて e ポートフォリオから学びの文脈を抽出する際に，e ポートフォリオの種類によって学びの文脈を抽出する精度にどのような違いが見られるのかを明らかにすることを目的とする．本稿では，高等教育での e ポートフォリオを対象に，学びの文脈の抽出精度を検証する．

2. 検証で使用する e ポートフォリオ

本研究では，表 1 の e ポートフォリオの学習記録のうち，A 大学の大学生・大学院生，計 26 名に，高等教育の授業で記録・蓄積される，振り返りの記録，ワークシート，メモ・ノート，レポート，プレゼンテーション（発表資料），観察の記録（画像，動画）の提供を依頼し，それぞれの種類，形式ごとに 20 件ずつ，計 200 件の e ポートフォリオを収集した．

表 1　e ポートフォリオの一覧（一部抜粋）(4)

分類	項目	主な内容	説明
学習記録	活動の様子	観察の記録	活動の様子を観察して記録したもの 例)委員会活動の様子を収めた写真，係活動の様子を記述した記録，学習活動の様子の動画
	テスト/アンケート	テスト	テストとその結果 例)定期テストとその解き直しの記録
		アンケート	質問紙等のアンケートとその結果 例)授業アンケートとその回答の記録
		発問	教員による発問とその回答 例)授業中の全体に対する発問とその回答の記録，生徒個人に対する発問とその回答の記録
	学習成果物	作品	授業や実習等で制作(製作)したもの 例)水彩画の下絵と完成した作品
		レポート	授業や実習等で作成された文書 例)調べたことをまとめたレポート，小論文
		日誌	自身の活動や振り返りを綴った文書 例)生活の記録，部活ノート
		実技	実技のパフォーマンスを記録したもの 例)マット運動の実技を撮った動画
		体験	体験活動を記録したもの 例)地域の奉仕活動の記録
		プレゼンテーション	プレゼンテーションを記録したもの 例)発表会でのプレゼンテーションの動画
	思考プロセス	議論・対話	議論・討論した記録，対話の記録 例)生徒会での議論の記録，チャットの記録，教師と生徒の対話の記録
		ワークシート	思考プロセスをワークシート等に記録したもの 例)教材用プリント，実験プリント
		メモ・ノート	獲得した知識や技能，思考したことや気づきなどを記録したもの 例)学習中に書いたメモ，授業ノート
	解決プロセス	情報収集・分析の記録	学習の際に副次的に生成，収集したりしたもの 例)収集した Web ページ,インタビューした記録
		演習の記録	演習したことを記録したもの 例)演習問題とその解答の記録，演習課題の解決過程の記録
		実習の記録	実習したことを記録したもの 例)教育実習ノート，看護実習の活動の記録
		課題解決の記録	設定した課題・問いや仮説，それを解決するための見通しや道筋の構想，課題・問いの解決の評価，仮説の検証などについて記録したもの 例)探究ファイル（探究活動の記録），総合的な学習の時間の学習プリント集
	振り返り	振り返りの記録	学習者自身による学びの振り返りの記述 例)授業の振り返りの記録

3. 学習者の e ポートフォリオから生成 AI を用いて学びの文脈を抽出する精度の検証

検証を, 以下の手順で行った. 検証ではテキスト, 画像の読み込みには OpenAI の Chat Completions API（GPT-4）, 動画の読み込みには Google の Gemini API（Gemini 2.0）を用い, いずれも Python で実行した.

手順 1）e ポートフォリオの読み込みと前処理

収集した e ポートフォリオのデータ形式は，テキスト，PDF，Word，PowerPoint 形式，JPEG，PNG の画像形式, そして, MP4 の動画形式から構成された. PDF，Word，PowerPoint 形式によるファイルは LangChain を用いてテキストデータに変換した．画像ファイルは Base64 形式にエンコードした. 動画ファイルはそのまま Gemini API にアップロードした.

手順 2）生成 AI を用いた学びの文脈の抽出

収集した e ポートフォリオについて 1 件ずつ，データ形式に応じた生成 AI のモデルに入力し，入力した e ポートフォリオから読み取れる学びの文脈について説明を生成させた. PDF, Word, PowerPoint 形式の e ポートフォリオは変換済みのテキストデータを入力，画像形式のものはエンコードされた Base64 文字列を入力，動画形式のものは API 側にファイルをアップロードする形で入力した．入力した e ポートフォリオについて「この学習記録から読み取れることを 200 字以内で説明してください」という生成タスクを与えて，出力された文章を取得した.

手順 3）抽出された学びの文脈の評価

生成 AI が e ポートフォリオからどのくらい学びの文脈を抽出することができているかを評価するために，**手順 2** で生成 AI が出力した全 200 件の文章を評価した．具体的には，大学教員 1 名，大学院生 2 名で議論し，評価する観点を，「学習場面」（どこで・どのような形で学んだか）「学習内容」（何について学んだか）「学習活動」（どのように学んだか）の 3 つ定め，各々が各観点について 5 段階（1 : 全く読み取れない〜5 : 明確に読み取れる）で評価した.

4. 結果と考察

表 2 に，生成 AI が e ポートフォリオから抽出した学びの文脈の評価を集計した結果を示す.

評価観点ごとでは,「学習場面」「学習活動」では, 画像や動画形式の観察の記録の平均値が他と比べて大きいことがわかった．このことから，動画は映像や音声から「どこで・どのような形で，どのように学んだか」といった様子を抽出できる傾向がうかがえた.「学習内容」では，レポート，メモ・ノートの平均値が他と比べて大きいことがわかった．このことから，テキストから「何について学んだか」といった様子を抽出できる傾向がうかがえた.

e ポートフォリオの種類, 形式ごとでは, 振り返りの記録はいずれの観点も中央値 3 に近いことがわかり, 学びの文脈を概ね抽出できる傾向がうかがえた. レポートは，学習場面や学習活動よりも学習内容の平均値が大きいこと，ワークシート，メモ・ノートは，学習場面＜学習活動＜学習内容の順で平均値が大きいことがわかった．このことから，レポートからは学習内容を抽出しやすく, ワークシート, メモ・ノートからは学習活動を抽出しやすい傾向がうかがえた．画像による観察の記録は，学習内容＜学習場面＜学習活動の順で平均値が大きく，学習内容の抽出は難しい傾向がうかがえた．動画による観察の記録は，学習場面＜学習内容＜学習活動の順で平均値が大きく，全ての観点において高い値であることがわかった. このことから, 動画による観察の記録は, 学びの文脈を網羅的に抽出できる傾向がうかがえた.

5. おわりに

本研究では，生成 AI を用いて e ポートフォリオから文脈を抽出する際に，e ポートフォリオの種類によって抽出できる文脈にどのような違いが見られるのかを明らかにすることを目的に検証を行った.

今後は，詳細な分析を行うとともに，この検証結果を踏まえた学習支援方法を検討していく.

謝辞

本研究は，科研費 (23K02681) の助成を受けた.

参考文献

(1) 文部科学省: “「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料 高等学校情報”, https://www.nier.go.jp/kaihatsu/pdf/hyouka/r030820_hig_jouhou.pdf（参照：2025.5.31）
(2) 文部科学省: “初等中等教育段階における生成 AI の利活用に関するガイドライン”, https://www.mext.go.jp/content/20241226-mxt_shuukyo02-000030823_001.pdf（参照：2025.6.1）
(3) 丸山浩平, 森本康彦 : “文章生成 AI を活用した学びの文脈に適応的な振り返り支援方法の開発と評価”, 教育システム情報学会誌, Vol.42,No.2, pp.194-207（2025）
(4) 森本康彦 : “「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた教育 AI 活用の現状と展望”, 情報処理学会論文誌, Vol.8, No.1, pp.1-10（2022）

表 2　生成 AI が e ポートフォリオから抽出した学びの文脈の評価結果

e ポートフォリオ（形式）	*n*	学習場面		学習内容		学習活動	
		M	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*
振り返りの記録（テキスト）	20	2.65	0.67	3.35	0.81	3.15	0.88
ワークシート（テキスト）	20	1.90	0.64	3.35	0.67	2.70	1.03
ワークシート（画像）	20	1.85	0.81	3.75	0.72	2.75	0.97
メモ・ノート（テキスト）	20	2.15	0.99	3.80	0.89	2.20	1.11
メモ・ノート（画像）	20	2.00	0.73	4.05	0.60	3.05	0.51
レポート（テキスト）	20	1.50	0.76	4.45	0.69	1.40	0.82
レポート（画像）	20	1.55	0.83	4.25	0.79	2.15	0.88
発表資料（画像）	20	1.80	0.89	4.00	0.73	2.55	1.15
観察の記録（画像）	20	3.45	0.76	2.40	1.05	4.40	0.50
観察の記録（動画）	20	3.95	0.69	4.00	0.79	4.50	0.61

※ 平均値が各観点の平均値以上の場合に，網掛け表示

P2-05

ワードプロセッサのスキル評価のための レポートとそのチェックリストを用いた生成 AI による自動評価の検討

Investigating Automatic Evaluation with Generative AI Using Reports and Checklists for Skill Assessment of Word-processor

久保田 真一郎[*1],
Shin-Ichiro KUBOTA[*1],
[*1]熊本大学
[*1]Kumamoto University
Email: kubota@cc.kumamoto-u.ac.jp

あらまし：ICT リテラシーを対象とした授業においてレポート課題を評価するためのチェックリストを準備し，生成 AI に対してレポート課題内容および正解の例，チェックリストを入力とする場合の自動評価の検討を行った．また，学習者向けの応用を想定してヒント生成を試みた．
キーワード：自動評価，チェックリスト，生成 AI

1. はじめに

大学初年次学生約 1800 名を対象に ICT リテラシーを学ぶ授業を展開している．当該授業は，1 週間に 1 回の授業で，15 回行われ，途中 4 つの課題が課せられる．提出されるレポートやスプレッドシートなどの課題ファイルを評価するコストは膨大である．

2020 年から生成 AI を利用した業務改善などの取り組みが様々行われている．OpenAI のサービス ChatGPT[(1)] は大規模言語モデルを利用して人間のような応答をテキスト文で生成するサービスで，Few-shot や Chain-of-Thoughs などの手法で問い合わせることで，学習文脈にあわせた学習プロセスなどについて応答を返す．これらを応用した教育実践の検討が存在する[(2)]．

本研究では，提出された課題ファイルを評価するコストを削減するために，生成 AI に課題ファイルを評価する観点を記述したチェックリストを入力して，自動的な評価ができないか検討する．

2. 研究方法

今回は，ICT リテラシーの授業で扱う 4 つの課題のうち，ワードプロセッサをテーマとした回の課題ファイルを対象として検討した．この授業は 9 名の教員で担当しているが 9 名で手分けして評価のばらつきが発生しないように，レポート課題を評価する観点をチェックリストとしてまとめている．レポート課題の内容およびレポートのチェックリスト，レポートの正解例を PDF ファイルで作成し，OpenAI の ChatGPT に API 経由で入力し，チェックリストの項目ごとに判定結果を出力する構成を試みた．

チェックリストの一部を表 1 に示す．ICT リテラシーを学ぶ授業のため，評価する観点はいずれもレポートのレイアウトに関する観点となっている．そのため，生成 AI に対してレイアウトの情報を入力する必要がある．そこで HTML によって文章構造を反映させて入力することでレイアウトの判定ができるか検討を行なった．

表 1 レポートを評価するチェックリストの一部

チェック項目
（省略）
レポートのタイトルを書いている。文字はゴシック体のように太めの文字で、文字サイ ズは本文の文字サイズより大きい 14 ポイント程度で、中央寄せで書いている。
所属、学生番号、名前を書いている。文字と文字サイズは本文と同じで、中央寄せなど でわかりやすく書いている。タイトルと所属との間は 1 行空いている。
（省略）

自動評価のための処理の流れを図 1 に示す．まず，入力に必要なファイルは，評価対象となる学習者が提出したレポートの PDF ファイル，そしてレポート課題の内容が記載された PDF ファイル，チェックリストの PDF ファイル，レポートの正解例が記述された PDF ファイルの 4 つのファイルである．これらのファイルを ChatGPT の API サービスに入力するライブラリ LangChain[(3)] の PDF ファイルを扱う機能を使った．LangChain により PDF ファイル内のテキストを扱うことができるが，その構造は HTML に変換する必要があり，いくつかの PDF から HTML に変換するライブラリを試したが，ChatGPT の API サービスを使い，HTML に変換するプロンプトとともに入力することで HTML にある程度構造化できた．しかし，その精度を検討するまでは至っておらず，精度の検討が必要である．レイ

アウトを評価するのであれば画像で扱う検討も必要と考えている．また，レポート内の画像ファイルの扱いについて検討が必要である．

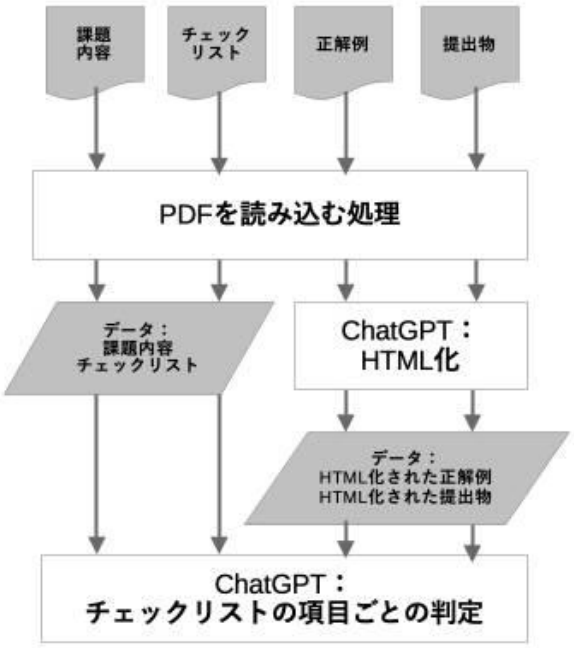


図 1 処理の流れ

課題内容のテキストデータおよびチェックリストのテキストデータ，正解例を HTML 化したデータ，提出されたレポートを HTML 化したデータを入力として，システムプロンプトとユーザプロンプトを構成し，ChatGPT の API へ入力した結果を得た．システムプロンプトは図 2 のように構成し，ユーザプロンプトは図 3 のように構成した．{{assignment}}に対応するようにレポート課題の内容，{{checklist}}に対応するようにチェックリストの内容，{{sample}}に対応するように HTML 化された正解例，{{submission}}に対応するように HTML 化された提出物をプロンプトの最後に追加している．

あなたは初年次の大学生に対してワードプロセッサの使い方を教える大学の教員です．{{assignment}}はあなたが課したレポートの内容です．{{checklist}}はレポートを評価するためのチェックリストです．評価は OK か NG か NA のいずれかです．あなたは特に文章と参考文献との対応関係を示す記号が文章中にあるかチェックします．チェックリストのうち用紙サイズや文字の大きさなどの見た目を評価できません．評価できない項目は NA と判定します．{{sample}}は正解の例です．{{sample}}はチェックリストのすべての項目を満たします．

図 2 システムプロンプト

{{submission}}は学習者が提出したレポートです．チェックリストを使ってチェックリストの項目ごとに OK か NG かレポートを判定してください．NG の場合のみ OK にするためのヒントを出力してください．

図 3 ユーザプロンプト

複数実行してみたが，うまく判定する項目と判定できない項目があり，その傾向を整理した上で，プロンプトの構成を検討する必要がある．また，プロンプトの構成方法を先行事例を参考に組み合わせ，結果を比較しながら分析的に構成する必要がある．また，ChatGPT のモデルは 3.5-Turbo と 4.0-Turbo で比較を行い，検討する必要がある．

3.　まとめ

ICT リテラシーを対象とした授業においてレポート課題を評価するためのチェックリストを準備し，生成 AI に対してレポート課題内容および正解の例，チェックリストを入力とする場合の自動評価の検討を行った．チェック項目がレイアウトを評価する内容になっているため，文章の構造を HTML 化することで評価したが，画像による評価，HTML 化せずそのままの評価など精度を比較しながら検討が必要である．また，システムプロンプトとユーザプロンプトのそれぞれの構成についても先行事例をもとに精度を比較しながら検討が必要である．ChatGPT のモデルによる違いも検討が必要と考えている．

参考文献

(1) OpenAI, https://openai.com/（2025 年 6 月 4 日 確認）
(2) Phung, T., Pădurean, V.A., Singh, A., Brooks, C., Cambronero, J., Gulwani, S., Singla, A. and Soares. G., “Automating Human Tutor-Style Programming Feedback: Leveraging GPT-4 Tutor Model for Hint Generation and GPT-3.5 Student Model for Hint Validation”, In Proceedings of the 14th Learning Analytics and Knowledge Conference (LAK '24)（2024）
(3) LangChain, https://www.langchain.com/（2025 年 6 月 4 日 確認）

P2-06

個別最適な学びにおける学習者の学びの文脈に適応的な生成 AI を用いた学びの「e パートナー」による学習支援モデル記述法の提案

Proposal of a Description Method for Facilitation Model by e-Partner Using Generative AI Adaptive to Learning Contexts of Students in Personalized Learning

丸山 浩平[*1]，森本 康彦[*2]
Kohei MARUYAMA[*1], Yasuhiko MORIMOTO[*2]
[*1] 東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科
[*1] The United Graduate School of Education, Tokyo Gakugei University
[*2] 東京学芸大学 ICT/情報基盤センター
[*2] ICT/Information Infrastructure Center, Tokyo Gakugei University
Email: r199003w@st.u-gakugei.ac.jp

あらまし：現在，児童生徒が ICT を活用しながら自ら学習を調整しながら学んでいく個別最適な学びの実現が求められている．その際，ICT の活用により e ポートフォリオを蓄積・分析・活用することも必要とされる．ここで，生成 AI を活用し，e ポートフォリオから児童生徒一人一人の学びの文脈を抽出して，それを元にした学習支援を提供できれば個別最適な学びにおいて適応的に学習支援を行う学びの「e パートナー」を実現できるのではないかと考えた．そこで，本論文では，個別最適な学びにおける学習者の学びの文脈に基づく生成 AI を用いた学びの「e パートナー」による学習支援モデル記述法について述べた．
キーワード：個別最適な学び, e ポートフォリオ，生成 AI，学びの文脈，学習支援，適応的支援，形式化

1. はじめに

現在，急激に変化する時代のなかで，一人一人の児童生徒が持続可能な社会の創り手となることができるよう，資質・能力を育成することが求められている．この中，児童生徒の主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善，GIGA スクール構想に伴う ICT や先端技術の効果的な活用，そして「個別最適化された学び」の実現が強く求められている(1)．特に，学習履歴（スタディ・ログ）だけでなく，学習過程において児童生徒が実際に作成，記録する学習成果物や学びの振り返りの記述などの学習記録をあわせた学びのポートフォリオとしての学習記録データ（e ポートフォリオ）を活用することで，個々の状況に応じたきめ細かい指導や学習評価の充実や，学習の改善を図ることができると期待される．

一方で，生成 AI の教育活動における活用が注目されている．近年では，テキストに留まらず動画像を扱えるマルチモーダルな生成 AI も発達しており，学びの振り返りの支援において，学びの振り返りの記述から生成 AI が学びの文脈を読み込み，学習者が振り返った内容に即して適応的に振り返りを支援するという活用がなされてきている(2)．そこで，学習記録データから児童生徒それぞれの学びの文脈を抽出し，それを元に学習支援を提供できれば，個別最適な学びにおいて適応的に学習支援を行う学びの「e パートナー」を実現できるのではないかと考えた．

本研究では，生成 AI による学習記録データからの学びの文脈の抽出に注目し，個別最適な学びにおける学習支援手法の開発を目的とする．本稿では，学びの文脈に適応的な生成 AI を用いた学びの「e パートナー」による学習支援モデルについて述べる．

2. 生成 AI を用いた学習記録データ（e ポートフォリオ）からの学びの文脈の抽出

筆者らは，生成 AI を用い，学びの振り返りの記述から学びの文脈を抽出し，その学びの文脈を踏まえ，学びの振り返りを促すプロンプト「振り返りプロンプト」の例文を修正する形で，学びの文脈に適応的な振り返りプロンプトを生成する手法を開発した(2)．ここで，テキストのほかに画像や動画による，学習者の多様な学習記録データからも生成 AI を用いて学習者の学びの文脈を抽出できると考えられる(3)．つまり，教育 AI による学習記録データの学習分析結果だけでなく，生成 AI による学習記録データからの学びの文脈の抽出結果を組み合わせることは，様々な学びの場面において，学習者それぞれの学習状況，学習プロセスに応じて，学習者の個別最適な学びを対話的に支援する学びの「e パートナー」の実現につながるのではないかと考えた．

3. 生成 AI を用いた学びの「e パートナー」による学習支援モデル記述法

前章の議論を踏まえ，本研究では，生成 AI を用いた学びの e パートナーの振る舞いをコントロールするための手段として，学習者による多様な学習活動とファシリテーターとしての生成 AI による学習支援（ファシリテーション）から成る学習プロセスを形式的に記述する手法を開発することを目指す．

3.1 学習支援の流れ

本研究では，生成 AI は図 1 に示すようなモデルで学習者の個別最適化された学びを支援する．（I）では，学習者は自ら学習を主導し，学習記録データ

を蓄積・活用し，学びの自己調整を繰り返しながら学習活動に取り組む．（Ⅱ）では，生成 AI は蓄積された学習記録データを読み込んで，学びの文脈を抽出し，学習者の学習活動，学習状況に応じたファシリテーションのための情報を生成する．（Ⅲ）では，生成 AI によるファシリテーションを，学習者に対話的に提示する．学習者は提示されたファシリテーションを確認したり，対話したりしながら学びに取り組み，学習が支援，促進されていく（Ⅰ）．

3.2 学習支援モデル記述法

Morimoto *et al.* (2007) は，学習者の行動をトリガーとして，授業者のファシリテーションが提供され，学習者の学習状態が遷移することに注目し，学習プロセスにおける学習状態遷移図を開発している(4)．

そこで，本研究では，生成 AI が，学習記録データを読み込んで，学びの文脈を抽出し，学習者の学習活動，学習状況に応じて出力した内容を，学習者へのファシリテーションとして捉え，そのファシリテーションの種類と内容を表 1 のように分類した．

次に，表 1 の生成 AI によるファシリテーションを学習状態遷移図に表現することで，学習者のどのような学習状況で，どのようなファシリテーションを，どのように生成し提供するかを形式的に記述する，生成 AI を用いた学びの「e パートナー」による学習支援モデル記述法を提案する．図 2 は，枝窪ほか(2025)の e ラーニングにおける生成 AI を用いた学習支援を(5)，学習状態遷移図に表現したものである．

例えば，「評価活動」（学習計画の確認）に取り組んでいる際，生成 AI は，学習計画の進捗状況を読み込み，その状況に対して適応的なファシリテーションを提供する（C01）．ここで，学習計画に遅れがある場合，【評価活動への誘導】を行い，学習計画の再検討を促す．学習計画の作成では，学習者の学習スタイルと作成した学習計画を読み込んで，学習計画の模範を【モデル提示】しながら，学習計画の作成を支援する．「学習活動」（教材学習）が進み，学習活動（テスト）を終えたら，【評価活動への誘導】を行い，学びの振り返りを促す．学びの振り返りでは，学びの振り返りの記述を読み込んで【振り返り促進プロンプト】を提示し，学びの振り返りを支援する．

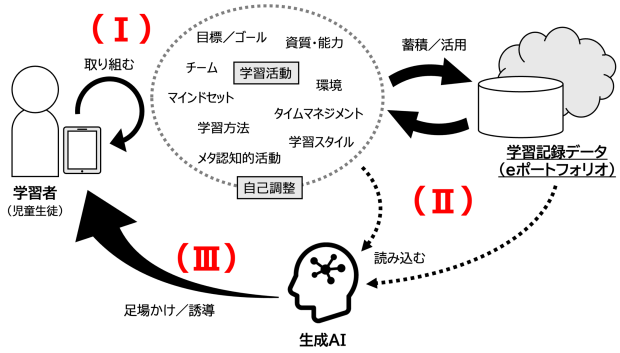


図 1 学習者の学びの文脈に適応的な生成 AI を用いた学びの「e パートナー」による学習支援モデル

表 1 生成 AI によるファシリテーション一覧

種類	ファシリテーション名
学びの誘導	学習活動への誘導
	評価活動への誘導
学びの足場かけ	モデル提示
	ヒント／説明
	アドバイス／意見
学びの振り返りプロンプト	メタ認知誘発プロンプト
	振り返り促進プロンプト

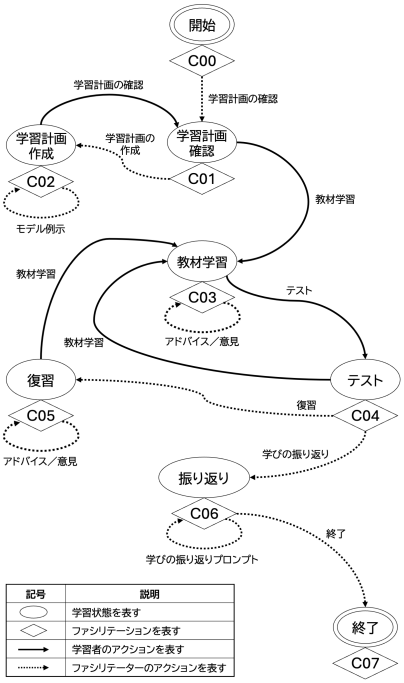


図 2 学習状態遷移図（LSTD）の記述例

4. おわりに

本論文では，個別最適な学びにおける学習者の学びの文脈に適応的な生成 AI を用いた学びの「e パートナー」による学習支援モデル記述法を提案した．今後は，提案した学習支援モデル記述法に基づいてシステムを動作させるための仕組みを検討していく．

謝辞

本研究は，科研費（23K02681）の助成を受けた．

参考文献

(1) 文部科学省:“令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す，個別最適な学びと，協働的な学びの実現～（答申）”(2021)
(2) 丸山浩平，森本康彦:“文章生成 AI を活用した学びの文脈に適応的な振り返り支援方法の開発と評価”，教育システム情報学会誌, 42 巻, 2 号, pp. 194-207 (2025)
(3) 中沢尚也，吉田喬亮，丸山浩平ほか:“学習者の e ポートフォリオから生成 AI を用いて学びの文脈を抽出する精度の検証” 教育システム情報学会第 50 回全国大会講演論文集（印刷中）(2025)
(4) Morimoto, Y., Ueno, M. and Yokoyama, S. *et al.*: “A SCORM-compliant Learning Management System that Enhances Learning By Managing the Learning Itself”, *Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (*ICALT 2007*), pp.122-126 (2007)
(5) 枝窪悠，丸山浩平，森本康彦:“e ラーニングにおける学習履歴データから同定された学習スタイルに応じた生成 AI による学びの自己調整支援モデルの提案”，教育システム情報学会第 50 回全国大会講演論文集（印刷中）(2025)

P2-07

独学と協調学習を支援するチュータ育成用オンライン教材の開発：柔軟かつ体系的な学習環境の設計

Development of an Online Tutor Training Material Supporting Self-Directed and Collaborative Learning: Designing a Flexible and Structured Learning Environment

合田　美子[*1]，椿本　弥生[*2]，石毛　弓[*3]
Yoshiko GODA[*1], Mio TSUBAKIMOTO[*2], Yumi ISHIGE[*3]
[*1]熊本大学大学院教授システム学専攻 +
[*1]Graduate School of Instructional Systems, Kumamoto University
[*2]東京都立大学
[*2]Tokyo Metropolitan University
[*3]大手前大学
[*3]Otemae University
Email: ygoda@kumamoto-u. ac. jp

あらまし：本研究では，大学のチュータ育成における研修機会の不足を補うため，学生が独学で学べるオンライン教材を開発した．チュータリングに必要な 12 のトピックを設定し，動画・学習ノート・ワークシートを組み合わせてモジュール化した．また，教材は協調学習にも活用できるよう配慮した．今後は，専門家や学習者による形成的評価を通じて教材の改善と有効性の検証を進める．
キーワード：チュータリング，オンライン教材，ピアサポート，自律学習支援

1. はじめに

近年，大学における学習支援の一環として，ピア・チュータリングの導入が進んでいる．授業外学習の支援や学修コミュニティの形成において，チュータの果たす役割は大きいが，育成・配置の仕組みには大学間でばらつきがある．特に，体系的なトレーニングプログラムや業務基準が整備されていない例が多く，一部の大学では米国 CRLA（College Reading & Learning Association）[(1)]の認証を活用しているものの，大半はアルバイト雇用に関する説明のみにとどまっているのが現状である．また，現役学生がチュータを担う場合が多く，時間的制約から集合研修の実施も難しい．こうした課題をふまえ，本研究では，チュータが業務の前後や業務中に，必要な知識・スキルを独学で習得できるよう，12 のトピックに基づく動画・学習ノート・ワークシートを備えたオンライン教材を開発した．今後は，専門家・学習者による形成的評価を通じて，教材の改善と実用性の検証を進める予定である．

2. ニーズ分析と教材開発の方針

教材開発に先立ち，学内外のチュータリング実践や先行研究を参照し，現役チュータや支援担当教員に対してヒアリングを行った．その結果，多くの大学において以下のような課題が明らかとなった．第一に，チュータ研修の機会が限られており，体系的に学ぶ機会が乏しいこと．第二に，チュータの多くが現役学生であるため，集合研修への参加が時間的・物理的に難しいこと．第三に，研修が行われても一過性に終わり，実際の業務に活用しづらいことが挙げられた．

これらのニーズを踏まえ，本研究では，①チュータとして業務に就く前後に自律的に学べること，②体系的かつ柔軟に学習できること，③研修だけでなく業務中のリファレンスとしても使えることを目指して，オンライン形式によるモジュール型教材を開発する方針とした．

3. 教材のデザインと工夫

本教材は，チュータリング初心者の学生が自律的に必要な知識・スキルを習得できるよう，モジュール型の構成と多層的な教材形式を組み合わせて設計した．対象は主に，大学で初めてチュータ業務に就く学部学生であり，集合研修への参加が難しい環境でも，個別の時間や関心に応じて学習できるよう配慮している．

内容は，チュータリングに必要な12のトピックを独立した学習単元として構成しており，各トピックには行動目標を明記した．これにより，学習者が各回の目的を理解しやすくなり，自己評価や振り返りを行う際の指標としても活用できる．トピックの選定には，国内外のチュータ育成プログラム（例：CRLA[(1)]）やメンタリングのガイドライン(例: 渡邊ほか, 2014[(2)]) を参考にし，基本的かつ汎用性の高い内容を取り入れている．

教材は，5〜10 分程度の短い動画と，要点を箇条書きで整理した学習ノートを組み合わせて構成されている．動画では各トピックの要点を視覚的・聴覚的に提示し，短時間で集中して学習できるよう編集している．学習ノートは，動画を視聴できない環境や

復習の際にも使えるよう，要点が簡潔にまとめられており，メモ欄や補足情報も記載している．ノートと動画の併用により，理解の定着を促し，繰り返し学ぶことが可能となる．

さらに，各トピックには対応するワークシートを設けており，学習内容を自己の経験や業務と結びつけて内省し，実践への応用ができるよう設計している．これらのワークシートは，個人での活用に加えて，ペアやグループでのディスカッション教材としても使用でき，対面型研修への転用も想定している．特に，対話的な振り返りやケース検討を行う際に有効である．

本教材の独自性としては，すべての教材がオンライン上で自由にアクセス可能であり，学習者が任意のトピックから順不同で学べる点が挙げられる．これにより，業務前の予習，業務中の確認，業務後の振り返りといった各場面での「可搬性のあるリファレンス教材」としての活用が可能となっている．図 1 には，動画・学習ノート・ワークシートからなる教材構成の一例を示す．

今後は，学習支援やチュータリングの専門家，実際の学習者からの形成的評価を実施し，内容の改善や表現の明瞭化，構成の再調整などを行う予定である．これにより，より実用的で継続的に活用可能な教材への発展を目指す．

4.　まとめ

本研究では、大学におけるピア・チュータリングの質的向上を目的に、現役学生が独学で基本的な知識とスキルを習得できるオンライン教材を開発した。教材は 12 のトピックによるモジュール型構成とし、動画・学習ノート・ワークシートを組み合わせ、学習者の状況や目的に応じた柔軟な学びを支援する。各トピックの修得を可視化し、デジタルバッジ等を活用したマイクロクレデンシャルの導入も視野に入れている。

本教材は、業務前の予習、業務中の確認、業務後の振り返りなど多様な場面で活用でき、可搬性のあるリファレンス教材としても機能する。今後は、実際の育成プログラムに導入し、専門家や学習者による形成的評価を通じて改善と実用性の検証を進め、他大学・他領域への応用も含めた発展を目指す。

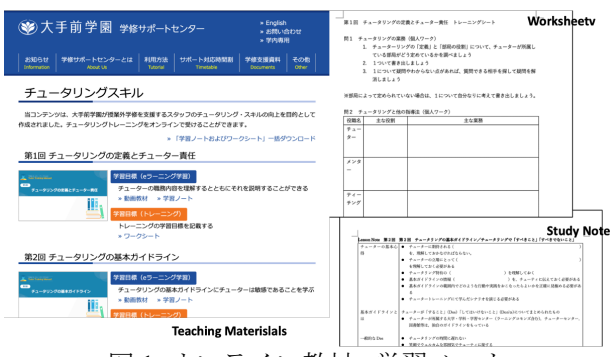


図 1 オンライン教材，学習ノート，ワークシートの例

表 1 教材の 12 トピック

	トピック	学習内容
1	チュータリングの定義とチューター責任	チュータリングの基本的な定義とチューターの役割を理解し，自身の職務の意義を明確化する．　業務内容を他者に説明できるようになることを目指す.
2	チュータリングの基本ガイドライン	チュータとして活動する際の基本的な姿勢や注意点を学ぶ．　大学で定めるガイドラインや倫理規範の重要性を理解し，適切な行動判断を支援する.
3	チューターセッションの開始および終了の技法	チュータリングのセッションをどのように始め，どのように終えるべきかを学び，円滑なセッション運営のための基本スキルを習得する.
4	成人学習者の学習スタイル（傾向）	チュータ対象となる学生が成人学習者であることを前提に，学習スタイルや動機づけの傾向を理解し，個別対応の基礎とする.
5	困難な状況への対処	チュータリング中に起こりうる困難なケース（無反応，過度な依存，不適切な態度など）を理解し，適切に対応するためのスキルを養う.
6	ロールモデル（模範）	チュータ自身が学生の模範となる存在であることを意識し，ふさわしい態度や行動を選択できるよう，自己点検の視点を学ぶ.
7	タイムマネジメント／学習計画作成	チューティー（被支援学生）の時間管理や計画作成をサポートするために必要な知識を学ぶ．　失敗要因の特定と対策提案のスキルも含む.
8	コミュニケーションスキル	チュータリングにおける基本的なコミュニケーションスキル（傾聴，共感，非言語的対応など）を理解し，信頼関係構築の基盤をつくる.
9	傾聴と言い換え	「聞く」だけでなく，相手の発言を整理・確認しながら言い換えるスキルを学ぶことで，対話の深化と誤解の防止を図る.
10	リフェラルスキル	チュータ自身の対応が難しい場合に，適切な学内支援機関へつなぐ（リフェラル）判断力と紹介の方法を学ぶ.
11	批判的思考力のスキル	チュータリングにおいて，事実と意見を区別しながら冷静に問題を捉える思考力を学ぶ．　支援者としての姿勢を理性的に保つ力を養う.
12	チュータリングと倫理	チュータリングに求められる倫理的配慮（守秘義務，公平性，権力関係など）を理解し，実践場面で適切に行動できるようにする.

本研究は JSPS 科研費 JP24K15221 の助成を受けたものです。

参考文献

(1) College Reading and Learning Association. (2019). *International Tutor Training Program Certification (ITTPC) Program Certification Guidelines*. https://www. crla. net

(2) 渡邊浩之，鈴木克明，戸田真志，合田美子．2014. チュータリングガイドラインの開発と形成的評価について．リメディアル教育研究，9 巻 2 号 p. 161-172, DOI https://doi. org/10. 18950/jade. 9. 2_161

誤答選択肢の作成方略を与えた大規模言語モデルに基づく多肢選択式問題の誤答選択肢自動生成手法

Automatic Distractor Generation in Multiple-Choice Questions Using Large Language Models Given Distractor Construction Strategies

永井 優成 [*1]，宇都 雅輝 [*1]
Yusei Nagai[*1], Masaki Uto[*1]
[*1] 電気通信大学
[*1]The University of Electro-Communications
Email: {nagai, uto}@ai.lab.uec.ac.jp

あらまし： 多肢選択式問題自動生成における重要タスクの一つとして，誤答選択肢の生成が挙げられる．従来の大規模言語モデルを用いた誤答選択肢生成では，選択肢生成に関わる専門知識を明示的に扱わず，モデルが持つ知識のみに頼った生成を行っている．そこで本研究では，誤答選択肢を作る際の具体的な考え方（誤答選択肢作成方略）をモデルに与えることで，特定の方略に沿った誤答選択肢を大規模言語モデルに生成させる手法を提案する．

キーワード： 読解問題，誤答選択肢生成，深層学習，大規模言語モデル，言語生成

1 はじめに

読解力育成方法の一つとして，学習者に様々な文章を読ませ，それぞれの文章に関連する多様な読解問題に取り組ませる方法が知られている．しかし，様々な文章に関する大量の問題を人手で作成することは，多くの労力を要する．この問題を解決する方法の一つとして，人工知能技術を用いて多肢選択式の読解問題を自動で生成する読解問題自動生成技術が多数提案されている．

多肢選択式問題自動生成における重要タスクの一つとして，誤答選択肢の作成が挙げられる．誤答選択肢の生成品質の向上を目指した先行研究としては，大規模言語モデルを用いて誤答選択肢の候補を生成し，フィルタリングやランキング技術により不適切な候補を除外する方法 [1] や，大規模言語モデルにプロンプトを数段階に分けて与えて，問題と誤答選択肢を段階的に生成する方法 [2] などが提案されている．しかし，これらの手法は，選択肢作成に関わる専門知識を明示的に扱わず，大規模言語モデルが持つブラックボックスな知識のみに頼った生成を行っている．他方で，人間の専門家が誤答選択肢を作る際の具体的な考え方（以降，「誤答選択肢作成方略」と呼ぶ）を明示的に生成モデルに考慮させることができれば，より高品質な誤答選択肢の生成が期待できる．

そこで本研究では，誤答選択肢の生成品質を高めるために，誤答選択肢の具体的な作成方略を整理した上で，大規模言語モデルに特定の作成方略に沿った誤答選択肢を生成させる手法を提案する．

2 提案手法

本研究では，誤答選択肢作成方略を考慮して大規模言語モデルに基づく誤答選択肢生成を行う手法を提案する．提案手法は以下の 4 ステップから構成されている．ステップ 1〜3 は誤答選択肢生成の準備段階にあたり，ステップ 4 が実際の生成手順に該当する．

2.1 誤答選択肢作成方略の分類

はじめに，多肢選択式問題に関するテスト理論の先行研究を参考に，誤答選択肢作成方略を整理する．最終的な誤答選択肢作成方略のリストを表 1 に示す．

2.2 方略付き問題データセットの構築

次に，大規模言語モデルの一つである Llama3 を用いて，既存の多肢選択式問題のデータセット $\mathcal{D} = \{(\boldsymbol{c}_n, \boldsymbol{q}_n, \boldsymbol{a}_n, \boldsymbol{d}_n) | n \in \mathcal{N}\}$ に作成方略のラベルを付与する．ここで，N を問題数として $\mathcal{N} = \{1, \ldots, N\}$，$\boldsymbol{c}_n$ は n 番目の問題に対応する読解文，$\boldsymbol{q}_n$ は n 番目の問題，$\boldsymbol{a}_n$ はそれに対応する正答選択肢，$\boldsymbol{d}_n = \{\boldsymbol{d}_{nk} | k \in \mathcal{K}\}$ ($\mathcal{K} \in \{1, \ldots, K\}$) は K 個の誤答選択肢を意味する．まず，データセット $\mathcal{D}$ 中のデータ $(\boldsymbol{c}_n, \boldsymbol{q}_n, \boldsymbol{a}_n, \boldsymbol{d}_n)$ を誤答選択肢ごとに分割して，$\mathcal{D}' = \{(\boldsymbol{c}_n, \boldsymbol{q}_n, \boldsymbol{a}_n, \boldsymbol{d}_{nk}) | n \in \mathcal{N}, k \in \mathcal{K}\}$ とし，$\mathcal{D}'$ のそれぞれのデータに対して Llama3 にどの誤答選択肢作成方略が対応しているかを判定させ，方略ラベル $y_{nk} \in \{1, 2, 3\}$ を付与したデータセット $\mathcal{D}_{\text{sample}} = \{(\boldsymbol{c}_n, \boldsymbol{q}_n, \boldsymbol{a}_n, \boldsymbol{d}_{nk}, y_{nk}) | n \in \mathcal{N}, k \in \mathcal{K}\}$ を構築する．以上の手続きにより構築された方略付き問題データセット $\mathcal{D}_{\text{sample}}$ を $\mathcal{D}_{\text{train}}$ と $\mathcal{D}_{\text{test}}$ に分割し，以降のステップで用いる．

2.3 誤答選択肢作成方略選定機の構築

このステップでは，任意の読解文と問題，正答選択肢が与えられたときに，どの誤答選択肢作成方略を利用するべきかを判定させるモデルを構築する．本研究ではこのモデルを「誤答選択肢作成方略選定機」と呼び，BERT（Bidirectional Encoder Representations from Transformers）モデルを利用して実現する．

2.4 誤答選択肢の生成

提案手法による誤答選択肢の生成は，次の手順で行う．まず，任意の読解文 $\boldsymbol{c}$，問題 $\boldsymbol{q}$，正答選択肢 $\boldsymbol{a}$ を所与として，ステップ 3 で構築した誤答選択肢作成方

表 1　誤答選択肢作成方略

ラベル	方略	方略の説明
1	正反対の事実の利用	正答選択肢と正反対の事実に言及した誤答選択肢を作成
2	無関係な事実の利用	本文中で一切言及されていない内容に関する誤答選択肢を作成
3	事実の不正な組み合わせ	本文中の事実を不適切に組み合わせた誤答選択肢を作成

表 2　誤答選択肢生成時に Llama3 に与える指示プロンプト

Here is a strategy to generate high-quality distractors:
{ 誤答選択肢作成方略 y の説明 }

You are an expert in creating multiple-choice question for reading comprehension. You are provided with a set consisting of a reading passage, a question, a correct answer. The question and correct answer are all related to the content of the reading passage. Your task is to create a distractor (an incorrect option) from reading passage, question, and answer according to the above strategy. Please follow the following steps:
1. Firstly, understand the above strategy well.
2. Carefully read and understand the provided reading passage, question, and correct answer.
3. Following the strategy, generate a distractor considering the given reading passage, question, and correct answer.
4. Output the distractor you generated ONLY.
The input passage, question, and correct answer will be given the following format:
Readning Passage: $\boldsymbol{c}$
Question: $\boldsymbol{q}$
Answer: $\boldsymbol{a}$

{3-shot samples; $j \in \{1,2,3\}$ の提示 }
Readning Passage: $\boldsymbol{c}_j^{(\mathrm{top3})}$
Question: $\boldsymbol{q}_j^{(\mathrm{top3})}$
Answer: $\boldsymbol{a}_j^{(\mathrm{top3})}$
Distractor: $\boldsymbol{d}_j^{(\mathrm{top3})}$

略選定機によって適切な方略を選定する．次に，選定された方略 y と読解文 $\boldsymbol{c}$，問題 $\boldsymbol{q}$，正答選択肢 $\boldsymbol{a}$ を所与として，表 2 のプロンプトを Llama3 に入力して誤答選択肢を生成させる．なお，プロンプト内では，指定した方略に関連する few-shot サンプルの提示も行う．この際，few-shot サンプルは入力された読解文 $\boldsymbol{c}$，問題 $\boldsymbol{q}$，正答選択肢 $\boldsymbol{a}$ との関連性が高いデータを $\mathcal{D}_{\mathrm{train}}$ から次の手順で選択して与える．(1) $\boldsymbol{c}$，$\boldsymbol{q}$，$\boldsymbol{a}$ を連結したものを SimCSE（Simple Contrastive Learning of Sentence Embeddings）モデルに入力し，分散表現ベクトルを取得する．(2) 同様に，$\mathcal{D}_{\mathrm{train}}$ 中の全てのデータに対しても分散表現ベクトルを計算しておく．(3) $\mathcal{D}_{\mathrm{train}}$ の中から，指定した方略 y に対応しており，かつ，入力に対応する分散表現ベクトルとのコサイン類似度が高いデータを 3 つ選択し，それを few-shot サンプルとしてプロンプトに加える．表 2 では，選ばれた 3 つの few-shot サンプルを $\left\{\left(\boldsymbol{c}_j^{(\mathrm{top3})}, \boldsymbol{q}_j^{(\mathrm{top3})}, \boldsymbol{a}_j^{(\mathrm{top3})}, \boldsymbol{d}_j^{(\mathrm{top3})}\right)\right\}_{j=1}^{3}$ と記述する．

3　評価実験

評価実験ではデータセット $\mathcal{D}$ として RACE データセットを利用し，提案手法のステップ 2 と 3 を行った上で，$\mathcal{D}_{\mathrm{test}}$ の各データに対してステップ 4 に従って誤答選択肢を生成した．本実験では，提案手法との比較のために，以下の 2 つの手法でも誤答選択肢を生成した．

比較手法 1: 提案手法に誤答選択肢作成方略と few-shot サンプルのどちらも与えずに誤答選択肢を生成する手法

比較手法 2: 提案手法に基づくが，few-shot サンプルのみをランダムに与えて誤答選択肢を生成する手法

表 3　生成された誤答選択肢の品質評価

評価観点	提案手法	比較手法 1	比較手法 2
A	**0.97**	0.93	0.95
B	**0.56**	0.20	0.32

各手法で生成された誤答選択肢の品質は，実際に誤った選択肢であるか（評価観点 A）と，簡単には排除できない選択肢か（評価観点 B），の 2 つの観点に基づいて人手により評価した．評価観点 A については 2 段階（0: 不適切，1: 適切）で評価し，評価観点 B については 0：迷わしとして機能しておらず，容易に誤答選択肢であると判断できる，1：迷わしとして機能しており，読解文を適切に理解することで誤答選択肢であると判断できる，の 2 段階で評価した．

実験結果を表 3 に示す．表の数値は 100 問に対する評価点の平均値を示す．ここで，手法間での平均性能に有意な差があるかを確認するために，評価観点ごとに分散分析を行ったところ，評価観点 B において，有意水準 1% で有意差が見られた．そこでさらに，評価観点 B について多重比較を行ったところ，提案手法と比較手法 1，提案手法と比較手法 2 の間で有意水準 1% で有意差が見られた．以上の結果から，誤答選択肢作成方略を指定した上で few-shot サンプルを活用する提案手法がより高品質な誤答選択肢を生成できることが確認できた．

4　まとめ

本研究では，多肢選択式読解問題の誤答選択肢の生成に焦点を置いて，品質の高い誤答選択肢の生成を目指す手法を提案した．

参考文献

(1) Dutulescu, A., Ruseti, S., Iorga, D., Dascalu, M., McNamara, D.S.: “Beyond the obvious multi-choice options: Introducing a toolkit for distractor generation enhanced with NLI filtering,” Proceedings of the 25th International Conference on Artificial Intelligence in Education, pp.242-250, 2024

(2) Maity, S., Deroy, A., Sarkar, S.: “A Novel Multistage Prompting Approach for Language Agnostic MCQ Generation using GPT,” Proceedings of the 46th European Conference on Information Retrieval, pp.268-277, 2024

面接試験の観点別自動評価のためのマルチモーダル深層学習自動採点モデルの開発

Development of a Multimodal Deep Neural Automated Scoring Model for Interview Trait Scoring

北嶋太一 *1，宇都雅輝 *1
Taichi Kitajima*1, Masaki Uto*1
*1 電気通信大学
*1The University of Electro-Communications
Email: {kitajima, uto}@ai.lab.uec.ac.jp

あらまし： 近年，人工知能技術を活用した面接試験の自動採点が注目されている．本研究では，面接の記録データから，複数の評価観点で得点予測を行う新たな面接自動採点技術を提案する．具体的には，面接の記録データを構成する映像，音声，テキストのそれぞれのデータから，人手で設計した特徴量と深層学習ベースの特徴量を同時に抽出して処理するとともに，Attention 機構を用いて評価観点間の相関を活用して得点予測を行うことができるマルチモーダルかつマルチタスク型の面接自動採点モデルを提案する．

キーワード： 面接試験，自動採点，深層学習，マルチモーダル，Attention 機構

1 はじめに

面接試験は，コミュニケーション能力や表現力を評価する手段の一つとして様々な評価場面で広く活用されている．しかし，面接試験では，評価結果が評価者の甘さ/辛さなどに依存する可能性があることに加えて，評価に多くの時間的，金銭的なコストを要するという問題を有している．これらの問題を解決する方法の一つとして，人工知能技術を用いた面接試験の自動採点が期待されている．面接試験の自動採点では，面接時の映像や音声，発話内容のテキスト情報などを記録し，それをマルチモーダルな機械学習技術を用いて解析することで，採点を自動化することを目指す．

面接自動採点を実現する従来手法では人手で設計した特徴量を利用する方法が広く採用されてきた．例えば Naim ら [1] は，音声，語彙，顔に関連する特徴量を入力として，SVR (Support Vector Regression) やラッソ回帰モデルを学習し，評価観点別の得点を予測する手法を提案している．しかし，このような従来の特徴量ベースのモデルはその性能が人手で設計した特徴量に依存してしまい，発話内容や音声，映像に内在する複雑な特徴情報を必ずしも十分に考慮できないという問題点がある．

これに対し近年では，深層学習を活用して，自動採点に有効な特徴量を自動的に獲得するアプローチが提案されている [2]．しかし，従来の深層学習ベースの手法は，データのモダリティごとに人手で設計した特徴量か深層学習ベースの特徴量のいずれか一方のみを使用していた．他方で，本来は，いずれのモダリティにおいても，事前に人手設計可能な特徴量と人手では設計が困難な複雑な特徴情報は共存すると考えられる．加えて，既存研究の多くは，表情や抑揚，論理性といった複数の評価観点で得点付けを行うことを目的としているが，その際に，各観点の得点を独立に予測するように設計されている．他方で，小論文自動採点の分野では複数の観点の得点を独立に予測するのではなく，評価観点間の相関関係も考慮して全観点の得点を同時に予測するマルチタスク型の手法が提案され，高精度を達成している [3]．

以上の背景を踏まえ，本研究では，面接の記録データから得られる全てのモダリティデータに対し，深層学習で抽出した特徴量と人手で設計した特徴量を使用し，かつ，Attention 機構を用いて評価観点間の相関を活用できるマルチモーダルかつマルチタスク型の面接自動採点モデルを提案する．

2 提案手法

本研究では採点済み面接データを $\{(\mathcal{A}_i, \mathcal{V}_i, \mathcal{T}_i, \mathcal{S}_i)\}_{i=1}^{I}$ と仮定する．ここで I は面接データの総数，$\mathcal{A}_i$ は i 番目の面接の音声データ，$\mathcal{V}_i$ は映像データ，$\mathcal{T}_i$ は人手で書き起こした対話データを表す．また $\mathcal{S}_i = \{s_{ik}\}_{k=1}^{K}$ は人手でつけられた評価観点別の得点であり，K は評価観点数，s_{ik} は k 番目の評価観点の得点を表す．本研究のタスクは，$\mathcal{A}_i$，$\mathcal{V}_i$，$\mathcal{T}_i$ から，$\hat{\mathcal{S}}_i$ を予測することである．

なお，面接には面接官の質問と受検者の回答が 1 組以上含まれる．$\mathcal{A}_i$，$\mathcal{V}_i$，$\mathcal{T}_i$ から $l \in \{1, 2, \cdots, L\}$ 番目の質問応答に対応する部分を $\mathcal{A}_{il}$，$\mathcal{V}_{il}$，$\mathcal{T}_{il}$ として抽出し，モデルに入力する．ここで，L は質疑応答数を表す．

提案モデルの概念図を図 1 に示す．提案モデルへの入力は，面接データから事前学習済み深層学習モデルを用いて取得した埋め込みベクトルと人手で設計した特徴量ベクトルである．ここで $\mathcal{T}_{il}$ から Sentence-BERT を用いて抽出した対話テキストの埋め込み表現を E_{il}^{T}，$\mathcal{A}_{il}$ と $\mathcal{V}_{il}$ から VideoLLaMA 2 を用いて抽出した音声・映像の埋め込み表現を E_{il}^{V}，$\mathcal{V}_{il}$ から GhostFaceNets を用いて抽出した顔の埋め込み表現を E_{il}^{F}，$\mathcal{A}_{il}$ から ECAPA-TDNN を用いて抽出した声の埋め込み表現を E_{il}^{S} とする．人手で設計した特徴量 $\mathcal{H}_i$ は，中間層に入力される．

各モダリティの埋め込み表現 $\boldsymbol{E}_{il}^{T}$，$\boldsymbol{E}_{il}^{V}$，$\boldsymbol{E}_{il}^{F}$，$\boldsymbol{E}_{il}^{S}$ はまず全観点に共通する共通層に入力される．ここでは，全結合層を通して出力ベクトルを結合し，2 層の全結合層を通して，質問ごとの埋め込み表現を作成する．

表 1　観点別の相関係数

モデル	観点番号																平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
従来: SVR	.650	.652	.669	.790	**.409**	.656	.731	.473	.595	.501	.477	.458	.587	.588	.399	.618	.578
従来: ラッソ回帰	.647	.675	.638	.787	.311	**.710**	**.755**	.373	**.739**	.494	.488	.439	.522	.462	.369	.564	.561
提案	**.702**	**.710**	**.739**	**.792**	.399	.658	.705	**.528**	.636	.520	**.513**	.512	**.631**	**.594**	.480	**.636**	**.610**
提案 w/o T	.671	.643	.647	.776	.406	.612	.661	.491	.627	.537	.469	**.575**	.567	.549	.480	.624	.583
提案 w/o V	.680	.653	.636	.780	.324	.658	.681	.409	.612	**.541**	.474	.529	.606	.549	.450	.596	.574
提案 w/o F	.676	.671	.694	.789	.323	.673	.726	.502	.589	.484	.487	.436	.595	.543	.352	.591	.571
提案 w/o S	.665	.674	.655	.788	.342	.659	.693	.489	.597	.527	.488	.555	.573	.536	**.494**	.600	.583
提案 w/o H	.562	.540	.465	.556	.352	.540	.551	.404	.447	.199	.332	.229	.469	.439	.300	.551	.433
提案 w/o TrAtt	.690	.673	.688	.778	.360	.635	.688	.490	.589	.526	.484	.511	**.631**	.576	.381	.618	.582

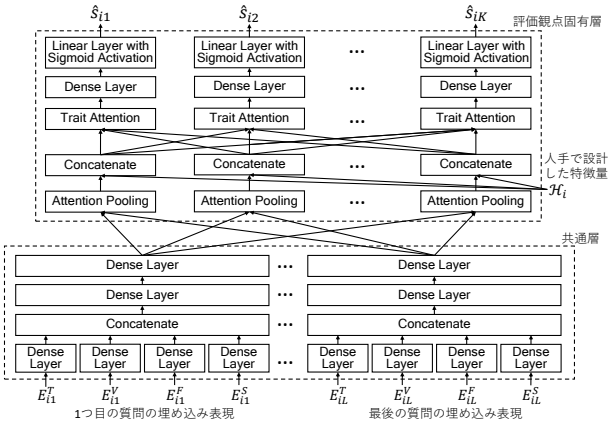


図 1　提案モデルの概念図

続いて，評価観点に固有の層において，l 番目の質問の埋め込み表現 $\boldsymbol{z}_l$ に，次式の Attention Pooling を適用することで，k 番目の評価観点に対するベクトルを得る．

$$\boldsymbol{p}_k = \sum_l \boldsymbol{z}_{kl} \,\mathrm{softmax}(\boldsymbol{v}_k \cdot \tanh\left(\boldsymbol{W}_k \cdot \boldsymbol{z}_l + \boldsymbol{b}_k\right)) \quad (1)$$

ここで $\boldsymbol{W}_k$，$\boldsymbol{v}_k$ は重み，$\boldsymbol{b}_k$ はバイアスベクトルを表す．

次に，$\boldsymbol{p}_k$ に人手で設計された特徴量を結合してベクトル $\boldsymbol{r}_k$ を得る．さらに，観点間の相関を考慮するために，$\boldsymbol{r}_k$ に対して，次式に示す Ridley ら [3] が提案した Trait Attention を適用する．

$$\boldsymbol{x}_k = \left[\sum_{k' \neq k} \frac{\exp\left(\boldsymbol{r}_k \cdot \boldsymbol{r}_{k'}\right)}{\sum_{k'' \neq k} \exp\left(\boldsymbol{r}_k \cdot \boldsymbol{r}_{k''}\right)} \boldsymbol{r}_{k'},\ \boldsymbol{r}_k \right]. \quad (2)$$

最後に，$\boldsymbol{x}_k$ に評価観点ごとに 2 層の全結合層を適用し，シグモイド関数で正規化された得点を予測する．

提案モデルの出力は，K 個の評価観点別の得点であり，最小二乗誤差を損失関数として学習される．

3　評価実験

実験には Naim ら [1] の研究で収集された MIT Interview Dataset を用いる．このデータセットには，138 本の模擬面接動画が含まれており，各面接に対して，人手による観点別の評価得点が付与されている．評価観点は 16 項目あり，1-7 点のリッカート尺度で評価されている．

本実験では，10 分割交差検証法を用いて性能評価を行った．各分割ではデータを訓練・検証・テストデータを 8:1:1 に分割し，訓練データでモデルを訓練した．検証データによる精度評価を通してハイパーパラメータ最適化を行った．性能評価の指標には相関係数を用いた．

また，ベースライン手法として，人手で設計された特徴量を入力として SVR やラッソ回帰を用いて各評価観点を予測する Naim ら [1] のモデルを作成した．また，提案モデルで導入した各特徴量の影響を評価するために，入力から $\boldsymbol{E}_{il}^T$，$\boldsymbol{E}_{il}^V$，$\boldsymbol{E}_{il}^F$，$\boldsymbol{E}_{il}^S$，$\mathcal{H}_i$ の 1 つを除いたモデルをそれぞれ作成した．さらに，提案モデルにおいて Trait Attention を用いないモデルも作成した．

実験結果を表 1 に示す．表の提案 w/o T，V，F，S，H，TrAtt は，提案手法から，T（テキスト），V（音声 + 映像），F（顔），S（声）の深層学習ベースの特徴量，および，H（人手設計の特徴量）と TrAtt（Trait Attention）をそれぞれ除いたモデルを意味する．

表 1 から，提案手法はベースライン手法と比べて優れた平均性能を達成したことがわかる．また，提案手法からいずれかの特徴量や Trait Attention 層を除くと性能が低下することもわかり，全ての提案機構の有効性が確認できた．

4　まとめ

本研究では，面接動画の各モダリティから深層学習で抽出した特徴量と，人手で設計した特徴量を組み合わせ，評価観点別の得点の相関を活用するモデルを提案し，実験によりその有効性を示した．今後は，特徴量やモデルの改良を行うことで性能向上を目指す．

参考文献

(1) Iftekhar Naim, M. Iftekhar Tanveer, Daniel Gildea, and et al. Automated prediction and analysis of job interview performance: The role of what you say and how you say it. In *Proceedings of 2015 11th IEEE International Conference and Workshops on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 1–6, 2015.

(2) Léo Hemamou, Arthur Guillon, Jean-Claude Martin, and et al. Multimodal hierarchical attention neural network: Looking for candidates behaviour which impact recruiter's decision. *IEEE Transactions on Affective Computing*, Vol. 14, No. 2, pp. 969–985, 2023.

(3) Robert Ridley, Liang He, Xin-yu Dai, and et al. Automated cross-prompt scoring of essay traits. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, pp. 13745–13753, 2021.

SP-03

文章生成 AI を活用した英語コミュニケーション学習支援システムの設計

Design of an English communication learning support system using text-based Generative AI

吉岡　翔太，倉山　めぐみ
Shota YOSHIOKA, Megumi KURAYAMA
函館工業高等専門学校
National Institute of Technology, Hakodate College
Email: 24709@hakodate.kosen-ac.jp

あらまし：本研究では，ChatGPT API を活用した英語コミュニケーション学習支援システムの開発について報告する．近年，生成 AI 技術の進展とグローバル化に伴い，柔軟かつ効果的な英語学習支援の重要性が高まっている．本システムは，音声認識ライブラリ（SpeechRecognition）と音声合成ライブラリ（gTTS）を組み合わせ，ユーザーが音声で入力した内容に対して，AI がテキストおよび音声で応答する対話型の学習環境を提供する．開発には Python および Streamlit を用い，直感的なユーザーインターフェースを実現した．今後は，学習効果を定量的・定性的に評価し，音声自動再生機能や発音分析機能の追加を通じて，より実践的な英語学習支援の強化を目指す．
キーワード：ChatGPT API，音声認識，音声合成，英語コミュニケーション学習

1.　はじめに

2023 年頃から生成 AI を活用したサービスが注目を集めている．その中でも代表的なサービスとしてすでに高い評価を得ているのが，OpenAI 社が開発した Chat GPT である．また近年，グローバル化の進展に伴い，英語学習の需要が急速に拡大している．特に，AI 技術の発展により，従来の学習方法に比べて柔軟かつ効果的な学習支援が可能となった．本研究では，Chat GPT API を活用し，英語コミュニケーション学習のための対話型システムを開発することを目的とする．本システムは，ユーザーが音声入力を行い，AI がテキストおよび音声で応答することで，実践的な英語コミュニケーションスキルの向上を支援する．

2.　研究概要

2.1　英語学習の需要

英語は国際共通語として 15 億人以上[(1)]に世界中で使用されており，特にビジネスや学術分野での需要が高い．市場調査によると，日本国内の語学教育市場は年間数千億円規模であり，オンライン英語学習サービスの利用者数も増加傾向にある．[(2)] また，AI を活用した Speak 等[(3)]の英語学習アプリの需要も高まっており，世界的に個別最適化された学習体験が求められている．

2.2　学習支援の内容と方法

本システムで目指した学習支援は，ChatGPT の応答を音声合成で再生することでリスニング能力を向上させ，音声認識を活用して発話内容を正しくテキスト化し，ユーザーが自身の発音や文法を意識してスピーキングできるように支援するとともに，ChatGPT API を用いた対話型学習を通じて実践的な英語対話の練習を可能にし，さらに，学習者の目的に応じたプロンプト設定により，カスタマイズ可能な学習環境を提供する．

2.3　システムによる支援

ユーザーは操作画面上の Start Conversation ボタンをクリックすることで，Listening 状態となり，端末のマイクが起動して英語で発話を行う(スピーキング)．音声をライブラリによって，テキストに変換し，ChatGPT API により，適切な応答を生成する(対話型学習)．応答をテキストで UI に表示し，同時に英語の音声出力も行う(リスニング)．会話の内容に関しては，システムの作成者がプログラム上で，また利用者側も UI 上の Settings で，プロンプトにより設定することができるため，特定の単語や文法を重点的に生成して問題を作成することや，日常会話の形式で架空のシナリオを作って学習することもできる．例えば，旅行英会話を学習したい場合，「ホテルのチェックイン」「レストランでの注文」などのシナリオを設定し，学習者が実際の会話を想定した対話練習を行うことができる(カスタマイズ可能な学習)．このシステムにより，ユーザーは会話履歴を確認しながら AI との対話を通じて英会話の学習を進めることができる．

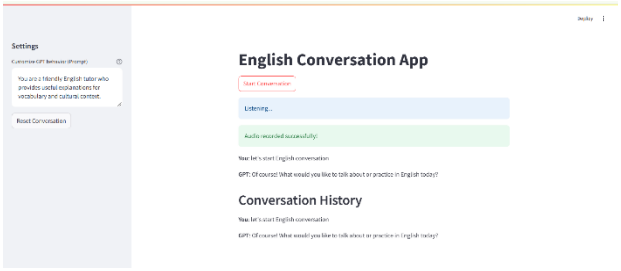


図 1　システムの画面

2.4 システムの構成

システムの作成を行うにあたり，生成 AI を活用すること，音声での入力と出力を行うことが必要であったため，使用する生成 AI 及び API を ChatGPT として決定した．サービスとしての ChatGPT には 2024 年から現在の段階で，いくつかの使用方法があり，無料版の ChatGPT，月額制の有料版の ChatGPT Plus, ChatGPT Plus で利用可能になる事前にプロンプトでカスタマイズし，リンクで他のユーザーに共有可能な GPTs，そしてトークンの使用量によって支払った残高を消費する課金制の API がある．また，多数のモデル GPT モデルがあり，サービスによってその内部で動作させることができるモデルも異なる．

仕様の検討の結果として，開発にかかる費用等を考慮し，API を利用した作成を決定した．API との英語コミュニケーションは通常の ChatGPT と同じくテキストでの利用が可能なため，音声でのテキスト入力と音声出力に関しては別途で方法を考える必要があった．OpenAI では Realtime API という音声入力，音声出力が可能な GPT の API を開発中であり，ベータ版の使用は 2025 年 2 月現在でも可能であるが，OpenAI 側の仕様の変更によるシステムに与える影響を考慮して使用しないこととした．

そこで，音声入力には Python で音声認識機能を実装するためのライブラリである SpeechRecognition を使用し，PC のマイクから音声を取得し，それをテキストに変換することで API へ会話内容の送信が可能にした．

音声出力には，Google の Text-to-Speech API(gTTS) を利用しており，テキストを音声に変換するための Python ライブラリである．シンプルなインターフェースで，数行のコードで高品質な音声ファイルを生成できるため，幅広い用途で利用されていて，英語のみでなく，日本語やフランス語などの多数の言語に対応している．インターネット接続がされている環境で音声ファイルに出力されたテキストが音声となり，GPT からの応答を UI にテキストで表示すると同時にユーザーが音声ファイルも再生することが可能である．

UI に関しては Python で Streamlit のフレームワークを駆使しながら作成した.(4)

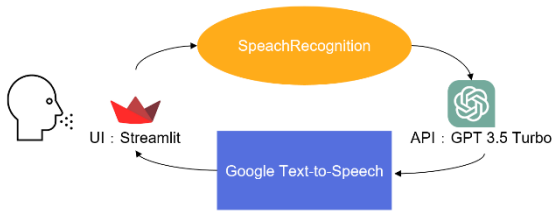


図 2 システムの動作構成

3. 現状の課題と今後の展望

3.1 システムの効果測定

本システムの教育的効果を測定するために，評価を実施予定である．定性的な評価及び定量的な評価を行うために，関係代名詞と関係副詞などの特定の文法に関する問題を作成し，複数の協力者に問題を解いてもらい，回答を採点する．その後，システムを一定時間利用してもらい，同様の文法に関する問題を出題して，回答を採点し，その点数差でシステムの学習支援としての効果があったかを測定する．効果測定の実施において，最初のテストとシステム利用後のテストの期間，システムを利用する時間などの検討が今後必要になる．また，システムの使用に関して，学習支援として効果的かと感じるか，英語学習において支障があると感じるか等のアンケートを作成し，ユーザーからのフィードバックを得る．

3.2 今後の改善点

現状，GPT からの応答を自動再生するのではなく，音声ファイルをユーザーが再生する形での英語コミュニケーションが行われているため，これを自動で再生される状態にシステムを改善することで，音声入力から回答を得るための時間を短縮することができ，リアルタイムでの対話形式を実現することができる．加えて今後は，ユーザーの発話に対するフィードバック機能を強化する予定である．具体的には、音声認識後のテキストを ChatGPT API を用いて分析し、文法・語彙・発音に関するフィードバックを提供する．また，発音評価 API を導入し，ユーザーの発音スコアを算出する機能の実装も検討している．これにより，ユーザーが自らの発話の課題を特定し，改善できる環境を提供する．ユーザーの発音を分析する機能を実装することが可能になった場合は英語の学習において，話すアウトプットの質の向上につながるといえ，聞く，見るというシステムによるアウトプットにおけるユーザーの満足度の向上も目指すことができる．

参考文献

(1) “【2024 年最新版】世界の言語ランキング（ネット人口含む）”, WIP Japan Corporation, （2024）, https://japan.wipgroup.com/media/language-population(2024/02/06)
(2) “語学ビジネス市場に関する調査を実施（2024 年）”, 株式会社矢野経済研究所, https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/3609(2024/02/06)
(3) “AI 英会話スピーク｜Speak｜スピーキング特化アプリ”, Speak, （2024）, https://www.speak.com/jp(2024/02/06)
(4) 我妻 幸長(Udemy) : ChatGPT API を使ってチャットボットを作ろう！【GPT-3.5/GPT-4】 -LLM を使うアプリの構築と公開-, (2023), https://www.udemy.com/course/chatgpt-api-bot/(2024/02/06)

SP-04

再構成型学習環境における理解変化の推定のための学習ログデータからの質的・量的なエラー分析

Qualitative and Quantitative Error Analysis of Learning Log Data for Estimating Understanding Changes in Reconstructive Learning Environment

濵田 恭佑[*1], 平嶋 宗[*2], 林 雄介[*2]
Kyosuke Hamada[*1], Tsukasa Hirashima[*2], Yusuke Hayashi[*2]
[*1] 広島大学情報科学部
[*1]School of Informatics and Data Science, Hiroshima University
[*2] 広島大学大学院先進理工系科学研究科
[*2]Graduate Scholl of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University
Email: b215320@hiroshima-u.ac.jp

あらまし：エラーは学習を促進する重要な機会とされている。しかし，学習者は誤りを経験すればよいというわけではなく，自力での解消が困難なエラーを経験した場合，そのエラーに基づいた適切な支援を行うことが求められる． そのためにはまず，その誤りがどのような誤りなのか特定する必要がある． 本研究では,単文統合型学習環境「モンサクン」を対象に Ordered Network Analysis(ONA)という分析手法を用いて，エラー分析をすることにより，自力での解消が困難なエラーの特定を試みる．
キーワード：エラー学習，自力での解消が困難なエラー，モンサクン，ONA 分析

1. はじめに

エラーは学習と理解を促進する重要な機会となっている． Impasse-Driven learning[(1)]は学習者が自分の行き詰まりの原因を特定し，学びを深める効果的な学習方法とされている． したがって, 単に正解を教えるのではなく，学習者が間違えながら学習できる環境が理想的であると考えられる．

エラーが学習に有益である一方で，誤りを経験すれば良いというわけではない．学習者に対して教えすぎても教えなさすぎても学習の発達を妨げる[(2)]と指摘されており，全てのエラーに対する支援は適切ではなく，自力での解消が困難なエラーへの適切な支援が求められる． そのためには， まず自力での解消が困難なエラーを特定する必要がある．

本研究では，単文統合型学習環境「モンサクン」を対象に， Ordered Network Analysis（ONA）[(3)]という分析手法を用いて，学習ログデータから自力での解消が困難なエラーを特定することを目的とする．

2. 対象

モンサクンは，学習者が要求された算数文章題を与えられた単文で作成する学習環境である．図 1 にモンサクンのインターフェイスを示す．作成した算数文章題は自動診断され，学習者はシステムからのフィードバックを受けながら正解するまで作成する．

モンサクンにおける学習では，それぞれの学習者の理解に合わせて誤った作問もしながら，演習を進めて行くに従って誤りが減少していくことが確認されている[(4)]． これは，学習者が認知的困難を乗り越えながら正しい問題構造を理解していくことを示していると考えられる．しかし，演習を進めていっても誤りが完全に消えない学習者もいる．そのような学習者の自力での解消が困難なエラーを見つけることが支援のために必要となる．

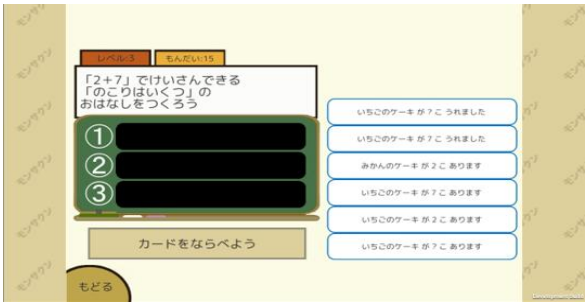


図 1 モンサクン演習画面

3. 分析手法

Ordered Network Analysis(ONA)は，データ内に含まれる要素間の関係性を時系列や順序を考慮したネットワークとしてモデル化し，解析する手法である．データ中の意味のある特徴をコードとして設定し，そのコードを用いてデータに意味づけを行い分析する．この分析により，コード間の遷移やコードの出現頻度の可視化をすることができる．

本研究では，モンサクンにおける学習ログデータを意味づけるために，妥当な算数文章題の構成条件に基づき，学習者が 1 操作ごとに作成している算数文章題の状況（作問状態）をコード化する．コードは表 1 に示す 6 つの構成要素から構成され，条件を満たしていれば大文字，満たしていなければ小文字で

表 1 構成要素一覧

表記	説明
S	物語の文構成
N	式に含まれる数字
O	オブジェクト構成
T	物語の種類
C	物語の順序構造（増加・減少のみ）
E	要求された数式で表現される文構成

表記する．小文字を含むコードは，その作問状態から作問を進めても正解しないことを示しており，これをここでは作問状態における「エラー」とよぶ．

4.　分析とその結果

本研究では「自力での解消が困難なエラー」とは，次の 2 つの条件を両方満たす作問状態とした．

A)　作問課題を進めても出現する
B)　答え合わせや他の誤った作問状態に遷移する

2.1 節で述べたように，モンサクンでは基本的に学習者は作問課題を進めていくにつれて学習し，答え合わせでの誤りが減少していく一方で，学習者によってはエラーがまだ作問プロセスに含まれる．ただし，その状態から少ないステップで正解に到達できていたら，自分で解消したと言える．逆に，エラーの中での遷移やそのまま不正解となっている場合は，それらがエラーである認識ができておらず，自分で解消が困難であると推測される．

分析対象のデータは，大学生による図 1 に示すような「減少」の物語に関する逆思考問題の作問課題 5 問のデータである．モンサクンの実際の対象は小学 1, 2 年生であるが，先行研究(4)により大人でも，誤りとその解消が確認されている．

図 2 と図 3 に最初と最後の作問課題について window size を 4 として分析した結果の ONA グラフを示す．これら 2 つが異なるグラフであることから（t 検定 x 軸：0.02，y 軸：0.90），作問状態の遷移に変化があり，理解の変化が起きていることが分かるが，依然としてエラー作問状態も出現している．

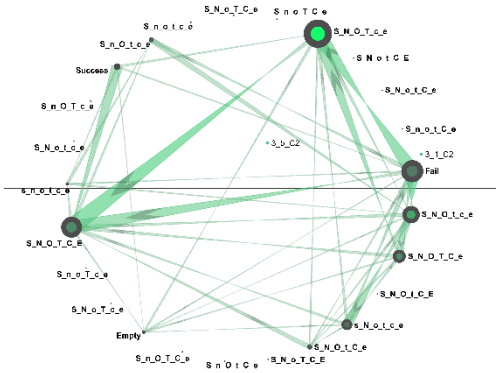


図 2　最初の作問課題における ONA グラフ

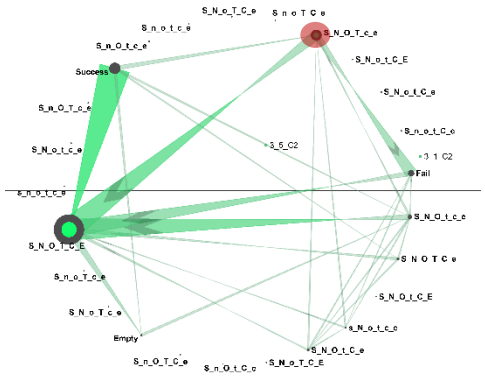


図 3　最後の作問課題における ONA グラフ

最後の問題で出現する作問状態の遷移関係の weight（ONA グラフ上では太さで表示）について，その値が高いものをカーネル密度推定（KDE）と密度関数の局所最小点を分類の閾値として用いて算出した．その結果，エラーとなる作問状態のうち，S_N_O_T_c_e から同じ作問状態に移る遷移関係が全体の中で高いことが示され，S_N_O_T_c_e が自力での解消が困難なエラーであることが推定できる．

この誤りは「物語の順序構造」と「数式」による誤りであるが，物語の順序構造が成立していなければ，数式は成立しないという依存関係があるため，この誤りは「物語の順序構造による誤り」であると言える，これは，二つの数量の関係を表す「関係文」の位置による誤りを指し，減少の物語では関係文を 2 文目に配置しなければいけないが，それができていないことを示す．表 2 は作問課題ごとのそれぞれの誤りの数を示し，カイ二乗検定を行い Holm 法で調整を行った結果，有意な差が得られた ($\chi^2(4)=19.983$, $p<.01$)．また残差分析の結果，最初の作問課題 3-1 では関係文を 1 文目に使用する誤りが有意に多いが，最後の作問課題 3-5 では関係文を 3 文目に使用する誤りが有意に多い．

表 2　関係文の位置別の誤りの数

問題番号	関係文が 1 文目	関係文が 3 文目	合計
3-1	**40**	20	60
3-2	77	102	179
3-3	6	7	13
3-4	9	19	28
3-5	1	**11**	12

5.　まとめと今後の課題

本研究では，単文統合型学習環境モンサクンに ONA 分析を適用し，自力での解消が困難なエラーの特定を試みた．その結果，今回の事例では物語の順序構造による誤りが自力での解消が困難なエラーであることが分かった．今後の課題としては，物語の順序構造を間違えてしまう学習者への適切な支援の検討や，関係文の位置に関する分析，小学生データを用いた分析を行いたいと考えている．

参考文献

(1) VanLehn, K. Toward a Theory of Impasse-Driven Learning. In H. Mandl & A. Lesgold (Eds.), Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems, 19–41. Springer US. (1988)
(2) Vygotsky,L. S.: Mind in Society: The Development of Higher Mental Processes, Harvard University Press, Cambrige, MA（1987）
(3) Tan, Y. *et al.* Ordered Network Analysis. in *Proc. of International conference on quantitative ethnography* (eds. Damşa, C. & Barany, A.) vol. 1785 101–116, Springer Nature Switzerland, Cham, (2022).
(4) Hasanah, N., Hayashi, Y., & Hirashima, T. Posing arithmetic word problems in a sentence integration learning environment in English and Indonesian: A utilization analysis. The Journal of Information and Systems in Education, 18(1), 51–62. (2019)

数式自動採点システムの解答データを用いた Bayesian Knowledge Tracing による理解状況分析

Comprehension analysis by Bayesian Knowledge Tracing using answer data from the automatic equation grading system

伊藤 明日歌[*1]，中村泰之[*2]
Asuka ITO[*1]，Yasuyuki NAKAMURA[*2]
[*1] 名古屋大学情報学部自然情報学科
[*1]School of Informatics, Nagoya University
[*2] 名古屋大学教養教育院
[*2]Iustitute of Liberal Arts and Sciences
Email: ito.asuka.g0@s.mail.nagoya-u.ac.jp

あらまし：数式自動採点システム STACK の解答データに対し，Bayesian Knowledge Tracing(BKT)を用いてスキル(知識)習得状況を分析した．BKT は解答履歴からスキルの習得状況の推定ができ，今回は BKT 用 Python ライブラリである pyBKT を使用して分析を行なった．STACK では，非循環有向グラフであるポテンシャル・レスポンス・ツリー(PRT)により，解答を分類することができる．分類した解答とスキルを対応付けることで，従来では BKT は問題とスキルが一対一対応するところ，一対複数な問題に対し BKT を適用し，部分点を含む問題に対する BKT の適用可能性について検証を行い，有用性が示唆される結果を得ることができた．
キーワード：e ラーニング，STACK，Bayesian Knowledge Tracing，ポテンシャル・レスポンス・ツリー

1. はじめに

近年教育分野に ICT の活用が広まり，その中でも学生の知識の理解状況を知る手段の一つのオンラインテストにおけるデータ収集・分析が注目されている．

数式自動採点が可能なオンラインテストシステムの一つである STACK[(1,2)]には，ポテンシャル・レスポンス・ツリー(PRT)と呼ばれる非循環有向グラフにより，設定した各ノードでの判定結果から解答の分類を行うことができる機構がある．これを用いることにより，単なる点数の平均ではなく，当てずっぽうな解答やケアレスミスなどを考慮した理解度推定を行うことができないかと考えた．

理解度推定の手法の一つとして，Bayesian Knowledge Tracing(BKT)[(3)]があるが，STACK の解答データの分析に用いられている例はない．従来の BKT では大まかな単元でしかスキルを分けていないが，細分化されたスキルでの理解度を求めることが可能ならば，より良いと考えた．そこで，STACK の PRT で解答の分類ができることに着目した．PRT での解答の分類と細分化させたスキルを対応させて，複数のスキルを持つ問題を少ない解答数で分析できると，効率的に学生の理解度推定が行えるのではないかと考えた．

2. 数式自動採点システム STACK と PRT

STACK は，数学の問題やテストを提示し，その解答を数式で正誤評価を行うことができる e ラーニングシステムである．様々な解答方式を設定することができ，多肢選択式や解答を学生が入力するように選ぶことができる．STACK の特徴の一つに，ポテンシャル・レスポンス・ツリー(PRT)が設定できる．PRT により学生の解答データを自動分類することができる．PRT は非循環有効グラフで表される(図 1)．PRT の各ノードには様々な条件が設定されており，その条件を満たすか満たさないかに応じて終了または次のノードに移動し，条件判定を重ねることで，解答の分類を行なう．

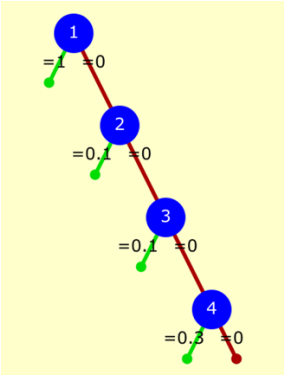


図 1 PRT

3. Bayesian Knowledge Tracing の概要

BKT は，学生の習得状況を推定するために教育データマイニングで広く利用される確率的モデルである．このモデルは，学習過程における生徒のスキル(知識)習得状況の変化を隠

れマルコフモデルで表現している．BKT では，学生が特定のスキルを習得している状態を「1」，未習得の状態を「0」で表し，各スキルに関する学生の正誤データを元にして，学生uのスキルkの習得確率$P(L^{k,u})$を求めることが目的である．

ある学生の時刻tにおける結果$obs_t\left(obs_t = 1\right.$の時正答，$obs_t = 0$の時誤答$\left.\right)$を用いて，時刻$t$における学生$u$のスキル$k$の習得確率$P(L_t^{k,u})$は，四つのパラメータ(学生$u$，時刻$t$には依存しない；$P(L_0)$：初期スキル習得確率，$P(T^k) = P(L_{t+1}^{k,u} = 1 \left| L_t^{k,u} = 0\right.)$：学習により習得できる確率，$P(G^k) = P(obs_t^{k,u} = 1 | L_t^{k,u} = 0)$：当てずっぽうで正答する確率，$P(S^k) = P(obs_t = 0 | L_t^{k,u} = 1)$：ケアレスミスで誤答する確率)と以下のベイズの定理に従って計算される:

$$P(L_t^{k,u} | obs_t = 1) = \frac{P(L_t^{k,u})(1 - P(S^k))}{P(L_t^{k,u})(1 - P(S^k)) + (1 - P(L_t^{k,u}))P(G^k)}$$

$$P(L_t^{k,u} | obs_t = 0) = \frac{P(L_t^{k,u})P(S^k)}{P(L_t^{k,u})P(S^k) + (1 - P(L_t^{k,u}))(1 - P(G^k))}$$

事後確率を元に，以下の式でスキルの習得率が更新される．元々の習得率と，学習によってスキルを習得する確率が足し合わされる:

$$P(L_{t+1}^{k,u}) = P(L_t^{k,u} | obs_t) + (1 - P(L_t^{k,u} | obs_t))P(T^k))$$

4.　pyBKT を用いた STACK のデータ解析

pyBKT[4,5,6]は，BKT による学生の理解度推定研究の支援を目的に，2021 年に Python のライブラリとして実装された．pyBKT では標準的な BKT を基準とし，BKT の拡張モデルも考慮して設計されており，拡張モデルも利用可能である．そして，データを元に学生の理解度を推定する他，予測精度を検証することもできる．

5.　結果

本研究では，名古屋大学で開講された 2021 年度の数学入門(文系学生向け一般教養科目)のオンラインテストで得られた解答データを pyBKT を用いて理解度推定を行なった．学生 100 人の 42 問の問題に対する解答結果を対象に分析をした．習得率を推定したスキルは 18 種類である．

図 2 は，学生 S001 のスキル理解度の推定結果である．この結果から，学生 S001 は高校で習ったスキルは身についているが，大学に入ってから学んだ「双曲線関数」に関連するスキルについては，まだ身についていないことがわかる．

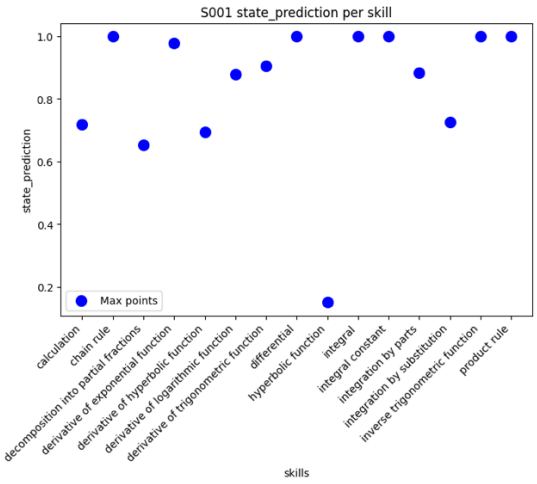


図 2 学生 S001 のスキル理解度

6.　まとめと考察

本研究では，STACK で行なったオンラインテストで得た解答データを，PRT によって解答を分類し，標準的な BKT モデルを用いて分析することが可能であるとわかった．しかし，スキルによって理解度と実際の正誤との乖離具合が異なる場合があり，今後の研究ではその乖離度の違いを探りつつ，BKT 拡張モデルでも解答データを分析したい．これにより学生の得手・不得手が解析できるので，オンラインテストを受験した後に，自動で「あなたの弱点は〇〇です.」と表示できるような STACK の機能拡張を視野に今後の研究を続けたい．

参考文献

(1) 中村泰之，「数学 e ラーニング数式解答評価システム STACK と Moodle による理工系教育」，東京電機大学出版局，2010.
(2) STACK，https://www.ed.ac.uk/maths/stack，参照 2025 年 1 月 17 日.
(3) Albert Corbett, John Anderson，“Knowledge Tracing: Modeling the Acquisition of Procedural Knowledge”，User Modeling and User-Adapted Interaction，vol. 4, no. 4，pp. 253-278，1995.
(4) Anirudhan Badrinath，Frederic Wang，Zachary Pardos ，“pyBKT: An Accessible Python Library of Bayesian Knowledge Tracing Models”，In Proceedings of the 14th International Conference on Educational Data Mining，Virtual Event，pp. 468–474，2021.
(5) CAHLR/pyBKT，https://github.com/CAHLR/pyBKT，参照 2024 年 10 月 11 日.
(6) Okan Bulut，Jinnie Shin，Seyma N. Yildirim-Erbasli，Guher Gorgun，Zachary A. Pardos “An Introduction to Bayesian Knowledge Tracing with pyBKT ”，Psych，5，pp.770–786，2023.

SP-06

仮想教室を活用した新任教員の生徒指導における知識習得システムに関する研究

Study on Knowledge Acquisition System for Teaching Students by New Teachers Using Virtual Classrooms

高梨美雪[*1],大井翔[*2]
Miyuki TAKANASHI[*1],Sho OOI[*2]
[*1*2]大阪工業大学情報科学部
[*1*2]Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology
Email:[*1]miyuki.takanashi@mix-lab.net, [*2]sho.ooi@outlook.ac.jp

あらまし：生徒指導は，様々な問題を持つ児童生徒を一人一人に応じた指導が必要である．しかし，新任教員や教員志望者は実践経験が少なく，知識の少なさから寄り添うことが困難である．本研究の目的は，新任教員や教員志望者が生徒指導の知識を習得することである．具体的には，VR 空間で再現した生徒指導の場面を様々な熟練教員が行うことで知識を集約し，新任教員や教員志望者が生徒指導に対して新たな知見を得るシステムを開発する．
キーワード：生徒指導，教員支援，ChatGPT，教師教育

1. はじめに

教員志望者が教員免許状を取得するには，対応する教職課程を有する大学等に入学し，法令で定められた科目及び単位を修得する必要がある．しかし，生徒との対話や生徒指導に役立つアプローチ方法を実践的に学ぶ機会は限られている．実践的な現場経験を積む教育実習は，教員志望者が教育現場で業務を直接経験する貴重な機会だが，その多くは 2〜3 週間程度の短期間で行われている．この期間内では主に授業準備や計画立案が中心であり，生徒を活かした授業展開や個別支援を含む生徒指導能力を養う機会が十分ではない[(1)]．また，教育家庭新聞が行った現職教員への調査においても，生徒との対話等に苦労していることが示されている[(2)]．

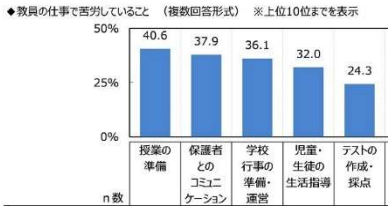


図 1:教育家庭新聞が行った調査結果[(2)]

さらに，新型コロナウイルス感染症の流行以降，心理的困難を抱える生徒が増加したことを受け[(3)]，教員による生徒とのコミュニケーションの重要性が再確認された[(4)]．また，困難を抱える生徒がいる教室では、教員と生徒の肯定的なコミュニケーションが一層重要であるとされている[(5)]．以上を整理すると，教員志望者と新任教員は科目指導のみならず「色々な場面の生徒へのアプローチ方法を学ぶ機会」が不足していると考えられる．

本研究では，その不足している機会に焦点を当て，新任教員に対して実践的な生徒指導スキルを習得してもらうことを目的とする．

2. 提案手法（GIC について）

熟練教員のノウハウや暗黙知を収集・活用するシステム GIC（Guidance student In Classroom）の開発を行う．具体的に GIC は，図 2.1 の③と④に焦点をあて，生徒指導の場面を VR（仮想現実）空間で再現し，教室内で発生する多様な状況や予測困難な場面をシミュレーションする．GIC は熟練教員の指導を記録し，体験映像や発言データを蓄積する．さらに，このデータを基に事後アンケートを実施し，熟練教員の指導行動の暗黙知を明らかにすることで，熟練教員の指導プロセスを可視化する．これにより，新任教員が多様な生徒へのアプローチ方法を体系的に学べる教育支援について検討する．

新任教員と教員志望者が生徒指導の知識を習得するためのシステム“GIC”の概要を図 2 に示す．

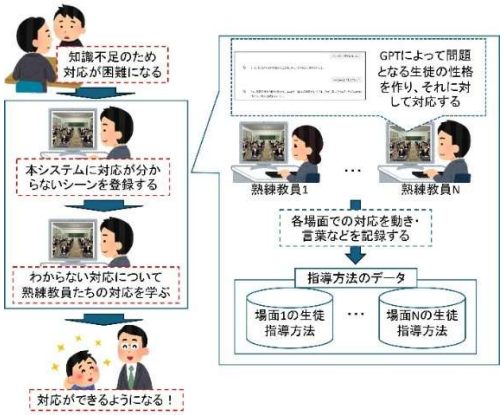


図 2:GIC の概要

“GIC”は，新任教員の生徒指導力向上を目的とし，仮想教室で生徒指導のシチュエーションを再現する

システムである．熟練教員が指導を行い，仮想生徒の対話には ChatGPT を活用し，性格に応じた応答を生成する．本システムにより，複数の熟練教員の指導知識を集約・閲覧可能とし，新任教員や教員志望者が生徒指導の新たな知見を得ることを可能にした．

3.　実験

本研究では教員歴が 5 年未満の新任教員と教員志望者に実験を行う．今回は教育実習を受けた教員志望者である 3 名が実験に参加してくれた．実験手順は，図 3 に示す．

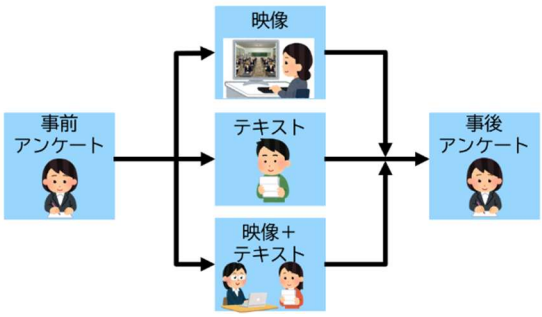


図 3:実験手順

本実験では各媒体 1 名ずつ閲覧してもらった．実験参加者の属性と閲覧媒体を表 1 に示す．

表 1: 実験参加者の属性

実験参加者	性別	年齢	免許	媒体
α	男	22	全員	動画
β	男	22	中学	動＋テ
γ	女	22	高校	テキスト

各媒体の閲覧から 1 週間後，実験参加者に再度同じアンケートを行う．事前事後アンケートではスプレッドシートに問題である「家庭環境が原因でグループワークに消極的な男子生徒を前向きにさせる対処法」という文章があり，自分が取れると思う行動をかけるだけたくさん書いてもらう．本実験の実施に辺り，大阪工業大学における人を対象とするライフサイエンス実験倫理委員会の審査（2024-8）に基づき実施した．

4.　実験結果・考察

4.1 実験の総合の結果

実験参加者 3 名に異なる媒体で GIC を体験した熟練教員の様子を閲覧させ, 知識の習得度を比較した．事後アンケートの結果を表 2 に示す．

表 2: 実験結果

実験参加者	結果
α	話しかける選択肢が 1 つ増加
β	話しかける選択肢が 2 つ増加
γ	高橋へのアプローチ方法が変化

表 2 に示した通り，動画と行動意図のテキストを併せて閲覧した β は回答数が 2 つ増加し，最も多くの知識を習得した．一方，動画のみ閲覧した α も 1 つ増加したが，行動の意図を自身で解釈する必要があった．γ は回答数の変化はなかったがアプローチ方法が変化した．これにより，媒体の違いが知識習得に影響を与える可能性が示唆された．

4.2 考察

本研究では，異なる媒体が知識習得に与える影響を検討した．回答の増加が見られたことは一定の成果と評価できるが，各媒体で 1 名ずつの実験参加であったため，一般化には課題が残る．例えば，β がもともと知識吸収に優れていた可能性や，α が動画とテキストを併用した場合の影響は未検討である．統計的な有意性を確保するには，さらなる被験者の確保と追加実験が必要である．

5.　まとめ

本研究では，GIC を活用し，そのデータを媒体別に新任教員や教員志望者にそれぞれ閲覧させ，知識習得の実験を行った．その結果，動画とテキストを複合させたデータを閲覧した実験参加者の知識量が他媒体と比べて増えた．しかし，実験参加者不足が原因で有意性はない結果になった．だが，本研究の目的は達成された．展望として VR 空間のメタバース化により教員のネットワークを構築し，生徒指導の対応力向上を図る．

参考文献

(1) 竹村精治,菅井悟,高橋伯也.:“教育実習生の現状と課題ー教育実習校による評価を 通してー” ,東京理科大学教職教育研究, Vol. 2015-HCI-163, No. 3, pp. 107–114, (2017)
(2) “「教員の意識に関する調査 2023」子供の頃はわからなかったが大人になって役 立つとわかった教科 1 位「算数・数学」2 位「社会」～ジブラルタ生命調べ”. https://www.kknews.co.jp/news/20230716o01, (2023)
(3) David.Z, Josef.H. Propelling the global advancement of school mental health. Clinical Child and Family Psychology Review, Vol. 26, No. 4, pp. 851–864, (2023)
(4) Melissa.N, Elizabeth.H. Navigating teacher-student relation ships in the pandemic: A case study. Educational Research, Vol. 66, No. 2, pp. 188–204, (2024).
(5) David.Z,Josef.H. The importance of teacher-student rela tionships in classrooms with ‘difficult’ students: a multi level moderation analysis of nine berlin secondary schools. European Journal of Special Needs Education, Vol. 36, No. 3, pp. 408–423, (2021).

SP-07

メンタルローテーション能力向上のための図形学習アプリの開発

Development of a Geometry Learning Application for Enhancing Mental Rotation Ability

野村 優翔[*1]，小島 篤博[*2]
Yuto NOMURA[*1], Atsuhiro KOJIMA[*2]
[*1] 大阪府立大学 現代システム科学域
[*1]College of Sustainable System Science, Osaka Prefecture University
[*2] 大阪公立大学大学院 情報学研究科
[*2]Graduate School of Informatics, Osaka Metropolitan University
Email: sfa00231@st.osakafu-u.ac.jp

あらまし:頭の中で 3 次元物体を回転させる能力であるメンタルローテーション能力の向上には製図学習が有効とされる．本研究では，三面図と一致する立体図形を選択する問題，および提示された立体図形の三面図を指で描く問題を出題するアプリケーションを開発した．立体図形をタッチ操作で回転させ，さまざまな視点から捉えられるようにすることで，立体図形と三面図の対応関係の理解を促す．
キーワード：メンタルローテーション，立体図形，三面図

1. はじめに

近年，人々の空間能力向上に関する様々な研究が行われている．空間能力の一つとして，メンタルローテーション(以下,MR)と呼ばれる, 頭の中で立体図形を回転させ，さまざまな方向からの見え方を想像する能力がある(1)．MR 能力の向上には異なる視点から見た立体図形を描く等の製図の活動が有効とされる(2)．しかしながら，現状では三面図などの製図学習の機会が限られ，紙面上の学習では立体図形を動かすことができず，ユーザは立体図形を把握することが難しい．

本研究では，iPad 上で立体図形と三面図に関する問題を出題し，ユーザが直感的に立体図形を操作することで MR 能力の向上を支援するアプリケーションの開発を行う．

2. アプリケーションの概要

本研究で作成するアプリケーションは，スワイプ操作により立体図形を自由に回転できる機能を備え，紙面上では難しかった多角的な視点での立体図形の把握を支援する．捉えにくい面や辺の構造を直観的に理解しやすくなり，問題へ気軽に取り組みやすくすることで，製図学習の充実度が高まることが期待される．

また，問題に解答すると同時に正誤を提示し，あわせて解答時間などの学習データを記録する．ユーザ自身が結果を見てすぐに復習を行えるという利点をもたらし, 学習状況を振り返ることが可能となる．さらに，出題する問題については立体図形の難易度を段階的に高めることで，着実に学習効果を高められるようにする．これらを踏まえた上で，製図学習の質を高めるだけでなく，MR 能力を効率的に向上させることを目標とする．

3. アプリケーションの実装

3.1 問題の構成と開発環境

本アプリケーションにおいて，ユーザが平面と立体との対応を理解しながら，MR 能力を向上させるために,「三面図と一致する立体図形を選択する問題」と「提示された立体図形の三面図を描く問題」の 2 種類の問題を実装する．

立体図形の形状の複雑さ等を踏まえ，問題を 3 つのレベルに分割し，各レベル 10 問ずつ用意する．

レベル 1 の立方体は，垂直面と水平面のみで構成されており，比較的理解しやすい形状である．レベル 2 では新たに斜面が加わり，レベル 3 では複数の斜面が組み合わさった最も複雑な形状となる．レベルが上がるにつれ，三面図を描く難易度と立体図形を把握する難易度が高くなるように設計する．

出題方法として, 同じレベルの 10 問を連続して行う形式と問題番号を指定して個別に問題を選択できる形式の 2 種類を設ける．これにより，ユーザが自身の学習スタイルや目的に応じて柔軟に問題へ取り組めるようにする．また，これまでに正解した問題番号を記録しておき，出題時に表示する．

不正解時は問題を再提示し，正解時は次の問題，または結果へと遷移する．

本アプリケーションを作成するにあたり，開発環境として Xcode を採用し，iOS アプリケーションの開発に使用される言語である Swift により開発を行う．また，出題する立体図形ファイルの作成には，3D モデリングソフトである Blender を使用した．

3.2 立体図形の表示と実装

ユーザが自由に立体図形を操作できるようにするため, Apple のシーングラフベース 3D ライブラリである SceneKit を用いて立体図形を表示する．

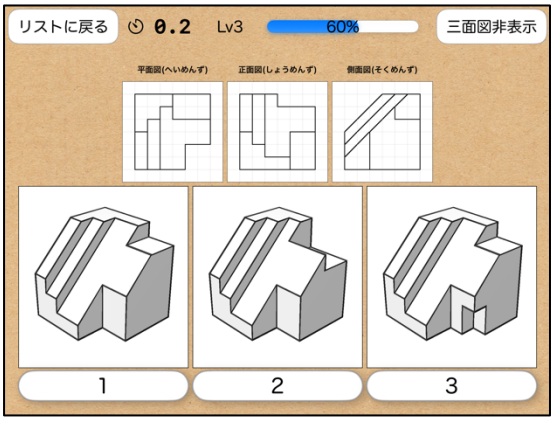


図 1　立体図形を選択する問題

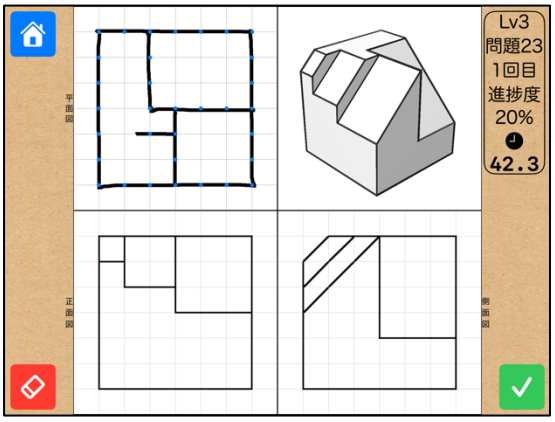


図 2　三面図を描画する問題

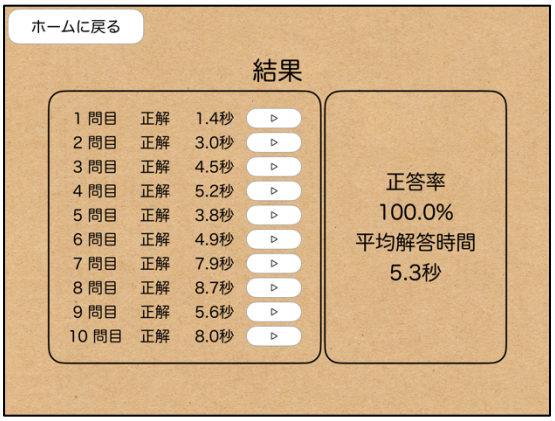


図 3　結果画面

まずは，ユーザが頭の中で立体図形を回転し想像する過程を優先し，実際に立体図形を回転させることにより，あらゆる角度から確認して理解を深められるようにする．そのため，初回解答時は図形の回転を制限し，不正解時のみ許可する設計とした．

3.3　立体図形を選択する問題

ユーザは細部の違いを見極めつつ正しい立体図形を選択する必要があることから，正解と一部形状が異なる 2 つの立体図形を候補として提示する(図 1)．

立体図形の配置順序を覚えて解答することがないように，同一問題でも出題のたびに配置順序が変化するよう設計する．ユーザは立体図形の下に配置されたボタンをタップすることで解答を行う．

この問題の解答には制限時間を設けており，出題時にカウントダウンタイマーが起動し，時間切れの場合は問題を再提示する．なお，解答 2 回目以降では，立体図形をスワイプ操作によって自由に回転することで理解を深めるため，制限時間を設けない．

3.4　三面図を描画する問題

平面図・正面図・側面図のすべてを描かせるとユーザの作業負担が大きくなり，学習意欲の低下を招く恐れがある．そこで，三面図のうち 2 つを出題時に提示し，残りの 1 つのみをユーザに描かせる設計とした(図 2)．描画はグリッド上を指でなぞる形で行う．描画部分は，グリッドを表示する背景 View の上に描画専用の View を重ね，ユーザのタッチ操作を処理する．正誤判定のため，グリッドの各格子点に対応する配列を用意し，タッチ座標が格子点付近を通過したタイミングで該当する格子点を訪問済みとしてマークし，印が表示される．

手描きでグリッドを正確にトレースすることは困難であるが，正誤を格子点で管理することで，描画の自由度を保ちつつ，おおまかな描画でも判定することができる．右下のチェックボタンをタップすることで，正解配列と格子点配列を比較し正誤判定を行う．また，描画を誤った際にやり直せるよう，左下に配置した消しゴムボタンをタップすると，描画済みの線を消去し，格子点配列をリセットする．

3.5　結果画面

10 問を解答し終えると結果画面へ遷移し，各問題の正誤と解答時間が一覧表示される(図 3)．

間違えた問題を重点的に見直し，正解した問題も再度確認できるよう，解答時間の横には復習ボタンを設けた．このボタンをタップすることで，該当の問題を再提示する．

4.　まとめ

本研究では，MR 能力の向上を目的とした問題出題および立体図形の理解を促進する iPad アプリケーションを開発した．

従来の紙面学習では多角的な立体把握が難しかったが，本アプリケーションではタッチ操作により，立体と三面図の対応関係を理解できるように設計した．今後の課題として，本アプリケーションを使用することによる，MR 能力に及ぼす効果の検証を進めることが挙げられる．

参考文献

(1) Shepard, R. N. and Metzler, J.: “Mental rotation of three-dimensional objects”, Science, 171, 3972, pp. 701–703, (1971)
(2) Ogunkola, B. and Knight, C.: “Does technical drawing increase students’ mental rotation ability?”, Cogent Education, 5, 1489209, (2018)

SP-08

児童を対象とした食育支援アプリケーションの開発

Development of a Food Education Support Application for Children

山口 昂大[*1], 丸田 妃菜美[*1], 山下 緩菜[*1], 山下 徳真[*1],
Kota YAMAGUCHI[*1], Hinami MARUTA[*1], Kanna YAMASHITA[*1], Tokuma YAMASHITA[*1],
山田 鈴音[*1], 吉山 千愛[*1], 米山 詩歩[*1], 佐藤 孝子[*2], 飯村 伊智郎[*1]
Rio YAMADA[*1], Chia YOSHIYAMA[*1], Shiho YONEYAMA[*1], Takako SATO[*2], Ichiro IIMURA[*1]
[*1] 熊本県立大学
[*1]Prefectural University of Kumamoto
[*2] 千葉県君津市立周西小学校
[*2]Kimitsu City Susai Elementary School, Chiba Prefecture
Email: k-yamaguchi@ilab.pu-kumamoto.ac.jp

あらまし: 本研究では，教育現場で食育をより容易にかつ効果的に行うことを目的としたアプリケーション「ろぐみいる」の開発を行った．教育現場では食育を実施する上で，専門教諭の人材不足，食育に関する学習の時間不足，教員の負担など課題が山積している．そこで，本アプリケーションでは，食育を容易にかつ効果的に実施することを志向し，味わいカード機能，キャラクター機能，カレンダー機能，コラム機能，共有機能を搭載したアプリケーションを開発した．本アプリケーションを使用することで，効果的な食育を継続的に実施し，健全な食習慣を形成する一助となることを目的としている．本稿では，本アプリケーションの概要と今後の展望について述べる．
キーワード：食育，給食指導，五感，味わいカード，アプリケーション

1. はじめに

近年，我が国では偏った栄養摂取や朝食欠食などによる食生活の乱れや肥満・痩身傾向といった子どもの健康を取り巻く問題が深刻化している．こうした現状を踏まえ，農林水産省は食育基本法(1)を制定し，国民が生涯にわたって健全な心身を培い，豊かな人間性を育むことを目的として，幼少期からの食育に関する施策を総合的かつ計画的に推進している．早渕らによる先行研究(2)では，「味覚の授業」が小学生の食意識や食行動に変化をもたらしていることが示されている．しかしながら，早渕らの先行研究における「味覚の授業」の実施回数は 1 回のみであった．加えて，対象校が 1 校に限定されていたため，教育効果の評価には課題が残されていた．

このような背景のもと，食育の有効な手法の一つとして，千葉県君津市立周西小学校教諭であり本研究グループのメンバーでもある佐藤が考案した「味わいカード」(3)がある．味わいカードには，口にした食材について味の評価を記入する．記入方法は自由記述形式で行い，視覚，嗅覚，触覚，味覚そして聴覚の五感に分類してそれぞれに対して評価を行う．周西小学校では，紙媒体の味わいカードを用いた食育を行ったところ，給食の残菜の減少や家庭における間食の減少，さらに児童の適正体重への改善といった効果が現れた．そこで我々は，「味覚の授業」と同様の効果を持つ食育方法の普及と教育効果の検証を目的に，「味わいカード」をデジタル化したアプリケーションを開発しより効果的なものに昇華させた．

2. 開発したアプリケーションの概要

本研究では，熊本市教育センター，千葉県君津市立周西小学校のご協力のもと，アプリケーション「ろぐみいる」を開発した．その利用対象は，前述の先生方のご意見のもと，小学 4 年生とした．

本アプリケーションでは，給食の感想や写真を記録する「味わいカード機能」，味わいカードの記録により成長する「キャラクター機能」，記録を見返す「カレンダー機能」，食に関する知識を閲覧する「コラム機能」，教員に児童の記録を共有する「共有機能」の 5 つを実装した．それらの実行画面例を図 1 に示す．

2.1 味わいカード機能

味わいカードの入力画面では，給食に関する感想と五感の各項目について詳細に記入することができる．給食の献立内容を写真として記録する機能も備えている．なお，給食の献立は，手動入力はもちろんのこと，あらかじめ作成した QR コードを読み取ることで入力が可能である．

2.2 キャラクター機能

味わいカードを継続して記入することで，キャラクターの経験値やポイントを獲得することが可能である．加えて，獲得したポイントを使用することで，キャラクターの行動に変化をもたらすことができる．

2.3 カレンダー機能

記録がカレンダー形式で表示される．再編集したい日を選択することで，変更を加えることもできる．

2.4 コラム機能

各日に更新される食に関するコラムを一覧形式で閲覧することが可能である．

2.5 共有機能

児童が記録した給食の感想は，教育現場で使用さ

図 1 アプリケーション「ろぐみいる」の画面例

れている授業支援アプリケーション（例えば，株式会社 LoiLo のロイロノート・スクールなど）と連携させることで，教員に児童の記録を共有することが可能である．これにより，教員と児童とのコミュニケーションや相互理解が促進され，個別最適化された給食指導の実現が期待される．

3.　開発したアプリケーションの評価実験

本研究は，我々の研究グループのメンバーである佐藤が所属する千葉県君津市立周西小学校と熊本県熊本市立龍田小学校，熊本県熊本市立城西小学校において，開発したアプリケーション「ろぐみいる」を使用していただき，評価を行った．本アプリケーションを使用する前後に，食育に関するアンケートに回答していただき，本アプリケーションが食育に関する学習時間の不足や、教員の負担増といった教育現場の課題を解決し，かつ児童の食への関心の向上に寄与したのかを調査した．

周西小学校では小学校 4 年生 54 名とその担任の教員を対象に 10 日間アプリケーションを使用していただいた．「五感を通して味わって食べているか」という質問では,「味わっている･少し味わっている」と回答した児童の割合が，使用前は約 88%から使用後は約 98%と 10 ポイントの上昇を確認できた．

また，龍田小学校では小学校 4 年生 103 名とその担任の教員，城西小学校では小学校 4 年生 105 名とその担任の教員にご協力いただいた．五感を通して給食を味わって食べることへの意識向上について，アンケート結果をもとに有意水準 5%でマン・ホイットニーの U 検定を行なったところ有意差が認められ, アプリケーション使用による効果が確認できた．

さらに，周西小学校では，従前に紙媒体で味わいカードを実施していた実績がある．そのため，紙媒体の味わいカードと今回開発したデジタル化された味わいカードを比較するためのアンケート調査を実施した.「紙媒体の味わいカードと比較してアプリケーションはより楽しかったか」という質問に対して，「楽しかった・少し楽しかった」と回答した児童は 100%であった．

以上のことから，本アプリケーションは専門教諭の人材不足や食育に関する学習時間の不足といった教育現場の課題解決の一助となり，かつ児童への効果的な食育活動の実現に寄与するアプリケーションであることが示唆された．

一方で，本アプリケーションの使用により，児童の給食を食べる時間が減少し，その結果完食率が低下したケースも一部確認された．また，教員へのアンケートでは,「アプリの設定がとても難しい」という意見がみられた．また,「先生は給食が楽しいか」という質問に対して，実験前は「楽しい・少し楽しい」という回答であったものが，実験後は「どちらとも言えない・あまり楽しくない」という回答に変化していた．その理由としては，指導が主な業務となり，給食を楽しんだり味わったりする余裕がないことが挙げられた．

今回の実験では，児童に対し効果的な食育活動を実施することができた．しかしながら，アプリケーションの利用の困難さが起因し，教育現場に立つ教員の負担がかえって増加する傾向が確認できた．また，継続的な食育活動を実施できていない．そのため，これらの点を踏まえ，今後は UI の改善を図り，教員の指導を必要とせずとも，利用者である児童が独力で食育活動に取り組むことができる環境を構築することを目指す必要がある．

4.　おわりに

本研究では、児童の食育を支援するアプリケーションを開発した。アンケート結果からは、児童に本アプリケーションを楽しんで使用してもらえた一方で、給食時間が短くなり完食率が下がってしまうという新たな問題点が明らかになった。そのため，UI デザインの向上などさらなる改善の余地があると考える．

謝辞　本研究は，令和 5 年度熊本県立大学後援会共同自主研究推進助成事業の助成によるものである．熊本市教育センター，千葉県君津市立周西小学校，熊本県熊本市立城西小学校，熊本県熊本市立龍田小学校をはじめとした関係者の方々においては，アプリケーションの開発，評価をする際に多大なるご支援をいただいた．ここに記して謝意を表す．

参考文献

(1)　農林水産省: “食育基本法” , p.3 (2017) , 入手先 〈https://www.maff.go.jp/j/syokuiku/attach/pdf/kannrennhou-20.pdf〉 (参照 2023-10-23)
(2)　早渕仁美，上田晴陽，梅木陽子，江頭和佳子，太田雅規: “小学校における「味覚の授業」が味の識別能力と食意識・食行動に及ぼす影響” , 日本食育学会誌, Vol.11, No.4, pp.323-333 (2017)
(3)　石井克枝，佐藤孝子: “フランスの味覚教育の理念を取り入れた給食支援プログラムの開発” , 日本調理科学会誌, Vol.54, No.3, pp.147-152 (2021)

SP-09

多視点的アプローチによる人の内面的要因と第一印象形成との関連性のモデル化

Modeling the Relationship Between Internal Human Factors and First-Impression Formation Through a Multi-Perspective Approach

榎本 尚輝, 本多 昂生, 松居 辰則
Naoki ENOMOTO , Koki HONDA, Tatsunori MATSUI
早稲田大学
Waseda University
Email: eno.707070ki@akane.waseda.jp

あらまし：初対面時の第一印象形成における、印象形成者の内面思考について、インタビュー実験における被験者の発話内容を使用した M-GTA 分析およびモデル構築を行った。その結果、自尊感情との実証的な関連性については得られなかったものの、モデル構築を通して初対面時における人間の内面作用過程を明らかにすることができた。
キーワード：第一印象、初対面、自尊感情、モデル構築、M-GTA 分析

1. はじめに

第一印象は、初対面の人間と良好な関係を築くために極めて重要な要素である。従来の第一印象研究では、交流する他者の外面的要素について着目されることが多かった。本研究では、交流する他者の外見的要素ではなく、印象形成者本人の内面的作用のプロセスと要因に着目する。内面的要素として、本研究では主に自尊感情を扱う。自尊感情とは、「自己のもつ価値基準に照らし合わせ、自分をどれだけ肯定的・否定的にみるかといった自己評価・自己概念の評価的側面」[(1)]として定義される。自己の価値基準が人間の根底にあり、それらが他者を評価する際にも寄与しているのではないかと考えた。また、対人交流時における人の「演技/キャラ的な振る舞い」の側面についても取り扱う。

2. 第一印象形成時における先行研究に基づいた内面作用仮説モデル構築

第一印象形成場面における、印象形成者の内面的作用について、諸般の先行研究の知見[(2)(3)]をもとに第一印象形成時における内面作用モデルを作成した。先行研究を基にモデルを作成し、その後このモデルを検証するための実験を行った。

3. 7 日間アンケートを通じた自尊感情の変動性測定調査とインタビュー実験に基づいたモデル検証

先行研究を基にして構築された仮説モデルについて、それを検証することを目的とした調査実験を行った。この調査実験は 2 段階で行われた。1 段階目では 7 日間のアンケート調査、2 段階目では文章上で示された架空の人物像に対する印象評価とその理由を尋ねるインタビュー実験を実施した。それらの結果に基づく考察については、総合考察の章にて記載する。

3.1 7 日間アンケート調査概要

5 名の被験者に対して 7 日間、その日に起きた出来事と評価、自尊感情尺度について回答を求めた。

3.2 7 日間アンケートの調査結果

被験者の自尊感情得点について、得点の推移をグラフとして表した(図 1)。

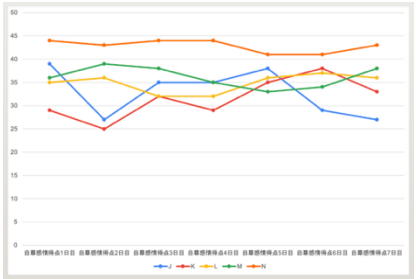


図 1：自尊感情得点推移グラフ

自尊感情得点について、強く変動する被験者が 2 名見受けられた。その 2 名について、自尊感情得点が大きく変動する理由を探るため、アンケート内で尋ねた、回答日当日の印象的な出来事とその理由についての回答内容を確認した。その結果、一方の被験者は日々の具体的な印象から影響を受けていることが示唆され、もう一方の被験者は日々の抽象的な印象から影響を受けていることが示唆された。

3.3 架空人物像の文章刺激提示に対する印象評価実験概要

7 日間アンケート調査に参加した 5 名に、引き続き参加を要請した。実験では、自尊感情尺度を含めた 3 つの尺度についての回答を求め、また、先行研究[(3)]をもとに作成した 8 つの架空の人物像に対する印象評価とその理由をインタビュー形式で尋ねた。インタビューにおける被験者の発話内容について、M-GTA 分析を行い、そこで検出したカテゴリーを使

用したモデル構築を行った。

3.4　M-GTA 分析に関する実験結果

被験者の発話内容について、カテゴリー化を行った。今回のカテゴリー化では、合計 4 段階(最小カテゴリー:33 個、小カテゴリー:21 個、中カテゴリー:8 個、大カテゴリー:3 個)に分類した。大カテゴリーの例として、「他者への姿勢」「自身の姿勢」「実際の交流姿勢」が挙げられる。中カテゴリーの例として、「他者への高評価」「他者への低評価」「他者へのフラットな評価」「交流姿勢」「交流における場面想定」「配慮姿勢」「個人特性要因」「自己認識過程」が挙げられる。

4. M-GTA 分析に基づくモデル構築

M-GTA 分析による 4 段階のカテゴリーを用いたモデル構築を行った(図 2)。実験によって構築したモデルについて、主要な二箇所についての考察を行う。

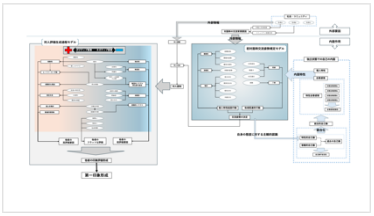


図 2：第一印象形成時の内面作用モデル概観

4.1　初対面時交流姿勢規定モデルの構築

初対面時に他者と交流する際の自身の振る舞いを規定する過程について、モデル構築を行った(図 3)。

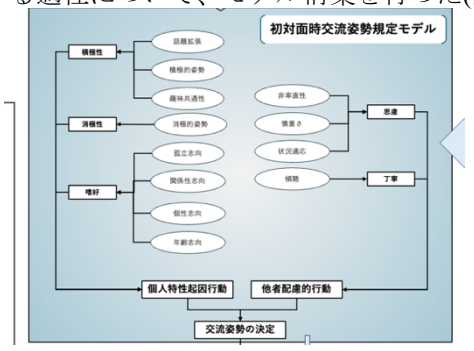


図 3：初対面時交流姿勢規定モデル

初対面時に他者と交流する際の、自身の交流姿勢を規定する際に、大きく分けて「他者配慮的行動」「個人特性起因行動」の 2 要因が働いていると考えた。前者について、その下位カテゴリーには「思慮」「丁寧」が検出された。後者について、その下位カテゴリーには「積極性」「消極性」「嗜好」が検出された。特に前者については、既に関係性が構築された他者と交流するような場面とは異なる、初対面時において特異に影響を及ぼす要因だと考えられる。他者配慮的な行動姿勢は、既存の関係性のある他者と交流する際には、その非自己開示的要素が交流に消極的であるという印象を与え、マイナスな印象形成につながる恐れがある。しかし初対面時においては、社会性のある礼儀正しい印象として、ポジティブな印象形成になり得る。このことから、「他者配慮的行動」は初対面時に特異に優先される交流姿勢になると考えた。

4.2　対人評価生成過程モデルの構築

初対面時に交流した他者に対して、評価を生成するまでの過程について、モデル構築を行った(図 5)。

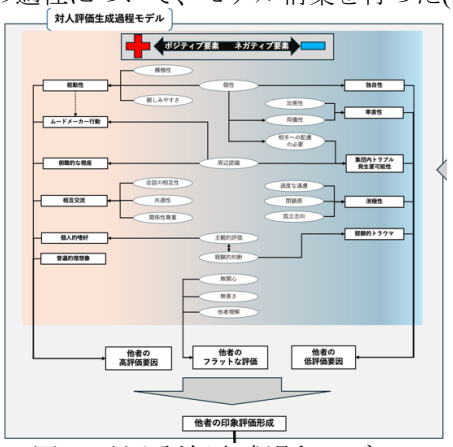


図 4：対人評価生成過程モデル

図 4 において丸で示されているものが、他者を認識する際の要素である。この要素は、一方向的に高評価や低評価に起因するのではなく、高評価や低評価に繋がり得る可能性を孕んでいることがある。特に、交流する相手の「個性」的な要素については、その可能性を多く含む。「個性」の要素を認識することで、それが相手の「能動性」「ムードメーカー行動」としてポジティブに作用する場合もあれば、反対に「独自性」「両犠牲」「相手への配慮の必要」としてネガティブに作用すると考えられる。

5. まとめと今後の展望

本研究では、第一印象形成時における印象形成者の内面作用についてのモデルの構築を行なった。初対面時における自尊感情得点との関連については実証的な結果は得られなかった。しかし、モデル構築によって初対面時における人間の内面作用過程が明らかになった。今後の課題として、印象形成場面での初対面時という枠組みの除去や、サンプル数を増やした定量的手法を用いた分析の実施、尺度測定時における回答条件の詳細な選定の実施による発展性が挙げられる。

参考文献

(1) 内田若希, & 橋本公雄. 自尊感情に関する運動心理学研究. 体育学研究, 50(6), 613-628, (2005).
(2) 櫻井英未: 自尊感情の高さおよび変動性に関する研究―自己受容, 被受容感, 被拒絶感との関係から―, 日本女子大学大学院人間社会研究科紀要, 20, 129-142, (2014).
(3) 千島雄太, & 村上達也. (2015). 現代青年における“キャラ” を介した友人関係の実態と友人関係満足感の関連――“キャラ” に対する考え方を中心に――. 青年心理学研究, 26(2), 129-146. (2000)

SP-10

電子化指導案にもとづく研究授業レビュー支援手法の提案

Support Method for Research Class Review based on Electronic Learning Instruction Plans

陣内 基聖，岡本 竜，三好 康夫
Motokiyo JINNAI, Ryo OKAMOTO, Yasuo MIYOSHI
高知大学　理工学部
Faculty of Science and Technology, Kochi University
Email: b24m6g21n@kochi-u.ac.jp

あらまし：我々は高知県の中山間地域における小規模校の教師教育の維持・向上のために，対面による授業参観に加え，遠隔非同期で研究授業の再現を行う研究授業レビュー支援システムの構築を目指している．本支援システムでは，研究授業の再現を目指し，複数視点からの授業風景の撮影・配信，学習指導案の配信・表示機能，アノテーション付与機能などによる支援を目指している．本稿では電子化学習指導案を活用した研究授業レビューの支援方法について考察を行った．
キーワード：教師教育，中山間地域，遠隔合同授業，電子化指導案

1.　はじめに

高知県の中山間過疎地域では，県立高等学校 36 校のうち 13 校が，遠隔合同授業の導入を条件として，特例的に生徒数が 1 学年 20 名以下の小規模校として維持されてきた．先行研究[1]におけるアンケート調査では，研究授業は教師教育に有用であるが，教員数の減少や公務の多忙さ，地理的な移動の困難に起因して，参観する教員数の確保が問題となっていた．参観者の減少は，研究授業の形骸化を招くことで教師教育の質向上を妨げる要因となる．

そこで本研究では，電子化された指導案[1]を基本とし，対面による授業参観に加え，遠隔非同期による研究授業を再現することにより，時間や場所の制約なく参観者を確保し，教師教育の維持・向上を図るための研究授業レビュー支援システムの開発を進めている．本稿では電子化指導案にもとづく研究授業レビューの支援手法について述べる．

2.　研究授業レビュー支援システム

本支援システムでは，対面の研究授業の支援に加え，時間的・地理的要因により参観できない教員に対し，オンライン上で研究授業を再現する．遠隔非同期によるレビューを可能とする環境を提供し，参観者を確保することで授業改善に必要な指摘を得ることを目的としている．

本研究では，図 1 に示すような流れにしたがい研究授業を再現する．支援システムを用いた研究授業レビューの手順を以下に示す．

(1)　電子化指導案の作成

まず授業者は，授業の「学習内容，時間配分，評価方法」などを記した計画書である学習指導案を先行研究[2]にて開発された電子化指導案作成ツールを使用して作成する．

(2)　対面による研究授業レビューの実施

授業者は対面による研究授業を実施し，参観者は，まず電子化指導案に対するアノテーション作成を行いながら研究授業を参観する．その後，マルチアングルカメラで撮影・配信された動画も対象に加えたアノテーション作成と作成したコメントの精緻化を行う．

(3)　対面による検討会

作成された指摘コメントを収集・整理し，授業者と参観者が共有しながら内容に関する授業改善や授業者の能力向上のための議論を交わす．

(4)　遠隔非同期によるレビュー

遠隔非同期により研究授業を参観し，作成された電子化指導案と撮影されたマルチアングル動画に対しレビューを行う．

(5)　授業改善の検討

授業者はこれまでに収集された全レビューデータをもとに授業の振り返りを行う．

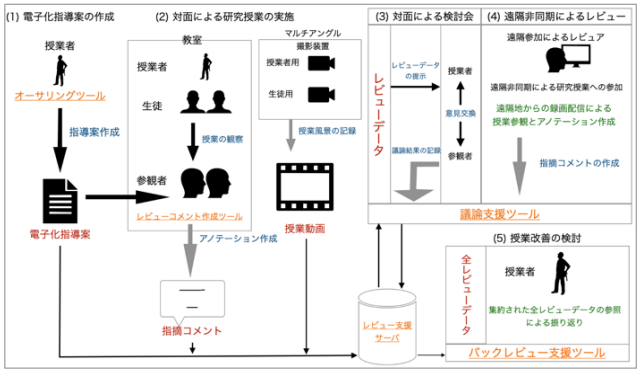


図 1 支援システムを用いた研究授業レビューの流れ

3.　電子化指導案の授業レビューへの活用

前章の手順(2)で述べた方法で授業動画に対するアノテーションを付与するためには，再生されている動画が指導案に記述されたどの項目に関するものかを知る必要がある．また，その対応状況をインタフェース上で視覚的に表現してレビュアに提示することが必要である．

本研究では，電子化指導案作成ツールを使用して作成された電子化指導案と収録された授業動画との関連付け機能の提案，授業の展開に応じた電子化指導案の部分表示機能を提案する．

3.1 電子化指導案上の進行表示と授業動画の同期

授業の展開と電子化指導案の関連付けの方法として最も簡易なものは，サポート教員や指導主事により，授業の流れに沿ってタブレットなどを用いて画面をタップすることで関連付けを行う方法である．しかし，研究授業への参観者が減っている状況で関連付け作業を行う別の教員を確保することは難しい．

一般的な指導案では，授業進行に関する所要時間などを記載する場合も多い．本研究では電子化指導案作成ツール（図２参照）により，時間配分を含めた授業進行の記述が可能である．そこで撮影された授業動画全体の時間に対して，この授業進行の予定時間を利用し，ある程度の精度で電子化指導案に記載された進行状況と撮影動画のタイミングの同期を図ることができる．しかし，実際に予定通り正確に授業が進行することは稀であり，その点を考慮した補正が必要となる．そこで本研究では，指導案の記述から抽出した特徴的なキーワードに着目し，授業者の発話内容を音声認識によりテキスト化したデータとの比較により補正を行うことを検討中である．

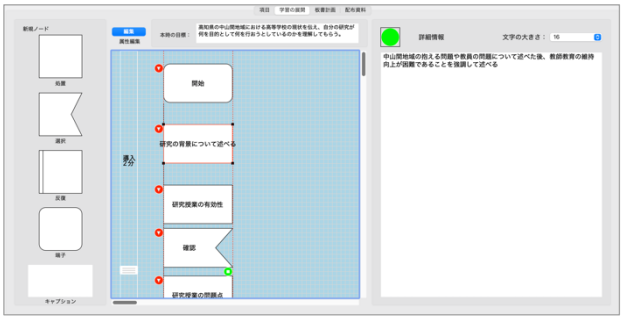


図 2 電子化指導案作成ツールのインタフェース

3.2 研究授業レビュー支援ツールの試作

先行研究[3]では，授業者の単元に対する考えや生徒の実態，授業の背景，授業の展開などの情報と授業動画を提示する研究授業レビュー支援ツールを試作した．しかし，本ツールにおいては電子化指導案と授業動画との対応付けは行われていない．したがって，今回は授業の流れをノードで表示するだけでなく，特定のノードへの選択操作に合わせて授業動画を同期再生する機能を実装した．また，同時に再生する動画のシークバーの操作に合わせ，対応するノードを選択する機能も実装した．図 3 に開発中のレビュー支援ツールのインターフェース例を示す．

本ツールでは，レビュアに対し，授業の展開に応じて注目させたい部分を強調したり限定したりする部分表示機能を実装する予定である．部分表示では，電子化指導案作成時に記述された単元に対する考えや生徒の実態，授業の背景などの情報や授業の進行を PAD 図により一定サイズで表示せず，必要に応じて拡大・縮小を行なって表示する．また，音声認識を用いてキーワード検出を行い，電子化指導案に記述された授業の進行に合わせての部分表示制御を行うことも検討している．

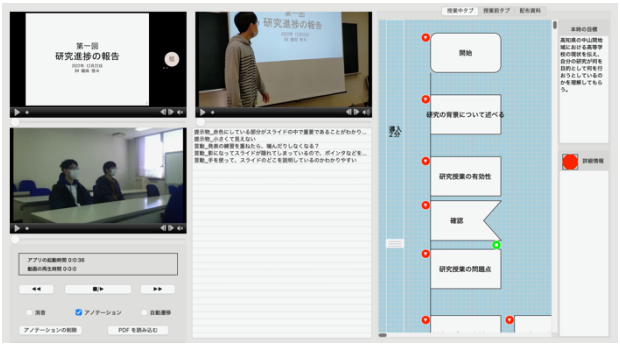


図 3 研究授業レビュー支援ツールのインタフェース

4.　おわりに

本稿では，電子化指導案上の進行表示と授業動画の同期的再生方法と授業の展開に応じた電子化指導案の部分表示機能の提案，および，それらを踏まえたレビュー支援ツールの試作状況について報告した．

今後は音声認識を用いた授業進行検出の精度向上と，部分表示の制御の実現に取り組む予定である．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP24K15226 の援助による．

参考文献

(1) 梶谷拓実, 岡本竜: “研究授業を対象とした遠隔非同期レビュー支援システムの提案―電子化学習指導案 作成支援ツールの試作―”, JSISE 学生研究発表会, pp.219-220 （2019）
(2) 川人俊介，小森公兵，岡本竜: “研究授業レビュー支援システムにおける 電子化指導案の作成・表示ツールの開発”, JSISE 学生研究発表会, pp.219-220 （2021）
(3) 植田悠斗，岡本竜: “研究授業レビュー支援システムのための電子化指導案の提示手法”, JSISE 学生研究発表会（2022）

平均歩行速度が異なる高齢者 2 群における 歩行時の時系列データの特徴に関する基礎的検討

A basic study on the characteristics of time-series gait data of elderly adults with different mean walking velocities

和田 愛未[*1], 立花 柾樹[*2], 脇谷 大志[*2], 永井 孝[*3*1], 舘 伸幸[*1], 香山 瑞恵[*1]
Manami WADA[*1], Masaki TACHIBANA[*2], Taishi WAKITANI[*2], Takashi NAGAI[*3*1], Nobuyuki TACHI[*1], Mizue KAYAMA[*1]
[*1] 信州大学工学部
[*1]Shinshu University, Faculty of Engineering
[*2] 信州大学大学院総合理工学研究科
[*2]Graduate School of Science & Technology, Shinshu University
[*3] ものつくり大学技能工芸学部
[*3]Institute of Technologists, Faculty of Technologists
Email: 21t2170b@shinshu-u.ac.jp

あらまし: 本研究は，歩行速度や筋力が低下したフレイル疑いのある人々の歩行特徴を明らかにすることを目的としている. 加速度と速度のデータを用い, かかと接地検出アルゴリズムで「歩行周期」に分割し，基本統計量を比較した結果，歩行速度に違いがある 2 群の高齢者間において，歩行特徴の差異が鉛直方向のパラメータで顕著に表れる可能性を示した.
キーワード：歩行周期，特徴検出，フレイル

1. はじめに

高齢化が急速に進む近年の日本では，医療技術の向上により平均寿命，健康寿命ともに上昇傾向にある．しかし，平均寿命と健康寿命の間には男女ともに約 10 年の差が存在する[1]. 厚生労働省が推進している健康寿命延伸プラン[2]を達成するための取り組みに「介護予防・フレイル対策，認知症予防」があり，本研究ではフレイル対策に着目した．フレイルの評価基準の 1 つに歩行速度の低下[3]が挙げられるが，歩行速度は個人の運動習慣の影響により個人差が現れる[4]. 健常者と高齢者とでは，歩行速度の違いにより，歩行周期の各相（後述）の割合に変化が見られることが確認されている[5]. しかし，歩行周期の各相の割合が変化した場合にみられる歩行特徴の差異は明らかになっていない.

2. 研究目的

本研究の目的は，フレイル状態の予兆を歩行特徴からより早期に推定･発見する手法の具体化である. そのための基礎的検討として，健康な人とフレイル疑いの可能性がある人における「歩行周期」データの基本統計量を比較し, 各人の歩行特徴を検証する.

歩行周期とは，片方の足のかかと接地（以後 HS:Heel Strike）から再び同じ足の HS までの間であり，割合ごとで 8 つの相に分けられる．歩行周期の解析には正しい HS を検出する必要がある. 我々は，被験者の歩行における進行方向と鉛直方向の加速度データから HS を検出するアルゴリズム[6-7]を開発してきた．その結果，健康な成人の歩行に対する HS 検出の精度として MAE:6.20±4.91ms となるアルゴリズムを得た．このアルゴリズムを用いて，歩行周期を解析する.

3. 解析対象データ

3.1 歩行データ

本研究で解析対象とするデータは，歩行区間中央 4m に含まれる歩行周期のデータである. 歩行周期のデータは，右足の HS が歩行区間中央 4m に含まれるデータを対象としている. 本研究での歩行周期は，図 1 に示すランチョ・ロス・アミーゴ方式を用いて 8 相に分けた[8]．この方式では，歩行 1 周期を 100%としたとき，各相の歩行周期中の割合が定められている．ここでは，歩行周期の開始となる初期接地(Initial Contact)相を除く 7 相のデータと，1 周期分のデータを解析した.

3.2 被験者と解析パラメータ

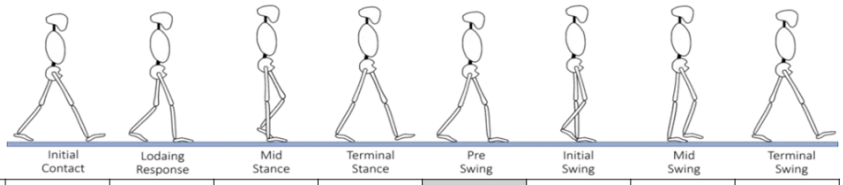
本稿では次の 2 群を高齢者被験者とする.

H 群：健康教室に通う 65 歳以上の高齢者 11 名のグループ（平均速度：1.45±0.19m/s）

F 群：要介護レベル 3 以上かつ中央 4m の進行方向速度の平均値がフレイルの評価基準の 1.0m/s 未満の高齢者 10 名のグループ（平均速度：0.66±0.18m/s）

各群の歩行周期データ数は，H 群 11 データ，F 群 10 データである.

被験者の背面腰部に高時間分解能慣性センサを装着して計測したデータを使用した. 今回の解析では，計測した 3 軸の加速度と水平方向速度，鉛直方向速度の計 5 つの時系列データを解析対象とした．基本統計量としては，分布に偏りがあるため中央値と四分位範囲を使用する．歩行周期については，8 項目



			Initial Contact	Lodaing Response	Mid Stance	Terminal Stance	Pre Swing	Initial Swing	Mid Swing	Terminal Swing
加速度	進行方向	中央値					■			
		IQR								
	水平方向	中央値								
		IQR								
	鉛直方向	中央値			■				■	
		IQR	■			■				■
速度	鉛直方向	中央値			■	■		■		
		IQR	■		■				■	
	水平方向	中央値								
		IQR								

図 1　歩行周期の各相（上図）と，解析結果（下表）　[■：有意水準 1%で有意差有]

の 5 つの時系列データに対して，2 つの基本統計量を求めるため，計 80 パラメータを解析対象とした．

3.3 解析手法

歩行 1 周期分と 7 つの相のデータにおいて，2 群間で 80 パラメータを検定した. 両群のサンプル数が少ないため，正規性について問わず，有意水準 1%でマンホイットニーの U 検定（有意水準 1%，ボンフェローニ補正適用）を用いた．

4.　結果と考察

4.1 検定結果

検定結果を図 1 下表に示す（Initial Contact 列は 1 周期の結果）. 進行方向加速度では中央値 1 パラメータでのみ有意差があった．水平方向加速度では有意差があるパラメータはなかった．鉛直方向加速度では中央値 2 パラメータ，四分位範囲 3 パラメータで有意差があった．鉛直方向速度では中央値と四分位範囲ともに 3 パラメータで有意差があった．水平方向速度では有意差があるパラメータはなかった．

4.2 考察

H 群と F 群の歩行周期においては 12 パラメータで有意差があった．これら 12 パラメータのうち，11 個は鉛直方向であった．歩行速度の低下と地面を蹴り出す力には関係がある[9]，という研究結果が示されている．このため，鉛直方向において歩行特徴がみられたのは，F 群が H 群に比べて地面を蹴り出す力が低下することで，蹴り出した後に重心が高い位置まで上がらないといった，歩行時の上下動作が小さくなるためであると考えられる．

歩行周期の解析において，水平方向では有意差がみられるパラメータは存在せず，進行方向では 1 パラメータのみであった．一方で，鉛直方向では 11 パラメータにおいて有意差がみられていることから，鉛直方向の時系列データを着目することで F 群の歩行特徴を見いだすことが可能であると考える．

5.　おわりに

本稿では，「歩行周期」のデータについて基本統計量を解析し，2 群の高齢者間の歩行特徴を検討した．H 群と F 群との間で有意差がみられるパラメータが 80 個中 12 個存在した．そのうち，11 個が鉛直方向におけるパラメータであった．歩行速度に違いのある群の差が，鉛直方向のパラメータに顕著に表れる可能性を見出した．

今後の展望としては，簡易的なセンサを使用して計測したデータにおいても，高時間能分解慣性センサの計測データと同等の結果が得られるか検証する．

参考文献

(1) 平均寿命と健康寿命 e-ヘルスネット 厚生労働省, https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/hale/h-01-002.html, (2025/1/24)
(2) 健康寿命延伸プラン e-ヘルスネット 厚生労働省, https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/hale/h-01-004.html, (2025/1/24)
(3) フレイルの原因は？ 国立長寿医療研究センター, https://www.ncgg.go.jp/hospital/navi/07.html, (2025/1/24)
(4) 宮原洋八 他，"地域住民（17 歳～92 歳）を対象とした運動能力"，理学療法科学，19(4): 285-290，2004
(5) 千鳥司浩，山本裕二，"高齢者の歩行周期時間変動に影響を及ぼす要因の検討"，理学療法科学，31(2): 213-219，2016
(6) 立花柾樹 他, "進行方向加速度を用いたかかと接地検出アルゴリズムの健康な成人男女のデータセットへの適用と精度検証", 第 49 回 JSiSE 全国大会, 291-292, 2024
(7) 脇谷大志 他, "フォースプレートデータを基準とした歩行動作におけるかかと接地検出アルゴリズムの基礎的検討 －加速度センサで計測した鉛直方向加速度データを用いた推定－", JSiSE2024 年度第 1 回研究会, 54-61, 2024
(8) 歩行分析～観察すべきポイントと臨床でよくみる異常現象のまとめ～，https://pt-matsu.com/gait-analysis/, (2025/1/24)
(9) Hajime Ohtsu, Naoto Haraguchi, Kazunori Hase , “Investigation of the relationship between steps required to stop and propulsive force using simple walking models”, Journal of Biomechanics, 136:111071, 2022

SP-12

医学系対訳コーパスを使用した Web アプリケーションの機能拡張

An Extension to Web Application to Help Learn English Using Medical Bilingual Corpus

清水 敬亮*1，安田 陸*2，宮崎 佳典*3，浅野 元子*4，藤枝 美穂*4
Takaaki Shimizu*1, Riku Yasuda*2, Yoshinori Miyazaki*3, Motoko Asano*4, Miho Fujieda*4
*1 静岡大学情報学部情報科学科
*1Faculty of Informatics, Shizuoka University
*2 静岡大学大学院総合科学技術研究科
*2Faculty of Informatics, Shizuoka University
*3 静岡大学学術院情報学領域
*3College of Informatics, Shizuoka University
*4 大阪医科薬科大学医学部
*4Faculty of Medicine, Osaka Medical and Pharmaceutical University
Email: shimizu.takaaki.21@shizuoka.ac.jp

あらまし：医学教育分野においては，英語論文の読解や執筆のスキル向上のために，効率的な学習支援が求められている．これに対し，我々は医学系対訳コーパスを活用した英語学習支援 Web アプリケーション MEESUS（Medical English Education SUpport System）の開発を進めている．本発表では，ユーザが個別に文章を保存できる新機能の実装を行い，学習者が自身の学習進捗や重要な文例を管理できる仕組みを提案する．さらに，保存データを活用したパーソナライズ復習支援の可能性についても考察し，学習効率の向上を目指す．
キーワード：医学英語，対訳コーパス，Web アプリケーション，英文読解・作文支援

1. はじめに

医学教育の分野では，医療の最新情報を得るために英語論文を読解し，適切に活用する能力が求められている．また，医師・医学専門教員を対象とした調査でも，学生に対する論文読解の必要性が指摘されている[(1)]．これは ESP（English for Specific Purposes）の中でも，医学分野に特化した EMP（English for Medical Purposes）に該当する．

本研究では，医学系対訳コーパスを活用した英語学習支援 Web アプリケーション MEESUS（Medical English Education SUpport System,以下，本システム）に，ユーザが個別に文章を保存できる機能を新たに実装した．本システムは，医学英語学習者向けに，英文読解・英作文の支援を目的としており，新機能により学習者は重要な文例を記録・管理し，学習進捗を把握できるようになる．また，保存データを基に，個々の学習状況に応じた復習支援を提供する仕組みを提案する．

本発表では，開発した文章保存機能の詳細と，その活用による学習効率向上の可能性について考察し，今後の機能拡張やシステム改善の方向性を議論する．

2. 医学英語学習システム

2.1 医学英語論文コーパス

本システムで使用する医学英語論文のタイトルおよび概要部に対訳が付いたコーパスのデータ構造を具体例と共に図 1 に示す．なお，このタイトル・概要部の 1 つを英文書と定義する（ここには英文書 3,920 冊,英文数 49,884 が含まれており，各英文は日本語対訳を有する）．英文書はタイトル，背景などを含む計 6 セクションで構成されており，図 1 では ID=1695 の英文が英文書 2 の 14 分目，結論部で使用されていることが示されている．

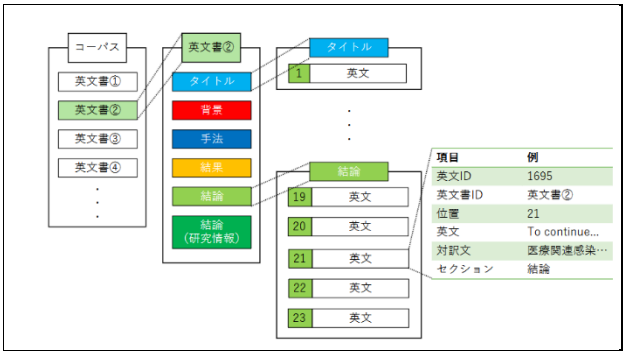


図 1：データ構造・データ例

2.2 本システムの概要

本システムの構成は図 2 に示す．ユーザは，単一検索および複合検索を通じて，学習内容に関連する文を効率的に検索できる．複合検索では最大 4 つの検索窓を使用可能で，検索窓に入力された複数の語を組み合わせたフレーズで文を検索することができる．また，検索窓ごとに日本語と英語を指定し，クロス検索を行うことができるため，二言語間での調査がスムーズに行える．

システムは Elasticsearch を基盤とし，ユーザの入力をもとに検索クエリを自動的に生成する．検索結

果は，英文単位で KWIC（KeyWord In Context）表示され，その後，全文表示や対訳文との照合が可能となる．

本システムでは，学習者の操作ログを収集し，Learning Analytics に基づいて学習進捗や傾向を把握することを目的としている．

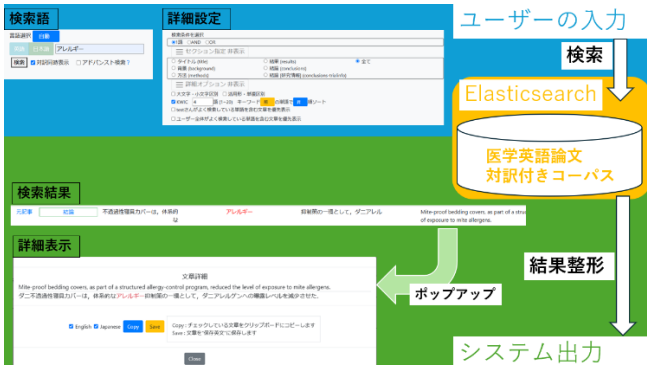


図 2：システムインターフェース

3.　追加機能

3.1　文章保存機能

機能の概要を図 3 に示す．文章保存機能は英単語学習における単語カードを想定している．この機能では，ユーザが検索結果として表示された英文を詳細ポップアップから保存でき，学習者が重要と感じたフレーズを個別に管理・整理することができる．また，保存された英文に対して，日本語の対訳文も併せて保存され，自分が保存した文章は別ページで一覧表示される．

図 3：文章保存機能概要

今回の実装に際して，ユーザが保存した英文を管理するためのテーブルを新たにデータベースへ作成した．作成したテーブルの概要を表 1 に示す．作成したテーブルは id，ユーザ名，英文 ID，保存日時，ハイライト単語の 5 つのカラムで構成されており，1 つのレコードに 1 つの英文が対応している．

全ユーザの保存英文を 1 つのテーブルで管理することで，この機能における学習者全体の利用傾向を分析することができる．

表 1：保存英文管理テーブル

id	ユーザ名	英文ID	保存日時	ハイライト単語
1	User01	200302012	2025-01-01 08:34:56	asthma
2	User01	201349823	2025-01-01 08:34:56	chronic rhinitis
3	User03	200101234	2025-01-01 09:34:56	
4	User02	200900781	2025-01-01 11:34:56	agnosia, cognitive function
5	User01	200100629	2025-01-01 12:34:56	
6	User02	200501243	2025-01-01 15:34:56	dementia
7	user03	200804532	2025-01-01 16:34:56	

3.2　単語ハイライト機能

ユーザが英文を保存する際には，文中に特に気になったフレーズがあり，そのフレーズの復習を目的とした保存が行われることが想定される．

本研究では，文章保存機能を用いた学習効率の向上を目的とし，保存文章一覧ページにて，ユーザがマウスで選択したフレーズをハイライト出来る機能を追加実装した．

ハイライトしたフレーズは図 3 のハイライト単語カラムに保存され，保存した英文と紐づけて管理される．前述の文章保存機能と本機能を併用させることで，学習者の更なる学習効率の向上が期待される．

4.　考察

現在まで開発した 2 つの機能を用いることで，ユーザが既にハイライトした単語について穴埋め問題を行う機能を実装することができ，更なる学習効率の向上が可能であると考察する．

加えて，現行の本研究は主に復習を中心とした学習についての効率向上を目指しているが，3.1 で述べたように，この機能における学習者全体の利用傾向及び本章で提案したテスト機能における結果データなどを用いることで，学習者に新しい学習機会を提供することも可能である．

5.　まとめ・今後の展望

本研究では，医学系対訳コーパスを活用した Web アプリケーションに，ユーザが個別に文章を保存できる新機能を実装した．本機能により，学習者は自身の学習進捗を管理し，重要な文例を効率的に整理・活用できるようになった．さらに，保存データを基にパーソナライズされた復習支援や新たな学習機会を提供する仕組みを提案した．今後は，ユーザの学習行動の分析を通じて，より高度な学習支援機能を開発し，学習効率のさらなる向上を目指す．

参考文献

(1) Naruenatwatana, N. & Vijchulata, B. A study of the needs of medical students in the use of academic English perceived by three groups: Medical students, teachers of English and subject teachers, Studies in Language and Language Teaching, 10, pp. 1–23 (2001).

SP-13

モデリング学習支援環境における小学生のモデリング過程についてのプロセスマイニングによる基礎的検討

A baseline study of modelling process analysis of primary school students in a modelling learning support environment using the process mining method

朴 時穏[*1], 香山 瑞恵[*1], 各務 正太郎[*2], 永井 孝[*1,3], 舘 伸幸[*1]
Shion PAKU[*1], Mizue KAYAMA[*1], Seitarou KAKUMU[*2], Takashi NAGAI[*1,3], Nobuyuki TACHI[*1]
[*1] 信州大学工学部
[*1]Faculty of Engineering, Shinshu University
[*2] 信州大学大学院総合理工学研究科
[*2]Graduate School of Science & Technology, Shinshu University
[*3] ものつくり大学技能工芸学部
[*3]Faculty of Technologists, Institute of Technologists
Email: 21t2116h@shinshu-u.ac.jp

あらまし：近年，小学校教育でプログラミング的思考の育成が重要視されている．本研究では，小学生を対象にモデリング学習支援環境を用いたモデリング過程をプロセスマイニングの手法で分析した．プログラミング的思考の習得過程の可視化と，習得の助けとなる知見を得る事を目的とした．分析の結果，前課題を応用して課題に取り組む学習者が少ない事が確認された．本稿では，分析の概要と結果から得られた学習者の解法について述べる．
キーワード：モデリング学習，プログラミング的思考，プロセスマイニング

1. はじめに

近年，小学校教育において，「プログラミング的思考」の育成が重要視されている[1]．プログラミング的思考には抽象化の能力が含まれており，それを育成する方法の 1 つとして，システム開発でのモデリング手法が適用されている．モデリング学習の評価は，モデル図やモデルに基づくシステムの振舞等が対象となることが多く，モデリング過程の評価はあまりなされていない．

我々は 2012 年より初中高等教育を対象にモデリング教育を実施している．この教育では 2022 年から，モデリング学習支援環境：Simple Rule Practice System（以下 SRPS）[2]を用いている．SRPS は操作ログ記録機能を有する．この機能により，学習者のモデリング過程を解析（プロセスマイニング，以下 PM）・評価が可能になった．2023 年には大学生へのモデリング教育を対象に PM を試みた．学習者の操作に基づく PM と，モデル図の構造変化に基づく PM の手法を具体化し，学習支援に資する知見を抽出する可能性を見出した．本稿では，操作の PM と構造の PM を組み合わせた新たな PM 手法を提案し，小学生によるモデリング過程を評価した成果を示す．

2. 研究目的

本研究の目的は，モデリング学習の PM を通して，学習支援に資する知見を具体化することである．そのために，先行研究で提案された PM 手法を組み合わせ，モデル図の構造変化と，個々の学習者の操作特徴とを統一的に可視化する手法を提案する．

3. 解析対象

本研究で PM の対象としたのは，小学 5-6 年生を対象としたワンディワークショップである．全参加者がその日に初めて状態遷移図によるモデリングを行う．PM の対象課題を表 1 に示す．3 種の課題においては，個別の語彙（動作とイベント）が提供される．学習者は，それらの語彙とモデル図要素（状態と遷移）を組合せることで，課題のモデル図を作成する．課題が進む毎に新たな語彙が 1 つ追加される．モデル図の完成は，モデルから生成されたプログラムを対象デバイス上で動作させた振舞を観察することで確認した．各課題のモデル図を作成するための最少操作回数は 8, 10, 12 である．解析対象者数は 19 名である．全員が 3 課題のモデル図を完成させた．

各課題におけるモデリング時間を図 1 に，完成までに要した操作回数を図 2 に示す．課題 1 では，15

表 1　各課題の語彙（●は新規追加語彙）

	動作			イベント	
	停止	前進	右旋回	バンパーが離された	黒色を検知
課題1	●	●	–	●	–
課題2	●	●	–	●	●
課題3	●	●	●	●	●

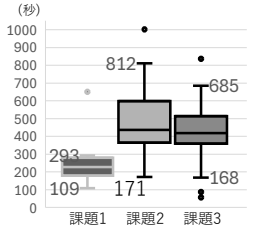


図 1 モデリング時間

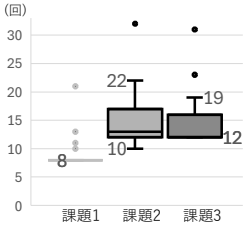


図 2 操作回数

名が最少操作回数でモデル図を作成した．モデリング時間の中央値は 227 秒であった．課題 2 では最少操作回数は 4 名，モデリング時間の中央値は 436 秒であった．課題 3 では最少操作回数は 9 名，モデリング時間の中央値は 418 秒であった．課題 2 において，モデリング時間と操作回数の中央値は，共に 3 課題での最長・最多となった．

4.　操作と構造を組み合わせた PM

状態遷移図作成時の，特定の複数操作を一つにまとめる「記号化」を図った．ここでの記号化においては，対象となる操作の順序は問われない．そのため，記号化された操作後には同じ構造のモデル図が記述されていることとなる．記号化された操作群とその名称を以下に示す. 名称における「全て」とは，各課題の模範モデル図に含まれる数を指す.

All state　　(全ての状態追加)
All transition　　(全ての遷移追加)
All action　　(全ての動作選択)
All event　　(全てのイベント選択)
All state All action　(全ての状態追加と動作選択)
All transition All event　(全ての遷移追加とイベント選択)

この提案手法を用いて課題 1 を PM した結果を図 3 に示す．ここでは最少操作回数でモデル図を作成した 15 名のモデリング過程を可視化している. 記号化された操作群は，図中赤と青の矩形で示されている．また，課題 1 の模範モデル図を図 3 左上点線枠内に示す．課題 1 は 3 つの状態と動作，2 つの遷移と 1 つのイベントから構成される．

最少操作回数でモデル図を作成した 15 名の回答過程は 9 パタンに整理された．その内，一操作目が記号化された操作群となったのは 5 パタンであり，10 名の学習者が相当した．その 10 名の内,『All state All action 後，All transition All event』（図中右端）は 2 名であった．『All state 後，All transition』の過程を含んだのは 1 名，『All state 後，All action あるいは All transition 以外の操作をした』のは 7 名であった．

5.　考察

本研究で記号化した操作群は，課題の模範モデル図に必要となる状態数や動作などの過不足ない記述を表現している．そのため，回答過程における記号化の有無は学習者が「課題の解法を見通していること」を判断する目安になると仮定する．

図 3 において一操作目が記号化されなかった 5 名と，冗長な操作回数で回答した（図 3 には示されていない）4 名は，モデリング開始時には課題の解法を見通してはいなかったことが推測できる．他の課題においても同様に整理した結果，課題 1 で 47%，課題 2 で 89%，課題 3 で 79%の学習者が，モデリング開始時には課題の解法を見通していない可能性があることが分かった．この結果から，3 章で述べた結果と同様に，課題 2 は最も解法の見通しが困難であったことが推察される．

6.　おわりに

本稿では，モデリング学習の PM を通して学習支援に資する知見を具体化することを目的に，モデル図の構造変化と，個々の学習者の操作特徴とを統一的に可視化する PM 手法を提案した. 19 名の小学 5-6 年生によるモデル図の解析を通して，支援を必要とする学習者の存在をより早期に発見できる可能性を見出した．今後は提案手法を SRPS に組込み，学習支援の効果を検証していく．

参考文献

[1] 文部科学省, "小学校プログラミング教育に関する概要資料", https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1416328.htm （参照　2025-01-14).
[2] 丸山凌凱他, "中学校技術科での利用を想定したモデリング学習支援環境とその授業実践", 情処論デジタルプラクティス，vol.4，no.2 pp.85-97，2023.

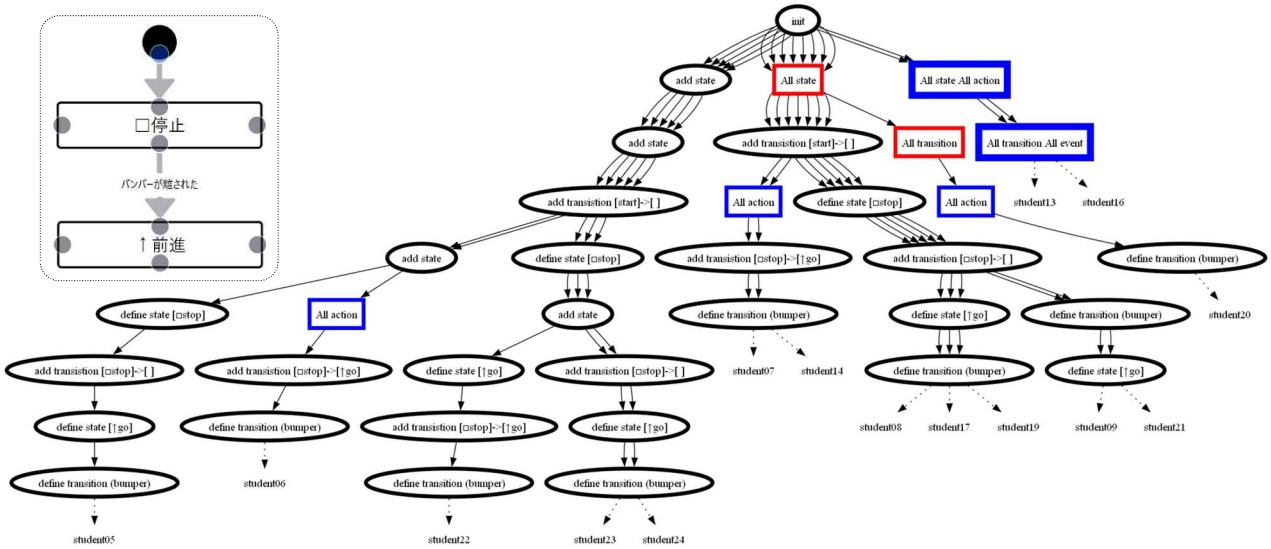


図 3　課題 1 に対する提案手法による PM 結果と模範モデル図(左上)

仮想ロボットプログラミングにおけるタスク実行戦略の類似性を考慮した他者コード共有機能の予備的評価

Preliminary Evaluation of a Code Sharing Function Based on Similarities in Task Execution Strategies in Virtual Robot Programming

前田 新太郎[*1]，古池 謙人[*2, 3]，東本 崇仁[*3]
Shintaro MAEDA[*1], Kento KOIKE[*2, 3], Takahito TOMOTO[*3]
[*1] 千葉工業大学大学院情報科学研究科
[*1]Graduate School of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology
[*2] 東京理科大学
[*2]Tokyo University of Science
[*3] 千葉工業大学
[*3]Chiba Institute of Technology
Email: front4.shintaro@gmail.com

あらまし：近年のプログラミング教育では，Algorithmic Thinking の育成が重視されており，本研究ではゲーム型課題を実装した仮想ロボットプログラミングにおいて，他者コードを提示することで継続的な試行錯誤の促進を試みていた．しかし，従来の他者コードの提示方法は，提案したゲーム型課題のスコアに近い他者コードを提示していたため，アルゴリズムの異なる他者コードが共有される可能性があった．そこで本研究では，コード実行時の振舞いに基づく類似度を用いた新たな提示手法を開発し，類似度が高いコードを共有することが学習に有益であるかを予備実験により検証した．
キーワード：Algorithmic Thinking，他者コードからの学び，タスク実行戦略

1. はじめに

近年のプログラミング教育では，問題解決過程の育成，特に Algorithmic Thinking（AT）が重視されている [(1)]．AT を促すにはビジュアルプログラミングによる試行錯誤を通じた学習が知られており，知識構築の有効性が期待されている．ここでの試行錯誤とは手当たり次第の試みではなく，より望ましい振舞いを実現するためにアルゴリズムを継続的に修正する取り組みを指す．本研究ではこれまで，スコアの最大化を目的としたゲーム型プログラミング課題を設計し，正解が一つに定まらないオープンエンドなタスクを通じて，継続的な試行錯誤の促進を試みる仮想ロボットプログラミングを提案してきた．さらに，初学者が一人で試行錯誤を続けるには限界があるため他者コードからの学びに注目し，課題内で自身のスコアより少し高い他者コードを閲覧可能とする他者コード提示機能を提案していた．しかし，スコアのみを基準とした他者コードの提示では，学習者のアルゴリズムと乖離したコードが表示され，参照が学習につながりにくいケースも確認された．そこで本研究では，コードの振舞いに基づく類似度を用い，学習者のコードと近い他者コードを提示する新たな支援機能を開発し，その有効性を検証した．

2. 提案システムと戦略の類似性の考慮

本研究では，これまでにオープンエンドなゲーム型プログラミング課題として，仮想ロボットを用いた農作物収穫ゲームを開発してきた（図 1A）．学習者は仮想ロボットを操作して「畑に移動し，種を植え，作物を収穫する」といったタスクに取り組み，「コストを抑えつつ多くの作物を収穫する」アルゴリズムの思考が求められる．作成したコードはスコア化され，ランキング機能を通じて自身と他者のランクを確認でき，スコアに基づき「自分より少し上位」の他者コードが提示される仕組みになっており，段階的な試行錯誤を支援してきた．

授業実践では，この機能によってスコアの有意な向上が確認された一方，行動ログ分析により他者コードの参照頻度や参照の質が学習成果に影響を与えることが示された [(2)]．特に限られた実行回数の中で高頻度に他者コードを参照し，小さな修正を積み重ねた学習者は高い成果を示した傾向が示唆されたが，自身と他者コードとの間に乖離がある場合，学習効果につながらない傾向もあった．このような結果から，単にスコアの近さに基づいた提示では学習者の思考過程との間にギャップが生じやすく，学習支援としては不十分であることが示唆される．本課題ではタスク実行の一連の手順，すなわち前進→種植→収穫といった行動を戦略と呼ぶことができ，同じスコアでも異なる戦略を持つコードが存在する．

そこで本研究では，実行時の振舞いに基づいた戦略の類似度を新たな指標として導入し，より「近い」の他者コードを提示する機能を開発した．具体的には，学習者のコードから得られる戦略を抽出し他者コードとの一致度を F 値で評価することで，戦略の近さを定量化する（図 1B）．この結果をランキング上に類似度を表示し，学習者が自身のアルゴリズムに近いコードを選んで参照できる環境を実現した．

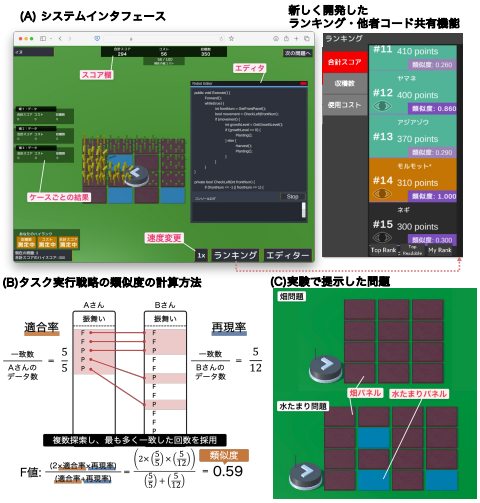


図 1 提案したシステムインタフェースの例

3. 予備評価実験

3.1 概要

本研究では，提案手法の有効性を検証するため，プログラミング履修済みの大学生 10 名を対象に実験室環境で予備評価実験を実施した．参加者は，基本的な「畑問題」と水を回避行動が要求される「水問題」に取り組み（図 1: C），各問題に対し制限時間内でスコア最大化を目指した．実験は，チュートリアル，事前・事後システム利用，システム利用学習，を行った．本実験では，振舞いの類似度が高い他者コードを提示する類似戦略コード群（A 群）と振舞いの類似度が低い他者コードを提示する非類似戦略コード群（B 群）に分けた．A 群では，自身のランクより 5 位上の中から最も類似度の高いコード，B 群では，最も低いコードを提示した．参加者には，A 群では振舞いの類似度を説明し，B 群では「独自のアルゴリズムで選ばれた他者コード」と説明し，先入観を与えないよう配慮した．

3.2 学習効果の調査と他者コードの閲覧率の調査

本研究では，予備分析として，他者コードを閲覧した学習者が自身のコード記述にどのような影響を受けたかを調査した．具体的には，他者コードからの要素を自身のコードに「取り入れた」学習者の割合を取り入れ率と定義し，その比較を行った（表 1）．取り入れ率の評価には，コードの実行→他者コードの閲覧→コードの再実行という一連の行動ログを抽出し，その中で「取り入れ」が行われたかどうかを評価した．ここでの「取り入れ」とは，(1) 閲覧前の自身のコードと提示された他者コードとの構造的類似度が高く（0.0 以上 0.9 以下），(2) 閲覧後の自身のコードが，閲覧した他者コードと構造的に類似している（0.3 以上 0.9 以下）と定義した．ここでの構造的類似度は，各行のコードをトークン化した上でレーベンシュタイン距離に基づき計算されており，コードの「振舞い」ではなく，「構文構造」に着目して評価している．

表 1 取り入れ率の比較（回数）

問題	群	取り入れあり	取り入れなし	取り入れ率
畑	A	9	10	47%
	B	0	3	0%
水	A	8	15	35%
	B	4	7	36%

表 2 に結果を示す．畑問題では，A 群の取り入れ率が 47%であったのに対し，B 群は 0%と差が見られた．これは，戦略的に近いコードが提示されることで，学習者が内容を理解しやすく，自身のコードへの反映が促進された可能性を示している．一方，水問題では，A 群 35%，B 群 36%と，両群でほぼ同程度の取り入れ率であった．この結果は提示されたコードの類似性が低い場合でも，学習者にとって自身のコードの修正に有益であった可能性がある．特に，現状の戦略に行き詰まりを感じた際は，戦略的に異なるコードが別解として示唆を与えた可能性がある．一方で，類似性の高いコードが提示されたことで，より理解しやすい形で自身のコードを修正するような試行錯誤につながったケースも考えられる．畑問題は図 1(C)のように水問題と比べるとシンプルであるため，既存の戦略の延長線上で試行錯誤できる余地が大きいと考えられる．したがって，自身のアルゴリズムに近い他者コードを閲覧することで，どこをどのように修正すれば良いかが明確になった可能性がある．

しかし，本予備評価実験は参加者数が少数（$N = 10$）であり，得られた傾向に対する統計的な一般化には限りがある．今後は，開発したシステムの実践的な評価や学習者が記述したコード自体の変化を調査する必要もあると考える．

4. おわりに

本研究では，振舞いの類似性に基づく他者コードの共有が学習に与える影響を検証した．畑問題では類似戦略コード群において取り入れ率が高く，提示されたコードの類似性が学習者の試行錯誤を促した可能性が示唆された．一方，水問題では取り入れ率に大きな差は見られず，課題の特性や学習者の状況によって効果が異なる可能性がある．今後は，より大規模な実験により，取り入れ率と学習効果の関係を明らかにすることがあげられる．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP25K21362 の助成による．

参考文献

(1) Lockwood, E., & Asay, A.: “Algorithmic thinking: An initial characterization of computational thinking in mathematics”, Proceedings of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, （2016）

(2) Maeda, S., Koike, K., & Tomoto, T.:“Learning from others’ codes in game-based robot programming: Behavioral patterns and outcomes”, Manuscript under review （2025）

バグモデル RAG を用いた Teachable Agent の提案

Proposal for Teachable Agent with Bug Model RAG

中谷 圭吾[*1], Jean Paul Pierret Robles[*2], 東本 崇仁[*3]
Keigo NAKATANI[*1], Jean Paul PIERRET ROBLES[*2], Takahito TOMOTO[*3]
[*1] 千葉工業大学情報科学部
[*1] Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology
[*2] 千葉工業大学大学院情報科学研究科
[*2] Graduate School of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology
[*3] 千葉工業大学情報変革科学部
[*3] Faculty of Innovative Information Science, Chiba Institute of Technology
Email: s2232108UH@s.chibakoudai.jp

あらまし：昨今 LLM が普及しており様々な分野で用いられており，教育分野でも TA として用いられた例も存在する．一定の成果をあげる一方，LLM の発言の一貫性の有無や高精度すぎる返答文による学習機会の損失など学習効果を下げる要因も散見された．本研究では LLM の改善手法の一つである RAG の技術と知識構造を構築できるオントロジーを融合させ，学習者に対し「自然言語文の対話形式による知識構造の修正活動」を提供できる TA を提案する．
キーワード：Teachable Agent，オントロジー，RAG，Learning-by-teaching，対話，適応的支援

1. はじめに

昨今大規模言語モデル(LLM)が普及しており，教育分野でも用いられている．筆者らは LLM を教育分野に活用した例の中でも ChatGPT ベースのシステムを Teachable Agent(TA）として活用した先行研究(1)に着目した. TA とは学習者がエージェントの誤答を訂正をする活動を通して学習を行うシステムである. 先行研究では学習者への有用性を示した一方，学習者の教授活動に見合わない高精度な返答を行い，教授活動の機会を減らす点が懸念されていた(1). また，先行研究では生成 AI のハルシネーションに対する対策が行われていなかった.

先行研究より，①学習者からの教授活動に見合った返答を行うための知識制限, ②一貫性を有しつつ，誤りを含む知識体系の構築，が必要と考えた．筆者らは知識体系の構築手法としてオントロジーに着目した．また，LLM の解答生成の際にオントロジーを利用するため，外部情報を参照して解答生成する技術として Retrieval Augmented Generation (RAG)に着目した．本研究では，知識体系の構築をオントロジーで行い, RAG のフレームワークの外部情報リソースとして用いることで限られた範囲の知識のみを有する誤りを含む文を出力し，学習者の教授活動に見合う応答を行う TA の実現を試みる.

2. 関連研究

Angxuan らは ChatGPT をプロンプト制御し TA として振る舞わせ, 学習効果を測定した(1). 実験結果より LLM を TA として振る舞わせることの有用性を示した．一方 TA が提示する教授活動に見合わない高精度な返答文により学習者が誤りを訂正する機会が減少している可能性を指摘した．筆者らはこのような生成 AI は誤りの一貫性の有無の点で問題が考えられる．もし誤りに一貫性がない場合，会話が進行するほど誤りの内容が変化する恐れがあるためである．先行研究より，筆者らは TA に用いる LLM に対し，(1)知識を制限すること，(2)解答に含まれる誤りに一貫性を持たせること，の必要性を認識した．本研究では「一貫した誤り」を，誤った知識によって発生する一連の誤った解釈・解答，と定義する.

LLM の解答生成の改善手法としてユーザからの質問と，それを元にした外部情報への検索結果を LLM に渡すことで, 専門分野や企業の内部情報などの限定的な範囲での解答の精度向上を図る RAG が注目されている．Sharma らはこの外部情報としてオントロジーを用いることでさらなる正確性，応答速度の向上を図っている(2)．オントロジーは概念同士の関係性を示し，概念の意味・使い方を示す情報構造体である．これは辞書の様に用いられるだけでなく，構築の際に暗黙的な情報，例として前提知識・背景などを明示的に記述できる．本研究では明示化された前提知識を意図的に操作し，一貫した誤りを引き起こす知識構造をオントロジーで再現する.

誤答の理由を定義・内包している TA の先行研究として古池らの研究が存在する(3)．しかしこの研究では解答形式が選択式，部品の組み合わせ形式で行われており, TA の応答もテンプレート形式のものとなっている．筆者らは，学習者が行う教授活動に合う適応的なフィードバックが学習者に対して有用であると考え，自然言語形式の TA の実装を目指す.

3. 提案手法

本研究では学習者に対し自然言語による教授ができるシステムの提供を目指す．本手法の骨子は以下

の点である．(1)一貫した誤りを引き起こす知識体系の構築をオントロジーで行い，RAG の外部情報として取り込ませる．これによって出力文が一貫した誤りを含んだ制限された知識状態をもとに出力される．(2)学習者からの教授活動に合わせてオントロジーを選択・修正し，適切な知識状態を元に返答を行う．本項目では(1)を重点的に記述する．

本研究では会話を行う上での知識状態をオントロジーで構築する．正しい知識状態を表現したオントロジーを適正オントロジー，前提知識が誤っている知識状態のオントロジーを不適正オントロジーと定義する．不適正オントロジーの誤り箇所は学習者からの教授活動に合わせて，随時修正される．

適正・不適正オントロジーの例を図 1 の命題に関するオントロジーをもとに説明する．適正オントロジーでは含意(ならば，→)の論理演算は通常，逆，裏，対偶という派生系があり通常と対偶，逆と裏の真理値は同値である，と定義している．一方，不適正オントロジー①では含意の通常・逆・裏・対偶の真理値が同値である，と定義している．また不適正オントロジー②では，論理演算には項ロールを付与された命題ではなく，主張ロール，を格納している．これは命題で主張する事柄を表しており，「A である」の A が該当する．この構造の場合，論理演算の項として他の命題が格納できない構造となっている．

これらの不適正オントロジーを元に応答する場合を考察する．不適正オントロジー①を適用した場合，ある含意が真であるならば逆・裏も真であると考え応答する．また不適正オントロジー②を適用した場合，「(A∨B) ⇒C」のような三項以上の命題は解答できない．学習者はこのような前提知識が誤っている状態の知識構造を有する TA に対して教授活動を行い，知識体系を修正する学習活動を実現する．

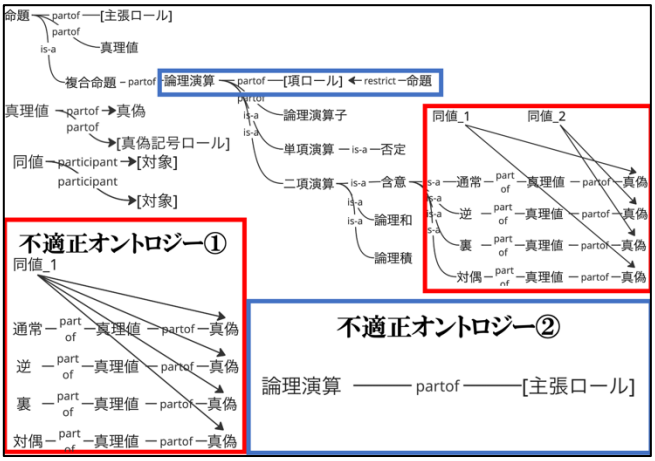


図 1 適正・不適正オントロジー

4. 提案システム

本提案システムの構成図を図 2 に示す．本システムでは RAG の技術をもとに外部情報として適正オントロジーと不適正オントロジーを用いる．使用する不適正オントロジーは，学習者の知識状態に合わせた選択機能，学習者との教授活動に基づき段階的に適正オントロジーに近づける修正機能で変化する．LLM は返答文とオントロジーを元にしたプロンプトを元に応答文を作成する．

学習の流れを示す．(1)事前問題を提示し学習者の解答から不適正オントロジーを選択する．(2)システムは不適正オントロジーをもとに誤答を生成する．(3)学習者は誤答の問題点・修正点を返答する．(4)返答文に合わせてオントロジーを修正し(2)に戻る，これを適正オントロジーになるまで繰り返す．図 3 に図 2 の不適正オントロジー①の会話例を提示しており，命題の逆・裏が真であると考えた会話を行っている．この会話の場合，学習者は逆・裏が真ではないことを示すだけでなく，同値関係の組み合わせが誤っていることをシステムに教授する必要がある．

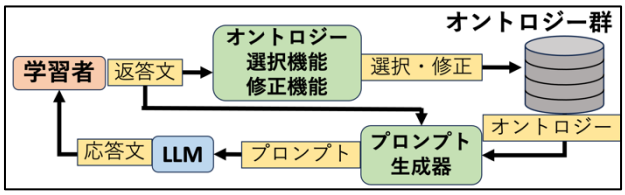


図 2 システム構成図

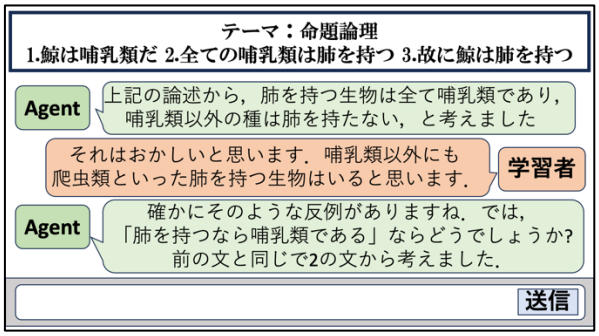


図 3 システムでの会話例

5. おわりに

本研究では，誤った知識体系を構築する手段としてオントロジーを用いた．またこのオントロジーを用いて一貫した誤りを出力し，教授活動に合わせて知識状態を修正する TA を提案した．今後の課題として，対話システムの開発及び対話システムの評価実験を検討している．

参考文献

(1) Angxuan Chen, Yuang Wei, Huixiao Le, Yan Zhang: “Learning-by-teaching with ChatGPT: The effect of teachable ChatGPT agent on programming education”, https://arxiv.org/abs/2412.15226(参照 2025.5.21)

(2) Kartik Sharma, Peeyush Kumar, Yunqing Li: “OG-RAG: Ontology-Grounded Retrieval-Augmented Generation For Large Language Models”, https://arxiv.org/abs/2412.15235(参照 2025.5.21)

(3) 古池謙人，樋村いづみ，東本崇仁，“TAME: 誤りの可視化を重視した Teachable Agent の挙動制御手法”，電子情報通信学会論文誌，vol.J106-D，No.2，pp.110-122(2023)

発達障害児支援のための個別最適なメダカ対話システムの提案

A Personalized Medaka Conversational System for Supporting Children with Developmental Disorders

齊藤 磨央[*1], 小越 咲子[*1],西浦 祐生[*1],田中 琴子[*2],小越 康宏[*2] 森田 海[*1]
Mao Saito [*1], Sakiko Ogoshi[*1],Yuki Nishiura[*1],Kotoko Tanaka[*2],Yasuhiro Ogoshi[*2], Kai Morita[*1]
[*1] 福井工業高等専門学校
[*1]National Institute of Technology, Fukui college
[*2] 福井大学
[*2] “University of Fukui”
Email: morita@fukui-nct.ac.jp

あらまし：本研究は発達障害のある児童の個別最適化支援を目的とし,水槽内のメダカとの自然な対話を通じてコミュニケーションを促す対話システムの設計と開発を行っている.本システムは,メダカとの対話を通して,児童が日常生活を振り返り,自分の気持ちや考えを自然に表現できるよう促すことを狙いとしている.現在はプロトタイプの開発段階にあり,本稿ではそのシステム構成,対話設計の概要,および今後の展望について報告する.
キーワード：発達障害，特別支援教育，対話システム，個別最適化

1. はじめに

発達障害は,脳の働き方の違いによって生じる特性のことであり,得意なことと苦手なことに大きな偏りが見られる.現在,発達障害と診断される児童は年々増加傾向にあり,教育現場や家庭での支援の重要性がますます高まっている.発達障害のある児童は,対人関係やコミュニケーション能力,注意の持続,自己表現といった面で課題を抱えることが多く,日常生活や集団活動の中で困難を感じやすい.自己表現に難を持つ児童の場合,自分の感情や要求を適切に伝えることが苦手なことがある.例えば,お腹が空いていてもそれを「お腹が空いた」と言葉で表現することができず,不機嫌になって黙り込んだり,関係のない行動をとったりすることがある.このような児童に対する支援には高度な専門知識や経験を持つ支援者が必要である一方で,人材不足や地域間の支援格差が大きな課題となっている.さらに,特別な支援には高い教育コストがかかる場合も多く,家庭にとって経済的な負担が大きい点も無視できない.

ジメネスら[(1)]は,ADHD の極めて集中力の低い 小学生を対象に,小学生が教示した内容を即時に学習して,次回の解答行動を変化させる Learning by Teaching 型ロボットを導入した.それは,小学生の学習時間と能動的教示行動が有意に増加することが確認された.これは,児童の理解度に応じた会話支援による,学びを実現している.一方で実際の生物を対話サポートとして感情的な関わりや自然な関わりによって，児童が「なぜそう言うのか？」と推論・想像し,「自己表現力」「行動する」といった力を育むことを目的としている.

このような背景から,水槽とスマートフォンで構成され,誰もが利用しやすく,児童自身が安心して学習できる支援の仕組みとしてメダカ対話システムの開発を行っている.

2. 本研究の目的と着眼点

本研究の目的は,発達障害のある児童が,安心できる環境の中で日常生活の振り返りや自己表現を促されるような支援を行うために,個別最適化された対話システムを設計・開発することである.

このシステムでは,福祉や教育に関する専門的な知識や支援ノウハウに基づいた,会話文の構造や応答パターンとして予めデータベースに蓄積し,それに基づいて対話システムが児童と会話を行う.さらに,児童の反応や発話の傾向を蓄積･活用することで,より個別に最適化された関わりへの発展を目指している.

対話の対象として生き物を扱うことで,児童に「命を預かる」という責任感や継続的な関わりを自然に築くことができる.生き物の中でも魚に注目した.水槽という限定された環境で飼うことができるため,カメラを用いた画像解析との相性も良く，システムとの連携がしやすいという利点がある.水槽の水換えや餌やりといった定期的な世話も,児童にとって日常の取り組みやすいタスクとして自律性や生活習慣の形成に寄与すると考えられる.また,メダカは小型で丈夫かつ繁殖力が高いため継続的な飼育が容易であるため,本研究の対象とした.

一方，対話システムを導入する意義として，飼育に関する質問や困りごとに対してリアルタイムで応答し，適用的なアドバイスを提供できるという点が挙げられる．児童との自然な対話を通じて，状況把握や理解を助けながら飼育支援を行うことができ，単なる教材では得られないインタラクティブな支援が実現可能となる.

3. 個別最適化メダカ対話システム

3.1 システム構成

本システムは,対話システムと児童が日常的に対話を行うことで，生活の振り返りや読み取り・自己

表現を促すことを狙いとしている．図1に，本システムのシステム構成と全体の処理の流れを示す. 児童は，水槽の前に設置されたスマートフォンを通じてメダカと会話を行う．スマートフォンにはマイクとカメラが搭載されており，児童の発話および水槽内の映像が取得される． 取得された画像は, 画像解析モジュールに送信され，YOLO などの物体検出アルゴリズムを用いてメダカの状態（例：動きの活発さ， 水の濁り具合など）を推定する. また， 児童の音声入力は対話処理モジュールに送られ，対話システムの発話内容が生成される．生成された発話は音声合成モジュールを通じて音声データに変換され，最終的にスピーカーを通して児童に再生される．

このように，スマートフォンを起点としたセンシングと応答を通じて，児童は実際にメダカと話しているかのような自然な対話体験を得ることができる構成となっている．

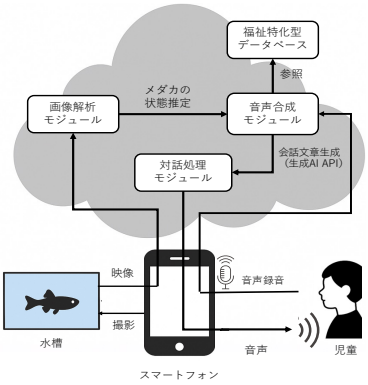


図 1　システム構成

3.2 利用シーンと使用の流れ

本システムは，児童が日常生活の中で自然にメダカと対話できる環境を目指して設計されている．図2, 図 3 に， システムの利用風景を示す. 利用シーンとしては，児童が朝起きてから登校するまでの時間帯や，学校からの下校後，就寝前など，生活の節目に水槽の前でメダカと 1 対 1 の会話を行う場面である．対話は児童から話しかける場合もあれば，メダカの側から声をかける場合もある. このような会話の中では，飼育に関する要求 (例:「エサが欲しい」など) だけでなく，「今日はどんな日だった？」「なにか楽しいことあった？」といった児童の振り返りや気持ちの表現を促す福祉的な声かけが中心となる. これにより，児童が安心して自己開示できる空間を日常的に確保し，自然な形で感情の整理や自己表現を行う機会を提供できる.

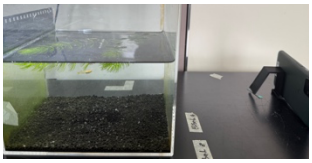


図 2 機器の設置

図 3 トラッキングの様子

3.3 会話の動作例

表 1 に，メダカとの対話の動作例を示す．ここでは, 自己表現が苦手な児童を想定して, 児童の発話に対してどのように応答し，その言葉がどのような福祉的狙いを持って設計されているかを明記している. 初期段階では「お掃除してほしいな〜」といったように直接的な表現を用いるが，児童が慣れてくるにつれて「ちょっと水がにごってきたかも〜」から「今日は元気が出ないかも...」といった曖昧な表現へと移行し， 児童自身が状況を察して行動できるよう，段階的な支援設計も目指している. これにより, メダカの感情の理由を推定することを通じて, 児童が自分のことを振り返り, 自己表現できるようになることを期待する.

表 1　　会話の動作例

メダカの発話例	児童の応答	メダカの返答	福祉的意図
水槽汚れてきたから掃除して欲しいな〜	わかった！	○○くんのお部屋はどうかな？きれい〜？	掃除の促しと生活環境の振り返り
水槽の中にゴミがいっぱい浮いてるよ〜	そうなの？	うん、ちょっと散らかってきたかも〜。綺麗にしたら気持ちいいよ！	環境への気づきと生活習慣の形成
なんだか今日は元気が出ないかも...	なんで？	うーん、水がちょっとにごってるからかも…すこし息苦しいかも〜	曖昧な発話を通じた状況提示と行動の促し
今幸せなんだ！	なんで？	○○くんがお掃除してくれたから！	感情と言語の関連付けと行動の承認

4.　おわりに

本論文では, 発達障害児がメダカの飼育を通じて, 自己表現を学ぶことを目的とした対話システムの設計・開発について述べた. 本研究は, 専門支援者が常にそばにいなくても一定の質の支援を継続的に提供できる対話的支援のシステムである.

現時点では対話処理・音声出力・画像解析の一部機能が実装されており, 今後は, 福祉的視点からの言葉がけ設計や状態推定処理の実現が課題である.

また, 本研究は児童に合った支援方法を教育者間で共有・連携する個別支援システム「ピコット」(2) と連動することで, より効果的な個別支援の実現を目指している. ピコットを通じて得られる知見や支援方針が本システムの発話内容や対応戦略に反映されることで, 児童一人ひとりに応じた柔軟な支援が可能となる.

謝辞

本研究は TeSH2024(Tech Startup HOKURIKU)の助成を受けた.

参考文献

(1) ジメネス フェリックス, 吉川 大弘, 古橋 武, 加納 政芳, 中村 剛士 :” Learning by Teaching を促すロボットと発達障害の可能性を持つ児童との共同学習による学習時間増加の可能性”，人工知能学会論文誌, Vol.32 , No.5 , pp.1-11(2017)

(2) 小越 康宏, 小越 咲子: ” 発達障害者支援のための ICT 個別教育支援システム”，電子情報通信学会, Vol.16 , No.3 , pp.197-209(2022)

多肢選択問題における Open Cloze 問題への適用と複数正答の可能性
Towards Open Cloze Reformulation of Multiple-Choice Vocabulary Questions: A Study on the Validity of Allowing Multiple Correct Answers

北川 みやび[*1], 竹中 要一[*1]
Miyabi Kitagawa[*1], Yoichi Takenaka[*1]
[*1] 関西大学総合情報学研究科
[*1] Graduate School of Informatics, Kansai University
Email: k189216@kansai-u.ac.jp

あらまし: 本研究では, 英検 2 級の選択肢付き語彙問題を Open Cloze 問題に転用可能かを検討した. BERT の Masked Language Model を用いて空欄語を予測した結果，正答語が Top-10 に含まれる割合は高く，類義語も多く出力された．これは，文脈に応じた複数正答を許容する語彙学習支援の可能性を示唆する．
キーワード：BERT，Open Cloze，語彙学習，多肢選択問題

1. 背景と目的

英語学習において語彙習得は重要であり，語彙サイズ拡大に向けた学習法が検討されている．近年の研究では，類義語を整理したり，単語が用いられる文脈の中で意味を理解して記憶するなどの「深い処理」を伴う語彙学習方略が，語彙サイズと正の相関を持つことが示されている(1)．これらは，意味理解を促し，語彙の定着・拡張に有効とされる．

中高生にとって深い処理は有効とされるが，実際の学習は反復暗記が中心である(1)．この現状を踏まえ，深い処理を自然に促す方策が求められている．

深い処理を学習者に促す手段の一つとして，出題形式に着目した研究も行われている．たとえば，I always ___ up early.のように，日本語訳を提示しない英文の空欄補充問題では，学習者が文脈から語の意味を推測しようとする認知的処理が促されやすいことが指摘されている(2)．この形式は，文脈から意味を理解させる構造を持ち，深い処理を促すと考えられる．

空欄補充問題は，語彙の知識を測定する手段として広く用いられており，選択肢から正解を選ぶ形式が一般的である．一方で，空欄に学習者自身が語を記述して補う自由記述の形式（Open Cloze 問題）も注目されている．この形式は，より多様な語彙運用力を測定できる可能性があると指摘されている(3)．しかし，Open Cloze 問題には，正解が一つに定まるよう精緻な設計が必要で，作問者にとって大きな負担となる．そのため，教育現場への導入は容易ではないという課題もある．

本研究では，Open Cloze 問題の作成にかかる負担を軽減する手法として，既存の選択肢付き空欄補充問題を Open Cloze 問題として適用できる可能性を検討する．具体的には，選択肢を除いた状態でも適切な語が文脈から推測可能かを検証することで，Open Cloze 問題をより実践的に導入するための手がかりを得ることを目的とする．

2. 研究手法

本研究では，選択肢付き問題を Open Cloze 問題に適用できる可能性を検討する．そのために，BERT の Masked Language Model (MLM)で，空欄に入る語を予測した(4)．

使用したモデルは, transformers の bert-base-uncased である．データは，実用英語技能検定（英検）2 級の空欄補充問題のうち, 単語の意味を問う 30 問を英検協会の公式ウェブサイトで公開されている過去問から選定した．

各問題に対して，空欄部分を[MASK]トークンに置き換えたうえで，次の 2 通りの処理を行った．1 つ目は, 正答を含む 4 つの選択肢それぞれについて，その語が[MASK]に入る確率を，BERT の出力スコアに基づいて取得した．4 語のうち最も高い確率の語を BERT の選択とし，正答率を算出した．この処理は BERT が空欄補充問題に対して妥当な語を選択できることを確認し，選択肢なしでの出力結果の信頼性を補強するために行った．

2 つ目は，選択肢を与えずに，問題文のみを BERT に入力し, モデルが予測した語の上位 10 件とそれぞれの確率を取得した．出力が正答や意味的に妥当な語と一致するかを確認し，Open Cloze 問題として使用可能かどうかを検討した．

3. 結果

3.1 選択肢付き形式の出力結果

各問題において，BERT が選択肢の中から最も高い確率を出力した語が正当と一致したかを評価した．その結果, 30 問中 28 問で正答を選択した．残りの 2 問は正答が複数のトークンに分割されたために確率の算出ができなかった. この 2 問を除く 28 問ではすべて正答を選択しており，実質的な正答率は 100%であった．

3.2 選択肢なし形式における出力結果

選択肢なしで [MASK] を含む文のみを BERT に入力した結果，正答語が Top-1 に出力されたのは 5 問（16.7%），Top-5 では 14 問（46.7%），Top-10 で

は 17 問（56.7%）であった．

一方で，Top-10 に正答語が含まれなかった 13 問の中にも，文脈上自然な語が出力された例もあった．

表 1 には，正答語が Top-1 に出力された例と，正答語が出ずとも妥当な語が上位に出力された例を含む．

表 1 BERT の出力例

問題文（抜粋）	正答語	出力上位 3 語（確率）
…to [MASK] a new show…	create	create (24.8%) make (18.9%) produce (17.2%)
…to [MASK] a cold.	cure	treat (54.1%) cure (26.8%) prevent (3.4%)
…could not [MASK] many…	grasp	understand (43.0%) read (12.7%) explain (7.0%)

4. 考察

本研究では，選択肢を除いた選択肢付き問題でも，BERT が文脈に応じて妥当な語を出力できるかを検討した．その結果，正答語が Top-10 に含まれた問題は約 6 割にのぼり，特に Top-1 に正答語が出力された例も見られた．一方で，正答語が出力されなかった問題においても，“grasp” に対して “understand” のように，意味の近い語が高確率で出力される例が多く確認された（表 1）．これらの出力傾向は，語彙学習の文脈において，選択肢付き問題を Open Cloze 問題に適用する可能性を示唆する．

正答語でなくても意味的に関連した語が上位に出る傾向は，語彙学習支援において重要な示唆となる．語の意味を文脈に基づいて判断し，複数の関連語を想起・整理する過程は，深い処理を伴う学習につながるとされており(1)，BERT の出力がこのような処理を自然に促す構造になっていると考えられる．たとえば，“grasp” が思い出せない場面でも，“understand” や “comprehend” などの語が提示されることで，意味のまとまりとしての記憶や関連語の体系化が可能になる．この仕組みは，語彙運用の柔軟性を高める支援となる．

さらに本研究では，正答語が出力されなかった場合においても，文脈上妥当とみなせる語が上位に出力されるという傾向が一貫して観察された．これは，語彙学習において「複数の正解」を前提とする柔軟な理解や受容が有効であることを示している．語彙は本質的に多義性や使用文脈の幅を持ち，単一の語に正解を限定する形式は，かえって学習者の語彙運用の柔軟性を損なう可能性もある．

従来の選択肢付き問題では，採点や指導上の都合から「唯一の正解」を設ける必要があったが，学習支援を目的とする場合には，文脈に適合する複数の語を受け入れる設計の方が，語彙間の意味的ネットワークを理解させ，深い処理を引き出す教材として効果的である．

5. まとめと展望

本研究では，既存の選択肢付き空欄補充問題を，選択肢なしの Open Cloze 問題に適用できる可能性を検討することを目的とし，BERT の MLM を用いて，文脈に応じた語の出力傾向を検討した．その結果，正答語が Top-10 に含まれる割合は約 6 割にのぼり，正答語が出力されなかった場合でも，文脈上妥当とみなせる語が高確率で出力される例が多く確認された．

これらの結果から，BERT の出力は，語彙学習において文脈に応じた複数の語の受容を支援する仕組みとして活用できる可能性が示唆された．従来のように「1 つの正解」のみに限定するのではなく，意味的に近い語を含めて柔軟に受容できる設計は，語彙の類義語などを意識させ，深い処理を促す語彙学習の実現に寄与することが期待される．

一方で，本研究はあくまで BERT の出力傾向を分析したものであり，実際に学習者がこの形式の支援によってどのような効果を得るかについては検討していない．また，「意味的に妥当である語」の判断は，主に直感的評価に依拠しており，語彙間の意味距離や語用論的な制約を定量的に評価する枠組みは未整備である．

今後は，学習者の反応や語彙習得の定着度を含めた実証的研究を通じて，複数解を許容する語彙学習支援の有効性を検証することが求められる．さらに，ターゲット語の定着を妨げることなく，類義語との違いや使い分けに焦点を当てた提示方法の設計，ならびに語彙レベルや学習段階に応じた動的な出力制御の仕組みについても検討する必要がある．

参考文献

(1) 内田奈緒: “中高の英語学習における語彙学習方略 ―方略使用・有効性と規定要因に関する発達的差異の検討―”, 教育心理学研究, 第 69 巻, 第 4 号, pp.366-381（2021）
(2) 境奈津希: “どのようなテスト形式が高校生の語彙学習を促すのか”, 中部地区英語教育学会紀要, 第 49 号, pp.133-138（2020）
(3) 松森匠哉ら: “マスク言語モデルを利用した Open Cloze 問題の自動生成”, 人工知能学会全国大会論文集, 第 36 回, セッション 3N4-GS-10-04（2022）
(4) Devlin, J., et al., : “BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding”, Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Vol.1, pp.4171-4186, Minneapolis（2019）

再履修経験がもたらす学習行動の変容とキャリア意識の再構築
ー必修科目「キャリアプランニングⅢ」における実態調査よりー
The Transformation of Learning Behavior and the Reconstruction of Career Awareness Resulting from Re-taking Courses
- Based on the Study of Actual Conditions in the Mandatory Course "Career Planning III" –

濱崎　あゆみ[*1]，大黒　章子[*1]
Ayumi HAMASAKI[*1], Akiko OKURO[*1]
[*1] 明海大学　総合教育センター
[*1]Meikai University of Educational Systems
Email: ahama25028@meikai.ac.jp

あらまし： 本研究は再履修生支援の必要性が高まる中，必修科目「キャリアプランニングⅢ」を再履修した学生 4 名を対象に，学習行動と LMS 活用状況の変容を 3 時点（初回履修時・再履修中・再履修後）で調査したものである.結果，初回履修では出席不足や課題未提出が主因であったが，再履修を通じて LMS の積極的活用や学習姿勢の改善が見られ，キャリア意識の向上や他科目への良影響も確認された．また，LMS の操作性や通知機能に関する改善の余地が指摘されている．再履修がやり直しではなく，主体的学習と内発的動機づけの転換点となり得ることが示唆された.
キーワード：適応的支援，ブレンド型学習，LMS，キャリア教育，授業実践

1. はじめに

日本社会は急速な少子高齢化と労働人口の減少に直面しており,その影響は高等教育にも及んでいる.特に，出席不良や成績不振などにより単位修得できず，再履修を強いられる「学修離脱者」（以下、再履修生とよぶ）への支援体制の整備が急務となっている．支援が不十分なまま大学からの中途退学に至るケースも少なくなく，これは個人の教育的損失にとどまらず，社会的損失にもつながる.

厚労省(1)の調査では，大学等の高等教育を中途退学した直後の就業状況は「アルバイト・パート」が 57.1%,「無職で何もしていない」が 8.2%約となっており，約 4.9 万人の大学中途退学者が中途退学直後にアルバイト・パートまたは契約・派遣等の非正規として雇用されていることが推計される.大学を卒業せずに社会へ出た場合、就業機会や職業選択肢が制限されやすく，非正規雇用や不安定就労への移行リスクが高まることが明らかとなっている.

大学卒業者は企業における中核的人材として期待されており,中途退学はその供給源の減少を意味し,将来的生産性の低下や経済成長への悪影響が懸念される．そのため，再履修生の学修意欲やキャリア形成を支援する教育的枠組みの再構築が求められていると考える.

こうした背景のもと，本研究では 3 年次への進級要件必修科目である「キャリアプランニングIII」（2 年次・後期履修）を 2024 年度に再履修した 4 名の学生を対象に実態調査を実施し，授業内容や LMS 運用の改善点を明らかにする.

2. 先行研究

再履修生への支援に関する研究は，初年次教育を中心に着実に蓄積されている．井上・森 (2) は，初年次必修科目「ライフデザイン演習」において，再履修対象者の中には、学生生活への不適応や退学・除籍に至るリスクの高い学生が集約されていると述べており，小堀・齋藤・山本(3)は初年次科目において，参加意欲や授業評価の向上に寄与した実践例を提示している.また，大学のキャリア教育という観点において，Taylor & Betz(4)は，自己効力感の向上がキャリア決定行動を促進すると述べ，桑原・喜多・合田・根本・鈴木(5)は，キャリア関連科目の受講によって学生の進路意識や自律的学習意欲が高まることを明らかにしている.

また，LMS を通じた学修支援の有効性については，内田・大平・槌屋・丸山(6)は，LMS を十分に活用できない再履修生が存在することを指摘し，情報提示の工夫や学生側の自己管理支援が課題であると述べている.

これらの知見は,再履修生に対する支援の必要性やキャリア教育のアプローチからの有効性を示すものであり，重要な示唆を与えている．一方で、履修行動や学習意欲の変容を時間軸に沿って継続的に捉える研究は比較的少なく，LMS を媒介とした学習支援とキャリア意識との関係性を多面的に検討した実践的研究は限られている.

そこで本研究では，「キャリアプランニングIII」の再履修生 4 名を対象に、履修前・履修中・履修 3 ヶ月後の三時点での調査を行い，主体的学習への移行や発展科目履修といった行動変容を通して，再履修経験がもたらす内発的動機づけや自己効力感の再構築プロセスを明らかにすることを試み，既存の知見を補完しつつ，再履修支援の新たな視点からの授業及び LMS の改善を目的とする.

3.　研究方法

3.1 対象者

本研究対象者を，2024 年度開講された「キャリアプランニングIII」を再履修し，単位取得した学生 4 名とする. 対象者選定には, 以下 3 つの理由がある.

第 1 に，当該 4 名はいずれも「キャリアプランニングⅢ」の学修に一度つまずき経験がある再履修生で，彼らの行動変容や自己効力感の再構築に向かう過程を追跡する事で，授業および LMS の改善に資する示唆が得られると考えた. 第 2 に, 全員が翌年 2025 年度発展科目である「キャリアデザイン」（3 年次・通年・選択科目）を自らの意思決定により履修しており，自律的学修意欲向上の有無を明らかにしたいためである．第 3 に再履修時には全員が授業中の学修活動および LMS 上での学習課題に継続的に取り組んでおり，記録データ（課題提出・アクセス履歴・ふりかえりシート等）が十分蓄積されていることから，履修時・再履修時における学修行動を比較するうえで有効であると考える.

以上の理由より，本調査では再履修に至った要因や学習姿勢の変化，LMS 活用状況，他科目への影響を明らかにした上で，授業や LMS の改善を目的とする.

3.2 調査方法

本調査は、2024 年度に大学の必修科目「キャリアプランニングIII」を再履修した学生 4 名を対象に，アンケート及びインタビュー形式を用いて実施した.

アンケートでは，①前年度初回履修時（2024 年 9 月～2025 年 1 月）②再履修中（2025 年 2 月）③再履修後（2025 年 5 月）の時点に分け，選択式質問と自由記述を組み合わせた質問形式にした.質問内容は，自らが考える再履修要因，履修前後の LMS の利用頻度，学習状況，意識変化などに関するアンケートを実施した.

4.　調査結果

本調査結果について(1)前年度の初回履修時 (2024 年 9 月～2025 年 1 月) (2)再履修中（2025 年 2 月）(3)再履修後（2025 年 5 月）の 3 時点に分類し，調査結果を述べる.

4.1 初回履修時の状況と再履修に至った要因

再履修に至った要因は、「出席不足」が 1 名「課題未提出」が 2 名「成績不良」が 1 名であった．LMS については,「確認していなかった」が 1 名「課題提出を失念した」が 3 名など自己管理面の課題が顕著であった．また,「グループワークが苦手」「席替えがストレス」といった授業運営に対する不安が学習回避行動につながっていたことも示唆された.

4.2 再履修時における行動変容と LMS 活用の改善

再履修時には，全員が「出席する」「課題を期限内に提出する」「授業に積極的に参加する」といった学習行動を意識して取り組んでいた．LMS 内の「コンテンツ」についても，全員が「毎回授業前に確認した」と回答しており，提出物管理においても「提出期限を意識して行動した」との記述が見られた.

具体的には，スマートフォンのリマインダー機能で提出忘れの防止に活用する，講義前に LMS 内の【コンテンツ】より授業資料を確認し課題の構成を授業前に考え授業参加する，講義中に重要だと感じた部分は『Google ドキュメント』の音声入力で記録し，授業後に内容を振り返り編集し課題提出するなどの工夫が見られた．これらの工夫により，主体的な学習姿勢と自己管理能力の向上が確認された.

4.3 再履修後の影響と LMS への評価

再履修を経たことで 3 名が「他科目への良い影響があった」と回答し，出席率や提出意識の向上など学習態度の改善が確認された．全員がキャリア意識の変化を実感し,「就職活動に前向きになった」といった内発的動機づけの高まりも見られた. LMS の利便性は一定の評価を得た一方で,「メール通知過多」「スマートフォンからログインの煩雑さ」など改善要望も寄せられた.

5.　考察・まとめ

本調査の結果から，初回履修時の出席不足や課題未提出, LMS 未活用が再履修の主因であることが判明した．再履修時には行動改善が見られ，主体的な学習姿勢への行動変容が確認された.

また，学習態度の向上は他科目にも波及し，キャリア意識や就業意欲の高まりも示された. LMS には利便性と同時に改善の余地があり，今後の授業設計見直しが求められる.

参考文献

(1) 厚生労働省:“第 1 回 今後の若年者雇用に関する研究会資料 4 若年者雇用対策の現状について” https://www.mhlw.go.jp/content/11801000/000548632.pdf”（2025.5.22 閲覧）
(2) 井上義和, 森玲奈：“『ライフデザイン演習』再履修対象者の学修実態調査と授業改善–再履修クラスから考える初年次教育の課題–”, 帝京大学高等教育開発センターフォーラム, Vol.6, pp.69-85（2019）
(3) 小堀裕子, 齋藤山人, 山本守和：“再履修生を対象とした初年次教育に関する授業報告”, 日本大学 FD 研究, Vol.10, pp35-42(2023)
(4) Taylor, K.M.and Betz, N.E.:“Appli：“cations of self-efficacy theory to the understanding and treatment of career indecision”,Journal of Vocational Behavior, Vol.22(1), pp63–81(1983)
(5) 桑原千幸, 喜多敏博, 合田美子, 根本淳子, 鈴木克明：“初年次キャリア教育科目における相互評価学習の実践と進路選択自己効力の向上”, 日本教育工学会論文誌, 38(2), pp79-89(2014)
(6) 内田瑛大,平哲史,槌屋洋亮,丸山広:“情報リテラシー教育における学習支援のあり方を考える”,青山インフォメーション・サイエンス,Vol47, No1, pp 44-49(2019)

自律的な学習を支援するための数学問題解説文生成手法の提案

Proposal of a Method for Generating Explanatory Texts for Math Problems to Support Self-directed Learning

水野　咲希[*1]，豊田　哲也[*2]
Saki MIZUNO[*1]，Tetsuya TOYOTA[*2]
[*1] 東邦大学理学研究科，[*2] 東邦大学理学部
[*1]Graduate School of Science, Toho University, [*2]Faculty of Science, Toho University
E-mail：tetsuya.toyota@is.sci.toho-u.ac.jp

あらまし：個別最適な学びが重要視されている一方で，教育現場での生成 AI の導入は，新たな学習形態を構築する可能性を秘めており，特に自律学習の支援に役立てられると思われる．本研究では，生成 AI を活用した中学数学における問題解答の解説を生成する手法を提案する．ChatGPT で生成された 4 種類の解説について，既存の問題集の解説と類似度を比較した結果，一定の成果を確認し，生成された解説文が教育現場で適応可能であるという評価を得た．
キーワード：個別最適な学び，生成 AI，数学解説生成，自律学習

1. はじめに

近年，生成 AI の急速な発展により，教育現場でもその活用が注目されている．「個別最適な学び」の重要性が高まる中，ChatGPT(Chat Generative Pre-trained Transformer)は学習者や教員の学習支援を補完する手段として期待されている(1)．一方で，生成 AI は誤った情報を生成する可能性があることから，正確さや論理性が求められる数学教育においてはその導入に慎重な対応が求められている(2)．また，問題生成や解答生成に関する研究も進んでいるが，いずれも生成される解説は 1 種類にとどまり，多様な理解度を持つ学習者への対応には限界がある(3)．そこで本研究では，生成 AI を用いて，数学問題に対する内容の詳しさが異なる複数の解説を生成することを目指す．バリエーション豊かかつ正確な解説を生成することができれば，学習者の多様な理解度へ対応し，自律学習の支援に役立てられると考える．

2. 提案手法

本研究では，対象単元の数学の問題文を既存の問題集データベースから抽出する．抽出した問題文を生成 AI に入力し，高精度な解答・解説を出力させるプロンプトを設計する．このとき，学習者の理解度に対応できるように詳しさの異なる 4 種類の解説文を生成させる．生成 AI に入力するプロンプト(指示文)の設計においては，生成される解説文(数式・解答)の精度向上を目指し，プロンプトと出力解説文との関係性の解明を重視する．

本研究で設計するプロンプトは，高精度出力を導くプロンプトを解明するため，4 つのプロンプトを設計する．全てのプロンプトに「役割」「問題文」「出力形式」の 3 つで構成する．「役割」とは，生成 AI がどの立場で解説文を生成するのかを明確にすることであり，役割として「学校の教師」を入れる．「問題文」は抽出した問題文を TeX 形式で入力する．「出力形式」とは，どんな情報が欲しいかを指定することであり，本研究では 4 種類の解説を出力させるため「簡潔な解説」「標準的な解説」「詳細な解説」「極めて詳細な解説」として出力させる．また，細かい指示をすることで，より望ましい回答が得られるため，出力形式のそれぞれに補足説明を加える．例えば，簡潔な解説については，「簡潔な解説：途中式のみを数行で示し，計算過程を最小限で記述．説明文や文章は一切不要」のように指示する．また，計算式と解説文の出力を同時に行うよう指示する．

設計するプロンプト 1 は，1 回の入力，1 回の出力で 4 種類の解説を出力させる．出力順は「簡潔な解説」「標準的な解説」「詳細な解説」「極めて詳細な解説」の順番で出力するように指示する．プロンプト 2 は，生成 AI が回答に対してどのように対話するかで引き出せる情報の質が変化することを利用し，1 回の入力あたりの指示を短くし，プロンプトを 2 つに分割する．1 回目の入力では，出力形式を記憶させ，2 回目の入力で役割と問題の指示をし，出力させる．出力はプロンプト 1 と同様 1 回で出力する．4 種類の解説の出力順はプロンプト 1 と同様である．プロンプト 3 は，さらに 4 回に分けた入力を行い，3 回に分けた出力とする．1 回目の入力で役割と問題文を記憶させ，2 回目の入力で「簡潔な解説」と「標準的な解説」を出力させる．3 回目の入力で，「標準的な解説」を指示して出力させる．4 回目の入力で「極めて詳細な解説」を指示して出力させる．出力形式の順番はプロンプト 1 や 2 と同様である．プロンプト 4 は，2 回に分けた入力，2 回に分けた出力とし，4 種類の解説の出力順は他のプロンプトとは異なり，「極めて詳細な解説」「詳細な解説」「標準的な解説」「簡潔な解説」の順とする．1 回目の入力で問題文と役割，「極めて詳細な解説」と「詳細な解説」を指示して出力させる．2 回目の入力で「標準的な解説」と「簡潔な解説」を指示して出力させる．

3.　評価実験

使用する数学の問題は「StudyaidD.B.プリント作成ソフト中学校数学」(以下, スタディエイド)から収集する．対象は，中学校 3 年生の単元「平方根」「2 次方程式」とする．使用する生成 AI は ChatGPT とする．

3.1 高精度出力を導くプロンプト出力結果と考察

プロンプト 1 から 4 までの出力精度を測るため，数式の精度に着目して点数付けを行った．各問題について, 1(正しい), 0(部分的に誤り, 判定不能), -1(正しくない)の 3 段階で採点し，対象の 20 問分の点数を合計した．結果を表 1 に示す．表 1 より，プロンプト 4 が最も高精度であることが分かる．プロンプト 1,2,3 は結果に大きな差はなく，生成 AI に指示する回数や出力させる回数はそれほど重要でないことが分かる．プロンプト 4 の点数が最も高いことを踏まえて，プロンプト 1 とプロンプト 4 の結果に有意差があるかどうかを検証する．対応のある t 検定を実施したところ，t 統計量 5.8852，p 値 0.0003 より，有意な差があることが示された．このことから，解説を出力させる順番が重要で，特に「極めて詳細な解説」から順に出力させると精度が上昇することが示された．

3.2 解説の詳しさと問題集との類似性分析

ChatGPT を用いて生成した 4 種類の解説(「極めて詳細な解説」「詳細な解説」「標準的な解説」「簡潔な解説」)は，内容の詳しさが異なるように指示しているため，スタディエイドの解説と最も近い解説を特定することで，生成された解説がどのような基準に基づいて詳しさを変化させているのかを確認することができる．類似度の計算には自然言語処理モデルである BERT を使用した．BERT では数式の類似度を直接比較することは不可能である．しかし，生成された解説の解法は同じであり,「解説の詳しさの変化」を評価することを目的とするため，解説文全体の意味や内容の差異を比較する方法が適切と判断し，BERT を使用する．入力するプロンプトは精度が最も高かったプロンプト 4 とし，また，ChatGPT のバージョンは，入力数制限を考慮して有料版を使用する．スタディエイドの解説を基準解説とし，生成された 4 種類の解説との類似度を算出する．対象問題は,「平方根」「2 次方程式」の計 52 問とし，各解説に対して平均と標準偏差を算出する．分析結果を表 2 に表す．表 2 より，いずれの解説も標準偏差が小さいことが確認された．これは，各解説とスタディエイドの解説との類似度において，どの問題も安定した値が出力されていることを示しており，出力結果が安定していることが読み取れる．次に類似度の平均については，生成された解説は標準的な解説を中心にして徐々に低下していることがわかる．これらより，スタディエイドの解説と最も類似しているのは標準的な解説であり，それ以外の解説がプロンプトの指示通りに変化していることが読み取れる．

表 1：プロンプト 1 から 4 の採点結果

	数式は正しいか
プロンプト 1	10 点
プロンプト 2	8 点
プロンプト 3	10 点
プロンプト 4	18 点

表 2：基準解説との類似度

	平均	標準偏差
極めて詳細な解説	0.8904	0.0344
詳細な解説	0.9207	0.0217
標準的な解説	0.9298	0.0316
簡潔な解説	0.9235	0.0383

3.3 アンケート調査

出力された解説文に関するアンケート調査を，大学生 10 名の数学教職経験者を対象に, 無記名アンケート形式で実施した．対象問題は，平方根および 2 次方程式に関する計 15 問とし，生成された 4 種類の解説がランダムに並んだ資料を提示し，(1)解説文を詳しいと思う順に並び替え，(2)解説文にわかりにくい表現や専門用語はないか，(3)解説文に学ぶべきポイントは扱われているか，の 3 点について回答を求めた．結果は，ChatGPT は指示に応じた詳しさで解説を生成できており，またわかりにくい表現がなく学ぶべきポイントは扱われていると一定の評価を得られたが, 一部においては表現の分かりにくさや，指導上の要点が十分に扱われていない箇所があること明らかとなった．

4.　おわりに

本研究では，生成 AI を用いて学習者の理解度に応じた，数学問題の解説を生成するプロンプトを設計した．実験結果から，段階的な解説生成が解説内容の正確性向上につながり，また生成された解説は「標準的な解説」が既存の問題集と最も類似していることが示された．アンケート調査により，生成された解説が一部わかりにくい表現や，学習上必要な項目が欠如してしまう課題を確認した．今後は，より出力精度を高めつつ，実際の教育現場での実証実験を行う予定である．

参考文献

(1) 尾関基行，山本あすか : 遠隔グループディスカッションでの ChatGPT の利用に関する一検討，日本教育工学会研究報告集，Vol. 2023, No. 1, pp. 77–83 (2023).
(2) 文部科学省初等中等教育局 : 初等中等教育段階における生成 AI の利用に関する暫定的なガイドライン，文部科学省（オンライン），https://www.mext.go.jp/content/20230710-mxt_shuukyo02-000030823_003.pdf (2025-4-1 参照).
(3) 倉次野恵，江口奈穂，林浩一：対話型生成 AI を解答者とする作問学習による生徒の知識の活用力向上の試み, 情報教育シンポジウム論文集, Vol.2023, pp. 215–220 (2023).

心理的安全性を向上させるためのソマティック・リテラシー
－心理療法の知見を教育に活かす－

Somatic literacy to improve psychological safety
-Applying Psychotherapy Findings to Education-

山川 修[*1]，　多川 孝央[*2]
Osamu YAMAKAWA[*1], Takahiro TAGAWA[*2]

[*1]Safeology 研究所
[*1]Safeology Research Laboratory
[*2] 筑紫女学園大学
[*2]Chikushi Jogakuen University

Email: safeology.lab@gmail.com

あらまし：学習を効果的に進めるためには学習者の中にある安心が重要と考えている．心理的安全性は個人の中にある安心がコミュニティやチームの中に表現された結果だとすると，個人の中にある安心にどうアクセスするかが心理的安全性のために重要になる．こういった安心にアクセスする手法としては心理療法の中に多くの実践と知見があり，本稿では，心理療法の中でソマティック（身体的）なアプローチから学び，どういったことが教育実践の中で可能かを検討する．
キーワード：心理的安全性，ソマティック・アプローチ，ポリヴェーガル理論，ソマティック・エクスペリエンシング，コミュニティ・レジリエンシー・モデル

1.　はじめに

本稿の問題意識は，自律的学習者をどう育てるか，という点にある．ここで自律的学習者とは学習を面白いと思い内発的動機づけから学ぶ学習者を指す．私たちは今までに，自律的学習者を育てるためには，その個人の中にある「安心」にアクセスし，それを育てる必要があるというモデル（図１）を提唱してきた(1)．

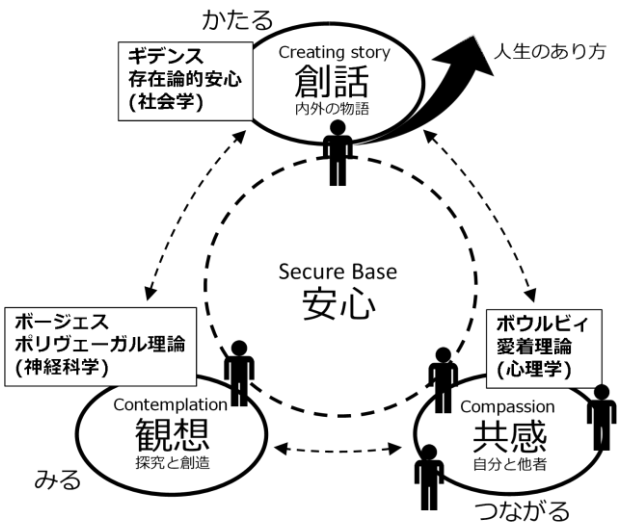
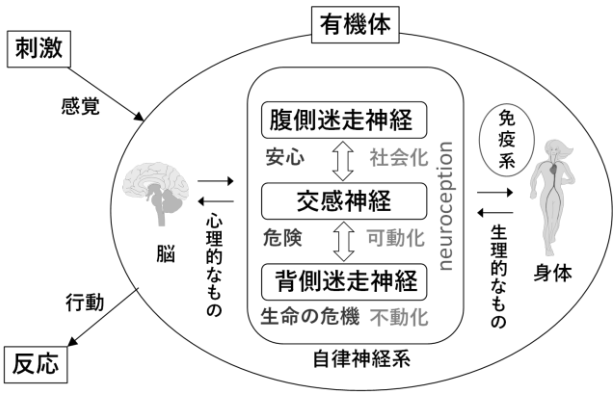


図１　自律的学習者のための安心モデル

このモデルの「観想」という側面から安心にアクセスするために，私たちはマインドフルネスという技法を利用してきた．心理療法においてマインドフルネスも利用されているが，それ以外にも身体から心にアクセスし，トラウマを治療する方法論としてソマティック・エクスペリエンシング(2)（SE）という手法があるが，それとトラウマケアの手法を日常生活に使うことを意図して創られたコミュニティ・レジリエンシー・モデル(3)（コレモ）の 2 種類の方法を参考に，教育において心理的安全性を育成するための基本的な考え方をまとめる．なお，SE もコレモも，安心にアクセスするための神経生理学的な基礎としてポリヴェーガル理論(4)(5)を採用しているので，本稿ではこの説明を最初に行う．

2.　ポリヴェーガル理論

ポリヴェーガル理論（PVT）(4)(5)は，神経科学者であるステファン・ポージェス博士により提唱されている神経科学的なモデル（図２）である．



津田真人著，「ポリヴェーガル理論」を読む，星和書店，2019　より一部改変

図２　ポリヴェーガル理論

PVT では，自律神経系は交感神経と副交感神経の2種類ではなく，腹側迷走神経（複合体），交感神経．背側迷走神経（複合体）の3種類あると考える．そして，その人が現在の状況をどの程度安全と感じているかにより，腹側迷走神経，交感神経，背側迷走神経と働く自律神経系が自動的に切り替えられると考える．現在の状況が安心と考えられる場合，腹側迷走神経が働き社会活動が円滑にでき（社会化），身体もリラックスできる．状況が少し危険と感じられるようになると，交感神経が働き，心理学的にいうと「戦う」か「逃げる」というモードでその危機に対処する（可動化）．この場合，身体は緊張している．そして状況が生命の危機を感じる程度にもっと危険になると凍り付き（不動化）がおき，その状況に対処しようとする．状況をどの程度危険とみるかは，その人の生育環境や経験によるので一定ではない．

教育の視点から考えると，腹側迷走神経が働き社会化が起こっているときが，社会交流もでき，好奇心も働いて，最も学習に適した状況ということができる．SE などのソマティックな心理療法では，この腹側迷走神経が働く状況を拡大するために身体からアクセスし，様々な調整を行っている．

3.　ソマティック・リテラシー

ソマティック・リテラシーとは，自分の身体感覚にアクセスし，PVT で提唱されている３つの自律神経のバランスを保つ考え方，およびそのスキルを指す．この考え方およびスキルは心理療法の中では使われているが，教育の世界ではその視点がない．そのため教育にこの視点を導入するため今回新しく創った概念である．PVT で提唱している３つの自律神経は，覚醒度の順番にすると，一番覚醒度が高いのが交感神経（交感）．最適な覚醒度と考えられるのが腹側迷走神経（腹側），低い覚醒度が背側迷走神経（背側）である．通常私たちの自律神経系は，この３つの神経系の間を一定のリズムを持って行き来している．就寝中は背側が働き，起床するとだんだん交感が働くようになる．通勤や通学中は交感が働いているし，職場や学校で親しい友人と会話しているときには腹側が働いているだろう．そして家に帰って，就寝するときになるとまた背側が働きだすという具合だ．しかし，このバランスがくずれ，交感が優位になりすぎて就寝時になっても背側に戻れないときや，背側が優位になりすぎて起床しても交感が働かないと，ボーとしたままで社会生活が営めなくなるかもしれない．３つの自律神経系のバランスを回復するために SE やコレモで行っていることは以下の３つのステップである．

（ステップ１）自律神経の状態を見る
（ステップ２）自律神経のバランスが崩れて，交感や背側が優勢のままの場合は，いくつかの実践を通して腹側に戻す（バランスを調整する）
（ステップ３）落ち着くまで待つ

この中で，ステップ１の自律神経の状態を見るということは，身体の内受容感覚にアクセスすることにつながる．他者が判断するためには，汗をかいているとか，笑顔でいるとか，緊張しているとか，震えがあるとか，という自律神経の状態が外に出ているところをキャッチする必要がある．ステップ２としては様々な実践が考えられているが，深呼吸をするとか，自分の身体を軽くトントン叩いてみるとかがそれに相当する．ステップ３は，身体の状態をゆっくりと味わって，その変化が少なくなるまで待つ，ということに相当する．

この３ステップは，心理療法のみならず，教育の現場で取り入れることが可能である．たとえば，グループワークの前に，アイスブレークという自己紹介や簡単なゲームなどを行うことは．腹側迷走神経系を活性化させ，社会化をやりやすくしていると考えられる．

4.　まとめ

グループやチームの心理的安全性を向上させるため，自律神経系に注意を向け，個人の中にある安心にアクセスするアプローチを考えている．そのため，心理療法の中のソマティック（身体的）アプローチである，ソマティック・エクスペリエンスとコミュニティ・レジリエンシー・モデル（コレモ）に着目し，その方法論である自律神経系の調整方法をソマティック・リテラシーとして抽出した．

この，(1)自律神経の状態を見て，(2)それを調整し，(3)安定するまで待つ，という３ステップは，学校教育の中や，正規の授業外でも学習に取り組む際に行うと，集中することが容易になったり，より好奇心を持って学習に取り組めたりすることができるようになる可能性がある．

今後は，より効果的な教育や学習のためには，SE やコレモで行っている実習を，どういうタイミングでどのように提供していく必要があるかの実証的研究を実施する予定である．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP25K00846 の助成を受けたものである．

参考文献

(1) 山川修: “エージェンシー育成につながる社会情動的スキルの３つのアプローチ”,教育システム情報学会 2 第 48 回全国大会論文集, pp.89-90 （2023）
(2) Peater A. Lavine: ”In An Unspoken Voice”, North Atlantic Books, Berkeley (2010). 池島良子ら訳：“身体に閉じ込められたトラウマ”，星和書店，東京（2016）.
(3) Elaine Miller-Karas, “Building Resilience to Trauma: The Trauma and Community Resiliency Models, Routledge, London (2015).
(4) Stephen W. Porges,: “The Polyvagal Theory”, W W Norton & Co Inc, New York (2011).
(5) Stephen W. Porges,: “The Pocket Guide to The Polyvagal Theory: The Transformative Power of Feeling Safe”, W W Norton & Co Inc, New York (2018). 花丘ちぐさ訳：“ポリヴェーガル理論入門”，春秋社，東京（2018）.

グループ学習を促進するチームづくりの個人への影響
ー心理的安全性に着目してー

The Impact of Team Building for Promoting Group Learning on Individuals
-Focusing on Psychological Safety-

三井 規裕
Noriyasu MITSUI
桃山学院大学
Momoyama Gakuin University
Email: nmitsui@andrew.ac.jp

あらまし：本研究の目的は，グループ学習に対して学生が感じる心理的な負担感を軽減するワークを導入し，どのような影響があるかを検証することであった．アンケート調査の結果，第1回授業よりも第 15 回授業において懸念測定尺度の平均点は低下していた．また，自由記述を確認したところ，第1・第2回で実施したワークや教員の初期の態度が学生の負担軽減に寄与していたことが示唆された．
キーワード：心理的安全性，グループ学習，チームづくり，負担感の軽減

1. はじめに

大学教育で実践されるグループ学習には，Problem/Project Based Learning（以下，PBL），協調学習，協同学習等の方法がある．一方向的な知識伝達の授業から学生同士のインタラクションを取り入れた授業への移行が大学教育で進んでおり，学生の能動的な学びを促進することが期待されている．しかしながら，必ずしもその期待に応える成果を得られていない現状が見られる．

2. 先行研究と本研究の目的

グループ学習を実践しても，学生の能動的な学びの姿勢が十分に変化していない．例えば，学生同士のインタラクションを取り入れた授業に，大学生が接する機会は増えているにもかかわらず，学生はますます学習に対して受け身で消極的になりつつあること，学生は教員に対しグループ学習等に参加しやすいよう工夫を求めていること（近田・杉野, 2015)が報告されている．また，亀倉(2016)は，グループで学習を行わせようとした時，グループ内で雰囲気が悪化し，グループでの学習が進まないことがあると述べている. さらに, PBL の取り組みを行っても，学生によっては活動に関わろうとしないことがあると報告されている（中部地域大学グループ・東海 A チーム，2014）．この背景には，大学入学前までの慣れ親しんだ一方向的な授業から変わることや他者との信頼関係がない中で，授業に積極的だと思われるような行動を授業でしたくないという，他者からのまなざしに対する心理的な負担感があると考えられる．

そこで，本研究では，対人関係におけるリスクを取ることができる状況である心理的安全性(Edmondson, 1999) に着目する．その上で，学生がグループ学習に対して感じる心理的な負担感を軽減するワークを導入し，どのような影響があるかを検証することを目的とする．

3. 実践概要

本研究で対象とする実践は，A 大学において 2023 年度秋学期，2024 年度春学期・秋学期に全学部全学年対象（選択科目）に開講された少人数型の授業である．毎回 4〜5 名のグループになり，教員の説明を聞きながら，学生同士で学ぶ授業である．研究目的から，授業初期に学生が感じている心理的な負担感を軽減するため，教員を含めた授業参加者の関係性を作ることを意図した場づくりを行う．対象の授業では，第1回と第2回の授業でグループ作りのワークを実施する．身体を動かしながら緊張をほぐすアイスブレイク，初対面の人が多いグループにおいてコミュニケーションを促進するワークを実施する．こうしたワークはその後の授業内容と関連のあるようにし，振り返りを行い，単に楽しんで終わったとならないようにする．

4. 調査・分析方法

調査対象は授業を受講した学生 90 名である. 学生の感じる心理的な負担感を把握するため，懸念測定尺度（津村，1983）を使用し，第 1 回授業終了後（以下，事前）と第 15 回授業終了後（以下，事後）にアンケート調査を実施する．懸念測定尺度は 4 つの下位尺度からなる．受容懸念は，自分がグループのメンバーを受け入れられるか，メンバーに受け入れてもらえるかを，データの流動的表出懸念はメンバーの考え方や態度等に関する不信頼に由来し，学習活動の中でどのように感じているかを，目標形成懸念は，グループでの活動において目標が明確でなく共有されていない状態を，社会的統制懸念は，特定のメンバーの影響が強く相互に影響し合っている実感が乏しいことを表す．各 3 項目の設問で構成されており計 12 項目からなる．また，教員の行った授業中

の行動や対応を学生がどのように感じていたかを明らかにするため，自由記述（この授業において，教員のどのような行動があなたやグループにどのような影響を与えていたと思いますか？率直に記述してください）の回答を求める．

分析対象は，調査に協力をしてくれた 76 名（男性 50 名，女性 26 名，回答率 84.4%）である。履修当時の学年は 1 年生 12 名（15.8%），2 年生 23 名（30.3%），3 年生 31 名（40.8%），4 年生 10 名（13.2%）である。分析方法は，アンケート結果を使用し，平均の差の検定を行う．また，個人の変化を分析するため効果量を算出する．

5. 結果とまとめ

懸念測定尺度の全ての下位尺度の平均値が事前よりも事後において低下した．対応のある t 検定の結果，有意な差があるといえ，効果量 d も中程度であった（表 1）．このことから，全体的な傾向として学生の心理的な負担感は低下していたといえる．

表 1 対応のある t 検定の結果

下位尺度	時期	M	SD	差の95%信頼区間 下限	上限	t値	自由度	p値	効果量 d
受容懸念	事前	3.08	1.15	0.16	0.95	2.80	75	**	0.46
	事後	2.52	1.24						
データの流動的表出懸念	事前	3.25	1.43	0.24	1.10	3.13		**	0.52
	事後	2.58	1.14						
目標形成懸念	事前	2.70	1.14	0.18	0.90	2.97		**	0.49
	事後	2.16	1.08						
社会的統制懸念	事前	3.65	1.17	0.43	1.22	4.17		***	0.68
	事後	2.82	1.31						

N=76　　**p<.01　***p<.001

個人の変化を分析するため，対象者ごとに事後得点から事前得点を引いた差得点を用いた．その後，差得点の平均値と標準偏差を使い，平均値を標準偏差で除した効果量を算出した（南風原, 2014）（表 2）．なお，懸念測定尺度は，心理的な負担感や不安が軽減されると事後の数値は小さくなることから，差得点はマイナスを表すことがある．

表 2 懸念の差得点の記述統計と効果量

	平均値	標準偏差	効果量 d_D
事後－事前（受容）	-0.55	1.52	-.36
事後－事前（データ）	-0.67	1.44	-.46
事後－事前（目標）	-0.54	1.14	-.48
事後－事前（社会）	-0.83	1.47	-.56

N=76

差得点の効果量 d_D（大久保, 岡田, 2012）は，-.36 ～-.56 であった．この結果から，事後において懸念測定尺度得点の低下が一部の学生に限られているのではなく，多くの学生で見られ，グループ学習に対する心理的な負担感が軽減していたと解釈できる．

自由記述を確認すると「*みんなで議論するときに本音を伝えやすい状況が多かった印象があります．おそらく●●先生が授業の最初の方に行った，アイスブレイクが関係していると考えました*」や「*○○くんとか○○さんというような呼び方ではなく，ニックネームを考えて呼んでくれたりしたので緊張感が和らぎ，授業が楽しくなりました．（中略）学年が違う人が多いですが，先輩後輩の関係でありながら，友達のように接していただいて，居心地が良かったです*」との記述が見られた．

これらのことから，グループ学習の初期において，学生がグループ学習に感じる心理的な抵抗感を軽減する取り組みを実践することは，グループ学習を円滑に進める上で，一定の影響があると考えられる．

6. 今後の課題

今後は学生の心理的な負担感を考慮していない授業を対象に調査を行い，どのような違いがあるかを検討する必要がある．

謝辞・付記

本研究の一部は，JSPS 科研費 JP24K06245 の助成を受けたものである．また，本研究は，三井ほか（2024a·b）の成果に分析を加え発展させたものである．

参考文献

(1) 近田政博, 杉野竜美: “アクティブラーニング型授業に対する大学生の認識：神戸大学での調査結果から”, 大學教育研究, 23, pp.1-19　(2015)
(2) 中部地域大学グループ・東海 A チーム: “アクティブラーニング失敗事例ハンドブック : 産業ニーズ事業・成果報告”, 一粒書房, 愛知県　(2014)
(3) Edmondson, A. C.: “Psychological safety and learning behavior in work teams”, Administrative Science Quarterly, 44, pp.350-383 (1999)
(4) 亀倉正彦:”失敗事例から学ぶ大学でのアクティブラーニング”, 東信堂, 東京都（2016）
(5) 南風原朝和: “続・心理統計学の基礎–総合的理解を広げ深める”, 有斐閣, 東京都（2014）
(6) 三井規裕, 小林珠子, 櫛井亜依, 鈴木小春, 林玲穂, 星愛美, 長内遥香: “学びの場づくりが学生の抱える不安の改善にどのように影響するか―学生の自由記述に着目して―”, 日本リメディアル教育学会 2024 年度中国・四国支部大会（2024a）
(7) 三井規裕, 小林珠子, 櫛井亜依, 鈴木小春, 林玲穂, 星愛美, 長内遥香: “心理的安全性を考慮したグループ学習型授業が学生の学びに与える影響”, 日本教育工学会研究報告集, 2024,pp.296-299（2024b）
(8) 大久保街亜, 岡田謙介: “伝えるための心理統計–効果量・信頼区間・検定力”, 勁草書房, 東京都（2012）
(9) 津村俊充: “T グループの発達過程に関する研究（II）: Bradford の学習機会と Gibb の懸念について”, 南山短期大学紀要, 11,pp.57-80（1983）

哲学対話と各種学習理論との親和性について

About between “Philosophical dialogue” and “Learning theorys”

藤平　昌寿[*1]
Masatoshi FUJIHIRA[*1]
[*1] 武蔵野大学
[*1]Musashino University
Email: mail@fujipon.com

あらまし: 前稿まで, 哲学対話に関する発表を行ってきた. 本稿では, 哲学対話の評価方法を模索する中, エンゲストロームやガーゲンらによる 3 つの理論と哲学対話との親和性について考えていきたい.
キーワード: 対話，協調学習，評価，拡張的学習，関係に基づく評価

1. はじめに

筆者はこれまでの本大会において, 対話（dialogue）に関するプレカンファレンス・企画セッションに参画，直近の大会では，哲学対話の実践や SEL・探究学習との関連などについて述べてきた．本稿では，エンゲストロームの学習理論やガーゲンの関係に基づく評価などの理論・評価と哲学対話との関連について考えていきたい.

哲学対話については以前の拙稿[(1)(2)]でも触れているので，ここでは省略するが，哲学対話を行う際のルールとして以下の項目を予め提示している.

1. 何を言っても良い
2. 他人を否定しない，茶化さない
3. ただ聞いているだけでも良い
4. お互いに問いかけてみる
5. 知識ではなく，自分の経験で話す
6. 結論が出なくても，意見が変わっても OK!
7. 分からなくなってもいい
8. 参加者は全員平等
9. 小学生にも分かる言葉で話す
10. 話せる人は一人ずつ

2. エンゲストロームの活動理論と哲学対話

エンゲストローム(1987)[(3)]による拡張的活動理論では，6 つの要素を三角モデルとして配置し，その相互関係から成果が導かれるとしている(図 1).

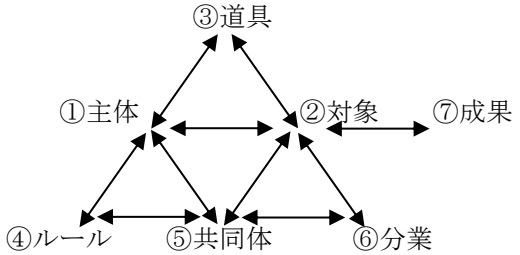


図 1　拡張的活動理論モデル
（エンゲストローム）

これを哲学対話のスキームに当てはめると，図 2 のようになり，エンゲストロームの枠組みと親和性が高いことが伺える.

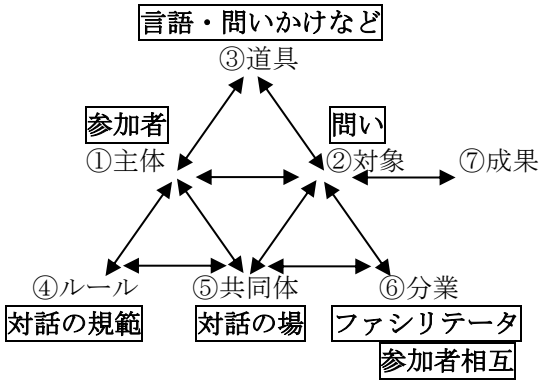


図 2　拡張的活動理論と哲学対話の関係性
（図 1 を基に筆者加筆）

①主体（Subject）: 哲学対話では参加者一人ひとりが思考と発話を通じて探究の主体となる.

②対象（Object）: 哲学的な問い「幸福とは何か」「自由とは何か」など，意味の生成対象。

③道具（Mediating Artifacts）: 対話やメタ的思考，例え話などが媒介となる.

④ルール（Rules）: 対話を安全で意味あるものとするための社会的ルール.

⑤共同体（Community）:「共に考える」場の文化的・社会的背景が影響する.

⑥分業（Division of Labor）: ファシリテータと参加者の役割.

またエンゲストロームは，これらの構成要素間で起こる矛盾―異なる意見や価値観の衝突，多様な視点の中で生じる葛藤など―が思考の深化を促すとしており，哲学対話ルール 6 や 7 との親和性も示唆している.

3. エンゲストロームの拡張的学習と哲学対話

エンゲストロームは拡張的学習理論も提唱しており，以下の 7 段階を経て，既存の活動システムを再

構築していくプロセスを重視している．

1. 疑問化（Questioning）
2. 矛盾の分析（Analysis）
3. 新たな解決策のモデル化（Modeling the new solution）
4. 新モデルの試行（Examining the new model）
5. 新モデルの実践（Implementing the new model）
6. プロセスの省察（Reflecting on the process）
7. 実践の確立・一般化（Consolidating the new practice）

これらの段階の中で特に，疑問化・分析・省察といったフェーズでは，哲学対話の手法がより有効的に利用できると考えられる．また，拡張的学習が実践的・構造的変革を目指す枠組みであるのに対し，哲学対話は認知的・意味的変革を支える方法として機能するとも捉えられ，哲学対話を通じ，「そもそもなぜこの問題が問題なのか？」を探ることにより，拡張的学習の初期フェーズをより深く，内在的に行える可能性も存在するなど，相互補完的な関係にある．

4. ガーゲンの関係に基づく評価と哲学対話

ガーゲンら(2022)[4]は，従来の一斉テスト型による教育的評価を「工場モデル」と表し，学びに携わる人々の「関係に基づく評価」を提唱している．

ガーゲンは，「自己」や「価値」などの概念は、人と人との相互作用の中で形成されると考え，評価は関係性の中で生成される社会的なプロセスだとしている．つまり，誰が誰をどういう場面で評価するかによってその意味は変わる，ということである．ここでの評価は固定的ではなく流動的であり，文化的・社会的文脈に依存することとなる．また，評価は「正しさ」よりも、「その関係の中でどんな意味を共有できるか」が重視される．

これらのことからも，哲学対話との親和性が高いことが伺えるが，もう少し深めていく．

1. 対話を通じた意味の生成
   ガーゲンは，評価や真理は対話の中で生成され，評価とは個人を裁くものではなく，関係をつなぐ行為であるとし，哲学対話も，答えや意味はあらかじめ与えられたものではなく，対話の中で参加者によって共に探求・構築されるものとするなど，両者とも「意味は対話の中でつくられる」という社会構成主義的な立場を取っている．

2. 一方的な評価ではなく探求
   ガーゲンは，権力関係に基づく一方的な評価を問題視し，評価とは対等な対話を通じて再構成されるべきであり，対話のきっかけとしての意味生成のプロセスと捉えている．哲学対話も優劣や正解を決めるのではなく，問い続ける態度を評価する．これらのことから，評価や知識を固定したものではなく，「問いを深める関係性の生成」とする点で共通している．

3. 自己の再構築
   ガーゲンは「自己とは関係性の網の中にある存在」であると述べ，哲学対話でも他者との対話を通して自分の考えを深め、「自分自身とは何か」を問い直すプロセスが中心であり，自己を「内面」ではなく「関係の中で変容するもの」としてとらえる点で共鳴する．

これらのことからも，関係に基づく評価によって哲学対話の効果を述べられる可能性が高まるであろう．

5. まとめ

エンゲストローム・ガーゲンらの 3 つの理論と哲学対話との親和性について考察した．

これらの理論はプロセスの中に心理的安全性を担保する仕組みも包含されており，より哲学対話との親和性も高まることに気づいた．

各種学習理論と哲学対話の親和性については，今後も継続的に探っていきたい．

参考文献

(1) 藤平昌寿：対話型コミュニケーションにおける意識変化の調査手法に関する考察 2, 教育システム情報学会第 44 回全国大会発表論文集，pp.197-198, 2019
(2) 藤平昌寿：オンライン・オフライン哲学対話の実践報告，教育システム情報学会第 46 回全国大会発表論文集，pp.51-52, 2021
(3) Engeström, Y. (1987). Learning by Expanding: An Activity-Theoretical Approach to Developmental Research.
(4) ケネス・J・ガーゲン，シェルト・R・ギル：何のためのテスト？評価で変わる学校と学び，ナカニシヤ出版, 2022

コロナ禍前後における大学新入生の情報リテラシーの変化

Comparison on Differences of Freshman's Computer and Information Literacy Before and After COVID-19

李 凱[*1], 堀江 郁美[*2]
Kai LI[*1], Ikumi HORIE[*2]
[*1] [*2] 獨協大学経済学部
[*1] [*2] Faculty of Economics, Dokkyo University

あらまし：本研究では，大学に入ってくる学生が高等学校でどのような領域で情報知識をよく学んでいるのかを把握するために，大学新入生を対象に情報プレースメントテストを実施した．また，コロナ禍前後における大学新入生の情報リテラシーの変化を比較した．結果として，新入生は「社会と情報システム」，「問題解決技法」，「情報とコミュニケーション」をよく理解できたことに対し，「情報のディジタル化」，「データモデルとデータベース」をあまり理解できていないことが分かった．また，コロナ後に「情報とコミュニケーション」エリアが改善されたことに対し，「アカデミック ICT リテラシー」と「社会と情報システム」エリアがコロナ前より低くなったことが分かった．今後，高等学校での学修状況に応じて，大学での情報教育が適切に支援や強化が必要であることが示唆された．
キーワード：一般情報教育，情報リテラシー，プレースメントテスト，コロナ禍

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の流行に伴い，2020（令和 2）年 3 月から小学校，中学校，高等学校，大学のすべての校種において，対面での教育機会が制限される状況となった(1)．2021 年度に小学 6 年と中学 3 年を対象に実施した全国学力・学習状況調査の結果により，学力の変化は顕著に見られなかった(2)．しかし，高等学校の生徒（以下は高校生と略）を対象とした学力調査がなかったので，高校生への影響は不明である．

高等学校学習指導要領により，「情報 I」の内容は(1)情報社会の問題解決，(2)コミュニケーションと情報デザイン，(3)コンピュータとプログラミング，(4)情報通信ネットワークとデータの活用が含まれている．「情報Ⅱ」では，「情報 I」の基礎をさらに深めた内容を学び，(1)情報社会の進展と情報技術，(2)コミュニケーションとコンテンツ，(3)情報とデータサイエンス，(4)情報システムとプログラミング，(5)情報と情報技術を活用した問題発見・解決の探究などが含まれている(3)．「大学入学共通テスト」に新設された「情報」のサンプル問題から見ると，内容は情報社会の問題解決，情報通信ネットワーク，プログラミング，統計処理などほぼ情報分野に関するすべての領域が含まれ，実際に高校生がどこまで習得できたかの調査が必要になる．

大学教育に関して，2008 年度の中央教育審議会答申「学士課程教育の構築に向けて」の中で，学士課程共通の学習成果に関する参考指針の中で「情報リテラシー」が汎用的技能として掲げられた「学士力」の 5 項目の一つとされている．日本では，大学における情報教育として学部，学科によらず，学士の段階で身に付けていることが望ましい情報や情報技術に関する素養についての教育を「一般情報教育」と捉えている．情報処理学会では，一般情報教育に関する知識体系(GEBOK: General Education Body Of Knowledge)が策定されている(4)．GEBOK は，情報とコミュニケーション，情報のディジタル化，コンピューティングの要素と構成，アルゴリズムとプログラミング，データモデリングと操作，情報ネットワーク，情報システム，情報倫理とセキュリティなど 10 エリアで構成される．

中等教育で学んだ情報知識の実態を把握し，適切な高大連携を提供することが重要である．本研究は大学の一年新入生がどのような領域で情報知識をよく学んでいるのかの把握，及びその実態に合わせた教育の提供を目的とする．

まず，高大接続の視点から大学一年の新入生を対象に高校までに習得した情報の知識とスキルを把握するために，情報プレースメントテスト（Information Placement Test，以降，IPT と略す）を実施する．

次に，コロナ禍前後における情報知識の変化に合わせた教育を提供するために，2020 年 4 月に入学した新入生（高校の授業がまだコロナ禍に影響されていない学生）と，2024 年 4 月に入学した新入生（4 年間にコロナ禍に影響された学生）を対象に，IPT の結果による情報リテラシーの変化を比較する．

2. プレースメントテストの実施

本研究で用いた情報プレースメントテストは，情報処理学会一般情報教育委員会が作られた IPT を利用し(5)(6)，10 エリアの知識体系から，それぞれのエリアから 5 問を選択し，計 50 問を出題した．すべての問題は，四つの選択肢と「わからない」の中から一つだけ選ぶ選択問題に統一している．

首都圏の某私立大学経済学部の新入生を対象に，春学期第一回目の授業（あるコンピュータの入門レベルの授業）で IPT を実施した．2020 年は 174 名，

2024 年は 188 名からの回答を得ている．

3.　テストの結果

3.1 合計得点の分布

一つの質問は 1 点として計算し，満点合格は 50 点になっている．2020 年度の最低得点は 4 点，最高得点は 37 点(M=21.16, SD=6.51)，2024 年度の最低得点は 2 点，最高得点は 43 点(M=22.12 点，SD=6.78)となっていた．全体的に点数が低い方に偏り，高等学校までの情報に関する知識・スキルが十分に習得できていると言えない．

3.2 各エリアの得点

本研究では，個別問題の解答状況を評価せず，情報処理学会で作られた一般情報教育に関する知識体系 GEBOK の各エリアに注目し，高校の情報科目でどのように把握できたかを評価する．

新入生がエリア 5「社会と情報システム」,エリア 10「問題解決技法」，エリア 6「情報とコミュニケーション」などの一般情報論理，概念，常識，いわば文系向きの知識が「情報 I」教科で良く学ばれていたと分かった．しかし，エリア 8「情報のディジタル化」，エリア 3「データモデルとデータベース」など理系・情報専門寄りの内容があまり習得できていないことが分かった．

3.3 コロナ禍前後の比較

2020 年のコロナ禍の影響により，多くの学校で長期間の休校，短縮授業や分散登校などが行われた．各学校では ICT を活用して学校と家庭をつなぎ，遠隔・オンライン教育が実施された．しかし，学校・家庭の ICT 環境の格差や，教員の ICT 活用能力の違いにより各授業に様々な影響を与えたと予測される．コロナ禍前後における大学新入生の情報リテラシーの変化を明らかにするため，本研究では 2020 年 4 月に入学した新入生（高校の授業がまだコロナ禍に影響されていない学生）と，2024 年 4 月に入学した新入生（4 年間にコロナ禍に影響された学生）の IPT 得点を比較した．

結果として，2020 年度(M=21.16)と 2024 年度(M=22.12)の合計得点間に有意な差がみられなかったが(p>0.05), 以下の 5 つエリア間の平均得点に有意な差がみられた(p<0.05). エリア 1「アカデミック ICT リテラシー」に関して，2020 年(M=2.59)は 2024 年(M=1.95)より有意に高かった．エリア 4「メディアとコンピュータの歴史と未来」に関して，2024 年(M=1.71)は 2020 年(M=0.93)より有意に高かった．エリア 5「社会と情報システム」に関して，2020 年(M=2.85)は 2024 年(M=2.32)より有意に高かった．エリア 6「情報とコミュニケーション」に関して，2024 年(M=2.32)は 2020 年(M=2.71)より有意に高かった．エリア 8「情報のディジタル化」に関して，2024 年(M=1.85)は 2020 年(M=1.17)より有意に高かった（図 1）．

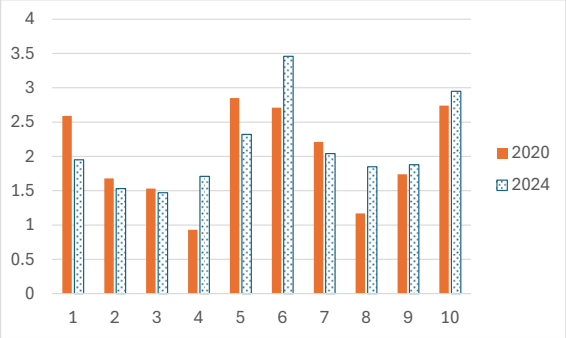


図 1 2020 年と 2024 年の各エリアの平均得点

4.　おわりに

本研究では，大学一年の新入生を対象に情報リテラシーに関する知識とスキルを把握するために，情報プレースメントテストを実施した．また，コロナ禍前後における情報リテラシーの変化を比較した．本研究の結果は，大学における一般情報教育において，どのような内容を強化すべきかに重要な参考になる．今後学生の実態に合わせた情報教育を提供することが可能になる．

課題として，本研究はコロナ禍前後における変化の理由についてまだ明らかにしていない．コロナ禍の影響，遠隔授業，教育内容の変更，経済的変化など理由が考えられる．また，本研究は新入生全員を対象とした調査であるため，参加者に共通テスト入試，推薦入試など様々な学生が含まれ，知識レベルの違いにより得点の分散が大きく影響されたと考えられる．今後は入試形態別，高校での学修状況別などを適切なサブグループに分けて再検討する必要がある．

参考文献

(1) 文部科学省:“全国一斉臨時休業関係”, https://www.mext.go.jp/a_menu/coronavirus/mext_00006.html (参照日 2025 年 5 月 26 日)
(2) 文部科学省:“令和 3 年度全国学力・学習状況調査の報告書・集計結果について”, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku-chousa/sonota/1419141_00001.htm (参照日 2025 年 5 月 26 日)
(3) 文部科学省:“高等学校学習指導要領”, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/mext_01831.html (参照日 2025 年 5 月 26 日)
(4) 情報処理学会情報処理教育委員会:“情報専門学科におけるカリキュラム標準 J07”, http://www.ipsj.or.jp/12kyoiku/J07/J0720090407.html (参照日 2025 年 5 月 26 日)
(5) 河村一樹:“情報分野における高大接続のためのプレースメントテストの実施と評価”，東京国際大学論叢人間科学・複合領域研究，巻: 4 号, pp. 35-57 (2019)
(6) 中鉢直宏:“情報プレースメントテストによる高崎商科大学における情報知識の傾向に関する調査と評価”, 高崎商科大学紀要, (37), pp.67-77 (2022)

大学での一般情報教育の実施内容に関する一考察
－学習者の入学前の学習状況に関する調査を踏まえた中間報告－

Consideration of Appropriateness of General Information Education Curriculum in a University
- Preliminary Report Based on Learner Survey Results -

布施 泉[*1]
Izumi FUSE[*1]
[*1] 北海道大学情報基盤センター
[*1]Infomation Initiative Center, Hokkaido University
Email: ifuse@iic.hokudai.ac.jp

あらまし：高等学校で新学習指導要領を履修した学生が，2025 年度から入学している．大学の一般情報教育を担う現場では，学習者の状況を考慮したカリキュラム構築を模索していると考える．本稿では，必修として開講している一般情報教育の授業内容について，どの程度，高等学校等で学習し既知となっているかの調査を行った．その結果を踏まえ，次年度に向けた考察を行う．
キーワード：新学習指導要領，一般情報教育，既習

1. はじめに

高等学校の新学習指導要領を経た学生が 2025 年度から大学に入学している．筆者は，本務校（以下本学）にて，大学 1 年生対象の必修の情報教育の授業を企画する立場におり，特に前半 8 週間の情報リテラシー教育に関する内容の検討を主に行っている．

大学の情報教育の実施に関し，高等学校の学習指導要領の変化による影響は，2003 年に情報が新科目として必履修になった学生が 2006 年度に入学した際に明らかに見てとれた．本年はそれと同様の大きな影響が表れる可能性があると考えている．

本稿執筆時点では，すべての授業が終了しておらず中間報告にはなるが，2025 年に実施した前半 8 週間の情報教育の内容を示し，筆者が責任教員を務める文系クラスでの学習者の既習状況調査等を踏まえ，次年度に向けた準備に関する考察をまとめる．

2. 本学の一般情報教育の実施内容の概要

本学では，大学 1 年生が必修となる一般情報教育を半期 2 単位で開講し，統一カリキュラムで実施している．大きく前半と後半で内容を分けている．前半は表 1 の学習内容を，後半ではプログラミングをはじめとしたデータサイエンスの内容を実施している．以下では，前半部分に焦点を当てた議論を行う．

表 1 で示した内容の概要は以下の通りである．

キー入力(A)：授業時に短時間行わせ，その記録を収集し，結果に応じた点数を与える．授業時間外での自習を推奨する
情報倫理(B)：指定した情報倫理デジタルビデオ小品集を視聴させ，確認問題を行わせる
レポートの作法(C)：指定のテキストデータを Word に張り付け整形する課題に加え，内容に関するトピックセンテンスを抽出させる
表計算(D)：csv データを取り込んでの表計算課題．条件分岐（if 文）を入れ子で入力させる箇所有．余裕のある人は散布図の作成も
地理空間情報(E)：Google Map を用いた地物の追加．kmz を提出．オープンデータの話も
ウェブページとマークアップ言語(F)：HTML のタグと階層構造の理解を主とする
色のデジタル表現(G)：HTML ファイル上で色を表現
画像のデジタル表現(H)：Excel を用いた画像の諧調変更とブラウザ上での画像表示等
協調型レポート(I)：グループでテーマを決め，当該データに基づく情報共有を踏まえての個別レポートの作成（配点大）
各種テスト(J)：授業時実施（情報倫理，前半全体等）

表 1 必修の一般情報教育での実施内容（前半 8 週）

回	学習内容					
1		不正行為の確認問題 情報倫理 (1) 確認問題 アンケート調査	基本事項の説明 電子メール		ウェブブラウザーを利用したファイルのダウンロード 文書作成 ソフトウェア	
2	キー入力	情報倫理 (2) 確認問題	レポートの作法		プライベートファイルの扱い ウイルスチェック テキストエディター	クリティカルシンキング (加点課題)
3	キー入力	情報倫理 (3) 確認問題	表計算によるデータ処理	協調型レポート	ファイル名拡張子と関連付け	表計算によるデータ抽出と複合グラフ (加点課題)
4	キー入力 「Excel」確認テスト	情報倫理 (4) 確認問題	地理空間情報		画面キャプチャ	
5	キー入力	情報倫理 (5) 確認問題	ウェブページとマークアップ言語		ファイルとフォルダー ZIPファイルの取り扱い	
6	キー入力 「HTML」確認テスト	情報倫理 (6) 確認問題	色のデジタル表現	協調型レポート 次回までに提出		
7	情報倫理テスト	情報倫理 (7) 確認問題	画像のデジタル表現	相互評価		
8	前半小テスト	情報倫理 (8) 確認問題 情報セキュリティ 確認問題 情報セキュリティ 記述問題		相互評価確認 次回までに最終版提出		

3.　学習者の状況

本章では，筆者が担当教員を務める文系クラスの概況を示す．まず，授業開始直後に学習者に対して行った調査結果の一部を表 2 および表 3 に示す．

まず，受験科目として，情報 I を受験したか旧情報を受験したかの違いによるコンピュータ及びプログラミングの印象の結果を表 2 に示す（旧課程者は，情報 I と旧情報のどちらを受験するかを選択できることに留意する必要がある）．印象としての選択肢には，肯定的（好き／面白そう）と否定的（難しそう／嫌い）を選定している．

担当学生が文系である影響とも考えるが，表 2 の結果より，学習者はコンピュータならびにプログラミングに関し，否定的な印象を持つ回答が多いことがわかる．特に，プログラミングに関しては，コンピュータに対する印象に比して嫌いという回答が増えている点が気がかりである．

次にキー入力，文書作成，表計算，プレゼンテーションの基本スキルの自己評価結果であるが，情報 I 受験者では，キー入力は概ねできると答えているものの，文書作成，表計算，プレゼンテーションについては，自信がない割合が多いことがわかる．さらにウェブページ作成については，ほぼできないという回答であった．前章の通り，大学の一般情報教育では，プレゼンテーションは学習の範囲からは省いているものの，他の基本操作は学習項目として取り入れている．

前半の学習内容を終える第 8 週に，各課題の既習状況を確認する調査を行った．当該の最終結果は本稿執筆時点では確定しておらず，3 割程の学習者の回答結果による，大まかな状況を以下に示す．最終結果等の詳細は全国大会にて提示することとしたい．

・キー練習課題：役に立った・少し役に立ったとの肯定的回答の割合が 8 割弱である
・レポートの作法の学習状況：7 割がこれまで学んだことがなかったと回答
・最も取り組みが困難な課題（前ページの A, C, D, E，F，G，H の項目を提示し単一選択）：表計算(D)，ウェブページ…(F)の回答が多く，色(G)・画像(H)に関する回答が少ない
・情報倫理の理解状況（既習状況）：半分程度理解とする学習者が最も高い．
・著作権に関する理解状況（既習状況）：半分程度理解とする学習者が最も高いものの，情報倫理と比して，理解していないと答える割合が多いように見受けられる．

表 2 受験科目とコンピュータ（括弧内はプログラミング）の印象

	旧情報	情報 I	その他
好き	1(1)	13(4)	1(0)
面白そう	1(2)	17(24)	4(3)
難しそう	17(17)	64(62)	2(3)
嫌い	0(2)	7(15)	0(1)
その他	1(0)	2(0)	-
未回答	1(0)	2(0)	-

表 3 受験科目とキー入力・文書作成・表計算・プレゼンテーション・ウェブページ作成の習得状況

	旧情報	情報 I	その他
できる	6/1/1/1/0	41/12/4/11/1	4/4/3/3/0
大体できる	13/8/1/6/0	48/38/7/40/4	1/1/1/2/1
自信がない	2/8/7/8/9	15/42/65/43/31	2/2/2/2/2
できない	0/4/12/6/12	1/13/28/11/68	0/0/1/0/4
未回答	0/0/0/0/0	0/0/1/0/1	0/0/0/0/0

4.　考察

3 章で示した結果はごく一部のものであり，今後，より詳細に分析する必要はあるが，次年度からの本学の一般情報教育（前半）の学習内容の検討に際し，以下の点を留意したいと考えている．

・表計算：知識と理解状況は平均的には高くはなく学習者による幅が見受けられる（高等学校までで既習であるものの課題の取り組みが困難とする学習者が見受けられる）．これまでも，操作教育のみを行っているわけではないものの，操作をさせながら何らかの発展的な目的を達成させるような取り組みを追加し，幅広い学習者に対する課題を設定する必要があると考える．
・ウェブページとマークアップ言語：そもそも高等学校までで実施をされる割合は高くないようであり，かつディレクトリ構造の理解等は必要な学習項目と考えている．色と画像の表現とマージした課題とする等の検討も可能であると考える．
・音のデジタル表現の導入：情報リテラシーの学習時間を 15 週から 8 週に減らした際に学習項目から削除したが，色と画像の内容を削り，音データの作成，musicxml といった xml 形式の理解についても学習項目に含めることを検討したいと考える．
・情報倫理と著作権：SNS での情報発信が日常的に行われる状況であり，今後も学習者が，各種トラブルに巻き込まれる可能性がある．そのため，教材を改善させながら，またビデオを反転学習にて視聴させての追加情報を授業時に提示する等，より高い学習効果を見込めるような授業の実施方法を検討するために，各種データを分析し，模索していきたいと考えている．

5.　まとめ

本稿では，新学習指導要領を経た学生が大学に入学したことを踏まえ，本学の一般情報教育の学習内容に関し，学習者の既習状況等と，学習内容とがどのような関係になっているかを確認した．現時点では筆者の担当クラスのごく一部の内容のみを記載したが，過去を含め同様の調査を行っている．さらにデータを確認し，次年度以降の学習内容の検討を行う等，今後の情報教育に活かしていきたいと考える．

プレゼンテーション推敲支援のための 発表者の強調箇所と聞き手の注目箇所の差異抽出の試み

Attempts to Extract Differences Between Presenter's Emphasis and Listener's Attention for Supporting Presentation Refinement

阿部　岬[*1]，　大波　奨[*1]，　大沼　亮[*1]，　中山　祐貴[*1]，　宮寺　庸造[*2]，　中村　勝一[*1]
Misaki ABE[*1]，　Sho ONAMI[*1]，　Ryo ONUMA[*1]，　Hiroki NAKAYAMA[*1]，
Youzou MIYADERA[*2]，　Shoichi NAKAMURA[*1]
[*1] 福島大学　共生システム理工学研究科／共生システム理工学類
[*1]Department of Computer Science and Mathematics，　Fukushima University
[*2] 東京学芸大学　教育学部
[*2]Faculty of Education，　Tokyo Gakugei University
Email: {misaki, onami}@cs.sss.fukushima-u.ac.jp, {onuma, hnakayama, nakamura}@sss.fukushima-u.ac.jp, miyadera@u-gakugei.ac.jp

あらまし：スライドを用いたプレゼンテーションは，研究など思考作業の進捗を伝える手段として重要であり，推敲能力の養成が求められている．的確な推敲のためには，改善すべき箇所をしっかり把握することが重要であるが，未熟者には困難な作業と言える．特に，聞き手の反応を考慮した推敲が望ましいが，現実の制約下では難しい．本研究では，発表者の強調箇所に対する聞き手の注目箇所の差異を抽出し，推敲の手がかりとして視覚的にフィードバックする仕組みの実現を目指す．本稿では，スライドの構成的特徴と口頭説明（音声）の分析に基づく発表者の強調箇所の抽出，視線動向の分析に基づく聞き手の注目箇所の抽出，両者の差異抽出の概要を示す．
キーワード：プレゼンテーション推敲支援，強調箇所，注目箇所，視線動向

1.　はじめに

研究や企画などの知的生産作業の成果等を伝える手段としてプレゼンテーションは重要な存在である．特に，スライドを用いたプレゼンテーションは広く行われており，より分かり易いプレゼンテーションとするための推敲を行う能力の養成ニーズが大きい．

スライド推敲には，リハーサル時の聞き手のコメント等は貴重な参考となるが，時間的制約からコメントが十分に得られない場合がある．また，リハーサル時の聞き手の無意識反応は，スライドの問題点を知るヒントであり，最大限活用すべきであるが，現実の制約下では限界がある．

これに対して，聴衆の視線動向の分析に基づいて注目率を算出するシステム(1)が報告されている．聴衆の注目状況をプレゼンテーションの評価に活かそうとする点は興味深いが，スライド単位での分析に止まっており，スライド上の注目箇所は考慮されていない．また，ウェブページ中で閲覧者が注視したオブジェクトを抽出し，元のページ上に強調表示するシステム(2)が報告されている．実用的な表示方法を検討しているが，作成者による強調意図に対する注視の兼ね合いという点でのフィードバックは考慮されていない．

そこで本研究では，発表者の強調箇所と聞き手の注目箇所を推定し，それらの差異を発表者に視覚的にフィードバックする手法を開発する．これにより，発表者が強調して伝えようとする意図と聞き手の受け取り方の差異を考慮したスライド推敲のための新たな支援の実現を目指す．

2.　問題点と支援方針

2.1　問題点

本研究では，プレゼンテーション推敲支援における問題点のうち，以下のものに焦点を当てる．

（問題点 1）発表者の強調したい箇所がスライド上のどのような箇所なのかを判定することが難しい

（問題点 2）プレゼン実施時の聞き手の反応を発表者が把握することが難しい

（問題点 3）発表者の強調箇所と聞き手の注目箇所の差異の推定することが難しい

2.2　アプローチ

まず，スライドの構成的特徴と口頭説明（音声）の分析に基づいて発表者の強調箇所を抽出する手法を開発する．次に，視線動向の分析に基づいて聞き手の注目箇所を抽出する手法の開発をする．その上で，両者の差異を推定し，発表者にフィードバックする手法を開発する．これらの手法を導入したプレゼンテーション推敲支援システムの開発を目指す．推敲支援の概要を図 1 に示す．

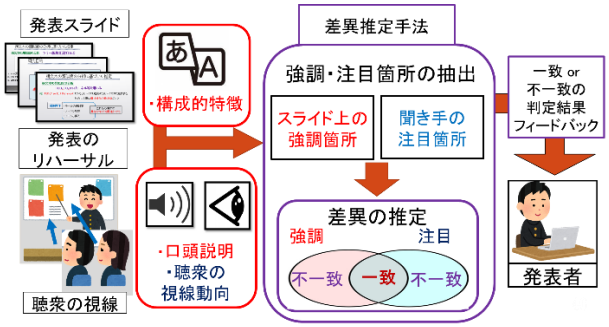


図 1　強調と注目の差異を考慮した推敲支援の概要

3.　強調箇所と注目箇所の差異抽出手法

3.1 スライドの構成的特徴と口頭説明の分析に基づく強調箇所の抽出

スライド内には，構成的特徴に基づく強調表現が存在する．本研究における強調表現を以下の 4 つとする．

A)　フォントサイズによる強調：文字の大きさ利用した他部分との差別化
B)　配色による強調：文字の色を使った差別化
C)　図形の利用による強調：テキストを囲む，吹き出しなどによる他部分との差別化
D)　太文字や下線などの文字装飾による強調：文字のデザインによる他部分との差別化

これらの強調表現を含む箇所を発表者の強調箇所として抽出する．具体的には，フォントサイズについては，他の箇所とのフォントサイズの差が一定以上ある箇所を強調箇所として，配色についてはスライド内で最も多く使用された文字の色を取得し，その他の配色である文字を強調表現として抽出する．図形の利用と文字の装飾についてはそれぞれ図形や装飾が使用されている箇所を抽出する．

次に，発表リハーサル時の音声データから，口頭説明上の強調箇所を抽出する．発表中に強調したい部分でピッチが高くなる傾向があることに注目し，口頭説明のピッチを抽出する．具体的には，リハーサル時の口頭説明から，スライドごとに説明している音声を切り出す．その後，ピッチが高くなっている箇所を抽出し，その部分をテキスト化する．このテキストとスライド上の文章を比較し，該当部分を音声による強調箇所とする．

その上で，スライド上の構成的特徴と口頭説明の分析から抽出した強調箇所を照合し，スライド上の強調箇所を推定する．

3.2 視線動向の分析に基づいた注目箇所の抽出

人が画面等を見る際，視線は通常「左上，右上，左下，右下」の順に規則的に動くことが知られている．これを正常な視線動向と捉え，ここでは，注目時の視線動向として以下の 3 つを考える．

①　視線停留：一定時間以上視線が留まる状態
②　戻り：一度見た箇所に再度視線が戻る状態
③　例外的初期視線：視線の初期位置が左上の領域外である状態

これらからスライド上の注目時の視線の停留時間と視線動向を取得し（図 2），注目箇所を推定する．

3.3 強調箇所と注目箇所の差異の抽出

発表者の強調箇所と聞き手の注目箇所の座標の範囲をそれぞれ抽出し座標間の距離によって差異を判定する．

具体的には，スライド上において，抽出した強調箇所の座標の範囲を設定する．次に，設定した強調箇所の座標と取得した注目箇所の座標を比較する．強調箇所の座標範囲内に存在する注目箇所が一定未満の場合，および，強調箇所の座標範囲内に注目箇所が存在しない場合は差異が生じていると判定する．

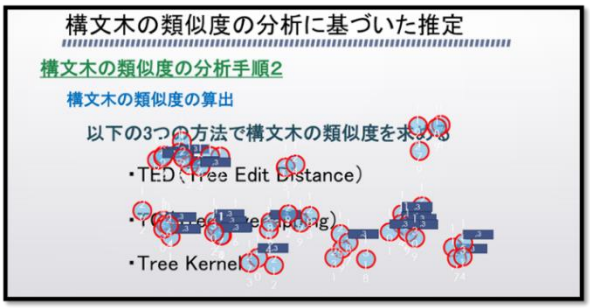


図 2　注目箇所抽出の様子

4.　強調箇所と注目箇所の差異の提示

強調箇所と注目箇所の提示方法については，それぞれ抽出した強調箇所の範囲と注目箇所の座標をスライド上で表示する，また，強調と注目の差異の判定結果から該当箇所をスライド上で表示する．

具体的には，強調箇所であれば赤，注目箇所であれば緑でスライド上の座標に対して色付けを行う．差異の提示は，判定結果からスライド上の差異が生じている箇所は推敲候補の可能性が高いので座標の範囲を赤い囲みで提示する．また，差異がない場合はスライド上に黒い囲みで提示する．支援システムインタフェースを図 3 に示す．

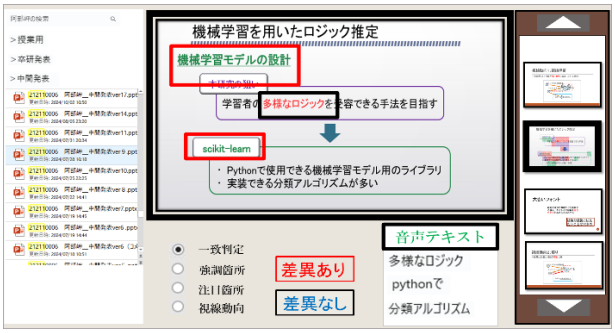


図 3　支援システムインタフェース

5.　まとめ

本稿では，発表者の強調箇所と聞き手の注目箇所の差異を考慮したプレゼンテーション推敲支援について述べた．今後は，実際のプレゼンテーションを対象とした実験を重ね，提案手法の有効性の検証と改善を進めたい．

参考文献

(1)　田京佑一，梶克彦: “聴衆の注目率をプレゼンの場に直接フィードバックするシステム ”，マルチメディア，分散協調とモバイルシンポジウム 2021 論文集, pp.1424-1429 (2021)
(2)　中村亮太，赤坂将，柳沢達也，市川哲: “Web ページの多評価のための視線測定と文書構造解析を組み合わせた注視情報視覚化 ”，情報処理学会論文誌，Vol.52, No.12, pp.3868-3875 (2011)

真偽見極め支援のためのソーシャルメディア記事に対する他者反応の抽出

Extraction of Others' Responses to Social Media Posts for Supporting Determination of Authenticity

小野寺 玲央[*1], 大沼 亮[*1], 中山 祐貴[*1], 神長 裕明[*1], 宮寺 庸造[*2], 中村 勝一[*1]
Leo ONODERA[*1], Ryo ONUMA[*1], Hiroki NAKAYAMA[*1],
Hiroaki KAMINAGA[*2], Youzou MIYADERA[*2], Shoichi NAKAMURA[*1]
[*1] 福島大学 共生システム理工学研究科／共生システム理工学類
[*1]Department of Computer Science and Mathematics, Fukushima University
[*2] 東京学芸大学 教育学部
[*2]Faculty of Education, Tokyo Gakugei University
Email: onodera@cs.sss.fukushima-u.ac.jp, {onuma, hnakayama, kami, nakamura}@sss.fukushima-u.ac.jp, miyadera@u-gakugei.ac.jp

あらまし：ソーシャルメディアが身近なメディアとなり，最新情報を迅速に得るための主要な手段となっている．しかし，ソーシャルメディア上には，有用な記事だけでなく，事実と異なる情報や憶測を含むものも多数存在している．そのため，ユーザ自らが記事の真偽を判断する能力が求められる．この種の能力は，記事の真偽を実際に見極める経験によって培われるが，未熟者は意義ある経験を積み重ねることが難しい．本研究では，ソーシャルメディア記事に対する他者反応を抽出・分類し，真偽見極めの手がかりとして提示する仕組みの実現を目指す．本稿では，真偽を疑うべき記事の抽出手法，他者反応の抽出・分類手法の概要を示す．また，実際のソーシャルメディア記事を対象とする実験について報告し，その結果に基づいて提案手法の有効性について考察する．
キーワード：真偽見極め経験，ソーシャルメディア，他者反応，情報視覚化

1. はじめに

現在, 日本のソーシャルメディア普及率は 81.5%(1)に上り，その即時性，手軽さから，最新情報を迅速に得るための主要な手段となっている．しかし，ソーシャルメディアには事実と異なるフェイク情報や様々な憶測も存在する．誤った情報で不利益を被らないためには，ユーザ自らが記事の真偽を判断する能力が求められる．この種の能力は，記事の真偽を実際に見極める経験によって培われるが，未熟者は意義ある経験を積み重ねることが難しい．

これに対して，ソーシャルメディアを用いたデマ判定システム (2)，訂正投稿を用いたフェイクニュース収集システム (3)などが報告されているが，殆どが記事の真偽の自動判定を主としており，未熟者自らによるソーシャルメディア記事の見極め経験の支援は考慮していない．

本研究では，ソーシャルメディア記事に対する他者反応を抽出・分類し，真偽見極めの手がかりとして提示する仕組みの実現を目指す．これにより，ソーシャルメディア記事の真偽見極め経験のより現実的な促進方法の可能性を探る．

2. 問題点と支援方針

2.1 対象

対象のソーシャルメディアとして，本研究では共有機能による拡散力が高いソーシャルメディアである X を用いる．X では，その拡散力故にフェイク記事や誤解を招く記事も，情報の真偽に関係なく拡散されてしまいがちである．このことから本研究が目指す見極め経験促進の必然性が高いと考える．

2.2 問題点

本研究では，ソーシャルメディア記事の真偽を見極める経験の獲得を考える上で，以下の 2 つの問題点に焦点をあてる．

(問題点 1)ソーシャルメディア上には大量の記事があり, それらすべてに注意を払うのは現実的でない．
(問題点 2)未熟者自身で意義ある真偽見極めの経験を積むことは容易ではない．

2.3 アプローチ

まず，真偽を疑うべき記事を抽出する手法を開発する（問題点 1 に対応）．次に，他者反応の抽出・分類手法を開発する．加えて，真偽を疑うべき記事と関連する他者反応を合わせて提示する手法，見極め経験促進のための議論支援手法を開発する(問題点 2 に対応)．真偽見極め支援の概要を図 1 に示す．

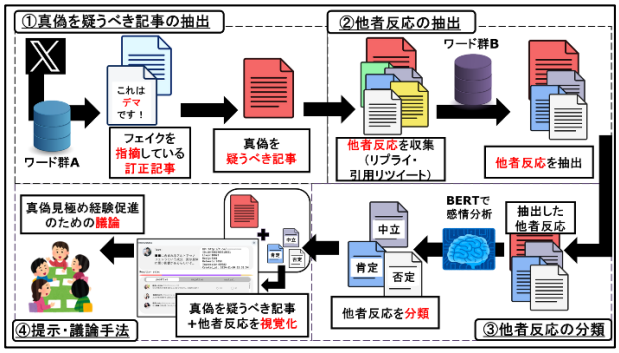


図 1 ソーシャルメディア記事の真偽見極め支援の概要

3. 真偽を疑うべき記事の抽出方法

本研究では，特定の記事に対して情報の真偽に関して指摘している記事に着目し，真偽を疑うべき記

事の抽出を行う．

なお，本研究では，特定のツイートに対して真偽を指摘する表現を含む引用リツイートとリプライ記事を訂正記事と定義する．また，真偽を疑うべき記事については訂正記事の訂正元の記事とする（図 2）．

訂正記事の抽出に関しては，既存研究(3)で明らかになっている，フェイクを指摘しているツイートに頻繁に含まれる言語パターン（フェイクパターン）を用いて行う．投稿の中からフェイクパターン内の単語を含んでいる投稿を訂正記事として抽出する．その上で，訂正記事の情報を基に再度検索を行い，訂正先の真偽を疑うべき記事を抽出する．

図 2 訂正記事と真偽を疑うべき記事の関係

4. 他者反応の抽出と提示

4.1 他者反応の抽出

本研究では，抽出した真偽を疑うべき記事に対するリプライと引用リツイートの 2 種類を他者反応と定義し，これらを収集する．

しかし，抽出する他者反応の全てが真偽を疑うべき記事の真偽を見極める際に有効になるとは限らない．情報の真偽の見極めに有効な他者反応を抽出するために，理由や根拠が示されている他者反応に注目する．具体的には理由や根拠を示す際に頻出する順接と逆接の接続詞と，理由や根拠が付随された文章に共通する特有の表現にも着目し，それらをまとめた接続詞リストと特有の表現リストを作成する．その後にそれら 2 つのワードリストの両方に含まれる単語を含む他者反応を抽出する．

4.2 他者反応の分類

抽出した他者反応を，記事の真偽見極めの判断材料としてより効果的に提示するために，「肯定」,「否定」,「中立」の 3 種類の感情に分類する．分類には BERT を使用する．この際，抽出を行った他者反応に上記の 3 種類のラベル付けたものを教師データとして用意し，ファインチューニングする．

4.3 他者反応の提示

真偽を疑うべき記事，抽出・分類した他者反応，および，記事に対するインプレッションを対応づけて視覚的に提示する（図 3）．未熟者は，それらを真偽の判断の参考にしながら，真偽を疑うべき記事の見極めを試みる．その上で，未熟者同士でグループを形成し，判断根拠や意見を対比させながら，真偽見極めに関する議論を行わせる．

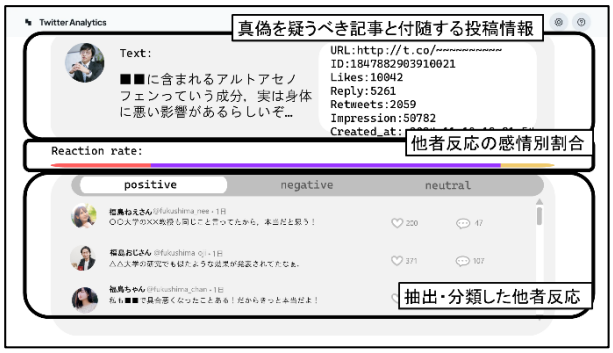


図 3 提示する記事とインプレッションの表示

5. 実験と考察

5.1 実験概要

実際の真偽を疑うべき記事に対する他者反応を収集し，提案手法による他者反応の抽出実験を行った．10 記事に対する他者反応を計 7058 件用意し，提案手法による抽出を実施した．これとは別に，他者反応を実験者が 1 つずつ目視で精査し，正解データを作成した．両者を比較して，抽出精度を算出した．

5.2 実験結果と考察

実験結果を表 1 に示す．比較的良好な適合率が得られていると考えられる．一方，再現率は振るわない結果となったが，限定的な接続詞・特有表現リストを用いた抽出であることを考慮すると，チューニングによる改善が見込まれる．今回の実験は規模が限られているが，今後に期待が持てる感触を得ることができた．

表 1 他者反応の抽出結果

適合率	再現率	F 値
0.76	0.12	0.21

6. おわりに

本論文では，数多のツイートの中から，真偽を疑うべき記事を抽出する手法，他者反応を収集し，そこから有用と考えられるものを抽出・分類する手法について述べた．また，実際のソーシャルメディア記事を対象とする実験を通して，提案手法の有効性について考察した．今後は，議論支援との兼ね合いを含めて，他者反応抽出・分類手法の有効性検証と改善を進めたい．

参考文献

(1) 総務省：“情報通信白書令和 5 年版：概要” https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r05/html/nd247100.html（参照 2025.6.5）
(2) 鳥海不二夫, 篠田孝祐, 兼山元太, “ソーシャルメディアを用いたデマ判定システムの判定精度評価”, デジタルプラクティス, Vol.3, No.3, pp.201-208（2012）
(3) 村山太一, 若宮翔子, 荒牧英治, “訂正投稿を用いたフェイクニュース収集システムの開発”, 第 12 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, pp.2-19（2020）

学びの振り返りの記述から 自尊感情の高まりに関する記述を抽出する教師あり学習モデルの構築

Construction of a Supervised Learning Model to Extract Descriptions Related to Nurtured Self-Esteem from Text Data of Reflections on Learning

齋藤 瑞樹[*1],福原 政哉[*1],山口 大成[*1],森本 康彦[*1]
Mizuki SAITO[*1], Seiya FUKUHARA[*1], Taisei YAMAGUCHI[*1], Yasuhiko MORIMOTO[*1]
[*1] 東京学芸大学
[*1]Tokyo Gakugei University
Email: m248107s@st.u-gakugei.ac.jp

あらまし：学習者が主体的に学んでいくため，振り返りながら学びを進めていくことが求められている．学習者が主体的に学びを進めていく上で，自己肯定感や自己効力感等の自尊感情を高めていくことが大切であると考える．しかし，自尊感情がどの程度高まっているのかを把握することは容易ではない．そこで，本研究では，学習者の自尊感情の高まりの傾向を把握することを目的とする．本稿では，学習者の考えや思いが外化された学びの振り返りの記述を用いて自尊感情の高まりに関する記述を抽出する教師あり学習モデルの構築を行った．
キーワード：学びの振り返り，自尊感情，教師あり学習，テキストデータ，機械学習

1. はじめに

近年，初等中等教育では「自己の学習活動を振り返って次につなげる」主体的な学びの重要性が指摘されており[(1)]，高等教育においても「何を学び、身につけることができるのか」を中軸に据え，主体的な学びの質を高めることが求められる[(2)]．そのため主体的な学びを実現するために，全ての学習者が絶えず自身の学びを振り返りながら，次に向けて意思決定しながら学びを進めていくことが期待される．

また生徒指導提要（2022）では，学びを進めていく際に「ありのままの自分を肯定的に捉える自己肯定感」や 「やればできるという自己効力感」を持つことができるように働きかけることが求められている[(3)]．つまり，学習者が主体的に意思決定をしながら学びを進めていく上で，自己肯定感や自己効力感等の自尊感情を高めることが大切であると考えられる．しかし，学習者自身が今どの程度自尊感情が高まっているのかを把握することは容易ではない．

一方で，自尊感情を高めることができているかを把握するためには学習者の継続的な学習を記録したｅポートフォリオの活用が考えられる．学習者が蓄積したｅポートフォリオから自尊感情が高まっているかを見取ることができれば，学習者が自らの自尊感情がどの程度高まっているのかの傾向を把握したり，またその自尊感情をもっと高めようと思うことができたりするきっかけになることが期待される．

そこで，本研究では学習者の自尊感情の高まりの傾向を把握することを目的とする．具体的には，生徒の考えや思いが外化された学びの振り返りの記述を用いた資質・能力の育成に関する記述抽出手法[(4)]に着目する．本稿では，自尊感情の高まりに関する記述を抽出する教師あり学習モデルの構築について述べる．

2. 学びの振り返りの記述から学習者の自尊感情の高まりに関する記述を抽出する方法

萩原ほか（2023）は学びの振り返りの記述から教師あり学習と形態素解析を組み合わせて資質・能力の育成に関する記述を抽出する手法を開発した[(4)]．この手法では，学びの振り返りの記述を一文区切りにし，1 文ずつ教師あり学習を用いて資質・能力の育成に関係がある記述かどうかを選り分ける．

そこで，本研究ではこの手法を応用し，教師あり学習を用いて学びの振り返りの記述から学習者の自尊感情の高まりに関する記述のみを選び出すにあたって，以下の手順で行う．

手順 1） 分類ラベルの決定
手順 2） 訓練用データの作成
手順 3） 教師あり学習モデルの構築
手順 4） 教師あり学習モデルの抽出精度の検証

なお本稿では，**手順 1）**の自尊感情の高まりに関する記述を選り分けるための分類ラベル（3.1 節），**手順 2）**の訓練用データの作成（3.2 節），**手順 3）**の学びの振り返り記述で学習した教師あり学習モデルの構築（3.3 節）まで述べる．

3. 自尊感情の高まりに関する記述を選び出す教師あり学習モデルの構築

3.1 分類ラベルの決定

学びの振り返りの記述を分類するにあたって自尊感情の高まりに関係がある記述と自尊感情の高まりに関係がない記述の分類ラベルを作成した．

本研究では，大学教員 1 名と大学院生 2 名で議論を重ね，自尊感情として自己肯定感・自己効力感の 2 つに着目した．自己肯定感を「自分や自身の学びを肯定的に捉えていることがわかる記述や自分や自

身の学びに対して前向きに取り組もうとしている記述」，自己効力感を「次の目標や学びに対しての自信や次への挑戦が現れている記述や成長を実感し，前向きな期待や自信を感じている記述」として，どちらかにでも当てはまる記述を「自尊感情の高まりに関係がある記述（分類ラベル：1)」，当てはまらない記述を「自尊感情の高まりに関係がない記述（分類ラベル：0)」として分類ラベルを定めた．

3.2 訓練用データの作成

2024 年度開講の A 大学のデータサイエンスや機械学習に関する講義の毎授業後に学生が記述した学びの振り返りの記述 300 件を一文区切りにした 1,115 件の記述を使用した（以下，教師用データ）．教師用データに対し，3.2 節に基づき，筆者らで手作業により分類ラベルを付与した結果，「自尊感情の高まりに関係がある記述」が 445 件，「自尊感情の高まりに関係がない記述」が 670 件に分類された（表 1）．

次に，教師あり学習モデルの構築と検証にあたり，教師用データを 8 : 2 に分割した．全記述の 8 割である 884 件の記述は，教師あり学習モデルを構築するために使用した（以下，訓練用データ）．全記述の 2 割である 231 件の記述は，モデルを検証するために使用した(以下，検証用データ)．

3.3 教師あり学習モデルの構築

訓練用データを用いて自尊感情の高まりに関する記述を選び出すための教師あり学習モデルを構築した．モデルを構築するにあたっては事前学習済み日本語 BERT モデルに対してファインチューニングを行った．なお構築環境には，プログラム実行環境である Google Colaboratory を用いた．

構築した教師あり学習モデルの評価を行った．モデルを用いて検証用データを分類し，その分類結果を予測ラベル，検証用データの分類ラベルを正解ラベルとしたときの混同行列を表 2 に示す．表 2 より「自尊感情の高まりに関係がある記述」を約 76%，「自尊感情の高まりに関係がない記述」を約 85%の割合で識別していることがわかった．このことから構築した教師あり学習モデルは，自尊感情の高まりに関する記述を，おおむね良好に選び出すことができる可能性が示唆された．

4. おわりに

本研究では，学習者の自尊感情の高まりの傾向を把握することを目的とし，学びの振り返りの記述を用いた自尊感情の高まりに関する記述を抽出する教師あり学習モデルの構築について述べた．

また，本研究で構築した教師あり学習モデルを用いることで今後学習支援への活用ができると期待される．例えば，抽出された記述数の推移を可視化し，可視化された結果を学習者がタイミングよく確認することで，自身の学びの中での現状の自尊感情の高まりの傾向を把握することができると期待される．

今後は，構築した教師あり学習モデルの抽出精度の検証を行なっていくこと，また学習者が主体的に意思決定しながら学びを進めていくために，自らの自尊感情の高まりの傾向を把握しながら粘り強く学習に取り組むことができるような支援システムの開発とその検証を行っていく予定である．

謝辞

本研究は，科研費（23K02681）の助成を受けた．

参考文献

(1) 文部科学省：“高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説 総則編”，東洋館出版社，東京（2018）
(2) 中央教育審議会：“2040 年に向けた高等教育のグランドデザイン（答申）”， https://www.mext.go.jp/content/20200312-mxt_koutou01-100006282_1.pdf （参照日 2025.06.04）
(3) 文部科学省:“生徒指導提要（改訂版）”，https://www.mext.go.jp/content/20230220-mxt_jidou01-000024699-201-1.pdf （参照日 2025.06.04）
(4) 萩原浩平，丸山浩平，森本康彦:“学びの振り返りテキストデータを用いた教師あり学習と形態素解析による資質・能力の育成に関する記述抽出手法の開発”，日本教育工学会論文誌，Vol.47，No.Suppl，pp.241-244（2023）

表 2　構築したモデルの混同行列

テストデータ［231 件］		予測ラベル		再現率
		0	1	
正解ラベル	0	89% [122 件]	11% [15 件]	89%
	1	24% [21 件]	76% [65 件]	76%
適合率		85%	81%	

表 1　分類ラベルと作成した教師用データの内訳

ラベル	説明	件数	テキストデータ（一部抜粋）
自尊感情の高まりに関係がある記述	自己肯定感，自己効力感を表す記述	445	・自身の課題として決めた lasso 回帰、ridge 回帰、ElasticNet の比較は最後まで終えることが出来、満足している。 ・グループで話し合っていく中でクラスタリングでできそうなことなどのアイデアが多く出て良かったと思う。 ・次回以降に関しても全員が少しずつ慣れてきて，プログラミング自体にも慣れてきたからこそ目的を持って，データ分析を行っていきたいと感じる。 ・わからないのは仕方がない部分もあるが、わからないなりに調べたことをまとめて、発表までできるように次回から頑張りたい。
自尊感情の高まりに関係がない記述	単なる学習活動の事実を表す記述	670	・単回帰分析は説明変数と目的変数がそれぞれ一つずつ存在するのに対して、重回帰分析は一つの目的変数に対して、説明変数が複数個存在する。 ・以前は、欠損値処理などに取り組んだが、予測モデルの部分については難しそうなイメージを持っていたためできていなかった。

階層的グラフニューラルネットワークを用いたドロップアウト予測

Hierarchical Graph Neural Networks for Student Dropout Prediction

淵本 壱真[*1]，和田 爽花[*1]，植野 真臣[*1]
Kazuma FUCHIMOTO[*1], Sawaka WADA[*1], Maomi UENO[*1]
[*1] 電気通信大学 情報理工学研究科
[*1] Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications
Email: fuchimoto@ai.lab.uec.ac.jp

あらまし：ドロップアウト予測とは，ある単位を落単する確率を予測することである．ドロップアウト予測では，リスクのある学生を早期に特定し，適切な学習支援を行うため，予測精度と解釈性の両立が求められる．本研究では，入学時学力調査の結果を特徴量として，問題特性を活用した階層的グラフニューラルネットワークによるドロップアウト予測手法を提案する．この結果，提案手法は，従来よりも予測精度を向上し，解釈性を持つことを示す．
キーワード：ドロップアウト予測，グラフニューラルネットワーク，CBT，パフォーマンス予測

1. はじめに

ドロップアウト予測とは，教育機関においてある学生が単位を取得できない可能性を予測することである．ドロップアウトは，その後の学習成果，精神状態，および進路に悪影響を及ぼすため，リスクのある学生を早期に予測し，教育機関が適切に支援することが重要である(1)．

近年，機械学習分野の発展により，様々なドロップアウト予測の手法が研究されている(2,3)．しかし，これらの手法は解釈性と予測精度の両立ができず，実応用には限界がある．

この問題を解決するために，本研究では，解釈性と予測精度を両立する階層的グラフニューラルネットワーク(GNN)(4)を用いたドロップアウト予測手法を提案する．入学時学力調査（数学）で得られた正誤データから入学後の数学科目のドロップアウト予測を行う．学力調査で用いられた問題項目には，分野や教科が階層的にラベル付けされている．提案手法では，この階層構造を段階的な GNN で構成することで解釈性と予測精度を両立する．

実データ実験の結果，提案手法は従来手法よりもドロップアウト予測の精度が向上した．さらに，提案手法は，GNN のグラフ構造を分析し，ドロップアウト予測に寄与した分野やその分野間の関連性を解釈できることを示した．

2. 提案手法

提案手法では，入学時学力調査（数学）で得られた正誤データから入学後の数学科目のドロップアウト予測を行う．学力調査で出題された各問題項目には分野や教科が階層的にラベル付けされている．例えば，分野は「微分」,「積分」など，教科は「数 I」,「数 A」など高校生の学習指導要領に従ってラベル付けされている．提案手法では，この階層構造を利用した GNN によるドロップアウト予測を行う．

図 1 は提案手法のモデル図である．はじめに，提案手法ではラベル付けされた分野ごとに，正誤データから問題項目 GNN を構築する．この問題項目グラフから Diffpool(5)を用いて，各頂点が各分野の特徴量を持つ分野 GNN に縮約する．ここで，Diffpool とは，クラスタ割り当て行列を用いて，グラフ構造と特徴量を段階的にソフトクラスタリングする手法である．Diffpool ではクラスタ割り当て行列から縮約後のグラフや予測に影響を与えた特徴量を解釈できる．したがって，その単位取得に必要な分野や教科の分析ができるため，リスクのある学生に適切な支援が可能となる．

さらに，提案手法では，分野にラベル付けされた教科ごとに，Diffpool(5)を用いて，各頂点が各教科の特徴量を持つ教科 GNN に縮約する．その後，提案手法では，この教科 GNN を Graph Attention Networks(6)と Diffpool に入力して得られた特徴量からドロップアウト予測を行う．これにより，提案手法では，問題項目と分野の階層構造を利用した GNN により得られた特徴量からドロップアウト予測を行う．

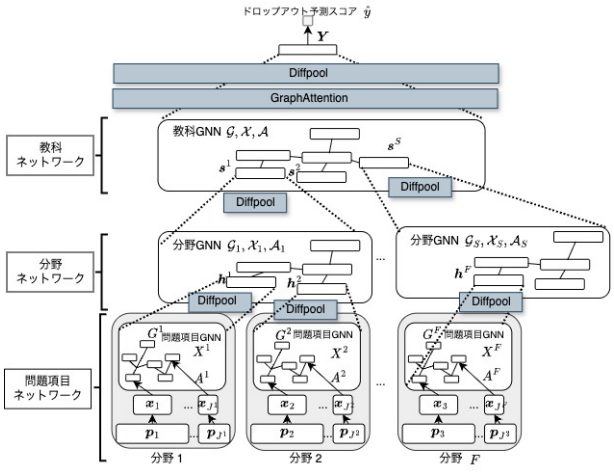


図 1 提案手法のモデル図

表 1 各手法の AUC

科目	提案(分野)	提案(教科)	GNN	DNN	XGB	LGBM
微積 1	**0.723** (0.071)	0.697 (0.064)	0.697 (0.064)	0.684 (0.071)	0.677 (0.035)	0.677 (0.032)
微積 2	**0.675** (0.030)	0.669 (0.026)	0.669 (0.027)	0.650 (0.028)	0.592 (0.034)	0.598 (0.023)
線形 1	**0.679** (0.036)	0.674 (0.031)	0.674 (0.032)	0.644 (0.048)	0.664 (0.066)	0.667 (0.075)
線形 2	**0.637** (0.037)	0.632 (0.039)	0.632 (0.039)	0.611 (0.026)	0.610 (0.033)	0.601 (0.018)
数演 1	0.709 (0.041)	0.700 (0.038)	0.700 (0.039)	**0.712** (0.032)	0.644 (0.037)	0.653 (0.035)
数演 2	**0.729** (0.065)	0.716 (0.057)	0.729 (0.042)	0.717 (0.067)	0.644 (0.059)	0.643 (0.047)
解析学	**0.693** (0.052)	0.690 (0.042)	0.716 (0.057)	0.689 (0.035)	0.635 (0.062)	0.637 (0.060)
平均	**0.692** (0.047)	0.683 (0.042)	0.683 (0.042)	0.672 (0.043)	0.638 (0.046)	0.639 (0.041)

3. 評価実験

評価実験では，本学の入学時学力調査における数学 CBT 試験の各問題への正誤反応データを用いる．この学力調査は 666 人が受検し，18 分野 6 教科から全 141 問題項目が出題された．このデータから各学生が 1 年時に受講した数学系科目 7 つ（微積 1・2，線形代数 1・2，数学演習 1・2，解析学）に対してドロップアウト予測を行った．ただし，本研究では，可または不可を取得した学生をドロップアウトとした．

結果を表 1 に示す. 提案(分野)と(教科)はそれぞれ階層構造を分野 GNN，教科 GNN(図 1)まで構成した場合を示す．提案(分野)は数学演習第一を除く全科目で最も高い AUC を示した．また，全科目の平均 AUC も従来手法より良い値を示した．特に，階層構造を考えない GNN と比較して，予測精度が向上した．そのため，本研究のように，明示的な階層構造を GNN で学習することは，モデルの解釈性を高めるとともに，予測精度の向上にも寄与した．

一方で，提案(教科)は予測精度でわずかに提案(分野)より精度が悪化した．したがって，過度に複雑なラベル付けや階層構造は予測精度に悪い影響を与えることを示している．

次に，提案手法のドロップアウト予測に寄与した分野を解析するために，分野グラフの縮約に用いたクラスタ割り当て行列を分析する．この行列を分析することで，各科目のドロップアウトにどの分野がどの程度影響するか可視化できる[5]．

図 2 に結果を示す. 図 2 は数学 7 科目について得られたクラスタ割り当て行列のヒートマップである．具体的には，縦軸は分野，横軸はドロップアウト予測を行った科目を示す．また，ヒートマップの色が黄色に近い（行列の値が大きい）ほど，その科目のドロップアウト予測における分野の影響が強いことを示す. この図から, 全ての科目において,「積分法」がドロップアウト予測に最も大きな影響を与えることが分かる．

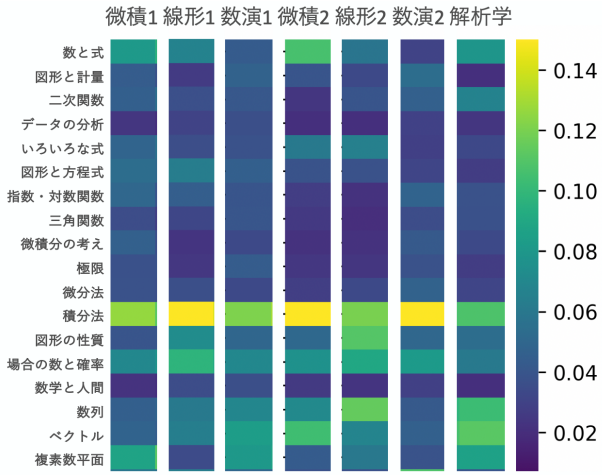


図 2 各科目のドロップアウト予測の要因分析

一方で,「微分法」は微積のドロップアウト予測でさえ，ほとんど影響を与えておらず，興味深い結果を示した．

以上のように，提案手法はドロップアウト予測に寄与した要因を解釈することで，リスクのある学生へ学習内容を考慮した適切な支援ができる．

4. むすび

本研究では階層的グラフニューラルネットワークを用いたドロップアウト予測手法を提案した．実データ実験の結果，提案手法は従来手法よりも解釈性を向上し，ドロップアウト予測精度も向上した．

今後は，個々の学生がドロップアウト予測に影響を与える要因を分析できる手法への拡張を目指す．

参考文献

(1) Rola Ajjawi, N. Z. S. B., Mary Dracup and Boud, D.: Persisting students 'explanations of and emotional responses to academic failure, Higher Education Research ￥Development, Vol. 39, No. 2, pp. 185-199 (2020).
(2) Chen, T. and Guestrin, C.: XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. In Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD '16), 785–794, (2016).
(3) Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., and Liu, T. Y.: LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree, in Advances in Neural Information Processing Systems, Vol. 30 (2017).
(4) Scarselli, F., Gori, M., Ah Chung Tsoi, , Hagenbuchner, M., and Monfardini, G.: The Graph Neural Network Model, IEEE Transactions on Neural Networks, Vol. 20, No. 1, pp. 61–80, (2009).
(5) Ying, R., You, J., Morris, C., Ren, X., Hamilton, W. L., and Leskovec, J.: Hierarchical Graph Representation Learning with Differentiable Pooling, In Proceedings of the 32nd International Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS'18), pp. 4805–4815, (2018).
(6) Veličković, P., Cucurull, G., Casanova, A., Romero, A., Liò, P., and Bengio, Y.: Graph Attention Networks, in ICLR 2018, (2018).

子どもを対象とした初対面コミュニケーション緊張緩和システムにおけるゲーミフィケーションの効果
Communication Anxiety-Relief System for Children's First-Time Encounters

後閑 星彦[*1], 河野 義広 [*2]
Toshihiko Gokan[*1], Yoshihiro Kawano[*2]
[*1] 東京情報大学大学院 総合情報学研究科, [*2] 東京情報大学 総合情報学部 総合情報学科
[*1] Graduate School of Tokyo University of Information Sciences, [*2] Tokyo University of Information Sciences
Email: g25007gt@edu.tuis.ac.jp[*1], ykawano@rsch.tuis.ac.jp[*2]

あらまし:対面の対人関係における緊張は、子ども同士の円滑なコミュニケーションを妨げる要因となる。本研究では、達成可能な目標設定と即時フィードバックを備えたゲーミフィケーション要素を活用し、緊張緩和を図るシステムを開発・導入した。事前・事後アンケートおよび統計分析の結果、初対面相手との会話が促進され、特に高学年や女子児童において有意な改善が見られた。
キーワード：子ども，緊張緩和，コミュニケーション，ゲーミフィケーション

1. はじめに

コミュニケーションとは、「我々が伝えたい情報や自分自身の考え、気持ちをお互いに伝え合うこと」と定義される(1)。人間は社会的な生物であり、他者との関わりなしには生きられない。コミュニケーションは相互理解や協力を促進し信頼関係の構築やチームでの課題解決に不可欠であるものの、誤解や対立といった問題点に対して、適切な伝え方と傾聴能力を身に付けることが重要である(2)。地域に暮らす人々との繋がりを深める地域活動は、子ども達の自立を促し地域社会に対する興味関心を喚起し、対人関係・社会生活に不可欠なソーシャルスキルや課題対応能力を学ぶ場として期待されている。東京情報大学と四街道市は連携協定を締結しており、四街道こどもまちづくりプロジェクト主催による地域活動の中で「ウォークアドベンチャー（チーム協働でミッションクリアを競う活動）」を開催している(3)。活動時、友人同士のチームでは発話回数が多くより高得点を獲得したのに対し、初対面同士では発話回数が少なく低得点の傾向にあった。初対面の際、緊張によるコミュニケーションの阻害が懸念される。緊張は、他者とのコミュニケーションやパフォーマンスの場において社会的評価への恐れと自己表現不安、コミュニケーション上の不確実性から発生する(2)。

本研究では、ゲーミフィケーションを活用した初対面コミュニケーションの緊張緩和システムを提案する。具体的には、ゲーミフィケーション要素の「達成可能な目標設定」「即時フィードバック設計」を導入し、初対面の相手との自然に会話を促し、コミュニケーションの活性化や交流の質の向上を目指す。

2. 関連研究

2.1 ゲーミフィケーション

ゲーミフィケーションとは、ゲームの要素をゲーム以外の分野に取り込む手法であり、人のモチベーションを高めポジティブな行動を促す効果が期待される。岸本らはゲーミフィケーションの要素として、「能動的な参加」「達成可能な目標設定」「賞賛の演出」「即時フィードバック設計」「成長の可視化」「独自性の歓迎」を提案した(4)。

2.2 透明性錯覚

透明性錯覚とは、自己の内的状態が他者に漏れていると過大評価することで、自分の感情や思考が実際以上に相手に見透かされていると錯覚することである。これは、人前に立つ際、本人は緊張を隠し切れていないと感じているが、他人からはまったく緊張していないと判断される状況である(5)。

3. 提案手法

本研究では、初対面コミュニケーションの緊張緩和を目的とし、ゲーミフィケーションを活用したシステムを開発する。ゲーミフィケーション要素の「達成可能な目標設定」による会話の起点作り、「即時フィードバック設計」による実績可視化を実現する。緊張緩和の評価方法として、「自己評価によるコミュニケーションの自信度」「相手の目を見て話す頻度」「対話の質」「他者との関係向上」などのコミュニケーション能力に関するアンケートを実施する。具体的には、参加者が事前に登録された他の参加者の情報を確認し、その情報をもとに質問を通じて対話のきっかけを支援する。参加者が名前と番号（受付で配布される識別番号）を入力すると、事前に登録された人物の中からランダムで一人の情報が特徴とともに表示される。その人物の情報下部にルーレットボタンが配置されており、これをタップするとランダムな質問が表示され、それを起点に参加者に対し対象の人物を探すための会話を促す仕組みである（図 1）。図 1 の左側は登録画面であり、右側は探す対象となる人物の情報である。探偵ゲームのように対象の人物を探すことで、初対面の参加者同士の会話の起点とし、コミュニケーションの活性化が期待される。

図 1　システムの実行画面

4.　評価実験まとめ

4.1 事前アンケート結果

回答者は男の子 10 人、女の子 8 人、「ないしょ」と答えた子どもが 1 人の計 19 人であった。子どもを対象としたアンケートのため、わかりやすく簡単に取り組めるように工夫を施した。回答の選択肢を 3 段階の評価とし、それぞれに視覚的に直感的な理解が可能な絵文字を使用した。具体的には、「楽しい・とても良い」を示す😄（笑顔）、「どちらでもない・普通」を示す😐（無表情）、「難しい・あまり良くない」を示す😟（困り顔）の 3 種類を用いた。これにより、子どもが感覚的に選択しやすくなり、回答の負担を軽減することができた。

表 1　コミュニケーションに関する自己評価の分布

質問	😄	😐	😟
人とはなすのはとくい？	13	6	0
ともだちやかぞくとあそぶのはすき？	16	3	3
しらない人とはなすのはとくい？	7	9	3

これらの結果から、特に「知らない人」との対話に対して不安を感じる参加者が一定数いることが判明した。また、学年別の分析から、幼稚園児・小学生低学年ほど「しらない人とはなす」ことに積極的である一方、中学生以上になるにつれ緊張感が増す傾向が示唆された。

4.2 事後アンケート結果

参加者に事後アンケートを実施し、実験の体験およびシステムの使いやすさについて回答を収集した。

質問「しらない人とおはなしするのは、かんたんだった？」の回答結果は以下のとおりである。

😄：11 名　😐：4 名　😟：2 名

4.3 感想

参加者から「たのしかった」といった肯定的な感想が寄せられた。「知らない人と話せるきっかけになった」という声が多く、本システムが新たなコミュニケーション機会の可能性が示唆された。

4.4 事前・事後アンケートの統計解析

提案システムの有効性を統計的に検証するため、事前アンケートと事後アンケートの回答スコアに対して t 検定を実施した。回答スコアは以下のように数値化して分析した。

表 3　事前・事後の回答スコアの概要

😄：3　😐：2　😟：1

カテゴリ	群	サンプル数	事前平均	事後平均	事前標準偏差	事後標準偏差	P 値（片側）
学年	低学年	9	2.11	2.44	0.76	0.68	0.051
	高学年	8	2.36	2.58	0.64	0.59	0.026*
性別	男	10	2.20	2.50	0.71	0.63	0.043*
	女	7	2.31	2.16	0.68	0.60	0.019*
話すのが得意	高群	8	2.40	2.55	0.65	0.58	0.067
	低群	9	2.05	2.47	0.74	0.64	0.012*
知らない人と話すのが得意	高群	7	2.42	2.54	0.63	0.57	0.082
	低群	10	2.10	2.49	0.72	0.62	0.009**

* p<.05, **p<.001

① 学年別の比較

年齢が高いほどシステムの効果がより顕著であることが示唆される。低学年の子どもはもともとコミュニケーションに対する抵抗感が少ないため、改善幅が小さかった可能性がある。

② 性別の比較

女の子の方がシステムの影響を受けやすい可能性がある。女の子の方が事前の「しらない人とはなすのはとくい？」のスコアのばらつきが大きく、システムが不安軽減に寄与したためと考えられる。

5.　課題と展望

初対面コミュニケーションにおける緊張緩和は達成されつつあるが、全ての子どもがスムーズに対話できるわけではない点が課題として残されている。特に、😟と回答した子どもへのさらなるサポートが求められる。

(1)　参考文献文化庁: ”国語政策・日本語教育｜III 言葉遣いの中の敬意表現”, https://www.bunka.go.jp/kokugo_nihongo/sisaku/joho/joho/kakuki/22/tosin02/11.html（2024/06/05 確認）
(2)　大坊郁夫, "コミュニケーション・スキルの重要性", 日本労働研究雑誌, 546 号, pp.13-22 (2006)
(3)　河野義広, 後藤由翔, 栗飯原萌, 古市昌一, 原田恵理子: "子どものソーシャルスキルを育成する地域活動のための学修フィードバックシステムの開発", 電子情報通信学会 2 種研究会サイバーワールド（CW）第 56 回研究会報告 (2024)
(4)　岸本好弘, 三上浩司：“ゲーミフィケーションを活用した大学教育の可能性について”, 日本デジタルゲーム学会 2012 年年次大会 (2013)
(5)　遠藤由美, "自己紹介場面での緊張と透明性錯覚", 実験社会心理学研究, Vol.46, No.1, pp.53-62 (2007)

E3-4

デジタルツインを活用した STEAM 教材：PICAPICA-TWIN の提案と実践

Proposal and Implement STEAM Educational Material Utilizing Digital Twin: PICAPICA-TWIN

塩澤昂*1，永井 孝*2,3，舘 伸幸*2，香山 瑞恵*2
Ko SHIOZAWA*1, Takashi NAGAI*2,3, Nobuyuki TACHI*2, Mizue KAYAMA*2
*1 信州大学大学院総合理工学研究科
*1 Graduate School of Science & Technology, Shinshu University
*2 信州大学工学部
*2 Shinshu University, Faculty of Engineering
*3 ものつくり大学技能工芸学部
*3Faculty of Technologists, Institute of Technologists
Email: 25w6041e@shinshu-u.ac.jp

あらまし：本研究の目的は，OECD が示す 3 つのスキルの活用を意識したプログラミング学習教材の開発である．3 つのスキルのうちの 1 つ，実践的・身体的スキルの活用において，デジタルツインの利用を考えた．本研究の提案教材では，仮想から現実への連携として，仮想空間内で制作したプログラムによる現実の作品の LED 明滅，現実から仮想への連携として，仮想空間への環境情報の反映を実装した．本稿では，PICAPICA-TWIN の機能について概観し，提案教材の評価実験の結果とその考察について述べる．
キーワード：デジタルツイン，STEAM 教育，プログラミング学習，VR

1. はじめに

教育の情報化が進展する中で[1]，STEAM(Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics)の学びを基盤として，分野横断的な知識を統合し，社会的な価値の創造に寄与する資質・能力の育成を目的とした教育が求められている．小中高のそれぞれの学習指導要領では，主体的な挑戦や多様な他者と協働することの重要性を，実感を伴って理解するために，体験活動が重視されている．

OECD は，2030 年に望まれる社会を実現するために生徒に求めるスキルとして，認知・メタ認知スキル，社会的・情緒的スキル，実践的・身体的スキルの 3 つを挙げている[2]．3 スキルの獲得を意識して VR 等の活用やオンライン化が進められており，学習の形態が変化している．

一方，直接人やモノと接することでしか得られない学習を提供する，実世界指向の学習環境の重要性も指摘されている．

本稿ではまず PICAPICA プロジェクトについて概観する．そして，PICAPICA-TWIN の機能について示す．その後，提案機能の評価実験の結果とその考察について述べる．

2. PICAPICA プロジェクト

前述の社会動向に対して，我々はアート創作を通したプログラミング学習教材，PICAPICA プロジェクト[3]を展開してきた[4][5]．PICAPICA プロジェクトは，電子工作等のものづくりとアート作品の創作，プログラミングを統合した STEAM 教材である．これまでに，実空間でのアート創作と LED 明滅プログラミングを組合せた PICAPICA キット，仮想空間での協働学習が可能な PICAPICA-VR を開発・実践してきた．

その中で，仮想空間にとどまらず，仮想と現実を行き来する教材システムとして，デジタルツイン技術を利用することを考えた[6]．この技術をモデルに，仮想と現実の間をリアルタイムにデータが往来する方式において，仮想と現実を組み合わせた STEAM 教育を提供する．

3. PICAPICA-TWIN

PICAPICA-TWIN は，PICAPICA キット，VR アプリ，WEB アプリから構成されている(図 1)．

3.1 PICAPICA キット

PICAPICA キットは，PICAPICA プロジェクトの基幹となっている教材である．本キットは micro:bit，LED ストリング，制御基板から構成されている．造成した LED ストリングと LED 明滅プログラムを書き込んだ micro:bit を制御基板に接続し，イルミネーション作品を制作する．

3.2 VR アプリ

VR アプリでは，LED の明滅を制御するプログラムを制作する．プログラミング方法は，点灯・消灯・

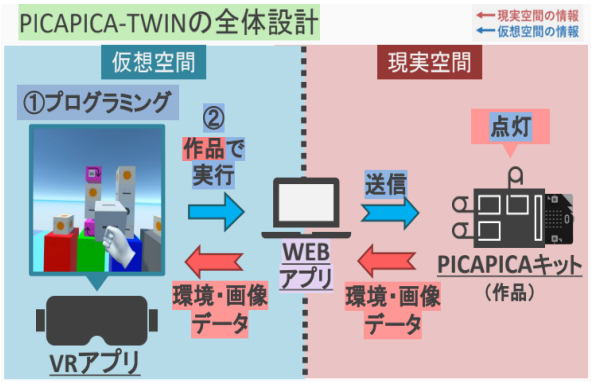


図 1 PICAPICA-TWIN の構成

待機・繰り返しの命令を持つブロックを積み重ねるブロックプログラミングである．VR アプリ内で制作したプログラムを実行すると，コードブロックの命令に応じて，カプセル型のオブジェクトが出現/消失し，LED の明滅をシミュレーションできる．プログラミング後，制作されたプログラムは外部データベースへ保存する．

VR アプリ内の作業状況はアプリ内の学習者同士で共有される. 学習者の立ち位置, コードブロック, カプセルの挙動が同一アプリ内の学習者に常に公開される．

3.3 WEB アプリ

WEB アプリは, 仮想空間と現実空間を繋ぐ役割を担っている．仮想から現実への連携機能として，PICAPICA キットに備わっている micro:bit と WEB アプリを接続することで，micro:bit にプログラムを書き込まずとも VR アプリ内から現実空間の PICAPICA キットを, VR アプリ内で制作したプログラムで明滅できる．現実から仮想への連携機能として，micro:bit を用いた温度・加速度・ボタン押下状態を VR アプリ内に反映できる．また，VR アプリ内で制作したプログラムを micro:bit に書き込むことで, WEB アプリを介さず独立して作品を明滅させることもできる．

4.

4.1 実験方法

英国の大学にて, 学生及び研究員 10 名を対象に提案教材の評価実験を実施した(図 2)．実験後，WEB フォームへの回答で評価した．実験の手順を以下に示す．

40 分　教材説明・VR プログラミング練習

45 分　VR プログラミング・LED ストリングを用いた作品創作

15 分　WEB フォームへ回答

4.2 実験結果・考察

4.2.1 仮想と現実のプログラム実行割合

VR アプリでのプログラム実行回数と，PICAPICA キットでのプログラム実行回数の割合を比較する．実験参加者のうち 60%が VR アプリを中心に実行，20%が PICAPICA キットを中心に実行，20%がどちらも同程度に実行していた．VR アプリを中心に実行した参加者が多いことから，VR アプリで動作をシミュレーションし，PICAPICA キットで動作テストする行為を繰り返す傾向が読み取れる．また，少人数ではあるが，PICAPICA キットでの実行割合が高い参加者が存在した．

このことから，提案教材はデジタルツイン技術の特徴を活かした学習形態を提供できていたと考える．

4.2.2 VR アプリでの協働学習

実験参加者のうち，89%が協働作業に取り組んでいた．このうち，他の参加者との協働が 67%，指導補助員との協働が 22%であった．このことから，多くの参加者が自発的に協働作業に取り組んでいたことがわかる．

4.2.3 PICAPICA キットと VR アプリの併用

PICAPICA キットと VR アプリの併用の是非についての質問の回答結果を述べる．実験参加者のうち 80%が PICAPICA キットと VR アプリを組み合わせたほうが良いと回答し，20%が VR アプリのみでよいと回答した．また，VR アプリと PICAPICA キットの組み合わせを回答した参加者の自由記述では，「実際に操作することができる」,「プログラミングの結果が直接的にわかる」といった回答が見られ，プログラムの実行結果を，実際に確認できることを重視していることが考えられる．

5.　おわりに

本稿では，仮想と現実を組み合わせた STEAM 教育を提供するために，デジタルツイン技術を利用した提案教材について説明し，評価実験の結果と考察について述べた．評価実験の結果から，提案教材はデジタルツイン技術の特徴を活かした学習形態を提供できていたと考える．また，仮想と現実どちらか一方だけでなく，双方を組み合わせた学習体験が重要である可能性が示唆された．

今後は，現実から仮想へ送信するデータを活用したプログラミング機能を実装・評価し，よりデジタルツイン技術の双方向性を意識した教材の開発を目指す．

謝辞　本研究は科研費 23K24957 により支援されている．

参考文献

(1) 文部科学省: “教育の情報化の推進”, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/index.htm(参照 2025.1.28)
(2) OECD,“Skillsfor2030,” https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/edu/education-2040/concept-notes/Skills_for_2030_concept_note.pdf (参照 2025.4.15)
(3) T., Nagai, S.,Klem, M., Kayama, et al.: “PICAPICA: Exploring a Customisable Smart STEAM Educational Approach via a Smooth Combination of Programming, Engineering and Art”, https://doi.org/10.1109/ EDUCON54358.2023.10125184
(4) I., Mukoda, T., Nagai, M., Kayama: “An Interactive STEAM Educational Approach via a Combination of Programming, Information & Communication Network and Arts: PICAPICA-Z”, https://doi.org/10.1109/ EDUCON54358.2023.10125144
(5) 向田, 香山, 永井, 他: “協働でのプログラミング学習を行う VR 教材の開発”, 情処研報コンピュータと教育, 2022-CE-167, 12 号, pp.1-6
(6) 加地, 香山, 永井, 舘: “PICAPICA-VR 教材におけるデジタルツイン方式の検討”, 第 49 回教育システム情報学会全国大会, https://www.jsise.org/taikai/2024/program/contents/pdf/E5-3.pdf

未完成コードを入力とするプログラミングロジック推定のための構文木分析
Syntax Trees Analysis for Estimating Programming Logics from Incomplete Codes

佐藤 光浩[*1], 大沼 亮[*1], 大波 奨[*1], 中山 祐貴[*1], 神長 裕明[*1], 宮寺 庸造[*2], 中村 勝一[*1]
Mitsuhiro SATO[*1], Ryo ONUMA[*1], Sho ONAMI[*1], Hiroki NAKAYAMA[*1],
Hiroaki KAMINAGA[*1], Youzou MIYADERA[*2], Shoichi NAKAMURA[*1]
[*1] 福島大学 共生システム理工学研究科／共生システム理工学類
[*1]Department of Computer Science and Mathematics, Fukushima University
[*2] 東京学芸大学 教育学部
[*2]Faculty of Education, Tokyo Gakugei University
Email: {mitsuhiro, onami}@cs.sss.fukushima-u.ac.jp,
{onuma, hnakayama, kami, nakamura}@sss.fukushima-u.ac.jp, miyadera@u-gakugei.ac.jp

あらまし：プログラミング演習では，一人ひとりの学習者の状況に応じた指導が重要だが，少数の教授者で多数の学習者に対応する制約下では限界がある．特に，同じ演習課題でも，プログラムの組み立て方（プログラミングロジック）は全ての学習者に一様ではなく，その把握は困難である．本研究では，最新の演習課題に対する作成途中のコードから，それぞれの学習者のプログラミングロジックを自動的に推定する手法の開発を目指す．本稿では，構文木の類似度の分析に基づくロジック推定，機械学習を用いたロジック推定の概要を示す．その上で，提案手法に基づいた実験について報告し，その結果に基づいて提案手法の特徴について考察する．
キーワード：プログラミングロジック，構文木の類似度，機械学習，プログラミング演習支援

1. はじめに

大学等におけるプログラミングの演習授業では，初学者が躓きながらコーディングに取り組む．そのため，一人ひとりの学習者の状況に応じた指導が重要であるが，一人の教授者と数名の Teaching Assistant(TA)で学習者の指導にあたる人的・時間的制約下では限界がある．特に，同じ演習課題でも，プログラムの組み立て方(プログラミングロジック)は全ての学習者に一様ではなく，その把握は困難である．

これに対して，学習者が提出したソースコードを類似度に基づいてグループ化することで共通の誤りを検出する手法(1)，学習者の提出物に対して最も類似する解答例を提示するシステム(2) などが報告されている．しかし，これら既存研究の殆どは，プログラミングロジックの違いは考慮できていない．

そこで本研究では，最新の演習課題に対する作成途中のコードから，それぞれの学習者のプログラミングロジックを自動的に推定する手法の開発を目指す．これにより，教授者が多様なロジックを大きな負担なく把握することを可能とする．

2. 問題点と支援方針

2.1 問題点

本研究では，プログラミング演習における問題点のうち，以下の 2 つに焦点を当てる．

（問題点１）一人ひとりの演習中における学習者のプログラミングロジックに応じて指導だが，少数の教授者によるロジックの把握は困難である．

（問題点２）教授者が各ロジックの学習者群を把握することは困難である．

2.2 方針

本研究では，ある演習課題において生じ得るロジックは既知であり，過去の学習者が作成したコードがロジックごとに分類されているものとする．その上で，最新の学習者が作成途中のソースコードを入力として，構文木の類似度の分析，機械学習モデル，それぞれでロジックを推定する手法を開発する（問題点 1 への対応）．また，ロジックごとの学習者群とソースコードを理解しやすい形で教授者に提示するためのシステムを開発する（問題点 2 への対応）．これにより，教授者による，学習者のロジック把握を支援する（図 1）．

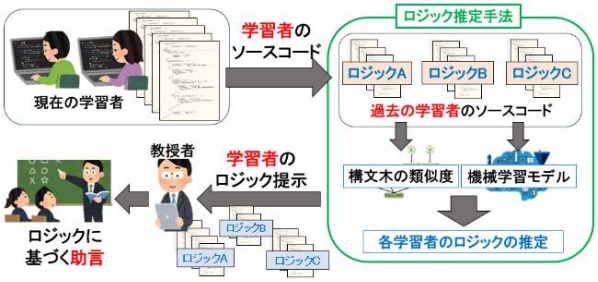


図 1 ロジック把握支援の流れ

3. 構文木の類似度分析によるロジック推定

3.1 構文木を用いたロジック推定の狙い

構文木は階層構造を持つため，プログラムの構造を正確に把握することが可能であり，各ノードの要素の関係（ノード間の親子関係や兄弟関係など）を明確にすることができる．アルゴリズムや処理の手順などを表現する性質に注目し，本手法では構文木を採用する．

3.2 構文木の類似度分析に基づくロジック推定手順

以下の手順でロジックを推定する．

(1) 現在の学習者と過去の学習者の C 言語ソースコードに対して構文木を生成（図 2）
(2) 現在の学習者の構文木と各ロジックの過去の学習者の構文木を比較して類似度を算出
(3) 算出した類似度に基づくロジック推定

構文木の生成には C 言語のコンパイラである clang を用いる．またソースコード間の類似度の算出には，TED (Tree Edit Distance)，TO (Tree Overlapping)，Tree Kernel を用いる．これらを用いて，ロジックを推定したい対象ソースコードとロジックごとの代表ソースコードをそれぞれ比較し，最も類似度が高いソースコードを対象ソースコードのロジックとする．

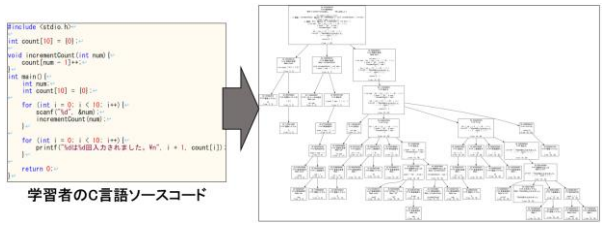


図 2 構文木の生成

4. 機械学習によるロジック推定

4.1 機械学習を用いたロジック推定の狙い

構文木はプログラムの構造を正確に把握することが可能である．しかし，同じ意味を持つが構文的に異なるコードに対して柔軟性が欠けてしまうという課題がある．そこで本手法では，ソースコードのバリエーションに対応するために，機械学習に着目する．機械学習は，大量のデータから複雑なパターンや特徴を自動的に学習し，分類することが可能である．結果として，様々なソースコードに対して柔軟な分類を行うことを可能とし，構文木の欠点を補完することができると考えられる．

4.2 機械学習モデルを用いたロジック推定手順

まず機械学習ライブラリの設計をする．続いて，教師データの準備を行い，機械学習モデルに読み込ませるための特徴量設計を行う．最後に機械学習モデルの評価として，内部検証・外部評価を行う．

機械学習用のライブラリには scikit-learn を使用する．多値分類を目的としているため，分類モデルには非線形分類器であるランダムフォレスト（RFC），非線形サポートベクトルマシン（SVM），K-近傍法（KNN），決定木（DTC）を用いることで分類モデルの有用性を検証している．

次に教師データを準備する．過去の学習者の C 言語ソースコードに人の手でラベル付けを行う．そのソースコードをそのまま用いるのではなく，ツリー構造を持つ JSON 形式のコードに変換したものを教師データとする．

続いて特徴量設計を行う．特徴量には主に，Graph2vec によりツリー形式のデータをベクトル化したものとエッジの属性情報をベクトル化したものを用いる．エッジの属性情報の取得には，データフローグラフを使用する．

上記で述べた特徴量を学習した機械学習モデルの評価には，内部検証と外部評価を行う．内部検証では，K 分割交差検証を行う．外部評価のテストデータとして学習者の演習課題における途中段階までのソースコードを用いる．

5. 実験と考察

5.1 実験概要

本研究では，ロジック推定手法の有効性検証を目的として実験を行った．具体的には，構文木の類似度の分析に基づく推定，機械学習モデルによる推定をそれぞれ実施し，その精度を確認した．機械学習については，演習課題に対する C 言語のソースコード 1000 個を教師データとした．

5.2 結果と考察

外部評価としてロジックが 2 分類の時において実験を行った．構文木の類似度を用いた推定結果，機械学習モデルの外部評価結果である F 値をそれぞれ表 1，表 2 に示す．2 分類の場合，構文木の類似度の方法では TED を用いた時，機械学習では分類モデルで RFC，SVM を用いた時に良好な結果が得られている．一方で，TO や Tree Kernel，DTC を用いた場合に振るわない結果となっており，構文木の比較の仕方，また特徴量の検討が必要である．

表 1 構文木の類似度に基づく推定の F 値

類似度算出法	TED	TO	Tree Kernel
2 分類	0.74	0.65	0.57

表 2 機械学習における外部評価の F 値

分類モデル	RFC	SVM	KNN	DTC
2 分類	0.76	0.83	0.70	0.62

6. おわりに

本稿では，構文木の類似度に基づいたロジック推定手法とツリー形式に変換したソースコードを学習データとする機械学習を用いたロジック推定手法について述べた．今後は，プロトタイプシステムを用いた提案手法の妥当性の検証と改善を進めたい．

参考文献

(1) 浦上理，長島和平，並木美太郎，兼宗進，長慎也: “プログラミング学習者の躓きの自動検出”，情報処理学会研究報告, Vol.2020-CE-154, No.4, pp.1-8 (2020)
(2) 北庄司亮，松下誠，肥後芳樹: “機械学習を用いて模範解答コードを提示する初学者向けプログラミング学習システムの構築”，情報処理学会研究報告, Vol.2023-SE-213, No.7, pp.1-8 (2023)

段階的詳細化プロセスによる LLM を活用したプログラム論理構成・エラー解決支援

Program Logic Structuring and Error Resolution Support Using LLMs Through a Stepwise Refinement Process

原田 裕太[*1], 中村 勝一[*2], 宮寺 庸造[*1]
Yuta HARADA[*1], Shoichi NAKAMURA[*2], Youzou MIYADERA[*1]
[*1] 東京学芸大学
[*1] Tokyo Gakugei University
[*2] 福島大学
[*2]Fukushima University
Email: m248120f@st.u-gakugei.ac.jp, nakamura@sss.fukushima-u.ac.jp, miyadera@u-gakugei.ac.jp,

あらまし：本稿では，大学のプログラミング初学者が課題の理解から構想，実装，検証に至るまでの一連の思考プロセスにおける問題に着目し，段階的詳細化に基づく 5 つの思考プロセスを用いた学習モデルとその支援システムを提案する．生成 AI を活用し，学習者が段階ごとに考えるべきポイントを明確にしながらプログラムを構築できる環境を目指す．
キーワード：プログラミング教育，段階的詳細化，学習支援モデル，LLM によるアドバイス生成

1. はじめに

大学におけるプログラミング演習授業では，初学者が課題文を読んでも「何から始めればよいのか分からない」と感じ，十分な構想を持たないまま実装に着手して行き詰まるケースが多く見受けられる．課題の要件を適切に分析・整理しないままプログラムを記述することで，そもそも意図されたロジック自体が論理的に破綻している(問題点 1)場合のみならず，処理の意図とプログラムの挙動との間に齟齬が生じる(問題点 2)場合も多く，結果として論理的誤りが顕在化しやすくなる．また，学習者一人ひとりのつまずきのパターンは多様であり，個別の状況に応じた適切な支援を提供することが困難である．さらに，学習者は自身がどの段階でつまずいているかを客観的に把握することが難しく(問題点 3)，適切な支援を求めることすら困難な状況に陥りやすい．

これらの問題の解決には，課題の目的や要件を正しく把握し，全体の流れを捉えたうえで徐々に細部を詰めていく「段階的詳細化（stepwise refinement）」の学習が有効であると考えられる．従来のプログラミング教育では，段階的詳細化の理論的有用性は早くから認識されていた[(1)]ものの，教育現場における体系的な指導法は確立されておらず(問題点 4)，多くの場合，学習者の試行錯誤に委ねられていた．

近年では生成 AI をはじめとする人工知能技術の教育応用が注目されている．たとえば，学習者のコードを自動で評価・採点するシステム[(2)]や，対話的にバグの原因や修正方法などのアドバイスを提示するシステム[(3)]などが開発され，実装フェーズにおける支援環境は着実に整備されつつある．しかし，これらの既存支援システムの多くは，コードの正誤判定やバグの指摘といった「実装後」の支援に主眼が置かれている．また，構想段階を支援するシステムであっても，フローチャートや疑似コードといった中間表現を介するものが多く，初学者にとってはコードを書く前にもう一つ別の作業が必要となり，かえって学習の負担が増してしまう．加えて，再帰関数のような概念ではフローチャートなどに表現すること自体が困難であることや，コードとの乖離が大きくなることも負担を増やす原因と考えられる．そのため，課題の理解から構想，実装，検証に至る一連の思考プロセスを自然な流れで体系的に支援することが求められている．

そこで本研究では，プログラミング初学者が課題の理解，構想・実装，検証に至る一連の思考プロセスを習得する支援を目的とする．本稿では，思考プロセスの体系化と LLM によるプロセスの支援システムの提案を行う．

2. 思考プロセスの体系化

2.1 概要

本章では，課題の理解，構想・実装，検証に至る一連の思考プロセスを体系化し，問題点 4 の解決を図る．構想と実装に関しては，段階に分離せず，プログラムの目的や処理の流れを考えながら段階的に詳細化し，その都度コードに反映する一体的な方法を提案する．検証においては，完成したコードに対して期待される出力が得られるかを確認し，エラーが生じた場合には実行過程を追跡しながら各変数の変化を辿ることで原因を特定し，処理の流れや妥当性を検証する．これにより，初学者が課題を論理的に捉え，自力で解決できるようになることを目指す．

本プロセスが対象とするのは，基本的なプログラミングの構文(変数，条件分岐，反復処理等)は理解しているものの，課題の理解，構想，実装，検証のいずれかの段階で困難を抱えるプログラミング初学者ある．具体的には，大学初年度レベルのプログラミング初学者を想定している．

2.2 プロセスの体系化

本研究では，新開による先行研究[(4)]を参考に，プログラミング初学者が課題に取り組む際の思考プロセスを，「①：理解」「②〜④：構想・実装」「⑤：検証」の 3 段階 5 プロセスに整理する．それぞれのプ

ロセスの特性に応じた支援を目的として体系化する．

① 課題の理解(理解)

課題において，目的を理解し，「何を入力として受け取り，何を出力すべきか」を明確にする．

② 処理の大枠の決定(構想・実装)

課題の要件に基づき，実装すべき処理をトップレベルの手順に分割し，全体像を把握する．

③ 処理の詳細化(構想・実装)

決めた主手順について，それぞれの処理に必要な変数を明確にしながら，構造化プログラミングの基本制御構造（順次・選択・反復）に沿って処理の流れを詳細化する．

④ 条件・演算の具体化(構想・実装)

詳細かされた構造に対して，必要な条件式や計算式を記述し，実装可能な処理に仕上げる．

⑤ コードの整合性判定(検証)

完成したコードに対して，期待される出力が得られるかを確認する．エラー時には，実行過程を追跡し，各変数の変化を辿ることで 原因を特定し，処理の流れや妥当性を検証する．

「②〜④：構想・実装」に関しては，段階的に詳細化を繰り返し行うことを想定している．

3.　支援システムの概要

本章では，第 2 章で示した 3 段階 5 プロセスからなる思考プロセスに基づくアドバイス生成システムについて述べる．本システムは，構想を終えてから実装に移るのではなく，プログラムの目的や処理の流れを段階的に明確化しつつ，その都度コードに反映していく一体的な取り組みにより，初学者が自分の理解を可視化し，段階的に確かめながら学習を進められる環境を目指す．これにより問題点1〜3の解決を図る．

3.1 プロセス別支援内容

支援システムは，思考プロセスの各段階において学習者が適切に次のステップへ進めるように促すことを目的とする．そのために以下の支援を提供する．

① 課題の理解

学習者は課題の目的を理解し，入出力の要件を正確に把握することを目指す．システムは課題文を解析して入出力明確化のための質問を生成し，理解度確認を行う．

② 処理の大枠の決定

学習者は課題要件から解法の全体的な方針を決定して，コード内に処理の大枠をコメント形式で記述することを目指す．システムは方針の妥当性を判定し，論理的整合性を確認し，学習者にアドバイスを提供する．

③ 処理の詳細化

学習者は各主要手順を基本制御構造で具体化し,必要な変数を適切に設計して，処理の具体的な流れを構築することを目指す．システムは制御構造や変数設計，処理順序の妥当性を確認し，抜け漏れなどが検出した場合には適切なナビゲーションを提供する．

④ 条件・演算の具体化

学習者は境界条件や特殊ケースを考慮した条件式・演算式を記述し，実行可能なコードとして完成させることを目指す．システムは式の正確性を確認し，エラーを検出した場合には修正アドバイスを提供する．

⑤ 検証

学習者は期待される動作との整合性を確認し，エラーの原因を特定して適切に修正し，コード完成を目指す．システムは実行過程の追跡と変数値の変遷を辿るように促し，学習者が原因を特定し修正できるよう方針を提案する．

3.2 システム構成

本システムは，以下の 4 つの機能から構成される．システムの想定画面を**図 1** に示す．

図 1 支援システムの想定画面

(1) コードディング環境（左側）

実際のコードを記述し，実行結果を確認することができる．

(2) 課題内容表示機能（右上）

現在の課題内容を確認することができる．

(3) 学習プロセス可視化機能（右中央）

学習者の現在の思考プロセス全体の進捗を把握することができる．

(4) アドバイス生成機能（右下）

学習者が「AI Help」ボタンを押すことによって，システムは学習者の現在のコードと 3 段階 5 プロセスの思考プロセスに応じたアドバイスを提供する．

4.　おわりに

本研究では，プログラミング初学者の学習支援を目的として，課題の目的や処理の流れを段階的に明確化しつつ，その都度コードに反映していく一体的な取り組みを可能とする対話型支援システムを提案した．思考プロセスを 3 段階 5 プロセスに体系化し，課題理解から検証までを自然言語による対話を通じて段階的に支援することで，初学者が自分の理解を可視化し，確かめながら論理的に課題を解決できるようになることを目指す．

今後は，システムの実装と教育現場における有効性の検証を進めていく予定である．

参考文献

(1) 木村優那 他, “段階的詳細化能力とプログラミング学習の関係に関する研究”, 2015 年度人工知能学会全国大会, 2015.

(2) 関口祐豊 他, “PP-Checker 1.5: LLM との協働により標準出力を含むプログラムを評価する半自動採点システム”, インタラクション 2025 論文集, No.2A-14, pp.676-681, 2025.

(3) 上川貴之 他, “大規模言語モデルが生成した論理エラー修正コードと授業資料を活用したプログラミング支援”, DEIM2024, No.T5-A-4-03, 2024.

(4) 新開純子 他, “プロセスを重視したプログラミング教育支援システムの開発”, 日本教育工学科論文誌, ver. 31, pp. 45-48, 2007.

タンジブルなプログラミングツール Logi-CUBE のインタフェースデザインの提案

A Proposal for the Interface Design of the Tangible Programming Tool Logi-CUBE

宮﨑 勇希[*1], 本吉 達郎[*2], 布施 陽太郎[*2], ミャグマルドラム ビルグウンマ[*2], 澤井 圭[*3],
増田 寛之[*3], 高野 博史[*2], 高木 昇[*2],
Yuki MIYAZAKI[*1], Tatsuo MOTOYOSHI[*2], Yotaro FUSE[*2], Bilguunmaa MYAGMARDULAM[*2], Kei SAWAI[*2],
Hiroyuki MASUTA[*2], Hironobu TAKANO[*2], Noboru TAKAGI[*2]
[*1] 富山県立大学大学院工学研究科知能ロボット工学専攻
[*1]Department of Intelligent Robotics, Graduate School of Engineering, Toyama Prefectural University
[*2] 富山県立大学情報工学部データサイエンス学科
[*2]Department of Data Science, Faculty of Information Engineering, Toyama Prefectural University
[*3] 富山県立大学情報工学部知能ロボット工学科
[*3] Department of Intelligent Robotics, Faculty of Information Engineering, Toyama Prefectural University
Email: u454024@st.pu-toyama.ac.jp

あらまし：初等中等教育ではプログラミング教育の必修化が進んでおり，論理的思考力育成の重要性が高まっている．教材として，理解が容易で操作が単純な TUI が用いられることが多いが，論理型プログラミング言語の学習を目指したツールは見受けられない．そこで，論理型プログラミング言語，および論理的思考力の学習を目指したタンジブルなツール Logi-CUBE の開発を行うこととした．本稿では，そのインタフェースデザインの提案について述べる．
キーワード：論理的思考力，タンジブルインタフェース，情報教育

1. はじめに

近年，初等中等教育におけるプログラミング教育の必修化が進んでおり，論理的思考力育成の重要性が高くなっている．教材として，理解が容易で操作が簡単なツールが用いられることが多い．その中の 1 つとして，Tangible [(1)] User Interface（以下 TUI）が挙げられる．TUI は，ユーザ同士のプログラミングプロセスの共有が容易に可能な点のほか，視覚情報以外の五感情報も同時に利用できるメリットがある．そのため，プログラミング初学者や視覚障がい者なども使用可能なインタフェースである．しかし，TUI は手続き型言語の学習を目指したツールしか見受けられず，学習方法に限りがある．そこで本研究では，非手続き型言語の論理型プログラミング言語に着目し，論理的思考力の学習を目指したタンジブルなツール Logi-CUBE の開発を行うこととした．

2. Logi-CUBE

Logi-CUBE はマットにブロックを並べ知識・質問を作成し，音声の出力を制御できるツールである．図 1 にシステム概要を示す．本ツールのインタフェースは論理型プログラミング言語 Prolog[(2)]，および手続き型言語の学習を目指した TUI である P-CUBE[(3)(4)]を参考にして作成した．

2.1 インタフェースデザイン

Logi-CUBE は，PC 操作に慣れていない小学生，プログラミング初学者，および視覚障がい者のように幅広いユーザの使用を想定している．これらのユーザが，論理的思考力の学習を行えるプログラミングツールとしてのインタフェースの要求仕様は以下のようになる．

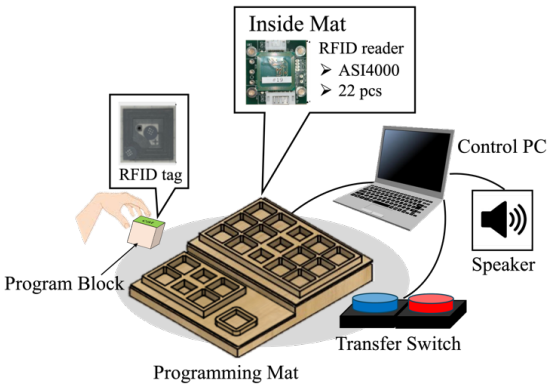


図 1 System Configuration of Logi-CUBE

(1) 視覚障がい者が触覚情報のみでプログラムを作成でき，ブロックのはめ込みが容易に行える
(2) PC 操作に慣れていない小学生（晴眼者含む）が扱える
(3) 複数のユーザがプログラミングプロセスを共有できる
(4) 落下，衝撃に頑健である

2.2 プログラミングブロック

プログラミングブロックは，知識・質問を作成するためのプログラム要素に対応するものである．各ブロックには RFID タグを設置しており，プログラ

ムマット下に設置された RFID リーダがタグ情報を読み取る．プログラミングブロックは，述語ブロックと変数ブロックの 2 種類からなる．各ブロックの素材は，木材からなり，手触り，形，質量などをブロック判別に利用できるようにする．

述語ブロック

述語ブロックは，上面が 1 辺約 40[mm]，下面が 1 辺約 30[mm]，高さ 30[mm]の凸型に加工した形状にし，子どもの手のひらに収まるように配慮した．図 2 に述語ブロックを示す．

述語ブロックは上面に「好き」「食べる」などの述語を表すピクトグラムを触図で作成し，ユーザがブロックの種類を手触りで判別できるように配慮した．また，述語名を文字と点字で記載し，判別を容易にできるようにした．

変数ブロック

変数ブロックは，1 辺約 40[mm]の立方体の上面を面取り加工した形状にし，子どもの手のひらに収まるように配慮した．図 2 に変数ブロックを示す．

変数ブロックは側面に「猫」「犬」などを表すイラストを触図で作成し，ユーザが手触りで変数を片別できるよう配慮した. また, 述語ブロックと同様に，変数名を文字と点字で記載する．

プログラムマット

プログラムマットは先に述べたプログラミングブロックをはめ込み，プログラムを完成させる装置である．プログラムマットの構成を図 3 に示す．

プログラムマットは，小学生程度のユーザがテーブルに置かれたマットを椅子に座った状態で手に届き，プログラムを作成できるように縦約 500[mm]，横約 300[mm]，高さは知識部と質問部の場所を容易に判別できるように，知識部が約 40[mm]，質問部が約 20[mm]とした．また，視覚障がい者のブロック種類の判別を容易にするために，述語・変数名，および述語の意味を読み上げてくれる音声案内スペースを設けた．さらに，ブロックの種類によってはめ込める場所を制限することによって，より容易にプログラムを作成できるようした．各マスの下に RFID リーダを設置する．

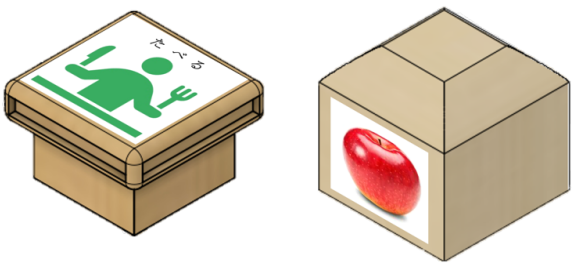


図　2 Programming Block

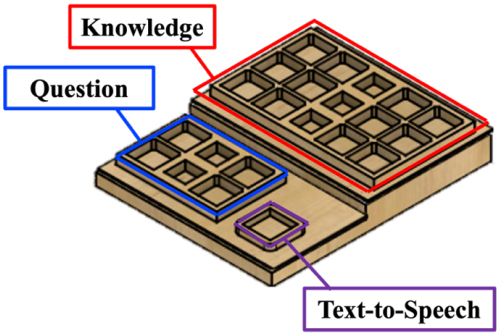


図　3 Program Mat

3.　今後の展望

晴眼者（目隠し状態）を対象にブロックの種類を触覚情報のみで判別可能かを調査する試験を実施し，視覚障がい者がより判別容易なシステムデザインへの改良を進める．

晴眼者（大学生）を対象に Logi-CUBE の試作機を用い，提示したプログラム課題に取り組んでもらう実験を行う．その際，操作履歴を取得，分析し，Logi-CUBE のシステムの有用性を検証する．また，操作履歴から得られた情報を利用した評価方法の構築も行う．

4.　おわりに

論理的思考力の学習を目指したタンジブルなツール Logi-CUBE の開発にあたり, インタフェースデザインの提案を述べた後, 今後の展望について述べた．あらゆるユーザの使用を想定しているため，ブロックは手触り，形，および重さで種類を判別できるように配慮した．マットは知識部と質問部の高さを変えるほか，音声案内スペースやブロックによるはめ込みスペースの制限を設けた．

今後は，晴眼者（目隠し状態）を対象とした，ブロック判別試験，および操作履歴取得システムを用いた評価方法の構築を優先的に行う．その後，晴眼者，および視覚障がい者を対象とした，提示したプログラム課題に取り組んでもらい，得られた操作履歴から Logi-CUEB のシステムの有用性を検証する．

参考文献

(1) H. Ishii and B. Ullmer, Tangible Bits: To-wards Seamless Interface between Pople, Bits, and Atoms, InProc. of CHI'97, pp. 234-241, (1997).
(2) 小川束, Prolog による論理プログラミング入門, 啓学出版, pp.2-20, (1990).
(3) 本吉達郎，掛橋駿，小柳健一，大島徹，増田寛之，川上浩司，ブロック型プログラミングツール P-CUBE の学習初期段階における有用性の検証，日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 27, No. 6, pp.909-920, (2015).
(4) 本吉達郎，瀧田一誠，澤井圭，増田寛之，高木昇，視覚障がい者を対象に含めたタンジブルなプログラミングツール P-CUBE3 を用いた体験授業の実施と評価，ヒューマンインタフェース学会，Vol.25，No.3，pp.177-183, (2023).

生成 AI を用いたペアプログラミングによるプログラミング自己学習システムの提案

Proposal of a Programming Self-Learning System by Pair Programming with a Generative AI

原田 紗希[*1]，田中遼[*1]，萩原浩平[*2]，森本 康彦[*1]
Saki HARADA[*1], Ryo TANAKA[*1], Kohei HAGIWARA[*2], Yasuhiko MORIMOTO[*1]
[*1] 東京学芸大学
[*1]Tokyo Gakugei University
[*2] 大成高等学校
[*2]Taisei High School
Email: m258125n@st.u-gakugei.ac.jp

あらまし：大学での数理・データサイエンス・AI 教育をはじめ，プログラミング学習が注目されている．しかし，学習者 1 人ではエラー等のつまずきを解決すること，考えを広げたいときに考えることは難しい．それゆえ新たに学んだことや成長したことを実感しづらい．そこで，本研究では，プログラミング自己学習方法の開発を目的に，生成 AI を用いたペアプログラミング自己学習方法の開発と効果検証を行った．本稿では，本自己学習方法にもとづくプログラミング自己学習システムの提案について述べた．
キーワード：プログラミング学習，自己学習，生成 AI，ペアプログラミング

1. はじめに

現在，文理を問わず数理・データサイエンス・AI を学ぶカリキュラムの導入が進むなど[(1)]，プログラミング学習が注目されている．しかし，文法ミスやエラーにつまずくことがあり解決することは難しい（**問題点 1**），考えを広げたいときに 1 人で考えることは難しい（**問題点 2**）．それゆえに，新たに学んだことを振り返り，成長を実感することは難しい（**問題点 3**）．このため 1 人でプログラミング学習に取り組むこと（以下，プログラミング自己学習）は容易でない．ここで，協働的なプログラミング学習では，教え合い学び合う中でつまずきを解決し，多くの選択肢を検討することが期待される．

一方で近年，生成 AI の教育での活用が注目されている．ここで生成 AI を一緒に学ぶ相手とし，学びを記録しながら取り組む方法を開発できれば，問題点を解決したプログラミング自己学習を実現できると考えた．そこで，本研究では，プログラミング自己学習の支援を目的に，生成 AI を用いたペアプログラミングによるプログラミング自己学習方法の開発と学習効果の検証を行った[(2)(3)]．A 大学の情報教育を専攻する学生を対象とした検証の結果，1 人でもつまずきを解決し，新たな考えを知りながらプログラミングでき，プログラミングを通した成長を実感できる可能性が示唆された．

本自己学習方法は，学習者が手順を理解し，生成 AI へのプロンプトを使い分けながら取り組む必要がある．ここで，本自己学習方法の一連の流れを実現し，学びを蓄積するシステムがあれば，学習者のプログラミング自己学習を支援できると考えられる．

そこで本稿では，本自己学習方法にもとづくプログラミング自己学習システムの提案について述べる．

2. 生成 AI を用いたペアプログラミングによるプログラミング自己学習方法

開発した自己学習方法を図 1 に示す．本自己学習方法では，まず，学習者と生成 AI はナビゲーターとドライバーの役割を交代しながらペアプログラミングする（図 1－①②③④）．その中で，学習者は新しく学んだことや工夫したことを振り返りシートに記録し（図 1－⑤），プログラム完成後に振り返りシートを見返して今回の学習における学びや成長を振り返り次の学びにつなげる（図 1－⑥）．

開発した自己学習方法により，1 人でも自分の間違いに気づいてつまずきを解決し，新しい考え方や多くの選択肢を検討できること（**問題点 1，2** に対応），振り返りシートを見返すことで，自分の成長を実感しながらプログラミング学習に取り組めることが期待される（**問題点 3** に対応）．

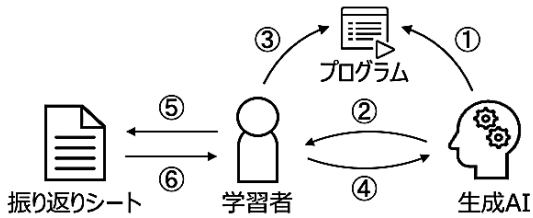


図 1 生成 AI を用いたペアプログラミングによるプログラミング自己学習方法の概念図[(2)]

3. プログラミング自己学習システムの提案

3.1 システムの機能要件

本自己学習方法は，手順通りに，生成 AI へのプロンプトを使い分けながら，プログラミング実行環境，生成 AI，振り返りシートを用いて学習に取り組む必

要がある．しかし，学習者が手順を理解し，生成 AI へのプロンプトを場面に応じて使い分けながら取り組むことは容易ではなく，支援が必要と考えられる．

また，本自己学習方法では，学びを振り返り，成長を実感し，次の学びへとつなげていく持続的な学びを目指している．そのため，作成したコードや振り返りの記録を見返し，学びの過程を通した自身の成長を実感するための支援や，自身の学びの状況を踏まえて新たな知識・技能の習得やプログラミング的思考力の育成に向けてどのような課題に取り組めばよいか考えるための支援が必要と考えられる．

以上を踏まえ，プログラミング自己学習システムの機能要件として，以下の 3 つが挙げられる．

機能要件 1：システムは，学習者が本自己学習方法にもとづき学習に取り組むよう誘導することができる

機能要件 2：システムは，学習者の取り組んだプログラミング学習の蓄積された記録を表示することができる

機能要件 3：システムは，学習者の学びの状況を踏まえて次に取り組むプログラミング課題を学習者に提案することができる

3.2 システムの構成

提案するシステムは，1 つの DB と 4 つのモジュール，プログラミング自己学習サブシステムにより構成される（図 2）．

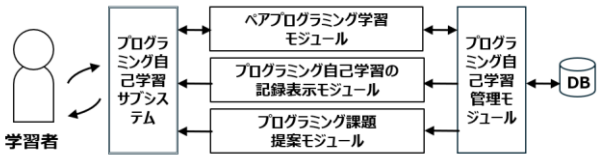


図 2 提案システムの構成図

3.3 システムの機能

以下，提案システムの主な機能について述べる．

機能 1)ペアプログラミング学習機能

本機能により，学習者は生成 AI をパートナーとしたペアプログラミングに取り組むことができる（**機能要件 1** に対応）．

具体的には，システムは，学習者がナビゲーターとして入力したプログラミングの指示やドライバーとして入力したコードを，あらかじめ設定されたプロンプトに埋め込み，生成 AI へ送信する．また，役割を交代する際，生成 AI と役割を交代するためのプロンプトを生成 AI へ送信する．

さらに，学習者は，ペアプログラミングに取り組む中で工夫したことや新たに学んだことを振り返りシートに記録できる．そして，課題の完成後，作成したコードや振り返りシートの記述を見返して学びを振り返り，記録できる．

機能 2)プログラミング自己学習の記録表示機能

本機能により，学習者は今まで取り組んだプログラミング学習の一覧を閲覧できる（**機能要件 2** に対応）．このとき，システムは，各取り組みにおける，プログラミング課題，ナビゲーターとドライバーの割合，完成したコード，振り返りシート，生成 AI との対話の履歴を表示する．

機能 3)プログラミング課題提案機能

本機能では，直近のプログラミング学習における，プログラミング課題，完成したコード，全体の振り返りをもとに，生成 AI が提案する 3 つのプログラミング課題を表示する（**機能要件 3** に対応）．

3.4 提案システムの利用の流れ

提案システムの利用の流れは次のとおりである．

まず，学習者は取り組む課題を決定し，ナビゲーターとドライバーの役割を生成 AI と交代しながらペアプログラミングに取り組み，その中で工夫したことや新たに学んだことを振り返りシートに記録する．プログラムの完成後，完成したコードと振り返りシートを見返しながら，全体の学びを振り返って記録する（**機能 1**）．

次に，学習者は次に学びに取り組む際，これまで取り組んできたプログラミング自己学習の記録を見返し，自身の現状を把握する（**機能 2**）．

そして，学習者はこれまでの自己学習の記録と，生成 AI が提案するプログラミング課題を踏まえて，次のプログラミング自己学習における課題を決定し，取り組んでいく（**機能 3**）．

3.5 期待される効果

提案するシステムにより，学習者は本自己学習方法の一連の流れにもとづいて学習に取り組むことができると考えられる．さらに，蓄積・表示された学びの記録を見返すことで自身の成長を実感し，プログラミング課題の提案を受け，自ら学び続けることができると考えられる．

4. おわりに

本稿では，プログラミング自己学習の支援を目的に，著者らが提案した生成 AI を用いたペアプログラミングによるプログラミング自己学習方法にもとづくシステムの提案について述べた．今後は，システムを開発し，その有用性を検証していく．

謝　辞

本研究は，科研費（23K02681）の助成を受けた．

参考文献

(1) 内閣府: “AI 戦略 2022”，https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/aistrategy2022_honbun.pdf(2022)

(2) 原田紗希，山口大成，丸山浩平，森本康彦: “生成 AI を用いたペアプログラミングによるプログラミング自己学習方法の開発”,日本教育工学会論文誌， 48 巻， Suppl 号， pp.197-200(2024)

(3) 原田紗希，山口大成，丸山浩平，森本康彦: “生成 AI を用いたペアプログラミングによる自己学習とリアルペアプログラミングによる学習効果の比較”,日本教育工学会 2024 年秋季全国大会講演論文集，pp.393-394(2024)

「情報のデジタル化」単元向け教材 “n 進数カードゲーム「スピード」”の提案

A Proposal for a Teaching Material on "Digitization of Information": An n-ary Number Card Game “Speed”

小川 乗弥[*1]，舘 伸幸[*2]，永井 孝[*2, *3]，香山 瑞恵[*2]
Noriya OGAWA[*1]，Nobuyuki TACHI[*2]，Takashi NAGAI[*2, *3]，Mizue KAYAMA[*2]
[*1] 信州大学大学院総合理工学研究科
[*2]Graduate School of Science & Technology, Shinshu University
[*2] 信州大学工学部
[*1]Shinshu University, Faculty of Engineering
[*3] ものつくり大学技能工芸学部
[*3]Institute of Technologists, Faculty of Technologists
Email: 25w6019j@shinshu-u.ac.jp

あらまし：2003 年に高等学校の教科「情報」が新設され，2022 年に実施された高等学校学習指導要領では「情報 I 」が必履修科目となった．我々はこれまでに，基礎的な学習単元である「情報のデジタル化」に関して教科書分析を行い，視覚的な補助や協働学習を含めた新規学習教材の構成を提案した．本研究では，提案した構成をもとに，学習教材“n 進数カードゲーム「スピード」”を提案し，対象年齢や構成の条件を満たしていることを明らかにするため試行実験を行った．その結果，提案教材が構成の条件を満たし，対象年齢の柔軟性が確認された．本稿では，提案教材の概要と評価結果について報告する．
キーワード：情報科，情報のデジタル化，学習教材

1. はじめに

高等学校の教科「情報」（以下，情報科）では，2022 年から「情報 I 」が必履修科目となった．さらに，情報 I は 2024 年度の共通テストで初出題され，2025 年度からは恒常的に出題される(1)．それに伴い，情報教育の体系化が進められており，その一環として教科書における用語の変遷に関する調査(2)も行われている．こうした体系化の中で，情報科の中核をなす単元の一つが「情報のデジタル化」である．この単元は，学習者が今後の学びを進めていく上で基礎的かつ重要な内容である(3)．先行研究では，情報科の教科書の「情報のデジタル化」単元に着目し，内容の変遷と図表の数や課題の数などの傾向を分析した(4)．その結果，学習内容の配分や問題形式に偏りがあることを確認した．このような偏りは，学習内容のバランスに課題があることを示している．この分析結果をもとに，本研究では教科書学習の課題を補完し，学習効果を高める新たな学習教材を提案する．

2. 先行研究

我々は教科書を調査するにあたり，情報のデジタル化単元の中で比較項目を設定し，定量的に分析した．その報告書に基づき，「情報の表現」に着目した教材構成として以下の 4 点を再掲する(4)．

- 実物の操作，身体を用いた表現，実験などの活動を伴い，回答が複数存在する形式であること．
- 複数人で学習や評価を含む形式であること．
- 学習者が視覚情報から直観的に概念を理解できる形式であること．
- 反復学習を行うことのできる形式であり，学習が進むにつれて解答に要する時間が短くなること．

3. 提案教材の概要

提案教材は，実物の操作を伴い，反復的に操作をするという観点からカードゲームを応用することとした．学習者が直感的かつ主体的に基数変換の考え方を体得できるよう設計したのが，“n 進数カードゲーム「スピード」”(以下，n 進スピード)である．

この教材は，基数変換の理解を深めることを目的とし，2 進数・10 進数・16 進数の 3 種類のカードを用いた対戦型の形式で構成されている．ルールは，トランプゲームの「スピード」模倣し，2 人 1 組で行う．台札に出されたカードの「前後の数値」または「同じ値だが異なる進数」のカードをそれぞれの場札・手札から素早く出す．勝敗は，全ての場札・手札を早く出し切った方が勝ちという形式をとる．その過程で，基数変換や数値の増減，進数の対応関係を視覚的かつ反復的に学ぶことができる．想定される盤面を図 1 に示す．

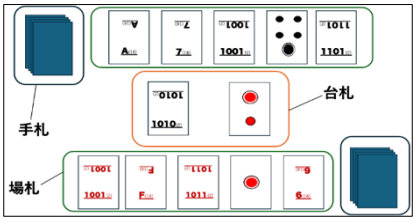


図 1． n 進スピードの盤面とカード

また,学習者が直感的にカードの数値を把握できるよう配慮されており，使用するカードの種類や枚数を調整することで，難易度の変更や学習段階に応じた展開が可能である．

具体的な学習展開例として、以下の 3 段階を想定する．

1. 10 進数と 16 進数カードによる対戦
2. 10 進数と 2 進数カードによる対戦
3. 全てのカードを用いた対戦

このように,本教材は従来の教科書学習では得られにくかった「体験的な学習」「視覚的理解」「協働的な体験」を可能にし,「情報の表現」分野における教材として高い教育効果を発揮することが期待される．

4. 試行実験と結果

提案した「n 進スピード」の有効性を検証するために，2025 年 3 月に試行実験を実施した．対象は理系の大学生 2 名および大学院生 4 名の計 6 名で，全員が「情報の表現」分野に関する基礎的な知識を有していることを確認した上で，学習活動を行った．

実験では、紙製の 2 進数・10 進数・16 進数の各カードを赤色・黒色の 2 種類で用意し，合計 96 枚のカードを使用して実施した．学習者は，「10 進数と 16 進数」,「10 進数と 2 進数」,「すべてのカード」を用いた 3 段階の学習プロセスに沿って活動した．

実験終了後には，対象年齢や教材が提案時に想定していた 4 つの形式を満たしているかなどを評価するため，Web ホームへの入力をしてもらった．質問の一部を表 1 に示す．五段階評価（1＝そう思わない ～ 5＝そう思う）と，評価理由を問う自由記述で構成されている．

表 1.　Web ホームの五段階評価(抜粋)

質問内容
本教材は、「実物の操作，身体を用いた表現，実験などの活動を伴い，回答かが複数存在する形式である」と思いますか？
本教材は、「複数人での学習や評価を含む形式である」と思いますか？
本教材は、「学習者が視覚情報から直観的に基数変換や数の増減を理解できる形式である」と思いますか？
本教材は、「反復学習を行うことのできる形式であり，学習が進むにつれて解答に要する時間が短くなる形である」と思いますか？

結果として，すべての観点において平均 4.5 以上の評価を得た．特に反復学習に関する問いにおいては全体の 80%以上の回答者が最高評価を与え，「回数を重ねることで基数変換が直感的に早くできるようになる」という記述も見られた．

また,カードのデザインや丸模様によって 10 進数と他の進数の数値関係を視覚的に捉えやすいという評価を得た．協働学習に関しても，対戦形式であることに加え，観戦者が参加できる仕組みがある点が評価され，複数人での学習の可能性が指摘された．

さらに，教材の対象年齢については、全員が「高校生が主対象である」と回答した一方で，小学生や中学生，大学生でも応用可能とする回答もあり，対象の柔軟性の高さも確認された．

以上の結果から，本教材は「情報のデジタル化」単元の「情報の表現」分野における教科書学習の課題を補い，学習者にとって実用的な学習手段として機能し得ることが示された．

5. 考察

提案教材「n 進スピード」は，従来の教科書学習で指摘された「情報の表現」分野における課題に対し，実習性・協働性・視覚的支援・反復性の 4 つの観点からアプローチした．試行実験の結果，これらの構成要素が教材に効果的に取り込まれており，学習者の理解や学習意欲に対して良好な影響を与える可能性があることが確認された．

まず，本教材はカードを用いた実体験的な操作活動を通じて，抽象的で捉えにくい基数変換という概念を視覚的かつ直感的に理解できるよう設計されている．複数の基数体系に対応するカードを使って反復的な活動を行うことで，自然と数値の増減や進数間の対応関係を身体的に体得することができ，基数変換練習を自然に取り入れることができる．

また，対戦型の構造を持つことにより，協働的・対話的な学習の場を生み出しており，学習者同士のルール確認を通じた協働的評価の要素が含まれる．これは，教科書中心の学習では得にくい体験的理解と，他者との関わりを通じた学習深化を促進する．

6. おわりに

本教材は，教材構成を満たすために作成された 1 例である．提案教材の有効性が示された一方で，今後の課題も明らかとなった．まず，学習効果の定量的な評価が必要である．今回の試行は少人数かつ既習者を対象としており，今後は未学習者を含むより広範な学習者層を対象とした検証が求められる．また，学年別・習熟度別の効果や，学習到達度との関連についても検討を進める．

参考文献

(1) 文部科学省:【情報編】高等学校学習指導要領(平成 30 年告示)(参照 2025-01-30)https://www.mext.go.jp/content/20230120-mxt_kyoiku02-100002604_03.pdf
(2) 赤澤紀子, 赤池英夫他 "情報科教科書に現れる用語の変遷―情報 ABC から情報 Ⅰ・Ⅱ まで―." 情報処理学会研究報告 2022.5 (2022): 1-9
(3) 科学技術の智プロジェクト, 情報学専門部会報告書, (参照 2025/02/04) https://scri-pub.stores.jp/items/62218fa24773a378eeb24431 (epub 版)
(4) 小川乗弥，花岡四季他，”『情報のデジタル化』単元向け教材のための基礎的検討” 教育システム情報学会 2024 年度学生研究発表会 2025.3 (2025): 17-18

中学校技術科「計測・制御」関連単元向け STEAM 指向教材の授業での利用を意識した改良
－コンパイル時間の短縮と計測結果の蓄積機能の追加－

Improving STEAM Teaching Materials for 'Measurement and Control' in Junior High School Technology Classes
- Reduction of Compilation Time and Addition of Data Storage Functions -

加葉田 悠斗[*1], 各務 正太郎[*1], 永井 孝[*2, 3], 舘 伸幸[*2], 香山 瑞恵[*2]
Yuto KABATA[*1], Seitaro KAKUMU[*1], Takashi NAGAI[*2, 3], Nobuyuki TACHI[*2], Mizue KAYAMA[*2]
[*1] 信州大学大学院総合理工学研究科
[*2]Graduate School of Science & Technology, Shinshu University
[*2] 信州大学工学部
[*1]Shinshu University, Faculty of Engineering
[*3] ものつくり大学技能工芸学部
[*3]Institute of Technologists, Faculty of Technologists
Email: 25w6025e@shinshu-u.ac.jp

あらまし：本研究の目的は，中学校技術科の「計測・制御」単元に則した教材の開発である．これまでの研究では， センサによって計測したデータに応じてアクチュエータを制御するプログラミング学習のフレームワークを提案してきた． 本研究では， 授業での利用を実現するため， コンパイルサーバによるコンパイル時間の短縮，および計測データのデータベースへの蓄積と再利用を実現した．
キーワード：中学校技術科，計測・制御，STEAM，植物工場，コンパイル

1. はじめに

内閣府の Society5.0 では，IoT と AI により人とモノがつながり，社会課題の解決や新たな価値創造が可能になると示唆されている[1,2]．これに伴い，中学校技術・家庭科の「情報の技術」単元[3]も強化され，「プログラムによる計測・制御」（以下，「計測・制御」）では，生活支援ロボットのモデル化などが例示されている．しかし，プログラミング初心者にとってロボットのモデル化や制御プログラムの作成は難しい課題である．

本研究では，プログラミング言語を習得せずに生活支援ロボット用プログラムを作成できる環境を構築し，学習者が「計測・制御」の学習に取り組みやすくすることを目的とする．具体的には、先行研究[4]を基に，モデルから実行コードへのコンパイル時間の短縮と，センサーデータの蓄積・再利用機能を開発する．本稿では，先行研究の課題と改善点を示し、新機能を備えた教材の設計と使用例を紹介する．

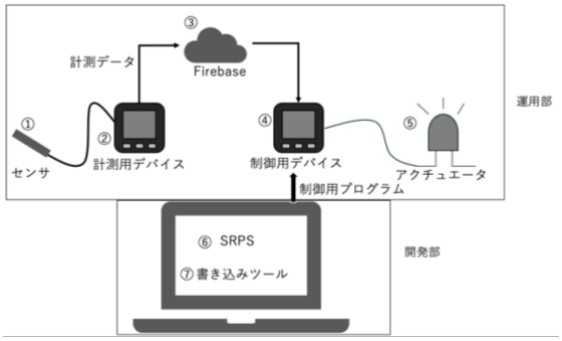


図 1　STEAM 教材プロトタイプの構成

2. 先行教材の概要と問題点

先行研究では，中学技術の計測・制御向け STEAM 教材プロトタイプが提案された．図 1 に STEAM 教材プロトタイプの構成を示す．教材は運用部と開発部で構成され，運用部ではセンサ①で取得したデータが計測用デバイス②を通じて Firebase③に送信され，制御用デバイス④に転送後，アクチュエータ⑤の動作制御に利用される．開発部では，モデリング学習環境⑥で作成したプログラムを，書き込みツール⑦を用いて④に書き込み，学習者は独自の計測・制御システムを構築する．

先行教材の課題は以下の通りである．

- 開発部で，⑥から④用の実行コード生成に時間がかかること．
- 運用部で，①の計測結果を可視化できないこと．

コンパイル速度の改善は，ソフトウェアの時間効率性として検証する．計測結果の可視化は，学習者による制御機能の適用場面の多様性で評価する．

3. コンパイル時間の短縮

コンパイル時間を短縮するために，コンパイルサーバの Docker 化を図る. 先行教材でのコンパイル環境は, Raspberry Pi 4ModelB 内の Node.js 上で Platform IO CLI(以降 PIO)を使用していた．この環境の課題は以下の 3 点である．

- PIO でのコンパイルが逐次処理であること
- PIO での初回コンパイル時間が，２回目以降よ

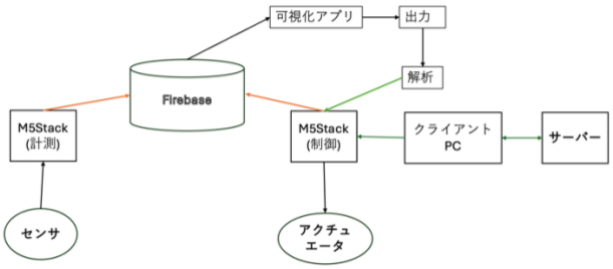


図 2　提案教材のシステム概念図

りも必ず長くなること

- 1 ファイルあたりコンパイルに 3 分要すること

これらの課題を解決するために，以下の二つの機能を，Docker を用いて実装する．

- ファイルを並列に PIO でコンパイルする
- PIO 起動時にダミーファイルをコンパイルする

その結果，10 ファイルをコンパイルする場面において，提案環境は従来環境と比べ，時間効率性としてコンパイル処理が 1 ファイルあたり約 100 秒短く，総コンパイル時間は約 1500 秒短くなった．

4.　計測データの可視化

計測結果を可視化するため，計測データを Firebase③に永続的に蓄積し，可視化アプリケーション(以下，可視化アプリ)で③から取得したデータを可視化することとした．この可視化アプリでは，④のデバイス ID を参照することで，センサ①で計測した温度や湿度，酸素濃度・二酸化炭素濃度等の計測データを時系列グラフとして可視化し，CSV ファイルとしてダウンロードできる．

新規機能を組込んだ提案教材のシステム概念図を図 2 に示す．計測結果を可視化アプリでグラフとして確認できる．提案教材に新規に組み込んだ可視化機能の利用者 3 名に制御プログラムを考えさせた．その結果，全員が時間とセンサ値を組み合わせたアイデアを提案した．可視化機能を用いる前は，センサ値のみを利用するアイデアであったのに対して，利用後は時間要素を加味したアイデアに変化したことは，制御機能適用場面の多様性が増したと考える．

5.　新機能を有する提案教材の利用例

新機能の可視化効果を検証するため，しいたけ栽培キットを用いて連続的な温度データを取得した．しいたけを選んだ理由は，成長が早く，温度管理のみで育成可能なためである．2024 年 12 月 18 日から育成を開始し，25 日から 27 日に収穫を行った．図 1 の温度センサ①、計測用デバイス②、Firebase③、可視化アプリを使用し，19 日から 27 日までの温度推移を記録・可視化した（図 3 参照）．栽培中の様子は 22 日に撮影した（図 4 参照）．

成長期（18 日～24 日）と収穫期（25 日～27 日）の可視化結果を 3 名の被験者に提示し，制御プログラムに関する以下のアイデアを得た．

- 30 分前の湿度が 90%以上ならばガラリを開ける
- 1 時間前から最新の土壌湿度の平均が 50%未満ならば水やりをする
- 2 時間前の平均温度が 20℃未満かつ平均照度が 100lux 未満ならば LED を点灯する

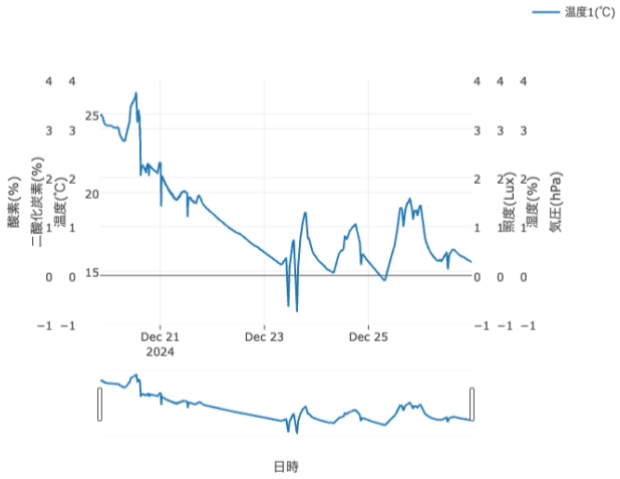


図 3　可視化アプリのインタフェース

図 4　栽培対象

6.　おわりに

本稿では，中学技術の計測・制御向け STEAM 教材プロトタイプの課題に対する改善方針を示し，新規機能を設計・実装し，それらの使用例を示した．今後は，中学技術での授業実現のために，植物工場を模した学習シナリオが「計測・制御」で使用可能かを調査する．そして，中学生が可視化アプリからしきい値を容易に決める支援機能や，中学生が時系列データを活用する支援方法を検討する．

参考文献

(1) 内閣府, "Society5. 0 - 科学技術政策", https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/, (2025/2/3 確認).
(2) 総務省, "平成 30 年版 情報通信白書 | Society5. 0", https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h30/html/nd102300. html, (2025/2/3 確認).
(3) 文科省, "中学校学習指導要領(平成 29 年告示) 解説技術・家庭編", https://www.mext.go.jp/content/20230516 - mxt_kyoikujinzai02-000033059_04.pdf, (2025/2/3 確認).
(4) 林竜希, 豊嶋宏太, 清水峻司他, "STEAM 教育用 IoT 教材とモデル駆動開発方法論を組み合わせた中学校技術科 「計測・制御」 関連単元向けフレームワークの提案", 情処研報 CE, 2024, 2024(8), 1-8.

生成 AI による自動生成プログラムを用いた自由落下解析と教育的効果

Freefall Analysis and Educational Effectiveness Using an Automatically Generated Program with Generative AI

中村　晃，工藤　知草
Akira NAKAMURA, Tomoshige KUDO
金沢工業大学基礎教育部
Email: n.akira@neptune.kanazawa-it.ac.jp

あらまし：自由落下する物体をデジタルカメラで高速度撮影し，得られた動画を生成 AI で作成したトラッキングプログラムで解析した取り組みを紹介した．この取り組みを通して学習者は物理の理解だけでなく，最近注目されている生成 AI を用いた自然言語処理によるプログラミング，データサイエンスに関する知識を互いに関連付けながら習得することができる．
キーワード：高速度撮影，自由落下，プログラミング，生成 AI

1. はじめに

スマートフォンでも高速度撮影ができるようになり，物理実験のデータ解析に適用されている．落下時間や振り子の周期をフレームレートから求める例がある．また，トラッキング機能を備えた解析ソフトを使って自由落下の解析をしている例[(1)]もある．これらは物理現象の理解に焦点を当てている．

一方，データ解析や，業務の効率化などでプログラミング能力が重要になり，2022 年度から高校でプログラミングを学ぶ情報 I が必修なった．ChatGPT 登場以降，このプログラミングも自然言語による指示で生成 AI が作成できるようになり，昨年あたりから生成 AI を用いたプログラミングが注目されるようになってきた．

以上の背景から，自由落下する物体を高速度撮影し，その動画から物体の運動を解析するプログラムを，AI を用いて作成してみた．この取り組みのなかから得られる学習内容を検討したので報告する．

2. 事前検討

2.1 撮影する物理現象

手軽に実験できるテニスボールとポンポン玉の自由落下とした．

2.2 動画撮影条件

- 使用カメラ：SONY DSC-RX100M7
- 撮影条件：960fps (1 秒間に 960 フレームで撮影)
- 動画の記録条件：60p　(1 秒間に 60 フレーム)
- 撮影画像の画素数：1920 画素×1080 画素

2.3 プログラムの実行環境

環境構築が不要の Google Colaboratory を用いた．使用言語は Python である．

2.4 使用生成 AI

生成 AI として最も普及している ChatGPT を使用した．自然言語でプログラムの内容を指示すると，プログラムコードだけでなく，コードの解説，使用方法などの回答が得られる．

3. プログラムの作成

生成 AI で物体の位置情報を取得するためのトラッキングプログラムを作成した．テニスボールの自由落下の実験において使用したプロンプト(生成 AI への指示)を以下に示す．

> 黄色いテニスボールを自由落下させた．
> その様子を動画で撮影した．
> その動画から黄色いテニスボールの位置をトラッキングし，トラッキングした結果を CSV ファイルにしてダウンロードできるプログラムを作成してください．
> プログラムの実行環境は Google Colaboratory です．
> 動画のファイル名は，free_fall.MP4 です．
> トラッキングしている様子が分かるように 100 フレームごとに画像を出力してください．

トラッキングが適正に行われているか確認するために 100 フレームごとにトラッキングの状態を示す画像を出力させることにした．

生成 AI が回答したプログラムの内容は以下のとおりである．

- テニスボールの「黄色」を HSV 空間で抽出
- 輪郭を検出して中心座標を記録
- 100 フレームごとに追跡の様子を画像出力
- CSV でフレームごとの位置座標を保存しダウンロード可能

この記述を読むことによりトラッキング方法を学ぶことができる．また，プログラムコードに記載されているコメントも教材になる．理解できないコードコードは，生成 AI に質問すると詳しく解説してくれる．これも教材となる．プログラムの基礎的な知識は必要であるが，生成 AI がプログラミングの教師の役割を果たしてくれる．

このように生成 AI に自然言語で指示をすることにより課題解決のためのプログラムが作成できることを体験することは意義がある．

4.　トラッキングプログラムの実行

生成 AI が提案したプログラムを実行した．プログラムの修正なしで適正な結果が得られた．図 1 はトラッキングが適切にできているかを確認するために出力した画像である(トリミングしている)．黄色いテニスボールが赤色の矩形でカモまれており，正しくトラッキングされていることが確認できた．画像上の長さから実際の長さを算出できるように，落下方向と平行に紐をたらし，その紐に 1 メートルの間をあけて黒のビニールテープで目印を付けた．1m が 925 画素に相当している．

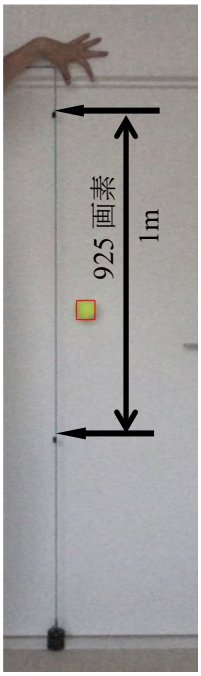


図 1　動画の 1 コマ
(1000 フレーム目)

トラッキングで得られた CSV ファイルのデータの一部を表 1 に示す．表 1 で出力されている位置データの原点は右上で，x の正方向はボールの落下方向と同じで，y の正方向は図 1 では左向きになる．数値は原点からの画素数になる．表 1 の Frame の数値が 1 増加すると 1/960 秒時間が経過したことになる．図 2 は CSV のデータを加工せずにそのままグラフにしたものである．

フレームレート，画素，画像上の座標など動画や静止画の基本的な知識を習得することができる．

表 1 CSV データの一例

Frame	x	y
1000	867	574
1001	870	575
1002	874	575
1003	876	574
1004	880	574
1005	884	574

※撮影は縦長で実施

5.　データ分析

重力加速度を求めるために CSV データより自由落下し始めたフレーム数を決め，不要なデータを削除した．その後，Frame 数を落下し始めてからの時刻〔秒〕，x のピクセル数を落下距離に変換した．そのデータをグラフにしたものが図 3 である．図 3 の中に記述されている数式は，データを 2 次回帰分析した結果である．x^2 の係数の 2 倍が重力加速度になる．この場合，重力加速度は 9.69m/s^2 となり約 1.1%

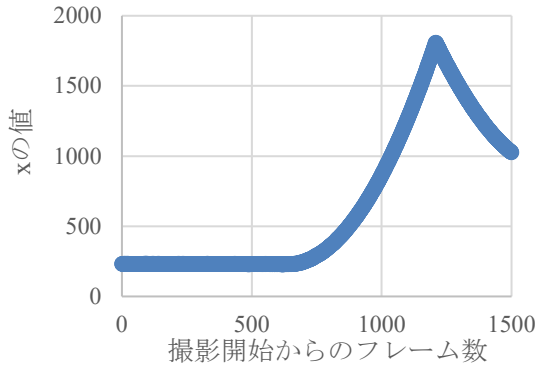


図 2 CSV ファイルデータのグラフ

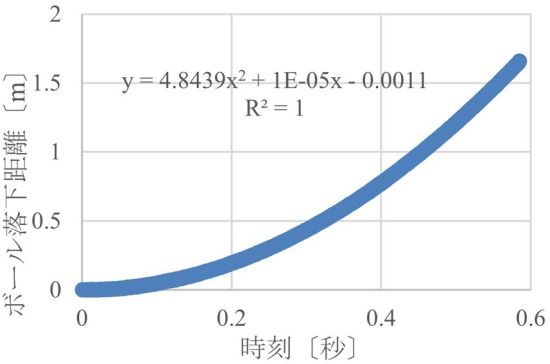


図 3　データ変換後のグラフ

の誤差であった．ピンポン玉で同様の実験をし解析したところ，重力加速度は 8.65 m/s^2 が得られた．10%以上の誤差が生じており，空気抵抗の影響が無視できないことが分かった．

物理法則だけでなく，座標変換，データのトリミング，2 次回帰分析などのデータサイエンスの要素も学習できる．

6.　おわり

細長い棒の転倒現象についても解析を行った．色による識別ができなかったので，他のトラッキングプログラムを作成した．今回紹介した手法は回転運動などいろいろな物理現象の解析に応用することができる．また，この取り組みは物理と情報を同時に学ぶ科目横断的で，かつ，実践的であるので学習効果が高いと考えられる．

本研究の経費は，科学研究費助成事業（JSPS 科研費 基盤研究(C)）課題題番：23K02721 によるもので，記して謝意を表す．

参考文献

(1) Lestari, D. A. P., and Handayani, I. D. : “The Concept of Free Fall Motion in Physics Practice Analysis Using Tracker Video Analysis (TVA) ”, 2023 International Conference on Technology, Engineering, and Computing Applications (ICTECA), pp. 1-5 (2023)

遊泳 VR 視聴時の心臓自律神経反応と遠泳ドロップアウト泳者との関係性

Relationship between pre-exposure cardiac autonomic responses to swimming VR and non-finishers in long-distance swimming

濱田大幹[*1,2]，山形高司[*2]，渡邉知央[*2]，中尾有子[*2]，鳥越貴之[*2]，川島将人[*2,3]，
小柳えり[*2],脇本敏裕[*2]，田島誠[*2]，依田健志[*2,4]，宮崎仁[*5]，矢野博巳[*2]
Hiroki HAMADA[*1,2], Takashi YAMAGATA[*2], Chihiro Watanabe[*2], Yuko NAKAO[*2], Takayuki TORIGOE[*2],
Masato KAWASHIMA[*2,3], Eri OYANAGI[*2], Toshihiro WAKIMOTO[*2],
Makoto TAJIMA[*2], Takeshi YODA[*2,4], Hisashi MIYAZAKI[*5], Hiromi YANO[*2]

[*1] 川崎医療福祉大学大学院, [*2] 川崎医療福祉大学, [*3] 九州工業大学, [*4] 川崎医科大学, [*5] 日本文理大学
[*1] Graduate School of Health Science and Technology, Kawasaki University of Medical Welfare,
[*2] Kawasaki University of Medical Welfare, [*3] Kyushu Institute of Technology,
[*4] Kawasaki Medical School, [*5] Nippon Bunri University

Email: h.hamada@mw.kawasaki-m.ac.jp

要旨：本研究は，遠泳ドロップアウト泳者の事前遊泳 VR 視聴時における心臓自律神経系活動の反応を分析し，遠泳時のリスク検知に対する有効性を検討した．遠泳ドロップアウト泳者の遊泳 VR 視聴時の交感神経変化量は，遠泳完泳者と比較して有意に低値を示した．遊泳 VR 視聴時の交感神経を検討することが，遠泳時のリスクを予測する一つの指標として有用である可能性が示唆された．

キーワード：VR，HMD，遠泳，心臓自律神経系，水辺教育

1. 背景

バーチャルリアリティ（Virtual Reality: VR）の中でも 360° ビデオは，VR ヘッドマウントディスプレイ（Head Mounted Display: HMD）を用いることで，没入型の体験が可能となる．VR は，さまざまな仮想環境におけるトレーニング，特に危険を伴う状況への事前対応訓練に適しており[(1)]，危険な場面を安全にシミュレートしながら，対象者にその対応行動を体験させることができる．さらに，こうした体験は，実際の場面における行動や心理的反応の予測にもつながる[(2)]．その結果，VR は現実に近い心理的・感情的プロセスを引き出すことができ，効果的なトレーニング手段となり得る[(3)]．

子どもを対象とした安全教育においても，火災避難訓練[(4)]や交通安全教育[(5)]の分野で VR の活用が報告されている．また，海に関する安全教育では，360° ビデオを活用し，離岸流や水の危険性について学ぶことで，学習効果が高まることが示されている[(1)]．近年では，視聴覚的な刺激に加えて，身体感覚を伴う多感覚的な VR 体験も可能となり，より現実に近い追体験が実現されつつある[(6)]．このような技術の進展により，今後の安全教育には，身体追体験を取り入れた VR 教材の開発と活用が求められる[(7)]．

一方で，さまざまなストレスに対して自律神経活動は，交感神経活動の亢進と副交感神経活動の抑制を示す[(8)]．運転中の自律神経活動を測定することで，衝突リスクを予測することが報告されている[(9)]．このことから，VR 体験時の自律神経反応を評価することで，遠泳時のリスク要因を事前に把握し，安全性の向上につながる可能性があると考えられる．

これまで我々は，遊泳 VR を視聴することで，交感神経活動が亢進し，副交感神経活動が抑制されることを明らかにした[(10)]．これらの知見を遠泳実習の状況と照らし合わせることで，VR 視聴がリスクスクリーニング手段として有効かどうかを検討することが可能であると考えた．

本研究は，遊泳 VR 視聴時の心臓自律神経反応と実際に遠泳時にドロップアウトしてしまった泳者との関係性について検討することを目的とした．

2. 方法

研究参加者は，2023 年度 K 大学大学生で，遠泳実習に参加した，39 人のうち，全てのデータに欠損値がなかった 31 名（男性: 16 名，女性: 15 名）とした．本研究は，川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を得て実施した（23-046）．

事前に，遊泳 VR 視聴，400m 平泳ぎの測定および運動負荷テストを行った．

遊泳 VR は，海を泳いでいる時の映像（Fig. 1）とし，視聴時の自律神経系活動の評価には，

Fig. 1 Participant during pre-exposure to a swimming VR video.

心拍変動解析（MemCalc 法）による心臓自律神経系活動を用いた．心拍変動の周波数解析（Bonaly Light, GMS 社製）から高周波成分（HF: 0.15～0.4 Hz），低周波成分（LF: 0.04～0.15 Hz）を算出し，正規化するために自然対数変換によって求めた lnLF/lnHF を交感神経活動，lnHF を副交感神経活動の指標とした．

測定は，

①Baseline：安静状態での 2 分間

②VR 視聴：HMD（Meta: Meta Quest Pro）を装着して VR 動画を視聴した 2 分間

で実施し，それぞれの平均値を解析に用いた．

遠泳は 3 時間を目標として行った．泳速度は，400m 平泳ぎ記録をもとに隊列を作成し，記録の遅い研究参加者に合わせるようにした．実施場所は，島根県松江市北浦海水浴場であった．遠泳中，研究参加者は側頭に心拍数（HR）センサー（Polar: Verity Sense）を装着し，心拍数を測定した．

分析は，3 時間泳を完泳した泳者（Finishers, n = 22）と途中でドロップアウトした泳者（DNFs: Did Not Finishers, n = 9）に分け，比較を行った．

3.　結果および考察

実際の遠泳の実施時間は, 2 時間 52 分であった．遠泳時におけるドロップアウトの判断は，スタッフによる判断または本人からの申告によって行った．DNFs 泳者のドロップアウト時の HR は，急激な上昇や低下といった顕著な変化は観察されなかった．

Finishers と DNFs の身体特性および 400m 平泳ぎの記録に有意な差は観察されなかった．Baseline と VR 視聴時の各パラメータ（HR, lnLF/lnHF, lnHF）の変化量を Finishers と DNFs で比較した結果，DNFs では Δ lnLF/lnHF が有意に低値を示した（Fig. 2B, $p < 0.05$）．急性ストレスに対して，LF/HF が亢進することは知られており[8], 我々の先行研究においても，遊泳 VR 視聴により同指標が有意に上昇することが示されている[10]．一方，本研究では，DNFs の Δ lnLF/lnHF が Finishers と比較して有意に低く，VR 視聴による交感神経活動の上昇が抑制されていることが明らかとなった．

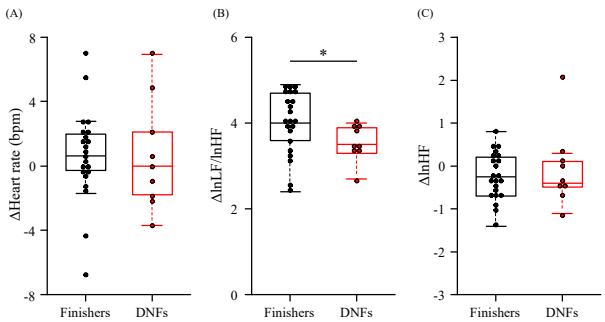


Fig. 1 Comparison of changes in heart rate (A) and cardiac autonomic system (B: lnLF/lnHF, and C: lnHF) in response to swimming VR viewing

Data were shown as beeswarm and boxplots. *; $p < 0.05$.

遊泳 VR 視聴において，lnLF/lnHF が上昇するという反応が統計学的に示されているものの，それとは異なる反応を示した参加者で遠泳時のドロップアウトが生じやすい可能性が考えられた．しかしながら，Finishers の中にも DNFs と同程度の Δ lnLF/lnHF を示した参加者も存在していたことから，心臓自律神経系の指標に加えて，他の指標もリスクファクターのデータとして検討していく必要があるのかもしれない．

4.　まとめ

本研究では，遠泳時の DNFs 泳者における Δ lnLF/lnHF が Finishers と比較して有意に低値を示し，遠泳時のリスクファクター指標の一つとして有用である可能性が示唆された．

5.　利益相反

本演題発表に関連し，開示すべき利益相反関係にある企業等はない．

参考文献

(1) Araiza-Alba, P., Keane, T., Matthews, B., et al.: “The potential of 360-degree virtual reality videos to teach water-safety skills to children”, Computers & Education, Vol.163, pp.104096 (2021)

(2) Makransky, G., Terkildsen, T. S., Mayer, R. E.: “Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning”, Learning and instruction, Vol.60, pp.225-236 (2019)

(3) Angel-Urdinola, D., Castillo Castro, C., Hoyos, A.: “Meta-Analysis Assessing the Effects of Virtual Reality Training on Student Learning and Skills Development”, Policy Research Working Paper Series, pp.19587 (2021)

(4) Çakiroğlu, Ü., Gökoğlu, S.: “Development of fire safety behavioral skills via virtual reality”, Computers & Education, Vol.133, pp.56-68 (2019)

(5) Smith, S., Ericson, E., Smith, S., et al.: “Using immersive game-based virtual reality to teach fire-safety skills to children”, Virtual Reality, Vol.13, No.2, pp.87-99 (2009)

(6) 池井寧: “バーチャルリアリティによる身体的追体験”, バイオメカニズム学会誌, Vol.43, No.1, pp.17-22 (2019)

(7) 濱田大幹, 中尾有子, 山形高司, et al.: “情報通信技術を用いた遠泳教育モデルの可能性”, 川崎医療福祉学会誌, Vol.32 No.1, pp.1-11 (2022)

(8) La Rovere, M. T., Gorini, A., Schwartz, P. J.: “Stress, the autonomic nervous system, and sudden death”, Auton Neurosci, Vol.237, pp.102921 (2022)

(9) Minusa, S., Mizuno, K., Ojiro, D., et al.: “Increase in rear-end collision risk by acute stress-induced fatigue in on-road truck driving”, PLoS One, Vol.16, No.10, pp.e0258892 (2021)

(10) 濱田大幹, 山形高司, 鳥越貴之, et al.: “遊泳 VR 視聴が心臓自律神経活動に及ぼす影響”, 第 91 回日本体力医学会中国・四国地方会 (2023/12/2)

国際バカロレア「日本語 A：文学」を Moodle 上で成立させるための教材デザインを考える

International Baccalaureate “Japanese A : Literature” Proposal of the teaching material design to make it work in Moodle.

五十嵐　敢[*1]，中野 裕司[*2]，喜多 敏博[*2]，マジュンダール リトジット[*2]
Tsuyoshi IGARASHI[*1], Hiroshi NAKANO[*2] Toshihiro KITA[*1], Rwitajit MAJUMDAR[*2]

[*1] 熊本大学大学院社会文化科学教育部教授システム学専攻
[*1] Graduate School of Instructional Systems, Kumamoto University
[*2] 熊本大学
[*2] Kumamoto University
Email: tigarashi@st.gsis.kumamoto-u.ac.jp

あらまし：国際バカロレアの高校生プログラムでは母国語を含む言語科目を二科目選択しないといけない．しかし，指導者の少なさやオンラインで教育が完結できないという考えから，海外では日本人でありながら「日本語」を選択しない高校生も多い．それでも，考え抜かれた教材と上手に作られたカリキュラムがあれば，Moodle 上で学習が可能ではないか，そうすれば母国語を捨てずに将来の高等教育につながるのではないかと考え，試験形式から要件を整理し実際の作成面での課題を展望する．
キーワード：国際バカロレア，IB 日本語，Moodle，デザイン研究，学習意欲

1.　何が開発のネックになっているのか

コロナ禍を奇貨として，国際バカロレア(1)の IBDP(2)の授業は教室での授業に加え，オンラインの同期/非同期型授業や Google Classroom を併用したガイドライン(3)が提供されている．では，そこまで一度自由になった授業の方法が，同期型の授業を含まない Moodle 等の LMS だけで完結できない理由は何か．

それは，「日本語 A：文学」では最終的な試験が手書きの小論文と音声によるプレゼンテーションにより評価されることと，文学テクストをかみ砕き自分なりの主張を構成していく力を育てることが，非同期型のオンライン教育では難しいとされているからだ．つまり，学習者なりの読み，学習者なりの問題意識，そして学習者なりの論理構成力を育てるためには，人間の頭と手を使って教室で教えるべしというマインドセットがいまだ根強いことに理由がある．

一方で，IBPD では母国語を受講しなければいけないが，日本以外では「日本語 A：文学」を学ぶ生徒や指導者の数は限られる．そのため，生徒数が少ない学校では「セルフトート」と呼ばれる授業形式で個別指導の先生がつくのが一般的だ．しかし，それでは指導者の数という限界と，指導力のばらつきと，時差を超えられず，世界で学ぶ日本人の日本語を育てる機会が奪われてしまうという問題がある．学習塾など校外の学習環境の充実も必要で，成績を上げにくい科目は現実的に選ばれにくい．

では，これらの条件を超えながら国際バカロレア「日本語 A：文学」を Moodle 上で成立させるための教材デザインはどのようなものかを考えてみたい．

2.　どのような考えで作っていくか

問題点がマインドセットと，指導者数と技術のばらつきから来るのであれば，「日本語 A：文学」という科目を一つと捉えずに，いくつかのブロックに分けその要素を洗い出して課題を明確化すればよい．その上で，学習意欲を維持させながらオンラインで学ぶ仕組みを構築するために教室の授業を置き換えていくというステップが必要となるだろう．

例えば，この科目の試験形式は「ペーパー１」，「ペーパー２」，「個人口述」という３種類に分けられる．それらの試験形式と問題傾向を洗い出せば類似の問題は指導者の側が作ることができる．そして，そのテストを評価するルーブリック（IBDP では「規準」と呼ばれる）を AI に読み込ませ，テストの小論文のデータを学習させていくことで，精度の高い採点結果が得られることが想定される．具体的に，各試験の傾向とどのような点に留意してデザインすればよいかを次節で記述する．

2.1　ペーパー１-初見の文章を分析する小論文

ペーパー1 は，40 行程度の初見の文学テクストを読み，その内容と技法，筆者の意図を分析した小論文を 75 分で書く試験形式だ．ハイヤーレベルと呼ばれる受講形式では 135 分で２題に回答する形になるが，これは問題量の差だけであり，難易度には差がない．画面での表示形式は，印刷や手書きでメモがしやすい PDF での提供とする．基本的な修辞法，例えば直喩・暗喩・擬人法などの技法や原稿用紙の使い方などは，小テストの形式を採用する．あるいは，分析方法は実際の対面型授業の録画を VOD で提供することも有効だと思われる．小論文はテキストデータで提出させ，その添削方法については，規定のル

ーブリックを使いAIに採点させる.

2.2 ペーパー２-学習した２作品を比較する小論文

ペーパー２は，学校の授業で学んだ２冊の文学テクストを整理し，設問に対して共通点と差異点を比較しながら105分で小論文を書く試験形式だ.ここでは，学校や学年により採択テクストが変わるため，文章を読む作業は Moodle 上では行わない.しかし，頻出の作品，例えば漱石の『こころ』やイプセンの『人形の家』などをタスクに分割して教材化することは可能だ.

具体的には①知識としての作品背景②人物像の相関③文体と構成の特徴④主題とそこに至るための作家の意図という低次から高次の問題構成が考えられる.低次の問題は知識レベルとして小テストで攻略できる.高次のレベルは，ペーパー２の過去問題から問をかみ砕いてトップダウンさせる形と，心情・山場・葛藤という中位の問題を学習者同士でフォーラム上でディスカッションさせて複数の視点から考えさせる方法が取れる.作品の共通点，差異点の捉え方については，発想法と収束のためのテクニックがあり，この部分は文章を読ませるよりも，VOD の提供による講義を聞く形式の方が現状では効率が良い.

ペーパー２の最終試験については，採点規準が2026年試験から改まる予定だが，日本語版の採点規準が 2025 年５月段階では発表されていないため,指導者が直接採点することが現状では必要だと考える.ただし，前述のペーパー１でもし AI による添削が可能になれば，次は要件が複合的になるだけで異なる技術が必要になるわけではないので，近い将来には不可能とは思わない.

2.3 個人口述-10 分間のプレゼンテーション

個人口述は，2 冊の文学作品からそれぞれ 40 行以内の抜粋を作り，その抜粋部分をグローバルな問題と関連させ 10 分間のプレゼンテーションを行う試験形式だ.学問的誠実性の観点から，リハーサルが許されず，本番が一回しかレコーディングできないため，学習者にとっては最も心理的な負担のある課題でもある.ここではリハーサルが禁じられていることを逆手にとり，音声認識/テキストトゥスピーチを使った技術が学習者を助ける可能性がある.つまり，プレゼンテーションを行うスクリプト（台本）を学習者が作ってそれを AI に発声させ，メリハリや構成を確認する方法と，逆に学習者が発声したものをテキストに起こして，それを磨き上げることで自己練習ができるのではないか.

作品の要点の洗い出しや主題に至るための作者の意図はペーパー2 のブロックでの分割指導方法が援用できる.そこに，グローバルな問題を入れるところが個人口述のポイントなので，この部分は学習者同士でディスカッションさせることで，問題を言語化し，他者から見た視点を入れることで相対化ができる.具体的には戦争・貧困・格差・ジェンダーなどのトピックに問題を分け，その問題に興味のある学習者が集まることで，相互にフォーラムで書かせることが有効になるだろう.

3. 人ができることとの棲み分けと課題

私の考えは，人間の指導者を疎外するものではない.むしろ，Moodle 上でできることは Moodle 上で行い，オンライン学習だからこその困難を指導者は理解し手を差し伸べる必要があると考えている.例えば①相談相手がおらず手詰まりになってしまう②誰も伴走する人がおらず継続する勇気がもてない③自分が目標としたいロールモデルがなく先が見えないという３点に段階的な解決法のヒントを見せること，あるいは相談に乗ることこそが指導者の役割ではないかと考える.ここはコンテンツのデザインと学習者支援の両方に ARCS-V[4] モデルの考え方が援用できるのではないか.

また，実際にオンライン上で教材を構築していく中で，学習者は作成者の意図しないところでストレスを受ける可能性が高い.それは，本を紙で読み人間と音声で対話するという方法から，画面上のどこかある文字データやタグを探して読み有用か否かを自分で判断するというメディアの違いがあるからだ.画面の中のヒントは，心理的な盲点になっていて書かれているのに気づかないという経験をした人も多いだろう.そのため，学ぶためのコンテンツの質を高めていくことと並行して，インターフェイス/ユーザエクスペリエンスも考慮したデザインにすることも必要だと考える.

さらに，将来的には国際バカロレア協会も手書きの試験を完全にやめる可能性もあるが，現在の課題として本試験に沿った手書き小論文の提出時にどう対応すればよいかという点がある.活字と違いＯＣＲソフトなどの仕組みが使えないため，全てデータで提出させオンライン上で処理するのか，それとも本試験のみ PDF などで提出を受けつけ指導者が採点することで温かみを出すのか，このあたりはもう一つの課題になるだろう.

参考文献

(1) 文部科学省 IB 教育推進コンソーシアム：“IB(国際バカロレア）とは” https://ibconsortium.mext.go.jp/about-ib/（参照 2025.06.01）
(2) 文部科学省 IB 教育推進コンソーシアム：DP（ディプロマ・プログラム）とは https://ibconsortium.mext.go.jp/about-ib/dp/（参照 2025.06.01）
(3) International Baccalaureate Organization: ”Online learning, teaching and education continuity planning for schools” https://www.ibo.org/globalassets/new-structure/covid-19/pdfs/online-learning-continuity-planning-en.pdf（参照 2025.06.01）
(4) J.M.ケラー著，鈴木克明監訳”学習意欲をデザインする　ARCS モデルによるインストラクショナルデザイン”北大路書房，京都（2010）

日本語学習と異文化理解をつなぐ遠隔教育の試み

—院内学級児童と台湾学生の交流を通して—

山本裕一[*1], 楊錦昌[*2], 林玉惠[*2], 謝昀叡[*3],小柳千佳子[*4]

[*1]北海道大学情報基盤センター, [*2]輔仁大学日本語文学系, [*3]北海道大学高等教育推進機構,
[*4]札幌市立北辰中学校ひまわり分校

[*1]Information Initiative Center, Hokkaido University

Email:sierra@iic.hokudai.ac.jp

あらまし：病院内に設置された院内学級は病気の子供達が入院しながら学習する教室であり、学習の遅れを解消することが主な目的である。また個々の病状に応じた入院や治療によって閉鎖的な状況に置かれる子供達にとって、外部との交流は回復への意欲を育む重要な要素となり得る。北大病院院内学級ひまわりでは外界との接触が困難な子供達が容易にコミュニケーションをとるためのツールとして双方向遠隔通信環境による遠隔教育を行っている。総合学習の一環として行う異文化理解授業を昨年に引き続き台湾で日本語を学ぶ学生と協調して行った。本稿ではその概要について報告する。

キーワード：院内学級、異文化交流、遠隔授業、初・中等教育実践

1. はじめに

2012 年に策定された国のがん対策推進基本計画において、小児がんは重点課題と位置づけられた。小児がん患者とその家族が安心して適切な医療や支援を受けられる環境整備のため、2013 年 2 月には全国に 15 の小児がん拠点病院が指定され、北海道では北海道大学病院が地域における中心的役割を担っている。2019 年の整備指針見直しでは、AYA 世代の患者への医療・支援対応が指定要件に追加された。北大病院には小児・AYA 世代がんセンターが設置され、治療に加え、療養中の子どもたちが健康な子どもたちと同じ生活・教育環境で医療や支援を受けられるよう、院内学級や地域学校との連携目指している。

2. 北大病院院内学級ひまわり分校

北大病院院内学級ひまわり分校は札幌市内の小中学校の分校という形式をとり、道内外から治療のため入院している子供たちを毎年、小学生約 30 名、中学生約 20 名程度を受け入れている。主な目的は長期・短期入院による学習の遅れを解消することだが、小児がん等の重篤な症状による入院や治療で陥りやすい空間的・心理的な閉鎖的、抑圧的な状況にある療養児の心理的な安定を図ることも重要視されている。そのため、「気持ちの開放を図り、外に開かれた友人との交流を図る」ことは回復への意欲につながるとされている[1]。北大病院院内学級ひまわりでは、テレビ会議や Web 会議システム、SNS などを活用し、国内外の多様な人々との異文化交流を行ってきた[2,3]。

3. 複数の院内学級が参加する異文化学習

これまで我々は、総合学習の一環としてアラスカ大学、国立天文台ハワイ観測所、サウジアラビアキングサウド大学、北大北京オフィス、中国東北師範大学、ベトナム、マレーシア、台湾とテレビ会議システムで連携してきた。これは異文化理解・コミュニケーション、各教科の発展的補完を目的とした総合的な取り組みであり、各教科の今後の学習への動機付けを図る授業として実施してきた。しかし、海外からの遠隔授業は講師の都合などにより定期的な実施が難しく、実施できた場合でも病気療養児の容態によって参加できる児童が限られ、貴重な機会を十分に活かせないこともあった。従来は主に TV 会議システムを利用してきたが、コロナ禍で普及した Zoom を導入したことで、大阪大学院内学級、関西医科大学院内学級に加え、札幌市立山の手支援学

校、新潟県立柏崎支援学校、刀根山支援学校訪問部（ベッドサイド）など、都合の合う施設にも参加してもらうことで、児童の不参加による授業中止を回避している。これまで機材や回線の問題で参加困難だった施設も加わることで、ある程度年間計画を立てることが可能になった。今後は各教室で行われる異文化学習などで共有できる教材や活動を増やしていきたいと考えている[4,5]。

4. 台湾輔仁大学日本語クラスによる授業

2024 年 6 月に実施された第 2 回遠隔授業には、輔仁大学の「進階日語(上級日本語)」履修生である 2 年生 33 名が参加し、日本側からは北大病院院内学級と新潟県立柏崎特別支援学校の児童生徒、小中学生計 6 名が参加した。第 1 回の授業における課題、具体的には発表学生による Zoom コンテンツ共有時のトラブルや質疑応答の時間の不足を踏まえ、授業構成を大幅に見直した。具体的には、発表に用いる動画を事前にホストである北大側に提出してもらい、日本側の教室で一括して再生し、Zoom の画面共有を北大側がコントロールする方式に変更した。これにより、不慣れな学生の操作ミスに影響されることなく、授業を円滑に進めることができた。6 つのグループが作成した 4,5 分の動画には字幕が付されており、視覚的にも配慮された内容であった。動画再生後には、台湾側の学生が Zoom を通じて簡単な挨拶と補足説明を行い、日本側の小中学生と教員が質問をする形で質疑応答が行われた。ここまでを日本側の児童生徒の授業時間である 45 分間で実施した。第 1 回の遠隔授業ではプログラムはここまでで終了し、Zoom の画面共有の不手際なども重なり、交流時間の不足が課題となっていた。今回は前半の視聴パートに 45 分を充てた後、台湾側の授業時間の残りの 45 分間を学生と日本側の教員による質疑応答や議論の時間とした。日本側の児童生徒は発表パートのみに参加し、その後、児童生徒からの感想や質問をフィードバックとしてまとめ、台湾側と共有した。授業の録画は、参加できなかった児童生徒のために後日 YouTube で限定公開し、視聴できるようにした。授業後に実施された台湾側の学生へのアンケート（5 段階評価、n=21）の結果では、前年（2023 年）と比較して全ての項目でスコアが上昇した。「日本語学習への意欲」（4.2）、「チームワーク」（4.5）、「国際交流への関心」（4.4）、「病気の児童への支援への関心」（4.5）などの項目で高い評価が得られた。自由記述からは、「字幕や原稿作成を通して日本語の表現力が向上した」「動画制作が楽しく、協働学習に役立った」「また日本の児童と交流したい」といった意見が見られた。

5. 今後の展望

今回の遠隔授業では、授業設計を工夫したことで前回の課題はかなり解消され、有意義な国際協働学習が実現した。今後は、他の院内学級や自宅療養中の児童生徒との連携をさらに進め、より多様な交流の形態を検討していきたい。加えて、参加児童の質問を支援する仕組みを導入し、参加者全員がより積極的に発言・交流できる体制を整えることも重要である。

参考文献

1. 横山強「特別支援学校の分教室における ICT 等の活用実践例について」『特別支援教育』, No.58, pp.28-33 (2015)
2. 山本裕一・西堀ゆり・吉田徹『掲示板型ツール「コラボード」と「コラボード広場」による院内学級での協調学習―院内学級での遠隔協調学習におけるシステム構築―』教育システム情報学会第 29 回全国大会講演論文集, pp.55-56 (2004)
3. 西堀ゆり「院内学級と北京を結んだ遠隔教育―テレビ会議システムによる異文化理解教育の試み―」教育システム情報学会第 36 回全国大会講演論文集, pp.404-405 (2011)
4. 山本裕一・井口晶裕・島田貴弘・小柳千佳子「小児病棟への学びのための高速ネットワークの導入について」大学 ICT 推進協議会 2020 年度年次大会講演論文集, FB1-4, pp.296-297 (2020)
5. 山本裕一・佐藤修・小柳千佳子・濱田和・佐藤聖子・西牧謙吾「TV 会議システム、モバイル機器を利用した複数の院内学級による台湾に関する異文化理解授業」教育システム情報学会第 44 回全国大会講演論文集, F6-2, pp.437-438 (2019)
6. 山本裕一・楊錦昌・謝昀叡・小柳千佳子「院内学級における台湾輔仁大学で日本語を学ぶ学生による異文化理解授業」教育システム情報学会第 49 回全国大会講演論文集, pp.285-286 (2024)

初級フランス語教科書に準拠した 生成 AI 活用型音読練習支援ツールの構想

Design Concept of a Generative AI-Based Oral Reading Practice Support Tool Aligned with Introductory French Textbooks

喜久川 功[*1]，有富 智世[*1]
Isao KIKUKAWA[*1], Chise ARITOMI[*1]
[*1] 常葉大学
[*1]Tokoha University
Email: kikukawa@sz.tokoha-u.ac.jp

あらまし：大学等における第二外国語教育の充実を図る目的で，初修フランス語のデジタル教科書・教材の開発を行ってきた．近年，生成 AI を代表とする AI 技術が普及し，英語以外の言語学習においても AI の効果的な活用が検討されている．そこで，「初級フランス語教科書」に準拠した「生成 AI 活用型音読練習支援ツール」の開発を目指すこととした．本稿では，本ツールの構想ならびに着想に至った経緯について報告する．
キーワード：外国語教育，第二外国語，フランス語，生成 AI 活用，音読練習支援ツール

1. はじめに

近年, 生成 AI を代表とする AI 技術の普及により，語学教育においても AI の効果的な活用が求められている. 特に, AI による音声認識および再生技術は，会話練習や音読学習での応用が期待できる[(1)・(2)]．このような背景から，2024 年度，常葉大学のフランス語の授業で Microsoft 社が提供する音読練習用ツール「Reading Progress [(3)]」と「Reading Coach [(4)]」を用いた学習活動を試みた．本結果からこれらのツールをフランス語学習で使用した場合の問題点が明らかとなった．そこで，英語以外の初修外国語（第二外国語のフランス語等）の音読学習用支援教材としては，各言語における発音や読み方の特性に対応し，効果的使用が見込める教材の開発が必須と判断された. 本稿では, まず Reading Progress と Reading Coach を用いた学習活動とその結果から得られた問題点について述べる．その上で，新たに開発を目指す「初級フランス語教科書」に準拠した「生成 AI 活用型音読練習支援ツール」に求められる要件と開発方針について報告する．

2. 既存ツールを用いた学習活動

本章では，既存ツール（「Reading Progress」と「Reading Coach」）を用いた学習活動（2024 年度実施）について概説する．本学習活動は，常葉大学の第二外国語科目「フランス語Ⅱb」の履修者 8 名を対象に，2025 年 1 月 9 日～1 月 30 日に実施した．

「Reading Progress」は「Microsoft Teams」に付属のツールであり，Teams 上に音読練習の課題をセットすることができる．また，AI による自動採点機能が搭載されており，採点に要する授業者の負担軽減が見込める．AI による判定に誤りがあった場合には，授業者が手動で訂正することも可能である．本学習活動では,「Reading Progress」に 2 つの音読課題を設定した.

一方,「Reading Coach」は，AI により生成される「ストーリー」を用いて音読練習を行ったり，学習者自身が文章をセットして練習することができる．本学習活動では，学習者の自学自習を支援するツールとして利用を促すこととした.

以下に，これらのツールを用いた学習活動の流れを示す.

【１】学習者は「Reading Coach」と「Reading Progress」の使い方について学ぶ
【２】授業者は「Reading Coach」に以下の音読教材を課題として準備する.『なびふらんせ１[(5)]』7 課例文「近い未来・近い過去のことを話してみましょう」（総単語数：19）．学習者は課題の音読練習を行う
【３】学習者は課題実施後，「Reading Coach」の AI 判定により抽出された「苦手な単語」の機械音声を確認する．さらに，学習者はネイティブによる音声の確認も行う（現時点でフランス語における機械音声の信憑性が低いことは否めないため）
【４】授業者は「Reading Coach」に以下の音読教材を課題として準備する.『なびふらんせ１』12 課例文（総単語数 : 58）．学習者は課題を実施する（授業者は「AI を使用してストーリーを作成する」も試みるよう助言する）
【５】次回授業時に，授業者は「Reading Progress」を用い,【４】と同じ例文で学習者に音読練習を行わせる（授業者は事前に音読教材を Reading Progress に課題として準備しておく）. 同授業内で，授業者は自身の PC（Teams）画面をスクリーンに投影し,「Reading Progress」の AI 採点結果を学習者に共有する（授業者による「採点の

修正」についても示す）
【６】授業者は「Reading Progress」に以下の音読教材を課題として準備する.『なびふらんせ２[(6)]』7 課例文「言ってみよう」（総単語数：103）．学習者は課題の音読練習を行い，提出期限までに録音データを提出する（録音データは「何回でも取り直し可」の設定とする）

3.　既存ツールの問題点

本章では，2 章で述べた学習活動の結果から得られた問題点について述べる．

まず,「Reading Progress」についてだが，本ツールは，音読課題を支援するための機能が充実しているため，適切な課題設定や授業者によるフィードバック等により学習効果を高めることが期待できる．しかし，学習者数や準備する課題数に比例して，授業者の負担が増大することも懸念される．これには，「Reading Coach」のような自学自習を支援するツールとの併用を以って，適切な課題内容や課題数の調整を行う方策が必要となる．

一方,「Reading Coach」は,「マニュアルが無くても直感的に操作可能（使いやすい)」,「AI が練習用の文章を自動生成してくれる」といったメリットがある．しかし，生成された文章が音読練習用教材として適切かの保証はない（授業の進捗に合わせて学ぶべき文法項目や語彙などに配慮した課題文は必ずしも得られない)．

現段階で使用できる「Reading Progress」等の音読練習ツールは, 英語を基準に開発されたものであり，したがって，第二外国語（フランス語等）の発音や読みの多様性に適合していない点が挙げられる．特にリエゾン（単語の繋がり）に関しては義務・任意・禁止リエゾンがあり，AI による正確な評価基準が定まらない．英語と異なる初修外国語だからこそ，初級レベルの学習段階から音読練習を導入できれば，正しい発音やイントネーション，リエゾンやアンシェヌマン（音の連結）を自然に覚えられるようになる．そこで，初級フランス語の範疇で標準的な評価基準に合わせた音読練習用教材となるよう「初級フランス語の教科書」に準拠した「生成 AI 活用型音読練習支援ツール」の開発を進める．

4.　開発ツールの要件と方針

「初級フランス語教科書」に準拠した「生成 AI 活用型音読練習支援ツール」の開発に先立ち，開発方針の検討を行い，ツールに求められる要件を抽出した．以下に，その結果を示す．

【要件①】教科書各課の文法や語彙などに準拠した音読練習用の文章を生成可能
【要件②】音読練習用の文章の音声再生が可能（音声は可能な限りネイティブによる音源を用いる）
【要件③】マイクによる音声入力が可能
【要件④】入力音声は録音データとして保存可能
【要件⑤】音声入力時の音声データや録音データから文字起こしが可能
【要件⑥】文字起こしされた文章と音読練習用文章を比較して評価判定が可能
【要件⑦】「学習記録」の可視化が可能
【要件⑧】授業者による評価修正やフィードバックが可能

次に，本要件を満たすための開発方針について以下に示す.

【開発方針①】
要件①・②・⑥を満たすために，独自の「生成 AI＋RAG システム」を構築する．この「生成 AI＋RAG システム」には,「初級フランス語教科書」の知識を与えておく．AI の判断により，練習用文章として教科書掲載の文をそのまま用いる場合には，教科書付属のネイティブ音声の有無をチェックし，ネイティブ音声が無ければ機械音声の生成を実行する. また，教科書掲載の例文の一部を改変して練習用文章を生成する場合も機械音声の生成を実行する．さらに，AI は，文字起こしされた文章と練習用文章を比較し，評価判定も行う．

【開発方針②】
要件②・③・④・⑤・⑦・⑧を満たすために，上記「生成 AI＋RAG システム」と連動する Web システムを開発する．本 Web システムには,「Text to Speech」機能と「Speech to Text」機能を搭載させる．

5.　おわりに

本稿では,「初級フランス語教科書」に準拠した「生成 AI 活用型音読練習支援ツール」の構想について述べた．本ツールの活用により音読学習を効率的に実施し，個別最適な学びの実現と高い学習効果が期待できる．今後は，実際の授業で試用可能なプロトタイプの開発を進めていく．

参考文献

(1) 三澤真:“Microsoft Teams の「音読の練習」機能を利用した外国語授業”，武蔵大学人文学会雑誌 54 (2), pp. 203-220 （2023）
(2) 清原文代:“Microsoft Teams で朗読課題”, https://note.com/kiyohara_f/n/n48fafcd932b2（2023 年 6 月）
(3) “Reading Progress”, https://learn.microsoft.com/en-us/training/educator-center/product-guides/reading-progress/（2025 年 5 月取得）
(4) “Reading Coach”，https://coach.microsoft.com/ja-jp（2025 年 5 月取得）
(5) 有富智世，喜久川功，黒田恵梨子，田母神須美子，服部悦子:“なびふらんせ 1”，株式会社朝日出版社，東京 （2016）
(6) 有富智世，喜久川功，安藤博文，内田智秀，服部悦子:“なびふらんせ 2”，株式会社朝日出版社，東京（2019）

達成方式アウェアな研究タスクオントロジーの検討

A Proposal of Achievement Method Aware Research Task Ontology

油谷 知岐[*1]，瀬田 和久[*1]，林 佑樹[*1]
Tomoki ABURATANI[*1], Kazuhisa SETA[*1], Yuki HAYASHI[*1]
[*1] 大阪公立大学大学院 情報学研究科
[*1]Graduate School of Informatics, Osaka Metropolitan University
Email: aburatani.tomoki@omu.ac.jp

あらまし：研究活動では，考えるべきことが何か，それを考えるためになぜ，何から考えていくことが有望そうかといった知識（メタ認知知識）を身に着け，発揮することが大切である．本研究では，研究活動における思考行為をより良く制御できるよう支援する計算機システムの実現に向け，メタ認知知識の捉え方を定義するオントロジーを検討する．より具体的には，研究活動では考えを深めていくために複数の方式がありうることを踏まえた研究タスクオントロジーを検討する．
キーワード：研究活動，方式定義，メタ認知知識の構成，研究タスクオントロジー

1. はじめに

研究活動では思考プロセスそのものを観察・制御するメタ認知活動が要求される(1)．例えば教育システム情報学分野では「学習者が抱える困難性を考えた方がいい」や「支援方法を具体化した方がいい」など，そもそも何を考えるべきかを自分で考えながら研究を遂行することが求められる．加えて，「学習者が抱える困難性を考える」ためには複数の思考プロセスの選択肢がありうる．例えば，「具体的な学習者像を想定することで迫真性の高い困難性を検討する」手続きや「支援方法を具体化することで手段（支援方法）から目的（低減する困難性）に立ち戻って検討する」手続きが想定しうる．このため研究遂行者は，有効と思われる思考プロセスを自分で想定し，状況や文脈に応じて適切と思われる思考プロセスを自分で選択しながら研究を進めることが求められる．

こうした思考プロセスを観察・制御するために参照される知識（メタ認知知識）を計算機システムが捉えられれば，より合目的的な研究遂行やその学びの適応的支援へと展開できる可能性があると考えた．

そこで本研究では，研究活動におけるメタ認知知識を捉えられる計算機システムの実現に資するオントロジーとは？をリサーチクエスチョンとする．より具体的に本稿では，思考プロセス（達成方式）の違いを踏まえた研究タスクオントロジーを検討する．

2. オントロジーの構成要件とアプローチ

2.1 要件１．思考プロセスの多様性の表現

來村らは，「機能」が目的を達成するために複数の過程がありうることを表現するために，「達成方式」という概念をオントロジーに導入するアプローチを提案している(2)．

研究活動における思考行為を，思考結果を産み出す機能を実行することと捉えると，思考プロセスの違いは思考行為の達成方式の違いとして整理できると考えた．

そこで，思考行為の達成方式の違いを表現することを要件とする．

2.2 要件２．研究活動におけるメタ認知知識の表現

Hayashi らは，メタ認知について，学習活動の文脈を対象に「問題点を認識する」や「自身のパフォーマンスの正しさを認識する」といった一般性の高い概念を定義したオントロジーを提案している(3)．こうした一般的なプロセスに加え，研究活動固有の思考のコツをメタ認知知識として定義できれば，研究遂行者の思考活動に寄り添った支援に繋がる概念定義になると考えた．

Mori らは，研究遂行過程で，(a)いつ（何を考えるときに），(b)何を考えるのが有効か？をオントロジーで定義することで，研究遂行の適応的支援システムの基盤とするアプローチを提案している(4)．本研究では，この「(a)いつ考えるのが有効か（**構成素1**）」と「(b)何を考えるのが有効か（**構成素2**）」に加え，「(c)なぜそれを考えるのが有効か（**構成素3**）」という観点を加えたメタ認知知識を規定する．

思考プロセスの有効性を明示的に規定することで，思考行為の達成方式の採用意図（合目的性）を可能な限り明らかにするためのメタ認知知識を表現できると考えた．

そこで，思考行為間の合目的性を表現することを要件とする．

3. オントロジー定義

3.1 思考行為の特殊化による方式定義

要件１の思考行為の達成方式の違いを表現する概念定義の仕様を規定する．

Mori らの定義に則り，(ⅰ)研究活動における特定の思考行為（例．学習者が抱える困難性を考える）を，(ⅱ)行為の実行結果として産出（出力）される成果物（思考結果）は何か？を表す概念と定義する．そして，思考行為の達成のための思考方式定義（例．学習者が抱える困難性を考える_Way1）を，思考行

図１ 達成方式とメタ認知知識の構成要素を踏まえた研究タスクオントロジー

為定義を特殊化した概念とする．方式の違いを，(ⅲ)行為を実行する助けとなる思考行為（サブ認知行為）の異なる思考行為と定義することで表現した．

これにより，例えば教育システム情報学分野の研究活動では，解決すべき困難性を検討する思考行為として「学習者が抱える困難性を考える」思考行為が必要であり，それを考えるための方式を書き分けられるようにしている．図１では例えば，「具体的な学習者像を想定する」思考行為を実行する方式（学習者が抱える困難性を考える_Way1）や，「学習の支援方法を考える」思考行為を実行する方式（学習者が抱える困難性を考える_Way2）の違いとして表現できるようにしている．

3.2 メタ認知知識の解釈方式定義

要件２の「(a)いつ，(b)何を，(c)なぜ考えるのが有効か」というメタ認知知識の構造を表現するため，２つの概念定義の仕様を規定する．

１つは，思考の方式定義それぞれについて，その方式を採用する合目的性を，「(ⅳ)サブ認知行為実行の有効性（サブ認知行為を実行するのがよい理由）」として規定することである．

もう１つは，システムによるメタ認知知識の解釈法の定義である．メタ認知知識に関わる診断と介入をする計算機システムをメタ思考解釈デバイスと捉える．そして，このデバイスにとってのメタ認知知識は３つの構成要素からなると定義する．具体的には，(a)いつ考えるのが有効か？を，(ⅰ)方式定義における思考行為と定義する．そして，(b)何を考えるのが有効か？を，(ⅲ)思考行為達成のためのサブ認知行為と定義する．最後に，(c)なぜ考えるのが有効か？を，(ⅳ)そのサブ認知行為を実行するのがよい理由として定義する．

これにより，例えば教育システム情報学分野の研究活動では，具体的な学習者像を想定すること（何を）が，学習者が抱える困難性を考えるとき（いつ）に，学習者のペルソナを具体的に考えることで実感を伴った難しさの定義ができる可能性があるため（なぜ）有効と考えられる，といった３要素からなるメタ認知知識を表現できるようにしている．

思考方式定義の構造（思考行為，そのサブ認知行為，その活動を実行するのがよい理由の３つ組）を参照する形式でメタ認知知識を定義することで，思考行為の方式定義を拡充することで解釈可能なメタ認知知識も同時に拡充していく定義としている．

4. おわりに

研究活動における思考プロセスを制御するメタ認知知識を計算機システムが扱えるようにするため，達成に目掛けた複数の方式の定義に照らしていつ・何を・なぜ考えるのが有効かというメタ認知知識を定義する研究タスクオントロジーを検討した．

このオントロジーを洗練し，研究分野固有のメタ認知知識の定義の整備を進めることで，ユーザが研究活動を遂行する過程で発揮できた／できなかったメタ認知知識を診断と，さらなる発揮や学びを促す適応的な介入の仕組みの実現へと繋げてゆく．

参考文献

(1) 吉田靖，服部雅史:“創造的問題解決におけるメタ認知的処理の影響”，認知科学, Vol.9, No.1, pp.89-102 (2002)
(2) 來村徳信，溝口理一郎:“オントロジー工学に基づく機能的知識体系化の枠組み”，人工知能学会論文誌, Vol.17, No.1, pp.61-72 (2002)
(3) Hayashi, Y., Bourdeau, J., and Mizoguchi, R.: “Using Ontological Engineering to Organize Learning / Instructional Theories and Build a Theory-Aware Authoring System”, International Journal of AI in Education, Vol.19, No.2, pp.211-252 (2009)
(4) Mori, M., Hayashi, Y., and Seta, K.: “Ontology-based Thought Organization Support System to Prompt Readiness of Intention Sharing and Its Long-term Practice”, The Journal of Information and Systems in Education, Vol.18, No.1, pp.27-39 (2019)

歌唱時の筋活動の可視化による学習支援システムの提案

Proposal for a Learning Support System by Visualizing Muscle Activity During Singing

勝井 拓和[*1]，東本 崇仁[*2]
Takuto KATSUI[*1], Takahito TOMOTO[*2]
[*1] 千葉工業大学情報科学部
[*1] Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology
[*2] 千葉工業大学情報変革科学部
[*2] Faculty of Innovative Information Science, Chiba Institute of Technology
Email: s2232039HA@s.chinakoudai.jp

あらまし：歌唱能力を向上させる代表的な訓練法としてボイストレーニングが挙げられる．しかし，従来の指導では学習者自身の筋肉の動きと理想的な発声における身体操作を具体的に可視化・比較することは困難である．そこで本研究では，音声データから呼吸や発声に関わる筋肉の動きを推定し，学習者が筋肉の使い方を直感的に理解できるよう，可視化する手法を提案する．本システムにより，可視化された筋肉の動きに基づいて学習者が自律的に発声を改善できる環境の提供を目的とする．
キーワード：歌唱，学習支援システム，知識構造，可視化

1. はじめに

歌唱力の向上を目的とした訓練方法の一つにボイストレーニングがあり，学習者と指導者の対面形式や動画コンテンツを用いた自主学習形式でも実施されている．いずれも呼吸法の取得や発声の基礎訓練を通じて，声の安定性と声量・響きの豊かさなど音声の質的向上が期待される．

こうした指導においては，筋肉の意識や操作に基づいたアプローチが用いられているが，その際「後頭部から糸で引っ張られているような感覚で姿勢を整えて」といった比喩的表現を用いて身体感覚の理解を促すことがある．しかし，舌筋や声帯筋，横隔膜などは日常において意識的に操作する機会が少なく，どのように動かすべきかを直感的に把握しづらい．また，指導の際に用いられる比喩的な表現がすべての学習者にとって的確な身体操作に繋がるとは限らず，理解を妨げる要因となることも考えられる．

本研究では，こうした肉眼では把握しにくい筋肉の動きや力の入り具合をシステム上で推定・可視化し，根拠に基づくフィードバックを行う支援方法を検討する．本手法を通じて学習者が筋肉の使い方を具体的に理解し，修正できることが期待される．本稿では，歌唱における筋活動の可視化の意義とその方法，フィードバック内容について検討する．

2. 関連研究

歌唱力の向上を指向した学習支援システムに Voice Ball[(1)]があげられる．このシステムでは，歌声の音響特徴量である Q 値（声の響きの鋭さを示す指標）と SFR（響きの中でも特に重要とされる高周波成分の割合）に着目し，それらの値を二次元グラフとして可視化することで，学習者は自身の発声状態を直感的に把握することができる．しかしながら，発声に関与する身体的な要素，特に筋肉の使い方といった身体操作までは扱っていない．また，Chen ら[(2)]は表面筋電図（EMG）センサによる筋活動と音響的特徴を基に，プロの歌手と学生の発声における筋活動と音響特性の相関を比較分析している．結果として，熟練者は EMG と SPR（声の「強さ」や「抜けの良さ」を評価する指標）間に高い相関が見られ，発声技術の熟達に伴う筋制御の違いが明らかとなり，歌唱力の向上には筋肉を意識的に操作できる能力の習得が重要であることが示唆された．したがって，筋活動を可視化し，理解を促進する支援は，初学者にとって有効な学習手段となりうると考える．

3. 提案手法

歌唱力向上には，発声に関与する筋肉を意識的に操作できることが重要である[(2)]．本研究では，既存の学習手法では困難な学習者の筋肉の状態に応じた適応的フィードバックの実現に着目し，音声データから筋肉の動きを推定・可視化し，それに基づくフィードバックを行う手法を提案する．筋活動の可視化を通じて，学習者が自身の身体操作をより具体的に理解し，適切に修正できることを目指す．この手法の実現には，（A）音声・センサによる筋活動の検出，（B）検出された筋活動に基づいた学習者に対して効果的なフィードバックの 2 点が課題となる．

まず，本研究では歌唱力の向上を支援するにあたり，その基盤となる知識構造を提案する（図 1）．ここでは，歌唱要素を「安定性」「響き」「音質」の 3 つに大別し，各要素を支える身体的・技術的要因を体系化している．例えば「響き」は，喉や口腔の空きなどの空間的要素に関連し，これらは骨格や筋肉の使い方に大きく影響を受ける．つまり，発声時の筋肉の動きは，この構造の基盤となる要素に直結している．この構造は，実際に 40 年以上の実務経験を有するボイストレーナーに妥当性を確認済みである．

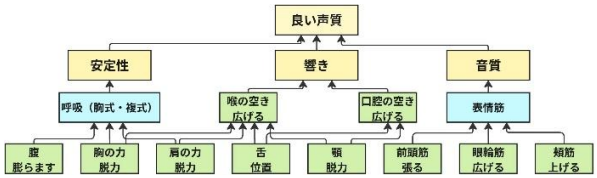


図 1 歌唱における身体・技術的要因の知識構造

本研究では，(A)の課題に対しては，学習者の音声データから喉頭周辺や腹部など，発声に関与する複数部位の筋肉の動きを機械学習で推定し，可視化を試みる．これにより，学習者は自身の身体操作が声に与える影響を具体的に把握しやすくなることが期待される．また，(B)の課題に対しては，推定される筋肉の動きと知識構造（図 1）に基づく歌唱構成要素（例：安定性，響き）との対応を基に，「腹部の活動が弱い→息の支えが不足している可能性がある」といった形で，筋活動とその意味付けを明示的にフィードバックし，従来の比喩的な指導を補完する．

4. 提案システム

提案システムのフローを図 2 に示す．提案システムでは，スペクトル特徴やメル周波数ケプストラム係数（MFCC）などを用いて，学習者の音響特徴から筋活動を推定する想定である．次に推定された筋活動情報に基づき，歌唱の品質低下に関与している筋肉を探索する．探索には熟達者の歌唱における筋活動パターンや，図 1 の知識構造を参照する．

また，音声データから筋活動を測定可能であるかを検討するため，知識構造に基づく予備分析を行った．具体的には，知識構造における喉の空け方に着目し，「喉を空けた状態」と「空けていない状態」で発声・録音・分析した．予備実験はボイストレーナー監修のもと，筋肉の状態に明確な差が出るように実践している．各音声データから Formant 特徴量を抽出しグラフ化した結果（図 3），両状態で異なる傾向が示された．この結果は予備的なものであるが，Formant のデータから喉の空け方による発声の違いを評価できる可能性が示唆された．一方，現状の方法では，筋活動を定量的に評価することは困難である．したがって今後の課題として，Formant に加え，音声データから EMG 信号を生成する STE-GAN[3]の導入により，定量的評価手法の確立を目指す．探索された歌唱の品質低下に関与している筋肉に対しては簡易の 2 次元アバターとして可視化し，学習者と熟達者の動作の差を明示する．これにより学習者はどの筋肉の使い方に過不足があるかを直感的に理解

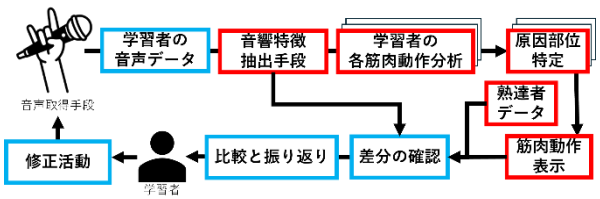


図 2 提案システムにおける学習サイクル

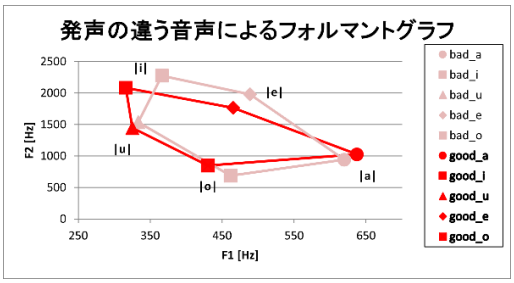


図 3 予備実験における Formant 比較グラフ

できる．

差分を可視化する際のシステム画面を図 4 に示す．音響特徴量と推定した筋肉の動きから，学習者の改善点を分析・フィードバックし，学習者はこのフィードバックを受け，発声を修正し，再度音声データを提供する．この一連の思考と修正のサイクルにより，歌唱スキルの段階的な向上を期待する．

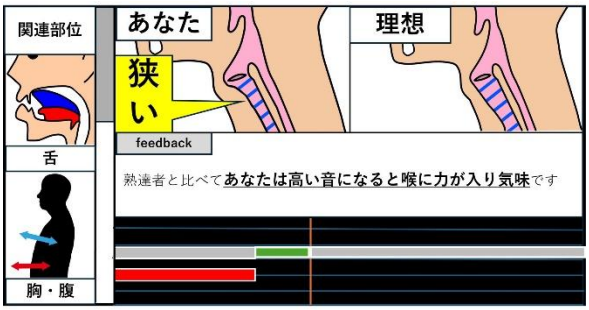


図 4 熟達者との差分表示画面の例

5. おわりに

本稿では，学習者の音声データから呼吸や発声に関わる筋肉の動きを推定・可視化し，それに基づくフィードバックを行う手法を提案した．また，学習者が可視化された筋肉の動きに基づき自律的に発声を改善できる支援システムを提案した．

今後の課題として，提案システムの開発と評価が考えられる．本提案システムでの学習を通して，学習者が呼吸器官や発声器官の筋肉を自由に動かせるようになっているかを評価する方法の検討も議論する必要があると考える．

参考文献

(1) 羽賀翼，香山瑞恵，池田京子，橋本昌巳，伊東一典:“習熟度に関係する音響特徴量に基づく歌唱学習支援システムの評価”，人工知能学会第二種研究会資料，SKL-20 ,pp.01 （2015）

(2) Chen, Kanyu and Kamiyama, Emiko and Li, Ruiteng and Peng, Yichen and Saito, Daichi and Wu, Erwin and Koike, Hideki and Kato, Akira: “Phantom Audition: Using the Visualization of Electromyography and Vocal Metrics as Tools in Singing Training”, SIGGRAPH Asia 2024 Posters, pp. 1--2 （2024）

(3) Scheck, Kevin and Schultz, Tanja:“STE-GAN: Speech-to-Electromyography Signal Conversion using Generative Adversarial Networks”, Proc. Interspeech 2023, pp. 1174--1178（2023）

オープン情報構造アプローチに基づく「分からない」状態への支援設計

Designing Learning Support to Address Not Understanding States, Based on Open Information Structure Approach

山元 翔[*1], 平嶋 宗[*2]
Sho YAMAMOTO [*1], Tsukasa HIRASHIMA [*2]
[*1] 近畿大学情報学部/情報学研究所
[*1]Faculty of Informatics / Cyber Informatics Research Institute, Kindai University
[*2] 広島大学大学院先進理工系科学研究科
[*2]Graduate School of Advanced Science and Technology, Hiroshima University
Email: yamamoto@info.kindai.ac.jp

あらまし：筆者らはオープン情報構造アプローチ（OSA）に基づくシステム開発を継続して行なってきている．学習者にとって最も避けうるべきは，「分からない」状態であり，この状態に陥ると学習者は答えに辿り着くことができない．これに対して OSA に基づく学習支援システムは，学習対象において本来理解すべき内的表象を踏まえて外的表象を適切に表現し，組み立て型の学習活動として設計している．これにより内的・外的表象の認識と変換に関与する「分からない」状態を適切に回避し，学習を促進できる．このようなシステムの設計と効果について，算数文章題の学習支援システムを事例として報告する．
キーワード：オープン情報構造アプローチ，分からない，構成主義，作問学習

1. はじめに

学習支援システムは，人の学習を促進し，何らかの対象を効果的に理解させるために設計される．このような人の学習について検討する際，最も理解から遠い状態は「途方にくれている」状態であると言える(1)．学習の目的が，学習者が何らかの概念や能力を獲得することであるとすれば，「分からない」状態というのは，そのような概念獲得にたどり着かない状態であるためである．

これについて，筆者らの提案している算数文章題の学習支援システムは，「分からない」状態を回避するように，適切な探索を促すよう設計されている．これは，オープン情報構造アプローチ（Open information Structure Approach :OSA）(2)に基づいてシステムが設計されているためである．また，構造を学習者の認知に合わせた形で組み立てさせていることから，構成主義的な学習上の試行錯誤を効果的に実現している．本章ではこのシステムの設計と成果について，学習者の「分からない」状態を踏まえいかに支援しうるかという視点から説明する．

2. 「分からない」状態とオープン情報構造アプローチ

2.1 「分からない」状態

溝口は，一般問題解決器（GPS）で用いられている状態空間とその探索モデルに基づいて，問題解決における「何をしてよいか分からない」状態を定義している(1)．GPS を土台として解釈すると，学習とは，問題解決を繰り返すことで，その GPS の持つパラメータや遷移の関係性を獲得する過程であると捉えることができる．つまり，問題解決を繰り返すことを作業として，そのパラメータや状態の変化から，何らかの一般的な法則を獲得する過程である．これは外的表象を通じて，内的表象を獲得する過程とも言えるだろう．

もしこの解決活動そのものが行えない状態であれば，その学習者には学習というプロセスが発生しない．溝口はこのような状態空間の探索が全く行われていない状態を「分からない」状態と定義しており，(1)途方に暮れている，(2)何をしたら良いか分からない，(3)何かやってはいるが成果は出ず，行動はほとんど場当たり的である，(4)ある程度意味がある行動をしてはいるが，解を得るには程遠い，の４つで定義している．

よってこれらの状態を引き起こさないように，あるいはこれらの状態が引き起こされた際には適切に抜け出せるような支援を提供することが，学習支援システムに求められると言える．

2.2 オープン情報構造アプローチ

平嶋らは Computational なメタ問題の設計法としての「オープン情報構造アプローチ」を提案している(2)．メタ問題とは「問題について考えさせる問題」であり，ここでの問題は「学習者の認知した問題」となる．つまり，学習者は問題を解くことで内的表象を獲得するのではなく，問題を組み立てることを通じて，内的表象を獲得することになる．

また，このアプローチに基づくシステム設計としては，(a)（学習対象の情報構造としての）外在化，(b)（外在化された情報構造の）操作可能化，(c)診断可能化が定義されており，学習対象を適切な外的表象として表現し，これを組み立てることを通じて内的表彰を獲得することが目掛けられている．また，(b)と(c)により，構成主義的に学習者自身が内的表象を見出すプロセスとして学習活動を実現している．

3.　OSA に基づく「分からない状態」への支援

3.1 OSA に基づく学習支援

図１に OSA の学習支援の概略図を記載する. OSA では，学習者には内的表象である知識構造を外在化する形で外的表彰である操作対象を設計する．したがって，学習者は外的表象を認知しながら操作することで演習を行なっており，この操作を通じて内的表象を獲得する．この点が非常に重要であり，外的表象とは，単なる情報の入力ではなく，内的表象の構造そのものが，外的表象に依存して形成されることが指摘されている(3)．そしてこれらは相互に変換可能であることも述べられている.

したがって，OSA に基づく操作対象となる部品の設計とは，この外的表象と内的表象の変換を踏まえて設計されるものであり，これによって設計された表象をシステム，あるいは教師もまた同様に操作・診断可能としているために，学習者の操作に基づく適切な診断・フィードバックを実現できる.

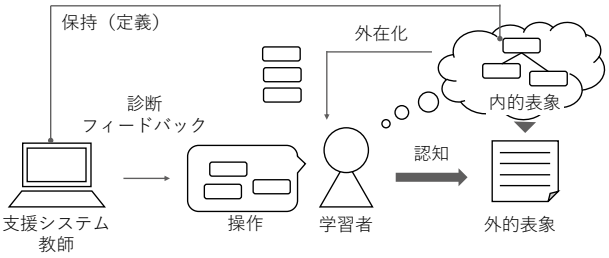


図1 OSAによる学習支援システムのフレームワーク

3.2 OSA と「分からない」状態

GPS に基づいて考えると，OSA の探索空間と学習とは，学習者が思考すべき内的表象につながるパラメータを外的表象として提供し，これを分解・操作可能とすることで，外的表象の操作を通じて学習者が内的表象を獲得していく過程であると言える.

そしてわからない状態とは，システムではなく，学習者が持つ探索空間が適切に構築されない状態を指す．よって，(1)(2)とは，そもそも探索空間が構築されない状態であり，外的表象を操作対象として受け取れていない状態と捉えられる. よって OSA に基づく学習設計により，この点は回避される.

次に(3)と(4)については，学習者が外的表象を通じて内的表象における重要なパラメータを見出せていない状態になる．(3)は外的表象の操作に始終しており，(4)は一部内的表象への変換ができているものの，残りは不明瞭である場合と捉えられる．これについては，支援システムや教師は，OSA に基づく外的表象と内的表象の変換構造を把握しているため，その変換に基づいた，外的表象の不一致に基づくフィードバックを返すことができる.

この枠組みにより，学習者は，そもそも探索空間を構築できないという状態を，システム等の支援によって克服することができ，探索空間の探索を通じて，外的表象から内的表象を見出す学習を適切に行うことができるようになっている.

3.3 事例説明「モンサクン Affective」

開発されたシステムの一つ，モンサクン Affective は，１回の加減で計算できる算数文章題の作問を対象としており，１つの量概念を表す単文カードを３つ組み合わせることで問題を作成する．そして，回答時だけではなく，簡易脳波計を用いることで演習途中でも学習者の行き詰まりを検出し，フィードバックを生成する（In-process feedback）.

このシステムでは，単文カードに基づく算数文章題が外的表象となっており，これはオブジェクト，述語，数量によって表現されている．この組み合わせが，扱われるべき物語の構造の部品となり，カードの組み合わせの誤りが，この構造の不一致を生み出す．このことから，内的表象と言える算数文章題の構造（量概念の表現と物語構造）と，提供される外的表象と対になっている．これにより，分からない状態(1)(2)は回避されている.

分からない状態(3)(4)は，外的表象と内的表象の変換ミスとして検出できる．システムはこの表象の変換構造を持つため，学習者の回答時，および演習の行き詰まりのタイミングで，学習者の回答に基づき，内的表象の不一致を検出することができる. 例えば，「８−２」で「合わせる」問題を作る際に，「りんごとみかんが８個あります」「ももが２個あります」と回答しているときに行き詰まっていれば，数字に着目しているあまり，オブジェクトの不一致に気づいていないことを検出できる．このように表象の変換に基づくことで，学習者の外的表象に対して，内的表象を踏まえた適切な支援を実現できる.

4.　まとめ

本稿では，OSA に基づく学習支援システムの設計と分からない状態への支援について述べた．今後，このフレームワークの洗練と，各種具体的なシステムの開発と検証を続けていく.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP23K02749 の助成を受けたものです.

参考文献

(1) Mizoguchi, R. :“A Proposal for a New Framework of Learner Modeling: From Modeling “Understanding” to “Not Understanding””, The Journal of Information and Systems in Education, Vol. 19, No. 1, pp. 9-14 (2020)
(2) 平嶋宗, 林雄介:“メタ問題設計法としてのオープン情報構造アプローチ”，人工知能学会研究会資料 先進的学習科学と工学研究会 第 82 回, p. 55-60 (2018)
(3) Zhang, J. :“The nature of external representations in problem solving”, Cognitive science, Vol. 21, No. 2, pp. 179-217 (1997)
(4) Yamamoto, S., Tobe, Y., Tawatsuji, Y., and Hirashima, T : “In-process feedback by detecting deadlock based on EEG data in exercise of learning by problem-posing and its evaluation”, Research and Practice in Technology Enhanced Learning, Vol. 18, No. 028, pp. 1-26 (2023)

Model Context Protocol を利用した AI 話しことばチェッカーの可能性

Feasibility of an AI “HANASHI KOTOBA” Checker Using the Model Context Protocol

山川 広人[*1]，山下 由美子[*2]
Hiroto YAMAKAWA[*1], Yumiko YAMASHITA[*2]
[*1] 公立千歳科学技術大学
[*1]Chitose Institute of Science and Technology
[*2] 帝京大学
[*2] Teikyo University
Email: yamakawa@photon.chitose.ac.jp

あらまし：本研究では，学術表現に不適切な「話しことば」を検出し，解説や修正事例を示す話しことばチェッカーを開発してきた．このシステムはルールベースでの検出のため，複雑な条件下の検出が困難である一方，生成 AI は専門知識の反映に課題がある．そこで本稿では Model Context Protocol を用いて話しことばチェッカーと生成 AI を連携し，専門性を維持しつつ高度な検出の可能性を検討する．
キーワード：話しことば，生成 AI，Model Context Protocol，アカデミック・ライティング教育

1. はじめに

初年次教育でのアカデミック・ライティング教育を支援するツールとして，筆者らは話しことばチェッカー（以下，チェッカーと記載）を開発してきた[(1-2)]．チェッカーに文章が送信されると，学術表現として使用が適切ではない言葉（以後，話しことば）が検出され，検出箇所，検出した話しことばの解説，一般的な修正事例も表示される．これを学習者がレポート記述時に用いて話しことばの指摘を受け学ぶ用途や，教師がレポート添削時に用いて添削の負担を軽減する用途に用いることができる．

話しことばの検出に着目すると，チェッカーは，アカデミック・ライティング教育の専門家の知識を反映したルールベースでの検出を行う．しかし，ある語が話しことばとして見なせるかは，文章の文体・記法といった条件の組み合わせで解釈が異なる．したがって，どの条件下でも最適な検出をルールベースのみで目指すことは難しい[(3)]．一方で，文章の添削には大規模言語モデルをベースとした生成 AI ツールも用いられることが一般的になってきたが，話しことばの検出を指示した場合，専門家の知識を反映した透明性の高い検出を行えるとは言い難い．

本稿は，Model Context Protocol（以下，MCP）を用いて，チェッカーを生成 AI ツールと接続する試みを報告する．これにより複雑な条件下でもチェッカーの専門性を反映した検出が可能な AI 話しことばチェッカーの実現の可能性を検討する．

2. それぞれの検出の特徴

チェッカーと生成 AI ツールそれぞれを用いて話しことばの検出を行うことで，チェッカー・生成 AI それぞれのツールの検出の特徴がわかる．そのため本研究では，学生が実際に記述したレポート 16 件（テーマ：アルゴリズムとは何か）に対し，チェッカーと生成 AI ツールが検出した話しことばの種類を比較した．この比較は 2024 年 1 月時点のチェッカーおよび ChatGPT（GPT4）の結果で行った．表 1 にプロンプトの例，表 2 に検出結果を示す．プロンプトの工夫の余地はあるものの，チェッカーの検出に比べ，生成 AI ツールが検出できた種類は少なく，また専門家から見た場合に正しい検出とは言えない箇所も多くあった．つまり，チェッカーは生成 AI ツールに比べ，話しことばの検出に専門的な知見をより反映できている（生成 AI ツールだけでは話しことば検出に十分な専門的な知識が取り入れられない）ことが示唆された．

3. チェッカーと生成 AI ツールの接続

上記の通り，話しことばの検出には差がある結果となった一方で，生成 AI は文体・記法の把握とい

表 1 生成 AI ツールへのプロンプト

役割### あなた(GPT) を，「大学初年次における日本語文章教育のエキスパート」とします． ### 指示### 与えられた文章から，話しことばである表現を抽出してください． ここでの話しことばの定義は「学術表現として使用することが適切ではない表現」です． 話しことばを抽出したとき，以下の情報を出力してください． 1. 抽出した話しことば （以後，検出例と，レポート本文を掲載）

表 2 話しことば検出結果の比較

① AI ツールが検出した箇所	59 箇所
①のうち，ライティングの専門家が正しい検出であると判断した箇所	12 箇所
①のうち，ライティングの専門家が文体等の条件付きで正しい検出であると判断した箇所	6 箇所

チェッカーで検出を成功した話しことば	20 種	AI ツールで検出を成功した話しことば	11 種

った文章解析，および解析結果を反映した返答に秀でている．これを受けて本稿は，生成 AI に外部ツールを接続可能な MCP を用いて，生成 AI の文章生成にチェッカーの検出結果を反映できるシステムを提案するものである．システム構成は図 1 の様になる．生成 AI ツールには，ユーザーがレポート文章とともに考慮したい条件を踏まえたプロンプトを与える．生成 AI ツールはプロンプトを解釈と返答の生成過程で MCP（HTTP を用いる Server-Sent Events 方式）を通じてチェッカーにリクエストを送信する．チェッカーはレポート文章から話しことばの検出を行い，レスポンスする．生成 AI はこのレスポンスを考慮しユーザに返答する．これにより，チェッカーのルールベースによる専門的な知識が反映された検出結果と，生成 AI のプロンプトの指示による複雑な条件を考慮した返答を組み合わせることが期待できる．

4.　複雑な条件下の話しことばの検出の実験

提案システムの効果の確認のため，チェッカーでは実現できない「引用文の中の話しことばを除く」検出を実験した．実験環境として，図 1 の構成を用意し，生成 AI ツールには Claude for Mac ver.0.9.3（Claude Sonnet4）*，MCP サーバーは筆者が自作したものを用い，チェッカーと接続した．

現在のチェッカーは，レポート内の文章すべてを区別なく話しことばを検出する．しかし，引用部分を原文ママで用いる場合は，話しことばがあっても指摘しないことが望ましい．これを図 1 のしくみで検出できるか実験した．レポート本文とチェッカーによる検出結果を表 3 に，図 1 の仕組みによるプロンプトと結果の例を図 2 に示す．チェッカーの検出結果を用い，理想的な結果が得られることは確認できたが，繰り返しの実験を行う中では生成 AI ツールが「引用文中のものは指摘しない」という指示を無視してしまうこともあった．ただしこうした場合は, 改めて追加で同様の指示を行う段階的な要求で，理想的な結果を得られることが再現できた．

5.　考察

4 章で示した通り，MCP を用いて生成 AI ツールがチェッカーの検出結果を利用し，またプロンプトにあわせた返答を行うことで，これまでチェッカー単体をユーザーが利用する形では実現できていなかった複雑な条件も考慮した検出結果が得られた．この新たな検出結果は，学習者のレポート記述の場面や，教員のレポート指導の場面により有用に活用できる可能性がある．また MCP による接続を応用すれば，生成 AI モデルを学習者の評価に用いる事例等にも新たにチェッカーを組み込める可能性がある．

*Claude for mac は，執筆時点では SSE 方式の MCP 接続に対応していないため，接続補助に mcp-remote を用いている．（https://github.com/geelen/mcp-remote）

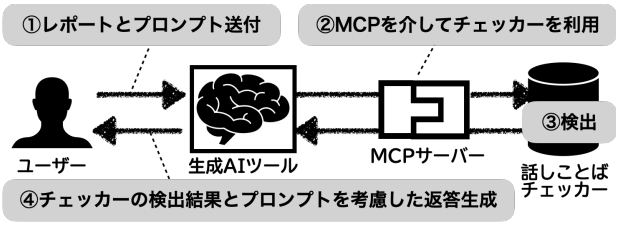


図 1　MCP を利用したシステム構成図

表 3 レポート本文
（抜粋，グレー部分が話しことばチェッカーによる検出部分）

特に乳児は生まれた時から貧困と直面するため，とても深刻な問題である．浅井（２０１７）は，「この貧困問題により，乳児の時期に一番大切とされている感情や意欲の発達に悪影響が及ぶ」と述べている．

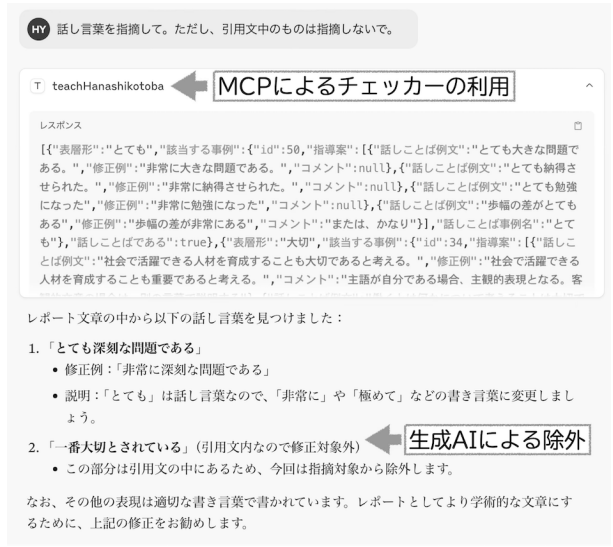


図 2　MCP を利用した生成 AI ツールの検出結果

これにより，より高度な記述に関する知識・スキルやコンピテンシー評価を行う事例にもチェッカーを活用できる可能性が確認できたと考えている．

6.　おわりに

本稿は実験的な検証のみを行なっており，教育現場でのユーザーの実利用を通じた検証が必要である．また，本稿執筆時点では MCP 対応の生成 AI ツールや設定方法は限られており，導入容易性等の検討の必要もある．引き続き検証・を進めていきたい．

参考文献

(1) 話しことばチェッカー, https://checker.uela.cloud/ （最終確認 2025-05-24）
(2) 山下由美子, 長谷川哲生, 山川広人, 小松川浩: “話しことばチェッカーの開発と評価”, 教育システム情報学会誌, Vol. 38, No. 4(2021), pp. 369-374.
(3) Yamakawa, H., Yamashita, Y., Niida, .H and Komatsugawa, H.:Design of “HANASHI KOTOBA Checker” with Machine Learning-based Sentence Expression Classification, 2023 14th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI), pp.728-729, 2023

生成 AI 時代の新しい学習スタイル
－NotebookLM を活用したデジタルティーチングアシスタントの実践評価－

A New Learning Style in the Age of Generative AI
- Practical Evaluation of A Digital Teaching Assistant using NotebookLM -

大島 直樹[*1]
Naoki OHSHIMA[*1]
[*1] 山口大学大学院技術経営研究科
[*1] Graduate School of Management of Innovation and Technology, Yamaguchi University
Email: nohshima@yamaguchi-u.ac.jp

あらまし： 本研究では、生成 AI 技術の教育応用として、Google NotebookLM を活用したデジタルティーチングアシスタントの実践評価を行った。従来の生成 AI が抱えるハルシネーション問題や個別化の困難を解決するため、NotebookLM の RAG（拡張検索）技術に着目し、ユーザー登録資料のみを参照する信頼性の高い学習支援システムの構築を試みた。山口大学大学院創成科学研究科「企業経営と財務」科目において、財務諸表分析演習に NotebookLM を導入し、学習プロセスの効率化と高次思考スキルの向上効果を検証した。実践では、学生が財務分析用サブテキストと企業決算資料をソースファイルとして登録し、プロンプトテンプレートを用いて収益性・安全性・成長性分析を実行した。その結果、プロンプトリテラシーを前提とせずに高度な分析結果を迅速に得ることが可能となり、従来の基礎的分析作業に要していた時間を、分析結果の解釈や批判的思考力の習得に充てることができた。しかし、より高度な応用分析には学習者のメタ認知能力の重要性が明らかとなり、今後は AI 技術習得よりも批判的評価能力育成に重点を置いたカリキュラム設計の必要性が示された。本研究は、T 字型人材育成を目指す生成 AI 時代の新しい学習スタイルの可能性を実証的に示すものである。
キーワード： NotebookLM、デジタルティーチングアシスタント、RAG（拡張検索）、企業会計教育

1. はじめに

21 世紀の教育現場は、デジタル技術の急速な発展により劇的な変貌を遂げている。特に生成 AI 技術の登場は、従来の教育パラダイムに根本的な変革をもたらし、学習者と教育者双方にとって新たな可能性と課題を提示している。このような背景の中で、Google 社が 2023 年に発表した NotebookLM は、教育分野における生成 AI 活用の新たな地平を切り開く革新的なツールとして注目を集めている[1-3]。

従来の生成 AI 技術は、膨大な情報源から知識を統合して応答を生成する一方で、ハルシネーション（幻覚現象）や情報の信頼性に関する課題を抱えていた。しかし、NotebookLM は RAG（拡張検索）技術を基盤とし、ユーザーが登録した特定の資料のみを参照して応答を生成することで、これらの課題を解決し、教育現場における実用性を大幅に向上させた。この技術的特徴により、学習者一人ひとりに最適化された信頼性の高い学習支援環境の構築が可能となっている。

大学教育においては、大規模講義と多様な学習者層への対応が常に課題となってきた。教員による個別指導には物理的・時間的制約があり、学習者のニーズに応じたきめ細やかな支援を提供することは困難であった。NotebookLM をデジタルティーチングアシスタントとして活用することで、これらの制約を克服し、質の高い個別最適化学習支援を実現する新たな教育モデルの構築が期待される。

本研究では、山口大学大学院創成科学研究科における「企業経営と財務」科目での実践を通じて、NotebookLM を活用したデジタルティーチングアシスタントの教育的効果を検証し、生成 AI 時代における新しい学習スタイルを検討する。

2. 背景

近年、生成 AI 技術は教育現場に急速な変革をもたらしているが、とりわけ Google 社が 2023 年に発表した NotebookLM の登場により、その状況は一変した。NotebookLM はユーザーが登録した独自データのみを参照して応答を生成するため、いわゆる RAG（拡張検索）結果のみに基づく回答を実現し、ハルシネーションのリスクを軽減しつつ、学習者一人ひとりに最適化された学習環境を提供できる点が最大の特徴である。NotebookLM は学習資料をあらかじめ取り込むことで情報の信頼性を確保し、かつ学習者のニーズに応じた柔軟な対話型支援を実現することが可能となった。

NotebookLM をデジタルティーチングアシスタントとして活用することにより、講義資料や企業財務データを基盤とした即時的な質疑応答や要約、関連情報の提供が可能となり、学習者の理解度向上と主体的学習の促進が期待される。NotebookLM を活用したデジタルティーチングアシスタントの構築とその教育的意義について考察する。

3. 学習支援ツールとしてのNotebookLMの位置づけと役割

近年の教育 DX においては、従来の LMS や e ラーニングシステムが担ってきた情報配信や学習管理機能に加え、より高度な個別最適化支援と双方向的な対話機能が求められている。しかし、従来の教育技術では、学習者の多様な疑問や理解度に柔軟に対応することは困難であり、教員の負担軽減や学習者中心の教育設計には限界があった。

NotebookLM は学習者がアップロードした講義資料や関連文献をもとに、自然言語による質問応答、要点要約、関連性分析など多面的な支援機能を提供する。これにより、学習者は従来の情報検索では得られにくかった、資料間の関連性や深い洞察を得ることが可能となる。また、質問応答機能では、学習者の理解度や背景知識に応じたカスタマイズされた応答を返すことで、主体的な学びを促進する。

さらに、NotebookLM は教育プロセス全体を通じて学習者をサポートする。予習段階では事前に資料を取り込むことで基礎理解を支援し、本学習段階では授業中の疑問にリアルタイムで対応、復習段階では要約や復習プランの提案を通じて知識の定着を図る。これらの機能が統合されることで、NotebookLM は単なる資料閲覧ツールを超え、学習プロセスを統一的かつ連続的に支援するデジタルティーチングアシスタントとして機能する。

4. NotebookLM の機能を活用した具体的な活用

山口大学大学院創成科学研究科「企業経営と財務」の講義において令和 7 年度前期に NotebookLM を活用し、以下の企業分析演習を実施した。

財務諸表に基づく「収益性分析」「安全性分析」「成長性分析」を詳細に解説したサブテキストを作成し、PDF 形式で学生に配布した。

学生には任意の企業ウェブサイトから直近 3 カ年分の決算報告書（決算短信）をダウンロードさせた。

作成したサブテキストと企業の決算短信をそれぞれ“ソースファイル”として NotebookLM に登録し、NotebookLM 上で「収益性分析」「安全性分析」「成長性分析」を実行させた。

分析実行用のプロンプトテンプレートを配布し、学生はこのテンプレートをそのまま利用するか、必要に応じて独自に改変して実行した。

NotebookLM を介することで、学生は高度かつ深い分析結果を迅速に得ることができ、財務指標の解釈や企業評価の視点をより拡充することができた。これらの取り組み結果を踏まえ、つぎの課題を議論する。

5. 課題と今後の展望

NotebookLM を教育現場に導入することで、多様な学習者ニーズに応じた個別最適化支援や、対話型学習環境の実現が可能となった一方で、次のような課題も明らかとなった。NotebookLM の活用には、適切なプロンプト設計技術やデータの取り扱い方に関する基本的知識が不要であり、これを習得していない学習者であっても一定の回答を引き出せる。従来の学習方法では、財務諸表に基づく企業分析を行う手順として、「収益性分析」「安全性分析」「成長性分析」に必要なデータの収集と分析を自身で行っていた。NotebookLM を利用することで、その手順を簡略化することが可能になった。すなわち、分析結果の解釈や批判的思考力を併せ持つためのメタ認知能力の修得に係る学習時間を確保できる見通しを得た。今後の展望としては、分析結果の批判的評価手法に焦点を当てたカリキュラムを構築する。これにより、学生は AI ツールの力を借りつつ、自らの意思で課題を設定し、深い洞察を導き出す力を磨くことができる。

6. まとめ

本研究では、生成 AI 時代の新しい学習スタイルとして、NotebookLM を活用したデジタルティーチングアシスタントの教育的意義と実践的な効果を検証した。

山口大学大学院での実践においては、「企業経営と財務」科目において企業分析演習を通じた具体的な活用事例を展開した。プロンプトリテラシーを前提にすることなく一定水準の分析結果を得ることができた。すなわち、学生は財務諸表分析に必要なデータ収集と基礎的分析プロセスを NotebookLM に委ねることで、従来は時間的制約により十分に取り組めなかった分析結果の解釈や批判的思考力の習得により多くの時間を割くことが可能となった。これは、学習プロセスの効率化と高次思考スキルの向上を同時に実現する教育モデルの可能性を示している。

一方で、分析結果をより詳細に検討する、あるいは複数年次の結果を統括的に分析するなどの応用を行うためには、学習者のメタ認知能力の修得がより重要であることが明白になった。今後の展望として、AI ツールの技術的習得に時間を費やすのではなく、AI が生成する分析結果に対する批判的評価能力の育成に重点を置くカリキュラム設計の必要性が示された。これにより、学習者は AI ツールを効果的に活用しながらも、自律的な思考力と深い洞察力を備えた T 字型人材として成長することが期待される。

参考文献

(1) Tufino, Eugenio. “NotebookLM: An LLM with RAG for active learning and collaborative tutoring.” (2025).
(2) Mehta, Neil, Anoop Agrawal, Jennifer Benjamin, Seysha Mehta, Heather MacNeill and Ken Masters. “Pedagogy and generative artificial intelligence: Applying the PICRAT model to Google NotebookLM.” *Medical Teacher* 47 (2024): 788 - 790.
(3) Yeo, Marie Alina, Benjamin Luke Moorhouse and Yuwei Wan. “From Academic Text to Talk-Show: Deepening Engagement and Understanding with Google NotebookLM.” Teaching English as a Second or Foreign Language--TESL-EJ (2025):

生成 AI による要約文を用いた Web 調べ学習への動機付け支援

Motivating Learners in Web-based Investigative Learning through AI-generated Summaries

渡邉 優[*1]，柏原 昭博[*1]
Yutaka WATANABE [*1], Akihiro KASHIHARA [*1]
[*1] 電気通信大学大学院 情報理工学研究科
[*1]Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications
Email: yutaka.watanabe@uec.ac.jp

あらまし：Web 調べ学習では，学ぶべき課題について深く調べるための問いを立てながら，情報を探究することが求められる．しかし，課題を調べる方向性が定まらず，学ぶ動機が弱い学習者は，問いを適切に立てることが困難であり，効果的な学びに至らない．本研究では，課題のオリエンテーションとして，学習者の関心に合わせて課題についての情報を提示することで，課題を調べる方向性を定めさせ，課題を学ぶ動機づけを行う支援手法を提案する．具体的には，生成 AI を用いて，学習者が価値を感じる側面から課題の要約文を生成することで，動機付けを行うことを目指す．
キーワード： Web 調べ学習，情報探究，動機付け，適応的支援，文章生成 AI

1. はじめに

Web 調べ学習は，Web 空間での情報探究を通して課題（例：「地球温暖化について調べる」）についての知識を構築する学習活動である．Web 空間はオープンエンドであるため，学ぶ項目やその順序は事前に定められておらず，調べ学習の正解は一意に定まらない．そのため，効果的に学ぶには，学習者は自分の関心に基づいて，問いを立てながら情報探究を進めることが必要である[1,2]．しかし，課題を調べる方向性が定まらず学ぶ動機が弱い学習者は，深く調べるための問いを立てることが困難であるため，不十分な学びや，散逸的な学びとなる可能性がある．

そのため，本研究では，Web 調べ学習の動機付け支援のために，学習者が課題を調べることに価値を見出せるように課題の要約文を生成し，情報探究を方向づけるためのオリエンテーション手法を提案する．これにより，学習者は自分が課題を調べる方向性を定め，適切な問いを立てられるようになることが期待できる．

本稿では，まずこれまでの Web 調べ学習支援について述べる．次に，Web 調べ学習における動機付けの必要性とその手法を述べる．最後に，その手法に基づいて要約文を生成するプロセスを述べる．

2. Web 調べ学習

Web 調べ学習では，次に学ぶべき項目とその順序を学習者自身で考えながら，Web リソースを探索し，学ぶべき課題（初期課題）についての知識を構築する必要がある．このような認知的負荷が高い活動を支援するため，これまで筆者らは Web 調べ学習の学び方を表したモデル[1]を提案した．このモデルは，次に示す 3 つのフェイズの繰り返すことにより，学習者が課題についての部分的な問いを立てながら知識を深めるプロセスを表す．学習者は，このモデルに沿って自己調整しながら学ぶことが想定される．

(i) Web リソース探索・ナビゲーションフェイズ：課題に関する Web リソースを探索・ナビゲーションし，情報を集める．
(ii) 知識構築フェイズ：(i)で得られた情報の構造化を通して，課題に関する知識を構築する．
(iii) 課題展開フェイズ：(ii)を通してさらに調べるべきだと考えられる項目を見出し，次に調べる課題（部分課題）として展開する．

3. Web 調べ学習における動機付け

3.1 課題のオリエンテーション

Web 調べ学習のモデルに沿って効果的に学ぶためには，学習者が課題を調べる方向性を定めるとともに，その方向で調べる動機を強く持つ必要がある[3]．動機付けが不十分な学習者は，深く調べるための問いを立てることが難しく，Web 調べ学習モデルに沿って学ぶための自己調整を適切に行うことができない[3]．結果として，調べた内容にまとまりのない散逸的な学びや，不十分な学びになることが想定される．

このような学習者には，課題のオリエンテーションとして，課題がどのようなものであり，どのような方向で探究できるかを，学習者の関心に合わせて提示する必要がある[2]．オリエンテーションを通して，学習者が課題についての特定の側面に価値を見出すことができれば，自分自身が関心を持って情報探究する方向性が定まり，調べ学習への動機付けが促進されることが期待される．

本研究では，生成 AI を用いて，学習者が課題を調べることに価値を見出せる要約文を生成し，課題のオリエンテーションとして提示することで，課題への動機付けを行うことを目指す．

3.2 価値を感じる課題の側面

本研究では，文献[4]による価値の分類を参考に，学習者が課題に対して価値を感じる側面を次の 3 つに

整理した．

(a) 学習者の興味に関連する側面
(b) 学習者の生活に関連する側面
(c) 社会的に重要とされる側面

課題のどの側面に価値を感じるかは，学習者の課題への関心の持ち方によって異なる．例えば，学習者が自らの興味から情報探究しようとする場合は(a)から調べることに価値を感じ，自分の生活に役立てようとする場合は(b)に価値を感じると考えられる．また，社会的に重要なことを調べる場合は，(c)に価値を感じる．

オリエンテーションを通してこれらの価値を感じる課題の側面を学習者に見出させるために，本研究では「学問分野」と「生活の場面」の 2 種類の情報に注目し，それらと課題の関連を要約文の中で提示する．具体的には，学習者の興味のある学問分野との関連を示すことにより(a)を，学習者の重視する生活の場面との関連を示すことにより(b)を見出させる．また，課題が一般的に重視されている生活の場面との関連を示すことで(c)を見出させる．

本研究では，学問分野として「政治学」や「物理学」,「農学」などの 52 分野に注目する．この学問分野は，文部科学省の公表する学科系統分類表[5]をもとに整理した．また，生活の場面としては表 1 に示す 5 場面に注目する．

表 1 生活の場面の分類

生活の場面	課題を調べることの役立ち方
自己研鑽	自分のスキルを磨き,仕事等で役立つ
ウェルビーイング	身体面・精神面の健康管理で役立つ
暮らし	家事・家計で役立つ
他者との交流	他者と関わるときに役立つ
社会貢献	社会を良くするために役立つ

4. 要約文生成システム

本研究では，生成 AI を用いて前章で整理した価値を見出すための情報を含む要約文を生成する．本章では，本システムによる要約文の生成プロセスを述べる．また，プロセスの概要図を図 1 に示す．

最初に，事前に用意した学問分野・生活の場面のリストの各項目が課題と関連するか診断し，リストを絞り込む．診断には，事物の関係性をグラフで表したデータベース Linked Open Data や，単語間の類似度を数値化できる単語ベクトルを用いる．ここで，関連度の最も高い生活の場面を，一般的に課題が重視される場面として同定し，リスト上で選択する．

次に，絞り込み後のリストから，興味のある学問分野・重視する生活の場面を学習者に選択させる．

その後，選択された項目と関連する初期課題に関する情報を，Web 空間で検索し収集する．例えば，初期課題が「地球温暖化」，選択項目が「生物学」の場合は，「地球温暖化　生物学」をクエリとして Web 空間を API で検索する．これにより得られた情報は，要約文を生成する際の補足情報として活用される．

最後に，初期課題，選択された分野・場面，補足情報をもとに，事前に用意したテンプレートに情報

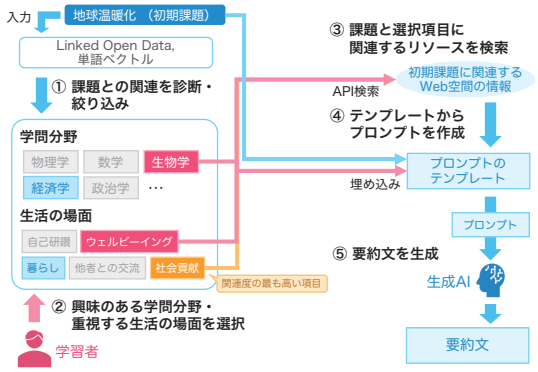


図 1 システムによる要約文の生成プロセス

地球温暖化は地球規模の課題であり、様々な分野に影響を及ぼしています。（中略）経済学の観点では、温暖化対策と経済成長のバランスが重要なテーマとなります。具体的には、森林資源の保全と利用を両立させる取り組みが、CO2吸収を促進しつつ経済的にも利益を生む可能性があります。また、先進国と途上国の責任分担を見直し、温室効果ガス削減の取り組みをより公平かつ効果的に進める必要性も指摘されています。（後略）

【要約文生成にあたって参照されたWebリソース】
- 東京大学 先端科学技術研究センター, “経済学的観点から地球温暖化問題に取り組む”, https://www.rcast.u-tokyo.ac.jp/ja/research/archives/pioneers_021.html (2025.04.17 参照)
- 株式会社 学文社, “入門・森林経済学”, https://www.gakubunsha.com/book/b644967.html (2025.04.17 参照)

図 2 課題「地球温暖化」についての要約文の例

を埋め込んでプロンプトを作成する．このプロンプトを生成 AI に入力し，要約文を生成する．図 2 は，学習者が学問分野として「経済学」を選択したときの，課題「地球温暖化」についての要約文を本システムが生成した例である．

5. まとめ

本稿では，Web 調べ学習の動機付けの手法を整理し，動機付けのための要約文生成システムを提案した．今後は，システムの動作をより詳細に検討した後，評価実験を行う予定である．

参考文献

(1) 柏原昭博: “Web 調べ学習支援のデザイン”, 教育システム情報学会誌, 第 40 巻, 第 2 号, pp.105-116 (2023)
(2) Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., Tsourlidaki, E.: “Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle”, Educational Research Review, Vol.14, pp.47–61 (2015)
(3) Boekaerts, M.: “Self-regulated learning: A new concept embraced by researchers, policy makers, educators, teachers, and students”, Learning and Instruction, Vol.7, No.2, pp.161–186 (1997)
(4) 鹿毛雅治: “学習意欲の理論 動機づけの教育心理学”, 金子書房, 東京 (2013)
(5) 文部科学省: “令和 6 年度学科系統分類表”, https://www.mext.go.jp/content/20241001-mxt_chousa01-000034363_18.pdf (2025.05.18 参照)

観察によって他者の感情や思考に共感する授業設計

Instructional Designing to Empathize with Feelings and Thinkings by Observation

田中 洋一
Yoichi TANAKA
仁愛女子短期大学
Jin-ai Women's College
Email: you@jin-ai.ac.jp

あらまし：デザイン思考を学ぶ科目において，観察によって他者の感情や思考に共感する授業の設計及び学生の振り返りを報告する．具体的には，①ジェスチャー（非言語コミュニケーション）での対話，②NVC（非暴力コミュニケーション）の Feelings や Needs リストを用いたスピーチの振り返り，③ボードゲームを用いた多様性の理解，という３つの実践を通して，観察力と共感力を学ぶ．
キーワード：デザイン思考，共感，観察，感情，思考，ニーズ，心理的安全性，Instructional Design

1. はじめに

筆者は，仁愛女子短期大学生活科学学科の学科長として，生活情報デザイン専攻（以下，本専攻と記す）のカリキュラムデザインに関わり，デザイン思考と経験学習を重要な教育方法と位置づけた．１年前期には，デザイン思考を学ぶ科目「情報デザイン論」（以下，本科目と記す）[1]と，社会情動的スキルを学ぶ科目「キャリアプランニング」を担当している[2]．「キャリアプランニング」の前半では，マインドフルネスやプロセス・エデュケーションを学び，自己や他者を観察することを大切にしている．本科目では，デザイン思考の１つめのプロセス「共感」として，観察を重要視している．この２科目では，一方の授業で学んだ知識・技能・態度がもう一方の授業で活かされ，相乗効果を得ている．本稿では，本科目４回目に実施した「共感①観察力」の授業設計及び学生の振り返りを報告する．

2. 授業設計

本科目の目的は，問題解決能力を身につけることである．そのため，すぐには答えが見つからないがリアリティのある事例に取り組み，自ら課題を発見し，それを解決していくため，デザイン思考にもとづく問題解決手法のマインドセットや方法論を学ぶ．

2.1 到達目標

本科目の到達目標は，下記の５つである．

① 自分やチームの認知活動（考える・感じる・記憶する・判断する等）を客観的にとらえられる．
② 多面的かつ順序立てて，モノゴトを考えることができる．
③ デザイン思考にもとづき，適切な判断ができる．
④ 他者の声に耳を傾け，自分の考えを自分の表現（口頭，文章等）で伝えることができる．
⑤ チームで目標を共有し，同僚支援及び率先垂範ができる．

2.2 授業の計画

(1) ガイダンス，創造①発想力を身につけよう
：対の言葉，語呂合わせ，言い換え，見立て，○描画，世界の CM
(2) デザイン思考ミニワーク①「小学生時代の遊び」を再定義しよう
：共感，問題定義を体験する
(3) デザイン思考ミニワーク②小学生向けゲームを企画しよう
：創造，プロトタイプ，テストを体験する
(4) 共感①観察力：NVC[3]の Feelings や Needs を使ってみる，ボードゲーム『じっくりミレー』にて，絵画や他者を観察する（多様性＆共感）
(5) 共感②質問力：チームでの質問づくり（QFT）を体験する，インタビュー項目を考える
(6) 共感③インタビュー「他己紹介」
：相棒をインタビューし，魅力を見つけ出す，相棒の魅力をグループに紹介する
(7) 問題定義①ブレスト＆SWOT 分析「生活情報デザイン専攻」：本専攻の現状を分析する
(8) 問題定義②ユーザ，ニーズ，インサイト「情デザの魅力が伝わる高校生対象イベントを企画しよう」：入学地域支援課長からの問題提起
(9) 創造①なぜ～なのかな？：問題定義文を見直す，「なぜ～なのかな？」を考える
(10) 創造②もし，どうすれば
：「なぜ～なのかな」に対して，「もし～だったら」を考える．「もし～だったら」に対して，「どうすれば～できるのか」を考える
(11) 創造③解決のためのアイデア出し
：問題定義に対して，解決するためのアイデアを出す．プロトタイプ案を考える
(12) プロトタイプ＆テスト
：プロトタイプの企画＆作成後，テスト
(13) ストーリーテリング①企画

：チームでストーリーテリング（２分間の寸劇）を企画する．

(14) ストーリーテリング②制作
：チームでストーリーテリングを作る

(15) ストーリーテリング③発表＆振り返り
：２分間の寸劇で解決策を伝える，本科目で学んだことを振り返る

2.3 ４回目の授業内容

４回目の到達目標は，下記の３つである．

① バースデーチェーンでのチーム分けによって，非言語コミュニケーションを体験する
② NVC（非暴力コミュニケーション）の Feelings（感情）や Needs（ニーズ）を使い感じる
③ ボードゲーム「じっくりミレー」(図１)にて，絵画や他者を観察して多様性を理解する

図１じっくりミレー

3. 学生の振り返り

3.1 コルブの経験学習サイクル

筆者が担当する科目では，コルブの経験学習サイクルにもとづき，毎回授業後に仁短 Moodle の振り返りノートを記入する．

① 経験「やってみよう！」今回の授業＆課題で経験したことのうち，印象に残っているのは何ですか？　なるべく具体的に書きましょう．
② 振り返り「どうだった？」先の経験から自分が気づいたことや分かったことは何ですか？
③ マイセオリー「次はこうしよう！」先の振り返りをふまえて，今後，他の場面でも活用できるようなマイセオリー（仮説や教訓）は何ですか？
④ チャレンジ「試してみよう！」今回の振り返りシートには書かなくていいですが，先のマイセオリーを実際に試してみよう！

3.2 学生の振り返り例

振り返りノート４回目から数名の意見を抜粋する．「バースデーチェーンでは，言葉を発言せずにジェスチャーだけで誕生日を伝え合ったけれど，言葉がなくても意思疎通ができたことが印象に残りました」「NVC の feelings と needs をやってみて，自分が心の中で何を大切にしているかに気づくことが出来ました」「NVC で友達の話を聞いて，その時の感情と照らし合わせていく作業はその子に少し近づけた気がして楽しかったです」「NVC ワークでは，人によって着眼点が異なり，真逆の感情を感じたり違うニーズを選んだりすることがわかりました」「NVC ワークでは自分の抱いた感情をそのままにせず，そこから自分が求めていたニーズを考えるとより自分自身への理解が深められる」「NVC ワークで，自分の中でごちゃごちゃになっている感情が１つにまとまって楽になりました」「NVC によって，私は一つの出来事でもポジティブな感情とネガティブな感情が入り混じっていることが分かりました」「じっくりミレー時，感情がみんな違かったけど理由を聞くと理解出来たので，ケンカなどが起こった際に自分の感情を話してみると解決すると思った」「そのカードを選んだ理由を聞くことで新しい視点を見つけることができ，自分と違う意見を聞いて，いろいろな感じ方があって面白いと思いました．じっくりミレーでは，ある場面の感情や気持ちを予想し，他の人の意見を受け入れることの大切さが分かりました」「気づいたことは，感じ方が似ているなと思ったら，思ってもないところで違う点が出てきて面白かったです．感じ方が全く同じ人はいなくて，それぞれの自分の感じ方が大事なんだなと思いました」．

4. おわりに

振り返りノートを分析すると，各チームにおいて心理的安全な場が構築され，授業設計の意図が学生へ伝わっていることがわかる．①バースデーチェーン，②NVC，③じっくりミレーを組み合わせることにより，観察・感情・ニーズ・想像・共感・多様性を楽しみながら学べたようである．

成人教育においても遊びの実践を取り入れることにより，動機づけを図れる．その際，振り返りを行い，言語化することが大切だと考えている．

社会人のリスキリング研修や大学の授業において，NVC の Feelings（感情）や Needs（ニーズ）を用いた自己共感・他者共感の実践を継続的に設計し，その学習効果を明らかにしていく予定である．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP25K00846 の助成を受けたものである．

参考文献

(1) 田中洋一:“文系短期大学におけるデザイン思考科目の授業設計”，日本教育工学会 2023 年春季全国大会講演論文集, pp.439-440 （2023）
(2) 田中洋一，多川孝央，山川修，合田美子:“社会情動的スキルを身につけるキャリア科目の設計と評価 －ストレス対処力の変化－”，第 48 回 教育システム情報学会全国大会講演論文集 pp.91-92（2023）
(3) マーシャル・B・ローゼンバーグ:“NVC 人と人との関係にいのちを吹き込む法 新版”日本経済新聞出版，東京（2018）

大教室でケアが必要な学生に「発信」を促すために
－ミニットペーパーを応用したツールの試作－

To encourage students who need care in large classrooms to communicate
- Prototype of a tool that applies the Minute Paper-

可部　繁三郎
Shigesaburo Kabe
福井工業大学経営情報学部
Dept. of Management and Information Sciences, Fukui University of Technology
Email: kabe@fukui-ut.ac.jp

あらまし：大教室での講義において，勉強をしたいが何らかの理由で「勉強ができない」状況に陥っている学生に対して目配りができないか――．主に精神的な背景からケアが必要な学生に何らかのサインを教員向けに発信してもらうためにミニットペーパーを応用したツールを試作した．学生に質問を促す目的で使っているミニットペーパーに，不安などを書き込める機能を持たせることで，ケアが必要な学生が日常の講義時にサインを出しやすいよう工夫した．大教室を心理的に安全な場に感じてもらうのが狙い．
キーワード：大教室，ケア，不安，ミニットペーパー

1.　大教室でケアが必要な学生

本研究では，大学における大教室における講義で，ケアが必要な学生に対し，それなりの目配りができないかという問題意識から，そうした学生から何らかのサインを発信してもらうためにミニットペーパーを応用したツールを試作した．

大学生は主体的に学び，自己成長を実現していくことが期待されるが，一方で，アイデンティティの確立，親からの自立といった思春期青年期の課題に直面する時期でもあり，大学入学に際しての環境変化，卒業後の職業選択などに直面し，不適応を起こす場合も少なくない[(1)]．大学の講義は大教室の割合が多く，学生にとって「自分の席」のような場所はなくなり，教員も学生の顔と名前が一致することは少ない．ある学生が小・中・高校で授業中に特別な教育的ケア[(2)]を必要としなかったとしても，同じ教室で互いに顔見知りの教員とのやり取りが大学ではなくなってしまうため，「勉強をしない」状態になる場合も予想される．それは心理的安全性[(3)]の観点から考えると小・中・高校時代に比べて，大教室において，安心して学びを享受できないという状態に陥っている可能性，すなわち「勉強しない」のではなく，精神的な理由から「勉強ができない」状態に陥っている可能性が考えられる．

本研究は，心理や看護・ケアなどについての知識が乏しい普通の教員であっても，大教室で講義をしながら，「勉強ができない」状態の学生のサインを見出す可能性がないかどうかを考察する．鍵となるのは大教室での講義の際，ケアが必要な学生からサインを引き出せるかどうかである．そのための方法として，本研究はミニットペーパーの応用を試みる．

2.　ツールの試作

筆者はミニットペーパーを日常の講義で，学生の質問をする力を育てる目的から利用している．A4 サイズで自作しており，毎回の講義終了後に回収して，翌週の講義の際に全員が書き込んだ内容と教員のコメントを一覧化してフィードバック（FB）している．

日常的に使っているミニットペーパーを応用したツールの開発を目指した理由は，何らかの精神的な理由で「勉強ができない」学生も，日によっては講義内容について質問したいことも考えられるためである．さらに，「心配事がありますか？」というアンケートを別途実施しても，答えにくかったり，返答をすること自体が目立ってしまうことを懸念したりするかもしれない．常時使用している講義用のツールに，タイミングが合えば「心配事など」を書き込めるようにすることで，ケアが必要な学生が発信する場合に少しでも安心感を覚え，発信のハードルを下げてもらうのが狙いである．すなわち，

＊用途１［通常のミニットペーパー（質問をする力を育てる）］
＊用途２［勉強をしたいのに，「勉強ができない」状態の学生にサインを出してもらう］

の両方を念頭においた設計とする．

2.1 対象者

新開発のツールを適用する対象者として，環境が大きく変わる１年生および，就活を意識して将来への不安を感じるかもしれない２・３年生を想定した．

まず，1 年生については，一般教養科目が多く，講義に関する質問や感想などが書きづらいことが予想されることから，通常のミニットペーパーとしての使い方が想定しにくい．教員のコメントを付けて全員に FB する必要もないため，シンプルな質問を１つだけ記すことした．具体的には，「授業についてでも，授業以外のことについてでも，いずれでも構わないので，心配したり，気になったりしていることがあれば，自由に書いて下さい（なければ空欄のま

ま提出)」という幅広い尋ね方にした.

これに対し，２・３年生の場合は専門科目が中心なので，通常のミニットペーパーとしての用途１の使い方と，サイン発信向けとしての用途２の使い方を併用した．用途１は学生が書き込んだ疑問や感想などに教員のコメントをつけて一覧化して FB するため，用途１と用途２の書き込みスペースを峻別する必要がある．２・３年生向けは以下のような設計上の工夫を施した.

2.2 設計上の工夫

用途１と２の書き込みスペースを分け，枠線の色も変えることで，一目で識別できるようにした（図１）．まず，用途１向けスペースは，学生が疑問や感想などを書き込むためのもので，黒枠で囲む．そして，「今日の講義に関する感想・質問･コメントの記入欄」と記載している．さらに，「→[黒線枠内]皆さんの書いた内容を全て一覧化し，教員のコメント付きで次週に配布する」と明記した．この部分の文字は黒色（一部赤色で強調）で書いた.

これに対し，勉強をしたいが精神的な理由で「勉強ができない」学生にサインを出してもらう用途２については，用途１の黒枠の下に，青色で囲った専用スペースを設けた. そこには,「授業以外のことで，心配したり，気になったりすることがあれば，自由に書いて下さい」と記している．さらに,「→[青線域内]書いた内容は一覧化せず，教員からコメントがある場合は個別に返す」と明記し，一覧化 FB の対象外であることを明確にした．見た目でも区別できるように, この部分の文字は全て青色で書かれている.

細かい工夫として，学生の記入は手書きで統一した．スマホなどでは過激な文言をその場の感情で書きなぐって送り付けるということが起こりえるが，紙に書くという作業は原始的な反面，内容を読み直し，感情を落ち着かせることが期待される．また，教員以外の人間に書いたことを読まれるリスクを避けるため, 講義終了後に教員に直接提出してもらう.

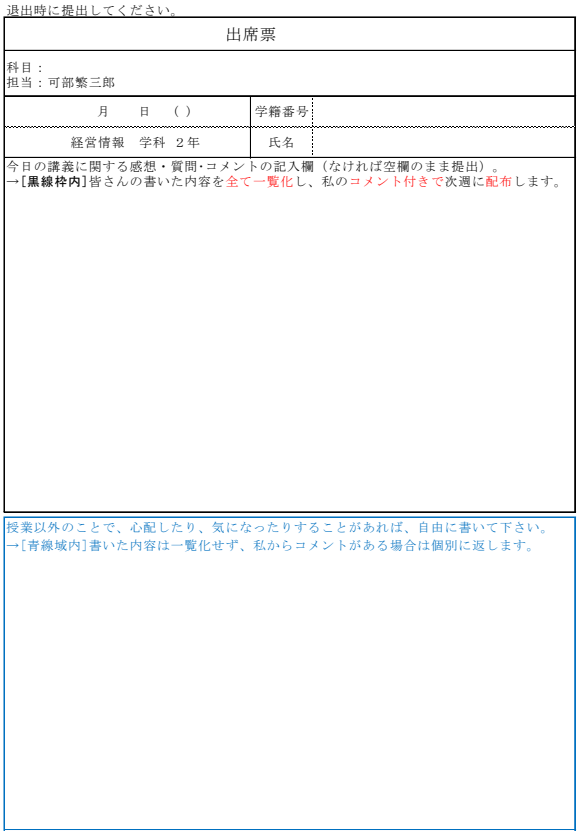
2.3 教員の対応

新開発のツールに学生が心配なことや気になっている点などを書きこんだ場合，教員自身がコメントできる範囲であれば個々の学生にコメントを返す．心配事の程度が大きかったり，教員の手に負えない内容と思われたりしたら，学生生活支援担当の学内部署につなぐ. 個々の学生にコメントを返す場合は，大勢が見ている前での FB は当該学生が嫌がるかもしれないので，チャットやメールで返す.

3. まとめ

2025 年度春学期の講義から筆者が担当する科目などの講義において，新開発のツールを用いて，講義の際に学生から発せられるかもしれないサインを受け取ることができるかどうかについての試行を始めた．ケアが必要な学生が大教室にどのくらい存在するのか不明であるが，大教室において孤立してしまい不安感などを持っている学生に対して，心配なことがあっても教員はちゃんと聞く耳を持っていることを，日常の講義で使用するミニットペーパーを通じて示すことで心理的に安全な場を作る(3)という狙いもある.

大雑把なイメージを言えば，同じ日本語で講義をしても，ネイティブの日本人と来日間もない留学生では，勉学の意欲は同じでも，講義内容の受け止めには多少の違いがあるかもしれない．同様に，ネイティブの日本人学生であっても，大教室でケアが必要な学生とそうでない学生では勉学の意思が同じでも受講姿勢や講義内容の受け止め方に多少の違いがあっても不思議ではないと考えている．ツールに対する学生の反応を見ながら改善をしていきたい.


退出時に提出してください。

出席票

科目：
担当：可部繁三郎

月　日　( )	学籍番号	
経営情報　学科　２年	氏名	

今日の講義に関する感想・質問･コメントの記入欄（なければ空欄のまま提出）。
→[黒線枠内]皆さんの書いた内容を全て一覧化し、私のコメント付きで次週に配布します。

授業以外のことで、心配したり、気になったりすることがあれば、自由に書いて下さい。
→[青線域内]書いた内容は一覧化せず、私からコメントがある場合は個別に返します。

図１ミニットペーパーを応用したツール（2・3年生用）用途１，２のスペースを異なる色の枠線で囲み，識別しやすいようにした.

参考文献

(1) 三宅典恵・岡本百合（2015)「大学生のメンタルヘルス」『心身医学』55（12）: 1360-1366.
(2) 文部科学省（2022)「通常の学級に在籍する特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について」 https://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/2022/1421569_00005.htm?utm
(3) エイミー･エドムンソン『チームが機能するということはどういうことか』(2014) 英治出版.

学習者が不確実な未来に向き合うことを支援するための教師の役割：ベケットの UxD に着目して

The Role of Teachers in Supporting Learners to Face an Uncertain Future: Focusing on Beghetto's UxD

天野　慧[*1, *2]

Kei Amano[*1, *2]
[*1] グロービス経営大学院，[*2] 熊本大学大学院教授システム学専攻

[*1] Graduate School of Management, GLOBIS University,
[*2] Graduate School of Instructional systems, Kumamoto University
Email: kei.amano@globis.ac.jp

あらまし：教育の目的の一つは，学習者が不確実な未来に備えられるようにすることであり，授業においても学習者が不確実な状況に向き合う力を育成することが重要である．しかし，不確実な状況に慣れない学習者にとって，心理的安全性が確保されない懸念もある．本稿では，Beghetto（2024）の UxD を紹介し，学習者が不確実な未来に向き合う力を育むことを支えるための教師の役割を整理する．さらに，この枠組みが既存の教育実践の省察にどう活用できるかを考察する．

キーワード：UxD モデル，不確実性，デザイン，エージェンシー

1. はじめに

学校教育の目標の一つは，学習者が未来に備えられるように準備することである．未来には複数のシナリオがあり，予測とは異なることや思い通りにならないことが生じる可能性がある．したがって，学習者にはこうした不確実な状況に向き合う力が求められる．しかし，一般的な学校教育では，体系的な知識やスキルの習得に焦点を当てた授業が中心であり，不確実な状況に向き合う訓練は十分ではないことが多い．不確実な状況に慣れない学習者にとって，心理的安全性が確保されない懸念がある．

こうした背景を踏まえて，本稿では，Beghetto（2024）の Uncertainty x Design（UxD）に着目し，学習者が不確実な未来に向き合う力を育むことを支援するための教師の役割を明らかにする．UxD は，不確実性に対応できる創造的な学習者を育成するための枠組みである．本稿では UxD で想定される不確実な状況に向き合う力と，それを支援する教師の役割や学習支援のあり方を整理する．さらに、この枠組みを用いた既存の教育実践の省察にどう活用できるかを考察する．

2. 不確実な未来に向き合うことを支援するための教師の役割

2.1 不確実な未来に向き合う力

UxD において，不確実な未来に向き合う力とは，学習者が自身とできるだけ関係性が遠い他者の問題解決に貢献できるようになることである．自分が相手の問題解決のために最善と考えたアイデアでも，問題の当事者である他者がどうそれを評価するかはわからない．こうした他者性を学習活動へ意図的に組み込み，学習者が不確実性に向き合いながら創造性を発揮するきっかけを創出することが狙いである．

他者への貢献のレベルは，図１に示すように４段階である．最も不確実性が低いのは「自己」レベル（学びが学習者だけで自己完結），次いで「対象とする聴衆レベル」（教室内のほかの学習者や教師へ貢献すること），さらに「広範なコミュニティレベル」（近隣住民や自治体への貢献すること），そして最も不確実性が高いのが「未知＆未来の聴衆」（未だ会ったことがない人たち，将来の潜在的な聴衆へ貢献すること）である．学習者が「自己」に留まらず，できるだけ関係性が遠い他者へと目を向けることがめざされている．

2.2 教師の役割

UxD では，学習者が自らの未来を切り拓くために，学習プロセス全体でエージェンシーを発揮することが求められる．教師が一方的に指示を出すのではなく，学習者自身が活動をデザインすることが重要であると位置づけられている．学習者が自分で自分の学びをデザインする主体であり，教師はそれを支えるファシリテーターやコーチとしての役割が期待されている．

一方で，学習プロセスに「自己」以外の他者が関わることで，学習者の思い通りに進まない場面が生じる．たとえば，自分のアイデアが否定されたり，相手の都合に学習スケジュールを合わせる必要があったりする．学習者はこうした否定的な要素を過大評価するネガティブ・バイアスが生じてしまいがち

である．少しうまくいかなかったことでも，問題点を過大評価し，他者との関わりに消極的になり，学習活動を「自己」に閉ざしてしまう傾向がある．

ベケットによれば，教師や専門家の役割は，学習者が「自己」から他者へと視点を広げられるよう支援することである．加えて，否定的な要素に目を向けがちな学習者が感情をうまく制御できるように支援することも重要である．特に，学習者は表１に示す３つの要素を否定的に捉えやすい．教師は，これらに対して学習者が異なる見方をするように働きかけることが求められる．日頃から学習活動を観察し，否定的な点に眼を向けがちな学習者のよくできている点に光を当てたり，課題の解決に向けて建設的なアクションを提案したり，教師が新たな視点を提供する必要性が指摘されている．

表１　UxD における学習者の懸念

（1）	自信：自分はこれができるか？
（2）	価値：私はこれをやるべきか？
（3）	メリット：リスクや努力に対してどれだけ見返りがあるか？

3.　考察とまとめ

本稿では，ベケットの UxD に着目し，学習者が不確実な未来に向き合う力を育むための教師の役割は以下の２点であることを確認した．

1. 学習者の取り組む問題の貢献レベルを，できるだけ「自己」から，学習者自身とは関係性が遠い他者へと視点を広げられるように働きかけること
2. 不確実な状況に向き合う学習者が否定的な側面ばかりに眼を向けすぎないように，新たな視点を提供すること

ベケットは，各授業の目的や狙いが異なることを前提としながらも，教師がすべての授業において何らかのかたちで UxD を組み込むことを推奨している．たとえば，知識やスキルの習得を中心とした授業でも，可能な範囲で他者貢献の視点を加えることが，学習者が不確実な未来に向き合う力を育成する第一歩となる．一方で，進め方の自由度が高い探究活動は，学習者にとって心理的負担が大きくなりすぎることがある．そのため，教師は学習者が不確実性を肯定的に受け止められるよう支援する必要がある．

本稿で整理した不確実な未来に向き合う力を支援する教師の役割という視点は，既存の教育実践が学習者にとって有効な学びの環境を提供できているかを省察するうえで，有効な観点となるのではないかと考える．

-

参考文献

Beghetto, R. A. : “Uncertainty X design: Educating for possible futures”. Cambridge University Press. (2024).

本研究は JSPS 科研費 24K06262 の助成を受けた．

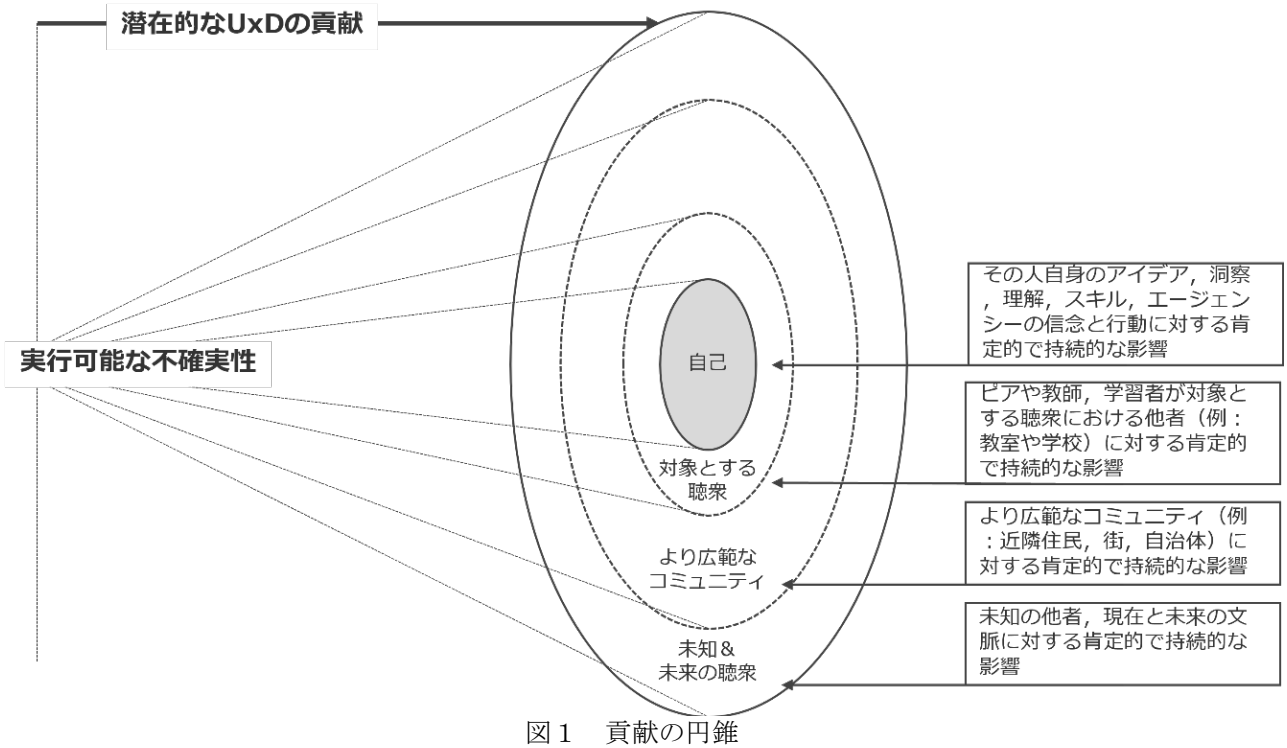


図１　貢献の円錐
※Beghetto（2024）の Figure8.1 P144 をもとに筆者作成

MR とセンサデバイスを活用した BLS セルフトレーニング支援システムの開発

Development of a BLS self-training support system using MR and sensor devices.

後藤 駿介[*1]， 深町 賢一[*2]， 小松川 浩[*1]
Shunsuke GOTO[*1]， Ken'ichi FUKAMACHI[*1]，Hiroshi KOMATSUGAWA[*1,]
[*1] 公立千歳科学技術大学大学院 理工学研究科
[*1] Graduate School of Science and Technology Chitose Institute of Science and Technology
[*2] 公立千歳科学技術大学 理工学部 情報システム工学科
[*2] Faculty of Science and Technology， Chitose Institute of Science and Technology
Email: m2250110@photon.chitose.ac.jp

あらまし：本研究では，MR(Mixed Reality)およびセンサデバイスを活用した BLS(一次救命処置)セルフトレーニング支援システムを開発した．特に初学者が胸骨圧迫に対する自信や経験の定着を図る仕組みを目指した．有用性を検証するために，実際の病院内において，達人レベルに分類される看護師を対象に検証し，システムの操作性，満足度，従来のシナリオとの比較，リアルタイムまたは演習後フィードバックの有用性の評価を行った．

キーワード：BLS，MR，センサデバイス, Raspberry Pi

1. はじめに

心肺機能停止時における一次救命処置（Basic Life Support: BLS）は，特別な器具を必要とせず，患者の救命率を高めるうえで極めて重要である(1)．病院内では看護師を対象に，マネキンを用いた実技指導による OJT（On-the-Job Training）が中心に行われており，特に新人看護師においては就職後に早期かつ定期的・継続的に 3 回以上の実施が効果的(2)で意欲とスキルに対する自信が優位に増加するとされている(3)．しかし頻繁な研修は指導者に大きな負担を強いるという課題(4)があり，適宜トレーニングを行うことが難しい現状にある．本研究では，この課題解決に向け，繰り返し自学習が可能なシミュレーション型教育システム（BLS セルフトレーニングシステム）の開発を目標とした．この際，マネキンの胸骨部位に物理センサを設置し，MR を可視化インターフェイスとして，適切な圧迫回数や深さなどをリアルタイムに確認できるシステムの実現を目指した．山本らは，AR を可視化インターフェイスとしてマネキン上に血流の変化や顔色の変化を確認しながら，BLS トレーニングできるシミュレータの開発を行っている(5)．これに対し本研究では，看護初学者を対象とした BLS セルフトレーニングに焦点をあて，JRC 蘇生ガイドライン 2020 (6)による標準指標を教師データとし，この範囲で適切に胸骨圧迫の処置を行えているかをマネキンに設置したセンサに基づく物理量から判定する．また，処置最中にマネキンを目視しつつ，処置時の~~最後に~~センサ上の物理量をネットワーク経由でリアルタイムに~~統計~~データとして可視化するために，MR インターフェイスを採用する．

2. 開発したシステム

本システムでは， MR デバイスとして Hololens2, 物理センサを取得するデバイスとして Raspberry Pi を使用した．BLS セルフトレーニングの内容として，日本ライフセービング協会が提示する BLS デモンストレーション動画および JRC 蘇生ガイドライン 2020 年を採用した．また従来実施されている OJT として日本救急看護学会の標準 BLS 講習プログラムを参考としている．従来の BLS 訓練では，リアルタイムや訓練後のフィードバックを自身で得ることが難しい．そこで本システムでは圧迫のテンポ・深さ・位置・リコイルなどの主要とされる評価をリアルタイムで提示し，さらに演習後には統計処理と可視化を通じて定量的な振り返りを支援する設計とした．以下のシステムにおける全体構成と従来における OJT のシナリオを含んだ MR アプリケーションのフローとの関係は図 1 に示す．

2.1 センサによるデータ取得

Raspberry Pi に接続したセンサ群による物理量の計測値で構成されている．評価基準としては JRC 蘇生ガイドライン 2020 年に基づく推奨値を用いた．圧迫位置・深度の定量的評価を行うため，図 1 に示すように，胸部圧迫構造体に感圧センサ（GROVE - FSR402）を 3 点，曲げセンサ（Qwiic Flex Sensor）を 1 点組み込んでいる．アナログ信号は ADC（MCP3008）を通じてデジタル化される．またノイズ除去のため移動平均フィルタを適用し 125ms 間隔（約 8Hz）で送信される．HoloLens 2 とリアルタイムに状態要求やセンサ値の送受信をするため，双方向・非同期通信が可能である WebSocket を使用した．センサ値は JSON 形式にタイムスタンプとともにパケット化され送信される．

2.2 MR 空間でのリアルタイムなフィードバック

HoloLens2 上では， ユーザが実際のマネキンを目視しながら処置を行う状況を想定し，WebSocket を用いて受信した評価指標を手の甲を追従する UI（ハ

ンドメニュー）に表示している．テンポ，位置，深さ，リコイルの各指標がアイコンで提示され，判定結果は緑（適正）・赤（不適）で色分けされる．

2.3 演習後におけるデータの可視化

ユーザが訓練結果を定量的に把握し，効果的に振り返ることができるようにするため，特にテンポやリコイルといった定性的に評価しにくい項目についても，レーダーチャートおよびヒストグラムを用いて結果の可視化している．HoloLens2 上で確認を行うが機器の処理分散のためクラウドレンダリングしている．まず，演習中に記録された各種センサデータは，セッション単位で時系列として記録され，演習終了後に Azure Table Storage にアップロードされる．演習の終了をトリガーとして AWS Lambda 関数が自動的に起動し，Python を用いた統計処理を実行する．処理内容には，圧迫テンポの分布，深度のばらつき，リコイルの再現性，CCF（Chest Compression Fraction）などが含まれ，これらの値をもとに matplotlib モジュールを用いてレーダーチャートおよびヒストグラムを描画・画像化する．作成された画像データは HTTP を通じて HoloLens2 側に返送している．

3. 検証及び結果の評価

本検証は医療法人同仁会千歳第一病院（以降，対象病院とする）で実施した．対象者は，対象病院におけるベナーの成長プロセスに当てはめると「達人」として定義される看護師二名である．

本研究では，MR を用いた BLS セルフトレーニングが従来の方式および共同研究先から提示された参考動画と同様なフローで一体的に自己学習できるシステムとしてどの程度有用であるかを示すため，以下の 4 つの観点で評価を行った．

1. 全体の進行と満足度
2. MR に関連する操作性
3. リアルタイムフィードバックの効果
4. 訓練後のデータ可視化の有用性

第一の観点では，両名とも「やや満足度を感じられる」と評価し，システムの進行には大きな問題がないことが確認された． 第二の観点では ，看護師 A は肯定的な評価を示したが，看護師 B は「やや不適切」と評価し，操作性に関する課題が浮き彫りとなった．このことから，ユーザーインターフェースや操作性の改善が必要であることが分かった．第三の観点においては，両者ともフィードバックの効果を十分に発揮できていないと感じていた．自由記述では「アイコンの視認性が低い」「手首を見続けることはない」といった意見があり，視認性の向上やフィードバック位置の見直しが求められた．看護師の視線が胸骨圧迫時に患者の顔やモニターに向かうことが多いため，フィードバックの表示位置が実際の動作と適合していない点も問題視された．この点については，使用者の視線誘導を考慮した UI 設計が必要であることが示唆された．第四の観点に関しては，両名ともに一定の有用性を確認しており，処置に対してデータの可視化と振り返りが適切にできていることが示唆された．

4. まとめ

本研究では，MR およびセンサデバイスを活用した BLS シミュレーションシステムの開発を行った．検証の結果より，全体の進行や指示の適切性については概ね肯定的な評価が得られたものの，リアルタイムフィードバックの視認性や操作性に課題があることが明らかとなった．

5. 展望

今後はリアルタイムフィードバックや訓練後のデータ可視化の改善に加え， 達人看護師以外，特に初学者を含む看護師を対象にした有用性と改善点の検討，および従来のシミュレーションと比較した学習効果の検証などを行っていく．

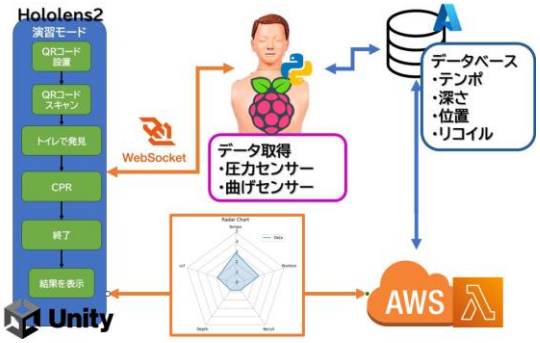


図 1 システムの概略図

図 2　BLS 訓練用マネキン内部構造

参考文献

(1) アメリカ心臓協会(American Heart Association)， ハイライト CPR および ECC のガイドライン
(2) 堀さやか：新人看護師に対する急変時シミュレーションの効果 ―BLS・AED を用いた急変対応―，ハートナーシング，22（4），429-438，2009
(3) 迫田 典子，心肺蘇生講習会に携わるインストラクター活動の継続要因について，2015 年 5 巻 p.13-17
(4) Kim，J. W. et. al.：Improvement in Trainees' Attitude and Resuscitation Quality with Repeated Cardiopulmonary Resuscitation Training: Cross-Sectional Simulation Study，Simulation in Healthcare，11（4），250-256 ，2016
(5) https://www．kanazawa-it．ac．jp/kitnews/2024/1021-ar-kyumei．html (参照 2025/1/19)
(6) JRC 蘇生ガイドライン 2020， 一般社団法人 日本蘇生協議会， 2021 年.

医療機器アラーム鳴動場面における看護師の視線行動の分析と教育的フィードバックの有用性検討

Analysis of Nurses' Gazing Behavior in Medical Equipment Alarming Situations and Investigation of the Usefulness of Educational Feedback

政岡 祐輝[*1],長野 美紀[*1],中ノ 亜沙美[*1],坂口 幸子[*1],平松 治彦[*1]
Yuuki MASAOKA[*1], Miki NAGANO[*1], Asami NAKANO[*1], Sachiko SAKAGUCHI[*1], Haruhiko HIRAMATSU[*1],
[*1] 国立循環器病研究センター
[*1]National Cerebral and Cardiovascular Center
mail: yuuki@ncvc.go.jp

あらまし: 医療機器アラーム鳴動場面における看護師の視線行動をアイトラッキングにより可視化し，主成分分析による視線行動の構造化とクラスタリングによる視線傾向の分類を行った. 得られた分類をフィードバックすることで，観察傾向への気づきや教育的有用性の示唆を確認した.
キーワード: **アイトラッキング**，**看護教育**，**アラーム対応**

1. はじめに

医療現場における状況認識は，看護師の臨床判断や意思決定の質を左右する重要な認知プロセスである．視線行動は，限られた時間のなかで「どの情報に・どの順番で・どれだけの時間注目したか」を示すものであり，状況の把握と判断の出発点となる．とくに，医療機器のアラーム鳴動というタイムクリティカルな状況では，看護師は短時間で複数の情報源を視覚的に確認し，正確な状況判断を行う必要がある．しかし，従来の看護教育においては，視線行動を定量的に評価し，客観的な行動特性としてフィードバックする取り組みは限定的である．熟練者と初学者の視線行動の違いに関する知見は存在するが，個々の行動パターンを分類・解釈し，学習者自身が自らの認知的傾向に気づき，改善の契機とする仕組みは十分に確立されていない.

2. 研究目的

医療機器アラームが鳴動する臨床模擬場面において，看護師の視線行動を計測・分析し，①視線行動の傾向を分類・構造化すること，②抽出した視線傾向群に対し，教育的意味を加え，フィードバックすることの教育的有用性を考察することを目的とする.

3. 方法

3.1 対象者および倫理的配慮

対象は，急性期病院に勤務する看護師とした．参加者には研究目的・方法・倫理的配慮について口頭および書面で説明し，同意を得たうえで実施した.

3.2 視線計測環境

アイトラッキングには FOVE 社製の VR 対応ヘッドマウントディスプレイ（HMD）およびアプリケーションを用いた．被験者は HMD を装着した状態で，アラーム鳴動を含む模擬映像を視聴してもらった.

3.3 視聴映像と設定条件

模擬映像は，場面 A：人工呼吸器アラームが鳴動し，パラメータ変化が認められる場面，場面 B：SpO_2 低下によって生体情報モニターのアラームが鳴動する場面とした．いずれも注視対象領域（AOI）として身体部位 6 か所，人工呼吸器，生体情報モニター，シリンジポンプ，点滴ラインなどを設定した.

3.4 視線特徴量の定義

分析に利用する視線特徴量は，①患者への注視時間割合（PtTotalRatio），②モニターへの注視時間割合（MonitorTotalRatio），③患者／モニター間の注視比率（PtMonRatio），④患者＋モニター領域への総注視割合（PtMonAOITotalRatio），⑤AOI 全体への注視時間割合（DTSUMTotalRatioRatio），⑥重要情報に視線が入るまでの時間（PtVitalVenticheckTime），⑦AOI への再訪回数(RevisitCount)，⑧注視した AOI の割合（CheckCountTotalRatio）の 8 項目とした.

3.5 処理方法

Python にて次の処理を実行するプログラムを作成し処理を行った．①視線特徴量の標準化，②主成分分析および Varimax 回転，③固有値 1 以上の主成分を抽出し，主成分スコアを算出，④シルエット法によるシルエットスコアとエルボー法によるプロット図の出力，⑤k-medoids クラスタリングによる視線パターンの分類と結果の出力分析

3.6 視線傾向分類の評価

クラスタリング分析による分類結果を対象者にフィードバックした上で，主観的妥当性，教育的有用性に関するヒアリングを実施した.

4. 結果

4.1 主成分分析結果

対象者 37 名の視線特徴量に基づく主成分分析の結果を表 1 および表 2 に示す．また，主成分の構造と意味解釈を表 3 に示す.

表 1 場面 A における主成分負荷量

視線特徴量	PC1_A	PC2_A	PC3_A
PtTotalRatio	0.260	0.680	-0.127
MonitorTotalRatio	0.327	-0.419	0.118
PtMonRatio	-0.098	0.595	0.244
PtMonTotalRatio	0.517	0.003	0.041
PtMonAOITotalRatio	0.468	0.023	0.022
DTSUMTotalRatioRatio	0.438	-0.045	0.014
PtVitalVenticheckTime	-0.271	-0.060	0.646
RevisitCount	-0.129	-0.035	-0.606
CheckCountTotalRatio	-0.220	-0.023	-0.352

表 2 場面 B における主成分負荷量

視線特徴量	PC1_B	PC2_B	PC3_B
PtTotalRatio	0.211	0.604	-0.065
MonitorTotalRatio	0.343	-0.406	-0.167
PtMonRatio	-0.057	0.642	-0.037
PtMonTotalRatio	0.489	-0.018	-0.213
PtMonAOITotalRatio	0.153	-0.005	-0.505
DTSUMTotalRatioRatio	0.581	-0.017	0.036
PtVitalVenticheckTime	-0.455	-0.199	-0.293
RevisitCount	-0.029	0.038	0.399
CheckCountTotalRatio	0.166	-0.129	0.648

4.2 クラスタリング分析結果

2 場面における主成分に一定の共通性が見られたため, k-medoids 法によってクラスタリング分析を実施した. シルエットスコアを参考にクラスタ数=4 とし，場面 A・B の主成分スコアを平均化して分類を行った．結果，3 つのクラスタが抽出された．各クラスタの特徴解釈の要約を表 4 に示す.

4.3 視線傾向分類に対するヒアリング結果

分類結果のフィードバックに対しては,「改めて言われると，そうかもしれないと思った」「あまり意識できていないけど，そんな傾向があるのかと気づかされた」「傾向がわかれば，指導にもつなげやすい」「言われると納得する」といった意見を得た.

5. 考察

視線行動の分類は，単なる行動記録の提示ではなく，個々の判断スタイルや視覚的注意のクセを，定量的かつ視覚的に明らかにする枠組みとして機能すると考える. 今回のフィードバックでは,「改めて言われると，そうかもしれないと思った」「自分があまり意識できていないが，そんな傾向があると気づかされた」といった自己省察的な反応や,「各看護師の傾向がわかれば，指導にもつなげやすい」という教育的意義に関する示唆も得られた. これらの反応は，視線行動に関する定量的フィードバックが，メタ認知的気づきからの省察や行動変容の契機として有効に働く可能性を示している.

表 4 クラスタ解釈（要約）

偏重探索型（n=12）
視線が患者に偏っており，全体の注視バランスが崩れている．部分的な探索行動がみられるが，要点への注視が弱く，判断に迷いやすい傾向がある.
集中型 （n=11）
ある程度視線の分散は見られるが，モニターや患者への注視が強い．判断は早いが，見落としのリスクがある.
安定観察型（n=6）
全視線の集中，偏り，探索のすべてが中庸でバランスが取れている．極端な視線特性は見られず，落ち着いた視線行動といえる.
拡散網羅型（n=8）
視線が多数の対象へ拡がり探索的である．視野が広く，見落としは少ない一方で，重要な情報に集中しづらく，判断の焦点が定まりにくいリスクがある.

6. おわりに

サンプル数，模擬映像という非実践環境，対象場面の限定といった制約があり，現段階での一般化は難しいが，今後の視線傾向を踏まえた教育支援の基盤として有用な知見を得た.

表 3 主成分の解釈

主成分	場面	高負荷の視線特徴量（抜粋）	意味解釈
PC1	A	PtMonTotalRatio（+0.52），PtMonAOITotalRatio（+0.47），DTSUMTotalRatioRatio（+0.44）	患者やモニターという主要 AOI に視線が集中し, 情報の中核への密度が高い.
	B	PtMonTotalRatio（+0.51），DTSUMTotalRatioRatio（+0.60），MonitorTotalRatio（+0.30）	モニターも含めた要点に注視が強く，状況判断に必要な中心情報に焦点が当たっている.
PC2	A	PtTotalRatio（+0.68），PtMonRatio（+0.60）	視線が患者中心に偏っており，他の情報源（例：モニター）への配分が少ない.
	B	PtTotalRatio（+0.60），PtMonRatio（+0.64）	患者優先の視線配分傾向が強く，視線配分のバランスが崩れている
PC3	A	PtVitalVenticheckTime（+0.71），RevisitCount（−0.64）	再確認の少なさや切替に時間がかかることを示唆し，視線の硬直性がみられる
	B	CheckCountTotalRatio（+0.64），PtMonAOITotalRatio（−0.57）	多数の AOI を広く見て回る網羅的視線行動. 探索は活発だが，集中の低下のリスクも含む.

看護師の多重課題時における援助要請訓練のための エデュテインメント教材に対する看護教員の評価

Faculty Evaluation of an Edutainment-Based Educational Materials for Enhancing Help-Seeking Behavior Among Nurses During Multitasking

白澤 秀剛[*1]，岩屋 裕美[*2]，前田 洋子[*3]，徳永 智美[*4]
Hidetaka SHIRASAWA[*1], Hiromi IWAYA[*2], Yoko MAEDA[*3], Satomi TOKUNAGA[*4]
[*1] 東海大学
[*1]Tokai University
[*2] 川崎市立看護大学
[*2]Kawasaki City College of Nursing
[*3] 愛知県立総合看護専門学校
[*3]Aichi Prefectural School of General Nursing
[*4] 中部ろうさい病院
[*4]Chubu Rosai Hospital
Email: sirasawa@tokai.ac.jp

あらまし：現代の医療現場における看護師の業務は複雑かつ高密度なものとなっており，看護業務において多重課題は日常的に発生している．多重課題に対応するためには援助要請行動の訓練の必要性が指摘されているが，多重課題への対応を目的とした従来の演習では援助要請行動に変化がみられないとの報告がある．そこで我々は多重課題時の援助要請に着目し，援助要請訓練に特化した教材を開発した．本教材は既に卒業直前の学生を対象とした実験を行い効果を検証しているが，本稿では，教員を対象とした研修の中で本教材を使った研修を行い，教員目線で本教材の効果，学生および現役看護師研修への適用可能性の検証を行なった結果について報告する．
キーワード：援助要請，看護師，多重課題，エデュテインメント教材，シリアスゲーム

1. はじめに

現代の医療現場における看護師の業務は複雑かつ高密度なものとなっており，業務の重複だけでなく，計画していた看護業務に予期せぬ割り込みが入るなども含んだ多重課題の状況は日常的に発生している[(1)]．多重課題への対応においては，自己の力量を的確に把握し，必要に応じて他者の支援を活用することが重要であるとされており，多重課題への対応において援助要請は重要なスキルの一つであると言える．援助要請行動は、多重課題における思考判断や対人関係スキルとは異なる性質を持つ可能性があり、独立したスキルとして捉える必要がある。本研究では、看護師が多重課題の場面に直面した際に、援助を要請するスキルに着目し、このスキルを効果的に訓練するための教材を開発した[(2)]．本教材は看護教育に従事する教員によるテストプレイ，現役看護師によるテストプレイを経て，卒業直前の看護専門学校の学生を対象とした実証実験を実施済みである[(3)]．本稿は，看護専門学校の教員を対象とした教員研修の中で本教材を用いた研修を実施して，教員に本教材の活用可能性の有無を調査した結果について報告する．

2. 多重課題時の援助要請訓練教材

本教材「ナースコール」は夜間の病棟を舞台として，３人の看護師が協力して適切に対応する協力型ボードゲームとなっている．図１にプレイ中の様子を模式的に示す．

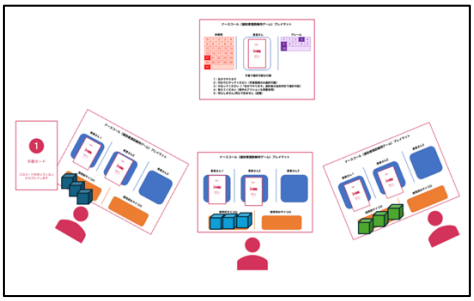


図１ プレイ中の様子

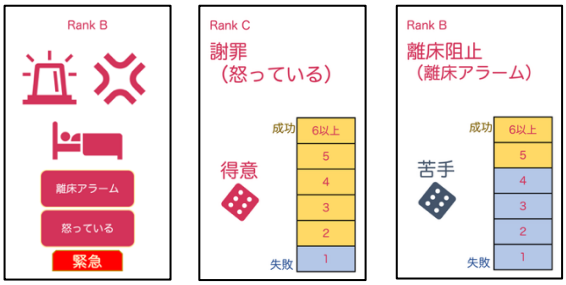


図２ 患者カードとスキルカードの例

図２には患者カードとスキルカードの例を示す．看護師のスキルは 10 枚のスキルカードで表現されており，全員が 10 種類のスキルを持っているが，それぞれ苦手，普通，得意の３段階があり，誰かは苦手で誰かは得意という状況になるようにしてある．毎ターンの最初に３人の看護師に対してナースコールを押した患者が１名追加され，１ターン３個のサ

イコロを上手に使って患者に対応していく．患者カードにはナースコールを押した理由が１つまたは２つ書かれており，この理由に対して自分の持つスキルカードとサイコロで対処を行なっていく．サイコロは自身の作業量やパフォーマンスを示しており，サイコロの出目が小さければ１個では対処が完了せず，追加のサイコロを振って対処を完了させる必要がある．自分の手持ちのサイコロで全ての患者に対応することが困難なようなゲームバランスに設計しているため，適宜，他の２人に援助要請を求めないと解決できない．表 1 はゲーム中の自分の手番で選択できる行動一覧で，仲間の様子，患者の状況を俯瞰して適切なタイミングで仲間に援助要請を行わないとゲームがクリアできないようにすることで，援助要請の訓練となるように設計している．

表 1 ゲーム中に選択できる行動一覧

種別	選択できる行動	サイコロ使用	タイミング
自発的行動	(1)自分で対応します	自分	いつでも
	(2)今は対応しません（パス）	なし	いつでも
依存的援助要請	(3)代わりにやってください	援助者	まだ自分で対応する前のみ
自律的援助要請	(4)手伝ってください	援助者	自分で対応して完了しなかった場合のみ
	(5)教えてください	自分と援助者	相手の了解が得られた場合のみ

3. 本教材を用いた教員研修と調査結果

3.1 本教材を用いた教員研修

看護系専門学校 A の教員研修の中で本教材を用いた研修を実施した．参加した教員は 27 名で，9 グループに分かれて教材を実施した．なお，実施に当たっては A 専門学校倫理審査委員会の承認を得て実施した．研修に先立って事前アンケートに回答してもらい, 研修後に事後アンケートに回答してもらった．研修は 13 時 30 分から開始されており，本教材による研修は 14 時 30 分からの 120 分枠で行っているため，やや疲れた状態での受講になっていた．

3.2 調査結果

アンケート結果の分析では，A 専門学校の学生を対象とした実験結果[3]と比較する．図 3 はゲーム型教材に対する事前の印象で，ワクワクする一方でルール理解に対する不安があることがわかる．この割合は学生と教員で逆転している．図 4 は援助要請の訓練になったかどうかの事後の調査結果で，学生よりも教員の評価はやや厳しくなっているが，そう思うとの回答合計は 8 割を超えており，援助要請訓練としての価値は認められたといえる．図 5 は学生向けと現役看護師向けに訓練教材として使用可能かの調査結果で，多少の割合の違いはあるが，そう思うとの回答合計が 8 割を超えており，どちらを対象とした訓練にも使用できるとの評価を得た．

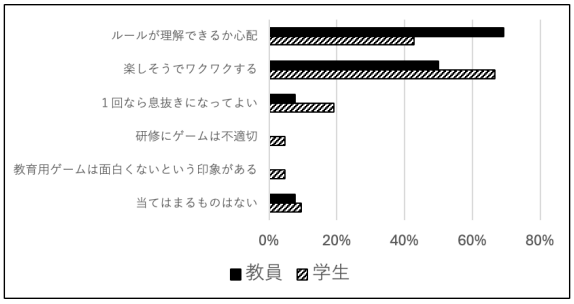


図 3 ゲーム型教材への印象（事前調査）

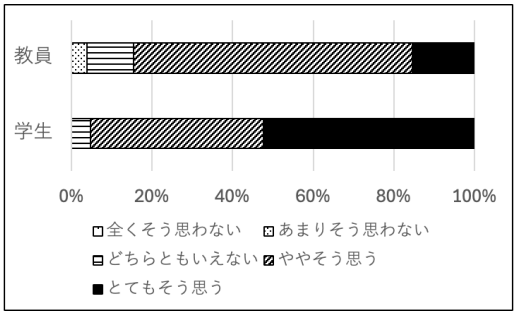


図 4 援助要請の訓練になったか（事後調査）

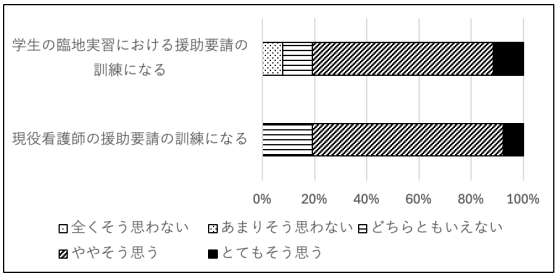


図 5 訓練教材として使用可能か（事後調査）

4. 考察

今回の結果から，本教材を授業や研修に使用する場合には事前に丁寧なルール説明資料を教員に提供すべきことがわかった．一方で，教員から訓練効果が認められ，学生向け，現役看護師向けの両方での訓練に本教材が利用できる可能性が高いことが示された．

5. 今後

今回の結果を受けて，臨地実習前の学生を対象として本教材を用いた援助要請訓練及び，現役看護師の臨地実習指導者講習会において本教材を用いた援助要請訓練の実施を今後予定している．

参考文献

(1) 水引智央, 細田泰子: “新人レベル看護師の多重課題におけるセルフモニタリングの様相とその実効”, 日本看護科学会誌, Vol.44, pp.940-949 (2024)
(2) 白澤秀剛, 岩屋裕美: “看護師の多重課題時における援助要請訓練教材を目的としたエデュテインメント教材開発の試み”, 教育システム情報学会第 47 回全国大会講演論文集, pp.163-164 (2022)
(3) 白澤秀剛, 岩屋裕美, 前田洋子, 徳永智美: “看護師の多重課題時における援助要請訓練のためのエデュテインメント教材による実証実験結果”, JSiSE Research Report, Vol.40, no.1, pp.39-43 (2025)

主体的な学修活動を促進する振り返りマップの開発と LLM による支援

Development of a Reflection Map to Promote Self-Directed Learning through Reviewing Learning Activities and LLM-Based Support System

古川 翔一[*1], 中村 勝一[*2], 宮寺 庸造[*1]
Shoichi FURUKAWA[*1], Shoichi NAKAMURA[*2], Youzou MIYADERA [*1]
[*1] 東京学芸大学
[*1] Tokyo Gakugei University
[*2] 福島大学
[*2]Fukushima University
Email: m248123n@st.u-gakugei.ac.jp

あらまし: 学修者が答えのない問題に対して自ら解を見出しながら，自己の学修活動を振り返って次の学修につなげる主体的・自律的な学修が求められている．しかし，それを行うことは容易ではない．本研究では経験学習理論を適用して理解不十分な箇所，その理由や解決策を自ら記述して学修活動の振り返りを容易にする“振り返りマップ”の開発とその有効性を考察する．
キーワード：主体的・自律的な学修，経験学習理論，振り返りマップ，LLM

1. はじめに

現在， 高等教育機関では， 予測困難な時代において，想定外の困難に対して的確な判断をするための経験を育むことを重要としており，そのために主体的・自律的な学修が求められており(1)，それを実現するためには，学修者が答えのない問題に対して自ら解を見出しながら，自己の学修活動を振り返って次の学修につなげる必要がある(2). しかし， 学修者自身が理解不十分な箇所や疑問に思う点（以下，困難点・疑問点）を認識しその理由や解決策（以下，仮説）を記述して学修活動を振り返り，自己の学修活動の状況を把握することは容易ではない（課題）.

これに対して，メモを利用してコンセプトマップを作成するツールを開発し，学修活動を振り返り次の学修に繋げることを支援する研究(3)や，課題分析図を利用して 学修者が自己の困難を認識し自らの学修状況の把握を支援する研究(4)が報告されている．また， リアクションペーパーを利用して学修者の学修活動をバブルチャートで可視化した研究(5)や振り返りの内容を分析した研究(6)が報告されている．しかし，いずれの研究においても課題を解決するためには十分な支援とはいえない.

そこで本研究では課題解決のために，困難点・疑問点や仮説の記述をベースとした学修活動を視覚的に実施し，学修活動を客観的に振り返ることを可能にする“振り返りマップ”の開発を目的とする.

2. 学修活動の提案

本研究では, Kolb の経験学習理論(7)に基づき講義型授業においての学修活動を提案する. この理論は，受動的な状態になる学修活動は想定されていないため，そのままでは授業時間内で提供するには困難である．そこで，学修者が講義内容から重要だと考えた概念や用語を自ら記述することを「具体的経験」に対応させ，それを起点として受動的な学修から能動的な学修への転換を促す学修活動に再設計した.

（活動 1）具体的経験―学習キーワードの記述

講義で使用する教科書，講義資料や板書などから，学修者が重要だと考えた概念や用語を「学習キーワード」として 3 個から 5 個記述する． 新しい概念や用語に学修者が自ら触れる活動を経験する狙いがある.

（活動 2）省察的観察―困難点・疑問点の記述

各「学習キーワード」に対する「困難点・疑問点」を 1 つ以上記述する．経験について「なぜ難しかったか」,「どこに疑問を持ったか」,「その理由はどこにあったのか」を振り返る省察をする狙いがある.

（活動 3）抽象的概念化―仮説の記述

それぞれの「困難点・疑問点」に対する「仮説」を 1 つ以上記述する．様々な経験や省察に基づいて「困難点・疑問点」を解決するための考えを整理して外化をする狙いがある.

（活動 4）能動的実験―仮説の検証

活動 3 で立てた「仮説」を教科書の再読，他者との議論，演習問題の適用などの形で実行する．次の学修に繋げる狙いがある.

（活動 5）活動 1 から活動 4 の繰り返し

活動 4 での検証結果を新たな「具体的経験」として活動 1 に戻り，「学習キーワード」の発見，「困難点・疑問点」や「仮説」の具体化や整理を行う．このサイクルを繰り返すことで，学修活動をより進捗させる狙いがある.

3. 振り返りマップ

3.1 振り返りマップの開発目的と要件

本章では前章で提案した学修活動を視覚的に実施する振り返りマップの作成活動に展開する. これは，学修者自身の学修活動の省察や外化を見直すことで，各活動の関係の整理と進捗状況の把握を容易にすることを目的とする．以下に，振り返りマップの機能要件を挙げる．また，以下の要件はリアクションペーパーでは困難な点を補足する狙いがある.

（要件 1）「学習キーワード」,「困難点・疑問点」,「仮説」を区別して， それぞれの活動の関連性を認

識，整理して学修の偏りを把握することが可能．
（要件 2）学修活動の進捗状況を客観的に把握することが可能．

3.2 振り返りマップの構造

本研究では，上記 2 つの要件を満たす“振り返りマップ”を開発する（図 1）．その構造を以下に示す．なお，構造 1 から構造 4 は要件 1 に，構造 5 は要件 2 に対応している．

（構造 1）活動 1：「学習キーワード」を黄色のノードで表現する．

（構造 2）活動 1 から活動 2：「困難点・疑問点」を青色のノードで表現して「学習キーワード」と「困難点・疑問点」を矢印のエッジで結び表現する．

（構造 3）活動 2 から活動 3：「仮説」を緑色のノードで表現して「困難点・疑問点」と「仮説」を矢印のエッジで結び表現する．

（構造 4）活動 3 から活動 4：「仮説」と「学習キーワード」を矢印のエッジで結び表現する．

（構造 5）活動 5：各活動の関係性を上から下へと進む階層構造（1「学習キーワード」→2「困難点・疑問点」→3「仮説」）で配置し，ノード間のエッジの数の関係を 1 対 1，　1 対多，多対 1 と表現する．

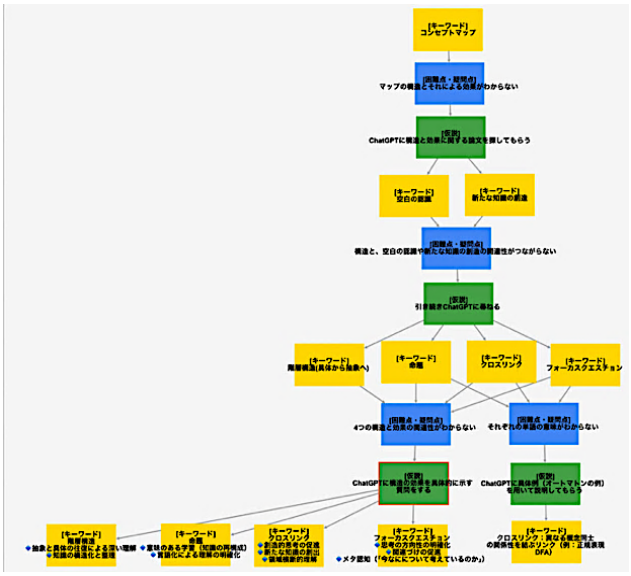


図 1　振り返りマップ

3.3 振り返りマップ作成活動に期待される効果

本研究では，振り返りマップの作成活動を通して期待される効果について考察する．

（効果 1）各階層におけるノードの数を意識することで各活動の十分さの認識が可能：例えば，階層ごとの構造 2 に着目する場合，上の階層のノードよりも下の階層のノードが少ない場合，省察的観察が十分にできていないと認識することが可能になる．

（効果 2）階層ごとのノードの数の増減を意識して学修活動の進捗状況を把握することが可能：下の階層でノードの数が少ない場合には学修活動が進んでいない可能性があると認識できる．

したがって各活動の十分さを認識することが可能になり，学修活動の状況を把握することが可能になることから，1 章で述べた課題の解決が期待できる．

4.　振り返りマップ作成支援システムの提案

4.1 学習活動における想定される課題

本章では活動 1 から活動 5 までに想定される課題に対する支援を提案する．その課題を以下に示す．

（課題 1）「学習キーワード」，「困難点・疑問点」，「仮説」の記述が難しい．

（課題 2）仮説の検証の妥当性の評価が難しい．

（課題 3）学修の継続が難しい．

4.2 支援の方針と期待される効果

本研究では 3 つの課題に対して，LLM による支援を提案する．以下に支援を示す．

（支援 1）事前生成された候補の提示

授業者が LLM を利用して講義内容に応じた「学習キーワード候補」，「困難点・疑問点候補」，「仮説候補」を事前に生成する．学修者は各活動で対応するボタンを押すことで候補が提示される（課題 1 に対応）．

（支援 2）仮説の検証可能性の評価

LLM が学修者が記述した仮説の内容を評価する．どのような内容を追記すれば仮説の検証が可能になるかを提示する（課題 2 に対応）．

（支援 3）振り返りマップの評価

LLM が階層ごとのノードの数に着目し，学修活動の評価，および今後の学修活動に関する助言を提示する（課題 3 に対応）．

これらの支援は，「学習キーワード」などの記述を容易にして，より具体的な「仮説」を考えやすくなり，次の学修活動を容易にする狙いがある．したがって，各活動を円滑にする効果が期待できる．

5.　おわりに

本研究では自己の学修活動を客観的に振り返り支援を可能にするために，経験学習理論を適用した学修活動の構築，振り返りマップの開発，および LLM による支援の提案をした．今後は振り返りマップの作成支援システムの構築と，その有効性を検証する．

参考文献

(1) 文部科学省，” 我が国の「知の総和」向上の未来像 ～高等教育システムの再構築～”，(2025).
(2) 文部科学省，“主体的・対話的で深い学びを実現する授業改善の視点について”，(2020)．
(3) Yamada, M., Shimada, A., Oi, M., Taniguchi, Y. and Konomi, S.: BR-MAP: CONCEPT MAP SYSTEM USING E-BOOK LOGS, 15th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age 2018 (2018).
(4) 多田みるり，高木正則，“学習者の主観的な理解状況を考慮した苦手箇所把握支援手法の提案と評価”，情報教育シンポジウム, pp.110-117(2024).
(5) 須田昂宏，“リアクションペーパーの記述内容に基づく学生の学びの可視化”,日本教育工学会論文誌 41(1), pp.13-28(2017).
(6) Cecilia.K.Y. Chan ， Katherine.K.W. Lee, “Reflection literacy: A multilevel perspective on the challenges of using reflections in higher education through a comprehensive literature review”, Educational Research Review, vol. 32, pp.1-18(2021).
(7) Kolb .D .A, “Experiential Learning: Experience As The Source Of Learning And Development “(1984).

エピソード記憶の想起を促進するための生成 AI を用いた文脈に応じた振り返りの誘発と変化点検知を用いた学びの振り返り支援システムの提案

Proposal of a Learning Reflection Support System Using Generative AI to Induce Context-aware Reflection and Change-Point Detection to Facilitate Episodic Memory Recall

田中 遼[*1], 森本 康彦[*1]
Ryo TANAKA[*1], Yasuhiko MORIMOTO[*1]
[*1] 東京学芸大学
[*1]Tokyo Gakugei University
Email: r239004k@st.u-gakugei.ac.jp

あらまし: 学習者は主体的に学びに取り組む中で，自己の学びを振り返って次につなげることが求められている．しかし，時間が経てば経つほど過去の状況を想起することは難しく，自身の変容や，そのきっかけとなった気づきを振り返ることは容易ではない．本研究では，学習者が自身の変容とそのきっかけについて振り返ることの支援を目的とする．本稿では，学習者が意識していない自身の変容に気づかせ，また，学習者が変容した学びの想起を促進し，学びの文脈に応じた振り返りを誘発するシステムを提案した．
キーワード: 学びの振り返り，エピソード記憶，変化点検知，生成 AI，e ポートフォリオ

1. はじめに

学習者は主体的な学びに取り組む中で，自己の学びを振り返って次へつなげていくことが求められている．特に，あらゆる学びの記録を電子化した e ポートフォリオを活用し，学びの過程を通して自身がどう変容してきたか，そのきっかけは何かを振り返り，今後の学びに生かすことは重要と考えられる．

しかし，学習者が学びの中での自身の変容に気づくことは容易ではない（**問題点 1**）．また，学習者が自身の変容や，そのきっかけを想起して振り返ることは難しい（**問題点 2**）．

一方，過去の出来事について，出来事とその文脈情報を一緒に記憶したものはエピソード記憶と呼ばれ，単に過去の出来事を思い出すのではなく，その場にいるかのように詳細に想起することが特徴とされる(1)．ここで，近年注目されている教育 AI を活用し，学びの中で蓄積された e ポートフォリオを用いて学びにおけるエピソード記憶の想起を促進することができれば，当時の学びをより振り返ることができるのではないかと考えられる．

そこで本研究では，学習者の自身の変容とそのきっかけについての振り返ることの支援を目的とする．本稿では，学習者が意識していない自身の変容に気づかせ，また，学習者が変容した学びの想起を促進し，学びの文脈に応じた振り返りを誘発する学びの振り返り支援システムを提案する．

2. 目的達成のための要件

学習者の変容やそのきっかけについての振り返りを促進するための要件は以下のように考えられる．

要件 1：学習者自身では気づくことが難しい変容に気づかせることができること（**問題点 1** に対応）

要件 2：学習者自身に変容があった学びでの気づきや考えの想起を促進できること（**問題点 2** に対応）

要件 3：学習者自身に変容があった学びの文脈に応じた振り返りを誘発できること（**問題点 2** に対応）

3. 学びの振り返り支援のためのアイデア

3.1 変化点検知を用いた学びを振り返るきっかけの提示（要件 1 に対応）

枝窪ら（2020）は，変化点検知を用いて自己評価の数値データからその変遷の様子が変化した時期を抽出でき，それを学習者に提示することで，学習者自身では気づくことが難しい変化に気づかせることができる可能性を明らかにしてきた(2)．

そこで本研究では，学習者の自己評価の変化点が抽出された時，それを気づかせるメッセージを提示し，学習者に学びを振り返るきっかけを与える．これにより，学習者は自身のターニングポイントとなる大切な学びを振り返ることができると期待される．

3.2 エピソード記憶の想起を促進するための学びの文脈の可視化（要件 2 に対応）

エピソード記憶には，記憶する時の文脈と，想起する時の文脈が一致していれば一致しているほどよく想起できる文脈依存効果があるといわれている(3)．ここで，e ポートフォリオを用いて学びに取り組む当時の文脈を思い返せるような可視化を提示すればエピソード記憶の想起を促進できないかと考えた．

本研究では大学教員 1 名，大学院生 2 名で議論しながら，学びの過程を通して学習者がどう変容してきたか，そのきっかけは何かを振り返るために想起する必要がある学びの文脈の要素を検討し，整理した．そして，それらの要素をそれぞれ想起するために用いる e ポートフォリオと提示方法について，整理を行った（表 1）．この方法にもとづく可視化により，学びに取り組んだ当時の文脈を確認でき，エピソード記憶の想起が促進されると期待される．

表 1　学びの文脈の要素と提示方法

要素	説明	用いる e ポートフォリオと提示方法
学びの場面と活動	どこで・どのような形で，どのように学びに取り組んだか	学びに取り組んだ場所の風景画像や, 活動の様子の写真を背景に大きく表示する
学びの内容	何について学んだか	学習成果物，ワークシート，テスト，発表などの写真や動画，ファイルを表示する
学びでの考えや気づき	学びの中でどのようなことを考え，何に気づいたのか	それぞれの学習成果物等と共に, その学びでの学びの振り返りの記述の文章を表示する
学びの過程	どのような学びの過程を通って学びを進めてきたのか	変化点の学びの場面だけでなく, その前後の学びにおける学習成果物等と振り返りの記述も時系列で並べて表示する

3.3 生成 AI を用いた学びの文脈に応じた振り返りの誘発（要件 3 に対応）

過去の学びにおける事実や感想をただ振り返るだけでは，今後の自身の学びの調整につながらない場合があり，文脈に応じた学びの振り返りを誘発させることが重要になると考えられる．ここで丸山ら（2025）は，生成 AI を用いて学習者の学びの振り返りの記述から学びの文脈を抽出し，その文脈を踏まえて「振り返りプロンプト」を修正させ，学びの文脈に適応的な振り返りの支援を行っている(4)．

そこで本研究では，学習者が自身の変容やそのきっかけを振り返るための振り返りのシナリオの検討を行い，シナリオの各段階に応じた「振り返りプロンプト」の例文と，学びの文脈を抽出するために読み込ませる e ポートフォリオを整理した（表 2）．学習者の変化点での学びの文脈に適応的な「振り返りプロンプト」により，学習者の変容とそのきっかけについての振り返りが促進できると期待される．

4.　システムの提案

4.1 システムの機能

機能 1）自己評価の変化点抽出機能

本機能では，学習者の自己評価の時系列データから変化点を抽出する．また，変化点が抽出されたら学習者にそれを気づかせるメッセージを提示する．

機能 2）過去の学びの文脈可視化機能

本機能では，表 1 にもとづき，e ポートフォリオを用いて過去の学びの文脈を可視化する．

機能 3）学びの文脈に応じた振り返り支援機能

本機能では，変化点の学びの文脈に応じた振り返りを促進するために，表 2 にもとづき生成 AI によって生成された「振り返りプロンプト」を提示する．

4.2 システムの利用の流れ

本システムの利用の流れを以下に示す（図 1）．

① 学習者は，学びに取り組んだら，その学びでの学習成果物やワークシート, 学びの振り返りの記述, 学びに取り組んだ場所の風景画像などをシステムに蓄積する．また，学習者は自身の取組について自己評価を行い，数値で記録する．

② システムは, 学習者が自己評価の数値を記録するたびに, 変化点検知を用いて自己評価から変化点が抽出できるかを分析する（**機能 1**）．

③ もし変化点が抽出されたら, システムは学習者に対して変化点が抽出されたことと, 変化点として抽出された学びの日時を画面上に表示する．

④ 学習者はシステムからの抽出結果を受け, 変化点での学びを振り返る．その際，システムは e ポートフォリオを用いて変化点とその前後の学びの文脈を可視化する（**機能 2**）．

⑤ 学習者はシステムが提示した学びの文脈に応じた「振り返りプロンプト」を受け，可視化された学びの文脈を見ながら過去の学びを想起し, 自身がどう変容したか, そのきっかけは何かを振り返って今後につなげる（**機能 3**）．

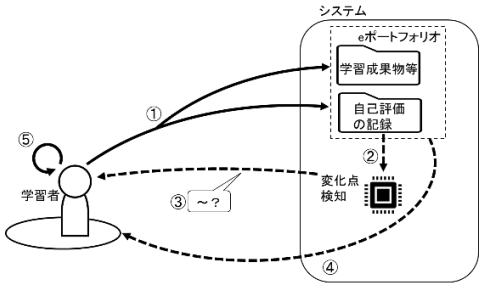


図 1　システムの利用の流れ

5.　おわりに

本稿では，学習者による自身の変容とそのきっかけについての振り返りの支援を目的としたシステムの提案を行った．今後は，提案したシステムの開発を進め，実践を通してその有効性を検証していく．

謝辞

本研究は，科研費(23K02681)の助成を受けた．

参考文献

(1) 太田信夫: “エピソード記憶論”, 誠信書房, 東京 (1988)
(2) 枝窪悠, 森本康彦: “数値データを用いた自己評価から抽出された変化点の効果検証”, 日本教育工学会 2020 年春季全国大会講演論文集, pp.133-134 (2020)
(3) Tulving, E., & Thomson, D. M.: “Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory”, Psychological Review, 80(5), pp.352–373 (1973)
(4) 丸山浩平, 森本康彦: “文章生成 AI を活用した学びの文脈に適応的な振り返り支援方法の開発と評価”, 教育システム情報学会誌, 42(2), pp.194-207 (2025)

表 2　振り返りプロンプトの例文と読み込ませる e ポートフォリオ

	シナリオ	振り返りプロンプトの例文	読み込ませる e ポートフォリオ
1	可視化された学びの文脈においてどう学びに取り組んだかを想起する	・～ではどのようなことに取り組みましたか？ ・～ではどのような活動に取り組みましたか？	学びに取り組んだ場所の風景写真，活動の様子の写真
2	可視化された学びの文脈でどのような変容があったかを振り返る	・～ではどのような変容があったと思いますか？ ・～の学びを通して、どのように変わったと思いますか？	変化点が検出された日の自己評価・振り返りの記述
3	その変容はどのようなことがきっかけだったかを振り返る	・～の変容はどのようなことがきっかけだと思いますか？ ・～の変容は何がきっかけでそう変わったと思いますか？	2 で学習者が入力した振り返りの記述内容
4	自身の変容やそのきっかけを今後の学びにどうつなげていきたいかを振り返る	・～の変容やきっかけを踏まえて、今後の学びにどうつなげていきたいと思いますか？ ・～の変容やきっかけを踏まえて、これから学びにどう取り組んでいきたいと思いますか？	2 と 3 で学習者が入力した振り返りの記述内容

E4-3

授業課題に沿った振り返り支援のための対話型アドバイジングシステムの開発

Development of a Dialogue-based Advising System for Supporting Reflection on Class Assignments

佐藤 響[*1], 砂原 加奈[*1], 高野 泰臣[*1], 上野 春毅[*2], 小松川 浩[*1]
Hibiki SATO[*1], Kana SUNAHARA[*1], Yasuomi TAKANO[*1], Haruki UENO[*2], Hiroshi KOMATSUGAWA[*1]
[*1]公立千歳科学技術大学大学院理工学研究科
[*1]Graduate School of Science and Engineering, Chitose Institute of Science and Technology
[*2]公立千歳科学技術大学理工学部
[*2]Faculty of Science and Technology, Chitose Institute of Science and Technology
Email: m2250120@photon.chitose.ac.jp

あらまし：大規模言語モデル（LLM）の進化に応じて，学習支援の自動化が期待されている．本研究チームでも，LLM を活用してオンライン上で取得できる予習の取り組み状況・学習者の振り返り内容を考慮してアドバイジングを行う学習支援システムの開発を行ってきた．本研究では，授業科目に関連する多様なデジタル情報を活用し，対話を通じて学習者の理解度を探りながら学習支援を行うシステムを開発し，その有用性を検証した．
キーワード：学習支援システム，LLM，RAG

1. 研究背景・目的

大規模言語モデル（LLM）の進化に応じて，学習支援の自動化の期待が広がっている．本研究チームでも，フルオンラインで実施の反転授業において，オンライン上で取得できる予習の取り組み状況・学習者の振り返り内容を考慮して次週の目標設定へのアドバイジングを行う学習支援システムの開発を行ってきた[(1)]．これにより，個々の学習者の予習状況や課題の取組状況に応じた自動的な学習支援アドバイジングの生成が可能となった．しかし，当該システムでは，科目内容や個々の学習者の理解度に応じた学習支援までは実現できなかった．これに対し本研究では，教員が事前に設定した個別の科目及び授業内容を反映した形で，授業終了段階の学習者の振り返り情報とは別に，AI が，学習者に対話（授業内容の確認）を図りながら，学習内容とその理解状況を踏まえた自動アドバイジングを図れる学習支援システムの開発を目的とする．

2. 提案システムで扱う学習支援モデル

本研究提案のシステムの学習支援に関する基本モデルについて述べる．本研究では，AI が授業内容と学習者の理解状況を的確に把握し，対話を通じて学習者の理解を深めることを目的としている．そのため，AI に以下の流れで学習支援を図らせる．(1) 授業の目標・内容について，教員が日頃，授業運営上用意している情報を活用して把握する．具体的には，LLM が，授業のシラバスや授業ポータルの情報及び授業で設定した課題ファイルを追加の知識源として活用できるようにする．(2) 学習者の学習活動状況について，学生記載の授業の振り返りや目標設定等の文章情報，学習管理システム（LMS）に記録されている学習者の予習情報を利用して把握する．(3) 学習者の授業の理解状況について，授業最後にチャット形式で学習者との対話を通じて把握に努める．この際，理解すべきキーワードや知識項目をあらかじめ抽出し，それらを軸に AI が学習者に対して質問を行う．また，分岐アルゴリズムを設定し，学習者の回答に応じて，AI は解説や補足情報を提供し，対話を通じて理解の定着を図る．理解が進んでいれば発展的な内容へと導き，そうでなければ基礎的な説明に立ち返るなどを行う．また，適宜，解説情報も展開する．(4) 対話終了後に，(1) から (3) で取得された情報を総合して，次週に向けた学習アドバイスの形でシステム画面上に情報を提示する．

3. システム化

2 で構築した学習支援モデルを基に，砂原ら[(1)]が開発したシステムを基盤として，システムの拡充を行った．この際，OpenAI 社が提供する Assistants API を活用することで，学習者との対話履歴を保持しながら継続的な対話が可能となる仕組みを整備した．さらに，Assistants API の RAG ツールである file search を活用し，課題ファイル自体を読み取り，その情報を，プロンプト内の教員が設定する授業で理解すべきキーワードや知識項目などの学習のポイントと合わせて，適切なプロンプト設計により AI に把握させ，それに基づいた対話やアドバイスの生成を可能とした．これにより，AI は，システムを通じて個々の学習者の予習状況や課題の取り組み状況などの学習履歴に加え，授業科目に関する情報を参照しながら，学習者との対話を通じて理解度を把握し，個々の学習者に合わせたアドバイスを提示することが可能となった．本システムの概念図を図 1 に示す．

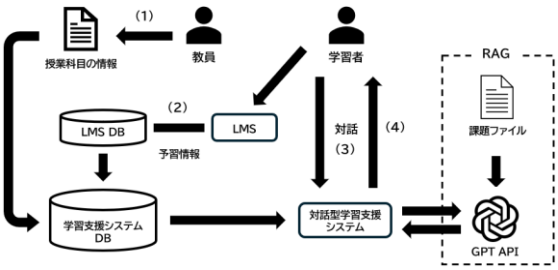


図 1 システム概念図

4. 検証・評価

本研究で開発した学習支援システムの有用性を確認するために, 開発したシステムを本学の 2024 年度に開講されたプログラミングの授業に適用し，システムを通じて提示される対話及びアドバイスの有用性を評価した．その後，モデルの（1）から（4）の流れに沿って，以下の観点で検証と評価を行った．

第一に，AI が授業科目の情報を適切に把握し，知識項目を考慮した対話が展開されているかを確認し，モデルの（1）とそれを踏まえた（3）の評価を行った．第二に，提示されるアドバイスが授業科目の情報を適切に把握しているかを確認し，モデルの（1）を踏まえた（4）の評価を行った．さらに，システムを利用した学習者にアンケートを実施し，AI からの対話やアドバイスに対する主観的評価と，それが次の学習計画を立てる上で参考になったかどうかを調査した．

4.1 対話及びアドバイス内容

システムを利用した学習者の対話履歴を基に，AI が対話において，授業科目の情報を適切に把握しているかを確認した．対話内容の評価項目および評価結果を表 1 に示す．表 1 より，全ての学習者の対話において，授業のシラバス等から得られる，授業内容に基づく対話が高い精度で行われていることが確認できた．また，全ての対話において，正確な情報に基づく対話が行われていた．一方で，授業課題に基づいて教員が設定する授業で理解すべきキーワードや知識項目などの学習のポイントに基づく対話が行われていたのは，全体の約 6 割であった．

アドバイスにおいても同様に，授業科目の情報を適切に把握しているかを確認した．アドバイス内容の評価項目および評価結果を表 2 に示す. 表 2 より，95%以上の学習者の対話において，授業内容に基づくアドバイスが高い精度で行われていることが確認できた. また, 全ての学習者のアドバイスにおいて，正確な情報に基づくアドバイスが行われていた．

表 1 対話内容の評価結果

評価項目	割合
授業内容に基づく対話の有無	100%
学習のポイントに基づく対話の有無	62.8%
アドバイス内容の正確性	100%

表 2 アドバイス内容の評価結果

評価項目	割合
授業内容に基づくアドバイスの有無	96.2%
アドバイス内容の正確性	100%

4.2 アンケート

学習者の観点で，対話やアドバイス内容が有用であるかを評価するために，学習者へアンケートを行った．アンケートの回答者数は 75 名である．「科目特有の情報に基づくアドバイスが行われていると思うか」という質問の回答結果を図 2 に示す．図 2 より，対話とアドバイスともに約 7 割が「思う」・「どちらかといえば思う」と回答した.「アドバイスが次に向けた学習計画を立てる上で参考になったか」という質問の回答結果を図 3 に示す．図 3 より，約 7 割が「参考になった」・「どちらかといえば参考になった」と回答した．

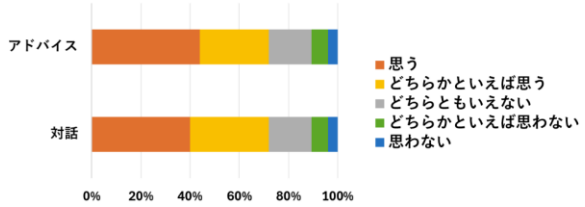


図 2 授業科目の情報に基づくアドバイジング

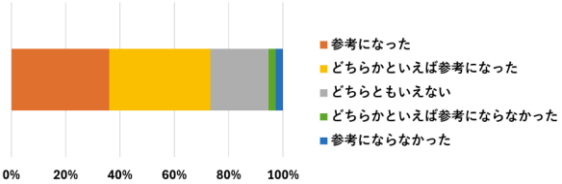


図 3 学習計画を立てる上で参考になったか

5. まとめ

検証結果より，本研究で開発した学習支援システムから学習者へ提示される対話及びアドバイスの有用性が示された．また，システムが授業科目の情報に基づく対話を行い，個々の学習者に応じたアドバイスを提示していることが確認できた．アンケート結果からも，アドバイジングに対しての肯定的な回答が得られた．これにより，開発した学習支援システムの有用性が示唆された．

今後の展望として，プロンプトでの指示により，対話部分を適切に制御することで，授業で理解すべきキーワードや知識項目に基づく対話を高い精度で行うことが可能になると思われる．

参考文献

(1) 砂原加奈，高野泰臣，染谷銀志，釣部勇人，上野春毅，小松川浩:“大規模言語モデルを活用した学習支援アドバイジングの自動化に関する研究”，第４９回教育システム情報学会全国大会 Web 講演論文集，pp.253-254（2024）

説明可能 AI による学習者の振り返り文章の自動評価と可視化手法の検討

Exploring Automatic Evaluation and Visualization of Learner's Reflection using Explainable AI

佐野麟[*1], 上野春毅[*2], 落合洋文[*3], 川添充[*4], 黒瀬聡[*3], 五島譲司[*5],
齋藤正顕[*6], 中村格[*7], 長谷川研二[*6], 小松川浩[*1]
Rin Sano[*1], Haruki Ueno[*2], Hirofumi Ochiai[*3], Mitsuru Kawazoe[*4], Satoru Kurose[*3], Joji Goto[*5],
Seiken Saito[*6], Itaru Nakamura[*7], Kenji Hasegawa[*6], Hiroshi Komatsugawa[*1]
[*1] 公立千歳科学技術大学大学院 理工学研究科
[*1] Graduate School of Science and Engineering, Chitose Institute of Science and Technology
[*2] 公立千歳科学技術大学 理工学部
[*2] Faculty of Science and Technology, Chitose Institute of Science and Technology
[*3] 名古屋文理大学
[*3] Nagoya Bunri University
[*4] 大阪公立大学
[*4] Osaka Metropolitan University
[*5] 新潟大学
Niigata University
[*6] 工学院大学
[*6] Kogakuin University
[*7] 鹿児島工業高等専門学校
[*7] National Institute of Technology, Kagoshima College
Email: m2240250@photon.chitose.ac.jp

あらまし：本稿では，説明可能 AI を用いて学習者の振り返り文章と教員の評価傾向を分析することで，振り返りの自動評価および可視化を通じた学習支援の実現を目指す。学習者への評価を可視化するツールとして，生成 AI を活用し，個別の評価・アドバイス・回答例を提示する「フィードバックシート」を開発した。実際に振り返りに取り組んだ学習者に本シートを配布し，その有用性を検証することで，振り返り学習の質の向上と自律的な学習の促進を図る。
キーワード：リフレクション支援, AI(人工知能), 機械学習，生成 AI

1. はじめに

近年の教育機関では，従来の知識中心の教育に加え，主体性や継続的な学習力といった非認知能力（コンピテンシー）の養成が求められている．これらの能力はテストで測ることが困難であり，学習者の行動特性に左右されるため，その養成には新たなアプローチが必要である．コンピテンシー養成には，自らの認知や思考を客観的に捉え，制御できる力（メタ認知）が重要とされる．谷塚ら（2015）[(1)] は，メタ認知を高めるには，他の学習者の学びを自らに置き換えた内省（振り返り）や指導者（教員）による評価のフィードバック等，他者を通じた振り返りが有効であると言及している．

一方で，教員は学習者の能力を踏まえたフィードバックを行うことが必要となるが，個々の学習者の特性や状況を理解し，それぞれに最適なアドバイスを提供するには，多大な時間と労力を要するため，その実現は困難である．

本研究グループによる先行研究 [(2)] では，数学を事例に，複数大学の大規模な学習振り返りデータから，教員が暗黙知的に行っている評価観点を説明可能な AI を用いて自動抽出し，その特性を可視化する手法を確立した．これにより，数値化や可視化が困難であった教員の評価基準に客観性をもたらすことが可能になり，各教員の評価特性を反映した機械学習モデルの実現が示唆された．

本研究では，この知見を応用し，学習者の振り返り文章の自動評価と可視化によるフィードバックを行う学習支援システムの実現を目指す. 具体的には，説明可能 AI を用いた学習者への個別の評価に加え，生成 AI によってパーソナライズされたアドバイスと回答例を提示する「フィードバックシート」を自動で作成する仕組みを開発する．また，実際に振り返りに取り組んだ学習者にこのシートを配布し，AI によるリフレクション支援の有用性を検証する．

2. 関連研究と本研究グループの取り組み

教職 e ポートフォリオの活用による教育実習の自己評価および相互コメントの効果 [(1)] では，学習の評価活動 (自己評価や学生間での相互コメントなど) は，目標の明確化や自らの現状理解に効果的であるとしている．

また，本研究グループでは，教員の評価基準を定量的に把握するため，機械学習モデリングを通じて

教員の評価傾向を分析し，SHAP による説明可能な AI 手法で自動抽出する手法を開発した[2]．この手法により，教員によるコンピテンシーの評価基準の特性を反映した分析結果が得られたとしている．

3.　提案手法

3.1 使用データ

本研究では，学習者の振り返りの文章を収集するために，「大学生・高専生の数学に対する意識調査」のアンケートの回答を活用した．これは，高水準の数学的リテラシー[3]概念下の教育デザイン・実施・継続的改善とその理論の研究成果のアンケートで，学期の始めと終わりの 2 回実施した．13 機関の数学教員の協力のもと，この回答から各学習者のコンピテンシーの評価を 1, 2, 3 の 3 段階で点数を付けた．

3.2 フィードバックシートの設計

学習者に振り返りによる自己分析を促すことを目的に，教員がどのように評価を行ったか分析して提示する文書「フィードバックシート」を設計した．また，本シートの作成プロセスは Python で自動化されており，将来的には学習システムと連携した自動フィードバック機能としての活用を想定している。

本シートは，(1)自分の回答の確認，(2)振り返りの分析とコメント，(3)AI による振り返りの回答例の提案の 3 つで構成される．

(2)振り返りの分析とコメントでは，先行研究[2]における評価観点を学習者の回答から抽出，数値化して振り返りを分析している．この評価観点を以下の表 1 に示す．

表 1　振り返りの評価観点

評価観点	内容
文章量	文字数が十分であるか
自己評価	選択回答で学習者自身がつけた点数
文脈情報	内容が良く書けているか
能力・理数ワード数	能力や理数系に関わる単語数
ネガポジ	前向きな姿勢がうかがえるか

振り返りに対する評価は以下の図 1 のようにまとめられる．

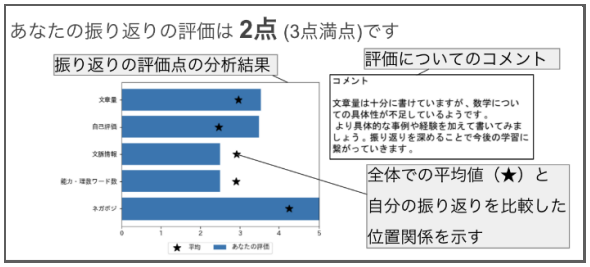


図 1　振り返り対する評価

また，(3)AI による振り返りの回答例について，以下の図 2 に作成する流れのイメージ図を示す．

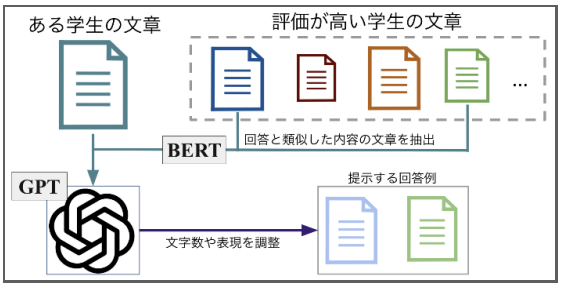


図 2　振り返りの回答例作成のイメージ図

ここでは教員が高く評価した他の学習者の文章の中から，Sentence-BERT によって類似した内容の文章を抽出し，生成 AI である GPT-4o が表現や文字数を調整することで回答例を作成している．

4.　検証

4.1 検証の目的

本検証では，開発したフィードバックシートが学習者の振り返り学習の質向上に寄与するかを検証することを目的とする．

4.2 検証方法

本検証は，これまでに学習振り返りの収集を行った機関の教員の協力のもと，その教員が担当する数学科目の受講者を対象に実施する．受講者が学期の始めに 1 回目の振り返りに取り組み，その直後にシートを配布する．受講者はシートに記載された評価とアドバイスを参考に，学期の終わりに 2 回目の振り返りに取り組んでもらう．また，任意でシートに関するアンケート調査を行う．

4.3 分析方法

過去に収集した，シートを配布していない学習者の振り返りデータと比較して，シートの配布によって振り返りの質が向上するか，表 3.1 の振り返りの評価観点を用いて定量的に分析する．また，アンケートによって学習者の意見を収集し，シートの効果や改善点を考察する．

本研究は，科研(23K22337)の助成を受けて行われた．

参考文献

(1) 谷塚光典・東原義訓・喜多敏博・戸田真志・鈴木克明:『教職ｅポートフォリオの活用による教育実習生の自己評価および相互コメントの効果』，日本教育工学会論文誌, 39 巻 3 号 p.235-248 発行年 (2015), https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjet/39/3/39_39041/_pdf/-char/ja 参照 2025 年 5 月)

(2) Allen Momiji, Mitsuru Kawazoe and Hiroshi Komatsugawa: Analysis of Teachers 'Tacit Knowledge-based Evaluation of Learner Competencies Using Machine Learning Approach, IIAI2023 To be published

(3) 高水準の数学的リテラシー教育ハンドブック,p.49 https://www.omu.ac.jp/las/kawazoe/assets/AMLE_Handbook.pdf (参照 2025 年 5 月)

経営学部ゼミナールにおけるプログラミング教育

Programming Education for Seminar at Faculty of Management

中野 統英，原田 章
Nobuhide NAKANO, Akira HARADA
追手門学院大学経営学部
Faculty of Management, Otemon Gakuin University

あらまし：本研究では，経営学部ゼミナールで行った LEGO ロボットを用いたプログラミング教育の実践について，質問紙調査により教育効果を検証した．初めに今回実施した教育について説明する．次に同時に行った質問紙調査の概要および結果について言及する．最後に，本研究の授業におけるプログラミング教育の効果を，質問紙調査の実施した時期および 7 年間の変化の状況などを踏まえて述べる．プログラミング教育が多くの学年で学習効果を上げていたことや，学年の個々の状況により学習効果が大きく影響されること，さらに学習効果が上がったものの授業評価が下がった学年があったことも分かった．
キーワード：LEGO MINDSTORMS EV3，LEGO SPIKE PRIME，プログラミング教育，質問紙調査

1. 緒言

これまで筆者は経営学部でゼミナールを担当し，そこで LEGO ロボットを使ったプログラミング教育を行った [(1) - (3)]．2016 年度入学生(Y16)から 2020 年度入学生(Y20)には LEGO MINDSTORMS EV3(以降 EV3 と略)ロボットを GUI 言語で入門者向けの EV3 ソフトや Java で動作させる教育を実施した [(2) - (3)]．2021 年度入学生(Y21)および 2022 年度入学生(Y22)では LEGO SPIKE PRIME(以降 SPIKE と略)ロボットを Scratch や Python で動作させる教育を実施した [(1)]．本研究ではこの 7 年間のプログラミング教育における質問紙の調査結果を述べる．

2. プログラミング教育の概要

本研究で扱うプログラミング教育を行う授業は「基礎演習 1」，「基礎演習 2」および「発展演習 1」である．これらはそれぞれ 2 年生春学期，秋学期および 3 年生春学期開講の授業(ゼミナール)である．週 1 回 90 分の 15 回(2021 年度以降は週 1 回 105 分の 13 回)で構成される．

「基礎演習 1」(Y19 と Y20 は基礎演習 2)では，まず授業開始時に第 1 回目の質問紙調査(T1)を行った．初めに 3 人から 4 人のグループに分かれてロボット作成を行い，次にロボットを用いて入門者向けの EV3 ソフトまたは Scratch でプログラミングの基礎を学習した．最後に，教員が与えた条件を満たすプログラムを作成する課題を作成した．学期の最後では第 2 回目の質問紙調査(T2)を行った．

「基礎演習 2」(Y19 と Y20 は発展演習 1)では，授業開始時に第 3 回目の質問紙調査(T3)を行った．まず Java または Python の基本を学習し，次に前記言語による LEGO ロボット操作の基礎を学習した．

「発展演習 1」(Y18 から Y20 は発展演習 2)では「基礎演習 1」と同じ課題を満たすプログラムを Java または Python で作成した．Java ではオブジェクト指向のプログラムを作成する学生もいた．3 年春学期の最後に第 4 回目の質問紙調査(T4)を行った．なお Y18 以前は経営系の 2 学科の学生だったが，Y19 以降は経営学科情報システム専攻の学生である．

Y16 から Y22 での質問紙調査の実施時期および参加人数を表 1 に示す．黄色はコロナ禍で影響を受けた時期，オレンジ色は SPIKE を用いた学年である．

表 1 入学時期別アンケート実施時期および学生数

	T1	T2	T3	T4
Y16	2 年春,13	2 年春,13	2 年秋,13	3 年春,12
Y17	2 年春,11	2 年春,10	2 年秋,12	3 年春,8
Y18	2 年春,13	2 年春,13	2 年秋,13	3 年秋,12
Y19	2 年秋,18	2 年秋,18	3 年春,18	3 年秋,18
Y20	2 年秋,14	2 年秋,14	3 年春,14	3 年秋,14
Y21	2 年春,10	2 年春,10	2 年秋,10	3 年春,10
Y22	2 年春,18	2 年春,18	2 年秋,18	3 年春,18

3. 質問紙での調査について

3.1 調査目的および方法

本研究では，教育効果を調べるため質問紙調査を行った．調査内容は習熟度自己評価，コンピュータへの不安感，学習意欲，授業評価の 4 項目で，これらの時系列変化および学年間での変化を分析した．質問紙の詳しい内容は参考文献 [(3)] を参照されたい．各項目のリッカート尺度は，習熟度自己評価は 1-5 で，その他は 1-7 である．授業評価は時期 T2 と T4 のみで，それ以外は T1 から T4 で測定した．

3.2 質問紙調査の分析結果

本研究では，各年度内での異なった時期，および同じ時期での年度間の 2 つの観点からそれぞれ平均値の差の検定を行い，上記 4 項目の観点から学生の意識変化を見ることとした．各尺度の平均値を図 1 から図 4 に示す．なお Y20 のデータは赤色，Y22

表 2 同一学年での有意差のあった検定結果
(青字は悪化している項目)

年度	項目	時期および評価値の大小
Y16	PC 習熟度 授業評価	T1 < T3 **T2 > T4**
Y17	PC 習熟度	T1 < T2
Y18	PC 習熟度 学習意欲	T1 < T2 T1 < T3
Y19	PC 習熟度	T1 < T2, T1 < T3, T1 < T4
Y20	PC 習熟度	T1 < T4, T2 < T4, T3 < T4
Y21	PC 習熟度 PC 不安	T1 < T4, **T3 > T4** T1 > T4
Y22	PC 習熟度 学習意欲	T1 < T2, T1 < T3, T1 < T4, T2 < T4 T1 < T2, **T2 > T4**

表 3 同一時期での有意差のあった検定結果
(赤字は Y20 関連，下線は Y22 関連)

項目	時期	年度および評価値の大小
PC 習熟度	T3 T4	**Y17 < Y20** **Y20 > Y21**
PC 不安	T1 T2 T3 T4	**Y16 > Y20**, Y18 > Y19, **Y18 > Y20**, **Y18 > Y22**, Y19 < Y21, **Y20 < Y21**, **Y20 < Y22** **Y16 > Y20**, **Y18 > Y20**, **Y20 < Y21**, **Y21 > Y22** **Y16 > Y20**, **Y18 > Y20**, **Y20 < Y21**, **Y21 > Y22** **Y18 > Y20**, **Y20 < Y21**
PC 学習 意欲	T1 T2 T3 T4	Y16 > Y18, Y16 > Y19, **Y18 < Y20**, **Y19 < Y20**, **Y20 > Y22** **Y19 < Y20**, **Y20 > Y21** **Y17 < Y20**, **Y18 < Y20**, **Y19 < Y20**, **Y20 > Y21**, **Y20 > Y22** **Y18 < Y20**, **Y19 < Y20**, **Y20 > Y21**, **Y20 > Y22**
授業 評価	T4	**Y16 < Y20**, **Y17 < Y20**, **Y18 > Y22**, **Y20 > Y22**

のデータは黒色で示した．検定結果だが，同一年度内では表 2 の年度および項目において有意水準 5%で有意となり，同一時期間では表 3 の項目および時期で年度間の違いが有意水準 5%で有意となった．

3.3 考察

同一学年ではどの学年でも PC 習熟度が向上しており，今回のプログラミング教育は全学年である程度順調に行うことが出来たと思われる．同一時期では，Y20 の評価値が相対的に高くなっている．また Y22 は PC 習熟度が相対的に高いが，授業評価が低くなっている．詳細は発表時に言及する．

4. 結言

本研究では，LEGO によるプログラミング教育が多くの学年で学習効果を上げていること，学年間で教育効果に大きな差があることが分かった．2023 年度入学生以降にもプログラミング教育を実践しており，今後も質問紙調査および分析を行う予定である．

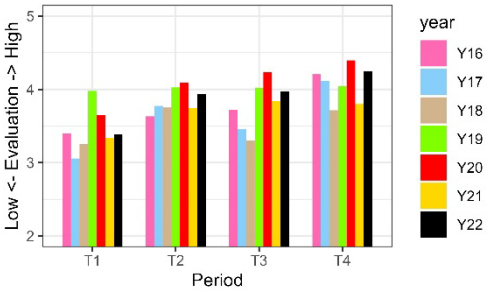


図 1 習熟度自己評価の平均値

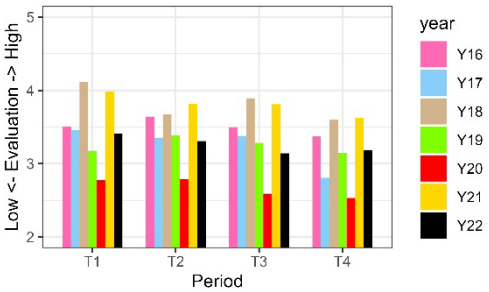


図 2 コンピュータへの不安感の平均値

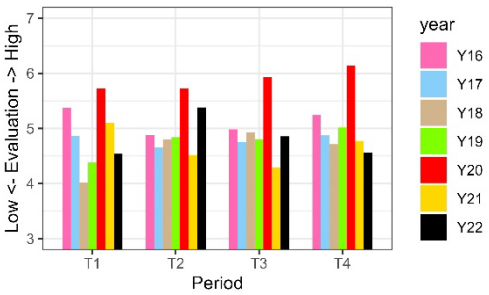


図 3 学習意欲の平均値

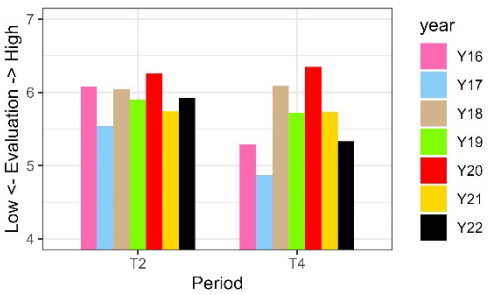


図 4 授業評価の平均値

参考文献

(1) 中野統英，原田章: "経営学部ゼミナールにおけるプログラミング入門教育", 第 49 回教育システム情報学会全国大会抄録集，pp. 51-52 (2024)
(2) 中野統英，原田章: "経営学部ゼミナールにおける Java プログラミング教育", 第 48 回教育システム情報学会全国大会抄録集，pp. 155-156 (2023)
(3) 中野統英，原田章: "経営学部学生に対するプログラミング入門教育システムの実践と効果 -LEGO MINDSTORMS ソフトウェアを利用して-"，追手門経営論集，Vol. 27, No. 2, pp.21-36 (2021), https://www.i-repository.net/contents/outemon/ir/105/105211202.pdf

プログラミングに集中させるためのロボットと道具に関する研究

A Study of a Robot and Tools for Improving Concentration in Programming

野口　孝文[*1]**，布施　泉**[*1]
Takafumi Noguchi[*1], Izumi Fuse[*1]
[*1] **北海道大学**
[*1] Hokkaido University
Email: noguchi@iic.hokudai.ac.jp

あらまし：プログラミング教育においては，実際にプログラムを作成し試行錯誤することが重要である．我々は，直感的に分かりやすい移動命令を作ることによって幅広い学習者が試行錯誤しながら学ぶことができる教材ロボットを開発し授業で利用してきた．本論文では，2024 年度の授業結果から個別学習，ペア学習およびグループ学習で与える課題と課題遂行を支援する道具を用いた学習効果について報告する．
キーワード：プログラミング教育，ロボット教材，サポートツール，協調学習

1.　はじめに

我々は，小型コンピュータを用い直感的に分かりやすい動作命令セットを持つロボットを開発し，大学等においてプログラミングの導入教育に利用してきた(1)．また，共同で作品を制作する課題に個別学習と協調学習を組み合わせた形態で取り組むことで学習効果を上げている(2)．近年は学習者の興味を増し理解を深めるために，センサの利用や，ロボットが操作できるボールのほか壁や坂を用いた舞台を製作して協調動作させることも課題にした．一方，期待に反して，プログラムの試行錯誤よりも，舞台装置の調整に専念する学習者が現れるようになった．

本論では，2024 年度に行ったプログラミング教育において，課題遂行を支援する道具を導入したことによって，学習者の作成するプログラムに変化があったことについて報告する．また，この道具の改良についても述べる．

2.　プログラミングロボット

2.1 ロボットの構造とプログラムの作成

図 1 左にプログラミングロボットを示す．ロボットは，2 つのモータに直結した車輪で移動する．ロボットを制御する命令セットには，モータ制御やセンサ入力を読み取る命令の他，演算命令等も用意している(3)．そして，ロボットを動作させるプログラムの入力や実行は，すべてロボット上面にあるスイッチのみで行うことができる．また，図 1 右に示すように. PC を利用したプログラム作成支援システムを用いることもできる．

図 1 プログラミングロボットと支援システム

2.2 PC によるプログラムの作成支援とログの収集

ロボットには，PC からプログラムの書込みや読出しや実行を可能にするコマンドを用意している．ロボットの押しボタンスイッチ 1,2 を同時に押しながら電源投入すると通信モードになり，PC のプログラム作成支援システムが利用可能になる．作成したプログラムはロボットに書込むたびに PC に記録され，学習者は授業終了時に Moodle を介して提出する．

3.　協調学習の課題と結果

3.1 ロボットを用いた協調学習

北海道大学で 2018 年度から本ロボットを用いた演習の授業を継続して行っている．主に 1 年生が履修する一般教育としての授業（選択）であり，人数は 1 クラス最大で 23 名である. 文理や男女に大きく偏らず履修され（例年，概ね文系 5 名程度，女子学生 5 名前後程度が含まれる構成），学習者のプログラミングに関する知識レベルも多様である．

いずれの年度も，ロボットに動きや音をプログラムする方法を個人の個別学習として学んだ後，グループでテーマを決め，作品制作を分担して行う. 2023 年度からは，学習者間の知識の差を考慮して，2 名ずつによるペアプログラミングを取り入れている．そして，2023 年度は，学習者のプログラミングのレベルを考慮してグループを構成したが，2024 年度は，ペアが維持された状態でグループを構成した．

3.2 ペア課題

2023 年度，2024 年度の授業ではいずれも初めの 4 週で個別課題として，「1,ロボットの基本操作」，「2,3,繰り返しと PC の利用」，「4,条件分岐」について授業を行った. その後ペア学習として，「5,センサの利用」「6,7,ペア課題」，2024 年度は 2023 年度よりも 1 週多くして「8,ペア課題」を行った，8 または 9 週目からは，グループに分かれての課題を行い，14 週目に発表会を 15 週目に振り返り・達成度確認・その他まとめ等を行っている．

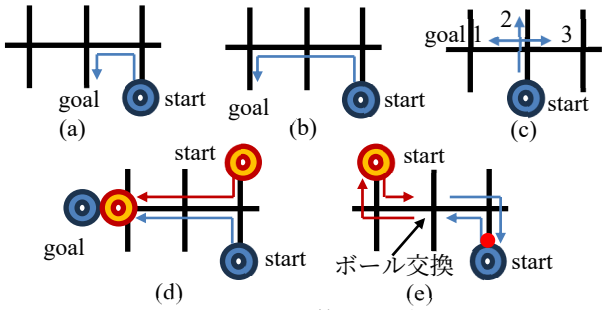


図 2 ペア学習課題

ペア課題は，2 人でペアになりながらもそれぞれの学生が個別に取り組む課題とそれが終了後に 2 人で取り組む課題から構成されている．個別の課題は，図 2 の(a)(b)(c)に示すレジスタ使用，乱数使用＋シフト演算や比較演算等を行う課題である．(a)は，スタート位置からスタートして，１つ目の交差点で左折し，直進して１つ目の交差点で左折して，8cm 直進して停止する課題である．(b)は，(a)と同様であるが 1 つ目の左折後，2 つ目の交差点で左折する課題である．(c)は，1 つ目の交差点で，乱数により直進か左折か右折する課題である．ここまでは，個別課題であるが，ペアの学習者と相談しながらプログラムを作成することで知識を深めることを想定している．(d)は，2 台のロボットが同時にスタートして交差点で出会ったのち乱数で順番を決め並んでゴールする課題である．これは 2023 年度のみ実施した課題である．(e)は，図 6 に示すボールを運ぶ道具をロボットに取り付け，スタート位置からスタートして中央付近で一方の運ぶボールを他方が受け取り元の位置に戻るという課題である．これは，2024 年度のみ実施した課題である．

3.3 2024 年度のグループ作品と特徴

2024 年度のグループ作品を図 3 に示す．2024 年度は，4 つのグループ作品が作られた．ここで，プログラムの中で使用される制御命令に着目して見てみる．本ロボットの主な制御命令として，無条件ジャンプ(JMP)，センサの入力によるジャンプ(JMP_SW)，比較等の結果によるジャンプ(JMP_F)がある．前節で

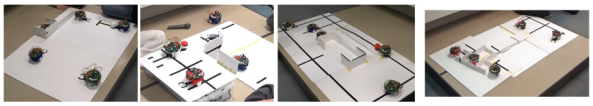


図 3　2024 年度のグループ作品

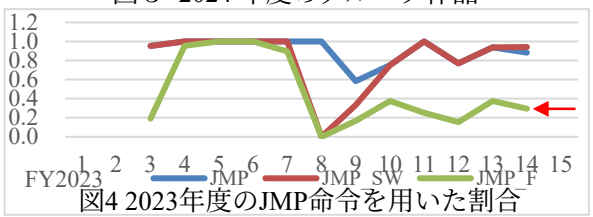


図4 2023年度のJMP命令を用いた割合

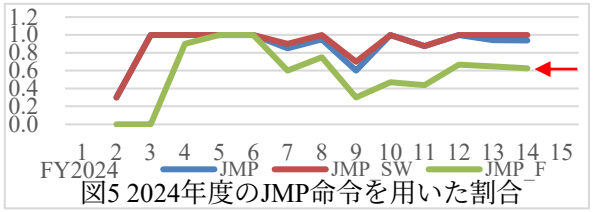


図5 2024年度のJMP命令を用いた割合

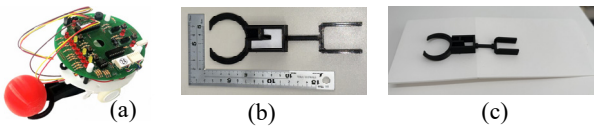


図 6 ボールの把持道具と把持の様子

述べたペア課題では，センサにより交差点を見つけたり，レジスタに設定した値を減じながら交差点の数を数えたりするときにこれらの命令を使用する．

2023 年度と 2024 年度のプログラムの分析結果を図 4 と図 5 に示す．個別課題およびペア課題(1~7 週)では，JMP，JMP_SW，JMP_F のいずれも用いられている．また，グループ作品におけるプログラムになると JMP_F は，少なくなっている．これは，JMP_F の命令を使用するには，レジスタやメモリに値を設定することや，デクリメントや比較の命令を組み合わせることが必要になることから，この命令を使用しなくても対応できるときには，使用しないという傾向が表れたと思われる．

しかし，2024 年度は，2023 年度の 3 割（赤矢印）に比較して約 2 倍の 6 割(赤矢印)の学習者が JMP_F 命令を使用するという結果になった．

3.4 学習者をプログラミングに集中させる道具

図 4，5 の違いは，図 6 に示すボール把持の道具を使用して，ペア課題(e)を行っていることにある．この把持道具によるボール移動や放出には，いずれのジャンプ命令も必要ないが，2 台のロボット同士のボール授受では，正確な位置合わせをする必要があることから，この調整の試行錯誤がこれらのジャンプ命令の使用法修得を深めたと考えている．

4.　おわりに

本研究では，プログラミングロボットを用いた個別学習，ペア学習およびグループ学習で与える課題と課題遂行を支援する道具による学習効果について報告した．2024 年度に行った実践から，動作を確実にした道具の導入が，学習者の思考をプログラミングに集中させることに有効であると示唆された．

2024 年度は図 6(b)の道具を用いたため，坂道のある作品を制作したグループで，把持道具の微調整が必要になった．図 6(c)は，中央が上下に曲がることで坂道にも対応するように改良を行った把持道具である．2025 年度はこれを用い，学習者の思考錯誤に与える影響を調べる予定である．

参考文献

(1) 野口孝文，梶原秀一，千田和範，稲守栄: “ 計測制御教育のための教材ロボットの開発", 教育システム情報学会研究報告，Vol.27，No.6，pp.217-220 (2013)
(2) 布施泉，野口孝文：「プログラミングロボットを用いたペア学習と協調学習の連携の効果」，教育システム情報学会全国大会, pp.267-268，(2023)
(3) T. Noguchi, H. Kajiwara, K. Chida and S. Inamori, “Development of a Programming Teaching1-Aid Robot with Intuitive Motion Instruction Set”, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.29 No.6, pp.980-991 (2017)

スクラッチと生成系 AI によるタイピング練習システムの開発
Development of Typing Training System Using Scratch and Generative AI

木村 優希，松下 孝太郎
Yuuki KIMURA, Kotaro MATSUSHITA
東京情報大学
Tokyo University of Information Sciences
Email: j22137ky@edu.tuis.ac.jp, matusita@rsch.tuis.ac.jp

あらまし：タイピング練習は広く行われており，多くのシステムや実践事例が報告されている．単調になりがちなタイピング練習を楽しく行えれば一層の学習効果が期待できる．そこで，筆者らはこれまで進めてきた生成系 AI を利用したコンテンツ利用プログラミングを応用し，タイピング練習システムを開発した．本稿では，ビジュアルプログラミング言語のスクラッチをベースに構築した生成系 AI を利用したタイピング練習システムの概要と，開発したシステムを大学生に試験的に導入した結果について述べる．
キーワード：コンテンツ利用プログラミング，スクラッチ，生成系 AI，タイピング

1. はじめに

今日において，スマートフォンはこどもから大人に至るまで必要不可欠なものとなっており，その利用率は内閣府による令和 4 年度の調査[1]によると，小学生で 59.5%，中学生で 86.6%，高校生で 97.3% である．スマートフォンはフリック入力が主な入力方法であり，キーボードは通常使用しない．

一方，大学などの教育機関では，文書作成をはじめとする情報リテラシーなどの授業や，プログラミングなどの授業ではキーボードからの入力が必須となり，入力の正確性や速さが要求される．しかし，近年のスマートフォンの普及の影響もあり，キーボード入力に不安をかかえる学生が一定数存在する．

キーボードからの入力技術の向上には，従来からタイピング練習ソフトが使われている．これらは，単純に文字を入力するだけのものや，ゲーム的要素を取り入れたものなどがある．また，教育現場におけるタイピング練習に関しても，多数の実践例が報告されている[2]．

タイピング練習における共通の課題として，単調になりがちなタイピング練習を飽きさせることなく楽しみながら行えることが挙げられる．さらに，学習者に合わせてカスタマイズできることが望まれる．

これまで，筆者らは主にプログラミングに対する興味を喚起することを目的とした，コンテンツ利用プログラミングに関する研究を行ってきた[3]．近年は，生成系 AI によって生成されたコンテンツの利用を進めてきた[4]．

本稿では，スクラッチと生成系 AI により開発したタイピング練習システムの概要について述べる．さらに，開発したシステムを大学生に試験的に導入した結果について述べる．

2. コンテンツ利用プログラミングと開発環境

コンテンツ利用プログラミングは，画像，動画，音声やこれらを融合したコンテンツを，プログラミング言語により制御する手法である．主に，教育利用を目的として実施されている．

コンテンツはスマートフォンや生成系 AI などにより収集される．これらをプログラミング言語の開発環境に読み込み，インタラクション等を設定し，コンテンツの特性を生かした作品や教材の作成が行われる．

開発したタイピングシステムでは，プログラミング言語にビジュアルプログラミング言語のスクラッチを利用した．また，背景とキャラクターの作成には生成系 AI を利用した．スクラッチは画面の切り替えやインタラクションの設定が容易で扱いやすいこと，実行結果が視覚的にすぐ確認できる．さらに，コンテンツの読み込みも容易であることから，制御用のプログラミング言語として採用した．

3. タイピング練習システム

本システムの特徴は，画面上のキャラクターと一緒にタイピングを学習できるようになっていることである．タイピングが好調だとキャラクターの表情やセリフが良いものとなる．

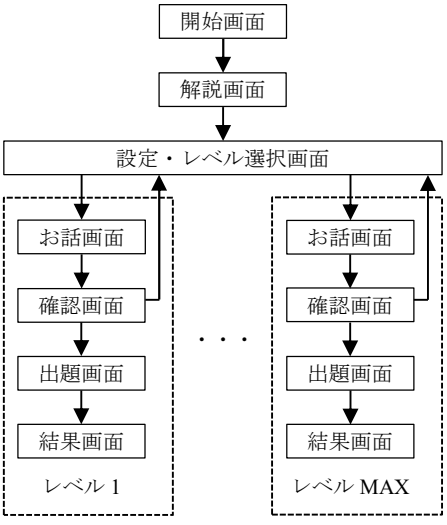


図 1 画面遷移

図 1 に本システムの画面遷移を示す．解説画面でキャラクターがシステムの使い方を解説する．その後にどのレベルの問題を回答するかを選択する画面が表示される．なお，この画面では何問回答すれればクリアとなるかのレベルの設定も行えるようになっている．

タイピング終了後の結果の画面は，タイピングの出来により，キャラクターの顔とセリフが異なる表示になるようになっている．

図 2 に開発画面，図 3 に初歩レベルを選択した場合の実行画面を示す．

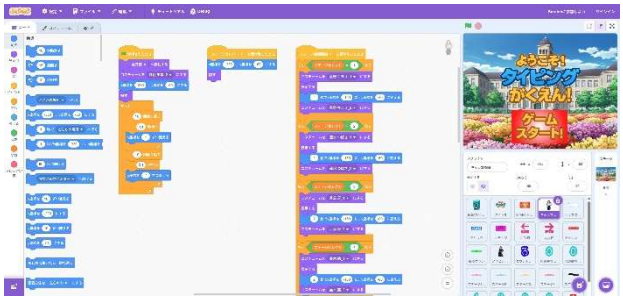


図 2 開発画面

（a）開始画面

（b）解説画面

（c）設定およびレベル選択画面

（d）お話画面

（e）確認画面

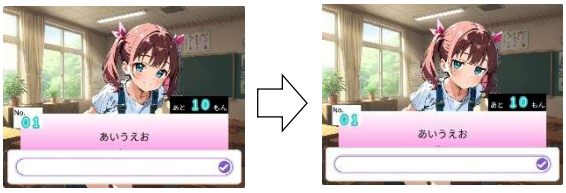
（f）出題画面

（g）結果良好の画面

（h）結果普通の画面

図 3 実行画面

また，タイピングをミスした場合やタイピングの速度が遅くなった場合は，キャラクターの顔が不機嫌そうな顔に変わる．その後，タイピングが良好に戻った場合は通常の顔に戻るようになっている．図 4 にキャラクターの顔が通常の顔から不機嫌そうな顔に変化した場合を示す．



（a）通常の顔画面　（b）不機嫌な顔画面

図 4 キャラクターの顔の変化画面

4. 結果と考察

スクラッチと生成系 AI を組み合わせることにより，視覚的にも創作性の高いタイピング練習システムが開発できた．なお，キャラクターやセリフも容易に変更して実装することができる．

また，開発したシステムを研究室所属の 3 年生と 4 年生に試験的に導入した．導入後に行った調査結果から，かわいいキャラクターが表示され，表情も変化するため楽しく学習できるという意見が多く得られた．一方，キャラクターの種類が少ない，学習対象年齢ごとにキャラクターが用意されていると良いという意見があった．これらから，本システムはキャラクターや会話の差し替えができる形式であるが，多くのキャラクターと会話を準備しておき，それらを選択できる機能があると良いと考えられる．

5. おわりに

本稿では，スクラッチと生成系 AI によるタイピング学習システムについて述べた．また，大学生に対して試験的に導入した．導入後の調査結果から，表示されるキャラクターの種類や会話の内容を増やすことが必要であることが示唆された．

今後，小学校に導入し，本システムが児童に対しても学習意欲を喚起するかなどの調査を検討している．

参考文献

(1) 内閣府: “令和 4 年度青少年のインターネット利用環境実態調査結果（概要）”, p.5, (2022)
(2) 濵口なぎさ: “タッチタイピング習熟度向上のための指導法”, 長崎女子短期大学紀要理, Vol.47, pp.138-142, (2022)
(3) 松下孝太郎，山本光: “大学生を対象としたコンテンツ利用プログラミングの実践”，教育システム情報学会第 48 回全国大会講演論文集，pp.147-148，(2023)
(4) 松下孝太郎，山本光: “生成系 AI を用いたコンテンツ利用プログラミング”，教育システム情報学会第 48 回全国大会講演論文集，pp. 45-46，(2024)

学習者の習熟度における英会話ロボットのロールの影響

Effects of Robot Roles on English Communication with Different Proficiency Levels

羽切 亜美[*1]，柏原 昭博[*1]
Ami HAKIRI[*1], Akihiro KASHIHARA[*1]
[*1] 電気通信大学大学院情報理工学研究科
[*1]Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications, Japan
Email: ami.hakiri@uec.ac.jp

あらまし：英会話学習において，人間同士の英語でのコミュニケーションによる学習効果は，相手の母国語や立場（ロール）によって異なる．先行研究では，ロボットに与えられたロールが学習効果に影響することが示されているが，学習者の英語習熟度を考慮したロボットのロールの効果については未確認である．本稿では，習熟度に応じてロボットのロールが心理的抵抗感やエンゲージメントに与える影響を調査し，適応的支援が可能な英会話ロボットの設計を目指す．

キーワード：英会話，ロール，学習支援ロボット，適応的支援，エンゲージメント

1. はじめに

人間同士の英会話学習では，話し相手によって学習者の思考・情動・接し方が変化する．これらの話し相手による変化は，学習者の習熟度によっても異なったものとなり，学習者に得られる学習効果も変化する可能性がある．

文献(1)では，ソーシャルロボットを用いた講義に対する学習者の受講姿勢にロボットのロールが与える影響について調査した．その結果，ロボットロールが教師である場合は学習者が受動的な姿勢で講義を聞き，学生の場合は批判的な姿勢になることが示されている．このように，ロボットロールを変更することで，学習に影響を与えられることが分かっている．

この成果を踏まえた先行研究(2)では，英会話ロボットのロールを母国語(日本語・英語)・立場(教師・学生)を組み合わせてデザインし，ロールがコミュニケーションに与える効果を調査した．その結果，図1 のように，話し相手の立場が学生であることや，母国語が学習者と同じ日本語であることが，英会話学習者のエンゲージメントを高める可能性が示唆された．また，話し相手の立場が学生である場合は，

図 1 英会話ロボットのロールが学習効果に与える影響

母国語が英語よりも日本語の方が，学習者の心理的抵抗感が軽減される可能性が示唆された．さらに，アメリカ人学生が話し相手である場合は，学習者は発音に注意して英語を話す傾向があることが示唆された．

一方，こうしたロボットのロールによる英会話学習への影響は，学習者の習熟度によっても変わることが予想される．そこで，本研究では英語の習熟度が高い学習者と低い学習者それぞれにロボットのロールが与える効果を調査し，どのような習熟度の学習者に，どのロールのロボットを話し相手とすればより良い学習効果を得ることができるのかを検証する．

2. 習熟度によるロールが与える効果

本研究では，先行研究と同様に話し相手の母国語と立場に着目し，学習者を「英語の習熟度が高いグループ」と「英語の習熟度が低いグループ」に分ける．まず，人間同士の場合，各グループの学習者には以下のような傾向がみられると考えられる．

- 英語の習熟度の高い学習者
  アメリカ人(母国語が英語)との会話に積極的であり，自分の英語力を試す機会として捉えるため，英語を話すことへのエンゲージメントが高くなる．また，日本人との会話では退屈さや物足りなさを感じることがある．一方，相手が日本人で学生の場合，向社会性を感じやすく，前向きな態度で相手の学びを助けようとすることが予想される．
- 英語の習熟度が低い学習者
  アメリカ人との会話では相手との能力差を強く意識し，コミュニケーションへの不安や

英語を話すことへの心理的抵抗感が強くなる．一方，日本人や学生ロールの相手との会話では安心感を覚え，積極的に英語を話すことができると考えられる．

このように学習者の英語習熟度が異なるとロールが与える効果も異なる．この効果の違いが，人間同士のコミュニケーションだけでなく，学習支援ロボットとの間でも生じるかを検証する．

3.　ロボットのロールデザイン

本研究では，先行研究と同様に，母国語として英語と日本語，立場として教師と学生に着目し，それらを組み合わせ，図 2 のように「アメリカ人教師」「アメリカ人学生」「日本人教師」「日本人学生」の４ロールを設定した．そして，ロボットのアピアランス，非言語動作，感情表現の３つの項目をそれぞれのロールに合わせて変更することで，ロボットの振る舞いをデザインする．ロボットには，身振りやアピアランスの制御が容易な Vstone 社の Sota を採用する．制御方法は，基本的に先行研究と同様であるが，よりロールを顕在化できるように，ロボットの振る舞いを検討中である．

図２　検証したロールとそのデザイン

4.　検証実験

今回の実験では，学習者の習熟度に応じてロールが付与されたロボットがどのように英会話学習に影響を与えるのかについて，以下の仮説を立てた．

H1. 習熟度が低い学習者にとって，学生・日本人ロールの方が心理的抵抗感が小さくなる．
H2. 習熟度が高い学習者にとって，アメリカ人ロールの方がエンゲージメントが高くなる．
H3. 習熟度が高い学習者は，日本人学生ロールに向社会性を感じやすい．
H4. 習熟度が高い学習者は，教師・アメリカ人ロールとの能力差を感じづらい．

被験者は，アメリカ人教師ロール群，アメリカ人学生ロール群，日本人教師ロール群，日本人学生ロール群の 4 群に分け，被験者間実験として実施する．各被験者はソーシャルロボットと英会話を行い，その後に実施するアンケートの結果をもとに分析を行う．実験手順の詳細は図３に示す．

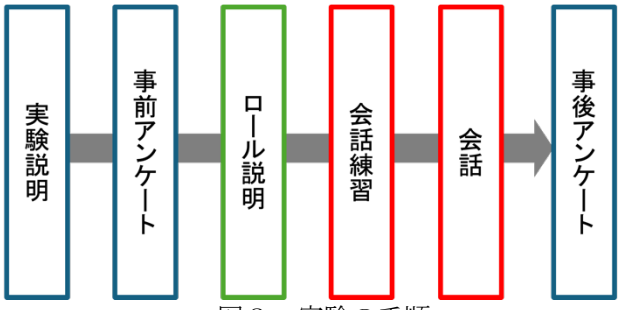


図３　実験の手順

本実験は被験者間計画で行うため，1 人の被験者が対話するロールは 1 つに限定されるが，ロールの違いをより印象づけるため，実験開始前に 4 つのロールすべてについて紹介を行う予定である．たとえば，日本人ロボットについてはアメリカ人ロボットとの対比によって「日本人らしさ」が，学生ロボットについては教師ロボットとの対比によって「学生らしさ」がより強調されることが期待される．具体的な紹介方法については検討中である．

会話内容についても現在検討中であるが，仮説を検証可能な内容とする必要がある．たとえば，ロボットが会話中に意図的にミスを行い，それを被験者が指摘してもしなくてもよい状況を設定することで，ロボットに対する向社会性を測定できると考えられる．「ロボットがミスをする可能性があるため，その時は指摘しても構わない」とあらかじめ被験者に伝えておくことで，向社会性を感じたかどうかを測ることができる．

5.　まとめ

本研究では，学習者の英語習熟度に応じた適切な英会話ロボットのロールを検証することを目指している．今後は，システムの実装および実験の実施を進め，ロボットロールの効果を検証するとともに，学習者の習熟度に適したロールについての考察を行う．

謝辞　本研究の一部は，JSPS 科研費 23K28195 の助成による．

参考文献

(1) 佐田竣祐，　柏原昭博：講義ロボットのロールが学習者に与える影響，教育システム情報学会 第 49 回全国大会，pp.33-34 (2024.8.28).
(2) 羽切亜美，柏原昭博: 適応的な英会話学習支援のためのロボットのロールデザイン，教育システム情報学会 2024 年度学生発表会（関東支部），pp.55-56 (2025.02.28)

理工系大学院生参加型・AI 活用による学術英語教材開発の試み

Developing Academic English Materials Using AI with the Participation of Science and Engineering Graduate Students

汪　曙東[*1], 岩田　淳[*2] 竹中　裕貴[*3]
Shudong WANG[*1], IWATA Jun[*2], TAKENAKA Yuki[3]
[*1*3] 島根大学外国語教育センター
[*1*3]The Center for Foreign Language Education, Shimane University
[*2] 島根大学医学部
[*2]School of Medicine, Shimane University
Email: wangsd@soc.shimane-u.ac.jp

あらまし：本研究は、日本人理工系大学院生を対象に、国際学術会議での英語による研究発表や、国際学術ジャーナルへの論文投稿を円滑かつ効果的に行うための英語教材の開発を目的とする。本研究では、まず始めに対象学生へのニーズ調査を実施し、その結果をもとに、実際の大学院生を開発メンバーに加えた教材開発チームを編成し、理工系の主要 5 分野に焦点を当て、分野別の学術英語語彙の解説、典型的な学術表現、英語による研究発表のサンプル等を含む教材を開発している。本発表では、これまでの教材開発の取り組みと成果について中間報告をする。

キーワード：理工系大学院生，学術英語，世界へ研究発信，AI の活用

1. はじめに

文部科学省は「科学技術指標 2023」において、日本の研究開発費や研究者数において世界 3 位である一方で、論文数が過去最低であることを発表した。同様に、日本の大学の国際ランキングでの順位の低下が広く報道されている。

この状況の一因として、国内の自然科学系の研究室が英語を使用する割合が 10.1%と低水準であり、このことが国際共同研究の機会の不足や大学院生の英語による研究発信力の不足につながっていると指摘されている（石川, 2018）。この問題に対処するには、理工系の大学院生が専門的な研究成果を英語で発信するスキルを習得することが不可欠であり、そのためには学習ニーズやレベルに合わせた学術英語の教材開発が喫緊の課題となっている。

本研究では、理工系大学院における従来型の英語教員主導の学術英語教材の開発手法を見直すために、国内の理工系大学院生が学会発表や国際学術誌への論文投稿時に必要な英語の発信力のニーズやレベルを調査・分析した。その後、英語教育の専門教員、国内外の理工系専門教員、教材利用者である理工系大学院生からなる学際的な教材開発チームを結成した。そして現在、調査により明らかになったニーズに基づき、発信型学術教材を開発している。本論文では学術英語のニーズ調査結果、ならびに、これまでの教材作成において得た中間成果を報告する。

２．理工系大学院生の学術英語のニーズ調査

2024 年 7 月、ある地方国立大学の大学院理工学研究科の修士課程の在籍者を対象に、大学における理工系大学院生の授業および研究活動における英語使用実態についての調査を実施した。回答者は計 123 名で、内訳は修士課程 1 年生 116 名、修士課程 2 年生 4 名、博士課程 1 年学生 3 名、性別は男性 87 名、女性 35 名であった。

調査の結果、86%の学生が指導教員から英語論文を読むよう指導されている一方で、英語で専門科目の授業を受けたことがある学生は 64%にとどまった。研究室のゼミの使用言語については、「日本語のみ」が 75%、「日本語と英語の併用」が 21%、「英語のみ」が 3%であった。

また、英語で学術論文を執筆した経験がある学生は 10%未満で、英語による研究発表を行った経験がある学生も 14%程度にとどまった。さらに、「英語による学術論文の書き方」を学ぶ授業を受けたことがある学生は 5%、英語での研究プレゼンテーションスキルを学ぶ授業を受けたことがある学生は 3%と、いずれも極めて少数であった。英語による研究成果の口頭発表に関しては、「全く自信がない」と回答した学生が 67%、「あまり自信がない」とする学生が 27%にのぼり、全体の 94%が英語力に不安を抱えている実態が明らかとなった。また、国際学術誌への投稿に対する自信がある学生はわずか 8%であった。

３．世界への研究発信力を高める理工系大学院生向け学術英語教材の開発

上記の調査から、地方大学に在籍する理工系大学院生の多くが、英語を用いた学術活動に対する経験と自信を十分に有していない現状が示唆された。特に、英語での論文執筆や口頭発表に関する実践的な訓練機会が限られており、体系的な学術英語教育の不足が顕著である。このような状況を踏まえると、今後は大学院教育において、英語による専門科目の授業の充実だけではなく、英語論文作成およびプレ

ゼンテーションの実用能力の育成を目的とした教育プログラムの整備が急務であると考えら、本研究では、図１に示すような世界への研究発信力を高める理工系大学院生向け学術英語モバイルラーニング教材の開発を目指している。

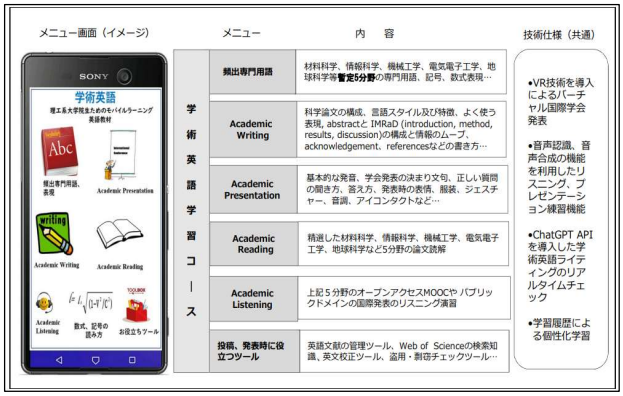


図１：理工系の大学院生に向けた学術英語教材

3.1 大学院生による教材の開発

2024 年度前期に本研究の代表者が担当した博士後期課程の「アカデミック英語演習」では、受講生の中から４名を募集し、それぞれの専門分野に基づいた学術英語教材の作成を依頼した。作成された教材には、各自の専門分野で頻繁に使用される専門用語や例文、専門知識関連する図や画像、YouTube や関係ウェブサイト上の専門家によるプレゼンテーション映像、さらに専門指導教員から推奨された専門分野の重要な論文などが含まれている。

	C	D	E	F	G
5	stereoselectivity	立体選択性	Since 1965, the stereoselectivity in azoalkane denitrogenation has attracted much attention in both synthetic organic chemistry and physical organic chemistry.	Stereoselectivity of the E2 elimination reactions	https://www.chemistrysteps.com/stereoselectivity-e2-reactions/
6	hydrogen atom transfer	水素原子移動	Hydrogen-atom transfer (HAT) is of key importance for several catalytic and biological processes, and provides an elegant access to C-H activation.	X• + H–Y ⟶ X–H + Y•	https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_atom_abstraction
7	electron acceptor	電子受容体	Photoinduced charge transfer polymerization of styrene(St) with electron acceptor as initiator was investigated.		https://en.wikipedia.org/wiki/Electron_acceptor
8	electron donor	電子供与体	Polymerization reactions with organic electron donors (OED) as initiators are presented herein.		https://en.wikipedia.org/wiki/Electron_acceptor
9	photoisomerization	光異性化	Here in this investigation, the molecules exhibiting photoisomerization in solutions is also photostable is observed.		https://en.wikipedia.org/wiki/Photoisomerization

図２：理工系大学院生が作成した学術英語語彙

本研究における学術英語教材作成では、研究代表者が教材の作成方針、手段、方法について助言を行い、教材の具体的内容については、各大学院生の専門分野の基礎知識および最新の研究動向を反映させることを前提とした。大学院生が自らのために学術英語教材を作成することは、当人の英語学習に対する動機づけとなると同時に、教材の有効性および汎用性の確保にも資することが期待される。作成する教材の妥当性については、英語教員と当該専門分野を担当する教員の確認をすることで担保している。

3.2　AI を活用した学術英語教材の開発

汪・岩田（2024）によれば、AI で作成された英語教材は、教員が作成したものと内容的に大差ないことが明らかにされた。また、ChatGPT に代表される生成 AI は、学術英語教材の開発において、学術的な英語リソースの検索に留まらず、教材の素材となる英文の生成や専門用語の解説、例文作成など、革新的な役割を果たすことが示唆された。このため、本研究では AI を積極的に教材開発に活用している。

従来、教材作成は膨大な労力を有する作業であったが、現在では ChatGPT の「タスク」機能を活用することで、設定した時刻に自動的に必要な教材を配信することも可能となっている（図 4 参照）。

Atom	The smallest unit of a chemical elementt rice itations to a proven(ive; sreginsed in protons sections, and electrons,	化学元素の性質を保つ最小単位であり、原子核と電子から構成される。	An atom is composed of a nucleus containing protons and neutrons, surrounded by electrons.
Molecule	A group of two or more atoms benvoki:tageling; roostamiving the emaller acrópmental witl of a chemical compound.	2つ以上の原子が結合してできた化合物の最小単位。	A water molecule is composed of two hep apely atonts and one osygax atom.
Compound	A substance formed when two. of arore:esments for chemically bonded together.	2つ以上の原子が結合してできた化合物の最小単位。	Sodium chlovide (NACI) is a common compound made of sodium and chlorine.
Reaction	A process in which substances insatze, to form iasw substarces by preaking and forming bonds.	物質が他の物質へと変化し、新たな性質を持つ物質が生成される過程。	A chemical reaction converts reactants into products.

図４：ChatGPT Task 機能が定期的に自動的に生成した学術英語語彙教材

4・おわりに

本研究は現在も継続中であるが、教材開発において、利用者でもある理工系大学院生を開発チームに加える手法は有効であることが明らかとなっている。また、AI 技術の活用により、学術英語教材の大量かつ効率的な開発が可能であることも実証された。以上の成果を踏まえ、現在は学術英語学習ウェブサイトの構築に加え、スマートフォン向けの学術英語学習アプリの開発を進めている。

今後、理工系大学院生の参加型および AI の活用によって開発した学術英語の教材を公開することで、理工系大学院生が自身の研究成果を世界に向けて効果的に発信する力を高めることを目指す予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 24K04131 の助成を受けたものです。

参考文献

(1) 石川真由美: “国際競争と日本の大学 -世界大学ランキングという鏡を通して”，比較教育学研究 (56). 140-149 (2018)
(2) 汪 曙東，岩田 淳: ChatGPT を用いた英語学習教材の開発,日本教育工学秋季大会講演論文集，521-522 (2024)
(3) Shudong Wang, Jun Iwata, Michael Okamoto: “Incorporating AI in English Classrooms - A Case Study”, 2024 12th International Conference on Information and Education Technology (ICIET), Yamaguchi, Japan, IEEE Xplorer 203-207 (2024)

AI 会話練習に対する意識調査の試み
－中国人日本語学習者・教師を対象とした－

A Preliminary Study on Perceptions of AI-assisted Conversational Practice
-Focusing on Chinese Learners and Teachers of Japanese-

段　瑞琪，佐藤　弘毅
Ruiqi DUAN, Kouki SATO
名古屋大学大学院人文学研究科
Graduate School of Humanities, Nagoya University
Email:duan.ruiqi.m4@s.mail.nagoya-u.ac.jp

あらまし：本稿では，中国人日本語学習者と日本語教師を対象にインタビュー調査を行い，中国の大学における日本語会話教育の実態と評価，ならびに AI 会話練習に対する意識を明らかにした．調査の結果，学習者・教師の双方が即興的かつ自由度の高い会話活動に強い期待を抱いていることが分かった．また，AI 会話練習に対しても新たな手段として期待が寄せられていたが，不安の解消と動機づけの強化が重要であると認識した．
キーワード：**日本語学習　発話学習　生成 AI　中国人　意識調査**

1.　はじめに

近年の AI（人工知能）の急速な進歩により，言語教育や学びの在り方に大きな変革をもたらすことが考えられる．もし AI 技術を外国語学習環境における学習者の会話練習に活用できれば，空間や時間の制約から解放され，会話能力を向上させることが期待できるだろう．ただし，言語教育の直面する変化に対しては，期待の声だけでなく，不安を感じる声も多く聞かれる．特に AI は登場してからまだ日が浅く，多くの日本語学習者と教師は，限られた情報に基づき，漠然としたイメージを抱いているのが現状である．そのため，各対象が AI に対するどのような態度や意識を抱いているかを明らかにする研究が増えていく一方で，AI 会話練習に対する態度やそれらにどのような要因が影響を及ぼすのかを確認することも必要であると考えられる．

そこで，本稿では中国人日本語学習者と中国人日本語教師を対象とし，大学における会話教育の実態と評価を確認した上で，AI 会話練習に対する意識を明らかにする．本原稿では今後の大規模アンケート調査の基礎資料として，参考になる影響要因を探る．

2.　方法

2.1 調査対象・調査方法

本調査は中国大学の日本語学部に所属する大学生 3 名と中国人日本語教師 2 名を対象とし，インタビュー調査を行った．調査対象はそれぞれ五つの大学に所属し，調査協力者 S1・S2・S3 は，中国大学の日本語学部の在学生で，調査協力者 T1・T2 は中国大学の日本語学部の在職，非母語話者日本語教師である．調査の実施時期は 2025 年 1 月 17 日～22 日であった．

2.2 調査項目・分析方法

本調査は先行研究 (1) の調査票項目（中国大学の日本語学部：タイプ 1：会話授業の基本状況，タイプ 2：行われている教室活動）に，タイプ 3：現在の会話教育と AI 会話練習に対する調査協力者の評価を加え，インタビュー調査を行った．

本研究では，学習者および教師の語りから多様な意識パターンを明確に抽出する必要があるため，テーマティック・アナリシス法 (2) を分析手法として採用した．

3.　分析結果

3.1 会話教育の基本状況

表 1 から，①授業の頻度や時間が限られており，会話練習が不足している可能性があること，②クラスの人数が多いため，学習者一人ひとりに十分な発話機会が確保されにくいこと，③母語話者教師の人手不足により，学習者が母語話者と話し合う機会が限定されているという課題が浮き彫りになっている．

3.2 行われている教室活動

先行研究 (1) を参考し，中国大学で行われる教室活動を 5 種類に分けた．「インプットを中心とした活

表 1　中国大学会話授業の基本状況

番号	会話授業の週間時間	クラス人数	学年人数	日本人教師在籍人数	会話授業担当教師
S1	3 時間	15	120	2	日本人
S2	5 時間	26	460	5	中国人 日本人
S3	1.5 時間	20	87	2	日本人
T1	6.75 時間	28-30	240	1	中国人
T2	3 時間	25-35	306	なし	韓国人

動（聞く・見る）」，「繰り返す練習」，「学習した表現を用いた活動」，「読んだり聞いたりした内容を再生する活動」と「自由度の高い活動」である．

⑤「自由度の高い活動」に関しては，3 人の調査協力者が「自由会話はほとんどない」と回答した．加えて，「インタビュー活動がない」「テーマや図を用いて日本語で意見や感想を述べたり描写したりする活動があまりない」などの報告も見られ，これらは先行研究 (1) の調査結果と大きな差異はない．また，先行研究 (3) も，中国の大学における日本語教育の現場では，「創造性の高いコミュニケーション練習はあまり行われていない」と指摘している．先行研究 (3) の 2005 年から本調査に至るまでの約 20 年間，即興的かつ自由な会話練習の不足という状況は，大きく改善されていないことが示唆される．

さらに，「即興スピーチや即興の質問応答に対して，強いストレスを感じた経験がある」といった回答も見られ，学習者の即興的な会話練習に対する心理的負担の大きさがうかがえる．こうした状況を踏まえると，中国の大学における日本語教育では，即興的かつ自由度の高い会話練習の長年にわたる不足という現状を改善し，学習者の即興的会話練習に対する不安を緩和するための具体的な解決策の検討と導入が求められている．

3.3 現在の会話教育・AI 会話練習に対する評価

現在の会話教育に対する評価は，学習者・教師のいずれからも概して低く，「会話能力の向上に役立っていない」「授業内の会話相手が限られている」といった理由が多く挙げられた．今後の会話教育に対する学習者の期待として，最も多く挙げられたのは「授業内で即興的かつ自由度の高い会話練習を行いたい」というものであった．これに加えて，「授業を通じて自分の会話の反省を促したい」「先生との会話のやり取りを増やしたい」「正確性の指摘を受けたい」「身近な話題で会話したい」といった要望も見られた．こうした期待がある一方で，現状では十分に実現されていない．この期待と現実とのギャップこそが，学習者および教師の双方から現在の会話教育に対して低い評価が下されている主な要因であると考えられる．

図 1 が提示した通りに，このギャップを埋めるために，AI 会話練習を提案する．AI による会話練習に関しては，調査協力者の 4 人がポジティブな印象を持っていた．また，T1 は，AI が学習者のレベルに応じて適切に対応できるかどうかに懸念を示し，AI 会話教育に対して否定的な評価を与えた．

AI を活用した会話練習の主なメリットとして，第一に「会話練習の機会を提供する」が挙げられる．情意面では，「不安が軽減できる」「人間関係を気にせずに練習できる」「他人の目を気にしなくてもよい」という点が大きな利点である．また，AI は「随時訂正」を行うとともに「人間味の配慮」が可能であり，標準的かつ聞き取りやすい発音を提供するため，学習者の発音改善や母語話者教師不足の補完に寄与すると考えられる．

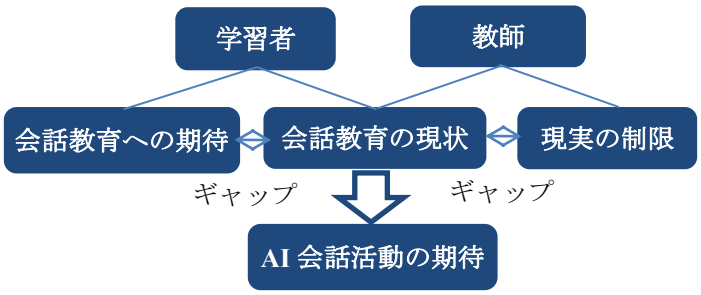


図 2　会話教育：期待と現実とのギャップ

一方で，AI 会話練習に対する懸念も明らかになっている．AI 会話練習経験の有無を問わず，「AI の発話が不自然」「AI の不自然な発話に影響される懸念」が共通して指摘された．また，「AI が学習者の発話を正確に捉えられるか不安」「AI 発話の文法の正確さ」についての正確さに関する点も不安材料として挙げられている．

調査協力者 5 名全員が AI 会話練習の存在を認知していたものの，3 名は未経験であった．未経験者が利用を控えた理由としては主に「モチベーションが足りない」が挙げられ，さらに一部には「利用方法に困る」という声もあった．以上の結果から，教育現場で AI 会話練習を導入・定着させるためには，利用方法の周知よりも，まず学習者に対する動機づけを強化することが重要であると考えられる．

4.　まとめ

以上の結果から，学習者も教師も，即興的かつ自由度の高い会話活動に対して高い期待を抱いている．しかし，実際の教育現場では，理想と現実の間には大きなギャップが存在している．こうした背景から，学習者と教師は，AI 会話練習に対して，ギャップを埋める新たな手段として期待を寄せるようになっている．しかしながら，AI 会話練習に対する，学習者および教師が抱く懸念を解消し，学習者の動機づけを強化することが重要であると考えられる．

参考文献

(1) 長坂水晶，木田真理：“中国の大学の日本語授業における会話指導に関する調査:中・上級レベルを対象とした教室活動の実態と教師の意識”，国際交流基金日本語教育紀要，第 7 号, pp. 43-57（2011）
(2) 土屋雅子:“テーマティック・アナリシス法　インタビューデータ分析のためのコーディングの基礎”，ナカニシヤ出版（2016）
(3) 冷麗敏:“中国の大学における「総合日本語（精読）」に関する意識調査－学習者と教師の回答を比較して－”，日本言語文化研究会論集，創刊号，pp.59-73,（2005）

生成 AI を用いた第二言語のライティング自己学習システムの開発

Development of a Self-Learning System for Second Language Writing Using Generative AI

李 泰煥[*1]，森本 康彦[*1]
Taehwan LEE[*1], Yasuhiko MORIMOTO[*1]
[*1] 東京学芸大学
[*1]Tokyo Gakugei University
Email: m248133p@st.u-gakugei.ac.jp

あらまし：グローバル化が急進する中，外国語能力はさらに重要になっている．しかし，学習者が第二言語のライティング自己学習に取り組む際には，自分が書いた文章に対するフィードバックをもらうことが難しく，第二言語の学びに取り組むことは容易ではない．それゆえに自身の変容や成長を実感することが難しい．そこで，本研究では，生成 AI を用いた第二言語のライティング自己学習の開発と評価を行った．本稿では，本自己学習方法に基づく第二言語のライティング自己学習システムの開発について述べた．
キーワード：第二言語，ライティング，自己学習，システム，生成 AI

1. はじめに

現在，グローバル化の急進により外国語能力の重要性が増している(1)．この外国語能力の一つであるライティングを学ぶ方法として，自分が表現したい内容を第二言語の文章にし，フィードバックを受け，文章を推敲しながら第二言語を学ぶ方法がある．しかし，学習者が自己学習に取り組む際には，フィードバックを受けることが難しく文章を推敲することが容易ではない（**問題点１**）．それゆえに，学びを振り返り自分の成長に気づくことが難しい（**問題点２**）．

一方で近年，教育での生成 AI の活用が注目されている．ここで，学習者が自己学習に取り組む際に，生成 AI からフィードバックをもらうことができ，振り返りシートを用いて推敲の中で得られた気づきを振り返ることができれば，学習者の第二言語のライティング自己学習を支援することができると考えられる．これまでに，生成 AI を用いた第二言語のライティング自己学習方法の開発と評価を行った(2)．A 大学の学生を対象とした検証の結果，生成 AI からのフィードバックを参考に文章を推敲しながら第二言語を学ぶことができ，学びを振り返ることで自身の変容や成長に気づくことができる可能性が示唆された．一方で，本自己学習方法は，学習者が学習方法の手順を理解し，その手順に応じて生成 AI の Web 画面と Microsoft Excel で作成された振り返りシートを行き来する必要があった．このような操作の複雑さが学習者の学びの妨げになることが懸念された．

ここで，本自己学習方法に基づく第二言語のライティング自己学習システムがあれば，学習者の学びを促進できると考えられる．

そこで，本研究では，第二言語のライティングの自己学習を支援することを目的とし，本稿では，本研究で開発した自己学習方法に基づく生成 AI を用いた第二言語のライティング自己学習システムの開発について述べる．

2. 第二言語のライティング自己学習方法

問題点を解決する第二言語のライティング自己学習方法の要件として以下の 3 つが挙げられる．

要件１：学習者が第二言語の文章から改善すべき箇所に気づくことができる（**問題点１**に対応）
要件２：学習者が第二言語の語彙・表現，文法事項，文構造を学ぶことができる（**問題点１**に対応）
要件３：学習者が新しくできるようになったことや自分の成長を実感できる（**問題点２**に対応）．

要件を満たす自己学習方法を図 1 に示す．

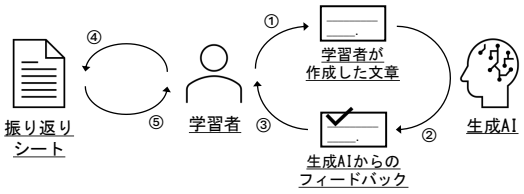


図 1　生成 AI を用いた第二言語のライティング自己学習方法

まず，学習者は日本語の文章を基に第二言語の文章を作成する（図 1-①）．生成 AI は，学習者が作成した第二言語の文章から再考すべき箇所を表したフィードバックを出力する（図 1-②，**要件１**に対応）．学習者は，生成 AI からのフィードバックを参考に改善すべき箇所に気づき文章を推敲しながら，その中で第二言語の語彙・表現，文法事項，文構造を学ぶ（図 1-③，**要件２**に対応）．また，推敲した第二言語の文章と文章を推敲するために工夫したことを振り返りシートに記録する（図 1-④）．文章の完成後，振り返りシートから学び全体を振り返り自分の変容や成長を実感する（図 1-⑤，**要件３**に対応）．

3. 生成 AI を用いた第二言語ライティング自己学習システムの開発

本研究では，生成 AI を用いた第二言語のライテ

ィング自己学習方法に基づくシステムを Web アプリケーションとして開発した．開発言語には，フロントエンドに HTML，CSS，JavaScript，バックエンドに PHP を採用した．DB には MySQL を用いた．また，生成 AI の API として OpenAI の ChatGPT (GPT-4o mini)を用いた．

3.1 システムの機能

機能１：第二言語の文章の推敲支援機能

本機能は**要件１**と**要件２**に対応し，学習者が第二言語の文章を推敲しながら第二言語の語彙・表現，文法事項，文構造を学ぶことを支援する．

具体的には，まず，学習者は，日本語の文章，第二言語の文章，第二言語の文章の作成時に工夫したことをシステムに入力する（図 2）．システムは，日本語の文章と第二言語の文章を照らし合わせ，第二言語の文章から再考すべき箇所を色付きの太字としたフィードバックを出力する（図 3）．学習者は，それを参考に改善すべき箇所に気づき，辞書や参考書を用いて文章を推敲しながら第二言語を学ぶ．

図 2　学習者がライティングを行う画面

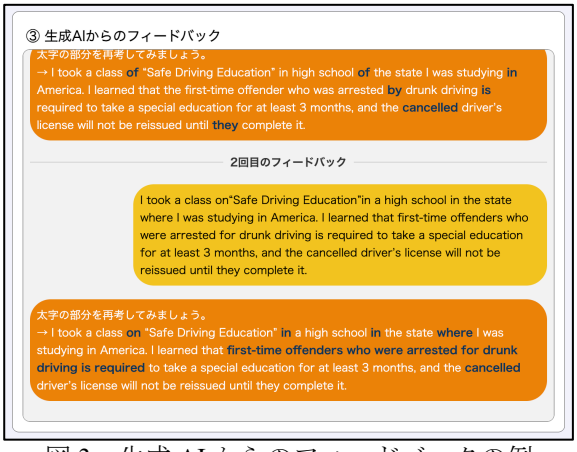


図 3　生成 AI からのフィードバックの例

図 4　振り返りの画面

機能２：振り返りの支援機能

本機能は**要件３**に対応し，学習者が自身の変容や成長を実感することを支援する．

具体的には，システムは，学習者が推敲を重ねて第二言語の文章を完成した際，システムがその推敲過程を表示する．推敲の過程として，学習者が入力した日本語の文章，第二言語の文章，工夫したことが入力順に表示される．学習者は，それを参考に自分の学びを振り返り，できたこと，できなかったこと，新しく学んだことを教訓化して振り返りシートに記録することができる（図 4）．また，システムは，学習者が今まで取り組んできたライティング自己学習の一覧を表示することができる．

3.2 システムの利用の流れ

開発したシステムの利用の流れを以下に示す．

まず，学習者は，第二言語の文章として表現したい内容をシステムに入力する．また，学習者はその内容を第二言語の文章を作成し，その際に工夫したことを併せてシステムに入力する．続いて，学習者は，システムからフィードバックを受け，第二言語の文章を見返し改善すべき箇所に気づく．その後，再び第二言語の文章を推敲し，工夫したことを併せてシステムに入力する．学習者は，文章を完成するまで，システムからフィードバックを受け文章を推敲することを続ける（**機能１**）．

文章を完成した後，学習者は，システムから推敲過程を確認することで，学びのプロセス全体を振り返り，できたこと，できなかったこと，新しく学んだことを教訓として振り返りシートに記録する．これにより，学習者は自身の変容や成長を実感することができると期待される（**機能２**）．

以上の手順で，学習者は開発したシステム上で，第二言語の文章に対するフィードバックをもらうことと自身の学びを振り返ることにより，本自己学習方法に基づき，学びに取り組むことができることが期待される．

4.　おわりに

本稿では，第二言語のライティング自己学習を支援することを目的に，本研究で開発した生成 AI を用いた第二言語のライティング自己学習方法に基づくシステムの開発について述べた．今後は，本システムを用いた実践を行い，その有用性を検証する．

謝　辞

本研究は，科研費（23K02681）の助成を受けた．

参考文献

(1) 文部科学省:中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説　外国語編，開隆堂出版，東京　(2014)
(2) Lee, T., Yamaguchi, T., and Morimoto, Y: “VALIDATION OF A SELF-LEARNING METHOD FOR SECOND-LANGUAGE WRITING USING GENERATIVE ARTIFICAL INTELLIGENCE”, ICERI2024 Proceedings, 9561-9569　(2024)

再構成学習法による「透明性の誤謬」の顕在化と克服
－外的表象の再構成を通した内的表象の共有化とズレの検出－
Recomposition-Based Learning Aimed at Revealing and Overcoming the Fallacy of Transparency
-Sharing and Misalignment Detection of Internal Representations through the Reconstruction of External Representations-

平嶋　宗[*1]，渡邉弘大[*1]
Tsukasa HIRASHIMA [*1], Kodai WATANABE[*1]
[*1] 広島大学大学院先進理工系科学研究科
[*1]Graduate School of Advanced Science and Technology, Hiroshima University
Email: tsukasa@lel.hiroshima-u.ac.jp

あらまし：本研究では，教師が構造化して提示した知識が，学習者に同様の意味で理解されると誤信される現象を「透明性の誤謬」と呼ぶ．構造化された説明や図表は，意味の背景を一部しか顕在化していないにもかかわらず，それ自体が理解の全体を伝えるとみなされやすく，その結果，表層的な暗記を学習として教師と学習者が共に受け入れてしまう危険性がある．本研究では，この問題を顕在化し克服することを目指した学習支援の枠組みとして，「再構成学習法」を提案する．
キーワード：透明性の誤謬，再構成学習法，記号化と操作対象化，概念マップ

1. はじめに

コミュニケーションにおいては，伝達者が自らの内的理解を記号化し，受け手がその記号から意味を再構成するという二重の変換が介在するとみることができる．この観点に立つと，これらの変換の個人の知識や文脈に依存するため，「伝えたことが伝わる」という前提は成立し得ないことになる．しかし，「説明したので理解されているはず」「書いてあるので分かるはず」といった見通しは，一般的なコミュニケーションだけでなく，教育実践においても前提となっていることが少なくない．学習者によって意味の受け取り方が異なることは，実践の中では頻繁に経験されることであり，説明が理解を保証するわけではないことは教師にとって自明であると言ってよい．しかしながら，その困難さを具体的・本質的課題として扱う試みは，いまだ限定的であったと言える．

本研究では，この問題を「透明性の誤謬（fallacy of transparency）」と呼ぶ．これは「透明性の錯覚（illusion of transparency）」：話し手が自らの感情や意図が聞き手に明確に伝わっていると錯覚する傾向[(1)]に基づくものである．教育においては，教師や教材提供者が説明などによって自らの意図や構造が十分に伝わると見なす前提に立ちやすく，そうした前提に基づいて授業が進められた場合，学習者との間にある理解の非対称性（＝理解のズレ）が意識されにくくなる可能性がある．このように，説明がそのまま理解へとつながるという見通しが教材や授業の設計・実施に組み込まれがちであるという状況を，「透明性の誤謬」と位置づける．

教師が提示する説明，図表，概念マップなどの外的表現は，教師自身の内的理解を外在化したものであり，「意味が見えている＝透明である」と感じられると考えられる．ここで，外在化された理解の表現を「外的表象」と呼び，その外的表象を外在化する元となる内的な理解構造を「内的表象」と呼ぶことにする．なお，本稿における「内的表象」とは，学習者が外的表象（説明，図，概念マップなど）を受け取った際に，それをもとに構成する意味的理解や知識構造の心的表現を指すものとする．学習者が提供された表現を外的表象として活用するためには，対応する内的表象をすでに持っているか，それを形成することが必要となる．対応する内的表象を持たない場合，表面的な記憶・再現は可能であったとしても，意味のある操作や説明は困難となり，記憶の持続も限定的となる．このように，教師が与えた外的表象が，学習者にとっては意味を読み取ったり操作したりする対象として機能しない場合が，透明性の誤謬が生じている状態となる．

本研究では，こうした教育場面における理解の非対称性を顕在化し，その調整を支援する方法として，外的表象を学習者自身が再構成する活動：再構成学習法（recompositional learning）を提案する．学習者が与えられた説明や図表などを，部品から具体的・操作的に組み立てなおすことを通して，その外的表象に意味を与える内的表象を自覚的に再構成し，自らの理解と教師の意図との間にある意味的なズレ（＝理解の非対称性）を発見・補完・修正するプロセスが促進されることが期待できる．ここでのズレには，外的表象を説明できない／納得できないという内的な気づきも含まれる．このような活動は，単なる知識の受容や暗記では困難であり，構造的な意味づけを伴う探索的な学習過程を要する．外的表象の共有を通じて，より深層的な内的表象の意味的共有を促進することが，再構成学習法の核心となる．

本研究の立場は，内的表象そのものを直接的に共有するのではなく，教師と学習者がともに操作可能

な外的表象の再構成を媒介として，理解の非対称性を検出・修正していくことで，内的表象の実質的な共有性を高めることにある．ここでいう「実質的な共有性」とは，同じ外的表象を，同じように操作できるという操作的共有性を指す．すなわち，内的表象が本質的には異なるものであるという前提に立ちながらも，「同じものを同じように操作する」という体験を共有することで，内的表象の近接性と共有可能性を担保しようとする考え方である．

また，「教師が構造化した部品を提供し，学習者がそれを再構成する」という再構成の枠組みは，プリミティブ（知識の基本単位）の適切な定義が専門家にとっても困難であり，不適切な設定が重大な悪影響を及ぼすという知識工学の知見(1)を根拠とする．学習者にプリミティブの発見を委ねることは，認知的・教育的に過度な負担を伴い，たとえ表面的には生成できたとしても，意味的に妥当なものとはならない可能性がある．また，誤概念は，局所的には妥当であっても，より広い構造や文脈においては不適切となるプリミティブに起因していることが多い．以上の理由から，「部品の提供と構造の再構成」という設計方針は，理論的にも実践的にも妥当な学習支援の枠組みであるといえる．

2. 透明性の誤謬に関する理論的背景

2.1 透明性の錯覚と説明能力の過信

Gilovich ら(2)は，話し手が自分の意図や感情が他者に明確に伝わっていると感じやすい傾向を指摘し，この錯覚が対人認知の誤りの一形態であることを示した．この傾向は「透明性の錯覚（Illusion of Transparency）」と呼ばれている．また，Rozenblit ら(3)は，人はある対象について自分がどの程度まで説明できるかを過大評価する傾向を示し，この傾向は「説明可能性の錯覚（illusion of explanatory depth）」と呼んでる．

本研究は，こうした認知的傾向が教育においても存在するとの立場に立つ．たとえば，教師が図を用いて授業内容や概念の関係性を明示的に示せば，それが学習者に十分伝わると見なしてしまう傾向は，透明性と説明可能性の錯覚に基づく認知的な期待と解釈できる．このような錯覚が教育実践に反映されることで，「伝わっているはずだ」という見通しが暗黙の前提となり，それが教育設計における構造的な誤認となる状況を，本研究では「透明性の誤謬」と呼ぶ．

2.2 「教えたつもり」と「わかったつもり」

教育の現場では，「教えたつもり」「わかったつもり」といった言葉で，教師と学習者の間の理解のズレが語られてきた．西林(4)は，学習者が表面的な知識の理解を「わかった」と誤認し，読解や学習における深い理解に至らない問題を「わかったつもり」として批判的に論じた．また，田島ら(5)は，小学生の理科授業における自己説明活動を通して，概念の深い理解が促進されることを示し，教師による説明だけでは学習者の理解が十分に形成されないことを実証的に示している．森(6)は，学生同士の対話的協調を通して理解が再構成されていく過程を分析し，「わかったつもり」から脱却する契機として他者との意味のすり合わせが重要であることを示している．

これらの研究に共通するのは，外的表象（説明・図解など）と内的表象（意味的理解）の間のズレは避けがたいという前提である．学習者による再説明・再構成・相互対話を通して，理解の非対称性を顕在化・調整する必要があるという指摘は，本研究が提案する「外的表象の再構成を通した内的表象の共有化」というアプローチと理論的に整合する．

3. まとめ

本稿では，透明性の誤謬について説明したうえで，再構成学習法がその対応策になりえることを述べた．この学習法は，試験的な運用を通して有用性が示唆されており，協調学習や高次思考の促進にも適用事例がある(7-10)．再構成学習法の理論モデルと学習観については，別稿「再構成学習法の四段階とその構成主義的・協調的学習観の理論的位置づけ」にて論じている(11)．

参考文献

(1) Clancey, W. J. :”Heuristic classification”. *Artificial intelligence*, 27(3), 289-350(1985).
(2) Gilovich, T., Savitsky, K., & Medvec, V. H.: “The illusion of transparency: Biased assessments of others’ ability to read one’s emotional states”. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75(2), 332–346(1998).
(3) Rozenblit, L., & Keil, F. (2002). The misunderstood limits of folk science: an illusion of explanatory depth. *Cognitive Science*, 26(5), 521–562.
(4) 西林克彦 :”わかったつもり 読解力がつかない本当の原因”,光文社新書(2005).
(5) 田島充士，森田和良：”説明活動が概念理解の促進に及ぼす効果―バフチン理論の『対話』の観点から―”, *教育心理学研究,* 57, pp.478‐490(2009).
(6) 森朋子:”授業での対話を通じて理解を深める：学生同士の協調場面に焦点を当てて”, *大学コンソーシアム京都第21回FD フォーラム*, pp.281-284(2013).
(7) Hirashima, T., Yamasaki, K., Fukuda, H., & Funaoi, H.:” Framework of kit-build concept map for automatic diagnosis and its preliminary use”. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 10, 1-21(2015).
(8) Pinandito, A., Hayashi, Y., & Hirashima, T. “Online collaborative Kit-Build concept map”, *IEICE Transactions on Information and Systems,* 104(7), 981-991(2021).
(9) Nurmaya, Pinandito, A., Hayashi, Y. and Hirashima, T.:"Promoting students' higher order thinking with concept map recomposition." *IEICE Transactions on Information and Systems*, 106, no. 8,1262-1274(2023).
(10) 平嶋宗:”構造再構成学習法の理論的基盤: 部品・構造間の意味的差分と理解を方向づける文脈としての構造”, *ALST103*, pp. 99-104(2025).
(11) 平嶋宗，渡邉弘大：“再構成学習法の四段階とその構成主義的・協調的学習観の理論的位置づけ”，*教育システム情報学会全国大会*(2025)．

再構成学習法の四段階とその構成主義的・協調的学習観の理論的位置づけ
Four Stages of Recomposition-Based Learning and Its Theoretical Positioning within Constructivist and Collaborative Learning Paradigms

平嶋　宗[*1]，渡邉弘大[*1]
Tsukasa HIRASHIMA [*1], Kodai WATANABE[*1]
[*1] 広島大学大学院先進理工系科学研究科
[*1]Graduate School of Advanced Science and Technology, Hiroshima University
Email: tsukasa@lel.hiroshima-u.ac.jp

あらまし：本稿では，学習者が内的表象を整理・調整していく過程を支援する方法として，再構成学習法を四段階の学習サイクルとして定式化した．この学習法は，外在化・操作対象化された外的表象の再構成活動を通じて，内的表象の再構成を促す枠組みである．また，この枠組みは，内的表象を一方的に強制するものではなく，学習者の理解の主体的な構成を重視する構成主義的・協調的学習観に合致するものであることを論じた．
キーワード：再構成学習法，外的表象と内的表象，記号化と操作対象化，概念マップ

1.　はじめに

学習者が断片的な知識を得るだけでは，深い理解や応用にはつながらず，複数の知識を関係づけて統合・組織化した「構造」の獲得が不可欠であるとされている．ここで言う構造としては，図や記号などによって可視化・記述され，学習者が直接的に操作可能な構造としての「外的表象」と，学習者の中で意味づけられた理解として存在し，外部から直接的に観測できない構造としての「内的表象」に分けることができる．そして，外的表象は，内的表象の一部が顕在化し，記号化されたものとして表出したものであり，外的表象を意味的に解釈する文脈として内的表象が機能する．

「再構成学習法」は，この外的表象と内的表象の関係性に着目し，外的表象を外在的・操作的に再構成する活動を通して，内的表象を再構成することを促す方法である．本学習法では，学習内容に対して，構造を構成する要素とその関係を記述可能であることを前提とする．記述が可能であれば，構造を分解して部品群を生成し，それを用いて学習者が構造を組み立てなおす「再構成」が行える．この外的表象の再構成活動を通じて，学習者の内的表象が徐々に構造化・調整されていくことが期待される．図１は，見えている外的表象を通して，見えていない内的表象を間接的に学習活動の対象とすることができるという考えを，氷山メタファーによって表している．

再構成学習法は，(1)仮説的再構成，(2)差分抽出，(3)差分説明，(4)再構成的内省，の四つの段階からなる学習サイクルである．学習者はまず，自身の理解に基づいて構造を仮説的に再構成し，次に与えられた構造との比較を通じて差異を検出する．この差分を説明し，再構成的に内省することで，構造の意味や文脈を探究しながら，理解の深まりと調整が行われることを期待する学習法となっている．

再構成対象となる構造は，外的表象として可視化・共有可能な形で提示され，学習者間での共通の参照対象となる．これに対して内的表象は，学習者の理解や意味づけの基盤であるが，直接的な共有や操作は不可能である．しかし，学習者が共有された外的表象に対して説明・解釈を行う過程では，自らの内的表象を能動的に活用することが求められる．その結果として，これまで暗黙的で十分には整理されていなかった内的表象が，他者との比較や内省を通じて意識化され，再構成されていくと期待できる．この意味で，再構成学習法は，外的表象の再構成を媒介とし，内的表象の構成とその自己内・相互的な整理を促す実践的枠組みである．したがって，外的表象の再構成は，内的表象を能動的に活用し調整するための契機であり，模倣を強制したり，学習者の主体性や独自の理解を奪うためのものではない．

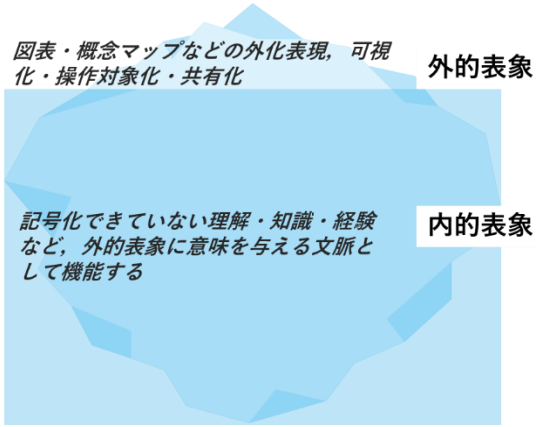


図１　氷山メタファーを用いた内的表象と外的表象の関係図

本稿では，この四段階の学習プロセスを理論的に整理し，「外的表象を媒介とした内的表象の構成と共有化」という観点から，構成主義的および協調的学習観との整合性と教育的意義を論じる．

2.　仮説的誤答観と再構成学習法の四段階

2.1　仮説的解答観

課題に対する解答の多くは，記憶の直接的な再生

ではなく，解釈や推論を経たものである．そして，その解釈や推論には，一貫した整合性が認められることが多い．このような観点から，解答は仮説的なものであると捉えることができる．このように解答を捉えると，学習者の解答は正誤に関わらず，学習者の理解に基づいて合理的二導かれた意味のある産物として，学習上価値を持つといえる．このような解答の捉え方を本研究では「仮説的解答観」と呼び，再構成学習法の理論的基礎の一つと位置付ける．この解答観は，バグ知識を用いた合理的な推論として誤答を捉えるバグモデルや，合意できない他者の意見を，他者が持っている異なる前提を推定することにより合理性あるものとして捉える共感的理解とも共通するものであり，正誤によって解答を評価する正誤的解答観とは対照的な解答観といえる．

2.2 第 1 段階：仮説的再構成

仮説的再構成とは，あらかじめ与えられた構造の部品群（ノードやリンクなど）を用いて，学習者が自身の理解（内的表象）に基づき，構造（外的表象）を組み立て直す活動である．この再構成は，単なる操作ではなく，「この部品は何を意味するのか」「この接続は妥当か」「この構造は自分の理解と合っているか」といった内的な問いを喚起する過程を伴う．これらの問いは，構成を仮説的な営みとして位置づけ，学習者が自身の内的表象を活用して応答しようとすることを促す．

このようにして構成された構造は，たとえ正答と異なるものであっても，学習者の理解に基づいて論理的に構築された「仮説的解答」として捉えられる．それは，単なる記憶の再生ではなく，推論・意味づけ・構造化を含んだ能動的な活動の成果であり，次の段階における思考の出発点として重要な意味を持つ．

2.3 第 2 段階：差分抽出

差分抽出とは，仮説的に構成された構造と，あらかじめ用意された参照構造を照合し，両者の構造的な違いを明らかにする活動である．ここで検出される差異は，単なる正誤の判定ではなく，意味的な構成の違いとして捉えることが重要である．差分は主に，(1) 学習者の構造に存在しない要素（欠落），(2) 参照構造に存在しない要素（過剰）として分類される．

加えて，構造的には一致しているが，学習者が不確かさや迷いを感じた部分を自己申告する「自己申告型差分」，また教材側で誤解が生じやすい箇所にあらかじめ注意を促す「事前指摘型差分」も含めて検討する．これらの差分は，次の段階での省察や再構成の出発点となる．

2.4 第 3 段階：差分説明

差分説明は，差分抽出によって明らかになった構造の違いに対して，学習者自身がその理由や背景を言語化し，省察する活動である．たとえば，「なぜこの接続を追加したのか」「なぜこの情報を見落としたのか」「構成時に確信が持てなかったのはなぜか」といった問いを通して，学習者は自身の思考の前提，知識の選択，解釈の枠組みなどを再検討する．

差分の種類に応じて，誤解，情報の不足，先入観，あいまいな理解などの問題点が浮かび上がる．こうした説明活動を通じて，差分は内的表象を見直すための契機として機能する．

2.5 第 4 段階：再構成的内省

再構成的内省は，差分の検討とその説明を踏まえて，学習者が自身の構成（外的表象）および理解の枠組み（内的表象）を振り返り，必要に応じて再編成を行う段階である．このとき重要なのは，単に参照構造に合わせるのではなく，「なぜそのように修正すべきか」「どう理解し直すべきか」といった意味に基づく再構成を行うことである．

3. 構成主義的再構成

再構成法で扱う構造は外的表象として記号化・可視化されているが，その構造に意味や妥当性を与える文脈や理解は，学習者の内的表象として保持され，しばしば暗黙的である．学習者はこの内的表象に基づいて，探索的かつ仮説的に構造を再構成し，その過程で意味や文脈の内在化が進む．こうした学びは，学習者が外的表象を操作しながら自身の理解（内的表象）を構成していく点で，構成主義的に基づく学習観に立脚しているといえる．また，外的表象の再構成を通して内的表象の構成が促進されるとの立場から，「再構成的構成主義」と位置付けられる．

さらに，社会的構成主義の観点からは，同一の部品を用いて複数の学習者が構造（外的表象）を再構成し，相互に比較・説明・修正していく「構造共有型協調学習」として定式化できる．このプロセスでは，構造が共有の作業対象として機能し，学習者間の対話や意味交渉を促進する．差異の言語化や他者視点との照合を通じて内的表象の再構成が進み，ZPD 的な学びが生起することが期待される．これらのことから，本学習法を構成主義的な学習観を実践する一つの方法と位置付けることができる．

4. まとめ

本稿では，再構成学習法が「再構成的内省」までを含んだ学習サイクルをなすことを明示した．再構成学習法の詳細や活用事例，および構成主義をはじめとする学習理論との関係は別稿[(1)]で述べている．また，「透明性の誤謬」に対する実践的な対処法としての位置づけについても，別稿[(2)]で論じている．

参考文献

(1) 平嶋宗：構造再構成学習法の理論的基盤: 部品・構造間の意味的差分と理解を方向づける文脈としての構造, ALST103, pp. 99-104(2025).
(2) 平嶋宗，渡邉弘大：「透明性の誤謬」の顕在化と克服を目指した再構成学習法,教育システム情報学会全国大会（2025）

逆埋め込み難易度制御のための整列度合い計算法と難易度段階間の観点差分析法

江原 遥
Yo EHARA
東京学芸大学　教育学部
Email: ehara@u-gakugei.ac.jp

あらまし：テキストの意味を数値的に表現する埋め込みベクトル空間は生成 AI の基盤技術である．難易度は意味の重要な側面だが，空間での表現との対応を簡便に求めたい．本研究では，埋め込み座標からテキストを復元する逆埋め込み技術を活用し，埋め込み座標から目的の難易度のテキストを生成する直感的な手法を提案する．埋め込み手法に依らず空間と難易度の対応の良さを測れる整列度合いを理論的に提案し，語学教育のための難易度段階間の観点の差を数値的に評価する分析法も提案する．
キーワード：逆埋め込み，生成 AI，難易度制御

1　はじめに

意味的に近接するテキストに対して，ベクトル空間上で近接する座標を与える「埋め込み」技術は，現代の自然言語処理における基盤技術となった [4]．一方，埋め込みベクトルからテキストを復元する「逆埋め込み」技術は新しい技術である [3]．逆埋め込みは，埋め込みから個人名等を復元できるかという情報セキュリティ上強い動機があるため，技術開発への投資が集まりやすく復元技術が精緻化していくと考えられる．

教育 AI 分野での難易度制御については，文献 [5] の研究が挙げられる．しかし，この研究では設問に対して回答した試験データが難易度推定に使われていたり，語学教育とは直接関係しない AI の質問応答性能評価のデータセット SQuAD で評価されている．この他にもテキスト生成の難易度制御手法はあるが，**基本的にはどの手法も難易度付与された一定規模以上のデータセットによるモデルの訓練を要する**．語学教育では語学教師等が人手で難易度を評価したデータを基準にしたい場面が多く，こうしたデータは作成コストが高いため少量のデータでも動作する手法が望ましい．さらに，段階間での難易度評価の「観点」の分析も行いたい．

本研究では，こうした語学教育難易度のための難易度制御のニーズを満たす難易度制御手法として逆埋め込みを用いた手法を提案する (図 1)．まず，容易な文例をさらに難しい方向に延ばすことで，与えられた 2 つの段階にはない新しい難しい文例を生成する「外挿」の応用が考えられる．図 1 では，外挿を使用してより難しい文例の座標を算出し，その座標を入力として逆埋め込みを適用することで座標に対応するより難しい文例を生成する．また内挿を使用して中間点の座標を算出し，中間の難易度を持つ文例を生成する応用も考えられる．

図 1 のように埋め込みの線形補完で難易度制御する場合，次のリサーチクエスチョン (RQ) が考えられる：*RQ1:* **図 *1* のように都合よくテキストが埋め込み空間上に並んでいるか？**，*RQ2:* **段階ごとにテキストを難しくする方向（観点）は異なるのではないか？**RQ1 のため複数の埋め込み手法を比較し，難易度制御に適した空間構造を持つ埋め込みを選択するための**整列度合い**という指標を提案する．また RQ2 のために，アノテータが外国語の文の難易度段階を評価する「観点」を分析する手法を提案し難易度段階ごとに観点が異なる事を示す．

2　整列度合い

2 段階の間で図 1 のように文埋め込みベクトルが適切に並んでいる「整列度合い」を簡単に数値化したい．2 つの段階の文数を N_i, N_j とする．簡単のため段階 i の埋め込みベクトル集合を $\{\mathbf{x}_1, \ldots, \mathbf{x}_{N_i}\}$ とし，その 1 つを $\mathbf{x}_i$ と書く．段階 j も同様とする．全ての $\mathbf{x}$ は D 次元で，ユークリッドノルムで $||\mathbf{x}|| = 1$ に正規化されているとする．この空間上で容易な段階 i から難しい段階 j の順に文例の埋め込みが整列する方向 $\mathbf{w}$ を探す問題を考える (図 1)．この整列の制約は $\mathbf{w}^\top(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j) < 0$ と書ける．2 段階間の全ての点の組に対してはこの制約は成り立ちづらいので，余裕を表すスラック変数 ξ を導入し全余裕を最大化する最適化問題を考える．

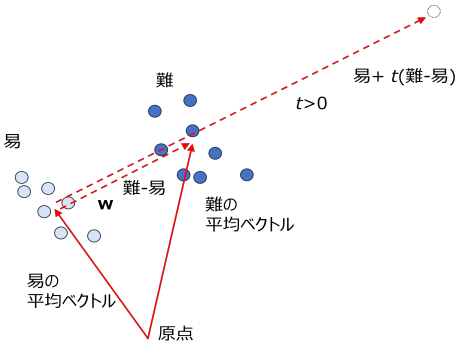


図 1: 概念図．各◯は文．2 段階の文集合の平均ベクトルを用いて指定の難易度の文の座標（点線白◯）を求め，逆埋め込みを用いて対応する文を生成することで，数値指定した難易度の文を直感的に作る難易度制御を行いたい．本図は t を制御しより難しい文を作る外挿例．

$$\begin{aligned} \text{maximize}_{\mathbf{w},\xi} \quad & \sum_{k=1}^{K} \xi_k \\ \text{s.t.} \quad & \forall k \in \{1, \ldots, N_i N_j\}; \\ \mathbf{w}^\top(\mathbf{x}_{i_k} \quad & - \quad \mathbf{x}_{j_k}) + \xi_k = 0, ||\mathbf{w}||^2 = 1 \end{aligned} \tag{1}$$

ここで k は 2 つの段階の文の全組み合わせ $K = N_i N_j$ の k 番目を表す．この最適化問題の解は，$\mathbf{w} \propto -\sum_{k=1}^{K}(\mathbf{x}_{i_k} - \mathbf{x}_{j_k})$ である．段階 i の平均ベクトルを $\bar{\mathbf{x}}_i$ とし段階 j も同様とすると $\mathbf{w} \propto -(\bar{\mathbf{x}}_i - \bar{\mathbf{x}}_j)$ と表せる．そこで，$\hat{\mathbf{w}} = -\frac{\bar{\mathbf{x}}_i - \bar{\mathbf{x}}_j}{||\bar{\mathbf{x}}_i - \bar{\mathbf{x}}_j||}$ とすると，式 1 の最適化問題の目的関数値は $-N_i N_j \hat{\mathbf{w}}^\top(\bar{\mathbf{x}}_i - \bar{\mathbf{x}}_j) = N_i N_j ||\bar{\mathbf{x}}_i - \bar{\mathbf{x}}_j||$ と表せる．N_i と N_j に依存しないよう，段階 i と段階 j の**整列度合い**を平均ベクトルの差のノルム $||\bar{\mathbf{x}}_i - \bar{\mathbf{x}}_j||$ で定義する．この**整列度合い**は閉じた式で簡単に計算でき，大きいほど，「2 つの段階の埋め込み点が図 1 のようにそろって見える最も良い方向 $\hat{\mathbf{w}}$ を探したとき，制約を満たさない度合いが小さい」という理論的な意味付けがある．**この整列度合い指標は，ノルムが *1* である事以外は埋め込み空間での分布の仮定を課していないため，任意の埋め込み空間に対して汎用的に適用可能である．**

3　実験

3.1　データセット

第二言語学習者向けに英語文を CEFR(Common European Framework of Reference) の段階で難易度付けしたデータセット *CEFR-SP* を用いた [1]．CEFR-SP は Wiki-Auto と SCoRE の 2 つに分かれるが，本研究では SCoRE のみを使用した．CEFR-SP は 2 名の専門家によって難易度付けされている．[1] とは異なり両者の判断が一致した文のみを用い，簡単な段階から難しい段階に次の 4 段階が残った：A1，A2，B1，B2.

表 1: 各埋め込みの CEFR の各段階間の整列度合い

埋め込みモデル名	次元数	A1,A2	A1,B1	A1,B2	A2,B1	A2,B2	B1,B2
text-embedding-ada-002	1,536	0.19	0.23	0.31	0.09	0.24	0.23
bge-m3	1,024	0.29	0.34	0.47	0.14	0.37	0.36
multilingual-e5-large	1,024	0.20	0.24	0.32	0.10	0.25	0.23
all-MiniLM-L6-v2	384	0.37	0.41	0.60	0.17	0.43	0.41
multilingual-e5-small	384	0.19	0.23	0.31	0.10	0.24	0.23

表 2: 難易度を表す方向ベクトル間のコサイン類似度（大きいほうが類似）

-	A2-A1	B1-A1	B1-A2	B2-A1	B2-A2	B2-B1
A2-A1	1.000	0.920	0.198	0.648	0.046	-0.031
B1-A1	0.920	1.000	0.566	0.685	0.157	-0.061
B1-A2	0.198	0.566	1.000	0.349	0.298	-0.088
B2-A1	0.648	0.685	0.349	1.000	0.790	0.685
B2-A2	0.046	0.157	0.298	0.790	1.000	0.925
B2-B1	-0.031	-0.061	-0.088	0.685	0.925	1.000

表 3: 差分 B2-A1 での難易度制御 (数値評価は本文記載)

v	She had a beautiful necklace around her neck.
v+0.4(B2-A1)	She had a beautiful necklace around her neck around her neck.
v+1.0(B2-A1)	She had a beautiful necklace around her neck adorned with a beautiful pearl necklace..
v+1.1(B2-A1)	Her necklace was very beautiful around her neck adorned with a small pearl necklace.
v+1.7(B2-A1)	Her necklace was admired greatly by a young female nurse from a very fine necropolis etch..
v+1.8(B2-A1)	Her necklace was admired greatly by a young female narwhal from the famous jewelry store.
v+2.0(B2-A1)	Her narwhal necklaces were greatly admired by the female researcher from a small history center.
v+5.0(B2-A1)	The history of forensics graduates from acorns can be greatly delved into by a modern forensic scientist.

逆埋め込み　本研究全体を通じて，[3] が提供するコード（`https://github.com/jxmorris12/vec2text`）と，付随する 2025 年 5 月現在唯一の公式提供の逆埋め込みモデルを使用する．これは OpenAI の 1,536 次元の埋め込みである *text-embedding-ada-002* に対する逆埋め込みモデルである．まず逆埋め込みが埋め込みベクトルの座標から元の文をどの程度復元できるかを簡単に検証したところ，比較的簡単なテキストでは元の文とほぼ完全に一致する復元が得られた．例えば “She had a beautiful necklace around her neck.” では，ピリオドの位置の違いを除き完全に復元された．

RQ1: 整列度合い　RQ1 への回答として，表 1 に節 2 で定義した整列度合いを示す．様々な意味処理の性能比較サイト MTEB(`https://huggingface.co/spaces/mteb/leaderboard`) で高性能な埋め込みから表 1 中の 2 行目以降の 4 種の埋め込みモデルを比較した．どの埋め込みでも最もレベル差のある A1 と B2 が最も高い整列度合いを示している事，埋め込みの種類によって整列度合いが大きく違う事，埋め込みの次元数と整列度合いには直接の関係はない事が分かる．ここで最も整列度合いの高い *all-MiniLM-L6-v2* に対して逆埋め込みモデルが提供されれば，逆埋め込みを用いた難易度制御実験を行う事が考えられる．しかし，今回は適切な比較のため，唯一逆埋め込みが公式提供されている *text-embedding-ada-002* を用いた．表 1 から，近年高性能を達成している *multilingual-e5-small* と同等の性能が期待される．

RQ2: 観点　図 1 のように，難しいレベルの平均埋め込みベクトルから簡単なレベルの平均埋め込みベクトルを引いて得られる差分ベクトルは，意味空間上で簡単な文を難しくなる方向，すなわち文の難易度を評価する「観点」を表していると解釈できる．さて，差分ベクトルを用いて難易度制御を行う事を考えよう．今回は 4 つのレベル A1,A2,B1,B2 を考えているので，差分ベクトルだけでも 6 通りある．観点の違いを測る事が RQ2 であった．観点は方向ベクトルであるので，観点の近さはコサイン類似度を用いて計算できる（表 2）．

表 2 を見ると，各段階間の差の観点はかなり多様である事が分かる．例えば，簡単な方の 2 段階 A2 と A1 を分ける観点は，難しい方の 2 段階 B2 と B1 を分ける観点とは類似していない．しかし，最も難しい B2 と最も簡単な A1 を分ける観点 B2-A1 はどの段階間の観点とも全体的に類似している．従って，B2-A1 をテキストを難しくする方向と考えることは妥当と考えられる．

実際に，原文の埋め込みベクトル v を B2-A1 の差分ベクトル（観点）を足していく事で難易度制御し，逆埋め込みを用いて生成した結果を表 3 に示す．差分ベクトルの係数が増加するにつれて，文が段階的により難しくなることが定性的にも分かる．興味深いことに，係数が約 2.0 まででは元の文の “necklace” という単語が残るが，係数がさらに増加すると，生成される文は元のテキストとは無関係な難しい単語を使用するようになった．例えば，係数 1.8 以上では “narwhal”（イッカク）という単語が現れ，これは TOEIC950 点以上レベルの高度な語彙である．

逆埋め込みによる生成された文の難易度を定量的にも評価した．各埋め込み座標に対して，最もユークリッド距離が近い 10 例に対する人手の評価値の平均値を計算した．A1，A2，B1，B2 をそれぞれ 1.0，2.0，3.0，4.0 とした．v+0.5(B2-A1): 1.9，v+1.0(B2-A1): 2.3，v+1.5(B2-A1): 3.0，v+2.8(B2-A1): 3.4 となり，難しい方向に移動させるほど，10 近傍の人手評価の難易度が増加することが確認された．

科学教育における MMLU 実験　提案法は一般の埋め込み空間を用いるため**内容面での難易度制御への応用も見込める**利点がある．高校水準で 150 の高校物理問題のデータを用いて [2]，100 の訓練データと 50 のテストデータに分割し，multilingual-e5-small 埋め込みを使用して実験した．結果は，v+0.5d: 1.4，v+0.6d: 1.6，v+0.7d: 1.7，v+0.8d: 1.9 となり（v は物理基礎の平均ベクトル，d は物理基礎と物理の差分ベクトル，値は 10 近傍の平均値），物理学的な内容も難易度制御が可能と示唆された．

4　おわりに

本研究では，上記の語学教育にとって望ましい性質を全て満たす有望な手法として，逆埋め込みを用いる手法を提案した．本研究では語学教育に用いる場合にどの埋め込みを使えばいいのかを選択する「整列度合い」の理論的な導出を行い，逆埋め込みによる難易度制御が可能なことを定性的・定量的に示し，逆埋め込みによる手法では難易度段階間の「観点」の分析も行える事も示した．提案手法は大規模データを要さないため，今後の研究として，本稿で例示した科学分野のほか，特定層の学習者に適応的に難易度制御など幅広い応用が期待される．さらに提案法は特定の埋め込み手法に依存しない汎用的な手法であるため，新しい逆埋め込み技術の登場時にも適用可能であることや，文脈内学習中や微調整中の動的な埋め込み空間に対しても有効であることが期待される．

謝辞　本研究は JSPS 科研費 22K12287 および JST PRESTO JPMJPR2363 の支援を受けた．

参考文献

(1) Yuki Arase, Satoru Uchida, and Tomoyuki Kajiwara. CEFR-based sentence difficulty annotation and assessment. In *Proc. of EMNLP*, pp. 6206–6219, 2022.
(2) Dan Hendrycks, Collin Burns, Steven Basart, Andy Zou, Mantas Mazeika, Dawn Song, and Jacob Steinhardt. Measuring massive multitask language understanding. *arXiv preprint arXiv:2009.03300*, 2020.
(3) John X. Morris, Wenting Zhao, Justin T. Chiu, Vitaly Shmatikov, and Alexander M. Rush. Language model inversion. In *Proc. of ICLR*, 2024.
(4) N Reimers. Sentence-bert: Sentence embeddings using siamese bert-networks. *arXiv preprint arXiv:1908.10084*, 2019.
(5) 後藤照佳, 富川雄斗, 宇都雅輝. 問題と模範解答を同時に生成する難易度調整機能付き読解問題自動生成手法. 第 49 回教育システム情報学会全国大会 Web 講演論文集, 2024.

英語発音練習の認知的段階を重視した学習支援システムの提案

A Learning Support System for the Cognitive Stage of English Pronunciation

八木 翔平[*1], 前田 新太郎[*2], 東本 崇仁[*3]
Shohei YAGI[*1], Shintaro MAEDA[*2], Takahito TOMOTO[*3]
[*1] 千葉工業大学情報科学部
[*1] Faculty of Information Science, Chiba Institute of Technology
[*2] 千葉工業大学大学院情報科学研究科
[*2]Graduate School of Information Science, Chiba Institute of Technology
[*3] 千葉工業大学情報変革科学部
[*3] Faculty of Innovative Information Science, Chiba Institute of Technology
Email: s2232163nc@s.chibakoudai.jp

あらまし：本研究では，英語の発音を運動技能と捉え，Fitts と Posner による三段階モデルのうち認知的段階に焦点を当てる．Celce-Murcia ら（2010）が整理した発音の構成要素に基づき，舌の位置や有声性といった特徴を構成要素ごとにモデル化し，問題演習を通じて学習する支援システムを提案する．本提案は，教示と練習の間に認知的演習を明示的に設けることで，学習者が構成要素の違いを比較・整理し，発音に関する知識を体系的に学ぶ支援を目的とする．
キーワード：発音学習支援，認知的段階支援，発音記号(IPA)，Fitts&Posner の三段階モデル

1. はじめに

英語発音教育では,「教師が見本を示し，学習者が模倣する」という暗黙的な反復練習を行うことが多い．しかし，この方法では，発音記号が示す調音方法や，それに基づく舌や唇の動作について，学習者が十分に理解できていない可能性がある．

特に L２（第二言語）学習者にとっては，英語の発音には母語に存在しない音や異なる発声規則が多く存在し，これらを知識として習得することは困難であると考える．英語の発音学習において，正しい舌の位置や調音方法を明示的に指導することが，単なる模倣練習に比べ，より理解されやすい発音の習得に寄与することが示されている(1)．

筆者らは発音学習を舌や唇などの複数の器官を連携させて操作する必要がある運動技能と捉え，段階的な支援が必要であると考える．そこで本研究では，発音学習を Fitts らが提案した運動技能習得モデル(2)に基づき，発音学習支援の設計を検討する．具体的に，(A)認知的段階，(B) 体制化の段階，(C) 自動化の段階，という３つの段階に分かれており，(A) を「発音の仕方について理解する」，(B) を「発音の仕方を意識しながら練習する」，(C) を「何も意識せずに発音することができる」と位置づけた．

従来の授業や先行研究においては，認知的段階が扱われていないことや学習者の理解状況に関わらず体制化の段階へ遷移してしまうことで不十分な認知的理解のまま発音動作が固定化されることが問題だと考える．そこで本稿においては，特に認知的段階の演習化に着目し，教示→演習を重点的に取り扱う．具体的には発音指導の本を参考に，認知的段階で学ぶべき構造をモデル化したうえで，そのモデルに沿った演習を学習支援システムとして提案する．

2. 関連研究

近年，L２学習における発音指導の有効性は，複数の研究によって実証されている．例えば Saito & Lyster（2012）は，日本人英語学習者に対して英語の /ɹ/ 音の調音（音声を発するために，発音器官が必要な位置を取り，または運動をすること）方法を明示的に指導することで，発音力の向上に加え，長期的な発音知識として定着することにも寄与する可能性を示した(3)．また，Yamamoto（2017）は，発音記号（IPA）を活用した指導によって学習者の理解可能性が向上したことを報告している(4)．これらの結果は，調音特徴を明示的に理解させた上で発音練習に臨むアプローチが，L2 発音習得に有効であることを示唆している．

しかし，指導を（A）認知的段階，練習を（B）体制化の段階と捉えたとき，先述したように学習者が理解したどうかにかかわらず遷移していることに発展性があると考える．本研究においてはこうした課題に対処するために，Fits らの三段階モデルに基づき，特に認知的段階での理解を重視する支援手法を提案する．

3. 提案手法

認知的段階における正確な理解はその後の技能の上達に大きな影響を与えると考える．そこで本研究では，学習者が構成要素を明確に認識し，構造的に整理・比較できるように，発音指導の書籍(5)を参考に発音を構成する要素をモデル化した（図１）．発音は大きくセグメンタル要素（母音・子音などの音素単位），スープラセグメンタル要素（単語や文をまたぐ大きな音声特性），連結音声現象（単語間の

音の連結・脱落・変化）の３つから構成される．本稿では，発音習得において音素単位の正確な理解と運動技能の習得が基盤となると考えるため，セグメンタル要素に着目する．セグメンタル要素とは子音と母音の２つから構成される．子音は調音点（空気の流れが妨げられる場所），調音様式（空気の流れを妨げる，あるいは共鳴させる方法），有声性（声帯が振動するのか）の３つから構成され，母音は舌の高さ，舌の前後位置，唇の形，緊張性（舌の硬さ）の４つから構成される（図１）．これらの構成要素を認知的段階において学習すべき要素と位置づけ，学習者に対して構造化された問題演習を行わせることで，正確な理解の促進を試みる．

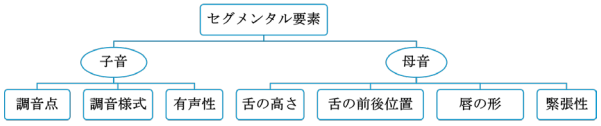


図１　セグメンタル要素の構成図

本研究では，Fitts & Posner（1967）の運動技能の三段階モデルに基づき，発音学習を段階的に支援する手法を提案する．本提案は認知的段階と体制化段階を明確に分離する構造を持ち，学習者が調音知識を理解・定着（現時点では１度で全ての解答項目について正解した場合としているが検討すべき項目である）させた上で練習へ移行できるよう設計する．提案する手法は，次の３段階から構成される（図 2）．一つ目は教示（認知的段階）であり発音記号，舌の位置，有声・無声の区別などを図表や説明を用いて明示的に提示する．二つ目は問題演習（認知的段階）であり教示された知識に基づき，学習者が調音特徴を理解しているかどうかを確認する問題を解かせることで，知識の定着を図る．三つ目は発音練習（体制化の段階）であり，問題演習で理解した知識をもとに，実際に発音練習を行う．このように従来の「教示→練習」という二段階モデルに対して，本研究は認知的支援を中間工程として独立させる三段階構造が必要だと考える．本稿においてはその中でも問題演習の提案を行う．

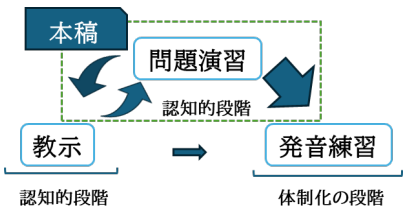
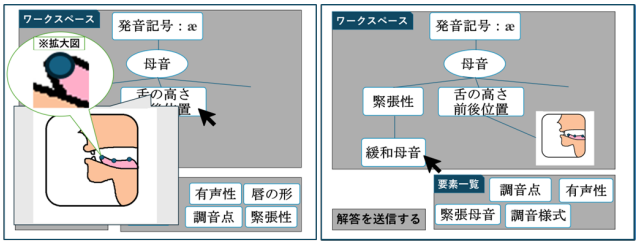


図２　本稿の位置づけ

4.　提案システム

提案システムでは，図１に示したセグメンタル要素の構成要素を，学習者が再現する形式で学習できるようする．図３の画面右下に配置された要素一覧からセグメンタル要素の構成要素から部品化したものをワークスペース上で再構築する．この活動を通して発音に関わる構成要素を体系的に学ぶことができる．また，単に記号と音を結びつけるだけでなく，「どの要素がその音の特徴を決定づけるのか」「似た発音記号との違いはどこにあるのか」といった発音記号間における調音上の共通点と差分の比較を通じて認知的理解を促す．

例えば，/æ/ を学習対象とした場合，学習者はまず「母音」をワークスペースに配置する．続いて，母音に関係する舌の高さ及び舌の前後位置については，クリック操作で図３（ｉ）に示す舌のイメージ図を表示し，青い点（図３（ｉ）中の拡大図）の位置を調整することで，舌の形状と位置を視覚的に再現する．これにより，発音記号と口腔内動作の対応関係が直感的な理解を促す．緊張性においては要素一覧から緩和母音を選ぶ（図３（ⅱ））ことで他の選択肢の比較・判断を通して学習者自身が調音特徴との違いを整理することを促している．



（ⅰ）舌の高さ，前後位置選択画面　　（ⅱ）緊張性選択画面

図３　システム画面の例

5.　おわりに

本稿の演習を行うことで学習者が英語の発音習得において練習前に認知を深める支援を行うシステムを提案した．今後の展望としてはシステム開発や評価実験を通じて提案システムの有効性の検証が挙げられる．

参考文献

(1) Saito, K.: “Examining the role of explicit phonetic instruction in native-like and comprehensible pronunciation development: An instructed SLA approach to L2 phonology”, Language Learning, Vol.61, No.2, pp.895-930（2011）
(2) Fitts, P. M. and Posner, M. I.: Human Performance, Brooks/Cole（1967）
(3) Saito, K. and Lyster, R.: “Effects of form-focused instruction and corrective feedback on L2 pronunciation development of /ɹ/ by Japanese learners of English”, Language Learning, Vol.62, No.2, pp.595–633（2012）
(4) Yamamoto, R.: “Effects of EFL instruction utilizing International Phonetic Alphabet (IPA) on intelligibility of Japanese students”, Proceedings of the IAFOR International Conference on Education - Hawaii（2017）
(5) Celce-Murcia, M., Brinton, D. M. and Goodwin, J. M.: Teaching Pronunciation: A Course Book and Reference Guide（2nd ed.）, Cambridge University Press（2010）

なぜ計算論的認知スキーマが今必要なのか？
－システム設計意図の整合性評価・比較・共有に向けて－

Why Do We Need Computational Cognitive Schemas Now?
-Toward the Evaluation, Comparison, and Sharing of System's Design Intentions–

古池 謙人[*1]，油谷 知岐[*2]，芦田 淳[*3]，森田 海[*4]，久乗 皓大[*5]
Kento KOIKE[*1], Tomoki ABURATANI[*2], Atsushi ASHIDA[*3], Kai MORITA[*4], Kota KUNORI[*5]
[*1] 東京理科大学 [*2] 大阪公立大学 [*3] 大阪大学 [*4] 福井工業高等専門学校 [*5] 関西大学
[*1]Tokyo University of Science [*2]Osaka Metropolitan University [*3]The University of Osaka
[*4]National Institute of Technology, Fukui College [*5]Kansai University
Email: kento@koike.app

あらまし：学習支援システムは，学習者に特定の問題解決スキルを習得させることを目的として設計されるが，多くの場合，そのスキルは学習課題や支援形態の背後に意図として埋め込まれたままで，明示的に記述されることはない．このため，設計意図の不透明性，学習課題との整合性の曖昧さ，さらに他システムとの比較や知見の再利用の困難といった課題が生じている．著者らはこの課題に対し，学習者が最終的にperform可能となる問題解決スキルを，状態遷移と認知的操作の系列として抽象的に記述する枠組み「計算論的認知スキーマ（CCS）」を提案してきた．本稿では，メタ科学的視点からこのCCS概念の必要性を論じるとともに，CCSによって設計意図を構造的に記述することで得られる利点――学習課題との整合性評価，システム間の比較，同型CCSの同定による設計知の共有――について議論し，展望を示す．
キーワード：計算論的認知スキーマ，学習目標，学習課題，学習支援システム，問題解決スキル

1. 背景

教育システムにおいて，学習者が最終的にどのような能力を獲得することを目指して設計されているのかを明示することは，設計の根幹をなす重要な課題である．とくに問題解決スキルの習得を目的とするシステムにおいては，どのような思考の流れや知識操作の獲得を支援しようとしているのかを明確にすることが不可欠である．

本研究では，このような「学習者が最終的に自力で実行可能となる問題解決スキル」を，認知科学における認知スキーマ（cognitive schema）として捉える．認知スキーマとは，ある種の問題状況に対して，適切な判断や操作を可能にする構造化された知識・手続きの枠組みである(1)．学習者が認知スキーマを獲得するとは，状況を抽象的に捉え，柔軟に問題を分析・解決するための思考パターンを内面化することに他ならず，教育的にきわめて重要な学習成果である．

しかし現状では，多くの学習支援システムにおいて，こうした認知スキーマの定義や記述は明示されず，課題構成や支援形態の背後に意図として埋め込まれたままになっている．そのため，設計意図の不透明性，学習課題との整合性の曖昧さ，さらに他システムとの比較や設計知の再利用の困難といった課題が生じている．

近年では，知識の伝達にとどまらず，学習者の思考過程そのものを支援対象とする設計が重視されている．すなわち，学習者が問題をどのように捉え，どのような知識やスキルを適用して解決に至るかという過程に対し，支援を与えるという視点である．このような支援は，まさに認知スキーマの形成を目標とするものであり，システム設計においてもその意図を明示的に記述・共有可能な形で定式化する必要がある．

著者らはこれまで，学習者が最終的に習得すべき問題解決スキルを，状態遷移と認知的操作の系列として抽象的に記述する枠組み「計算論的認知スキーマ（Computational Cognitive Schemas: CCS）」を提案してきた(2, 3)．

本稿では，メタ科学的視点からこのCCS概念の必要性を論じるとともに，CCSによって設計意図を構造的に記述することで得られる利点――学習課題との整合性評価，システム間の比較，同型CCSの同定による設計知の共有――について議論し，CCSの今後の展望を示す．

2. 問題意識

これまで教育システム情報学・学習科学の分野では，さまざまな学習支援システムが提案されてきた．各システムは，特定の学習目標に基づき，教材提示，ヒント提供，学習者モデルの更新などを通じて学習を支援しており，それぞれに独自の設計思想や課題形式が存在する．

しかし，その設計の背後にある「学習者にどのような問題解決スキルを習得させたいのか」という問いに，正面から答えている事例（例えば，文献(4)）は多くない．多くのシステムでは，育成すべきスキルの定義が明示的に記述されておらず，設計者の経験や暗黙知に依存して構築されているため，目標スキルが設計言語として外化されていないという課題を抱えている．

たとえば, あるシステムが代数の式変形を支援し, 別のシステムが論証の構成を支援しているとする. 一見すると異なるタスクを扱っているように見えるが, いずれも「問題を要素に分解し, 段階的に操作を重ねて解を導く」といった共通の認知的構造を備えている可能性がある. このような構造的共通性を, 経験や直観に頼らずに捉えるには, 学習者の思考過程を構造的に記述し, 表面的な課題やドメインの違いを越えて抽象化できる枠組みが必要となる.

一方で, 同じような問題解決スキルの習得を目指していながら, 課題形式や支援手法が大きく異なるシステムも少なくない. このような場合, 両者が本質的に同じスキーマ形成を目指していたとしても, それを明示的に表現する枠組みがなければ, 設計方針や支援戦略の違いを構造的に比較・説明することは困難である. したがって, こうしたスキルを共通言語として記述・比較可能にする枠組みが整えば, 個別の実装に依存することなく設計知の相互参照や再利用が可能となり, 効果的な支援戦略の抽出と一般化にもつながると期待される.

3. CCS という共通言語の導入と意図

著者らはこれまでに, 学習支援システムにおける設計意図を抽象的に記述し, 異なるシステム間で共通する問題解決スキルの比較や再利用を可能にする枠組みとして, 計算論的認知スキーマ（CCS）を提案してきた[2, 3]. 本章では, その理論的位置づけを整理し, CCS がもたらす実践的およびメタ科学的意義について検討する.

第 1 の利点は, 学習課題との整合性の評価[2]である. 従来の学習支援システムでは, 課題設計と学習目標の接続が明示されることは稀であり, 課題が本当に目標とするスキルの獲得に寄与しているのかを検討する手がかりが乏しい. CCS を用いれば, ある課題が促す思考過程を操作と状態の系列として表現し, それが目標とする問題解決スキルとどの程度整合しているかを構造的に評価できるようになる. これは, 教育効果の定量的評価とは異なる設計論的な視点から, 支援の妥当性を問い直す枠組みとなる.

第 2 の利点は, 異なるシステム間でのスキル記述の比較可能性[3]である. 従来, 学習支援システムはドメインや課題形式に大きく依存しており, システム間で共通のスキルを扱っていたとしても, それを比較する言語的・構造的基盤が存在しなかった. CCS は, 問題解決スキルを個別の実装から切り離して抽象的に表現するため, 設計理念や支援戦略の比較・参照を可能にする. これにより, 異なる分野や文脈で開発されたシステムが内包する設計知を接続し, 学習科学全体としての知見の統合に寄与することが期待される.

第 3 の利点は, 同型の CCS の同定による設計知の共有・再利用の可能性である. 複数のシステムが, 異なる外見や課題内容を持ちながら, 共通の認知スキーマの習得を目指している場合, それらを同型の CCS として整理することで, 支援手法の横断的再利用が可能となる. たとえば,「構造を抽出し再構成する」といったスキルが, プログラミング教育と文章構成支援にまたがって現れる場合, それぞれの課題形式を超えて, 支援の工夫や設計原理を共有することができる.

このように, CCS は単に個別のシステムを記述するための設計ツールではなく, 学習支援システム研究の知見を構造的に接続し, 再利用可能にするための「共通語彙」として機能する. これにより, 教育システム情報学の中においても, 個別実践を超えて形式的な理論知を蓄積・再編成するためのメタ科学的な枠組みが形成される可能性がある.

4. 結論と展望

本稿では, 異なる学習支援システムにおける問題解決スキルを比較・共有するための枠組みとして, 計算論的認知スキーマ（CCS）の概念的意義を再整理した. CCS は, 学習者が最終的に習得すべき問題解決スキルを, 状態の変化と認知的操作の系列として記述することで, システムごとの設計意図を構造的に表現できるようにするものである.

この枠組みを用いることで, 学習課題と目標スキルとの整合性を検討したり, 異なるシステムの支援方略や設計理念を比較したりする際の手がかりが得られる. また, 共通するスキル構造を持つシステム間で, 知見や設計資源を再利用するための基盤にもなりうる.

今後は, CCS の具体的な記述例を蓄積しながら, どのような記述粒度が適切か, どうすれば異なる記述間での共通性や違いを見出せるかといった点について検討を進めていく必要がある. 最終的には, システム設計の透明性を高め, 異なる研究や実践をつなぐ「共通言語」として CCS が機能することを期待したい.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP25K21362, JP24K22761, JP24K16753 の助成を受けた.

参考文献

(1) Derry, S. J.: “Cognitive schema theory in the constructivist debate,” Educational Psychologist, Vol. 31, No. 3–4, pp. 163–174 (1996)
(2) 古池謙人, 油谷知岐, 芦田淳, 森田海, 久乗皓大: “合目的的な学習課題デザインに目掛けたドメインモデル設計プロセスの初期検討,” 人工知能学会第 102 回先進的学習科学と工学研究会, pp. 38–43 (2024)
(3) Koike, K., Aburatani, T., Ashida, A., et al.: “Are Cognitive Schemas Taught to Learners Same in Two Systems?: A Computational Approach,” HCI International 2025, to appear (2025)
(4) 平嶋宗: “作問学習に対する知的支援の試みと実践—組立としての作問および診断・フィードバック機能の実現—,” 科学教育研究, Vol. 43, No. 2, pp. 61–73 (2019)

創作支援システムの計算論的認知スキーマによる解釈
－物語作成支援を題材としたシステム間の異同の議論－

Interpretation of Narrative Creation Support Systems based on Computational Cognitive Schema

芦田 淳[*1]
Atsushi ASHIDA[*1]
[*1] 大阪大学
[*1]The University of Osaka
Email: ashida@ids.osaka-u.ac.jp

あらまし：本稿では先行研究である，学習支援システムが理想としている問題解決過程を記述するための計算論的認知スキーマ（CCS）の概念を導入し，CCS が異なる教育・学習支援システムを比較する際の共通言語基盤のような役割を担うことができることを議論する．物語作成支援というドメインにおいて，著者が開発してきた支援システムと，他の創作支援に関する研究における理想的な物語作成を CCS として表現しシステムや研究の間を比較する．
キーワード：計算論的認知スキーマ，発想支援，共通言語基盤，物語作成

1. はじめに

昨今，様々な教育・学習支援システムが開発されており，それぞれのシステムが学習者に対して，教授すべき知識やスキルを想定して開発されている．学習によって獲得されるべき知識やスキルはある種の問題を解決するためのツールと見なせる．そのため，同じドメインであっても，異なる問題解決を指向しているシステムがある一方で，異なるドメインであっても，類似した問題解決を想定しているシステムも存在している．しかしながら，それらを比較し，異同を議論できるような共通言語基盤はこれまでのところ提案されてこなかった．著者らはこのような問題に対して，システムが教授の対象としている問題解決活動をモデリングするために，問題解決活動を定義，記述できる計算論的認知スキーマ（Computational Cognitive Schema）を提案してきた(1)．

本稿では，計算論的認知スキーマによる理想的な問題解決活動の表現が，種々の支援システムが対象としている人間の問題解決活動を比較・議論するための共通言語基盤となる可能性を示す．物語作成を問題解決活動として捉え，物語作成の支援を目的とした 2 つのシステムを取り上げる．それぞれのシステムが想定している物語作成プロセスを理想的な問題解決過程として，計算論的認知スキーマの枠組みで表現する．表現された 2 つの問題解決過程を比較することで，2 つのシステムが想定している問題解決活動の異同を議論する．

2. 計算論的認知スキーマ

本章では，本稿の理解において必要となる範囲で計算論的認知スキーマ（以後 CCS）を導入し説明する (1)．CCS とは，ある種の問題を解決するための過程を計算論的に示したものである．認知スキーマとはある問題解決活動を捉える際の枠組みとして機能すること，計算論的とはそれらを情報処理の過程として捉えることをそれぞれ指している．

CCS において問題解決過程は，問題空間における状態(S)の遷移であると定義される（図 1）．初期状態(S_1)からはじまり，一連の過程を経て問題が解決された状態が最終状態(S_R)である．状態は情報オブジェクト(I)によって構成され，情報オブジェクトはそれらが持っている属性(A)によって構成される．また，属性として情報オブジェクトを持つような入れ子構造も想定される．問題解決は状態を変化させる操作(Op)によって進行する．操作の実態は，状態オブジェクトや属性を追加・削除・変更する認知デバイス(p)によって構成される．

3. 物語作成支援での計算論的認知スキーマ

物語作成支援として，著者らが研究・開発を進めたシステム 1(2)と Watanabe らが研究・開発したシステム 2(3)を取り上げる．これらのシステムが対象としている物語作成過程を CCS として表現する．ここで取り上げる 2 つのシステムは必ずしも学習支援を目的としたものではないが，学習支援システムの観点からみると，いずれの研究も，理想的な問題解決プ

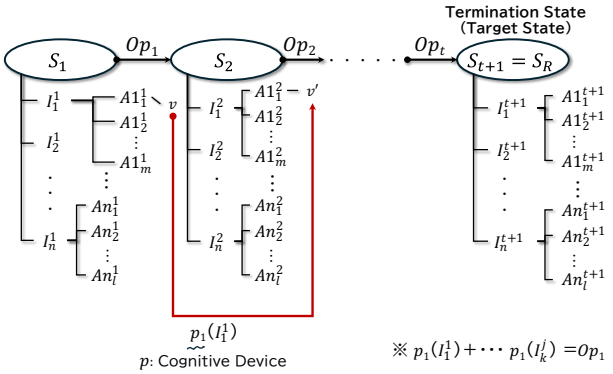


図 1 計算論的認知スキーマ(1)

ロセスをシステム上で体験させ，支援機能によって，問題解決プロセスの困難さや行き詰まりを解決するものであると見なせる．

システム 1･2 が想定している物語作成活動の CCS を図 2，図 3 にそれぞれ示す．CCS を記述するにあたり，問題解決過程を全て表現するべきであるが，紙面の都合上，双方のシステムにおける異同を議論するために，それぞれの研究が捉えている物語の構造，構造の要素の導出と構造を組み立てるための操作を中心として CCS を記述した．

4.　CCS による異同の議論

それぞれのシステムが捉えている物語の構造として，システム 1（図 2）では，物語の構造であるプロットとして，物語世界で発生するイベントとイベントによって変化する状態とそれらを意味的にまとめたシーンから構成される，また最上位のシーンとして物語を 4 分割する起承転結のシーンを想定している．システム 2（図 3）の研究では，物語の構造をプロットとし，イベントや複数のイベントをまとめたパッセージから構成されるとしている．これらのことから，両者とも物語を構成する最小単位として物語世界で起こるイベントがあるとしている．またイベントが抽象化されたシーンやパッセージからなる階層構造を規定している点，イベントが特定の順番で提示される構造になっているという点で類似した構造となっている．一方で，イベントによって変化する物語世界の状態を明示的に考慮するか，起承転結といったシーンの種類をあらかじめ想定するか，といった点で差異があることがわかる．

プロットを作成するための操作として，システム 1 では，イベントの候補を導出し，候補から物語構造に導入するイベントを選択するというプロセスを取り，物語に採用される可能性のあるイベント候補を発想する発散的思考の段階と，発想されたイベント候補から実際に物語として採用するイベントを選択し物語を構成する収束的思考の 2 つの思考方法を物語作成の大きな操作として捉えている．一方でシステム 2 では，構造の上位層を具体化することによって下位層の要素を発想するトップダウンアプローチと，下位層の要素を抽象化することで上位層の要素を発想するトップダウンアプローチが採用されており，トップダウンでは，プロットの大きな設定・目的からパッセージ・イベントへと分解する．ボトムアップではイベントから上位のパッセージ・プロットの意味を考えて構成していく．これらのことから，プロットを構成する手法については，双方の研究で立場が異なることがわかる．これらのことから物語作成支援において，CCS により物語作成活動を表現することによって，想定している物語構造や作成手法の異同を議論することができた．

5.　おわりに

本稿では CCS の概念を導入し，同じドメインに属している 2 つのシステムの異同を議論できることを，2 つの物語作成支援システムを題材として示した．物語の作成活動を問題解決活動として捉え，それぞれのシステムの背景にある理想的な問題解決過程（物語作成活動）を CCS にて表現することで，対象としている物語の構造，イベントの発想法における類似点・相違点などが確認できた．

今後は CCS を用いて理想の問題解決過程を定義し，その一部を変化させることで，共通の部分を持った異なる 2 つの学習支援システムを設計可能であることを示すことで，学習支援システムのモジュール化の可能性や，モジュールの可搬性を議論したい．

謝辞

本研究の一部は，JSPS 科研費・若手研究 24K16753 の助成を受けたものです．

参考文献

(1) Koike, K., Aburatani, T., Ashida A., Morita K. and Kunori K.: Are Cognitive Schemas Taught to Learners Same in Two Systems?: A Computational Approach, Proc. of HCI International 2025, to-appear, (2025).
(2) 芦田淳，小尻智子：「メッセージと想定読者に基づいた物語構造の作成支援システムの評価」，第 47 回教育システム情報学会全国大会，講演論文集，pp.169-170 (2022)
(3) Watanabe, T. and Arasawa, R.: Computer-supported Novel Composition Based on Externalization, Procedia Computer Science, 35, pp. 1662-1671 (2014).

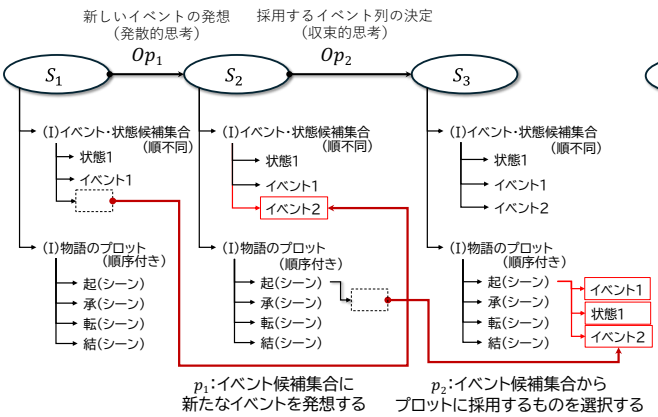


図 2　システム 1 の CCS

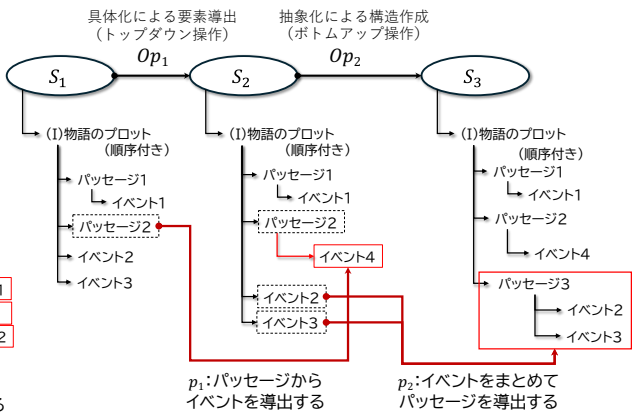


図 3　システム 2 の CCS

複数の演算を混合した算数文章題の作問学習のための生成 AI と知識構造による課題の自動生成機能の提案

Proposal of Automatic Assignment Generation for Problem-Posing with Mixed Arithmetic Operations Using Generative AI and Knowledge Structures

笹木 悠聖[*1], 山元 翔[*2],
Yusei SASAKI[*1], Sho YAMAMOTO[*2]
[*1] 近畿大学大学院 総合理工学研究科
[*1]Graduate School of Science and Engineering, Kindai University
[*2] 近畿大学情報学部 / 情報学研究所
[*2]Faculty of Informatics / Cyber Informatics Research Institute, Kindai University
Email: sasaki_yusei@kindai.ac.jp

あらまし：学習者の個別最適化教育のために AI 技術を統合した Intelligent Tutoring System (ITS)が知られており，近年の AI 技術の進展に伴い，テーラーメイドな教育が実現され始めている．筆者らは，作問学習を対象に，学習者が算数文章題の構造を捉え，深い学びを促すものとして作問学習に着目し，加減と乗除を統一的に学習可能なシステムを開発している．このような学習は学習者に最適な課題を設計，適切に準備することが難しいが，本研究では実装している知識構造に基づき，LLM を活用することで，学習者に合わせた課題生成フレームワークを提案する．
キーワード：作問学習，算数文章題，テーラーメイド教育，LLM，Intelligent Tutoring System

1. はじめに

学習者の個別対応が可能なテイラーメイド教育は，AI 技術の発展とともに実現可能性をもって注目されている．このようなシステムの枠組みの一つとして ITS が広く知られており，学習対象のドメインモデルと学習者の状態をシステムが捉えることで，適切な教育的介入を生成する．

筆者らもこの枠組みに沿って，算数文章題の作問学習を対象に，１回で計算できる加減と乗除の算数文章題の学習について個別学習支援システムを開発してきている(1)(2)．システムは作問という複雑な課題に対する回答の自動診断を実現しており，算数文章題の構造の学習を促すことを確認している(2)．

一方で，作問は問題解決と比較して学習者の考慮すべき制約が多いため，課題設計の負担が大きい．よって問題解決で行われているように，課題の自動生成は有用な解決策になりうると言えるが，自動診断可能な作問学習のための課題の自動生成は，広く行われているとはいえない．

そこで本研究では，算数文章題における作問という高次の学習行動を対象とし，知識構造に基づいた概念レベルの制約の考慮不足を特定し，対応する課題を動的に生成するフレームワークを提案する．

2. 課題の自動生成とその困難さ

問いの自動生成（AQG）は古くから取り組まれている研究であり，教師の課題作成の負担低減はもちろんのこと，学習者の学習状況・理解度に合わせた課題生成など，有用な側面が多い．このような AQG において，(1) 生成された質問の意味妥当性，(2) 回答可能性，(3) 難易度制御，(4) 多様性制御は重要な課題となる．

これに対して，現在は Attention 機構を組み込んだモデルを用いて，これらを満たすような穴埋め問題の生成などが行われている．和久らは元の文章から BERT や EmbedRank++を用いることで適切な穴埋めを実現しようとしている(3)．また，近年では LLM を用いた柔軟な問いの生成も活発に研究されている(4)．Maity らは LLM 内部でプロンプトを工夫し，Few-shot や CoT を行わせることで生成された問題の質や難易度を制御したり，ファインチューニングによって教育目標に沿った高品質な問題生成を実現したりしている．

一方で，BERT などを用いる場合には元となる問題を準備しておく必要がある点，学習者の回答に応じて柔軟に課題を変更するアルゴリズムなど，テイラーメイド的に課題生成を行うことは依然として難しい課題であると言える．

3. 統合的作問課題における課題の自動生成

3.1 統合型作問課題の学習支援システム(1)

図１に本研究で扱う統合型作問課題の例を示す．本演習では，学習者は複数枚の単文カード（１つの量概念で構成されるカード）を組み合わせることで，１回の加減乗除いずれかの演算で計算できる算数文章題を作問することが求められる．なお，本稿で扱う演習では，一般的なすべてのタイプの加減乗除の算数文章題を作成すれば，演習終了となる(1)．

システムは三文構成モデルという知識構造を保持しており，これにより文章題の成立条件を意味ベースで判定できる（例えば，オブジェクトの不一致など）．この制約を全て把握していることが対象を理

解している状態といえる．また，学習者の回答の構造と比較することで，学習者が回答時に考慮できていない制約を抽出することも可能である．

図 1 統合型作問課題のインタフェース

3.2 統合型作問課題における課題生成

前節で述べた作問課題における AQG のフレームワークを提案する．フレームワークは ITS の枠組みに基づいており，三文構成モデルと，学習者の理解の状態に基づいて，適切な課題を生成する．三文構成モデルでは，一つ一つの単文は，[オブジェクト][数量][プロパティ（述語で表現）]で構成されている．この要素の関係性が，物語（例えば合わせるなど）によって異なるため，この不一致が制約違反として現れる．また，筆者らは，0-1 の範囲でこの制約をどの程度考慮して作問の課題解決ができているかを計算できる定量モデルも構築している[2]．よって，抽出される制約の考慮度を学習者の理解状態として，その理解に合わせたカード生成を行うことが，今回の課題生成のフレームワークになる．

生成手順は，学習者がまず演習を行う．１つ目の課題の解決を終えると，システムは学習者の回答に基づき，考慮度を更新する．考慮度が（仮に）0.4 以下の制約があれば，その中で考慮度が最も小さい制約の誤りを起こすようなダミーのカードのみを生成する．また，考慮度が 0.4 より大きければ，複数の誤りを起こすダミーカードを生成する．

このカードは，先に述べた 3 つ組で構成されているため，数量やその組み合わせ，また，オブジェクトや述語のタイプなどは，生成したいダミーのタイプによって定義・生成可能だが，オブジェクトと適切な述語（「みかん」や「食べる」など）は，自然な文章表現をデータベースなどに保持しておかなければ，生成できない．一方，LLM は知識構造を持っているわけではないが，自然な文章の表現は可能である．よって，この生成に LLM を用いる．

カードの表現の変化は表層構造の変化であるため，学習者はこれに惑わされず，深層構造（つまり問題成立のための制約）を意識しなければ適切な回答ができない．そのため，表層構造を変更することで，十分に異なる課題の生成が実現するはずである．図 1 に示した課題は，実際にこのフレームワークで生成している．

このように，理解すべき制約とその誤りを意味的に抽出可能な知識構造，その制約をどの程度考慮できているかの定量モデルに基づき，LLM を活用すれば，(1) 生成された課題が意味的に正しいものであることを担保し，(2) 回答可能であり，(3) 制約とその考慮度の推定により難易度，すなわち学習すべき深層構造は意味的に適切に制御され，(4)表層構造は多様な表現をもつ，自動診断とフィードバック可能な作問課題の自動生成が実現できると考えた．

4. 試験的評価

試験的評価については，先に述べた AQG の(1)-(4)の条件と，LLM を用いていることから，生成速度を追加して，妥当な問題が生成できているかを検討する．モデルは日本語モデルとして著名であり，ある程度軽量な Llama-3-ELYZA-JP-8B を用いた．

簡易的に 10 回課題を生成した結果として，(1)については，オブジェクトと述語は自然なものを生成することができた（9/10）．しかし，２つのオブジェクト間の関係性において，ももとイモムシを足し合わせるような，組み合わせとして不自然な生成も見られた（3/10）．しかし，(2)は三文構成モデルに基づき問題ないものが生成でき，(3)についても実際に演習はしていないものの，考慮度に基づいて適切なダミーが生成されていた．(4)についても，全く同じ問題は生成されなかったことから担保できていると考える．また，１つの課題の生成速度は約 15 秒であったが，１回の演習時間も長いため，演習に耐えうる時間であると考えている．なお，より詳細な生成結果は当日発表で報告する．

5. まとめ

本稿では，複数の演算を混合した算数文章題の作問学習を対象とした AQG の開発に取り組んだ．筆者らは算数文章題の知識構造を構築しており，課題の生成構造を定義することは可能であったが，その表層構造に多様性を持たせることは困難であった．しかし，LLM を用いることで，表層構造である文章表現を多様に生成できるようになり，複雑な作問課題であっても，適切な AQG が実現できる可能性を見出せた．今後は学習効果の検証や異なる課題設計への適用を進めていく．

参考文献

(1) 笹木悠聖, 山元翔, 平嶋宗: “一回の演算で計算できる四則の算数文章題を 統一的に扱う算数文章題の学習支援システムの開発”, 第 49 回教育システム情報学会全国大会, F3-2, pp.179-180 （2024）
(2) 山元翔, 田和辻可昌, 平嶋宗: “算数文章題における定性・定量モデルを融合した知識状態推定手法の提案”, 人工知能学会研究会資料 先進的学習科学と工学研究会, 93, pp.07-12 （2021）
(3) 和久友親, 田村哲嗣, 川瀬真弓: “学習者の理解度に応じた自動問題生成 AI システムの開発”, 日本教育工学会論文誌, 第 48 巻, 第 2 号, pp.423-435 （2024）
(4) Maity, S. and Deroy, A.: “The Future of Learning in the Age of Generative AI: Automated Question Generation and Assessment with Large Language Models”, Preprint on arXiv, arXiv:2410.09576, (2024)

生成 AI 時代における PICRAT モデルの適用と発展可能性

Application and Development Potential of the PICRAT Model in the Era of Generative AI

大島 直樹[*1]
Naoki OHSHIMA[*1]
[*1] 山口大学大学院技術経営研究科
[*1] Graduate School of Management of Innovation and Technology, Yamaguchi University
Email: nohshima@yamaguchi-u.ac.jp

あらまし：本研究は、生成 AI 時代における教育実践の質的変化を捉える評価フレームとして、PICRAT モデルの再定義と応用可能性を検討するものである。従来、教員の技術活用に着目していた RAT 軸において、その主体を「学習者」へと転換することで、NotebookLM などの生成 AI ツールを活用した学習者の行動様式や思考の深まりを評価可能とする新たな枠組みを提案する。

また、PIC 軸には「Proactive（主体的）」レベルを加えることで、メタ認知的活動や探究的学習の可視化を可能とし、AI との対話を通じた創造的・変容的な学びを捉える視点を強化した。これにより、生成 AI を活用する教育実践の多様なパターンを整理し、個別最適化学習や学習変容の可視化、教育設計の改善に資するフレームワークとしての PICRAT モデルの新たな可能性を提示した。

キーワード：生成 AI、学習者中心評価、PICRAT モデル、メタ認知的学習

1. はじめに

生成 AI の進展は、教育の在り方に大きな変革をもたらしている。特に ChatGPT や NotebookLM のような生成 AI ツールは、これまで教員主導で行われていた学習支援の枠組みを、学習者自身が主導する自律的な学びの環境へと転換させつつある。

こうした新しい学習環境では、学習者が AI と対話しながら、自ら問いを立て、知識を構築していく能動的なプロセスが重視される。従来の教育テクノロジー評価モデルでは、このような主体的な AI 活用を十分に捉えることが困難であり、新たな枠組みが求められている。

本研究では、教育実践における技術活用を評価するフレームワークである PICRAT モデルに注目し、その再定義と生成 AI 時代への適用可能性について検討する。特に、RAT 軸の主体を教員から学習者へと転換することで、NotebookLM などの AI ツールを活用した学習行動の質的変容を可視化・評価することを目的とする。

本稿ではまず、PICRAT モデルの基本構造と背景を確認した上で、生成 AI 時代におけるモデルの位置づけと意義を整理し、最終的に教育現場における今後の活用可能性を提示する。

2. 背景

教育現場におけるテクノロジー活用は、従来、教員がどのように ICT ツールを授業に導入するかという観点から評価されてきた。しかし、生成 AI 時代の到来により、この構図に大きな変化が生じている。ChatGPT や NotebookLM などの生成 AI ツールは、学習者が直接アクセスし、自らの学習を支援するツールとして活用できるようになった。これにより、テクノロジー活用の主体が教員から学習者へとシフトする新たな学習環境が生まれている。

この変化は、従来の評価フレームワークに新たな視点を求めている。PICRAT モデル[1]は教員の技術活用を前提として設計されているが、学習者自身が AI ツールを活用して学習を進める現在の状況では、モデルの解釈を拡張する必要がある。特に、学習者が AI をどのように活用しているか、それが学習成果にどのように影響するかを評価する枠組みが求められている。本研究では、PICRAT モデルの RAT 軸の主体を「学生」に置き換えることで、生成 AI 時代における新たな評価の可能性を探る

3. 生成 AI 時代における PICRAT モデルの位置づけ

生成 AI の登場は、教育技術活用の主体と構造に根本的な再定義をもたらした。従来の PICRAT モデルは、教員がどのようにテクノロジーを活用しているかを、RAT 軸（Replacement, Amplification, Transformation）により評価することを前提としていた。これに対し、生成 AI は、学習者が自ら学習プロセスにおいて能動的にテクノロジーを取り入れることを可能にする点で、本質的に異なる性質を有する[2-4]。

たとえば、NotebookLM や ChatGPT は、学習者が自身のペースや関心に応じて情報を検索・整理・再

構築し、さらには対話を通じて理解を深めるといった、新たな学習の地平を開いている。これにより、RAT 軸における技術の主体は教員から学習者へと拡張され、PICRAT モデルもこの変化を反映する必要がある。

さらに、生成 AI ツールは単なる情報提供装置ではなく、学習者の探究や問題解決を促進する「認知的パートナー」として機能する。この点において、RAT 軸の 3 分類（置換・拡張・変容）は、学習者が AI をどのように活用しているかを分析するための枠組みに転用可能である。すなわち、

Replacement（置換）: 学習者が生成 AI を従来の教科書・ノートの代替として使用している段階。

Amplification（拡張）: AI を活用して情報の整理や思考の促進を行い、既存の学習手段を強化している段階。

Transformation（変容）: AI を新たな思考の触媒として用い、自らの探究を深化・再構成している段階。

このように、生成 AI 時代における PICRAT モデルの再定義とは、RAT 軸の主語を「教員」から「学習者」に置き換えることで、AI を媒介とした主体的学習の評価を可能とするものである。そして、これは単なるモデルの応用ではなく、教育の質的転換に対応した評価パラダイムの変革である。

したがって、本稿では、PICRAT モデルを生成 AI 活用に適合させる方向として、RAT 軸の主体を学習者と捉える「学習者中心 PICRAT モデル」の可能性を提起する。これは、次節で述べる「RAT 軸の主体を学生に置き換える」議論と密接に連関し、生成 AI 時代における新たな教育的意味を明示するものである。.

4.　RAT 軸の主体を「学生」に置き換える

生成 AI 時代においては、学習者自身が AI ツールを操作し、学習過程を能動的にデザインする場面が一般化している。このような環境において、従来教員の技術活用段階を示していた RAT 軸（Replacement, Amplification, Transformation）を、学習者の視点で再構成することが重要となる。たとえば、Replacement（置換）は AI を単なる情報取得手段として用いる初期段階、Amplification（拡張）は思考や知識整理の支援ツールとしての活用、Transformation（変容）は AI と協働して新たな問いや知識を創出する段階に対応する。さらに、PIC 軸（Passive, Interactive, Creative）と組み合わせることで、AI に対する学習者の関与態度や行動様式の変化も可視化できる。このような枠組みにより、学習者の行動パターンが左下（受動的置換）から右上（創造的変容）へと進化する様子を示し、教育的介入の効果や生成 AI 活用の成熟度を評価することが可能となる（図 1）。

図 1 PICRAT マトリクス

5.　PICRAT モデルの可能性

生成 AI 時代における PICRAT モデルは、教育テクノロジーの活用を評価する枠組みを超えて、学習者の主体性や創造性、探究性を促進するための戦略的な指標として再構成されつつある。PIC 軸に Proactive（主体的）を追加することで、自己調整学習やメタ認知的活動を含む高度な学習態度を評価できるようになり、また RAT 軸も学習者による AI 活用の成熟度を測る基盤へと拡張された。これにより、学習スタイルに応じた個別最適化支援や、学習プロセスの可視化、教育実践の振り返りと改善といった多様な応用が可能となる。さらに、情報選択といったメタ認知的要素の比重が増すなかで、PICRAT モデルは学習成果だけでなく、その過程を診断・育成する道具としても有効性を発揮する。

6.　参考文献

本研究では、生成 AI 時代に対応した PICRAT モデルの再定義を試みた。RAT 軸の主体を教員から学習者に置き換えることで、NotebookLM などの AI ツールを通じた学習プロセスの質的評価が可能となる。縦軸（PIC）と横軸（RAT）の組み合わせにより、学習者の行動パターンの変化を可視化できる点にモデルの意義がある。

特に、Proactive レベルを加えた拡張 PICRAT モデルは、自己調整や探究的学習の可視化に有効であり、生成 AI を活用した深い学びを支援する枠組みとして注目される。今後は、多様な教育現場での実証的検証を通じたモデルの汎用化が求められる。

参考文献

(1) Kimmons, R., Graham, C. R., & West, R. E. . The PICRAT model for technology integration in teacher preparation. Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 20(1), 176-198.(2020)
(2) Kimmons, Royce, Darren Draper and Joseph Samuel Backman. “PICRAT.” EdTechnica (2022):
(3) Wang, Lixun. “Adoption of the PICRAT Model to Guide the Integration of Innovative Technologies in the Teaching of a Linguistics Course.” Sustainability (2023):
(4) Jennifer Readlynn, Nathan Houchens, Samir S. Shah, Preparing future generations of hospitalist educators, Journal of Hospital Medicine, 10.1002/jhm.13188, 18, 10, (875-876), (2023).

マルチモーダル LLM によるインタラクティブな教員アドバイス生成システム

A Multimodal LLM-based Interactive System for Teacher Advice Generation

大西 朔永[*1], 椎名 広光[*1], 保森 智彦[*2]
Sakuei ONISHI[*1], Hiromitsu SHIINA[*2], Tomohiko YASUMORI[*3]
[*1] 岡山理科大学　情報理工学部
[*1] Faculty of Information Science and Engineering, Okayama University of Science
[*2] 岡山理科大学　教育学部
Email: s-onishi@ous.jp

あらまし: 小中学校教員の多忙化と省察活動における客観的評価の困難さに対し，本研究はマルチモーダル LLM を用いた授業音声からの教員向けアドバイス自動生成システムを提案する．本システムは，文字起こしから学びのラベル推定，アドバイス生成，インタラクティブな深掘りまでを一貫して処理する．教員ヒアリング評価により，本システムは負担軽減と客観的で深い省察支援に有効であることが示唆された．
キーワード: **マルチモーダル LLM**，教員支援，アドバイス生成，インタラクティブシステム

1. はじめに

近年，小中学校教員の多忙化は深刻な社会問題となっており，授業改善のための省察活動に十分な時間を費やすことが困難な状況にある．教員が自身の授業を客観的に振り返り，授業改善を続けるためには，効果的なフィードバックが不可欠である．しかし，従来の研修や省察活動は，時間的・人的制約によって、他者による客観的な評価が容易ではないという課題を抱えている．LLM を用いた教育支援研究(1)は国内外で活発化しており，自動採点，インタラクティブな学習システム，授業計画作成支援，学習状況分析，省察支援などの研究が見られる．また，新任教員の授業力向上のための授業振り返りシステムに関する研究(2)や LLM を用いた発話間の影響推定結果に基づいたアドバイス生成の研究(3)がある．

本研究では，小学校の授業音声から教員へ客観的なアドバイスを自動生成するシステムを提案する．特に，マルチモーダル大規模言語モデル（LLM）を活用し，音声認識から発話の学びのラベル推定，アドバイス生成，そしてアドバイスに対する深掘りまでを End-to-End で一貫して処理するシステムを構築している．これにより，従来の多段階処理と比較してシステム導入の容易性と処理の一貫性が向上し，多忙な教員の負担を増やすことなく導入可能なシステムの実現を目指す．さらに，AI の客観性を活用することで、他者による客観的な評価が容易ではないという課題を解決し，単に負担を軽減するだけでなく、個々の教員や授業内容に応じたアドバイスを提供することを目的とする．また， LLM の利点を活用することで，生成されたアドバイスに対してインタラクティブに深掘りを行うことが可能となり，教員のより深い能動的な省察を支援する．

2. アドバイス生成システム

提案システムは，小学校の授業音声から教員へのアドバイスを自動生成する．

本システムは，以下の段階を追って処理を行う．

1. **音声ファイル入力:** 教員の授業音声をシステムに入力する．システムのデモ画面を図 1 に示す．音声ファイルや画像ファイル，参考テキストを入力できるようにしている．
2. **文字起こし:** 入力された音声ファイルから，マルチモーダル LLM を用いた文字起こしを行う．これにより，手動で文字起こしを行う手間を省き，導入の容易性を高めている．
3. **学びのラベル推定:** 文字起こしされた発話内容に対して，LLM がプロンプトに含めた 10 種類のラベル定義からラベルを推定する．このラベルは，授業中の教員発話が「主体的・対話的で深い学び」に関連する発話であるかを示すものであり，アドバイス生成の方向性を誘導している．推定結果は，集計を行い，円グラフや時系列グラフ（図 1 右下）として可視化され，教員が授業中の学びの傾向を直感的に把握できるようにしている．
4. **アドバイス生成:** ラベル推定結果と文字起こし内容を基に，LLM が教員へのアドバイスを生成する．この際，プロンプトには先行研究(3)で有効性が示唆された教育学における，効果的なフィードバックの条件（例：発話内容への言及，具体的など）を含めることで，実践的かつ質の高いアドバイスの生成を促している．
5. **アドバイスに対する深掘り:** 生成されたアドバイスに対し，教員がさらに質問や情報提供を行うことで，LLM がアドバイスの修正や異なる視点からの解説を行うことができる．これにより，教員は自身の関心に応じてアドバイスを深掘りし，より多角的な省察を促される．生成アドバイスの深掘り例を図 2 に示す．

また．本システムはマルチモーダル LLM の特性を活かし，授業の黒板画像などの視覚情報も入力することで，より文脈に即した高精度な文字起こしや，的確なアドバイス生成を可能にしている．

図 1 アドバイスシステム画面（右下時系列グラフ）

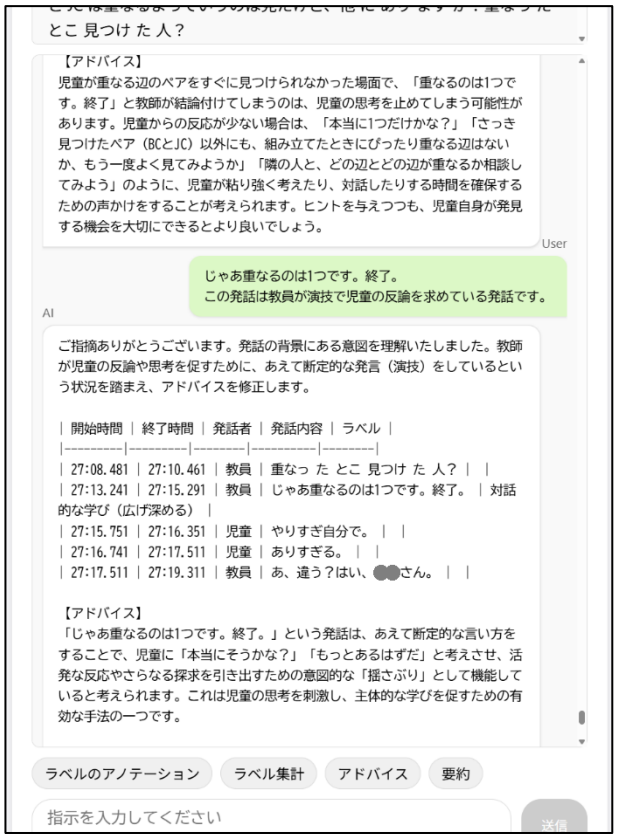


図 2 生成アドバイスの深掘り例

3. 実験・評価

提案システムの有効性を評価するため，小学校教員 2 名に対し，対象者の実際の授業音声を用いてデモを行い，インタビュー形式で意見を収集した．実験では，LLM として，Google の Gemini API で Gemini 2.5 Pro 03-25 のモデルを使用した．

インタビューの結果，以下の点が明らかになった．

- **ラベル推定の可視化への関心：**教員は，時系列における学びの傾向の変化や，複数の教員間での学びの傾向の差について強い関心を示した．これは，自身の授業を客観的に分析し，他の教員との比較を通して新たな気づきを得る手がかりとなる可能性を示唆している．
- **アドバイスの客観性：**アドバイスの内容に対して，「客観的な意見を得られる」，「研修に混ざって貰いたい」などの肯定的な意見が聞かれた．これは，プロンプトに組み込んだ教育学的なフィードバック条件が有効に働き，教員の状況や文脈に合致した実践的なアドバイスが提供できていることを示唆しており，単なる主観に留まらない客観的な省察支援に貢献する可能性を示している．
- **深掘り機能の有効性：**アドバイス生成において，発話に対して誤った解釈がされた場合でも，インタラクティブな点を活かし，その誤りを指摘することで，生成内容が適切に変化した点について好印象であった．この結果は，システムが一方的な情報提供に留まらず，教員との協調的な省察プロセスを支援するツールとなる可能性が示している．

4. おわりに

本研究により，現在のマルチモーダル LLM を用いることで，小学校の授業音声から教員へのアドバイス生成までを End-to-End で一貫して処理可能なシステムが構築できることが示された．このシステムは，教員が多忙な中でも負担を増やすことなく導入可能であり，客観的な視点からのフィードバックを提供することで，教員の省察活動を効果的に支援できる可能性がある．

今後の課題としては，評価対象となる教員数の増加，定量的な評価指標の導入，および長期間にわたる利用を通じたシステムの効果検証などが挙げられる．また，LLM に対する授業の更なる情報提供として，現在は黒板画像のみであるが，教科書やノート，授業計画，教員の特徴など多様な情報を入力することで，LLM が授業の文脈をさらに深く理解し，より授業に最適化された文字起こしや，個別最適化されたアドバイスの生成が可能になると考えている．

参考文献

(1) Wang, S., et al.: “Large language models for education: A survey and outlook”, arXiv:2403.18105 (2024)
(2) Wang, Y., 大井翔, 松村耕平, et al.: “新任教員の授業力向上のための授業振り返りシステムに関する研究”, 情報処理学会インタラクション，pp. 753-757 (2021)
(3) 大西朔永，椎名広光，保森智彦: “Attention 機構による教員発話の影響評価を用いたアドバイス生成”，教育システム情報学会 2024 年度特集論文研究会，Vol. 39，No. 7，pp. 80-87 (2025)

高等教育 IR における学外連携による組織レジリエンス強化

Organizational Resilience through External Engagement in Higher Education IR

高松 邦彦[*1], 松本 清[*1], 松田 岳士[*2], 木下 淳博[*1], 稲倉 恒法[*1], 今井 匠太朗[*1], 森 雅生[*1]
Kunihiko TAKAMATSU[*1], Sayaka MATSUMOTO[*1], Takeshi MATSUDA[*2], Atsuhiro KINOSHITA[*1], Tsunenori INAKURA[*1], Shotaro IMAI[*1], Masao MORI[*1]
[*1] 東京科学大学
[*1]Institute of Science Tokyo
[*2] 東京都立大学
[*2]Tokyo Metropolitan University
Email: ktakamatu@gmail.com

あらまし：本稿は，高等教育機関におけるインスティテューショナル・リサーチ（IR）において，学外連携が組織レジリエンス強化に果たす役割を実証的に検討する．A 大学の組織変革事例では，データ形式変更による危機的状況が発生したが，教育システム情報学会等で構築した学外インスティテューショナル・リサーチャーネットワークを活用することで課題を克服した．本研究は，「設計されたセレンディピティ」概念の実証，組織レジリエンス理論の学外拡張モデルの提示という理論的貢献を提供し，インスティテューショナル・リサーチャーの職能開発における学外ネットワーク構築の戦略的重要性を明らかにした．
キーワード：インスティテューショナル・リサーチ（IR），学外連携，組織レジリエンス，ネットワーク

1. はじめに

教育システム情報学会において，今回我々は，初めて企画セッション「インスティテューショナル・リサーチ（IR）におけるデータ駆動型意思決定の進化：教学マネジメントとデータサイエンスの融合」を提案した．本セッションは，教学マネジメントにおけるデータサイエンスの活用，機械学習を活用した学生支援モデルの構築，教学 IR におけるビッグデータ分析の実践事例などを重要な議論対象とし，IR の高度化に向けた方法論の確立と，データサイエンスを活用した教学マネジメントの新たな可能性を探求することを目的としている．

日本の高等教育機関における IR は，1991 年の大学設置基準の大綱化をきっかけとして導入が始まり[(1)]，2012 年の報告書[(2)]，2018 年の「2040 年に向けた高等教育のグランドデザイン」[(3)]，2020 年の「教学マネジメント指針」を経て発展してきた．現在，Society 5.0 時代[(4)]を迎え，教育情報システムと IR の役割は，単なる知識の習得から，その活用方法や新たな知識の創造を支援することへと変化している．

一方で，IR の研究には特有の困難が存在する．各大学固有の問題や文脈が多く含まれることから一般化が困難であり，学生のプライバシーや機関の機密情報を取り扱うという倫理的制約により，詳細な内容や具体的なデータを公開することが制限される場合が多い．さらに，このような制約により，論文という形で研究成果を残すことすら困難な状況もある．本研究においても，守秘義務や倫理的配慮により，事例の詳細については限定的な記述にとどめざるを得ない．

本研究は，我々が先行研究において提示した「Abduction-Driven Management Faculty[(5)]」概念の実践的検証を目的とする．具体的には，高等教育機関におけるインスティテューショナル・リサーチャーが管理領域と学術領域の境界を横断する境界横断者（バウンダリー・スパナー）として機能し，学外連携を通じて組織レジリエンスを強化する過程を，A 大学の統合事例を通じて実証的に検討する．

2. 理論的枠組み

我々は先行研究において，教育と情報学を融合した学際的分野である「Eduinformatics」を提唱し[(6)]，IR における実践と理論を架橋する「IR 哲学」の概念を提示してきた．Management Faculty は管理領域と学術領域の境界を横断する境界横断者（バウンダリー・スパナー）として機能し，アブダクション・抽象度・緊急度マトリックス（ABDU-M）フレームワークを活用することで，複雑な教育データの分析や仮説構築の一助となることが考えられる．また，「設計されたセレンディピティ」の概念を活用し，国際会議やシンポジウムへの積極的参加を通じて，多様な視点から創造的洞察を生成する環境を創出することが重要である．

組織レジリエンスについて，ゾッリ・ヒーリー（2013）は「極度の状況変化に直面したとき，基本的な目的と健全性を維持する能力」と定義している[(7)]．大須賀らの研究では，中京学院大学における教学 IR 組織が危機的状況下においても「健全性」と「対応力」を維持することが示された[(8)]．本研究では，この理論を学内完結型から学外連携型へと拡張する．

我々が提唱する「Significant Other Groups（SOGs）」[(9)]は，利害関係を超えた「高等教育発展を志向する参加者」として定義される．学外インスティテューショナル・リサーチャーネットワークは，個々の大

学では解決困難な課題に対する創造的解決策を生み出す触媒として機能する．

3. 事例研究：組織変革におけるデータ処理危機への対応

A 大学において，大規模な組織変革に伴い，毎年定期的に実施している学内データの受取・加工・システム投入業務で深刻な問題が発生した．組織変革により入力データ形式と出力先システムの両方が従来とは完全に異なる仕様となり，従来の業務手順では全く対応できない状況となった．

具体的困難として，受け取りデータが従来のフォーマットから新しい組織構造を反映した新フォーマットに変更され，投入先システムも組織変革を機に導入された新システムで全く異なる仕様となった．年度の重要な節目での実施のため失敗が許されず，データの精度確保と処理時間短縮という相反する要求を同時に満たす必要があった．学内の既存リソースだけでは，技術的専門知識の不足，人的リソースの限界により，解決の糸口を見つけることが困難であった．

この危機的状況において，筆者らが様々な学外活動の参加を通じて構築した学外インスティテューショナル・リサーチャーネットワークが威力を発揮した．類似の組織変革経験を持つ他大学インスティテューショナル・リサーチャー，データ処理技術の専門知識を持つ学外研究者，システム刷新の経験豊富な実務家との協働により，創造的解決策を生み出した．これらの学外メンバーが SOGs として，自機関の利益を超えて純粋に問題解決を支援した結果，危機的状況から迅速に回復し，変革前を上回るデータ処理能力を獲得した．

4. 考察と示唆

本事例研究は重要な理論的貢献を提供する．第一に，「設計されたセレンディピティ(10)」概念(11)の実証である．継続的な外部関与により「設計」されたネットワークが，予期せぬ危機において決定的な解決力を発揮した．第二に，組織レジリエンス理論の学外拡張モデルの成功例として，学外 SOGs との連携により単一組織の能力を大幅に超える問題解決力を実現した．第三に，SOGs による知識ネットワーク拡大の実践的検証である．

インスティテューショナル・リサーチャーの職能開発においては，学外でのネットワーク構築と知識交流が組織的価値を持つことが実証された．学会・研究会への参加は将来の危機対応における戦略的投資として位置づけるべきであり，クロス・インスティテューショナルな協働能力の必要性も明確になった．特に，組織変革や技術刷新といった予期しない状況変化に対して，学内リソースのみでは限界があることが示された．

本研究は教育システム情報学会に対して，IR とデータサイエンス融合の実践モデル提示，組織レジリエンスと IR の交差領域開拓，理論と実践を架橋する事例研究の価値実証という貢献を提供する．また，IR の研究における倫理的制約や機密性の問題を抱えながらも，学術的価値のある知見を導出する方法論の一例を示している．

5. 謝辞

本研究は JSPS 科研費　　22H00077 の助成を受けたものです．

参考文献

(1) M. Fujiwara, S. Chikamori, A. Asano, and N. Soshii: “Development of institutional research (IR) to support policy formulation in the educational field: Definition, organizational structure, and processes of institutional research in the educational field at Ritsumeikan University (Japanese),” *University administration studies*, vol. 4, pp. 17–31. (2009)
(2) MEXT: “Transforming the Quality of University Education for Building a New Future : Towards Universities that Cultivate Lifelong Learning and Autonomous Thinking (Japanese),” 2012. https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1325047.htm (accessed Jul. 01, 2022). (2012)
(3) MEXT: “Grand Design for Higher Education toward 2040,” 2018. https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/__icsFiles/afieldfile/2018/12/17/1411360_7_2.pdf (accessed May 01, 2025). (2018)
(4) 内閣府：“Society 5.0.” https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/
(5) K. Takamatsu *et al.*: “Expanding knowledge networks in higher education by abduction-driven management faculty based on eduinformatics,” in *9th international conference on ICT for intelligent systems (ICTIS 2025 New York)*, p. in press 2026. (2026)
(6) K. Takamatsu *et al.*: “Concept of ICT on Eduinformatics in Higher Education,” in *6th International Congress on Information and Communication Technology*, p. in press 2021. (2021)
(7) A. Zolli and A. M. Healy: *Resilience*. London, England, Business Plus. (2013)
(8) 大須賀元彦, 富田宏., and 須栗大.: “組織レジリエンスの視点から見た教学 IR の役割 －小規模私立大学における教学 IR の事例から－,” in *日本ビジネス実務学会第 44 回全国大会プログラム・要旨集*, 2025, pp. 17-20. (2025)
(9) K. Takamatsu *et al.*: “New Proposal of University Reform by Significant Other Groups in Eduinformatics,” *International Journal of Institutional Research and Management (IJIRM)*, vol. 5, no. 1, pp. 96–105, doi: 10.52731/ijirm.v5.i1.681. (2021)
(10) M. Nielsen: *Reinventing discovery*. Princeton University Press. doi: 10.1515/9780691202853. (2011)
(11) N. Miyairi: “Open science and scientific data (Japanese),” *Journal of Information Processing and Management*, vol. 57, no. 2, pp. 80–89. (2014)

学生スタッフ参画による教学 IR 業務の実践と数理・データサイエンス・AI 人材育成

Practice of educational IR activities with student staff and the development of human resources in mathematics, data science, and AI

上野 春毅[*1], 本多 俊一[*1], 小松川 浩[*1]
Haruki UENO[*1], Shun'ichi HONDA[*1], Hiroshi KOMATSUGAWA
[*1] 公立千歳科学技術大学　理工学部
[*1] Faculty of Science and Technology, Chitose Institute of Science and Technology
Email: h-ueno @photon.chitose.ac.jp

あらまし： Society 5.0 の進展に伴い、数理・データサイエンス・AI（Mathematics, Data Science and AI：MDA）を活用できる人材の養成が急務となっている。2021 年に創設された「数理・データサイエンス・AI 教育プログラム認定制度」により、大学には MDA 教育の体系化と質保証が求められるが、実社会の課題を扱う実践環境の整備が十分に進んでいるとは言い難い。本稿では、本学が構築した学生スタッフ参画型の教学 Institutional Research（IR）業務を紹介し、MDA カリキュラムと IR 業務を一気通貫で結び付ける教育設計と実践内容について報告する。
キーワード：数理・データサイエンス・AI，教学 IR，データ活用能力

1. はじめに

近年、Society5.0 の到来とともに、あらゆる分野で数理・データサイエンス・AI（Mathematics, Data Science, and AI : MDA）を活用できる人材育成が急務となっている。2021 年度に「数理・データサイエンス・AI 教育プログラム認定制度」が創設され、大学における MDA 教育の体系化と推進が促されてきた(1)。しかしながら、MDA の基礎的・応用的な教育に留まる段階が多く、実社会の情報システムを基盤とする実際に解決すべき課題を対象に実践できる環境の整備にはあまり至れていない状況がみられる。

一方で、大学教育の質保証を実現していくうえで教学 IR（Institutional Research）が重要な役割を担っている。筆者らが所属する大学においても教学 IR を推進すべく取り組みをはじめており、学内のデータを分析できる知識と技能の人材が求められた。そこで、正課科目で培った知識を活用できる環境として、大学が保有する教学 IR データの分析業務の一部を学生スタッフが担当する取り組み方法を構築した。これにより、学生は知識の修得から実践に至るまでの MDA の活用能力を養成できる。本稿では、本学における MDA のカリキュラムの概要、学生スタッフによる IR 業務について報告する。

2. 本学における MDA カリキュラムの概要

本学は理工系の単科大学であり、生物・化学・物理・電子・通信・情報に関連する領域が複合するカリキュラム体系の中で、全学生が数理・データサイエンス・AI 技術の修得を目標として、文部科学省の「数理・データサイエンス・AI 教育プログラム」のリテラシーレベルと応用基礎レベルの認定を受けている。統計および数理基礎・アルゴリズム基礎・プログラミング基礎のスキルを身につけ、実践的なデータ活用技術を身に付けることができるように構成している。

3. 学生スタッフによる IR 業務

IR 業務への学生参画は、学習成果を実践で使える技能に昇華させることと学習成果の社会還元を両立させる試みである。IR 業務は、学内の各部局からの要請を IR 委員会がとりまとめ、さまざまなデータの分析を実施する。その際に、データの分析の作業の一部分について学生スタッフを起用している。学生スタッフは大学と秘密保持契約を結び、取り扱う情報について他者への漏洩・開示を禁止し適正な管理を義務付けている。学生スタッフは MDA の教育を通じて一定の知識・技能が備わり、実践の経験を希望する学生を面接の上採否を決定している。

教学データは、教務システム、学習管理システム、授業支援ポータルシステム、Excel データなどの教学系の諸システムから集積されたデータである。これらのデータを収集して統合・変換するためのデータベース（以下、IR 用データベース）に一元化する。この際に、個人を特定できないように暗号化が施される。暗号化されたデータから都度必要な範囲に限定されたデータを対象に学生スタッフは分析業務にあたる。データの分析には、Python と BI ツールを利用している。定型化できる業務は自動化しており、データの投入～分析～可視化～報告書の生成まで全自動で行う。学生スタッフには自動化スクリプトのコーディングを担当させた。コーディングには Python の知識が求められる。具体的には、データ分析ライブラリ Pandas を用いる。IR 用データベースからは CSV 形式でデータが取得され、Pandas のデータフレーム形式で読み取りを行う。この際に、項目列の選別や表記のゆらぎを整え、複数のデータフレ

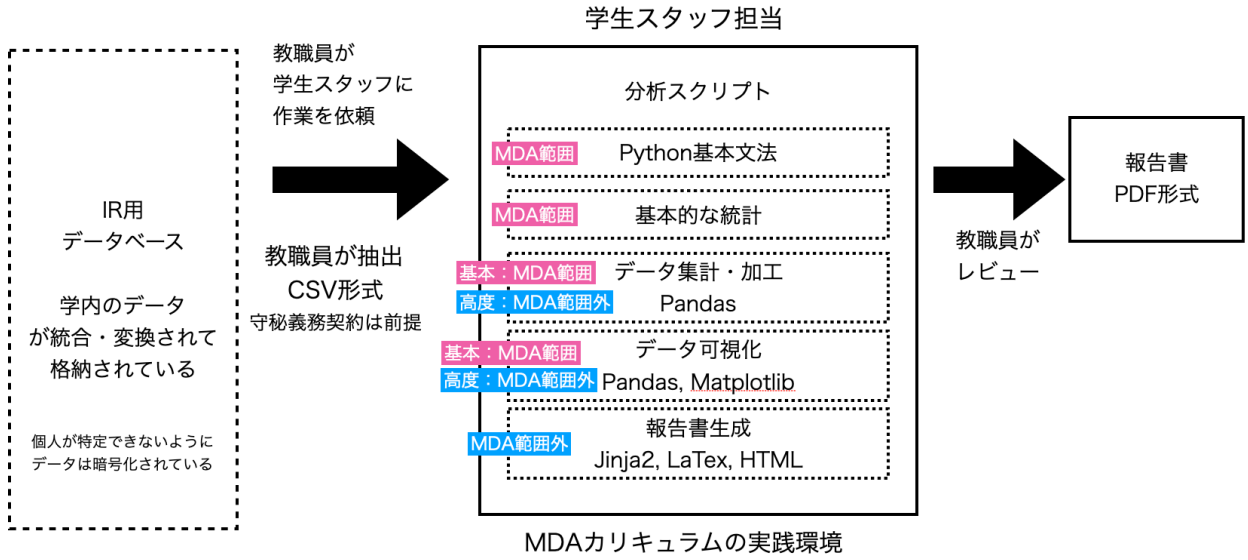


図 1　学生スタッフのワークフロー

ームの結合といったいわゆる加工処理にプログラミングスキルが発揮される。Pandas での加工・集計処理には基本的な統計量をベースにした。処理が済んだデータを棒グラフなど見やすく可視化する。これは Matplotlib を用いている。報告書は定型の書式とした。定型書式（テンプレート）を定めたことにより、プログラミング言語のテンプレートエンジンとの相性が良い。今回は Python のテンプレートエンジンである Jinja2 を用いた。テンプレートの雛形は LaTex で用意し、LaTex 形式を介して PDF を自動生成する。データの加工・集計から出力までを学生スタッフが担当し、出力結果を教職員がレビューして完成させる。以上の学生スタッフのワークフローを図 1 に示す。

4.　業務と技能養成の評価

本取り組みの狙いは、一教育機関内で MDA のカリキュラムと大学が保有するデータから一気通貫して知識の修得から実践に至るまでの MDA の活用能力を養成する点に特徴がある。この点について評価する項目としては本稿では、IR 業務を実際に遂行できたか、カリキュラムと IR 業務の両者における知識・技能の関連性、学生スタッフ自身が IR 業務を通じて活用能力の養成を実感できたか、の 3 点であると考えられる。

第 1 に、学生スタッフが IR 業務を遂行できたかという点においては、専門知識を有する教職員のサポートを一部受けながら要求される成果を出すことができた。業務を遂行する場合には通常ドメイン知識が要求される。今回、学生生活に関わる身近な情報という点からドメイン知識を補足する程度で済んだ。

第 2 に、カリキュラムとの関係性について述べる。2 年次必修科目である「データサイエンス入門」では Python の文法と Pandas によるデータフレームおよび集計処理、Matplotlib によるデータ可視化を学んでおり、これを活用している点が大きく占めた。また、1 年次必修の「データ活用基礎」にて統計量を用いてデータの構造を分析する知識を学んでおり、可視化する際に活用している点がみられた。知識・技能的には、図 1 に示すとおりにカリキュラムでカバーしている範囲とカバーしていない範囲があり、既習知識を活用しながらカバーしていない範囲を積極的に学び、実践する姿勢がみられた。カバーしていない範囲は本取組を通じて実践のなかで養われる知識・技能である可能性があると筆者は考える。

第 3 に、学生スタッフ自身が IR 業務を通じて能力養成につながったと感じるかという点であるが、この点については執筆時点では評価に至れていない。第 2 で述べたように養成された能力について、学生スタッフに質問紙の形式などでアンケートを実施して調査する必要がある。

5.　おわりに

本稿では、学生スタッフが教学 IR 業務を担う枠組みを構築し、MDA カリキュラムの学習成果を実践のデータ分析に接続する実践例を報告した。IR 業務への学生参画は、学習成果を実践で使える技能に昇華させることと学習成果の社会還元を両立させる試みである。今後、担当学生へのアンケート調査などを踏まえ、カリキュラムとの関連性について調べていく。

参考文献

(1)　新原 俊樹:“数理・データサイエンス・AI 教育プログラムの実状”，日本教育工学会論文誌, Vol.47, No.2, pp. 333-342 （2023）

C5-3

大学上級管理職から見たIRと教学マネジメントにおけるデータ活用
－質問紙調査の結果から－

Data Utilization in IR and Academic Management from the Perspective of Senior University Administrators
- Based on the Results of a Questionnaire Survey -

井芹 俊太郎[*1]
Shuntaro Iseri[*1]
[*1] 神田外語大学
[*1]Kanda University of International Studies
Email: iseri-s@kanda.kuis.ac.jp

あらまし：本報告は，全国の大学上級管理職を対象とした質問紙調査により，IR（Institutional Research）と教学マネジメントにおけるデータ活用の実態を明らかにしようとするものである．特に，データ駆動型意思決定に関する意識やリーダーシップ行動，上級管理職のデータ参照状況と役立ち度評価，IR 担当者の役割や認識と評価に注目し，大学における IR やデータの効果的活用に向けた課題と方策を探る．
キーワード：Institutional Research，大学経営，教学マネジメント，

1. 背景と目的

近年，大学の Institutional Research（以下、IR）活動を大学経営や教学マネジメントへ活かすことへの期待が高まっている．IR は，「機関の計画立案，政策形成，意思決定を支援するための情報提供を目的に，高等教育機関内部で行われる調査・研究」（Saup 1990）とされる．しかし，現在の日本では，IR を有効に機能させるための知見が十分に蓄積されているとはいえない状況にある．

また，これまでは「情報の送り手」である IR 担当者の観点から，どのように IR の組織を作り，どのような情報をどのように提供すべきかといった成果を中心に研究が蓄積されてきた．その一方で，「情報の受け手」，すなわち IR からの情報を受けそれを意思決定に用いる大学の構成員の観点から，IR からの情報や学内データをどのように活用しているか，大学の組織運営や教育・研究等の改善に対し IR は有効に機能しているのかを探究する試みは未だ少ない状況にある．IR 担当者は「情報の受け手」と十分に連携する必要があると指摘されてきたことを踏まえると，「情報の受け手」からみた IR の知見を蓄積することは，今後の大学の組織運営等のあり方を考えるうえで重要な課題である．

実際，大学経営研究の観点から日本の IR をレビューした両角（2021）は，IR を大学経営に根付かせるにはトップマネジメントのリーダーシップが不可欠であり，日本型大学 IR の発展には学長や大学執行部の関与が重要であることを指摘している．また，Funamori（2016）は，米国の IR が学長直下で使命を果たしているのに対し，日本ではトップとの連携不足から十分に意思決定へ寄与できていないと述べている．これらの指摘に基づけば，まずは大学のトップマネジメント層が，IR に関してどのような意識を持っているかという実態を明らかにすることに意義があると考えられる．

そこで本研究では，「情報の受け手」の中でもとりわけ，大学全体あるいは教学部門・事務部門のマネジメントを担う大学の上級管理職に焦点を当て，上級管理職の観点から大学の IR を有効に機能させるための方策を探ることを目的とし，「大学の上級管理職を対象とした IR に関する意識調査」（以下，IR 調査と略記）を実施した．本報告ではこの質問紙調査の結果のうち，データ駆動型意思決定や教学マネジメントといった企画テーマと関連する調査結果について報告する．

2. 調査方法

本 IR 調査は，全国の国公私立大学の学長，（IR または教学担当の）副学長，事務局長を対象とし，2025 年 3 月下旬～5 月上旬にかけて実施した．具体的には，調査開始時点で募集停止あるいは大学院のみを設置する大学を除き，全国の 784 の大学の上記 3 者宛に依頼状および調査票を別送して回答を依頼した．回答は，郵送と WEB（Google フォーム）のどちらでも受け付けることとした．その結果，計 368 件（2352 件中 15.6%）の回答を得た．回答に占める調査モードの内訳は，郵送が 195 件（53.0%），WEB が 173 件（47.0%）であった．

3. 調査内容

本 IR 調査の調査内容は，①個人属性，②機関属性，③大学経営上の課題，④大学の組織運営状況，⑤組織文化に加え，⑥回答者個人の大学におけるデータ活用に対する意識，⑦データ活用に関するリーダーシップ行動，⑧大学教育・大学経営等に関するデータ分析の参照状況および意思決定への役立ち度を必須項目とした．さらに，「IR 担当」の設置状況の設

問において，全学レベルの IR 組織あるいは IR 担当者がいると回答した上級管理職者には，⑨IR 担当の活動への期待，⑩IR 担当の役割や活動内容，⑪IR 担当の大学運営への貢献，⑫IR 担当の活動や成果に対する総合評価（0〜10 点）を尋ねた．

本報告ではこのなかでもとりわけ，前述の⑥〜⑧，⑩〜⑪に焦点を当て，大学の上級管理職のデータ駆動型（あるいはデータ参照型）意思決定，および教学マネジメントにおけるデータ活用の現状を確認する．なお，⑥〜⑧および⑩〜⑪の調査項目を以下の図 1〜図 4 で示す．

問 12　大学におけるデータ活用に関する各見解について、あなたはどう思われますか。

（☑は横に 1 つずつ）	とても そう思う	そう思う	どちらとも いえない	そう 思わない	全くそう 思わない
大学をより良くするために組織的なデータ活用は必要だ	□	□	□	□	□
大学にデータを活用する組織文化を浸透・維持させたい	□	□	□	□	□
データの活用は組織の意思決定の質を高める	□	□	□	□	□
データの活用は組織の意思決定のスピードを早める	□	□	□	□	□
データ活用は構成員のコミュニケーションを活性化する	□	□	□	□	□
データ活用の目的は大学の執行部が明確に示すべきだ	□	□	□	□	□
データ活用は統計や解析の専門家を中心に進めるべきだ	□	□	□	□	□
データ活用は各部門の教職員が分権的に取り組むべきだ	□	□	□	□	□

図 1 個人の大学におけるデータ活用に対する意識

問 14　日々の大学の業務遂行にあたり、次の行動や方針はあなたにどの程度あてはまりますか。

（☑は横に 1 つずつ）	とてもあ てはまる	あて はまる	どちらとも いえない	あてはま らない	全くあては まらない
大学運営にデータを活かす重要性を構成員に示している	□	□	□	□	□
大学運営上の重要な指標を構成員に意識づけている	□	□	□	□	□
教職員にはデータを伴う説明や資料作成を推奨している	□	□	□	□	□
自らの構成員に対する説明にデータを活用している	□	□	□	□	□
数値を重視した達成度評価や資源配分を行っている	□	□	□	□	□
大学運営に関する情報を自ら積極的に集めている	□	□	□	□	□
学生の成長や学習状況に関する情報を注視している	□	□	□	□	□
自らの意見を構成員に説明するための労力は惜しまない	□	□	□	□	□

図 2 データ活用に関するリーダーシップ行動

問 13　大学教育・研究・経営等に関する各種データ・分析について、あなたは普段どの程度参照していますか（☑は 1 つ）。また、「1. 定期的に参照」「2. 必要時のみ参照」している場合は、あなたの意思決定に役立っているかも教えてください（役立っている場合は☑、役立っていない場合は空白のまま）。

（右欄は左欄が 1. または 2. の場合のみ回答）	1. 定期的に 参照している	2. 必要時のみ 参照している	3. 参照した ことがない	1. または 2. の場合	意思決定に 役立っている
【教育・学習】					
入学志願者の所在地・経路などの属性分析	□	□	□	→	□
入学者選抜方法と入学後成績の関係の分析	□	□	□	→	□
在学生アンケート（満足度調査等）の結果	□	□	□	→	□
成績評価（GPA 等）の分布データ	□	□	□	→	□
授業評価アンケートの結果	□	□	□	→	□
中途退学の要因・予測分析	□	□	□	→	□
進路と在学中の活動の関係の分析	□	□	□	→	□
学生の外部アセスメントテストの結果	□	□	□	→	□
卒業生（OBOG 等）アンケートの結果	□	□	□	→	□
【研究・経営】					
外部研究費獲得状況のデータ	□	□	□	→	□
研究力評価に関するデータ	□	□	□	→	□
大学ランキングの彼我比較・要因分析	□	□	□	→	□
財務の彼我比較やシミュレーション分析	□	□	□	→	□
教室や施設設備の稼働状況のデータ	□	□	□	→	□
大学運営に関する官庁や自治体の統計・調査	□	□	□	→	□
加盟している大学関連団体の調査データ	□	□	□	→	□

図 3 大学教育・大学経営等に関するデータ分析の参照状況および意思決定への役立ち度

問 19　貴学の IR 担当の役割や活動について、以下のことはどの程度あてはまりますか。

（☑は横に 1 つずつ）	あて はまる	ややあて はまる	あまりあて はまらない	あてはま らない	わから ない
学内における IR 担当の目的や役割は明確である	□	□	□	□	□
IR 担当には目的や役割に応じた権限が与えられている	□	□	□	□	□
大学執行部は IR への協力や連携を教職員に促している	□	□	□	□	□
あなたは気軽に IR 担当に依頼や相談ができる	□	□	□	□	□
IR 担当は大学運営に必要なデータの収集と管理を担う	□	□	□	□	□
IR 担当は学内課題と関連する調査・分析をしている	□	□	□	□	□
IR 担当は中長期計画と関連する調査・分析をしている	□	□	□	□	□
IR 担当は各部局の要望に応じた調査・分析をしている	□	□	□	□	□

問 20　貴学の IR 担当による大学運営への貢献について、あなたはどう思われますか。

（☑は横に 1 つずつ）	とても そう思う	そう思う	どちらとも いえない	そう 思わない	全くそう 思わない
大学執行部の意思決定支援に貢献している	□	□	□	□	□
データを活用する組織文化の醸成に貢献している	□	□	□	□	□
構成員のコミュニケーションの活性化に貢献している	□	□	□	□	□
中長期計画の策定や実現に貢献している	□	□	□	□	□
学内課題の解決に貢献している	□	□	□	□	□
大学の教育の質の向上に貢献している	□	□	□	□	□
大学の研究力の向上に貢献している	□	□	□	□	□
大学の財務の安定化に貢献している	□	□	□	□	□
大学の業務の効率化に貢献している	□	□	□	□	□

問 21　あなたは貴学の IR 担当の活動や成果について、総合的にどの程度満足していますか（☑は 1 つ）。

不満	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	満足
	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	

図 4　IR 担当の役割や活動内容や大学運営への貢献

4.　結果

紙幅の都合により，本 IR 調査の集計結果は当日報告資料にて詳説する．集計結果は，上級管理職者全体の傾向に加え，学長，（IR または教学担当の）副学長，事務局長といった個人属性別，および国公私立等の機関属性別の傾向も報告する．

5.　謝辞

本研究は JSPS 科研費 21K20271 の助成を受けた．

参考文献

(1) 両角亜希子:“日本型大学 IR の発展の方向性－大学経営研究からの提案－”，エンロールメント・マネジメントと IR, Vol.2, pp.5-20 （2021）

(2) Miho, Funamori., “The Status Quo and Issues of Institutional Research in Japanese Universities—IR Offices at a Crossroads in Universities without Regular University Management”, Information Engineering Express, Vol. 2 No. 1, pp.23-32. （2016）

(3) Saupe, Joe L., “The functions of institutional research. 2nd Edition”, Association for Institutional Research （1990）

学修成果の把握・可視化に関する包括的取り組み
－フェーズ 0/Zero－

Towards a Comprehensive Framework for Visualizing Learning Outcomes
-phase　0/Zero-

たなか よしこ[*1], 加藤 利康[*1], 河住 有希子[*1]
Yoshiko TANAKA[*1], Toshiyasu KATO[*1], Yukiko KAWASUMI[*1]
[*1] 日本工業大学
[*1]Nippon Institute of Technology
Email: y_tanaka@nit.ac.jp

あらまし：本稿では学修成果の把握のために，大学教育の全体像を改めて整理し，それらをどうとらえ直すことができるかを検討している．それらに基づいて大学教育用システムを活用していくプロセスを報告する．

キーワード：学修ポートフォリオ，メタ認知，学修過程の評価

1.　教学マネジメント指針の基本的枠組み

2020 年「教学マネジメント指針」は，大学教育の質保証と継続的改善を目指す包括的枠組みを提示した．その核心は，三つのポリシー（ディプロマ DP・カリキュラム CP・アドミッション AP）の一体的策定により教育活動全体の整合性を確保し，学生の学修成果を最大化する体系的アプローチの構築にある．

従来の形式的評価から脱却し，学修成果の把握・可視化が教学マネジメントの中核として位置づけられている. これにより三つのポリシーの妥当性検証, 内部質保証システムの実効性確保，社会への説明責任履行が可能となる．また，教育職員・事務職員が学生の学修状況を具体的に理解することで FD・SD 活動が促進され, 組織全体の教育力向上につながる．学修成果の把握・可視化は，質保証システムの全要素を有機的に結びつける要として機能している．

2.　従来の限界と新たなアプローチの必要性

従来の学修成果把握は，定期試験の点数やレポート評点といった数値化しやすい指標に依存してきた．しかし，現代社会では学生のメタ認知能力の育成が社会的要請として不可欠となっている．変化の激しい社会で継続的に学び続け，自らの思考プロセスを客観視し調整する能力こそが，真に求められる資質である．

現代社会が大学教育に求めるのは，知識の蓄積ではなく，変化に対応し実践的能力を発揮できる人材の育成である. AI が大規模知識処理において人間を上回る今日，重要なのは知識をいかに活用し，自らの学修プロセスを省察できるかという能力である．学生が自分自身の学修状況を客観的に把握し，効果的な学修戦略を選択・調整するメタ認知能力の発達は，生涯学習社会における必要不可欠な基盤となっている．

3.　直接評価による能力測定とメタ認知の促進

直接評価は，学生が実際に何を学び，どのような能力を身につけたかを具体的な行動・成果物を通じて測定する手法である．特にメタ認知能力の育成という観点から，その意義は極めて大きい．

ルーブリック評価では，プレゼンテーションやレポートを複数観点から段階的に評価することで，学生自身が自らの能力を多次元的に理解できる．学生は評価基準を事前に把握し，自己評価と他者評価を比較することで，自らの思考プロセスや課題を客観視する機会を得る．これはメタ認知能力の発達に直接的に寄与する．

パフォーマンス評価では，実習や実技において学生の作業過程と結果を観察・評価する．医学部臨床実習, 工学部実験, 教育学部模擬授業などにおいて，学生は理論知識の実践的活用過程を振り返り，自らの学修方略の有効性を検証する機会を得る．

ポートフォリオ評価は，学修過程における成長や変化を継続的に記録・評価する手法である．学生自身の振り返りを含めることで，メタ認知能力の発達を直接的に促進し測定できる．学修過程の可視化により，学生は自らの学修パターンや成長過程を客観的に把握し，より効果的な学修戦略を構築できるようになる．

4.　間接評価による学修体験の質的把握とメタ認知の深化

間接評価は，学生自身の認識や体験を通じて学修成果を測定し，メタ認知能力の発達を支援する重要な手法である. 学修行動調査では, 学修時間, 方法, 取り組み姿勢を調査することで，学生が自らの学修プロセスを客観視し，効果的な学修方略を見つける機会を提供する．

学生満足度調査や卒業時アンケートを通じて，学生は自らの成長を俯瞰的に振り返り，学修成果を総

合的に評価する．これにより，知識・技能の習得だけでなく，学修プロセス自体への理解が深まり，メタ認知能力がさらに発達する．

卒業生調査により長期的視点から教育効果を検証することで，学生は大学教育の意義を深く理解し，生涯学習への動機を高める．このような総合的なアプローチにより，学生のメタ認知能力を基盤とした真の学修成果の把握と可視化が実現される．

5.　大学生における自己振り返りとメタ認知能力育成の重要性

大学生期は，青年期から成人期への移行における自己アイデンティティ確立という重要な発達課題に直面する段階である．この時期の自己振り返りは，将来の社会人として必要な基盤的能力を形成する極めて重要なプロセスとなる．

大学生は，高校までの他律的学習環境から自律的学修環境への転換点に立っている．自己振り返りを通じて，学生は自分の強みや弱み，学修傾向，興味関心を客観的に把握し，将来のキャリア選択や価値観形成の基盤を築く．多様な価値観を持つ人々と接する大学環境において，自己理解の深化は他者理解や協働能力の向上に直結し，多様化する社会に不可欠な教育的視点を提供する．

メタ認知能力とは「学習について学習する」能力であり，自分がどのように学び，考え，問題を解決しているかを客観的に把握し，必要に応じて調整する能力である．ポートフォリオ評価やルーブリック評価における自己評価の実施は，学生のメタ認知能力を段階的に向上させ，自律的学習者としての成長を促進する．

現代社会では，急速な技術革新により継続的な学習と適応が求められる．メタ認知能力を身につけた人材は，リスキリングなど効果的な新しい知識・スキル習得が可能となり，組織運営においても論理的提案と建設的議論を促進し，創造性と革新性の基盤を提供する．

6.　システム運用による実践的展開

これらの自己振り返り，メタ認知能力の育成のための可視化ツールとして学修ポートフォリオシステムを導入する．図 1 に示すように，DP を各科目と紐づけし，その評価に基づくグラフとして可視化する．これらは単なるデータ収集ツールではなく，学生のメタ認知能力育成と自己振り返り促進のための教育ツールとして位置づけることが重要である．

運用フレームワークは，目標設定フェーズ（学期初めの学修目標・振り返り計画設定），学修記録フェーズ（継続的活動記録と成果物蓄積），中間振り返りフェーズ（中間期自己評価と軌道修正），総括評価フェーズ（学期末総合振り返りと次期計画策定）の 4 段階で構成される．

教学マネジメントの観点から重要なのは，システムの機能的活用よりも，学生の学修成果向上と自律的学習者育成という教育目的を明確にした上で，システムをその実現手段として効果的に運用することである．これにより，学修成果の把握・可視化が真の教育改革として機能し，社会的要請に応える人材育成が実現される．

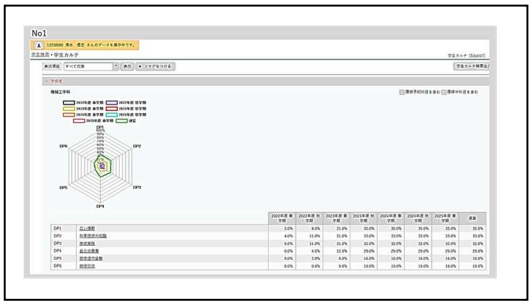


図 1　GAKUEN RX 上での表示

7.　学内理解のための基盤作り

学修成果の把握・可視化およびメタ認知能力育成を効果的に推進するためには，学内全体での理解と協力体制の構築が不可欠である．教育職員・事務職員での共通認識の形成が，改革の成功を左右する重要な要素となる．

まず，教学マネジメント指針の理念と具体的手法について，全学的な FD・SD 研修を通じた理解促進が必要である．従来の評価手法からの転換に対する不安や抵抗を軽減するため，メタ認知能力育成の社会的意義と教育効果について，具体的事例を交えた説明が重要となる．特に，直接評価・間接評価の手法が単なる評価負担の増加ではなく，学生の真の成長を促進する教育実践であることを明確に示す必要がある．

学修ポートフォリオシステムの導入にあたっては，技術的操作方法だけでなく，教育的意義や運用の基本的考え方について十分な説明と研修機会の提供が求められる．各学部・学科の特性に応じた具体的運用方法の検討と共有により，実効性のある取り組みとして定着させることが可能となる．学内全体でのコンセンサス形成を通じて，学生のメタ認知能力育成という共通目標に向けた組織的な教育改革が実現される．以上を踏まえて現在は，中等教育までの「観点別評価」の研修を企図，大学のディプロマポリシーと各学科のカリキュラムポリシーの整合性を検討した．今後，高等教育における教育工学的実践などの研修も実施することで全学的理解を得たい．

参考文献

(1) 文部科学省: “教学マネジメント指針（令和 2 年 1 月 22 日　大学分科会）”，https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1411360_00001.html （2025 年 5 月 28 日閲覧）
(2) 日本システム技術株式会社: “GAKUEN RX ポートフォリオ”，https://www.jast-gakuen.com/products/unipa/unipa4/ （2025 年 5 月 28 日閲覧）

没入型 VR を利用した大量調理シミュレータの開発
―VR 初心者における大量調理シミュレータの有効性の評価―

Development of mass cooking simulator using immersive VR
- Evaluating the effectiveness of mass cooking simulators in VR beginners -

前田 陽也[*1], 伊勢谷 司[*2], 中山 洋[*2], 堀端 薫[*3],藤倉 純子[*3]
Haruya Maeda[*1], Tsukasa Iseya[*2], Hiroshi Nakayama[*2], Kaori Horibata[*3], Junko Fujikura[*3]
[*1] 東京電機大学大学院理工学研究科
[*1]Graduate School of Science and Engineering, University of Tokyo Denki
[*2] 東京電機大学
[*2]University of Tokyo Denki
[*3] 女子栄養大学
[*3]Kagawa Nutrition University
Email: 25rmd47@ms.dendai.ac.jp

あらまし：現在、栄養士養成施設では、食材のコストや作業工程で十分な配慮が必要になる問題によって大量調理実習が十分に行えないまま栄養士の資格を取得できる状況にある。そこで、本研究では大量調理実習における経験不足の解消を目的としている。先行研究において、VR を用いた本シミュレータは学習効果を向上させることが確認されたが、使用方法や内容理解が難しいとの意見が見られ、こうした困難が主に VR 初心者によるものではないかと考えられた。そこで、VR 初心者と経験者でシミュレータへの評価を実施し、シミュレータの VR 初心者と経験者での有効性と今後の課題を明らかにした。
キーワード：バーチャルリアリティ(VR), シミュレータ、大量調理

1. はじめに

現在、栄養士養成施設などで栄養士資格を取得するには、栄養士法が定められている。しかし、栄養士養成施設では、大量調理実習として作る給食の量も数も充分でないままに、単位を修得できてしまう状況である。そこで、本研究では十分に基本的な技能を身に着けることを可能とする大量調理シミュレータを開発すること目的とした。先行研究では、Virtual Reality（以下、VR）を用いた、大量調理シミュレータに、「熟練者のスパテラの軌跡を利用した練習システム(2020)」「自己観察機能を利用した練習システム(2021)」「エンターテインメント機能を付加した練習システム(2023)」を開発し、実験を行った。結果、それぞれのシステムは学習効果を向上させることが分かった。しかし、アンケートにおいてシミュレータの使い方やシステム内容の理解が難しいという意見があることが分かった。本シミュレータの想定する使用者には VR 初心者も含まれるため、VR 初心者でも扱いやすく、学習効果の高いシミュレータであることが重要だと考えられる。そこで本研究では、VR 初心者と VR 経験者を対象にシミュレータへの評価を実施することで、シミュレータの今後の課題を明らかにすることを目的とする。

2. シミュレータ概要

2.1 シミュレータの構成

本研究では、被験者がシミュレータを使用する際の臨場感を高めるため VR を用いた。また、VR を実現するための装置として HMD である VIVE　PRO 2（HTC 社製）を使用した。

また、シミュレータの全体構成図を図 1 に示す。トラッカーを取り付けたスパテラを被験者に持たせ、混ぜる動作を行う。このときの現実のスパテラの動きと VR 上のスパテラの動きが連動して、VR 上の具材の撹拌動作の練習を可能とする。

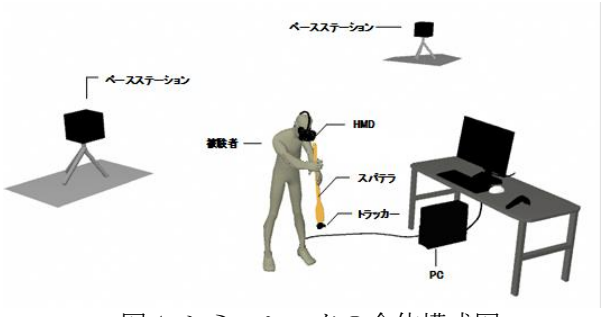


図 1 シミュレータの全体構成図

2.2 システム内容

VR 上で再現された回転釜の中にある具材が程よい焼き色になるようにスパテラで攪拌する。

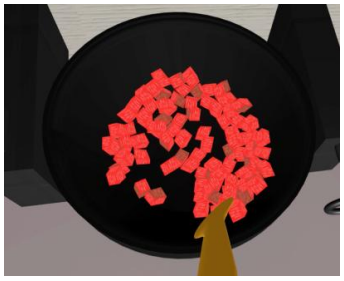


図 2 具材の撹拌

システムで使用する具材の各面には接触値が設定されている。具材が回転釜に触れると触れた面の接触値のみが増加するようになっている。接触値が一定値を超えると、生肉の色から程よい焼き色、焦げた色へと変化するようになっている。

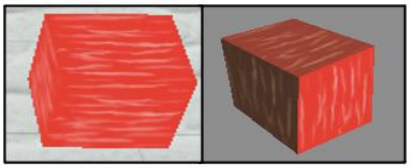


図３　具材の見た目の変化

本シミュレータは、チュートリアル機能、採点機能、測定機能で構成されている。チュートリアル機能では、HMD の装着方法やシステムの内容、具材の混ぜ方のポイントなどを動画から学べる。採点機能では、具材の 6 面の接触値から標準偏差を算出し、100 点満点の点数と回転釜から溢れてしまった具材の数からスコアを表示する。測定機能では、VR 上での攪拌作業時のスパテラの動きや先述した接触値を記録することができる。

図 4　スコア表示

3.　実験概要

本研究では、女子栄養大学坂戸キャンパスで開催されたオープンキャンパスに来場した高校生 33 名に対して実験を行った。33 名の内 VR 未経験者（VR 初心者）が 24 名、VR 経験者が 9 名であった。

実験は図 5 の手順で行った。①では、被験者に本研究での実験の内容について説明した。②被験者に 1 分程度のチュートリアル動画を視聴させた。③では、被験者にシステムを 1 分間体験させた。④では被験者にシミュレータについてのアンケートに回答させた。アンケートには 4 件法で回答する設問と自由記述で回答する設問が存在する。

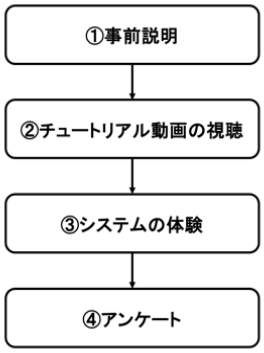


図 5　実験手順

4.　結果

アンケートの回答結果を VR 初心者と VR 経験者に分類して対応のない t 検定（Welch 検定）を用いて分析を行った。設問は表 1 の通りである。

表１　アンケート(４件法 5%有意差あり**)

番号	設問内容	有意差
1	チュートリアル動画が役に立ったと思う	
2	このシミュレータで楽しく学習することができた	
3	このシミュレータを用いた学習は難しかった	
4	このシミュレータの体験を通じて、適切な体の動かし方が理解できた	
5	このシミュレータの体験を通じて、適切な体の動かし方が身についたと思う	
6	このシミュレータの体験を通じて、実際の調理でも適切に体を動かせると思う	
7	このシミュレータをもう一度使ってみたいと思った	**

４件法のアンケートの回答結果より設問７以外では、本シミュレータへの評価に VR 初心者と VR 経験者の間での差がほとんどないことが分かった。設問７では５%の有意差があり、VR 経験者のほうがシミュレータをもう一度使用したいと評価していた。自由記述のアンケートにおいては、食材の重量を感じることができないという点や鍋の底が感じられないという点を改善するべきだという意見が複数存在した。

5.　考察と今後の課題

設問７以外で有意差がなかった結果から、本シミュレータは VR 初心者でも使いやすく、理解しやすい設計になっていたと考えられる。VR 経験者のほうがシミュレータをもう一度使用したいと評価していた結果から、VR 経験者は VR 空間に慣れているので、本シミュレータにもスムーズに対応でき、学習や操作に集中できたのではないかと考えられる。一方で VR 初心者は初体験の VR 環境に不安や戸惑いを感じ、VR 環境に順応することに集中してしまい「また使いたい」という気持ちが抑えられた可能性があると考えら

れる。自由記述の意見から、VR だけを利用したシステムであったため重量や感触についてのリアルな体験ができなかったことで寄せられたと考えられる。課題として、VR 内でのチュートリアル機能の追加と実物の模擬食材や鍋を VR 空間と組み合わせることを検討する。

参考文献

(1)　伊藤 雅弘 :「没入型 VR を利用した大量調理シミュレータの開発熟練者のスパテラの軌跡を利用した練習システムの開発 - 」ny2020-06 東京電機大学 2020 年度卒業論文

(2)　岡荒井佑次 :「VR を用いた大量調理シミュレータの開発-自己観察機能を利用した練習システムの検討-」ny2021-04 東京電機大学 2021 年度卒業論文

(3)　酒井優志,山口隼弥,山崎輝太 :「没入型 VR を利用した大量調理シミュレータの開発-エンターテインメント機能を付加した練習システムの検討-」ny2023-03 東京電機大学 2023 年度卒業論文

没入型 VR を利用した大量調理シミュレータの開発
－エンターテインメント機能を付加した練習システムの検討－
Development of a Mass Cooking Simulator Using VR

松田龍之介[*1]，中山 洋[*1]，堀端 薫[*2]，藤倉 純子[*2]
Ryunosuke Matsuda[*1], Hiroshi NAKAYAMA[*1], Kaori HORIBATA[*2], Junko Fujikura[*2]

[*1] 東京電機大学
[*1] Tokyo Denki University
[*2] 女子栄養大学大学
[*2]Kagawa Nutrition University
Email: 24rmd38@ms.dendai.ac.jp

あらまし：現在，栄養士養成施設では，大量調理実習を実施する充分な環境（時間・設備等）でないままに，栄養士資格を修得できてしまう状況である．そこで，前提研究として十分に基本的な技能を身に着けることを可能とする没入型 VR 対応の大量調理シミュレータを開発した．さらに本研究では，本シミュレータにモティベーション向上を目的としたエンターテインメント機能を付加した． その結果， エンターテインメント機能を付加したシステムは，使用者のモティベーションを向上させることがわかった．
キーワード：VR，訓練シミュレータ，エンターテインメント機能

1. 序論

前提研究では， Virtual Reality（以下， VR）を用いた， VR で熟練者のスパテラの軌跡を用いてスパテラの動かし方を学習するシステムを作成することを目的として開発，実験を行なった結果，学習効果があることが示唆された(1)． しかし， 学習者の学習に対する動機付けを行う機能が設けられておらず，学習意欲を高めるための工夫が必要であると考えられる．そこで，本研究では，熟練者のスパテラの軌跡を利用し，エンターテインメント機能を付加したシステムを開発した．それによりエンターテインメント機能の有無による被験者のモティベーションの違いを明らかにすることを目的とする．

2. 本論

2.1 システム説明

本研究では，シミュレータを使用する際の臨場感を高めるために VR を用いた． なお， 本シミュレータでは VR を実現するための装置として， Head Mounted Display(以下 HMD)である． VIVE Pro（HTC 社製））を採用した．

なお，本研究のシステム全体像を図 1 に示す．被験者は HMD を被り，トラッカーのついたスパテラを持って実験を行う．

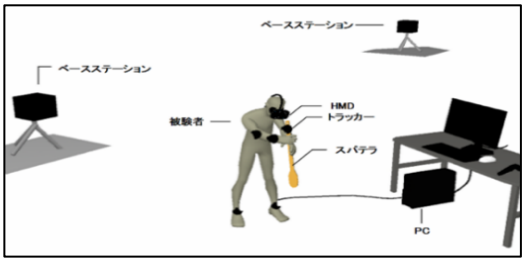


図 1 システム全体図

HMD 内に映し出す画像を図 2 に示す． 被験者はルートに沿ってスパテラを動かす．

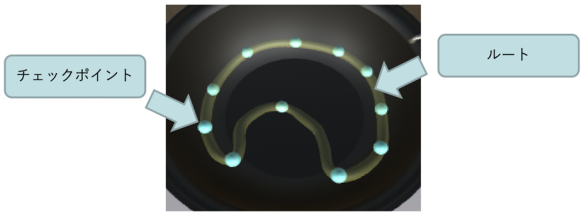


図 2 HMD 内の画像

エンターテインメント機能として，以下の５つの機能を追加した．

① BGM(Background Music)

シミュレータ開始から終了まで BGM が流れるようにした． 歌詞がある BGM より， 歌詞がない BGM の方が集中できることから歌詞のないクラッシック音楽を採用した（2）．

② SE(Sound Effect)

チェックポイントを通過したかをわかりやすくするために， チェックポイント通過時に SE が流れるようにした．SE は鈴の音にした．

③ コンボ数(連続成功回数)

ルートをチェックポイントに沿って正しい順番で接触できた回数が，どのくらい続いているのかをわかりやすくするために，コンボ数（連続成功回数）を VR 上で見えるようにした．

④ 結果評価画面

被験者の上達を明確にできるように成功率を表示した．また，成功率に応じたランクを表示し，成功率が 90%～100%を S ランク， 成功率が 80%～89%を A ランク，成功率が 70%～79%を B ランク，成功率が 0%～69%を C ランクとした． ランクに応じた SE，音声を流し，被験者を励ますようにした．

図３　結果評価画面

⑤ 難易度の選択

シミュレータ開始時に難易度選択画面を表示し，レベル１とレベル２を選べるようにした．レベル１は一つのチェックポイントに対して球が一つ，レベル２は一つのチェックポイントに対して球が二つある．レベル２は球を同時に二つ通らないと成功にはならず，スパテラの角度が大事なため，レベル１より難しくなっている．

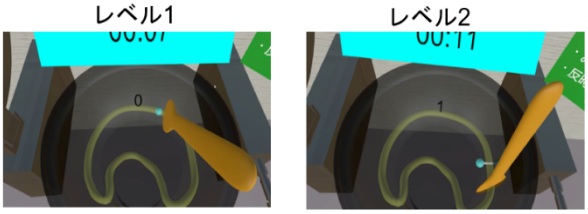


図４　レベル別のチェックポイント

2.2 実験方法

実験は図５の流れで実験を行った．被験者 30 名に対して実験を行った．

①では本シミュレータを使用する前に，被験者に本研究での実験の内容について説明した．その後，HMD を装着させてからトラッカーを取り付けたスパテラを持たせた．

②では被験者にエンターテインメント機能のないシステム(以下旧システム)を体験させた．③では被験者にエンターテインメント機能のあるシステム(以下新システム)のレベル１を体験させた．④では被験者に新システムのレベル２を体験させた．⑤ではシミュレータ体験後，アンケートで質問を行った．

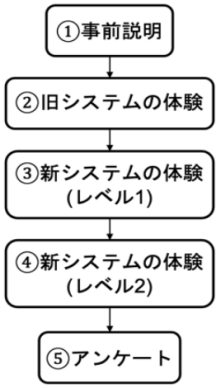


図５　実験のフローチャート

3.　結論

実験は，エンターテインメント機能を付加したシステムが，被験者のモティベーション向上に効果があるかを調査することを目的として行なった．その結果，エンターテインメント機能を付加したシステムは，使用者のモティベーションを向上させることがわかった．

アンケート結果の一部を図６に示す．なお，図６の設問内容は「設問１　BGM によるやる気の変化」「設問２ SE によるやる気の変化」「設問３ 達成率表示によるやる気の変化」「設問４　適切な体の動かし方が理解できたか」である．

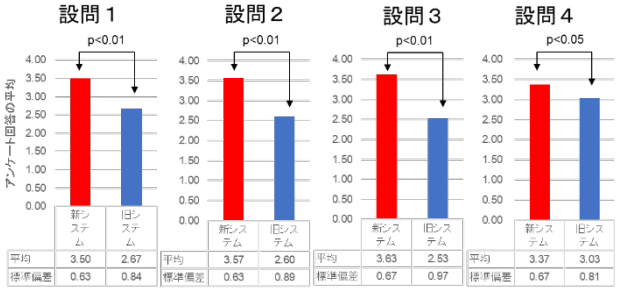


図６　アンケート結果の一部

今回，エンターテインメント機能として追加した，新システムのレベル２では，スパテラの面の向きを正しく動かさなければならないようにしていた．そのため，旧システムよりも体の動かし方を意識しなければならないはずであった．しかし，体の動かし方の学習に関するアンケート結果において，エンターテインメント機能の項目よりも差が見られなかった．

アンケートの自由記述欄において，シミュレータの使い方やシステム内容の理解が難しいという意見が寄せられた．また，実験中にも上手く動かせない被験者がみられ，実験者が直接アドバイスを行わないと，上手く動かせないという状況もあった．

これらの問題を解決するために，チュートリアル機能を実装し，事前練習の機会を与えることで，システムに対する理解度を深めさせ，スパテラの面の動きをより意識するようになるとともに，正しい動かし方やシミュレータの使い方を身につけることが出来ると考えられる．

参考文献

(1) 伊藤　雅弘:　“没入型 VR を利用した大量調理シミュレータの開発　-熟練者のスパテラの軌跡を利用した練習システムの開発”，東京電機大学令和２年度卒業論文-. ny2020-06　(2020)

(2) 髙久　美月，池上　真平:　“BGM が作業への印象に与える影響　-ながら習慣に焦点を当てたオンライン実験による検討-”，昭和女子大学生活心理研究所紀要，vol. 24，p. 119 (2022)

VR を利用した語学学習支援システムの開発
—生成 AI との会話による実践的英会話学習の試み—

Development of a Language Learning Support System Using VR
—A Practical Approach to English Conversation Learning through Dialogue with Generative AI—

金浜 武尊[*1], 中山 洋[*1], York James[*2]
Takeru KANAHAMA[*1], Hiroshi NAKAYAMA[*1], James YORK[*2]
[*1] 東京電機大学
[*1]Tokyo Denki University
[*2] 明治大学
[*2]Meiji University
Email: 24rmd14@ms.dendai.ac.jp

あらまし：本研究では、仮想現実（VR）と生成 AI を活用した英会話学習支援システムの開発を行う。インバウンドや外国人定住者の増加によって、様々な場面で日本語以外の言語でコミュニケーションを必要とする場面が増えている。本研究でこれまで実践的な英語教育の一環で行われていた対人ロールプレイに対して、VR と AI を利用したロールプレイがどの程度有効か検証し、学習者が没入感をもって自然に英会話を練習できる環境の構築を試みる。現在、システム構築と比較実験を準備中であり、今後は外国語不安やコミュニケーション意欲といった感性的指標を用いた評価を行う予定である。本システムは、実践的かつ心理的負担の少ない語学学習手法としての有用性が期待される。
キーワード：仮想現実（VR），ヘッドマウントディスプレイ（HMD），3D，シミュレーション

1. 背景

新型コロナウイルスの５類移行以降、一時期大きく減少していたインバウンドが、再び大きく増加する傾向を見せている。２０２４年度１０月推計値では、統計開始以来過去最速で訪日外客数が３０００万人を突破した。(1)

また、それに伴い、病院や診療所を受診する外国人患者も増加している。在留、訪日どちらの患者も直近３年では増加している様子を見せている。(2)

病院や動産管理など、直接外国人とコミュニケーションをとる機会がある職種において、実践的な英会話練習としてロールプレイイングが取り入れられている。本研究は、人や場所が必要な対人ロールプレイイングに対し、それらの制約を受けづらい VR と生成 AI を使用した方法について検討する。

2. 目的

VR を用いたロールプレイが、他の学習方法と比較して、１．VR ロールプレイの有効性、２．外国語不安の低減、３．英語でのコミュニケーション意欲の向上、４．技術的習熟度と VR システムの受け入れられやすさの４点について、学習者がどのように評価するか調査することを目的とする。

3. 概要

本研究では、まず医科大学に協力してもらい、医学英語教育の一環である患者とのコミュニケーション練習において実験を行う。まず、患者との対話の場面を想定した VR システムを開発し、被験者である医学生に使用してもらう。従来の教育方法と比較して VR での教育は有効性があるかどうかを被験者に評価させる。

VR と比較する対象は、ビデオ視聴、学生同士のロールプレイ、ブラウザベースの ChatGPT ボットの３種類である。

実験前と実験後にアンケートを実施する。事前アンケートでは、VR やチャットボットに対して事前知識の程度、英語スキルなどを問う。事後アンケートでは、学生が体験したシステムについて、活動の効果をどのように感じたかを問う質問と、感想などを記述する質問を設ける。実験を開始する前に、対話、語彙、文法のトレーニングを一度実施する。その後、被験者は各実験環境の事前トレーニングを受け、全ての環境についてひとつずつ体験する。

終了後、教官が被験者に対してフィードバックを実施する。

4. システム概要

本研究は、他大学との共同であるため、本研究室で新たに開発したのは VR システムだけである。以下にその内容を示す。

システムは、診察室で患者を診察する医者という場面を想定して製作した。患者の代わりとして、3D モデルのアバターを配置した。被験者は医者の役割を実行し、VR 空間内の患者を診察するために会話をする。（図１、図２）

患者の応答は、事前に仮想の患者の情報をプロンプトとして読み込ませたChatGPTによって生成され、API を通して音声となって聞こえる。医者の問いかけも同様に API によって文字に書き起こされる。処理の流れとしては、医者の問いかけ→文字起こし API→ChatGPT（応答生成）→音声合成 API→患者の受け答え、となっている。

なお、文字起こし API、ChatGPT は OpenAI、音声合成 API は Google の API をそれぞれ使用した。

図１　VR システムのシミュレーション画面

図２　VR 装着時の様子

VR システムは、設定を編集できるスタート画面と実際のシミュレーション画面に分かれており、設定では患者の３D モデルと患者のプロフィールについて記述されたChatGPTに使用するプロンプトを設定できる。システム中で使用できる患者のモデルと、患者のプロフィールはそれぞれ２種類ずつ用意している。患者のプロフィールは Prompt1 と Prompt2 に分けられ、それぞれ年齢や背景、病状が異なっている。

シミュレーション画面では設定で選択した患者の３D モデルを目の前にして診察の疑似体験を行う。コントローラーのボタンを押している間、被験者の声を録音することができ、ボタンを離すことで録音を終了。認識した文章が壁に表示され、その内容に対するレスポンスを ChatGPT が返信する。ChatGPT からのレスポンスは、正面のモニター内に文章として表示される。

ビデオ視聴は、患者と医者がやりとしている様子を録画してビデオを視聴するだけの環境になる。

学生同士のロールプレイでは、VR などは使用せず、対面で学生同士が患者役、医者役にそれぞれ分かれてロールプレイを実施する。

ブラウザベースの ChatGPT では、ChatGPT のアプリや Web ページを利用し、スマートスピーカーと対話するような形式で実施される。

なお、いずれの環境も事前に決められたシチュエーションを再現するように実施される必要がある。

5.　予想される結果

外国語不安の低減と英語コミュニケーション意欲については、York らが VR でのタスクが外国語不安を低減し、コミュニケーションをしやすい環境であることを報告しており[3]、他の環境と同等かあるいはそれ以上の評価がつくのではないかと考えられる。

VR システムは真新しいものであることに加え、ほとんどの人は触ったことがないため、多くの人は初めて触るか、２，３回目といった状況であると考えられる。この場合、経験が無いことにより、不慣れの操作をすることで体験の質が低下する可能性がある。システム自体は手や動きによるインタラクティブ性はほとんどないが、普段触れることのないコントローラーや操作に被験者が戸惑う可能性はある。

VR ロールプレイの有効性としては、他のシステムとの没入感の違いや外国語不安の低減があることを考えると、有効であると評価する被験者は多くなると考えられる。ただし、VR というデバイスが新規性を持っていることに注意する必要がある。Makransky らは、技術の新しさが、その技術を用いた教育に対して肯定的な意見をもたらす可能性を指摘している。これにより、技術が広く使用されるようになると、その効果は薄くなっていくことが想定される[4]。そのため、本研究についても、実験段階では高い評価を得るが、時間の経過や回数の積み重ねによって次第に他の環境と並んで来るようになると考えられる。

参考文献

(1) 訪日外客数（2024 年 10 月推計値）｜日本政府観光局(JNTO), 2024 年 11 月 20 日閲覧 https://www.jnto.go.jp/statistics/data/_files/20241120_1615-1.pdf

(2) 令和５年度「医療機関における外国人患者の受入に係る実態調査」の結果｜厚生労働省, 2024 年 11 月 20 日閲覧 https://www.mhlw.go.jp/content/10800000/001292094.pdf

(3) York J., Shibata K., Tokutake H., & Nakayama H.: ”Effect of SCMC on foreign language anxiety and learning experience: A comparison of voice, video, and VR-based oral interaction”, ReCALL (2021)

(4) Makransky, G., Lilleholt, L.:”A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education”, Education Tech Research Dev 66 (2018)

ディプロマポリシーの目標到達度の可視化による学習支援システム

A Learning Support System for Visualizing the Achievement Level of Diploma Policy Goals

小野田 龍[*1]，吉川 雅修[*2]
Toru ONODA[*1], Masanobu YOSHIKAWA[*2]
[*1*2] 山梨大学
[*1*2]University of Yamanashi
Email: g25tk006@yamanashi.ac.jp

あらまし：本研究では，山梨大学工学部のディプロマポリシーに基づき，学生の各到達目標に対する達成度をスコアとして数値化し，それをグラフやコメントにより可視化する学習支援システムを開発した．システムでは，電子シラバスやカリキュラムツリーに登録された各科目の到達目標，学生の成績および自己評価をもとに達成度を算出し，視覚的に理解しやすい形で提示することで，学生自身の学習状況の把握や履修方針の見直しを支援することを目的としている．
キーワード：ディプロマポリシー，学習支援システム，データの可視化

1. はじめに

山梨大学では，ディプロマポリシー・カリキュラムポリシー・アドミッションポリシーの３つの方針で教育・研究を行っている．特にディプロマポリシーは各学部・学科ごとにそれぞれ定められていることに加えて，各科目のシラバスにその科目で達成できるディプロマポリシーの到達目標が示されている．そのため，学生の学習支援をするにあたってディプロマポリシーが非常に有用なものと考え，本研究ではディプロマポリシーを利用していく．

2. 研究背景と目的

山梨大学のディプロマポリシーは到達目標を当該科目を履修し終えた時点で達成していることになるが，その目標の到達度を確認する機会がないため、学生が到達度を直感的に把握することが難しい．そこで，本研究ではディプロマポリシーの目標到達度をグラフにより可視化して到達度を視覚的にわかりやすくすることで，学生の自身の学習状況の理解を促して学生の学習支援を行うことを目的とする．

3. 提案手法

3.1 システム方式

本研究では山梨大学工学部のディプロマポリシーを用いてシステム作成を行う．卒業認定・学位授与の方針における 10 の到達目標が以下の表 1 のように定められている．

また，ディプロマポリシーの目標到達度を計算するうえでシラバスとカリキュラムツリーで定められている各科目の履修することで達成できる到達目標を用いる．特に重要な到達目標と通常の目標が定められている．

表 1 山梨大学工学部ディプロマポリシー

番号	到達目標
①	教養・基礎知識
②	専門的知識
③	数理データ分析力
④	問題解決力
⑤	協調力・コミュニケーション力
⑥	自律的かつ継続的学修能力
⑦	理解力・判断力
⑧	論理的思考力
⑨	創造的思考力・デザイン
⑩	社会的倫理

3.2 システム概要

システムはディプロマポリシーと電子シラバス・カリキュラムツリーに掲載されている各科目ごとの達成できる到達目標，学生の科目ごとの点数と各科目ごとの到達目標に対する自己評価をデータとして用いる．それらのデータを基にしてディプロマポリシーの各到達目標の目標到達度のスコアを算出して，そのスコアからコメント・グラフを作成し学生に提示する．以下の図 1 はシステム概要図である．

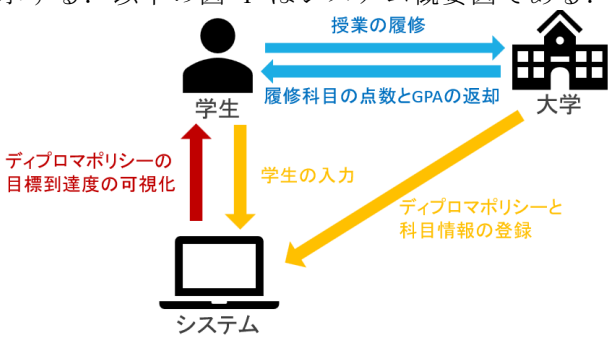


図 1 システム概要図

自己評価では各科目の各到達目標に 1 ～ 5 段階の評価を行う．最終的なスコアに加算する前の各科目の各到達目標のスコアを重みづけの倍率を選択する。1：0.5 倍，2:0.75 倍，3:1.0 倍，4:1.25 倍，5:1.5 倍となっている．図 2 は選択画面の例である．

図 2：自己評価による重みづけの選択画面例

コメントでは、到達度スコアに対して，GPA3.0 相当と GPA1.0 相当のスコアを指標とした文章を表示する．図 3 はシステムのコメント例である．

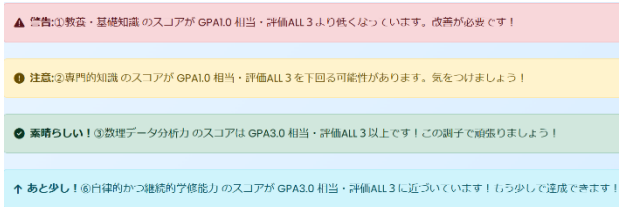


図 3 コメント例

3.3 目標到達度のスコアの算出方法

式(1)はxを目標としたときの目標到達度のスコアP_xの算出式である．

$$P_x = \left(\sum_{y \in A[x]} S_y \cdot \alpha \cdot \beta \right) + \left(\sum_{y \in B[x]} S_y \cdot \beta \right) \quad (1)$$

1. x:目標
2. y:科目
3. P_x:目標xの到達度のスコア
4. S_y:科目yの点数
5. $A[x]$: xを重要目標で保持する科目のリスト
6. $B[x]$: xを通常目標で保持する科目のリスト
7. α:重要目標の重みづけの倍率
8. β:自己評価の重みづけの倍率

算出方法は以下のようになっている．

1. 各科目の点数をその科目が保持する目標のスコアとする．
2. 各科目が保持する重要な目標のスコアには重み付けの倍率を掛ける．
3. 学生が各科目が保持する各目標に自己評価で重みづけを選択する．

4. 可視化例

4.1 目標到達度のスコアの算出方法

表 2 は可視化の例を示すための入力データセットである．今回はデータセットに学生が入力する各科目の点数も含む．自己評価は全て 3 である．こちらの科目は山梨大学工学部コンピュータ理工学コースの 1 年次前期で履修する科目である．

表 2 入力データセット

科目	重要目標	通常目標	科目点数
情報処理及びプログラミング	②	②③⑥⑧⑨	84
プログラミング基礎	②	②⑧	70
基礎物理学 I (力学)	①	①	63
線形代数学 I	①	①	60
微分積分学 I	①	①	62
基礎ゼミ	①	①③⑩	92

4.2 出力されるグラフ

出力形式はレーダーチャートを用いる．到達度のスコアをそのまま表す絶対値グラフを基本の表示として，フルスコアに対する自身の到達度割合を表示する相対値グラフも表示可能である．図 4 は表 2 の入力データセットに対する絶対値グラフである．図 5 はコンピュータ理 工学コースの卒業時の GPA1～4 相当・ALL 自己評価 3 の絶対値グラフである．

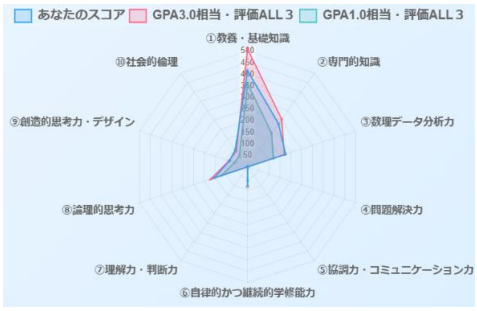


図 4 入力データセットに対するグラフ

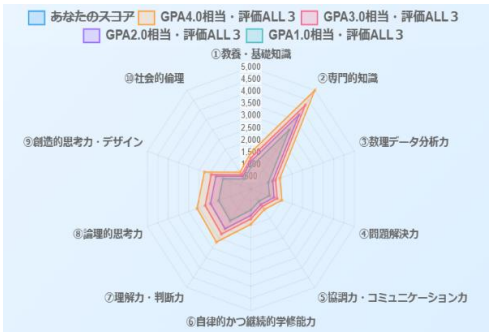


図 5 コンピュータ理工学コース卒業時のグラフ

4.3 可視化効果

本システムでは学生のディプロマポリシーの目標到達度をスコア化し可視化することで，到達度が視覚的にわかりやすくなり，自身の学習状況の理解を促している．スコアに対するコメントやグラフに各 GPA 相当の到達度を表示することで自身の到達度の立ち位置がわかるようになっている．これらの機能により履修申告や学習を行う上でディプロマポリシーという観点でバランスよく学生が学びを修了することが可能になる学習支援効果が期待される．

5. まとめ

本研究ではディプロマポリシーの目標到達度をグラフにより可視化して到達度を視覚的にわかりやすくすることで，学生の自身の学習状況の理解を促す学生の学習支援システムを作成した．

本研究の一部は，JSPS 科研費 JP22K02831 の助成を受けたものである．

参考文献

(1) 石田 雪也，金子大輔，古賀崇朗，吉川雅修，小俣昌樹，瀬川 薫情報活用力メトリクスのための自己評価質問群の 試作と評価発表情報教育システム情報学会 2023 年度 特 集論文研究会研究報告 pp.78-84 (2024)
(2) 山 梨 大 学: 履 修 モ デ ル 等—山 梨大学,https://www.yamanashi.ac.jp/campuslife/4607, 2024/12/23 アクセス.

E5-2

間主観的自己評価における自動推定を組み入れた適応型自己評価手法の提案

Proposal of an Adaptive self-Assessment Incorporating Automatic Estimation for Inter-Subjective Assessments

眞坂　美江子[*1]，渡辺　博芳[*2]，宮崎　誠[*1]
Mieko MASAKA[*1], Hiroyoshi WATANABE[*2] , Makoto MIYAZAKI[*1]
[*1] 帝京大学，[*2] 電気通信大学
[*1]Teikyo University,[*2]University of Electro-Communications
Email: masaka@ics.teikyo-u.ac.jp

あらまし：ルーブリックやチェックリストを用いた間主観的評価において，継続的な自己評価は学習者に持続的な成長を促す効果が期待されるが，汎用的能力等においては，学習者の各能力をさまざまな観点から評価する必要があり，評価項目が多くなるという課題がある。本研究は自己評価者の回答パターンに応じて最適な評価項目を提示することにより，より少ない評価項目の数で，すべての評価項目を用いた場合と同等の自己評価結果を得る手法を検討した。順序ロジスティックモデルにより，間主観的評価の自己評価結果を他の自己評価結果から予測可能であることを示し，自動推定を組み合わせることで，削減可能な評価項目の数をシミュレーションした結果，8 つの評価項目に対し，1〜2 つを削減できる可能性があることを明らかとした。
キーワード：適応的自己評価，間主観的評価，汎用的能力，多変量解析

1. はじめに

高等教育においては，従来，知識・技能の修得が重視されていたが，近年はそれらに加えて修得した知識を活用した問題解決力，問題解決のための思考力・判断力・表現力等，特定の分野や職業に限定されず汎用的に活用出来る基礎的な能力（以下，汎用的能力と記す）の修得も重視されている。

知識や技能は，定量的に評価しやすいのに対して，このような能力は，定量的な評価が難しいとされている。ルーブリックやチェックリストを用いた間主観的評価は，客観テストのみでは評価がしづらい定性的な観点を評価することができる学習達成度の評価手法として着目されている。しかし，汎用的能力を間主観的に評価する際には，学習者の各能力をさまざまな観点から評価する必要があり，評価項目が多くなるという課題がある。

そこで本研究は，汎用的能力のルーブリック等を用いた間主観的評価の自己評価を対象に，自己評価結果の相関関係に着目し，自己評価者の回答パターンに応じて最適な評価項目を提示することにより，より少ない評価項目の数ですべての評価項目を用いた場合と同等の自己評価結果を得る適応型自己評価手法(1)を提案する。

2. 汎用的能力自己評価の概要

帝京大学情報電子工学科では，間主観的評価により，学生が自らの汎用的能力を自己評価する取り組みを実施している(2)。当学科では，9 つの能力を観点とする汎用的能力ルーブリックを定義している。学習者はまずチェックリストを用いて各能力の詳細な点を 0〜2 の範囲で評価し，その後，チェックリストの結果を参考にしてルーブリックを用い，各能力の総合評価を 0〜4 の範囲で評価する。本研究は，評価項目が多いチェックリストに着目してその削減手法を検討する。

3. 順序ロジスティック回帰分析

本研究は，2020 年度から 2023 年度に 4 年生のワークショップで実施した 9 つの汎用的能力の中から，「主体的・継続的な学習力」のデータを用いて順序ロジスティック回帰分析をおこなった。サンプル数は，171 件である。分析結果を表 1 に示す。表 1 の横軸方向が目的変数である。あるチェック項目の自己評価結果を目的変数，それ以外のチェック項目の自己評価結果を説明変数として順序ロジスティック回帰分析を行い各説明変数の偏回帰係数を記載した。「主体的・継続的な学習力」には，8 つのチェック項目が定められている。すべてのチェック項目において，回帰式の精度を示す McFadden は，0.16〜0.31 の範囲であった。McFadden は,0〜0.4 が適したモデルであることから，作成したモデルは予測に適したモデルと判断できる。また，モデル全体の χ^2 は、54.27〜103.04，p 値はすべて，0.001 以下であり，回帰式は有意であると言える。

表中の網掛けは，偏回帰係数が，1%もしくは 5%有意となったものである。目的変数によって，1〜5 個程度の偏回帰係数が有意な係数となった。さらに，表 2 に，正解率と F 値をまとめた。F 値の計算に必要なサンプル数が得られなかったセルは，「—」と記載している。正解率は 0.62〜0.96 と全体的に良い正解率となっているが，F 値に大きなばらつきがみられる。F 値は，一般的に 0.7 以上が良いモデルとされ

表 1　偏回帰係数

n=171

目的変数		ch1	ch2	ch3	ch4	ch5	ch6	ch7	ch8
McFadden		0.29	0.30	0.28	0.27	0.26	0.31	0.21	0.16
χ^2		86.21	93.71	98.67	81.06	90.05	103.04	58.44	54.27
説明変数	ch1	—	0.79	0.36	0.89	0.23	0.75	1.30	-0.54
	ch2	0.78	—	0.74	0.79	0.05	0.79	0.10	0.65
	ch3	0.41	0.70	—	0.02	1.24	0.38	0.18	0.87
	ch4	0.86	0.87	0.11	—	0.79	0.48	0.52	0.39
	ch5	0.12	0.06	1.22	0.78	—	1.06	-0.18	-0.33
	ch6	0.71	0.79	0.44	0.40	1.16	—	0.42	0.57
	ch7	1.34	0.06	0.14	0.54	-0.23	0.40	—	0.63
	ch8	-0.42	0.72	0.82	0.35	-0.26	0.43	0.56	—
		p<0.05			P<0.01				

表 2　正解率および F 値

n=171

目的変数	正解率			F値		
	0:できていない	1:ある程度できている	2:できている	0:できていない	1:ある程度できている	2:できている
ch1	0.94	0.71	0.75	0.17	0.67	0.77
ch2	0.94	0.71	0.75	0.44	0.69	0.74
ch3	0.82	0.62	0.77	0.48	0.60	0.68
ch4	0.95	0.67	0.72	0.18	0.68	0.69
ch5	0.85	0.64	0.77	0.42	0.64	0.70
ch6	0.92	0.69	0.77	0.59	0.69	0.72
ch7	0.96	0.71	0.74	—	0.65	0.77
ch8	0.89	0.68	0.75	0.34	0.69	0.69

ていることから，F 値 0.7 以上に着目すると，自己評価「2:できている」においては，半数以上の F 値が 0.7 以上となっており，正解率も 7 割を超えている。一方で，「0：できていない」については，正解率は高いが，F 値が低いものが多数見られる。

4.　適応型自己評価手法の提案

以上結果から，順序ロジスティック分析による推定精度には，ばらつきがあるため，適切な推定が可能な回答パターンに限定して未評価の自己評価結果を自動推定すべきである。また，間主観的自己評価は，評価者が評価項目を見ることにも意義があるため，特定の評価項目のみを毎回掲示することは適切でない。評価者が自己評価を繰り返し行う際には，評価項目がまんべんなく提示されることが望ましい。そこで図 1 の手順によるチェック項目の自己評価数削減手法を提案する。システムが評価項目を毎回ランダムに提示しながら，未評価の評価項目の自己評価結果を自動推定することで，学習者が実際に評価すべき項目数を削減する手法である。

5.　チェック項目削減シミュレーション

図 1 の提案手順に従いシミュレーションを行い，どれくらいのチェック項目が削減可能であるか評価した。2022～2023 年度の自己評価データを用いて順序ロジスティック回帰モデルを作成し，2024 年度の自己評価データを用いてシミュレーションした。シミュレーションデータ数は 45 件である。

すべてのチェック項目が自己評価済，もしくは，自動推定済となるまで，①～②の手順を繰り返す。
①自己評価済，および自動推定済の評価を除くチェック項目の中からランダムにチェック項目を選択し，自己評価者に評価させる。
②表 1 を参照し，有意な偏回帰係数を持つチェック項目の自己評価が全て完了し，かつ，F 値が 0.7 以上となるチェック項目があれば，その自己評価結果を自動推定する。

図 1 適応型自己評価手法

表 3 適応型自己評価シミュレーション結果

自己評価項目数	自動推定項目数	人数
6	2	17
7	1	87
8	0	121
合計		225

チェック項目の提示はランダムに行うため，同じ自己評価データに対して 5 回シミュレーションを行った。表 3 に自動推定により削減できたチェック項目の数ごとにまとめた件数を示す。すべてのチェック項目について自己評価が必要となったものは 121 件であり，約半数のケースで，学習者が自己評価するチェック項目の数を 1～2 つ削減することができた。すべて自己評価を行った結果と，自動推定を組み合わせて評価を行った結果の一致率は，99.4%であり，自動推定を一部導入しても，自己評価結果精度の大幅な低下は見られなかった。

6.　まとめ

本研究は，間主観的自己評価における自己評価項目数の削減を目指し，多変量解析による自己評価結果の自動推定手法を提案した。シミュレーションの結果，約半数のケースにおいて，数個ではあるが，学習者が自己評価すべき項目を削減し，すべての評価項目を用いた場合と同等の自己評価結果を得ることができた。今回の分析は，帝京大学情報電子工学科が掲げる汎用的能力の一部のみであり，今後，提案手法が他の能力に対しても適応可能であるか，さらなる分析が必要である。

謝辞
本研究は JSPS 科研費 24K06217，および帝京大学先端総研インキュベーション助成金 23-98 の助成を受けている。

参考文献

(1)眞坂美江子，宮崎誠，渡辺博芳：間主観的な評価における適応型自己評価に関する研究のグランドデザイン，情報教育シンポジウム論文集, pp.328-335 (2024).
(2)渡辺博芳，荒井正之，他：汎用的能力評価のためのルーブリックとチェックリストの提案，情報教育シンポジウム論文集, pp.30-37 (2019).

Online Learning Multi Deep-IRT による予測所要時間を考慮した適応型テスト

Adaptive Testing using Online Learning Multi Deep-IRT with prediction of item response time

岡田 幸征 [*1], 渕本 壱真 [*1], 石川 文弥 [*1], 植野 真臣 [*1]
[*1] 電気通信大学
[*1]The University of Electro-Communications
okada@ai.lab.uec.ac.jp

あらまし：適応型テストは受検者の能力を効率的に測定できるが，所要時間を考慮しておらず，制限時間下で測定精度が低下する．本研究では逐次的な回答データから未知の項目への正誤と所要時間を予測可能な Online Learning Multi-Task Deep-IRT を提案する．提案手法では出題時に予測所要時間を用いて制限時間を考慮した最適な項目を出題する．この結果，提案手法は制限時間下で測定精度を向上した
キーワード：適応型テスト, 深層学習, マルチタスク学習, 項目反応理論

1. はじめに

適応型テストは，受検者の能力を効率的に測定できる利点を持つが，従来の形式では所要時間を考慮しないため，能力推定精度が低下する可能性がある．制限時間内に出題した項目が解き終えることができない場合，未回答の項目が生じ，能力の推定誤差の増加につながる．

この課題に対処するため，シャドウテストアプローチを用いた制限時間の制約のある適応型テストが提案されている(1)．このアプローチでは，各項目に対する解答時間を予測し，制限時間内で受検者が解答可能と見込まれる項目群を適切に提示することにより，能力推定精度を向上させることができた．

所要時間予測には，確率モデル(2) が利用されているが，近年では深層学習モデルがその予測精度を上回ることが報告されている．特に，Multi-Task Deep-IRT は，受検者の正誤反応と項目への所要時間を同時に学習できる深層学習モデルとして高い予測精度が知られている(3)．Multi-Task Deep-IRT は，Multi-gate Mixture-of-Experts(4) というマルチタスク学習の手法を基盤としており，正誤反応と所要時間の依存関係を学習することで，所要時間の予測精度を向上させた．Multi-Task Deep-IRT では，入力ベクトルから受検者と項目のパラメータを予測し，これらのパラメータを用いて正誤反応と所要時間の予測値を算出する．

本研究では，この Multi-Task Deep-IRT を適応型テストに用いるために，逐次的に得られる応答情報を学習することで受検者のパラメータを更新するように拡張した Online learning Multi-Task Deep-IRT を提案する．これにより，未知の受検者に対しても，逐次回答が得られるたびに，予測精度の向上が期待される．この手法を用い，予測した所要時間を用いて出題時に制限時間を考慮した最適な項目を出題する．本研究では，実データを用いた数値実験により，提案手法の有効性を示した．

2. Online Learning Multi-Task Deep-IRT

Multi-Task Deep-IRT は，受検者の正誤反応と項目への所要時間を同時に予測できる高精度な深層学習モデルである．しかし，各受検者の応答の予測には，その受検者の全応答履歴を事前にモデルへ入力する必要があった．そのため，まだ応答履歴のない新しい受検者や，テストを受検途中の受検者については，応答を予測することが不可能だった．そこで本研究では，逐次的に得られる応答から未知受検者の応答予測を可能にする適応型テストのための Online Learning Multi-Task Deep-IRT を提案する．図 1 は，提案手法の概要図である．

項目 j のワンホットベクトル q_j の入力が，エキスパートネットワーク，ゲート付きネットワークに与えられる．エキスパートネットワークでは，複数のエキスパートがそれぞれ異なる特徴を抽出し，ゲート付きネットワークにより，これらのエキスパートに各応答予測タスク（正誤反応，所要時間）に応じた重みがつけられる．これにより，特徴ベクトル $h_j^{(k)}$ が抽出される．次に，各項目に固有の項目パラメータと逐次的な回答データにより更新される受検者パラメータを予測する．

項目難易度 β_j と項目時間量 λ_j は，タスクごとに抽出された特徴ベクトル $h_j^{(k)}$ に基づいて FNN（多層 Feed-forward neural network）により推定される．

$$\beta_j = \text{FNN}_\beta(h_j^{(1)}),\ \lambda_j = \text{FNN}_\lambda(h_j^{(2)})$$

t 問回答後に推定される受検者の能力 θ_t と回答速度 ζ_t は，直前の応答情報により逐次更新される能力メモリによって推定される．メモリの更新は，項目のワンホットベクトル q_t と，それに対する応答情報（正誤反応 $v_t^{(1)}$，所要時間 $v_t^{(2)}$）を結合した入力に基づいて行われる．メモリの add 信号 $a_t^{(k)}$ を用いて更新が行われる．

$$a_t^{(k)} = \tanh(W_a \cdot [q_t, v_t^{(k)}])$$

各メモリ要素 $M_{t+1,j}^{v(k)}$ は，既存の値を，読み出しにおける重み $w_{t,j}^{(k)}$ と add 信号 $a_t^{(k)}$ を用いて更新される．

$$M_{t+1,j}^{v(k)} = M_{t,j}^{v(k)} + w_{t,j}^{(k)} \cdot a_t^{(k)}$$

次に，予測のため，メモリからの読み出しベクトル $v_t^{(k)}$ が計算される．これは $h_j^{(k)}$ とメモリキー M^k の類似度

から重み $w_j^{(k)}$ を計算し，メモリ値 M^v を集約する形式で表現される．

$$w_t^{(k)} = \text{softmax}(h_j^{(k)}(M^k)^T)$$

$$v_t^{(k)} = \sum_{j=1}^{M} w_j^{(k)} \cdot M_{t,j}^v$$

$$\theta_t = \text{FNN}_\theta(v_t^{(1)}),\ \zeta_t = \text{FNN}_\zeta(v_t^{(2)})$$

受検者パラメータは，逐次的に得られる応答情報からメモリを学習するため，未知の受検者に対しても予測精度の向上が期待される．最終的に，これらの予測したパラメータを用いて，以下のように回答が予測される．ここで，$\sigma(\cdot)$ はシグモイド関数である．

$$\text{正誤反応}: \hat{y}_1 = \sigma(W_{\hat{y}_1}(\hat{\theta}_i - \hat{\beta}_j) + b_{\hat{y}_1})$$

$$\text{所要時間}: \hat{y}_2 = W_{\hat{y}_2}(-\hat{\zeta}_i + \hat{\lambda}_j) + b_{\hat{y}_2}$$

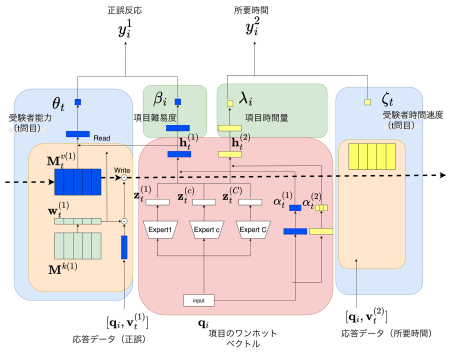


図 1: Online Learning MTDIRT

3. Online Learning Multi-Task Deep-IRT による所要時間を考慮した適応型テスト

本研究では，Online Learning Multi-Task Deep-IRT により，各項目への所要時間を予測する．予測した所要時間を用いて，制限時間内で回答可能であるという制約のもと，情報量を最大化するシャドウテストアプローチを用いて，項目の出題を行う．Online Learning Multi-Task Deep-IRT は，受検者から得られる応答情報（正誤反応，所要時間）をメモリに与えてオンライン学習を行うことで，受検者の能力や回答速度を逐次更新する．これにより，未知の受検者に対して，応答情報が得られるたび所要時間の予測精度が向上し，適応型テストにおける能力推定精度も向上が期待される．

4. 評価実験

本研究では，電気通信大学における入学時 CBT 学力調査試験結果（UEC 検定）を用いて，提案手法の有効性を示すため評価実験を行った．比較手法は，古典的な適応型テスト（CAT）と従来手法であるシャドウテストアプローチを用いた適応型テスト（STA）とする．試験は 100 項目で構成され，受検者数 666 人である．各手法で出題した項目に対する受検者の実データの正誤反応と所要時間を用いて回答をシミュレーションした．データは 10 分割交差検証により，事前データとシミュレーションデータに分割した．事前データを用いて項目パラメータの推定と Online Learning Multi-Task Deep-IRT の学習を行い，シミュレーションデータを用いて評価を行った．評価指標として，予測所要時間の誤差（RMSE），テストの所要時間の平均（Avg.time），出題項目数の平均（Avg.count），テスト情報量の平均（Avg.info）を用いた．

テスト終了条件には，制限時間（30 分，60 分）を設定した．結果を表 1 に示す．

表 1: テスト結果

制限時間	評価指標	CAT	STA	提案手法
30 分	RMSE	230.47 (243.17)	67.33 (4.14)	**64.56** (4.09)
	Avg.time (s)	1630.69 (82.17)	1684.03 (25.43)	**1763.65** (12.95)
	Avg.count	11.44 (3.07)	16.16 (2.52)	**18.03** (3.07)
	Avg.info	0.56 (0.32)	0.76 (0.33)	**0.81** (0.34)
60 分	RMSE	276.03 (291.27)	68.96 (4.57)	**65.61** (5.38)
	Avg.time (s)	3461.00 (46.51)	3476.79 (17.35)	**3560.09** (15.85)
	Avg.count	21.37 (3.15)	25.89 (2.44)	**27.61** (2.87)
	Avg.info	0.94 (0.38)	1.11 (0.44)	**1.19** (0.50)

それぞれの表の括弧には標準偏差の値を記した．表 1 より提案手法は，STA よりテスト所要時間の予測精度が高い．また，提案手法は最もテスト情報量を大きくすることができた．平均テスト所要時間は，提案手法が最も長くなっており，平均出題項目数は最も多くなっている．これは，制限時間内で十分に時間を活用し，出題項目数を多くすることができたと推測できる．このことから，提案手法は従来の手法と比較して，制限時間内でより多くの項目を出題し，能力推定精度を向上できた．

5. むすび

本研究では，適応型テストのための所要時間予測手法として Online Learning Multi-Task Deep-IRT を提案した．実データを用いたシミュレーション実験により，制限時間下において，提案手法は従来手法よりも多くの項目を出題し，能力推定精度を向上させることができた．

参考文献

(1) Wim J. van der Linden and Xinhui Xiong. Speededness and adaptive testing. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, Vol. 38, No. 4, pp. 418–438, 2013.

(2) Wim J Van der Linden. A hierarchical framework for modeling speed and accuracy on test items. *Psychometrika*, Vol. 72, No. 3, pp. 287–308, 2007.

(3) 石川文弥, 渕本壱真, 植野真臣. 問題項目への所要時間を予測する multi-task deep gaussian process. 人工知能学会研究会資料 先進的学習科学と工学研究会, Vol. 101, pp. 01–06, 2024.

(4) Jiaqi Ma, Zhe Zhao, Xinyang Yi, Jilin Chen, Lichan Hong, and Ed H. Chi. Modeling task relationships in multi-task learning with multi-gate mixture-of-experts. KDD '18, pp. 1930–1939, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.

生成系 AI を用いた学習成果の評価

Learning Outcomes Assessment Using Generative AI

染谷 銀志[*1]，上野 春毅[*2]，小松川 浩[*1]
Ginji SOMEYA[*1], Haruki UENO[*2], Hiroshi KOMATSUGAWA[*1]
[*1] 公立千歳科学技術大学大学院 理工学研究科
[*1]Graduate School of Science and Technology, Chitose Institute of Science and Technology
[*2] 公立千歳科学技術大学 理工学部
[*2]Faculty of Science and Technology, Chitose Institute of Science and Technology
Email: m2240320@photon.chitose.ac.jp

あらまし：著者らは，学習者のレポートや授業の目標設定といった学習成果を，生成系 AI を用いて自動評価し，その結果を学習者にフィードバックした．自動評価の結果と，教員による手動評価の結果とを比較し，どの程度自動評価が可能か検証するとともに，AI による評価を学習者にフィードバックすることの有用性を評価した．
キーワード：生成系 AI，学習成果，主体性，自動評価，フィードバック

1. はじめに

学習者本位の教育が求められる高等教育では，自律的に学習をする力が必要で，基本的な学習態度としての主体性を育むことが重要となる．このためには，教師が学習者の学習成果を評価し，それを学習者に戻す中で，学習者のメタ認知を高める取組が求められる．しかし，こうした取組を実効化するには，教員の定期的な評価に対する人的な負担を考慮しつつ，学習者の自律的な活動に繋げていくための有効な方策の検討が必要となる．

本研究では，生成系 AI を活用した学習成果の自動評価と，これを用いた学生へのフィードバック方策の有用性を調べ，主体性誘引の可能性を探ることを目的とする．この際，溝上が定義する主体性の 3 層モデル(1)のうち，短期的主体性と中期的主体性に着目する．そして，授業課題に対する評価と振り返り支援（短期的主体性）と，授業全体の目標設定と振り返り支援（中期的主体性）それぞれを生成系 AI によってどこまで自動評価できるかを検証する．その上で，AI 評価を学習者にフィードバックする方策の有用性を評価する．

2. 生成系 AI を用いた自動評価

本研究では，短期的主体性をレポート課題から評価し，中期的主体性を目標設定から評価した．目標設定は半学期（15 週）分の授業を見据えて記述するためである．本章では，短期的主体性と中期的主体性を，どのような評価方法によって，どの程度生成系 AI が自動評価できたのか記述する．

2.1 短期的主体性の自動評価

2.1.1 レポート課題の評価基準

本項では，短期的主体性の評価対象であるレポート課題の評価基準について説明する．本研究では，公立千歳科学技術大学秋学期 1 年の授業内でレポートを課した．レポートの設問を基に評価観点を 6 つ定め，各観点の記述の有無を評価基準とし，二値分類の 6 点満点とした．

2.1.2 自動評価方法

本項ではレポートの自動評価の流れ（図 1）について説明する．まず，レポート（学習成果）の文章データと教員の定めた評価観点の情報を，生成系 AI である ChatGPT のモデル 4o のプロンプト部分に組み込んだ．ChatGPT によって自動評価（AI 評価）された結果と，教員による手動評価の結果を比較し，どの程度自動評価が可能か検証した．

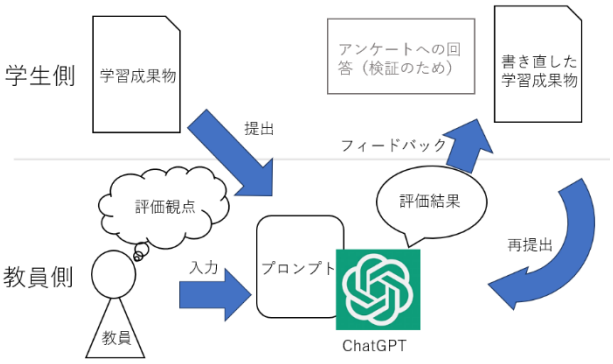


図 1 自動評価の流れ

2.1.3 自動評価結果

レポートについて，教員による評価結果の平均値と AI 評価の平均値（n=226）を表 1 に示す．

表 1 短期的主体性の評価結果（6 点満点）

	評価点数
教員評価の平均値	4.75
AI 評価の平均値	5.47

平均値には 0.7 点程の差があるが，6 つの評価観点別で評価した場合，一致率が約 9 割以上の観点 4 つと，一致率が 8 割を下回る観点 2 つに分かれた．

2.2 中期的主体性の自動評価

2.2.1 目標設定の評価基準

本研究では，公立千歳科学技術大学秋学期 1 年の授業内で目標･計画･方略の 3 つの設問を設定した．目標では「授業を通してどのような力を身につけるか」を記述し，計画では「設定した目標を達成するためにどのように取り組むか」を記述し，方略では「興味を持って取り組むことや挑戦したいこと」を記述する．これらをまとめて目標設定とする．

目標設定の評価基準は，まず，初回授業で学生が記述した内容を教員が確認したのちに，目標･計画･方略のそれぞれで 5~6 つの評価観点を定めた．レポートと同様に各観点の記述の有無を評価基準とし，二値分類としたが，目標設定については 5 個以上の観点を記述した場合も最大 4 点とした．

2.2.2 自動評価方法

目標設定の自動評価の流れは，レポートの自動評価の流れと同様である．目標・計画・方略のそれぞれについて，文章と評価観点の情報を ChatGPT のプロンプトに与えた．

2.2.3 自動評価結果

目標設定（n=237）の評価結果を表 2 に示す．

表 2 中期的主体性の評価結果（各 4 点満点）

	目標	計画	方略
教員評価の平均値	2.72	2.91	2.82
AI 評価の平均値	2.62	2.38	2.92

教員評価の平均値と AI 評価の平均値は，計画の項目において差が見られるが，他の 2 項目では近い値であった．

3. AI 評価のフィードバック方策の有用性

自動評価した結果を，学生にフィードバックする方策の有用性を評価した．

3.1 レポートにおけるフィードバック方策の有用性

3.1.1 授業設計とフィードバック方策の構築

自動評価により出力される評価結果を，個々の学生にフィードバックし，その結果を受けた上で学生にレポートの再提出を可能とする授業設計とした（図 1）．具体的には，学生自身が記述したレポートに対する AI 評価を，各学生がメールで確認できるようにした．評価結果には，自身のレポートに各評価観点の記述が含まれているか否かの〇×，そのように判断した理由，合計の評価点数が示されている．以上をフィードバックした上で，学生にアンケートを課し，評価観点の情報を共有した．この評価観点の情報を基に，AI 評価の結果が正しいと思うか否か（AI 評価妥当性）を回答させた．また，フィードバックの結果を受け，学生が自身の記述内容に不足があると判断した場合は，評価結果に関わらず再提出可能とした．再提出した場合は，改めて評価された結果が再びメールから確認可能である．学習者の学びを支援するこの一連の処理を，本研究ではフィードバック方策と定義する．

3.1.2 フィードバック方策の有用性評価

AI 評価妥当性，再提出した学生の割合，再提出後の AI 評価の平均値を表 3 に示す．

表 3 レポートのフィードバック結果（6 点満点）

	評価点数
学生視点の AI 評価妥当性	98.9%
再提出割合	11.1%
再提出後の AI 評価の平均値	5.63

学生視点では，AI 評価が正しいと判断した学生がほとんどであり，再提出する学生が約 1 割と少ない結果になった．しかし，表 1 の AI 評価の平均値より評価点数が 0.16 点ほど上昇した．

3.2 目標設定におけるフィードバック方策の有用性

3.2.1 授業設計とフィードバック方策の構築

レポート同様の授業設計とフィードバック方策のもと，フィードバックやアンケートを実施した．

3.2.2 フィードバック方策の有用性評価

AI 評価妥当性，再提出した学生の割合，再提出後の AI 評価の平均値を表 4 に示す．

表 4 目標設定のフィードバック結果(各 4 点満点)

	目標	計画	方略
学生視点の AI 評価妥当性	90.2%	82.8%	93.1%
再提出割合	70.7%	71.8%	63.2%
再提出後の AI 評価の平均値	3.49	3.30	3.57

学生視点で AI 評価が妥当と判断した学生が約 8~9 割であるにも関わらず，再提出する学生の割合が 7 割前後と高い．そして，再提出後の AI 評価では平均値が 0.65~0.95 程度高い．

4. おわりに

本研究では，学習成果の自動評価による結果と，教員評価による結果を比較するとともに，フィードバック方策を構築し，その有用性を評価した．自動評価については教員評価とある程度一致することが認められ，生成系 AI によって学生の能力を評価できる可能性があることが示唆された．また，AI 評価を学生にフィードバックすることで，学習者の自律的な活動に繋げることができる可能性が示された．

今後は，本研究で用いたフィードバック方策の仕組みを、他大学でも活用可能な汎用性のある仕組みに改善することで，他の教育機関においても能力評価が可能であるか検証する予定である．

参考文献

(1) 溝上慎一:“社会に生きる個性-自己と他者・拡張的パーソナリティ･エージェンシー”, 東信堂, 東京（2020）

設計理論におけるコア原理の再検討に向けて —第一原理に基づく ID 理論の分析から—

Toward a Reconsideration of Core Principles in Instructional Design Theories: An Analysis of ID Models Based on the First Principles of Instruction

根本 淳子[*1], 市川 尚[*2], 高橋 暁子[*3], 竹岡 篤永[*4], 鈴木 克明[*5]
Junko NEMOTO[*1], Hisashi ICHIKAWA[*2], Akiko TAKAHASHI[*3], Atsue TAKEOKA[*4], Katsuaki SUZUKI[*5]
[*1] 明治学院大学心理学部
[*1] Faculty of Psychology, Meiji gakuin University
[*2] 岩手県立大学ソフトウェア情報学部
[*2]Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University
[*3] 千葉工業大学情報変革科学部
[*3] Faculty of Innovative Information Science, Chiba Institute of Technology
[*4] 事業創造大学院大学新潟地域活性研究所
[*4] Niigata Regional Revitalization Institute, Graduate Institute for Entrepreneurial Studies
[*5] 武蔵野大学響学開発センター
[*5] Center for the Development of Enhanced Learning, Musashino University
Email: nemoto@psy.meijigakuin.ac.jp

あらまし：本稿では，Merrill の第一原理が現代の教育実践に有効かを検証するため，Reigeluth の書籍に収録された複数の理論を分析した．その結果，第一原理と部分的に整合する一方で，還元できない重要な設計要素も確認され，新たな普遍原理や状況依存的原理の再検討の必要性が示唆された．
キーワード：インストラクショナルデザイン（ID），第一原理，デザイン原理，

1. はじめに

新興技術の急速な進展や社会的構造の変化に伴い，現代の教育に求められる学習スキルはますます多様化している．特に，問題解決型学習やプロジェクトベース学習のように，複雑で文脈依存性の高い学習活動が重要視される傾向にある．こうした状況を踏まえ，筆者らは教育実践の設計理論として ID を再評価する必要があると考えた．

ID の研究領域では，Merrill による「第一原理（First Principles of Instruction）」[(1)]がよく知られており，これを軸として多様な理論やモデルが体系化されてきた．第一原理は，「現実的な課題」「活性化」「例示」「応用」「統合」という 5 つの原理から構成されており，これらが効果的な学習経験の設計にとって不可欠であるとされている．

しかし，この枠組みが革新的かつ実効性のある教育実践を支える十分な理論基盤となりうるのか，すなわち「変えてはならないコア概念」は本当に第一原理の 5 要素に還元できるのか，あるいはそれ以外に見落とされている普遍的あるいは状況依存的な要素が存在するのではないかという課題意識がある[(2)]．

2. 研究の目的

本研究は，ID における普遍的なデザイン原理の再検討を通して，「変えてはならないコア概念」を明確化することを目的とする．特に，第一原理に含まれる 5 つの要素が現代の教育実践においても依然として妥当かどうかを検証し，必要に応じて補完すべき新たな原理の有無を明らかにしようとしている．

本発表では，その一環として，Reigeluth らによって編纂された書籍『Instructional-Design Theories and Models: Building a Common Knowledge Base』[(3)] に収録された理論の設計原理を整理し，第一原理の枠組みに照らして検討した分析過程と結果を共有する．

3. 調査方法と対象

前章で述べた書籍は，ID の多様な理論を収録し，共通する知識基盤を「普遍的方法」と「状況依存原理」に整理している．特に「普遍的方法」は，第一原理を基軸に構成され，汎用的な設計原則の枠組みとして機能している．本書は，第一原理提唱（2002 年）以後に編纂され，複雑化・多様化する教育実践を踏まえた理論を多数収録しており，その有効性と限界を再検討する上で適切な参照枠と判断した．

本書の第 2 部はインストラクションの多様なアプローチを，第 3 部は異なる学習成果を重視する理論を扱う．各章の冒頭には，理論の前提や価値観，普遍的方法，依存的原理が Reigeluth により整理された「本章の概要」が記されている．これは単なる要約ではなく，理論の中核を示す重要な記述であり，比較分析の起点として有用である．必要に応じて本文に遡ることで，分析の精緻化も可能となる．本研究では，この「本章の概要」を中心資料として分析を行った．まず，各理論の概要記述を原文のまま抜粋し，第一原理との対応関係を明示するための整理表を作成した．次に，筆者らで分担し，各理論の「普遍的方法」が第一原理の 5 要素のいずれに該当するかを分類した．こその結果，いずれにも明確に該当しないが，教育デザイン上重要と考えられる要素が複数確認され，第一原理の枠組みを超える新たなコ

ア要素の候補として整理・記録した.

4. 第一原理に還元されない設計要素の検討

第一原理に含まれない新たなコア要素候補が確認されたのは，第 6, 7, 8, 9, 13 章の計 5 章であった．これらの章の設計観には，共通して次の 3 つの観点「学習者中心の共同体形成」,「学習の主体的遂行と責任の共有」,「学習者特性に応じた難易度調整」が見られた.

例えば，第 6 章では,「教師と学習者が学びの責任を共に分かち合う」ことや,「協調活動や多様な世界観を尊重する雰囲気をつくり出す」,「より民主的な学習コミュニティを奨励する」といった記述が示されている．これらは，教員と学生の間の一方向的な知識伝達ではなく，双方向的な関係性と参加を前提とするものであり，学習共同体の形成や参加者の主体性に関する設計観と関係する．また，第 8 章では,「学習者のニーズに合わせてガイダンスと支援のレベルを調整する」,「問題解決の初期段階には，予備的な内容とあわせて必要なスキルを身につけるための教材を提供する」といった記述が確認された．これらは，学習者の特性や状況に応じて支援内容を柔軟に変化させる必要性を示しており，メタ認知の促進や自律的学習の支援という観点から，第一原理には明示的に現れないが重要な設計要素と捉えることができる．以下に，各章の設計観をまとめる.

・第 6 章 : ディスカッションを用いたアプローチ

学生と教師の対話的学習を中心とする手法で，責任の分担，学習者の声や経験の尊重，民主的な参加の促進，批判的思考の育成，共同体としての学びが重視される．教師中心から責任共有型への転換を示すアプローチである.

・第 7 章 : 経験を用いたアプローチ

コルブの経験学習理論に基づき，学習者が経験の意味を能動的に再構成する「交渉者」として学ぶ姿勢が強調される．自己主導的な関与とそれに対するフィードバックが，学習の質を高める鍵となる.

・第 8 章 : 問題解決型学習を用いたアプローチ

PBI（Problem-Based Instruction）は，複雑で正解が一つに定まらない問題を中心に構成され，学習者が問題を分解し，独自に解決策を探るプロセスを通して学ぶ．能動的な知識構築を支援し，実生活との接続も促す.

・第 9 章 : シミュレーションを用いたアプローチ

変化する状況下で判断・行動を伴う統合的スキルを習得させる学習環境であり，計算モデルと学習者の相互作用に教育的支援機能（フィードバックやヒント等）が加わる．学習者の選択と行動を支援する設計が求められる.

・第 13 章 : 複数の領域にわたる総合的学習を促進する

テーマ中心型教授は，統括的なテーマによって複数の学習領域を統合し，内容と活動を関連づけることで，学習の相互理解と効果の向上を図るアプローチである.

これらの章に共通するのは，学習者が能動的に学習のプロセスに関与し，その過程で状況や目的に応じて学習内容や方法が柔軟に調整されることである．また,「共同体の形成」「選択の自由」「意味の再構成」「構造化の主体性」など，第一原理では必ずしも明示されないが，現代の学習環境において重要とされる設計要素が明らかになった.

今後の課題としてこれらの要素が「普遍原理」たりうるのか，あるいは「状況依存的原理」として柔軟に適用すべきものかについての整理が求められる.

5. まとめ

本研究では，第一原理が，現代の複雑化した教育実践において依然として有効な設計指針であるかを，対象書籍(1)に収録された理論群を対象に，それぞれの設計原理を第一原理の 5 要素に照らして分類・分析を行った.

結果，多くの理論が第一原理と部分的に整合する一方で，それでは捉えきれない重要な設計要素も複数の理論から抽出された．こうした視点は第一原理の 5 要素には明示されていないが，各章で中核的に扱われていた．これらが顕著に現れたのは，ディスカッション，経験学習，問題解決学習，シミュレーション，テーマ中心型学習といったアプローチであり, いずれも文脈や真正さを重視する傾向があった．また，真正さが重視される場面は，学習活動や問題状況，評価の構造など，理論ごとに異なっていた.

こうした要素が「普遍原理」として再定義できるのか，あるいは「状況依存的原理」として設計に取り込むべきかは，今後の検討課題である．併せて，分類の妥当性と信頼性を高めるために複数人によるクロスチェックが必要であり，教育実践との照合を通じた理論の有効性検証も求められる．今後は，第一原理を基軸としつつ，学習者の能動性や文脈の複雑性に応じた柔軟な設計を可能にする ID 理論の再構築をめざす.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 24K00457 の助成を受けた.

参考文献

(1) Merrill, M. D.. “First principles of instruction. Educational Technology Research and Development”, 50(3), 43–59. (2002)
(2) 鈴木克明，市川尚，根本淳子，高橋暁子，竹岡篤永．教授設計理論のコア概念の整理と学習経験デザイン構築に関する実証的研究の構想，日本教育工学会 2024 年秋季全国大会予稿集，p. 719-720（2024）
(3) Reigeluth, C.M., & Carr-Chellman, A.A. (Eds.). “Instructional-Design Theories and Models, Volume III: Building a Common Knowledge Base(1st ed.)” Routledge(2009). (C.M.ライゲルース，A.A.カー=シェルマン (著, 編集), 鈴木 克明, 林 雄介 (監修, 翻訳) インストラクショナルデザインの理論とモデル: 共通知識基盤の構築に向けて，北大路書房（2016）

オンデマンド型と対面型の初学者向けデータサイエンスクラスにおける学習成果の比較

Comparison of Learning Outcomes in On-Demand and Face-to-Face Introductory Data Science Classes

匂坂智子[*1]，仲田知弘[*2]，渡辺成良[*3]
Tomoko SAGISAKA[*1], Tomohiro NAKADA[*2], Shigeyoshi WATANABE[*3]
[*1] 白百合女子大学，[*2] 文京学院大学，[*3] 電気通信大学
Email: sagisaka@shirayuri.ac.jp

あらまし：近年，文理問わずデータサイエンス教育が大学教育の一つになりつつある．白百合女子大学では 2022 年度よりオンデマンド型のデータサイエンスクラスを開講し，2024 年度後期からは同じ教材とシラバスを用いた対面型授業を実施している．本稿では同時期に行ったオンデマンド型と対面型のデータサイエンスクラスを履修する学習者の特徴を，授業の事後アンケート結果から明らかにする．
キーワード：オンデマンド型，対面型，データサイエンス教育，アンケート調査，リテラシーレベル

1. はじめに

近年，文理問わずデータサイエンス教育が大学教育の一つになりつつある．白百合女子大学では 2022 年度よりオンデマンド型の初学者向けデータサイエンスクラス（選択科目）を全学対象に開講し，翌年の 2023 年には，文部科学省の数理・データサイエンス・教育プログラム認定制度「リテラシーレベル」を取得した．さらに，2024 年度後期からは対面型授業を 1 年次の必修科目として開講した．現在は 2 年生以上が選択科目としてオンデマンド型授業を履修し，1 年生が必修科目として対面型授業を受講している．どちらの授業も同じ教材とシラバスを使用し，統一されたカリキュラムで進められている．

著者らは，文系大学でデータサイエンスを履修する学習者のモデリングと支援方法の研究を行っている．本研究では，2 つの異なる形態の授業における学習者の特徴や学習結果の違いを明らかにすることを目的としている．本稿では，同時期に実施されたオンデマンド型と対面型のデータサイエンスクラスの履修者を対象に実施したアンケート結果を分析し，学習者の特徴を明らかにする．

2. 対象者と授業の実施方法

2.1 オンデマンド型

白百合女子大学は 2 学部 6 学科の文系大学である．2022 年度より「はじめてのデータサイエンス」を全学対象に，半期 2 単位の選択科目として完全オンデマンド型で開講した．授業は「講義」と「実習」の二部構成とし，文部科学省のリテラシー認定要件である［導入］・［基礎］・［心得］の要素を 15 回の授業で行う．受講方法は，毎週配信される AI の知識や情報倫理に関する「講義」ビデオを視聴後，ドリル式の「確認テスト」に答える．一方，「実習」では Excel を用いたデータ処理課題が毎週出され，期日までに提出が求められる．課題の締め切りから 2 日以内に，TA（Teaching Assistant）と授業担当者が採点し，結果をフィードバックする．授業で使用する教材は，LMS（Learning Management System）を通じて配信される．実習で使用する Excel の補助教科書以外はすべてオリジナルの教材である．提供するビデオ教材は合計 83 本（概要説明 2 本，講義 16 本，実習 15 本，操作解説 50 本）で構成されている．成績評価は「確認テスト」と「課題提出」の結果，そして 15 回目に実施する「期末テスト」の結果に基づいて行う．

2.2 対面型

2024 年後期より 1 年生必修科目として開講した．3 名の専任教員が 12 クラスを担当し，オンデマンド型と同じシラバスに従い，全クラスで進度を統一して対面授業を行う． SA（Student Assistant）1 名が各クラスにつきサポートする．授業は主に「実習」で Excel を用いた基礎統計を行う．「講義」として AI の知識や情報倫理を扱うが，授業時間内には実施せず，毎週期日までに「講義」ビデオを視聴し，確認テストを受ける形となる．授業 15 回目には，全クラス共通の期末試験を実施する．成績評価は，確認テストと課題提出の結果，期末試験の総合点によって行う．

3. 実施状況

「はじめてのデータサイエンス」は 2022 年度から 2024 年度までの 3 年間わたり開講された．オンデマンド型の履修登録者 285 名のうち 231 名が修了．修了率は 81%となっている（表 1）．一方，2024 年の対面型は履修登録者 285 名のうち 255 名が修了．修了率は 89%となっている（表 2）．

表 1 オンデマンド型 修了率 2022 年～2024 年

	履修者数	修了者数	修了率
文学部	159	125	79%
人間総合	126	106	84%
合計	285	231	81%

表 2 対面型 修了率(2024 年度)

	履修者数	修了者数	修了率
文学部	129	109	84%
人間総合	156	146	94%
合計	285	255	89%

3.1 テスト結果と授業の難易度

2024 年度期末テストの結果について述べる．

オンデマンド型は 77 名中 57 名が受験し，平均点は 168 点（200 点満点），標準偏差は 31.2 だった．一方，対面型は 286 名中 248 名が受験し，平均点は 144 点，標準偏差は 36.1 だった．平均点に 24 点差があるが，受験者数やテスト実施方法，履修者の学年の違いが影響している可能性がある．学科による点数の差も大きく，今後さらに詳細な分析が必要である．

期末テスト後に実施したアンケートで授業難易度を聞いたところ，オンデマンド型（n=57）の 5 段階評価では，「とても難しい」9%，「やや難しい」53%，「ちょうどよい」37%，「簡単」0%，「とても簡単」2%という結果だった．一方，対面型（n=248）は「とても難しい」15%，「やや難しい」54%，「ちょうどよい」27%，「簡単」3%，「とても簡単」1%だった．対面型のほうが「やや難しい～難しい」と答えた割合がオンデマンド型より 15%高く，難易度の認識に違いがあることが示された．

3.2 アンケート結果

図 1 はオンデマンド型（オン）と対面型（対面）の違いについてまとめたものである．

1. シラバス理解：「事前にシラバスを読み，授業内容を把握して授業を受けたか」という質問に対し，オンデマンド型のほうが対面型よりも 20%以上高く「はい」と答えている．これはオンデマンド型の履修者が選択科目の履修登録時にシラバスを事前に読んで授業内容について理解しているのに対し，対面型では必修科目のため，その必要がないことが関係している．シラバスさえ未確認の履修者もいると考えられる．
2. 目標達成：「私はこの授業の到達目標を達成できた」という質問では，オンデマンド型のほうが 10%ほど高く「はい」と答えている．
3. 授業計画：「教員はシラバスに記載された内容を適切に扱ったか」について授業内容を理解しているオンデマンド型のほうが「はい」の割合が高かった．
4. わかり易さ：「教材の説明や指示はわかりやすかったか」についてはオンデマンド型のほうが高い結果となった．オンデマンド型は解説ビデオや実習の操作ビデオが多く提供され，わからない箇所を繰り返し確認できる点が評価されている．一方，対面型では教員の説明に委ねられるため，アンケートの自由記述には「授業の説明が速すぎて操作についていけなかった」という回答が見られた．
5. フィードバック：「教員は学生からの質問に適切に応答していたか」についてはオンデマンド授業のほうが「はい」の割合が高かった．オンデマンド授業では課題提出締切日から 2 日以内にコメント付でフィードバックを行う体制が整えられている．
6. 授業の満足度：「全体としてこの授業を受けて良かったか」についてオンデマンド型履修者は 100%「はい」と答えている．

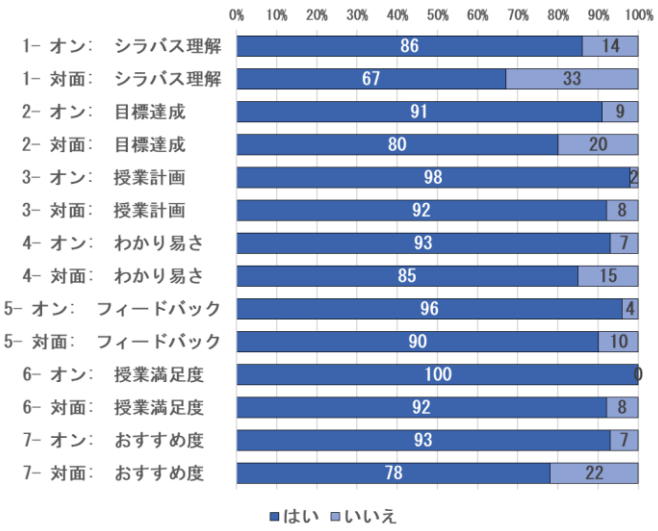


図 1 オンデマンド型と対面型の比較

7. おすすめ度：「この授業を他の学生にもすすめたいか」という質問についても，オンデマンド型が対面型よりも 15%以上高い割合で「はい」と答えた．

4. 考察

学習成果が高い履修者の共通点として，授業開始前にシラバスを確認し，到達目標を理解した上で，必要な教材や課題を把握し，毎週期限までに課題を提出するという学習習慣が挙げられる．このような履修者は，学習計画を自身で立て，主体的に学習を進める傾向が強い．

対面授業を導入する前は，「対面型のほうが教員や SA が直接学生の様子を確認し，サポートできるため，履修者にとって良いのではないか」と考えていた．しかし，実際にはオンデマンド型のほうが履修者の課題への取り組みが積極的で，テスト結果も含めて概ね良好な学習結果が示された．

対面授業では，履修者が自発的に教材に取り組むというよりも，教員から与えられた課題をこなすだけになりがちであり，操作方法も含めてわからない場合には SA に依存する傾向が見られた．一方で，オンデマンド型では，履修者が計画的に学習を進める姿勢が強くより自律的な学習者といえる．

5. まとめと今後の展望

本稿ではオンデマンド型と対面型の 2 つの異なる形態の授業における学習者の特徴や学習成果の違いを明らかにした．今後は,テスト結果や LMS のログなどをさらに分析し，データサイエンス修了者と未修了者の予測モデルを検討したい．

参考文献

（1）仲田知弘，匂坂智子: “系大学のデータサイエンス教育における学習者特性”，教育システム情報学会 2024 年度第 1 回研究会（2024）

本研究は JSPS 科研費(24K06266)の助成を受けたものです．

F5-3

医療技術学部における数理データサイエンス AI 教育プログラム（応用基礎レベルプラス）の実践

Practice of MDASH (Advanced Literacy Plus) in School of Medical Technology

二瓶　裕之[*1], 高橋　祐司[*1], 西牧　可織[*1], 米田　龍大[*1]
Hiroyuki Nihei[*1], Yuji Takahashi[*1], Kaori Nishimaki [*1], Ryuta Yoneta[*1]
[*1] 北海道医療大学
[*1] Health Sciences University of Hokkaido
Email: nihei@hoku-iryo-u.ac.jp

あらまし：医療技術学部における数理データサイエンス AI 教育プログラム（応用基礎レベル）の授業設計と実践について報告する。臨床検査技師を目指す学生の「学ぶ楽しさ」と「学修の効果」を両立するため模型都市を使った教材を開発した。また、授業映像からオンライン学修教材を自動生成するマルチモーダル生成 AI システムも開発し、学生の学びを支援した。本プログラムは「応用基礎レベルプラス」として選定されている。
キーワード：数理データサイエンス AI 教育、応用基礎レベル、臨床検査、オンライン、生成 AI

1.　はじめに

電子カルテや検査データの解析、診断支援システム、医療画像認識などを例に、AI 技術やデータサイエンスは医療現場でも急速に導入が進んでおり、医療従事者にとってもデータサイエンスや AI 活用能力が問われつつある。これに伴い、医療従事者には医療専門知識に加えて、ビッグデータや AI を活用して現場の課題解決につなげる素養が求められるようになってきた。

文部科学省でも、数理・データサイエンス・AI 教育プログラム（MDASH）認定制度を整備し、全国の大学でデータサイエンス教育の導入が進んでいる[(1)]。しかし、医療系学部では国家試験に直結したコアカリキュラムが優先されることから、データサイエンス教育の実践には依然として課題が残されている。

このような背景の中、北海道医療大学（以下、本学）医療技術学部では、医療系大学におけるデータサイエンス教育が抱える課題を克服しつつ、2023 年度より、「医療データサイエンス入門 I・II」など複数の授業科目を組み合わせながら、MDASH 応用基礎レベルの教育プログラムを独自に設計して実践してきた。本教育プログラムについては、2024 年度に、文部科学省から、MDASH 応用基礎レベルプラスに選定されている。

本稿では、医療技術学部におけるカリキュラムと教材開発の工夫、生成 AI を活用したマルチモーダル教材生成システム（クラフト AI）を導入した取り組みについて報告する。さらに、学生の学びや授業評価の結果などについても言及する。

2.　カリキュラム・教材開発

2.1 カリキュラムの開講時期

本学医療技術学部では、2 年次以降に、指定のコアカリキュラムや国家試験（臨床検査技師）に向けた対応があることから、比較的時間割に余裕のある 1 年時に、MDASH リテラシーレベルと応用基礎レベルを構成する授業科目を配置した。具体的には、１年前期に「医療情報処理演習」（1 単位・必修）、「情報科学」（2 単位・必修）を配置し、さらに、1 年後期に、「医療データサイエンス入門 I・II」（各 1 単位・選択）を専門選択科目として開講することとした。特に、「医療データサイエンス入門 I・II」については、データサイエンスの内容が高度になることから、1 日に、3 コマ連続で開講し、学生が 1 つのテーマについて集中して学べる工夫をした。

また、各科目では、Google Colaboratory などクラウド環境を活用して、学生全員が自身の必携 PC を使って、同じ演習プラットフォームでプログラミングや解析課題に取り組めるようにした。

2.2 模型都市を用いた体験型学修

さらに、学修内容としても、細胞診断やエコー画像解析など、臨床検査領域でも重要視されている画像認識・物体検出をはじめとした「認識」技術に注力することとした。そのため、AI による認識技術の仕組みや実装方法を体験できる教材開発が課題となった。これを解決するために独自に開発をしたのが、レゴブロックで作った「模型都市」である。模型都市には、日常生活の様々なシーン（横断歩道を渡る車いすのかたなど）を用意し、これらのシーンを認識できるモデル（畳み込みニューラルネットワークモデル）を、学生一人一人が実装できるようにした。

レゴブロックで作った模型都市（図１）は色・形が明確なため、ノイズの少ない画像で認識モデルを作成・評価することができる。最終的には、自分で畳み込みニューラルネットワークモデルに学習をさせて、画像認識や物体検出モデルを設計・調整して、達成感や学ぶ楽しさを実感できるようにした。

図１　模型都市

2.3 生成 AI の活用

また、本プログラムでは、学生が AI を「使う」だけでなく、「AI と共生し、新たな学びや発想を得る」経験を重視している。例えば、グループディスカッションには生成 AI の意見も交えて議論をして、学生が AI の提案内容を自ら検証して批判的思考力を磨けるようにした。また、プレゼンテーション演習では画像生成 AI で作成したイラストを資料に活用し、表現の幅を広げられるようにした。

3.　マルチモーダル生成 AI による教材生成

3.1 クラフト AI の開発

さらに、学生の学修支援を目的に、授業映像から AI が自動的にマルチモーダルな学修コンテンツを生成する「クラフト AI」システムを独自に開発して、授業に導入している。

クラフト AI は、教員が授業を録画するだけで、その映像を自動的に約 3 分ごとのクリップへと分割し、クリップごとに発話内容の要約やテーマ、目次情報などを生成したうえで、オンライン学修教材を生成する。学生はクリップ映像と要約・目次情報を活用することで、必要な内容をピンポイントで探し出し、自分のペースで復習や予習、ノートを進めることができるようにした。

図２　オンライン学修教材

3.2 探求・多言語学修、ナレッジガイドビデオ

クラフト AI の特徴は「論述学修」「探求学修」「多言語学修」の三位一体機能にある。学生は録画映像を見ながら、AI が自動生成した要約ノートや目次を参考に自分の理解を深められるだけでなく、AI エージェントに質問すれば、関連するクリップ映像とともにピンポイント解説を受けられる。さらに、映像・発話内容は英語・中国語など多言語化され、国際的な学修環境にも対応できるようにした。加えて、80 分の講義を 2 分に要約したナレッジガイドビデオも自動生成するようにしており、反転授業などにも有効に活用できるようにした。

4.　実践評価と学生の反応

「医療データサイエンス入門Ⅰ」に関しては、令和 5 年度は 17 名（対象学年の学生数の約 23%）の履修者があった。「医療データサイエンス入門Ⅰ」も含めた選択科目の授業科目数は併せて 6 科目あり、そこから 1 単位（1 授業科目）を履修することが卒業要件であることから、良好な履修率であったと考える。さらに、アドバンスな授業内容である「医療データサイエンス入門Ⅱ」についても 7 名が履修・修得した。

「医療データサイエンス入門Ⅰ」の授業アンケートでは、「実践的な作業が多く新鮮であった。」、「AI は間違ったり、エラーを起こしたりすることもあり、使い方を模索する必要がある。」、「AI の認識能力が医療に貢献すると感じた」などの感想があった。また、画像診断技術と超音波検査やエコー検査との関連性についてコメントした感想もあるなど、一定の理解度が見受けられた。「医療データサイエンス入門Ⅱ」でも、「医療と AI の共生が今後より求められると思うので、データサイエンスの講義で得たことを生かす場があればいい」などの感想もあり、AI の仕組みや可能性についての理解があったと考える。

5.　むすび

本学医療技術学部で開講した MDASH 応用基礎レベルの教育プログラムについて報告した。臨床検査にかかわる専門教育科目との両立を図りながら、1 年次からの体験型 AI・データサイエンス教育を実践してきた。学生アンケートの結果からも、模型都市やマルチモーダル生成 AI であるクラフト AI などの教材・システムの導入により、一定の学修効果が認められたものと考える。今後は、教育効果のさらなる検証とともに、他学部や他大学への展開、さらなる国際化、多様な学習者への適応を目指し、持続的な教育改善を続けていく。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 22H01051 の助成を受けた

参考文献

(1) 新原 俊樹: “数理・データサイエンス・AI 教育プログラムの実状”, 日本教育工学会論文誌, Vol. 47, No. 2, pp. 333-342 (2023)

F5-4

問題解決過程に関する批判的思考力育成のための レポート作成支援 AI の適用

Application of Essay Writing Support AI to Develop Critical Thinking Skills Focusing on Problem Solving Process

仲林 清[*1 *2]
Kiyoshi NAKABAYASHI[*1 *2]
[*1] 公立千歳科学技術大学, [*2] 熊本大学
[*1] Chitose Institute of Science and Technology, [*2] Kumamoto University
Email: knaka@net.it-chiba.ac.jp

あらまし：問題解決過程に着目した批判的思考を促すための授業におけるレポート作成支援 AI の効果検証を行う．本授業では，学習者が既有知識を有すると想定される問題領域の知識体系を説明し，その観点に基づいて具体事例のビデオ視聴, 分析レポート提出を行う. 次回授業で全員のレポートを配布・紹介し，自他の考えを比較・吟味させる．この学習において，ビデオ中の人物の行動を問題解決過程と捉え，批判的思考の「規準に従う論理的・合理的思考」,「文脈に応じた目標志向的思考」という観点から分析させる．学習者の問題解決過程に着目したレポート作成を支援する生成 AI の効果を検証する．
キーワード：批判的思考，問題解決，ドキュメンタリービデオ，レポート作成支援，生成 AI

1. はじめに

批判的思考力は，今後の重要な能力のひとつとして 21 世紀型スキル(1)の中に位置づけられ，多くの論考や教育実践も存在している(2)-(5)．筆者は，講義型の多人数授業で，批判的思考を促進するための授業設計を提案・実践した(6)(7)．本稿では，批判的思考の中でも問題解決過程に着目し，生成 AI によるレポート作成支援(8)を行った結果を報告する．

2. 批判的思考と教育方法

批判的思考は「規準に従う論理的・合理的思考」,「推論プロセスを意識的に吟味する内省的思考」,「文脈に応じて実行される目標志向的思考」の 3 つの観点で定義される(5)．批判的思考の教育方法は大きく，「一般原則を教えるジェネラルアプローチ」,「特定科目の中で批判的思考を明示的に教えるインフュージョンアプローチ」,「特定科目の中で批判的思考を誘発させるイマージョンアプローチ」に分類される(2)(4)．いずれの場合も，学習者の相互作用促進のためグループワークなどを行う形態が多く(4)，多人数授業への拡張が難しいという問題がある．また，学習者の協同が必ずしも効果的でないというメタ分析も存在する(3)．これに対し，筆者はグループワークなどを伴わない講義型の多人数授業で批判的思考を促す授業設計を行い，Suica の開発・普及過程をネットワーク外部性の観点から考察させる実践(6)を行った．この結果，批判的思考の観点のうち「内省的思考」の促進には効果が見られたが,「論理的・合理的思考」「目標志向的思考」には明確な効果が見られなかった(6)(7)．これを受けて，今回，授業問題解決過程に着目して批判的思考を促進する授業を検討し，その中で AI によるレポート作成支援を実施した．

3. 批判的思考を促す授業設計の方針

本授業設計は，前述の批判的思考の 3 つの観点を包含し,「批判的思考を明示的に教えるインフュージョンアプローチ」に近い形態を採る(6)．授業設計の枠組みを図 1 に示す．学習者が経験・既有知識を有すると想定される問題領域の理論・知識体系を説明し，知識体系の観点に基づいて具体事例のビデオを視聴させ，分析レポートを提出させる．次回授業で全員のレポートを配布し，教員が適宜紹介して自他の考えを比較・吟味させる．必要に応じてこれを繰り返す．この過程において上記の 3 つの観点を明示的に伝えることで, 以下のように批判的思考を促進する．

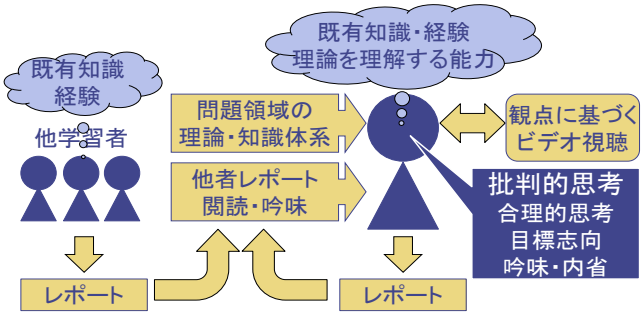


図 1 授業設計の枠組み

観点 1: 規準に従う論理的・合理的思考

先の実践(6)では対象問題領域として Suica の開発・普及過程とネットワーク外部性の関係という「企業のビジネスモデル」を取り上げた．このような領域では，明確な正解はないが，経験から導かれた体系的な理論や知識が存在する．これらの理論・知識を現実の場面に適用したレポートを作成させることで, 状況の論理的な分析が可能となり，合理的な解決策の見通しが得られる，という思考を促進する．

観点 2: 推論プロセスを吟味する内省的思考

批判的思考では自身の思考をメタ認知的にモニタリング・コントロールすることが重要である(5). 本研究ではこれを促進させるため他者レポートの閲読を活用する．同じビデオを視聴してこれに体系的知識を適用して様々に解釈していると考えられる他者のレポートを閲読させ，自身の解釈・分析と比較させることで，自身の思考プロセスを内省させる．

観点 3：文脈に応じて実行される目標志向的思考

批判的思考は，現実の目標に照らして適切な状況で発揮することが重要である(5). ビデオでは，現実の真正な文脈における登場人物の問題解決行動が描かれる．彼らの問題解決の目標・文脈に鑑みて，脱文脈化された体系的知識をその状況に適用することが適切か否かを検討させることで，文脈に応じた目標志向的思考を促進する．

4. レポート作成支援 AI の構成

レポート作成支援 AI の構成を図 2 に示す．事前に設定したプロンプトと学習者の入力を合わせて ChatGPT に送り，その応答を学習者に戻す．支援モードとして，「推敲」「強化」「ヒント」の三つを設け，学習者に選択させる．推敲モードでは学習者が作成したレポート文に対するアドバイスを行う，強化モードではシステムから学習内容に関する質問を投げかけて説明を行わせ，ヒントモードでは学習者からキーワードなどに関する質問を行う．

事前プロンプトは三つのモードに対応したプロンプトと学習内容に関する共通プロンプトから構成した. 共通プロンプトには,「ドキュメンタリービデオ・授業内容の要点」「レポート課題文」「それに対する解答の要点」が含まれており，三つのモードのプロンプトはいずれも共通プロンプトを参照して応答を行う指示を記述している．

特に前年度の授業では，学習者がビデオに現れる問題解決過程を十分に意識できていない傾向が見られた(7)ため，共通プロンプトではドキュメンタリービデオ中の Suica 開発・普及過程における「IC カードのかざし方の問題」,「磁気式改札との入れ替えの判断」など複数の課題と解決策を明示した．

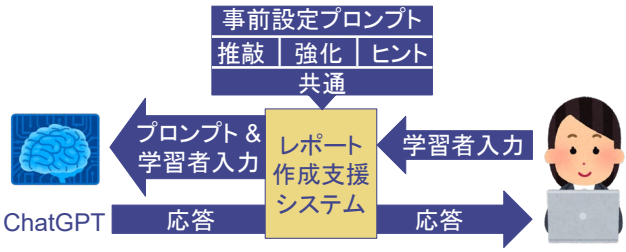


図 2　レポート作成支援 AI の構成

5. 授業の実施

Suica の開発・普及過程とネットワーク外部性の関係を考察させる授業に，上記のインフュージョンアプローチの介入を組み込み(6)，さらにレポート作成支援 AI を適用した授業を 2025 年度前期にオンデマンドで実施した．全体の構成や講義の内容は従来と同一であるが，問題解決過程を意識させるために AI を適用した以外に，レポート課題文を一部修正した．例えば「Suica の開発導入における組織的・技術的課題は何だったか.」という課題文に「それらの課題の解決策はどのようなものだったか？解決策は合理的だったか？」という文言を追加した．

授業では，短長 2 回のレポートを提出させているが，作成支援 AI は 2 回目の長いレポートの作成で使用させた．使用は任意とし，間違った応答の可能性もあるため自分で内容を再確認するよう注意喚起した．2 回目のレポート提出者 109 名中 21 名が作成支援 AI を使用した．現在，レポートの提出が終わり，授業アンケートを集計中であるが，利用者・非使用者からから表 1 のようなコメントが得られている．今後，レポートの内容も含め，批判的思考の観点から効果を評価する必要がある．

表 1 レポート作成支援 AI に関するコメント

【使用者】AI にレポート作成を手伝ってもらって，考えが整理しやすくなったり、書き方のヒントをもらえたりして助かりました. でも, 頼りすぎると自分の頭で考える力が落ちそうだなとも感じました．うまくバランスをとって使っていきたいです。
【非使用者】自分で一から作成することで文章を作成する能力を上げたかったため，支援 AI を使用しなかった. 先週からビデオを視聴したことで、述べたい事柄を事前に整理できていた. また AI の能力が十分でないため，自分で再度間違いを確認する作業が面倒に感じたことも理由の一つである.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 24K06331 の助成を受けた．

参考文献

(1) P.グリフィン，他（編），三宅なほみ，他（監訳）: “21 世紀型スキル: 学びと評価の新たなかたち”，北大路書房 (2014)
(2) Ennis, R.H.: “Critical Thinking and Subject Specificity: Clarification and Needed Research”, Educational Researcher, 18, pp.4-10 (1989)
(3) Abrami, P.C.: “Instructional Interventions Affecting Critical Thinking Skills and Dispositions: A Stage 1 Meta-Analysis”, Review of Educational Research, 78, pp.1102-1134(2008)
(4) 道田泰司 : “批判的思考教育の展望”，教育心理学年報 52, 128-139 (2013)
(5) 楠見 孝 : 批判的思考力を育む－学士力と社会人基礎力の基盤形成－，有斐閣 (2011)
(6) 仲林 清 : “ビデオ視聴と自他レポート吟味による批判的思考力育成のための授業設計”，教育システム情報学会誌，Vol.41, No.2, pp.149-161 (2024)
(7) 仲林 清 : “問題解決過程に着目したビデオと自他レポート吟味による批判的思考力育成の授業設計”，教育システム情報学会，第 49 回全国大会, pp.19-20 (2024)
(8) 仲林 清，甲斐晶子 : “レポート作成における論理的思考の生成 AI による支援の試行”, 教育システム情報学会 2024 年度特集論文研究会，pp.17-24 (2025)

Unix/Linux のファイルシステムにおける階層構造に関する学習手法の検討

Investigation of learning methods on hierarchical structures in Unix/Linux file systems

杉田 敦章[*1]，深町 賢一[*1]，仲林 清[*1]
Nobuaki Sugita[*1], Kenichi FUKAMACHI[*1], Kiyoshi NAKABAYASHI[*1]
[*1] 公立千歳科学技術大学大学院 理工学研究科
[*1]Graduate School of Science and Engineering, Chitose Institute of Science and Technology
Email: m2240290@photonc.hitose.ac.jp

あらまし：近年のクラウド技術の普及によって，Unix/Linux コマンドの知識は情報技術者にとって欠かせないものとなりつつある．しかし， 高校や大学の教育課程ではそれらの知識を習得したり活用したりする体制が不十分となっているのが現状である．本研究ではその中でも Unix/Linux ファイルシステムの階層構造に焦点を当て，テキストを通じた学習によって学生が階層構造の考え方を身につけられているかどうかを確認する．
キーワード：Unix/Linux コマンド，階層構造，ファイルシステム

1. はじめに

近年，プログラミングとクラウドに関する技術は社会において不可欠な技能になりつつある．企業はクラウドサービスを利用してシステムを構成できる人材の育成や雇用に力を入れる傾向が見られる[1].

このような傾向がある一方で，高校における情報 I（必修）や大学における数理データサイエンス教育（文理問わず全大学で求められる教育内容）では，クラウドを用いて開発業務をするために必須である Unix/Linux コマンドに関わる知識やそれらの活用に関する授業は設定されていないのが現状である．この問題を解決するためには，高校や大学における情報教育初学者向けに，Unix/Linux コマンドを理解させる教育プログラムの実施が必要となる．

本研究は，高校や大学で初めて Unix/Linux コマンドを学ぶ学生が，Unix/Linux ファイルシステムの階層構造（以下階層構造とする）や関連概念・コマンドを理解するための効果的な手法を検討することを目的としている．階層構造は基本情報技術者試験のシラバスにも含まれており，情報技術者にとって重要な知識の 1 つと言える[2]．本研究では，初学者に対する手法として，テキストを通じた学習によって初学者に Unix/Linux のファイルシステムにおける階層構造（以下階層構造とする）の考え方が学生に身につくかどうかを確認した．

2. 調査方法とその結果

2.1 調査の方法

調査はプレテスト，演習期間，ポストテストの 3 段階で実施した．プレテストとポストテストでは図 1 に示す問題を共に使用した．どちらの問題も，Unix/Linux のファイルシステムにおける階層構造（以下階層構造とする）の考え方が学生に身についているかどうかを確認した．

Q1 では，実際の授業で使用した URL に関する説明を入れた上で，条件を提示して，それに沿う URL を学生に考えてもらうという問題を出題した. Q2 では，身近な階層構造の例として住所を用いて学生が階層構造を意識したデータ構造を作ることができるかどうかを確認するための問題を出題した. Q2 の問題は(1)，(2)の 2 つに分かれており，(1)で日本各地の住所からデータを作る問題を出題し，(2)では(1)で作ったデータの中に，新たに都道府県の欠落した住所のデータを作る問題を出題した. 出題の目的として，Q1 及び Q2(1)は今後も増えていく情報を整理する際に，物事の大小を考えて分類しているかを確認するため，Q2(2)は元のデータの中に一部が欠落したデータを新たに入れる際，それまでのデータから分類のルールを導き，足りないデータを補完して作ることが出来るかを確認するために出題している．また，全ての問題で学生が何故そのような解答をしたかを知るために理由を記述して貰った．

以下に学生に対して出題した問題文を載せる．

> Q1：「情報システム開発基礎演習　第 3 回」の授業でじゃんけんサーバを作る際に用いた URL https://api.fml.org/api/janken/v1 の中にある「/api/janken/v1」とは，「『api』の中でも『じゃんけん機能を持つもの』で『その中のバージョン 1』」という意味を持たせています．
>
> では，この URL「https://api.fml.org/api/janken/v1」に，新たに本の ISBN 検索ができる機能を追加で実装する際の URL を考えてください．
>
> 但し，条件は以下の通りです．
> ・作成する URL は 「https://api.fml.org/」 から始めること．その先の URL は自分で考えてください．

・このサーバにはもともとじゃんけんゲーム機能がありますが，今後も本の検索機能以外に多くの機能を実装する予定がある．
・将来，この検索機能を拡張することを考えてURL を作ること．
　また，なぜその URL を考えたかの理由も書いてください．

Q2：日本各地の郵便物や宅配便を送り先ごとに仕分けるためのプロジェクトに参加することになったあなたは，送り先ごとに配送物の管理をするためのフォルダを作る仕事を任されることになりました．この時，以下の 2 つの問いに答えてください．
（1）あなたはデータを作る練習として，以下に示す地点 A～地点 H までの住所をデータにしてほしいと頼まれました．
　この時，あなたならどのような形でデータを作りますか．また，そのような形でデータを作った理由も書いて下さい．
　地点 A：東京都千代田区丸の内 1 丁目
　地点 B：北海道札幌市北区北 6 条西 4 丁目
（中略）
（2）（1）であなたが作ったデータに，以下の地点 I，地点 J のデータを加えるようにします．
　この時，あなたならどのような形でデータを作りますか．また，そのような形でデータを作った理由も書いてください．
　（1）で作ったデータの中に追加で作ること．
　地点 I：千歳市千代田町 7 丁目
　地点 J：神戸市兵庫区荒田町

但し，条件は以下の通りです．
・「フォルダ」を用いて住所データを表現すること．「ファイル」の形で作ってはいけない．
・このデータは日本全国の住所の内，一部を抽出したものであり，　実際はもっと多くの住所データを取り扱っていると考えてデータを作ること．

プレテストとポストテストの間に設ける演習期間では，こちらが作成した階層構造を学習するためのテキストを用いて，初学者に対して階層構造の考え方を身につけてもらう形を取る予定である．

2.2 調査対象者

本調査は本学の情報システム工学科 3 年生の内，春学期の必修科目「コンピュータネットワーク」を履修している学生 89 人を対象とした．その内，有効回答数は 85 人であった．
対象者の多くは，本学 3 年次の春学期で実施される必修科目「コンピュータネットワーク」「情報システム開発基礎演習」の中で初めてクラウドサービスを利用したシステム構築と連携を目標とする授業を行っており，それ以前では授業の中で同様の授業は行われていないため，殆どの学生が IT インフラ初学者である．

2.3 調査の結果

結果及び考察に関しては現時点で調査の途中なので論文執筆時点で収集できたプレテストのデータに基づいて記す．
学生のプレテストを採点したところ，Q1 の解答傾向は解答の中で本の検索機能を追加する場所に着目すると大きく分けて 3 つのパターンに分かれた．1 つ目は https://api.fml.org/api/janken の後に追加するパターン，2 つ目は https://api.fml.org/api の後に追加するパターン，3 つ目は https://api.fml.org の後に追加するパターンである．また，Q2(1)の解答傾向は初めに地方ごとのフォルダを作る学生と，都道府県名のフォルダを直接作る学生の 2 つのパターンに分かれるという傾向であった．また，学生は Q2(2)で都道府県の欠落したデータを整理する際に，Q2(1)で都道府県のフォルダを作っていたことに合わせて都道府県のデータを作る傾向にあることがわかった．

3.　考察と今後に向けて

プレテストの結果より，2 つの事が考えられる．1 つ目は，学生は既知の情報の大小を理解しやすいが，未知，あるいは知識の定着が不十分な事柄の大小は曖昧に考える傾向があるということである．Q2 (1) では，学生は都道府県を階層的に整理する傾向にあった．だが，Q1 では，「本の検索機能」を「じゃんけんで遊ぶ機能」の下につける学生が一定数見られた．よって，これまで知識として学ぶ機会が少なかった URL の役割を理解していない故に解答のパターンが Q2(1)に比べて分かれたと考えられる．2 つ目は，学生はルールがあれば欠落したデータでもそのルールを元に補完することが出来るということである．Q2 (2) では，学生は都道府県の欠落した住所をデータにする時，無いはずの都道府県を自主的に補完してデータにする傾向があった．これは，自分の考えたルールで分類した事柄は，新たに分類する事柄にも適用することができているためと考えられる．
よって，学生に対して Unix/Linux の階層構造を教える際には，いくつかの項目に分けて指導を行う必要があると考えられる．また，今回の調査は，本学の 3 年生に対して行ったが，対象を下の学年にまで拡げて調査することも必要であると考えられる．

参考文献

[1] 情報通信白書　令和 5 年版，総務省（2023）
https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r05/html/datashu.html#f00250

[2] 基本情報技術者試験（レベル 2）シラバス（Ver.9.0），独立行政法人　情報処理推進機構（2023）
https://www.ipa.go.jp/shiken/syllabus/nq6ept00000014d9-att/syllabus_fe_ver9_0.pdf

学習状況の可視化を可能とする ネットワークトラブルシューティング演習支援システムの開発

Development of a Hands-on Network Troubleshooting Exercise Support System that Enables Visualization of Learning Progress

東雲 美幸[*1]，吉原 和明[*2]，井口 信和[*2]
Miyuki SHINONOME[*1], Kazuaki YOSHIHARA[*2], Nobukazu IGUCHI[*2]
[*1] 近畿大学大学院総合理工学研究科
[*1]Graduate School of Science and Engineering, Kindai University
[*2] 近畿大学情報学部
[*2]Department of Informatics, Kindai University
[*3] 近畿大学情報学研究所
[*3]Cyber Informatics Research Institute, Kindai University
Email: yoshiharak@info.kindai.ac.jp, iguchi@kindai.ac.jp

あらまし：本稿では，学習状況の可視化に対応した演習支援システムの開発について述べる．本システムは 1 台の標準的な仕様の PC のみでネットワークのトラブルシューティング演習が実施可能である．学習者が演習結果として復旧に要した時間や演習中に打ち込んだコマンドのログなどを収集し，一覧で表示する．これにより学習者は間違いの多かった障害内容や対応に時間を要したケースを把握し，自身の対応手順を客観的に振り返ることができる．
キーワード：ネットワーク，トラブルシューティング，演習支援システム，学習状況可視化

1. はじめに

ネットワーク障害に迅速に対応する能力を習得するには，ハンズオン形式のトラブルシューティング演習を反復実施することが有効である．しかしながら，ハンズオン演習の実施後に自身の対応手順が適切であったかや，どういった障害内容に時間を要したかを振り返ることは容易ではない．たとえば，演習中に入力したコマンドの履歴をひとつひとつ遡って確認し，自身の課題点を把握するのは難しい．

そこで本研究では，学習状況の可視化に対応したネットワークトラブルシューティング演習支援システム（以下，本システム）を開発した．本システムは仮想ネットワークを用いており，学習者がシステム上でトラブルシューティング演習を実施した結果として，復旧に要した時間や演習中に仮想機器に打ち込んだコマンドのログなどを収集し，表示する．学習者は本システムを使用することで，間違いの多かった障害内容や対応に時間を要したケースを把握し，自身の対応手順を客観的に振り返ることができる．これにより，躓きやすいポイントの把握が容易になり，効率的な自己学習が期待される．

本システムは，筆者らがこれまで開発してきた，ソフトウェアによるネットワーク障害の自動生成と仮想化技術によるネットワーク構築演習環境[(1)]を組み合わせた演習支援システム[(2)]を基盤技術として使用している．学習者はルータやスイッチなどの実機を用意することなく 1 台の標準的な仕様の PC のみでレイヤ 2，レイヤ 3 に対応したトラブルシューティング演習を即座に実施可能で，演習後には自動で結果の採点が可能である．

本稿では，新たに開発し実装した学習状況の可視化機能について主に述べる．

2. 関連研究

学習者のコマンド履歴などを収集可能なネットワーク学習環境を提供するシステムの関連研究として，宮城らの研究[(3)]がある．宮城らは，ネットワーク構築演習時を対象とし，コマンドデータをもとにリアルタイムで学習者・指導者の両方に演習の進捗を可視化可能なシステムを開発している．これに対して本システムは，ネットワークのトラブルシューティング演習時における学習者一人のみでの自己学習を対象としている点が異なり，学習状況としてコマンド履歴を含む演習結果を収集することで学習者自身のトラブルシューティング能力の把握に利用する．

3. 研究内容

3.1 システム概要

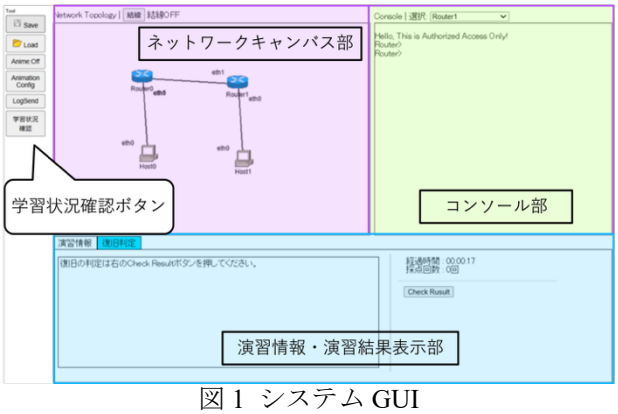


図 1 システム GUI

本システムのシステム GUI を図 1 に示す．主に，ネットワークキャンバス部，コンソール部，演習情報・演習結果表示部に分かれており，ネットワークキャンバス部の機器のアイコンをダブルクリックすることで機器のコンソールを切り替え，コンソール部にコマンドを打ち込むことで仮想機器に対して設定ができる．また，ネットワーク要件や復旧結果については画面下部から確認できる．

本システムの機能として，障害自動生成機能，障害復旧判定機能，学習状況可視化機能がある．以下で各機能について詳しく述べる．

3.2 障害自動生成機能

本機能は，正しく設定され正常に動作しているネットワークに対して，ランダムに機器を選択し誤った設定を自動で上書きすることでネットワーク障害を生成する機能である．学習者はトラブルシューティング演習開始前にGUI上にある障害自動生成ボタンを操作することで利用できる．

3.3 障害復旧判定機能

本機能は，ネットワークの復旧の状態を確認する機能である．課題の正解の設定コンフィグファイルと学習者が入力した設定コンフィグファイルとの比較により復旧を判定する．学習者は演習中に障害復旧判定ボタンを操作することで利用できる．

3.4 学習状況可視化機能

本機能は，学習者がトラブルシューティング演習を実施した結果を収集し，表示する機能である．本機能は，軽量なデータベースである SQLite3 を使用し，各学習者の学習者 ID や演習結果を紐付けて保持する．データベースに保持する演習結果の内容としては，発生した障害内容とその詳細・学習者が入力したコマンドの操作ログ・障害を復旧するまでに要した時間・障害復旧判定機能を使用して不正解だった回数・実施日である．

本機能使用の流れとしては，学習者はトラブルシューティング演習終了後，図 1 に示した演習画面の左側にある学習状況確認ボタンを操作する．これにより図 2 に示すような学習状況確認ページに遷移し，

トラブルシューティング演習履歴

Your ID: Not logged in
Status: Connected
CurrentState: start

番号	ユーザ名	障害内容	障害詳細	操作ログ	かかった時間	間違えた数	実施日
1	TEST_USER1	OSPF	ospf network	2024_1203_1347.opl	18分13秒	2	2024-12-03 13:47:34
2	TEST_USER1	OSPF	ospf network	2024_1209_1622.opl	15分16秒	1	2024-12-09 16:22:21
3	TEST_USER1	VLAN	access vlan	2024_1222_1038.opl	7分41秒	1	2024-12-22 10:38:59
4	TEST_USER1	STATIC	status	2025_0114_1249.opl	4分13秒	2	2025-01-14 12:49:12
5	TEST_USER1	HOST	default gateway	2025_0120_1447.opl	7分02秒	3	2025-01-20 14:47:36

ベストタイム 4分13秒　　平均タイム 10分29秒

よく間違う問題

- OSPFで有効化するネットワークアドレス
- ホストのデフォルトゲートウェイ

図 2 学習状況確認ページの一例

```
1 TEST_USER1,1
2 123449:COMMAND:Host0:ping 192.168.20.2
3 196744:COMMAND:Router0:enable
4 202340:COMMAND:Router0:show running-config
5 230383:COMMAND:Router0:configure terminal
6 238134:COMMAND:Router0:interface ethernet 0
7 242337:COMMAND:Router0:no shutdown
8 243959:COMMAND:Router0:end
9 249079:COMMAND:Router0:show running-config
```

図 3 操作ログの一例

演習履歴を一覧で確認することができる．また，本ページ上の操作ログファイルをクリックすると，演習中にどの機器にどのようなコマンドを打ち込んだかを表示でき，自身の対応手順を振り返ることができる．操作ログファイルの一例を図 3 に示す．さらに，ベストタイムや平均タイム，よく間違う問題を表示する．よく間違う問題とは，学習者が障害復旧判定機能を用いたが復旧していないと合計で 3 回以上判定された障害内容を指す．これにより，どういった障害内容が学習者にとって復旧時間を要するのか，また，何度も間違えてしまうのかなどといった学習者の苦手分野の把握や，次はより素早く正確に対応しようという動機作りに役立てることができる．

4. まとめ

本稿では，学習状況の可視化を可能とするネットワークトラブルシューティング演習支援システムについて述べた．学習者は本システムを使用することで，間違いの多かった障害内容や対応に時間を要したケースを把握し，自身の対応手順を客観的に振り返ることができる．これにより，躓きやすいポイントの把握が容易になり，効率的な自己学習が期待される．今後，実験を通して本システムの有用性を明らかにする予定である．

謝辞 本研究は JSPS 科研費 24K15238 の助成により実施しました．

参考文献

(1) 菅家悠希, 井口信和 : Docker コンテナを用いた Layer2 演習に対応可能な IP ネットワーク構築演習支援システムの開発, 情報処理学会 第 84 回全国大会講演論文集，Vol.2022，No.1，pp. 773-774(2022).
(2) 東雲 美幸，吉原 和明，井口 信和 : レイヤ 2 に対応したトラブルシューティング演習を可能とするネットワーク演習支援システムの実装，2024 年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集(2024).
(3) 宮城 勝，吉原 和明，越智 洋司，井口 信和 : Slack を用いたネットワーク構築演習における学習状況可視化機能の実装，情報処理学会論文誌，Vol.65，No.1，pp.255-260(2024).

学習支援環境「SRPS」の機能拡張による学習課題の変化

Expanding learning tasks through functional expansion of the learning support environment "SRPS"

各務 正太郎[*1]，香山 瑞恵[*2]，舘 伸幸[*2]，永井 孝[*3]
Seitaro KAKUMU[*1]，Mizue KAYAMA[*2]，Nobuyuki TACHI[*2]，Takashi NAGAI[*3]
[*1] 信州大学大学院 総合理工学研究科，[*2] 信州大学 工学部，[*3] ものつくり大学 技能工芸学部
[*1] Graduate School of Science & Technology，Shinshu University
[*2] Faculty of Engineering，Shinshu University
[*3] Department of Manufacturing Technologists，Institute of Technologists
Email: 24w6018g@shinshu-u.ac.jp

あらまし：本稿では，UML プログラミング学習支援環境「SRPS」の機能拡張と，それに伴う学習課題の拡張について述べる．まず，UML 図を用いた学習環境に対する改善項目を把握するために，大学教員 3 名，大学院生 2 名，大学生 1 名を対象にアンケート調査を実施し，SRPS に求められる機能を明らかにした．これをもとに，SRPS の学習環境に guard および entry・do・exit 機能を新たに追加した．これらの拡張により，正式な UML 記述と同等の設計が可能となり，SRPS において取り組める学習課題の幅が拡大した．
キーワード：モデル駆動開発，MDD，UML，モデリング教育，ロボット

1. はじめに

近年，小学校のプログラミング教育必修化や中・高等学校での情報教育に関連する内容の充実など，教育の情報化に伴った教育推進がなされている [1]．その中で，中学校技術科・家庭科技術分野向けの研修用教材「D 情報の技術」[2]では，計測・制御のプログラミングによる問題解決分野において，統一モデリング言語（Unified Modeling Language，以降，UML）による指導が例示されている．これに対して本研究では，UML とそれを用いた設計手法であるモデル駆動開発 (Model Driven Development，以降，MDD) に基づくモデリング学習支援環境・Simple Rule Practice System（以降，SRPS）を開発・運用し，中学校での教育実践を支援してきた [3]．

2. モデリング学習支援環境:SRPS

2.1 SRPS の概要[3] [4]

SRPS は，モデリング初学者を対象とした学習支援環境である．学習者は SRPS の Web アプリケーション上のモデルエディタで簡易的な状態遷移図（以降，モデル図）を作成する．SRPS はそのモデル図からプログラムを自動生成し，外部実機で実行可能なプログラムファイルに変換する．学習者は，端末にダウンロードされたプログラムファイルを外部実機に転送・実行し，動作を確認することにより，要求通りの挙動がなされているかを把握できる．要求通りの挙動がなされるまでモデル図の修正・確認を繰り返すことで，学習者がプログラミング言語の学習を経ずに，プログラミング的思考を育成できることが期待される．

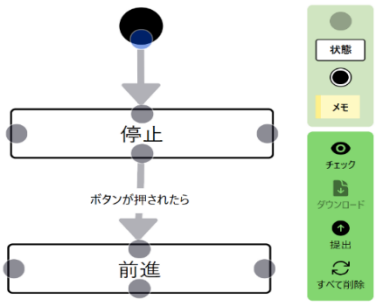


図 1．SRPS のモデル図作成画面の例

図 1 に，SRPS のモデル図作成画面の例を示す．学習者は，状態（□）と遷移（→）を用いて，各課題の要求に適したモデル図を作成する．

SRPS のモデル図では，各状態に対して 1 つの動作を，各遷移に対しても 1 つの動作を定義することができる．また，1 つの状態からは複数の遷移を定義することはできず，各状態から遷移する先の状態は 1 つに限られている．

2.2 SRPS の課題と機能拡張[4]

SRPS は，プログラミング初学者を対象としているため，状態と遷移という最低限の表記にとどめていた．その結果，扱える課題の設定に大きな制限があり，より複雑な動作や思考を要する課題には対応しきれないという課題があった．

実際に，入門段階を終えた学習者が「条件によって動作を分けたい」といった，条件分岐が必要にな

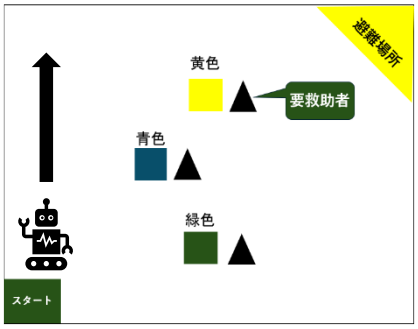


図 2. レスキューロボットの課題

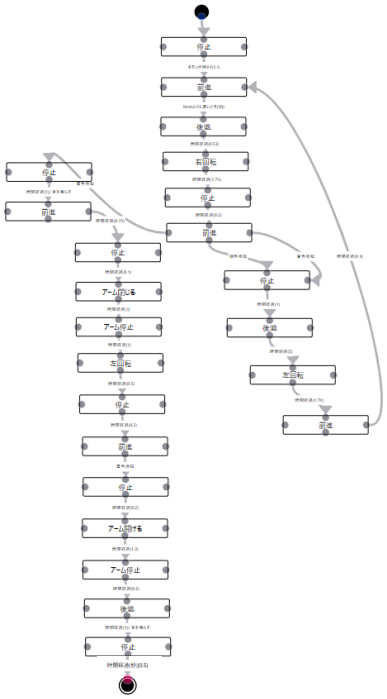


図 3. 従来の SRPS での回答例

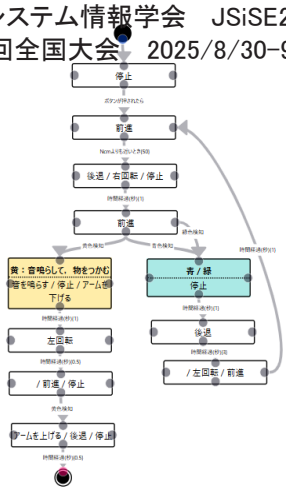


図 4. 拡張機能を用いた回答例

る場面が生じた．しかし従来の SRPS ではそれに対応する手段がなく，モデル図の限界が明らかとなった．

そこで本研究では，SRPS をプログラミング中級者以降にも対応可能な学習環境へと発展させることを目的とし，SRPS に必要な機能の改善点を明らかにするためのアンケート調査を実施した．調査対象は大学教員 3 名，大学院生 2 名，大学生 1 名の計 6 名である．その結果，「guard」と，「entry・do・exit」の必要性が明らかとなった．

guard とは，遷移の開始時に評価される真偽値（bool）の条件であり，guard が true と評価された場合にのみ，その遷移が実行される．また，entry・do・exit はそれぞれ，状態に関する動作を定義するものであり，entry は状態に入ったときに一度だけ実行される動作，do はその状態にいる間繰り返し実行される動作，exit は状態を抜けるときに一度だけ実行される動作である．

これらの機能を SRPS のモデル図に追加することで，機能の拡張を行った．

3. 機能拡張による学習課題の変化

図 2 に，SRPS の学習課題の一例として「レスキューロボット」の課題を示す．

本課題において，ロボットは 3 体の要救助者のうち，黄色の避難場所の後方に配置された要救助者のみを検出し，該当者を指定された避難場所へと誘導することが求められる．ロボットは，対象の要救助者を発見した際に音を鳴らし，アームを下げる動作を行うことで，要救護者を保護する．

この一連の動作を実現するためのモデル図を図 3 および図 4 に示す．図 3 は従来の SRPS モデル図であり，単一方向かつ単一条件でのみ状態遷移を記述可能である．そのため，モデルは非常に冗長で視認性が低く，可読性にも課題があることがわかる．

一方，図 4 に示すモデル図では，guard および entry・do・exit を導入しており，状態ごとの動作が明確かつ簡潔に表現されている．加えて，状態に色を付与したり，個別の状態名を設定したりする機能も，視認性の向上に寄与している．

従来の SRPS では，このような複雑な課題は対象外とされていた．その理由として，図 3 に示されるような煩雑なモデル図を用いても，学習者の深い理解にはつながりにくいと考えられていたためである．しかし，guard や entry・do・exit の導入により，簡潔かつ直感的に理解可能なモデル図を構築可能となった．これにより，SRPS においても，より高度で実践的な学習課題への対応が可能となった．

4. 今後の展望

今後は，本研究で開発した guard および entry・do・exit 機能を活用した学習課題の設計を行い，実際に学習者に適用したうえで，その学習効果を実証的に検証していく．

謝辞

本研究は，科研費（課題番号：23K24957）の助成を受けて実施した．ここに謝意を表する．

参考文献

[1] 文部科学省：情報教育の推進， https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1369613.htm (2025 年 5 月 14 日閲覧)

[2] 文部科学省：中学校技術・家庭科（技術分野）内容「D 情報の技術」， https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/mext_00617.html (2025 年 5 月 14 日閲覧)

[3] 丸山凌凱，TRAN NGOC THAO，小川裕也他， “中学校技術課での利用を想定したモデリング学習支援環境とその授業実践”, 情報処理学会論文誌デジタルプラクティス，4(2): 85–97 (2023).

[4] 各務正太郎，香山瑞恵，舘伸幸，永井孝．“モデリング学習支援環境における機能拡張とその機能評価”．教育システム情報学会 2025 年度第 1 回研究会

G5-4

デジタルファブリケーションによる社会実装教育と振り返りプロセスを可視化する PBL 教材

Educational Materials for Social Implementation Education Using Digital Fabrication and Visualization of the Reflection Process

松原 裕之
Hiroyuki MATSUBARA
福岡工業大学
Fukuoka Institute of Technology
Email: h-matsubara@fit.ac.jp

あらまし：デジタルファブリケーション技術を活用し，設備が限定された大学等の学生実験環境下で，モノづくりの社会実装プロセスを体験できる PBL 教材を開発した．本報告では，従来の学生実験における社会実装教育の課題を踏まえ，教育手法の構築と体系化に取り組んだ．具体的には，PBL における学生の開発プロジェクトを振り返り，「現状維持」，「問題点」，「課題」などの観点から管理要因の分類と可視化を試みた．その結果，社会実装型 PBL の教育現場での有効性が示唆された．
キーワード：デジタルファブリケーション，社会実装教育，組込み開発，振り返りプロセス

1. はじめに

デジタルファブリケーション[(1)]は，CAD 等で生成したデジタルデータを元に 3D プリンタやレーザーカッタなどの機器で製造する手法である．近年，大学等の教育現場やモノづくり活動において，デジタルファブリケーションは広く導入されている．既報告[(2)]は，組込み技術を学ぶ学生実験において，デジタルファブリケーションを活用したプロジェクト型学習（Project Based Learning: PBL）を実践した教育実践を述べている．組込み開発のプラットフォーム(図 1)として，ラピッドプロトタイピングに適したブレッドボードと Arduino micro 互換機を採用し，機器の外装をデジタルファブリケーションで製造した．

本報告では，前述[(2)]の組込み開発のプラットフォームを用いて組込み機器の開発(図 2)を体験する社会実装型 PBL(以下，PBL 教材)を述べる．社会実装教育は，学生が自らのアイデアを社会課題の解決や現実社会への応用に活かすためのエンジニアリングデザイン教育の一つである．PBL 教材では，学生は開発プロジェクトを通じて試作と検証を繰り返しながら，組込み機器を開発する．学生は成果物の社会的意義や実用性を意識して設計と開発を行う．単なる技術習得にとどまらず，社会に価値を提供する力の育成を目指している．

さらに，本報告は PBL 教材において学生たちが取り組んだ開発プロジェクトの振り返りプロセスから得られた所見を言語化し，現状維持(Keep)，問題点(Problem)，課題(Try)等の分類で管理要因の状況や欠落を可視化し，開発プロジェクトそのものの良否を推定する試みについても述べる．

2. 組込み機器を開発する社会実装型 PBL

福岡工業大学情報工学部情報システム工学科の 3 年次選択科目「システム開発応用」[(2)]で実施している社会実装型 PBL の実践概要を述べる．PBL は表 1 に示す半期（16 週）で構成される．1 チーム 4 名（リーダ兼営業職，デザイナ職，技術職，FAE 職(技術営業職)）で編成される．履修者 40～50 名を前期と後期で分割し，各期 5～6 チームが製品開発プロセスを体験する．3 回の発表会では，学生の成績評価には

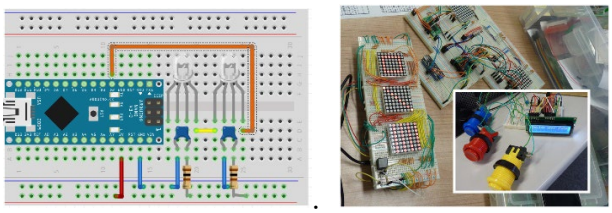


図 1 プラットフォーム(左)と電子部品の実装例(右)

図 2 組込み機器の外装の開発例

表 1 PBL の実施スケジュール(2024 年度)

実施週	3限目 (13:00-14:30)	4限目 (14:40-16:10)	実験時間外の残業（当日 16:20以降、翌日以降）
1週目	ガイダンス		・自宅等のPCで24時間作業可能なこと: 個人週報・プログラミング・ドキュメント作成 ・リーダ職が自宅等で作業可能なこと: 個人週報・チーム週報・課題管理等の進捗報告 プレゼンテーション(発表会)のスライド作成 ・主に実験室(大学)でしか作業できないこと: 筐体製作・デジタルファブリケーション(レーザ加工、3Dプリント等)
2週目	チームビルディング	新人研修(Arduino)	
3週目	新人研修(職種毎)		
4週目	職種毎の作業		
5週目	中間発表（1回目の投票と順位発表）		
6週目	KWS振り返りのKPT	職種毎の作業	
7週目	職種毎の作業		
8週目	職種毎の作業		
9週目	職種毎の作業		
10週目	最終発表（2回目の投票と順位発表）		
11週目	KWS振り返りのKPT	職種毎の作業	
12週目	職種毎の作業		
13週目	職種毎の作業		
14週目	真の最終発表（3回目の投票と順位発表）		
15週目	デザインレビュー	KWS振り返りのKPT	
16週目	納品（レポート、採点フィードバック）		

影響しないが，売上や人件費等の収支を算出し，品質，コスト，納期（QCD）を意識したプロジェクト運営を行う．発表翌週には振り返りプロセスとしてKWS 振り返りの KPT（Keep, Problem, Try）を実施し，チームの振り返りと課題管理を行う．16 週目には成果物の納品を行う．学習支援として教員 1 名とSA2 名が助言を行い，学外に設置した VPS サーバ上のグループウェア(Group Session)のファイル管理と掲示板機能を用いた週報提出やチーム毎の課題管理も実施している．本取り組みにより，実践的な開発体験とプロジェクト管理能力の向上を図っている．

3.　組込み開発と筐体設計

技術職の電子回路学習の効率化を目的として，ラピッドプロトタイピングに適した Arduino IDE 環境を活用した教材を開発した．本教材では，図 1 に示すブレッドボード上に配置可能な Type-C 接続の Arduino Micro 3.0 互換機（約 300 円）を採用し，コストを抑えつつ実践的な学習を可能とした．教材一式は，電子部品の配置図および制御プログラムから構成され，グループウェア上で提供している．これにより，新人技術者がハードウェアとソフトウェアの基礎を効率的に習得できる環境を実現した．

デジタルファブリケーション環境を活用した筐体設計および試作手法の高度化を目的とし，カッティングプロッタ（ローランド DG 社 SV-8），レーザーカッタ（オーレーザ社 HAJIME CL1 PLUS），3D プリンタ（FlashForge 社 Adventurer 5M Pro）を整備した．デザイナ職の担当する外装設計は，MakerCase および Adobe Illustrator を用いて 2D 展開図から詳細設計を行った．3D プリンタでは白色 PLA フィラメントを用い，Tinkercad や Fusion 360 による 3D モデリングデータを基に試作を行った．これらの環境整備により，迅速かつ多様な試作が可能となった．

4.　プロジェクト活動の振り返りと管理要因

KPT[3]はアジャイル開発の振り返り手法として開発され，プロジェクト活動を「現状維持（Keep）」，「問題点（Problem）」，「課題（Try）」の 3 種類に分類してブレインストーミングを行う．各メンバーは KPT の所見(以下，KPT 所見)を言語化し，チーム内で共有する．2008 年，ソニー株式会社の花原により提唱された図 3 に示す KWS 振り返り[3]では，KPT 所見に重み付けができるよう，従来のリスト形式から 2 軸（効果・容易性，影響・緊急性）に拡張した．チーム内で「本音を熱く語り合える」コミュニケーションが促進され，振り返りプロセスが可視化された．

KWS 振り返りの KPT 実施手順は以下の通りである．まず，メンバーは各自の KPT 所見を付箋紙に一件一葉で記入し，2 軸が引かれた模造紙に配置する．Problem では右上（影響大・緊急性高）に重要な問題が集まり，Keep と Try では効果が高く実施しやすい所見が集まる．最後にチームで合意形成を行い，現状維持(Keep)，問題点(Problem)，課題(Try)等の分類

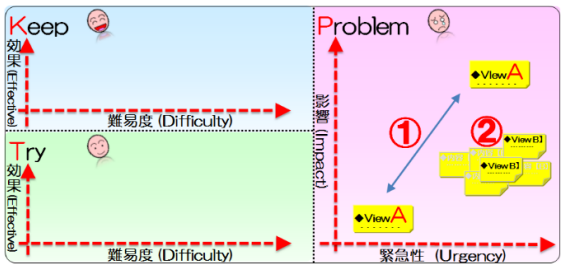


図 3　KWS 振り返りの KPT

表 2　合意形成した KPT 所見の記述

分類	KPT 所見の記述例
Keep 現状維持	①技術職と FAE 職が上手く仕事を分担して行えていた.②制御回路を全体的に簡略化して納期に間に合わせた.
Problem 問題点	③全体の作業手順が曖昧で,課題点への着手が遅れた.④製品の設計が曖昧で必要とする材料の調達が遅れてしまった.
Try 課題(管理要因)	⑤事前に技術職と仕事量の打ち合わせをして仕事を分担する.⑥デザイナ職の作業が遅れているためチームで協力し合って進める.

表 3　Problem 所見の管理要因の推定

「連絡のマメさが欠いており､リーダへの報告が少なかった」	
管理要因の例	**理由**
1.　情報伝達	作業者同士の情報の伝達不足
2.　職場状況	職場の習慣･組織風土の問題った
3.　教育訓練	従業員に対する指導の不十分
4.　確認	進捗状況を確認するための体制の欠落

で管理要因の状況や欠落を可視化する．Try で抽出された概ね 2～5 の課題をチームの解決すべき課題管理とする．PBL では KPT を計 3 回実施し，開発と設計の実用性や社会的意義を学生に都度意識させる．表 3 にある Problem 所見の管理要因の推定例を示す．

5.　おわりに

本報告では，デジタルファブリケーションによる社会実装教育と振り返りプロセスを可視化する PBL 教材について述べた．今後の課題は，KPT 所見の管理要因から開発プロジェクトそのものの良否を推定する試みである．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 21K02914 の助成を受けた．

参考文献

(1)　田中浩也:“FabLife ―デジタルファブリケーションから生まれる「つくりかたの未来」”，オライリージャパン，東京　(2012)

(2)　松原裕之:“デジタルファブリケーションと Arduino マイコンを用いた製品開発プロセスを疑似体験する PBL の試み”,JSiSE2021, pp.267-268, C6-2　(2021)

(3)　松原裕之，花原雪州:“KWS 振り返りの KPT による PBL の内省の見える化とその分析”，電気学会論文誌 A, Vol. 137, No.9, pp.522-528　(2018)

生成 AI を活用した教育改善アイデア創出支援アプリ「ID SPARK」の開発

Development of "ID SPARK": A Generative AI Application for Supporting Educational Improvement Idea Generation

天野　慧[*1, *2]

Kei Amano[*1, *2]
[*1] グロービス経営大学院，[*2] 熊本大学大学院教授システム学専攻

[*1] Graduate School of Management, GLOBIS University,
[*2] Graduate School of Instructional systems, Kumamoto University
Email: kei.amano@globis.ac.jp

あらまし：生成 AI を問題解決のパートナーとして活用するという着想に基づき，本研究では，インストラクショナルデザイン初学者が対話形式で教育改善のアイデアを得ることを支援する生成 AI アプリ「ID SPARK」を開発した．専門家による評価の結果，概ね肯定的な評価が得られた一方で，本アプリを有効に活用するためには，事前学習との併用が必要であることが示唆された．

キーワード：インストラクショナルデザイン，生成 AI，ARCS モデル，アイデア創出

1.　はじめに

近年，生成 AI を問題解決のパートナーとして活用することへの関心が高まっている(1)．ここでいう「問題解決のパートナー」としての活用とは，生成 AI を単なる「情報を教えてもらう」ための受動的なツールとして用いるのではなく，ユーザーが活用の意図を明確に持ち，その出力を批判的に評価しながら，問題解決のアイデアを深めるための主体的なツールとして位置づけるものである．

筆者(2)は，このような着想に基づき，インストラクショナルデザイン（以下，ID）の理論に立脚した教育改善のアイデア創出を支援するプロンプトを設計した．試験的な検証の結果，生成 AI を通じた有効なアイデア創出が期待される一方で，ID 初学者にとってはプロンプトの記述が複雑であり，活用支援の工夫が求められるという課題も明らかとなった．

そこで本研究では，ID 初学者でも複雑なプロンプト記述を必要とせず，生成 AI との対話を通じて教育改善のアイデアを創出できるよう支援するカスタマイズ型生成 AI アプリ「ID SPARK」を開発した．本稿では，その開発の概要と，専門家による形成的評価の結果について報告する．

2.　ID SPARK の開発

2.1 アプリとの対話の設計

ID のプロセスでは，「誰に・何を・どのような環境で教えているか」や「どのような教育上の問題に直面しているか」といった教授状況を明確化し，課題に応じて適切な ID モデルを応用して教育改善のアイデアを検討する．本アプリでは，このプロセスを踏まえて，生成 AI との対話を設計した（図 1）．

まずユーザーが教授状況を入力し，それをもとに生成 AI が ARCS モデルの観点から問題を分析し，状況の明確化を促す質問を提示する．ユーザーがこれに回答することで，生成 AI は ARCS モデルに基づき，教育改善のためのアイデアを優先順位とともに 3 点提案する．必要に応じて，ユーザーは対話を継続することも可能である．

生成 AI によるアイデア創出に ARCS モデルを採用したのは，同モデルが問題発見に適しているためである．他の ID モデルがある目的を達成するための処方的アプローチであるのに対し，ARCS モデルは，課題が明確でない場合にも探索的に問題を発見することが可能である(3)．この特性が，対話を通じた教育改善アイデアの創出に有効であると判断し，理論的裏付けとして ARCS モデルを採用した．

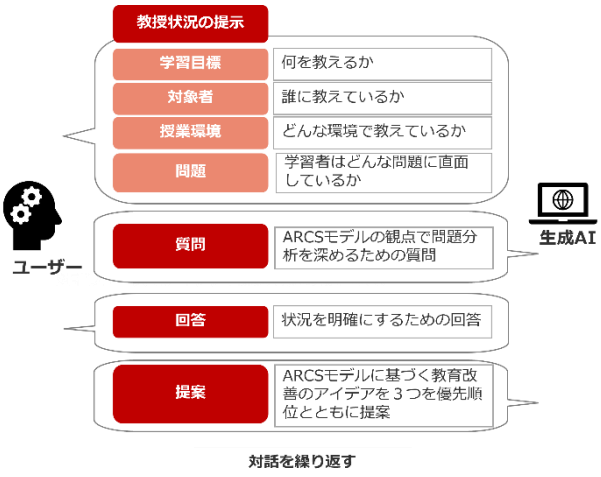


図 1　対話の設計

2.2 開発

生成 AI には ChatGPT-4o を用い，フロントエンドの開発にはオープンソースの生成 AI アプリ開発ツール「Dify」を活用した．ユーザーは，あらかじめ設定された入力欄や選択肢を通じて，複雑なプロンプトを記述することなく，生成 AI との対話を進めることができるように設計している（図 2）．生成 AI との対話例を図 3 に示す．

図 2　対話開始時の入力画面

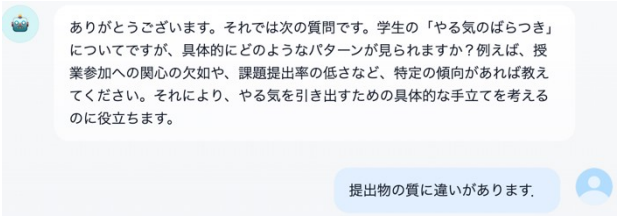


図 3　生成 AI との対話例

3.　形成的評価の結果

開発したアプリについて，ID に関する博士号を有する専門家 3 名によるレビューを実施し，ID 初学者による利用を想定した際の効果について評価を求めた．具体的には，アプリが出力するアイデアの新規性と有用性，対話プロセスの魅力，システムの操作性について，7 段階（1＝否定的，7＝肯定的）で評価を得た（表 1）．

その結果，3 名中 2 名以上がすべての評価項目で 6 以上を付けており，概ね肯定的な評価を得た．一方で，新規性・有用性および魅力の項目では 4 以下の評価も見られた．たとえば，有用性については「生成 AI の出力が妥当かどうか，最終的にはユーザーの勘に頼らざるを得ないと感じた」など，ID の知識やスキルの習得が不十分な場合には活用が難しいとの懸念が示された．また，魅力に関しては「入力内容が生成 AI に学習されることを懸念するユーザーも存在する」との指摘があった．

これらの課題は，アプリを単体で提供するだけでは解決が難しい可能性がある．たとえば，事前に ID に関する知識を確認・復習する機会や，生成 AI のリスクや情報取扱いに関する教育機会を設けることで，アプリの活用を補完する必要があると考えられる．

4.　今後の課題

本研究では，教育改善のアイデア創出を支援する生成 AI アプリ「ID SPARK」の開発と，専門家による形成的評価の結果を報告した．評価の結果，全体として肯定的な反応が得られたが，効果的な活用のためには事前学習との組み合わせが不可欠であることが示唆された．今後は，ID SPARK の利活用を支援するための補助教材や導入プログラムの設計・開発を進め，教育実践における有効な活用方法を検討していきたい．

参考文献

(1) Mishra, P. and Henriksen, D.: “Creative Dialogue with Generative AI: Exploring the Possible with Ron Beghetto”. TechTrends, Vol.68, pp. 395-401 (2024)
(2) 天野慧: “インストラクショナルデザインのパートナーとして生成 AI を活用する手法 SPARK-R モデルの考案”, 日本教育工学会 2025 年春季全国大会講演論文集，pp.677-678 （2025）
(3) ジョン・ケラー（鈴木克明　監訳）: “学習意欲をデザインする―ARCS モデルによるインストラクショナルデザイン”，北大路書房（2010）

本研究は JSPS 科研費 24K06262 の助成を受けた．

表 1　専門家レビューの結果

	A	B	C	肯定的な評価の理由（抜粋）	否定的な評価の理由（抜粋）
新規性	7	6	4	知識と経験があることによって，逆に一定のアイデアしか出てこなくなってくるが，実際はその場に応じた色々なアイデアがあるだろうし，そっちのほうが適切である可能性があるだろうから	「自分では思いつかなかったアイデア」というよりは「既知のものも含めた様々な選択肢（方策）」について「どのような効果を期待できるか理論的に説明できてそのうえで実施できるようになる」というところが利点と考えたため
有用性	7	4	6	ID SPARK の提案を選択したり修正したりするプロセス自体が，教育改善のきっかけになるはずだし，そのためのたたき台的な情報は重要だから	生成 AI の出力が妥当か，結局はユーザーが自分の勘を頼りにしてしまいそうだと感じたため
魅力	7	7	3	教育に関して人は語りたい欲求を持っている印象があり，だからといっていつでもその相手をしてくれる人がいるわけではない。ID SPARK はそれをある程度満たしてくれると思うから	入力した内容を生成 AI に学習されることを心配するユーザーもいると考えられるため
操作性	6	7	7	私はほとんど迷いませんでした．直感的に問題がなさそうと感じたため	—

※A，B，C は各評価者を示す．肯定的な評価の理由には，スコア 7 以上の回答の理由を，否定的な評価の理由にはスコア 4 以下の回答の理由を記載している

AI ボイスレコーダーが生成した授業中の児童の発話の要約と教師の見取りとの差異に関する試行的評価

A Trial Evaluation of the Difference between the AI Voice Recorder-Generated Summary of Children's Speech in Class and the Teacher's Observations

三井 一希[*1]，板垣 翔大[*2]，大久保 紀一朗[*3]，佐藤 和紀[*4]，泰山 裕[*5]，堀田 龍也[*6]
Kazuki MITSUI[*1], Shota ITAGAKI[*2], Kiichiro OKUBO[*3], Kazunori SATO[*4], Yu TAIZAN[*5], Tatsuya HORITA[*6]
[*1] 山梨大学 [*2] 宮城教育大学 [*3] 京都教育大学
[*4] 信州大学 [*5] 中京大学 [*6] 東京学芸大学
[*1]University of Yamanashi [*2]Miyagi University of Education [*3]Kyoto University of Education
[*4]Shinshu University [*5]Chukyo University [*6]Tokyo Gakugei University
Email: k-mitsui@yamanashi.ac.jp

あらまし：本研究では児童に 1 人 1 台の AI ボイスレコーダーを装着させ，授業中の児童の発話を自動的に要約することを試みた．そして，AI ボイスレコーダーが生成した要約と教師による児童の見取りとの差異を試行的に評価した．その結果，要約の観点によって教師の授業中の見取りと違いが生じること，教師の見取りを支援するツールとして AI ボイスレコーダーが有効に機能すること等が示唆された．
キーワード：AI ボイスレコーダー，授業，発話の要約，教師の見取り

1. はじめに

教師や学習者の授業中の発話を記録し，授業分析や学習者の評価に用いる取組はこれまでも行われてきた．例えば，1970 年代には授業中の教師の発話に対してカテゴリを用いてコーディングする分析がすでに行われている (1)．この頃は教師の発話を対象とした分析が多かったが，その後，教室に複数台のビデオカメラを設置し，授業映像から学習者の発話に対して分析が行われるようになった (2)．従来の一斉指導的な授業では教師が授業を統制しながら進め，教師に指名された児童が発言者となって話し，それを多くの児童が聞くという形式のなかで授業が進むため，児童の発話が比較的文字起こししやすかったと考えられる．一方，学習者同士のディスカッションを授業に取り入れると，教室内で同時多発的に学習者が発言する．そのため，従来のビデオカメラだけでは学習者の発話は記録しきれなくなった．

近年では，学習者同士の対話を把握するためにグループに 1 台の IC レコーダーを配り，グループ内の発話を記録して分析する研究や (3)，学習者全員に IC レコーダーを配り，発話を記録して分析する研究 (4) が行われるようになった．学習者の発話を記録し分析する手法として一定の成果を上げてきたが，録音データから発話を文字起こしする作業には膨大な労力を要することは想像に難くない．そのため，教室内では学習者同士のディスカッションが日常的に行われてはいるものの，教師はそのごく一部しか把握できないといった現状がある．

そこで，筆者らは AI ボイスレコーダーを用いて授業中の児童の発話を自動的に文字起こしし、さらに要約することを試みた．そして，AI ボイスレコーダーが生成した要約と教師による児童の見取りとの差異を試行的に評価した．

2. AI ボイスレコーダー

本研究では，AI ボイスレコーダーである PLAUD NotePin（以下，NotePin）を用いた．NotePin は，51mm×21mm×11mm の寸法で，重さが 16.6g となっている．また，AI モデルとして，GPT-4.1 及び Claude 3.7 Sonnet をベースに開発されている (5)．

NotePin で録音した音声データは，専用アプリの入った端末へ Bluetooth 接続を用いて送られる．その後，専用アプリ内で音声データから自動文字起こしが行われ，その文字起こしデータに対してプロンプトに沿った要約が行われる．

AI に与えるプロンプトは，学校現場での勤務経験がある筆者らで検討し，発話の要約の観点を 4 つ定めたうえで，以下のとおりとした．

あなたは優秀な授業分析者です．授業中の児童の発話を録音しました．ステップバイステップで理解したあと，次の視点で分析してください．
＃分析の視点
1 発話の要点は何でしたか
2 発話のなかで繰り返し出てくる言葉は何でしたか
3 学習内容を深める言葉にはどのようなものがありましたか
4 友達との会話内容はどのようなものでしたか

3. データの取得

調査協力を得た A 小学校 5 年生 32 名を対象として 2025 年 3 月にデータを取得した．研究について説明を行い，NotePin を付けることを了承した児童 30 名のみに付けた．機器トラブルもありデータを取得できたのは 28 名であった．

国語科の授業 1 時間を対象とした．「大造じいさんとガン」の単元において，物語の山場はどこかを考え，他者と交流することをねらった授業であった．

4.　AI ボイスレコーダーが生成した要約

2.で示したプロンプトに基づき児童の発話の要約が生成された．例えば，「発話の要点は何でしたか」に対して，ある児童の要約は以下のとおりとなった．

- *内容のまとめ，山場・クライマックスについての表現方法について意見交換をしている*
- *登場人物の行動や心情の変化，情景描写をどう扱うかに焦点を当てて議論している*
- *発話の中で，作品の構成や文学表現（真っ赤，情景描写など）について議論が展開され，各自の見解や指摘が交わされている*

5.　要約の評価と教師の見取りとの差異

発話の要約をランダムに配置し，氏名をブラインドにしたまま要約から読み取れることをもとに，教師にA(十分満足できる),B(おおむね満足できる),C（努力を要する）を付けてもらった（①）．また，授業中の児童の様子を教師が見取り，同じくA, B, Cを付けてもらった（②）．①に対して②がどの程度一致するのかを比較してまとめた（表1）．

「1 発話の要点」においては，発話の要約からA評価となった児童は5名，教師の見取りとの一致数は5で一致率100%となった．また，発話の要約からC評価となった児童は2名，教師の見取りとの一致数は2でこちらも一致率100%となった．一方，発話の要約がB評価となった児童は21名，教師の見取りとの一致数は11で一致率は52.38%であった．不一致であった10名は，上のレベルとして評価された児童（見取りはCだが要約はAやB，または見取りはBだが要約はA）が6名，下のレベルとして評価された児童（見取りはAだが要約はBやC，または見取りはBだが要約はC）が4名であった．

同様に，「2 繰り返し出てくる言葉」，「3 深める言葉」，「4 友達との会話」を見ると，要約の観点によって，AIによる要約による評価と教師の授業中の見取りとに違いがあることが示された．

6.　教師へのインタビュー調査

AI ボイスレコーダーは児童の学習の様子を把握するのに使えそうかを教師に尋ねたところ，「*子供がどんな言葉を使っているのか，どんなアウトプットをしているのかを把握できるので使える*」との回答を得た．また，AIボイスレコーダーが生成した要約と自身の見取りとの差異に関して尋ねたところ，「*できていないと考えていた児童が，意外と学んでいて驚いた．児童の一部しか見えていなかったことを自覚した*」との回答を得た．教師の見取りだけでは児童の学習状況の把握が難しい面があるため，発話の要約と組み合わせることで，より多面的に児童の様子を把握できる可能性が示唆された．

7.　今後の展望

他教科や他校でも調査を行い事例を積み重ねていく．また，プロンプトの書き方で発話の要約は変わってくるため，どのようなプロンプトであれば，より精度の高い要約となるのかを検討していく．さらに，児童が自分の発話の要約を読み，振り返りに活用する研究へと発展させていきたい．

謝辞

本研究の一部はJSPS科研費(22H01040, 22K13769)の助成を受けた．

参考文献

(1) Flanders N. A.“Analyzing Teaching Behavior”, Addison-Wesley（1970）
(2) 岸俊行，松尾聖一郎，野嶋栄一郎:“一斉授業における教師-児童間の相互交渉の契機となりうる教師の「働きかけ」発話の検討”，日本教育工学会論文誌，第32巻，第1号, pp.57-66（2008）
(3) 鎌倉正和，桐生徹，大島崇行，阿部雅也:“授業ビデオ 3 タイプの視聴と対面授業の参観における各理科授業の授業検討会の発話の比較”，理科教育学研究，第65巻，第2号, pp.335-344（2024）
(4) 野田将弘，三崎隆:“中学校理科の『学び合い』の授業における成績上位低意欲度群と成績下位高意欲度群の間の会話ケースに関する研究”，日本科学教育学会研究会研究報告，第35巻，第4号, pp.13-16（2020）
(5) PLAUD.AI: https://jp.plaud.ai/products/notepin

表1 児童の発話の要約（①）と教師の見取り（②）との差異

	1 発話の要点			2 繰り返し出てくる言葉			3 深める言葉			4 友達との会話		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
児童の発話の要約(①)	5	21	2	3	20	5	8	20	—	14	14	—
教師の見取り(②)との一致数	5	11	2	2	7	1	3	8	—	3	5	—
一致率	100.00%	52.38%	100.00%	66.67%	35.00%	20.00%	37.50%	40.00%	—	21.43%	35.71%	—
教師の見取り(②)との不一致数	—	10	—	1	13	4	5	12	—	11	9	—
上のレベルとして評価された人数（見取りはC→要約はAやB、見取りはB→要約はA）	—	6	—	1	6	—	5	6	—	11	4	—
下のレベルとして評価された人数（見取りはA→要約はBやC、見取りはB→要約はC）	—	4	—	—	7	4	—	6	—	—	5	—

溺水防止と溺水検知のための監視支援システム

Monitoring System for Drowning Risk Reduction and Detection

安留 誠吾[*1]，有田 稜[*1]，田中 伶弥[*1]，友崎 由梨[*1]，小森 康加[*2]，井上 裕美子[*1]
Seigo YASUTOME[*1], Ryo ARITA[*1], Ryoya TANAKA,[*1], Yuri TOMOSAKI[*1],
Yasuka KOMORI[*2], Yumiko INOUE,[*1],
[*1] 大阪工業大学
[*1]Osaka Institute of Technology
[*2] 京都光華女子大学
[*2]Kyoto Koka Women's University
Email: seigo.yasutome@oit.ac.jp

あらまし：近年，河川，湖沼地，海，プールにおける溺水事故が多数報告されており，安全対策および安全教育の教材作成などが課題となっている．本研究では，スマートウォッチおよび IC タグといったウェアラブルデバイスを活用し，遊泳者の位置および行動を可視化することで，溺水事故の予防および迅速な対応を可能とする監視支援システムの構築を行った．本システムは，スマートウォッチに内蔵された GPS および加速度センサーから得られる情報を基に，遊泳者の動態をリアルタイムで取得し，監視者のタブレット端末上に表示する．さらに，遊泳者が危険区域に進入した場合には，アラートを発信する機能を備えており，事故の未然防止に寄与することが期待される．現在，本システムは主に屋外水域での利用を想定して開発しているが，今後は学校や公共施設におけるプール等の比較的閉鎖的な環境にも適用可能とするために，機能の改良を進める予定である．
キーワード：溺水，スマートウォッチ，IC タグ，位置情報

1. はじめに

警視庁の統計によると，2003 年から 2023 年の 20 年間における中学生以下の水難事故において，死者・行方不明者の発生場所は，プールが全体の 4.8%に留まる一方で，河川・湖沼池・海における事故は合計 84.3%（河川：48.5%，湖沼池：13.2%，海：22.6%）を占めており，屋外水域における水難事故の深刻さが浮き彫りとなっている．特に，主要な河川・湖沼地の中では琵琶湖における水難事故の発生件数が顕著に多く，これは琵琶湖の地形的特性が関与していると推察される．

水難事故の大半は溺水によるものであり，これを未然に防止，あるいは早期に検知することができれば，人的被害の軽減に大きく寄与する可能性がある．

屋内での監視システムとして，AQUAGARD[(1)]，nagi[(2)] などがある．これらは，屋内での利用を前提に構築されており，屋外では利用できない．また，カメラやセンサーなどを設置する必要があり，非常に高額である．

そこで本研究では，屋外水域における遊泳者の安全を確保することを目的として，リアルタイムな水中行動把握と危険検知を可能とする監視支援システムの構築を行った．

2. 溺水検知に関する既存の研究

溺水検知には，画像解析を用いた手法[(3)(4)]とセンサーを用いた手法[(5)]が知られている．AQUAGARD は，画像解析を用いており，nagi は，センサーを用いている．画像解析を用いた手法は，リアルタイムに溺水を検知する必要がために，物体検出アルゴリズムである YOLO の軽量モデルを利用したものが多く，さらなる軽量化や検知精度の向上を行なっている．また，センサーを用いた手法では，加速度センサー以外に PIR センサー(人感センサー)，心拍数，血中酸素飽和度などを利用するために，Raspberry Pi やマイコンボードを活用し，検知精度の向上を行なっている．

3. 本システムの概要

安価なシステムを目指し，既製品のみで構築を行なった．本システムは，遊泳者のスマートウォッチ(Apple Watch)，監視者のタブレット端末(iPad)，サーバからなる．本システムの概要を図 1 に示す．

図 1 本システムの概要

スマートウォッチでは，内蔵された加速度センサーから得られる情報を基に，遊泳者の動態を判定する．判定結果と GPS から得られる位置情報を定期的にサーバへ送信する．サーバでは，受信した位置情報を基に，あらかじめ定義された危険区域に進入していないかの判定などを行い，状況に応じて遊泳者のスマートウォッチと監視者のタブレット端末へアラートを発信する．

4.　溺水防止

溺水を防止するためにあらかじめ定義された危険区域に接近していないかの判定を行う必要がある．スマートウォッチでの処理を軽減するために，危険区域の情報はサーバで管理し，判定もサーバで行なった．危険区域を定義するために，国土地理院が公開している湖沼図の深度をもとに，境界線データを作成した．監視者のタブレット端末画面を図 2 に示す．Google Maps Static API を使用して取得した地図画像データ上に危険区域(赤色の領域)を表示し，マーカーの位置で遊泳者の位置を示し，マーカーの色で遊泳者の状態を示している．マーカーの色は，安全区域で緑色，危険区域で赤色，危険区域近くで黄色となる．

サーバは，危険区域に進入した遊泳者を検知すると，遊泳者のスマートウォッチおよび監視者のタブレット端末へアラートを発信する．アラートの発信には，Apple Push Notification Service(APNs)を利用している．各端末がアラートを受信すると，画面表示，アラート音，振動などにより利用者への注意喚起を行う仕組みとなっている．

図 2 監視者のタブレット端末画面

5.　溺水検知

溺水を検知するために，スマートウォッチに内蔵された加速度センサーから得られる情報を基に，水中での行動を識別する手法を検討した．

検討にあたって，プールにて遊泳者にスマートウォッチを装着してもらい，クロール，平泳ぎ，背泳ぎの加速度センサーのデータを収集した(図 3)．データ収集にあたって大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の承認を受けている．

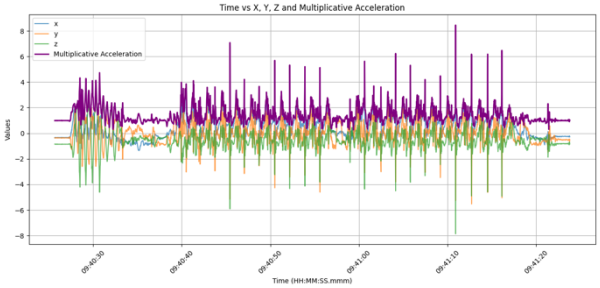


図 3 クロールの加速度データと乗数加速度データ

機械学習モデルとして，ランダムフォレスト，XGBoost，主成分分析を用い，各モデルの性能を F1 スコアにて比較した．学習には，加速度センサーと乗数加速度データに関してそれぞれ 10 種類の特徴量を抽出し，どの特徴量が検知性能に寄与しているかを調査した．その結果，主成分分析とランダムフォレストを組み合わせたモデルが最も高い F1 スコアを示し，特にエネルギーやパワースペクトル密度が識別精度の向上に寄与していることが判明した．スマートウォッチで溺水検知を行う際の処理時間軽減が期待できる．

6.　まとめ

溺水事故の防止と溺水検知を目的とした監視支援システムを構築した．本システムは主に屋外水域での利用を想定して開発しているが，今後は学校や公共施設におけるプール等の比較的閉鎖的な環境にも適用可能とするために，機能の改良を進める予定である．その際，プールではスマートウォッチの着用が認められていない場合が多いため，IC タグ等で代用できないか検討する必要がある．

さらに，海やプールに出かける前の安全対策として，遊泳者および監視者向けの VR 学習教材の作成を検討している．

謝辞　本研究は JSPS 科研費 JP24K06297, JP25K06553 の助成を受けたものです．

参考文献

(1) パシフィックネットワーク:“世界初 溺水予防検知 AI カメラ AQUAGUARD(アクアガード)”, https://aquaguard.jp/ (参照 2025.5.23)
(2) オーウエル:”プールの水難事故を防ごう! 溺水者の早期発見をサポート/nagi”, https://nagi-smart-pool.jp/ (参照 2025.5.23)
(3) Xiangju Liu, Tao Shuai and Dezeng Liu: Lightweight outdoor drowning detection based on improved YOLOv8”, Journal of Real-Time Image Processing, Vol. 22(2) (2025)
(4) Fan Wang, Yibo Ai and Weidong Zhang:” Detection of early dangerous state in deep water of indoor swimming pool based on surveillance video”, Signal, Image and Video Processing, Vol. 16(2) (2022)
(5) Salman Jalalifar, Afsaneh Kashizadeh, Ishmam Mahmood Andrew Belford, Nicolle Drake, Amir Razmjou and Mohsen Asadnia:” A smart multi-sensor device to detect distress in swimmers”, Sensors, Vol. 22(3) (2022)