技能学習者に対する骨格推定を用いた部位別重畳表示視聴環境の開発

Development of an overlay display viewing environment using skeletal estimation for skill learners

田中 凌太[*1] 後藤田 中[*1] 鈴木 実緒[*2] 蟹澤 宏剛[*2] 高井 由佳[*3]
神田 亮[*1] 神田 かなえ[*1] 李 セロン[*1] 林 敏浩[*1]
Ryota TANAKA*1 Naka GOTODA*1 Mio SUZUKI*2 Hirotake KANISAWA*2 Yuka TAKAI*3
Ryo KANDA*1 Kanae KANDA*1 Saerom Lee*1 Toshihiro Hayashi*1
*1 香川大学 *2 芝浦工業大学 *3 大阪産業大学
*1 Kagawa University *2 Shibaura Institute of Technology *3 Osaka Sangyo University
Email: s23g211@kagawa-u.ac.jp

あらまし：建築業を例とする技能労働者において必要な対面指導の機会が，職人の高齢化等による指導者の減少により確保が難しくなっている．このことから，視聴教材の作成等の取り組みが行われるようにはなったものの，従来対面指導で得るべき技能上の気づきが不足する可能性がある．そこで本研究では学習者が個人で行う技能学習に対し，対面指導の要素を視聴型の教材に補うことで学習者に気づきの機会を増やすことを目的に，実際の試行動画に対して，骨格推定を用いてオノマトペを重畳し，学習者が注視すべき可能性のある部位を着目させる視聴教材の強化手法を提案し，開発した視聴環境を説明する．
キーワード：技能習得支援，オノマトペ，骨格推定，重畳表示，動画視聴教材

1. はじめに

近年，YouTube 等のビデオ教材の視聴による個人学習形態が普及している．この学習の特徴として，

・任意のタイミングで反復的な学習が可能である

・教師不在でも自己で能動的に学習が進められる

上記 2 点が挙げられる．建築業界においても視聴型のデジタル教材は用いられつつある．本研究が対象とする左官業の教材[(1)]も，指導者の減少という問題に対し，それを伴わない個人学習として期待されている．

しかし，指導者がいない時間帯の学習においては，学習時は自身の技能状態への内省の難しさに煩わされる．従来は対面指導が学習者に気づきを与えることによって補完していたと考えられ，そこで対面指導を個人学習時間帯に用いる視聴教材を強化することでこれを解決することを目指す．

本研究では，対面指導の要素を含む視聴教材を学習者に視聴させることで技能への気づきを促進することを目的に，練習動画に対して，骨格推定を用いてオノマトペを重畳し，学習者が注視したい部位ごとに視聴教材を作成する手法を提案するとともに，視聴環境を開発した．

2. 対面指導要素を有する教育の提案要件

先行研究[(2)]においては，

(A)目標の設定

(B)端的な単語の使用

(C)リアルタイムでの指摘

の 3 つを要件として挙げ，このうち(A)に関して，取り組む試技の継続/変更を促す教授戦略を有する視聴支援システムでは，学習者の技能動作を動的時間短縮法(DTW)で判定し，どのようなオノマトペを重畳すべきかの指標を検討した．このため本稿では(B)の手法とその要件を述べる．

2.1 学習者の技能的な学習シナリオ

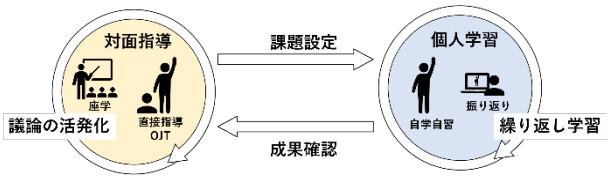


図 1 学習シナリオ

図 1 は対面指導と個人学習の学習シナリオであり，対象とする左官業の下塗り作業を例とする．学習者は対面指導フェーズにおいて，例えば技能試行に対して「もっとグッ！と塗って」等と指導者から指導される．この場合，学習者は自身の状態をどのように変化すべきか内省することができる．しかし個人学習フェーズでは，指導者が存在せず，学習者は単独で内省を行うことを示している．ここで個人学習フェーズにおいて指導者が仮に再現されることで，学習者の気づきの回数を増加させることを目指す．

2.2 個人学習フェーズにおける指導対象の要件

対面指導フェーズにおいて，指導者は学習者の状態に合わせて，注視すべき部位や動きを指導する．一方で，学習者は，個人学習フェーズにおいて，試技を通じて学習をするため，自身が注視すべき身体部位の認識が難しいという問題がある．このため，学習段階に合わせ，学習を行う部位を変化させる必要がある．

2.3 気づきを与えるための対面指導に関する要件

学習を始めたばかりの学習者は，個人学習フェーズにおいて自身の状態を内省する場合，自身の技能の熟練度や目標とする技能との相対的な差を正確に

認識できない．対面指導フェーズにおいては，指導者が指向性や強弱を表現することに用いられるオノマトペにより，学習者が目指すべき状態との相対的な差を示すことにより，学習者は自身の技能の熟練度を把握する．このため，オノマトペを提示することで，学習者の内省を手助けする．

3.　オノマトペを用いた可変的な支援手法

3.1 学習者の成長に即した学習対象の変化

仮に，学習対象に含まれる特定の部位の習熟が十分であると判断される場合，対面指導フェーズにおいては指導者が注視すべき部位を新たに指定する．ただし，学習者が学習を行う部位を任意で変更できるように実装する．この際，過去の試技情報を学習者に判断材料として提示することにより，次に学習対象とする特定の部位の決定を補助する．

3.2 部位での気づきを促す動作的な意識理解

村主らの研究[3]から，学習者自身の試技動画をもとに作成された振り返り学習教材を使用した．これに加えて，対面指導フェーズにて使用されるオノマトペを試技動画に重畳して表示することにより，学習者に対面指導で得られる気づきを補う情報を提示する． 具体的には，重畳するオノマトペの位置や動き，大きさ，頻度等を変化させ，試技における技能動作をどのように変化させるかを学習者に意識させる情報であり，学習者自身に最適化した技能動作を理解させる．

4.　部位別重畳表示視聴システム

4.1 本研究で利用するソフトウェア構成

本システムでは，学習者の技能動作を処理するために，VisionPose という姿勢推定 AI エンジンを利用する．これにより，推定された姿勢の熟練者データと比較することで，提示するオノマトペが選択される．今回，熟練者データは測定済みの固定値を用いる．

また，システム拡張性や WEB ブラウザでの視聴が可能な点を加味して今回は Unity を利用し，オノマトペを試技動画に重畳させる．

4.2 オノマトペを重畳した動画の作成

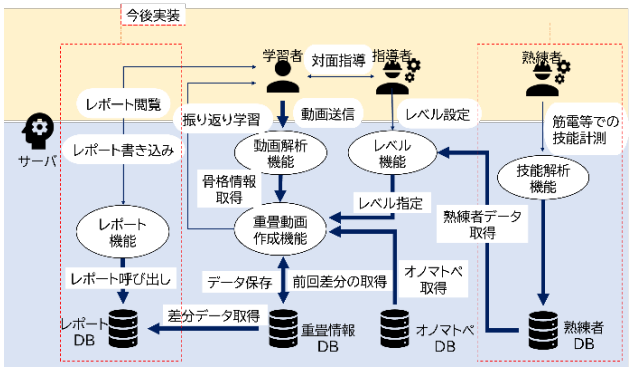


図 2　システム構成図

図 2 は，本研究における構成図である．学習者は自身の技能試行について，手持ちの撮影端末を用いて撮影し，これをサーバへと送信する．送信された動画から骨格推定が行われ，抽出された骨格データはシステム内に保有された熟練者データとの差を DTW によって評価され，オノマトペの表現に反映される．

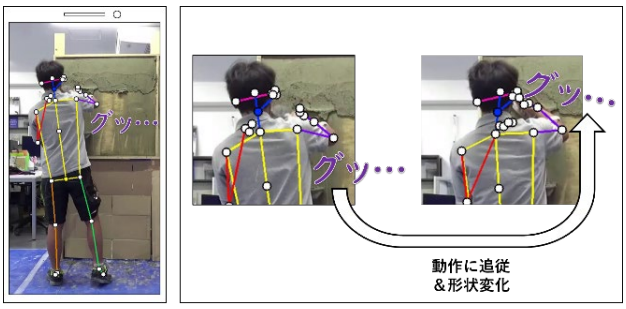


図 3　左:表示画面構成図　右:オノマトペの動きの例

図 3（左図）は携帯端末等における表示画面の構成図である．学習する部位は色で分別した例であり，ここでは重畳されるオノマトペはその部位の色に準じた色としている．また，図 3（右図）に示す通り，重畳されるオノマトペは学習者の身体部位の座標に合わせて追従表示や大きさの変更等が行われる．なお，動画像から推定できない情報への対応として，筋電センサや加速度センサ等との連携拡張も検討している．

5.　おわりに

本稿では，学習者自身の試技動画から骨格を推定し，身体部位ごとにオノマトペを重畳した振り返り動画作成のための環境について説明した．今後は重畳するオノマトペの選定や表示方法，表示頻度等の個人への適応方法について検討する．

謝辞

本研究は（一財）住総研研究助成および JSPS 科研費 JP21K02744, JSPS 科研費 JP23K02735 の助成を受けたものです．

参考文献

(1)　国土交通省，建設技能トレーニングプログラム，https://kensetsu-shokunin.jp，(参照：2023/05/30)

(2)　田中凌太，後藤田中，鈴木実緒，蟹澤宏剛，高井由佳，神田亮，米谷雄介，八重樫理人，林敏浩:“DTW 距離を用いた教授戦略切り替え式視聴支援システムの開発”，信学技報，vol. 122, no. 431, ET2022-85, pp. 161-167, (2023)

(3)　村主涼太，後藤田中，神田亮，蟹澤宏剛，米谷雄介，八重樫理人，林 敏浩: “骨格推定を用いた左官技能の可視化に基づく技能教育手法の検討”，電子情報通信学会技術研究報告，vol.121，pp.107-112，(2022)

地域 IoT 実装を主題とする地域共創活動デジタルアーカイブの提案

Proposal for a Digital Archive of Regional Co-creation Activities focused on Social Implementation of IoT

八木 悠介[*1]，米谷 雄介[*2]
Yusuke YAGI[*1], Yusuke KOMETANI[*2]
[*1] 香川大学大学院創発科学研究科
[*1]Graduate School of Science for Creative Emergence, Kagawa University
[*2] 香川大学情報化推進統合拠点
[*2]Integrated Center for Informatics, Kagawa University
Email: s22g362@kagawa-u.ac.jp

あらまし：地域課題解決に向けたデジタル技術の社会実装では，産学官民共創が重要な役割を担っている．本研究は，ナレッジマネジメントの視点から，地域 IoT 実装を主題とする地域共創活動事例の共有により新たな地域共創活動を支援する地域共創活動デジタルアーカイブを検討し，複合現実技術を活用した地域 IoT 実装を仮想体験できるシステムと連携し，システムのオペレーションデータを収集・分析・可視化する機能を整理した．
キーワード：IoT，社会実装，地域共創，デジタルアーカイブ，複合現実技術

1. はじめに

近年，IoT（Internet of Things）が，地域における課題解決を図るための効率的・効果的なツールとして強く期待されている．総務省による地域 IoT 実装推進タスクフォースでは，全国各地域における IoT 実装による地域活性化・地域課題解決の実現のための取り組みにより，都市の利便性の向上や QoL の向上といった効果が期待される(1)，としている．また，地域課題解決に向けた新たな価値創出のためには，産学官民による共創が重要な役割を担っている．地域が現在抱えている課題の解決・ビジョンの実現には，地方自治体や大学・研究機関，企業での協力が必要とされている(2)．産学官民による地域オープンイノベーション拠点選抜制度や産学融合先導モデル創出プログラムといった産学融合拠点創出事業も展開されている．

スマートシティは，地域 IoT 実装の具体的な取り組みの一つとして位置付けられている(1)．スマートシティにおいて，地域住民の参加が重要とされているが，IoT を用いて地域課題に対応していくためには電子工作の知識やプログラミングの知識が必要であり，IT に詳しくない地域住民にとって障壁となっている．これに対し，先行研究(3)では，MR 技術を用いて直観的な操作で原寸大の IoT デバイスを仮想空間に設置し，現実世界に重畳表示することで，専門的な知識を必要とせずに地域 IoT 実装の仮想体験を可能にするシステム「地域 IoT 実装体験システム」を開発した．本システムは地域のコミュニティにおいて活用可能であることが示唆された．

地域共創活動を広げるためには，個々の事例を増やすだけでなく，地域共創活動事例をナレッジとして地域で共有し，新たな地域共創活動に活用できる仕組みも必要である．そこで，本研究では，先行研究(3)のシステムと連携し，システムのオペレーションデータ（以下，地域共創活動データと呼ぶ）を収集・分析・可視化し，地域共創活動の事例共有を支援するシステム「地域共創活動デジタルアーカイブ」を提案する．本稿では，「地域共創活動デジタルアーカイブ」に求められる要件や機能を整理した．

2. 地域 IoT 実装体験システム

本節では，先行研究(3)において開発した地域 IoT 実装体験システムについて紹介する．本システムは IoT デバイス設置機能，IoT デバイス管理機能，マルチプレイ機能で構成される．本システムは，MR ヘッドセットの一種である Microsoft 社の HoloLens2 で動作する．

図 1 に IoT デバイス設置機能を示す．利用者は仮想 IoT デバイス（仮想センサー，仮想アクチュエータ）を仮想空間に設置し，現実空間に重ね合わせて動作の様子を確認することができる．実物大の機器を確認でき，センサーの設置場所を調整するなど，動作の検証が可能である．

図 1　IoT デバイス設置機能

図 2 に IoT デバイス管理機能を示す．仮想センサーと仮想アクチュエータとの組み合わせや，閾値などのパラメータの設定ができる．図 3 に現時点で利用可能な IoT デバイスを示す．仮想センサーには，

人感センサー，温度センサー，加圧センサーの 3 種類を，仮想アクチュエータには，信号機，街灯，駐車場ゲートの 3 種類を実装している．

図２　IoT デバイス管理機能を利用する様子

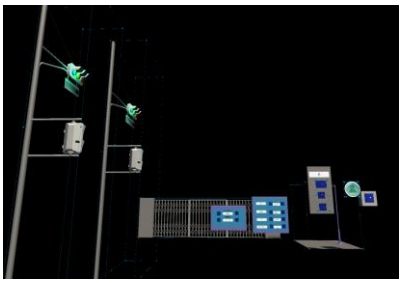


図３　利用可能な IoT デバイスの一覧

図 4 にマルチプレイ機能を利用する様子を示す．マルチプレイヤーフレームワークの一種である Photon Unity Networking 2 を用いて複数のユーザーが MR ヘッドセットを使用して単一の仮想空間を共有し，コミュニケーションを取ることができる．仮想 IoT デバイスの操作と動作も共有される．

図 4　マルチプレイ機能

3.　地域共創活動デジタルアーカイブ

地域 IoT 実装体験システムから生成された地域共創活動データを記録し，後刻，地域共創活動を分析・可視化を可能にするシステムとして，地域共創活動デジタルアーカイブを提案する．図 5 に地域 IoT 実装体験システムと地域共創活動デジタルアーカイブの関係を示す．地域共創活動デジタルアーカイブは，地域共創活動データ記録機能，地域共創活動データ可視化機能で構成される．

地域共創活動データ記録機能は，HoloLens2 を介して仮想空間に接続した利用者の頭および手の動き，設置された IoT デバイスの位置や状態を時系列データとして記録できる．本機能により，地域共創活動において構築された成果物に加え，地域共創活動の過程を記録することが可能となる．仮想空間内における座標と時間を関連づけて記録することで，後刻，

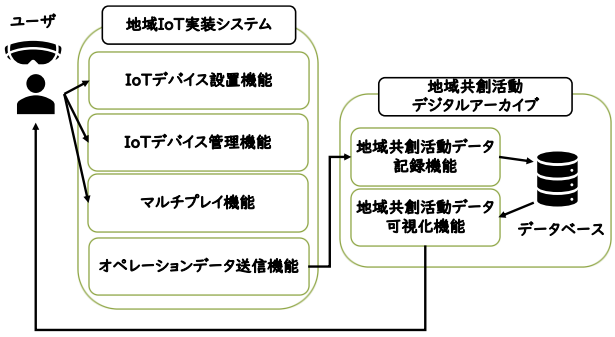


図 5．機能追加後のシステム構成

多様な視点から共創活動を振り返ることができる．また，現実世界の活動場所と共創活動データとを関連づけることにより，地域共創活動の地域間の比較が可能になる．地域共創活動データは，地域共創活動の分析に利用することができ，各地域の活動状況に基づいて，教育プログラムの改善や，用意する IoT デバイスを充実させるなど，エビデンスに基づく教育サービスの改善に利用できると，著者らは考えている．

地域共創活動データ可視化機能は，地域共創活動データ記録機能によって記録された地域共創活動データを分析・可視化するための機能である．記録したデータを後から振り返る際に，振り返りのハードルを低減するために，振り返りをおこなう利用者にとって重要なポイントを提示する方法を検討している．振り返るポイントを抽出する方法としては，何のテーマについて話し合ったか，どのようなメンバーで話し合ったか，地域のどこでアイデア創出をおこなったかなどの地域共創活動のメタデータを抽出する仕組みを検討している．本機能によって，これから地域共創活動に取り組みたい利用者の興味に応じた地域共創活動の検索が可能になる．地域共創活動の可視化の方法には，地域共創活動の要約レポートを自動生成し，振り返る対象を決定する際に参照可能にする仕組みや振り返りたい時刻を指定することで，途中から地域共創活動を再生することができる機能を検討している．

謝辞

本研究の一部は，令和 2 年度科学研究費補助金若手研究（課題番号:20K14084）の補助によるものである．

参考文献

(1) 総務省：“総務省における地域ＩｏＴ実装の取組について”, https://www.kiai.gr.jp/IoTWG/h29/PDF/soumu-go.pdf（参照 2023.05.30）
(2) 経済産業省：“産学官連携を通じた価値創造に向けて”, https://www.medu-net.jp/wp-content/uploads/2021/06/document02.pdf（参照 2023.05.30）
(3) 細川雄也，八木悠介，米谷雄介：“スマートシティ推進に向けたデザイン思考に基づく地域 IoT 開発体験用 MR システムの提案”，教育システム情報学会 2022 年度学生研究発表会（四国地区），pp.237-238（2023）

学修経過・成果可視化システムを活用した教員養成
ーセルフデザイン型学修の展開と初年次教育ー

Pre-service Teacher Education with Data Visualization System of Learning Process and Achievement
-Self Design Learning and First Year Experience-

藤原 伸彦[*1]，石川 勝彦[*2]，泰山 裕[*2]
Nobuhiko FUJIHARA [*1], Katsuhiko ISHIKAWA [*2], Yu TAIZAN [*2]
[*1] 鳴門教育大学教員養成特別コース／セルフデザイン型学修支援センター
[*1]Special Teacher Training Course, Naruto University of Education / Center for Supporting Self-Design Learning
[*2] 鳴門教育大学学習指導力・ICT 教育実践力開発コース／セルフデザイン型学修支援センター
[*2] Development on Practice of Learning Guidance and Application of ICT Course, Naruto University of Education / Center for Supporting Self-Design Learning
Email: fujihara@naruto-u.ac.jp

あらまし：鳴門教育大学において 2023 年度より展開している「セルフデザイン型学修」について報告する。そのための仕組みである，学生の学びの指針となる「鳴門パースペクティブ」，学びについて蓄積し支援する「学修経過・成果可視化システム」，セルフデザイン型の学修スタイルを学ぶ初年次教育，教員による省察支援について説明する。
キーワード：創造的実践者としての教師の養成，セルフデザイン型学修，学習経過・成果可視化システム，初年次教育，省察支援

1. 探究的な学びを自らデザインし学び続ける教員の養成

子供たちの教育ニーズの多様化や，非常に早いペースでの情報化の発展，グローバル化の進展に伴い，探究的な学びを自らデザインして学び続けていくことができる教員の養成が求められている。例えば中央教育審議会 (1) は，「教師自らが問いを立て実践を積み重ね，振り返り，次につなげていく探究的な学びを，研修実施者及び教師自らがデザインしていくことが必要になる。」としている。

鳴門教育大学では，教師として主体的に学ぶ力を有し，子供の多様性や教育課題の複雑さに対応した教育実践を創り出していく教師（創造的実践者としての教師）の養成を目指して，2023 年度よりセルフデザイン型学修を展開し始めた。本稿では，セルフデザイン型学修について，特に学生の学びを蓄積し可視化するために開発した「学修経過・成果可視化システム」とその利用の実際について報告する。

2. セルフデザイン型学修の展開

ここでは，セルフデザイン型学修を「自分の学びについて，自分はどうなりたいのか，そのために何を，どんなふうに学んでいくかを計画し，実行し，自分の学びの状態や成果に基づいて何が学べたか，何が十分で何が十分でないかを考えたり，計画が妥当であったかを検討したり，自分の学び方についても振り返ったりしながら，次の自己課題を決め，再び計画して…を繰り返し，自分を成長させていこうとするスタイルの学修」と考えている。その実現のために，(1) 学びの指針となる鳴門パースペクティブの設定，(2) 学修経過・成果可視化システムの開発と運用，(3) セルフデザイン型の学修スタイルを学ぶ初年次教育の実施，(4) 教員による省察支援，を行なった。

2.1 鳴門パースペクティブ

これまで鳴門教育大学では，学生が自身の学びを省察するための指針として「授業実践力評価スタンダード」を開発し運用してきた(2)。教員養成においてスタンダードを設定し活用する動きは当時多くの大学であり，鳴門スタンダードを活用した教員養成も同様の取り組みとして位置付けられる。実際に運用する中で，ややもするとスタンダードが学修の目標となり，学生がそれに準拠するように学ぼうとするような姿が見られた。それは，今求められている教員像とは異なる。それに対して鳴門パースペクティブは，学生が自身を見つめるためのガイドとして示されており，それにより目標準拠型ではなく自己伸長型の学びを促進するものとして設定されている。大きくは 2 つ，「鳴門教育大学で育成する学校現場で活用できる教師としてのコンピテンシー」4 領域（教師としての構え／教師として必要な基本的知識／教師として必要な基本技能／教師として必要な実践的指導力）とそれらの下位項目（計 12 観点）と「鳴門教育大学で育成する広く社会で活用できる汎用的なスキル」4 領域（人間性／連携・協働力／課題発見・価値創造力／省察力と職能成長を志向する態度）とそれらの下位項目（計 14 観点）からなる。

2.2 学修経過・成果可視化システム

学生が自身の学びを蓄積し，振り返ることを支援するために，「学修経過・成果可視化システム」を開発した。学生は，大学の講義や実習，日々の生活の中で体験したことを，自身の教師としての学びに関わるエピソードとして週 1 つ以上システムに入力する。加えて，そのエピソードについての分析・考察および次にやってみたいアクションプランを記入，そのエピソードが鳴門パースペクティブのうちどれに関連しているかをタグ付け（複数選択可）する。さらにそのエピソードに関するキーワードをハッシュタグ（オリジナルタグと呼ぶ）として入力する。

学生たちが入力した情報は，ダッシュボードで確認することができる（図 1)。左列に学生個人の，右列に学生全体のデータが表示される。画面トップに学生が鳴門パースペクティブのうちどのタグが何回使われているかを示すレーダーチャートが示され，続けて使用された鳴門パースペクティブのランキングとそれぞれのタグが付されたエピソードのうち AI により抽出された代表的な文が示されている。さらにオリジナルタグについても同様のランキングと，最新のオリジナルタグが示されている。ランキングに示されたタグをクリックすることで，そのタグを付したエピソードを閲覧することができる。レーダーチャートおよびランキングは半期ごとに区切られて表示される。

これらを見ることで，学生は自身の学びを他の学生の学びと比較しながら考察することができる。これにより，自身の興味のありかや強みを知ることができる。また，半期ごとの変化をみることにより，自身の学びの変容や成長を知ることができる。本システムを活用することで，学生がどのような教師になりたいかを，そのためにどのようなアクションを起こしておけば良いかを考える契機になると期待される。

2.3 初年次教育

学生のセルフデザイン型学修を促進するため，2023 年度より「鳴教大生学びの第一歩 : 学びのセルフデザイン」という初年次教育を開講した。この講義では，セルフデザイン型学修とは何かについてや学修経過・成果可視化システムの利用方法について説明の後，ワークショップ等を主とした PBL 形式で授業を進めている。例えば，4 人程度のグループに分かれて小・中・高と受けてきた授業で優れていたもの，問題があると思われるものについて考えを出した後，「小学校算数の授業のシナリオを書き，模擬授業をしよう」のような活動を行い，優れた授業を作り実践するには何を学べば良いかを考えるような授業を実施した。

この授業では，自分がどのような教員になりたいか，自分はどのようなことができて，何を学べば良いのかを考え，自身の考えを記録に残し，省察しながら学びをデザインし実践していくという学修スタイルをということを体験的に学ばせることを意図している。

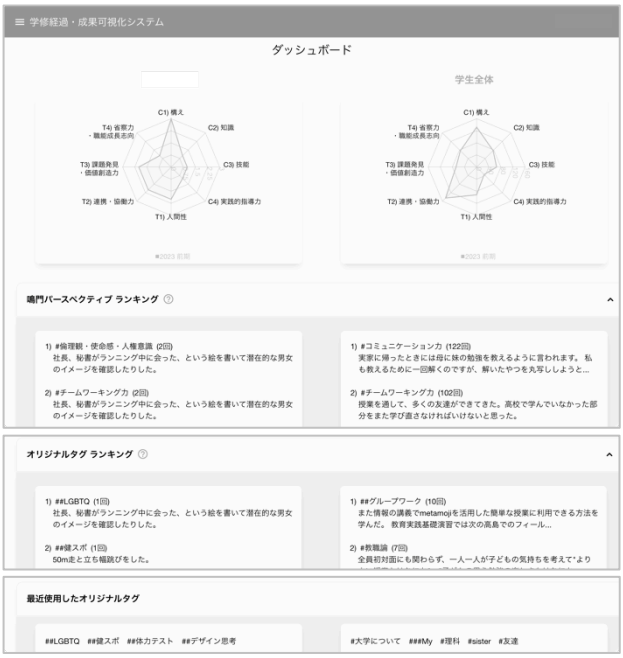


図 1 学修経過・成果可視化システム，
ダッシュボード画面

2.4 教員による省察支援

半期に一度，学生が記録したエピソード等を閲覧し，鳴門パースペクティブの各項目について自分がどのようなことを学び考えてきたかをまとめる時間を設定している。学生は，まとめた内容もって自身の所属するコースの担当教員と面談し，自身の学びと学び方について助言を受け，次の半期の自己目標を設定する。その際，教員は，単純に指導するだけでなく，学生のセルフデザイン型学修スタイルを強化する形で支援を行う。

これを 4 年間繰り返すことを通して，学生が「新たな教師の学びの姿」を体現できるようになると期待される。

3. 展望

本稿を作成している段階では，運用を開始して 2 ヶ月分の書き込みがなされた状態である。大会での報告時には，学修経過・成果可視化システムの実際について，前期分の書き込みやそれらを使った振り返りの実例について，具体的に報告したい。

参考文献

(1) 中央教育審議会: “『令和の日本型学校教育』を担う教師の養成・採用・研修等の在り方について～「新たな教師の学びの姿」の実現と、多様な専門性を有する質の高い教職員集団の形成～（答申）”, https://www.mext.go.jp/content/20221219-mxt_kyoikujinzai01-1412985_00004-1.pdf（参照 2023.5.31）
(2) 鳴門教育大学特色 GP プロジェクト編著: “教育実践の省察力を持つ教員の養成”，協同出版株式会社，東京 （2010）

研究ミーティングを起点とした自己内対話思考の振り返り支援

Thoughts Reflection Support in Internal Self-Dialogue Triggered by a Research Meetings

清水 俊匡[*1]，林 佑樹[*1]，瀬田 和久[*1]
Toshimasa SHIMIZU[*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: shimizu@ksm.kis.osakafu-u.ac.jp

あらまし：研究活動は学術研究ミーティングを中心とする 4 つの活動（思考整理，資料作成，研究 MT，振り返り）から構成される．一連の活動にシステムが追従し，活動情報をシステム間で受け渡す情報基盤を開発してきた．本研究では，思考整理と資料作成を通じた自己内対話思考を支援するシステムを洗練，連係させ，視線・セマンティクスアウェアな研究 MT 資料を生成可能とした．これに対する議論参加者の視線情報に基づいて，議論前の学習者の自己内対話思考まで遡った内省を促す支援機能を実現した．
キーワード：リフレクション支援，適応的支援，ドキュメントセマンティクス，研究活動オントロジー

1. はじめに

研究活動は多面的な観点からの検討が必要となる ill-defined な知識創造活動であり，学術研究ミーティング（研究 MT）を通して研究内容を深めてゆく．研究 MT に臨むにあたり，学習者は自身の暗黙的な思考を整理し（図 1①）議論の場を意識した資料を作成する（図 1②）．作成した資料をもとに議論を先導し（図 1③），議論後には振り返りを行う（図 1④）．この振り返りでは議論で受けた指摘をもとに，議論に先立って行った自己内対話思考（図 1①②）にまで立ち返る内省が望ましい．こうした一連の活動を繰り返し，自身の考えを洗練することで，研究 MT が自己の思考を鍛錬する機会となる．この一連の学習者の活動にシステムが追従し，自己内対話思考や議論の意味内容を部分的に捉えることができれば，考えを深める指摘を学習者の思考の俎上にない観点から与えるなど，高度で新奇な支援を開拓できる．

こうしたことを背景に，我々は研究活動を包括的に支える情報基盤の開発を進めてきた[1]．本研究では，視線・セマンティクスアウェアな研究資料とそれに対する視線情報をもとに，議論前の学習者の自己内対話思考の吟味を促す仕組みを開発した．

2. 自己内対話思考

思考整理と資料作成プロセスが自己内対話思考に相当する．以下，ここで学習者が取り組む活動と役割について述べる．思考整理と資料作成活動がシームレスに連係する仕組みを実現することで，自己内対話思考を支援するとともに，視線・セマンティクスアウェアな研究 MT 資料が生成可能となり，3 章で述べる振り返り支援が実現可能となる．

2.1 研究活動における自己内対話思考

① **思考整理**：学習者が自身の考えを整理する活動である．研究を進める過程でなされた判断や，それに至る思考プロセスは暗黙的になりやすい[2]．学習者自身がそうした暗黙的な考えを外化することで，自分の考えを自己認識して整理する活動である．

② **資料作成**：①での整理に基づいて，議論に上げる考えと議論を効果的に進めるために必要な情報を整理する活動である．

市川は「*書くということを通じてこそ，人は自分の考えを進めたり，新しい考えを出したりできる.*」と述べており[3]，頭の中の考えを表出することは，考えを深め新たな気づきを得る契機となる．このように，考えを構造的に整理・表現したり資料を作成す

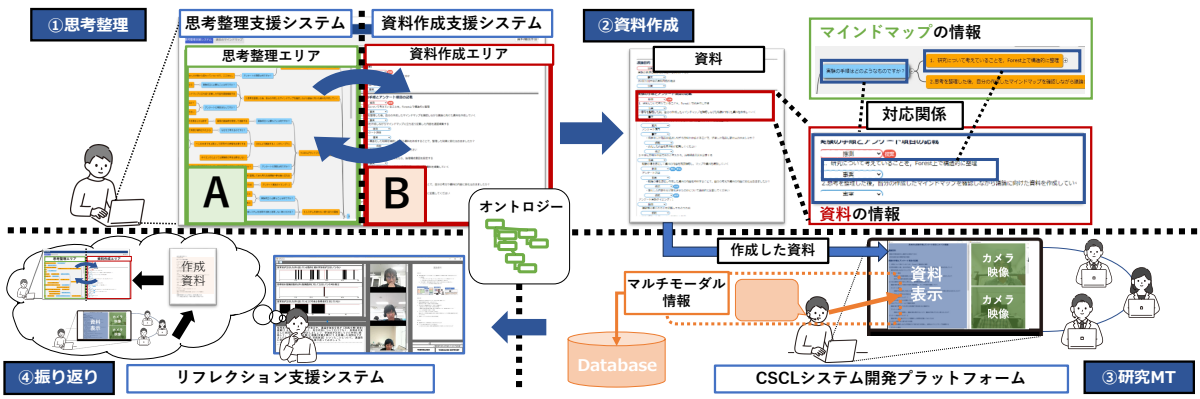


図 1 研究活動サイクル内の各活動支援システム

ることと，自己内対話思考は実質的に往還を伴う知識創造活動である．研究活動サイクルにおいては，自分なりに整理した考えを議論の参加者に誤解なく伝えるために，資料の構成や議論の意図を吟味することが，自己の考えをさらに深め，研究 MT への準備性を高める重要な活動となる．

2.2　自己内対話思考の支援

本研究では，先行システム(2)を拡充し，同一のシステム（インタフェース）上でこれらの活動を連係して行うことができる環境を整える．思考外化と自己内対話思考の往還を促すとともに，資料構成や論理的な関係性の吟味を促す仕組みを開発することで，研究 MT への準備性を高める支援を実現する．

学習者は思考整理支援システム(2)上で，研究テーマに関する考えをマインドマップ形式で思考ノードとして外化して整理できる（図 1A）．そこに表出された考えから，議論するものを選択し，資料作成エリア（図 1B）にドラッグ＆ドロップすることで資料を作成できる．この資料作成において，資料内の文章や項目に例えば「学習者が抱える困難性を根拠として支援方法を提案する」といった論理的関係性をタグ付けすることにより，この整合性を再吟味する（図 2①）．こうした活動は，議論の準備性を高めるとともに，自己内対話思考の再構成を促す．本システムでは，こうした再考活動を思考整理エリアと資料作成エリアを対照しながら編集できるインターフェースを採用している．

思考ノードと論理構成意図から構成された資料は，研究活動オントロジー(2)と論理構成意図オントロジー(4)に基づく視線セマンティクスアウェアなインスタンスモデルとして出力されるようになっている（図 2②）．これを CSCL システム(5)の入力とすることで，議論参加者の研究資料に対する視線行為の意味内容を部分的に捉えることができるようになる．

3.　自己内対話思考の振り返り支援

自己内対話思考支援システムがあることで，思考整理（図 1①）から振り返り活動（図 1④）に至る学習者の一連の思考変遷にシステムが追従できるようになる．これにより，リフレクション支援システム(4)（図 1④）においては，研究 MT 参加者の資料に対する視線行為（図 1③）を手がかりとして，議論前の自己内対話思考（図 1①②）に遡って学習者の思考活動に踏み込んだ助言を提示できる．

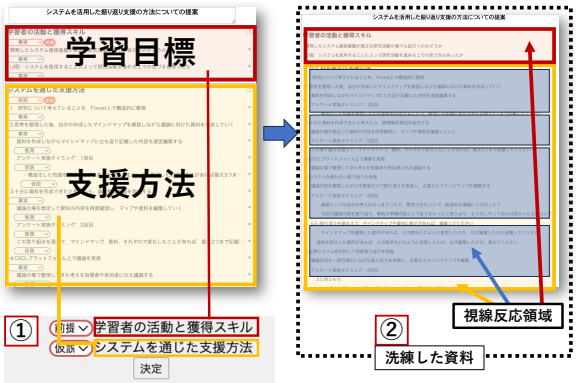


図 2 資料作成支援システムの操作と作成資料

具体的には例えば，視線の振る舞いに基づいて検出された議論状況「*提案者が注目しながら話している領域と別の箇所を参加者が注目していた*」を対象に，視線対象のセマンティクスを捉え，『支援方法の合理性を判断するためには，学習目標，学習者が抱える困難性の情報が必要です．実際資料内にその情報があるか探していると思われる参加者の振る舞いが見受けられました．あなたは支援方法について考えるために学習目標は事前に検討していましたが，学習者が抱える困難性については明示的に考えていたでしょうか？考えることが必要な理由を考えて，議論前の自分の思考を振り返ってみましょう．そして，それを踏まえてミーティング資料をより望ましいものに修正してみましょう．』（下線：資料に付与されたセマンティクス）といった，議論前の自己内対話思考の見直しを促す助言が生成可能となる．

こうした助言は，議論前には気づけていなかった研究活動を遂行する上での領域固有の要点を学習者に示唆するとともに，経験を通じてそれを内在化させることによる研究活動の洗練を目掛けている．

4.　まとめと今後の課題

本稿では，思考整理と資料作成に伴う自己内対話思考を活性化するとともに，その意味内容を捉えることができる技術的仕組みを新たに開発した．現在は，開発したシステムが真正な研究活動の場で運用可能か，またシステムからの支援は研究活動の質的向上に資するかの調査を目掛けた実践準備を進めており，図 1①～④の一連の活動を 3 サイクル程度実施することを想定している．継続的，累積的に行われる研究活動での学習者の思考が，支援システムの運用にどのように効用，変遷をもたらすかを，確認する予定である．

参考文献

(1) 清水俊匡，林佑樹，瀬田和久: “研究活動サイクルの包括的支援を目掛けたシステム連携基盤の構築”，第 47 回教育システム情報学会全国大会, A5-1, pp. 237-238 (2022)
(2) N. Mori, Y. Hayashi, and K. Seta: “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,18(1), 27–39 (2019)
(3) 市川伸一, “勉強法が変わる本–心理学からのアドバイス–”，岩波書店(2000)
(4) Shono, A., Hayashi, Y. and Seta, K.: "Reflection Support Environment for Creative Discussion Based on Document Semantics and Multimodal Information", Proc. of ICCE2021, 93–98 (2021)
(5) 杉本葵，林佑樹，瀬田和久 : “言語・非言語アウェアな CSCL システム開発プラットホーム”，電子情報通信学会論文誌, J101-D(4), 713–724(2018)

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

Deploying the Production of Video Teaching Materials Using a 360-Degree Camera to Nursing Education

米満 潔[*1], 鈴木 智恵子[*1], 菊原 美緒[*2], 合田 友美[*3], 水戸 優子[*4],
鮫島 輝美[*5], 中野 理佳[*1], 榊原 愛[*1], 佐藤 珠美[*1]
Kiyoshi YONEMITSU[*1], Chieko SUZUKI[*1], Mio KIKUHARA[*2], Tomomi GODA [*3], Yuko MITO[*4],
Terumi SAMESHIMA[*5], Rika NAKANO[*1], Ai SAKAKIBARA[*1], Tamami SATOH[*1]
[*1] 佐賀大学, [*2] 関西福祉大学, [*3] 千里金蘭大学, [*4] 神奈川県立保健福祉大学, [*5] 関西医科大学
[*1]Saga University, [*2] Kansai University of Social Welfare,[*3] Senri Kinran University,
[*4] Kanagawa University of Human Services, [*5] Kansai Medical University
Email: yonemik@cc.sga-u.ac.jp

あらまし：看護実習に向けた動画教材として，病室を 360 度カメラで撮影することで部屋全体の状況を確認でき，必要に応じて説明画像も表示される 360 度動画教材を作成した．さらに，医療関係者向けに 360 度カメラを使った動画撮影編集の講座も開催し，この動画教材作成法を活用した教材作成の普及に向けた活動を行った．

キーワード：看護教育，180 度/360 度カメラ，VR，動画教材

1. はじめに

2020 年度から 2022 年度まで新型コロナ感染拡大予防のために，対面教室での授業は，Web 会議システムによるリアルタイム型の授業あるいは動画配信によるオンデマンド型授業などオンライン授業として実施されてきた．ただ，オンデマンド用の動画教材の内容は教員による一方的な説明のみで構成されているものが多い．

本稿では，教員がスライド等を使用して一方的な説明のみを行う動画ではなく，部屋全体を撮影できる 360 度カメラや，撮影者に装着することで撮影者の視野の映像が撮影できる 180 度カメラを使うことで，実験や実習で得られる臨場感や場面に応じた情報提示やシナリオに沿ったシチュエーションでの気付きを与える動画教材制作と，その動画教材および制作方法の看護教育分野に向けた普及活動の実践について報告する．

2. 動画教材制作

2.1 撮影機材

ここ数年，VR ゴーグルを装着して楽しむゲームに限らず，VR ゴーグルやスマートフォンなどで視聴できるリモート観光動画が各地で制作されていることで，VR コンテンツの普及が進んでいる．

この理由として，コロナ禍における情報発信や視聴の需要が高まったことにより，アクションカメラや 360 度カメラの普及が促進され，これらのカメラで撮影された動画の配信や視聴環境が充実してきたことがあげられる．

そこで，本実践でも撮影機材として，まず 360 度カメラを導入した．機種は，Insta360 社の One X2 (1) を導入した．その理由は，カメラの本体サイズが小さいこと，カメラを動かしても手振れがないこと，高解像度の 360 度映像が撮影できること，および専用のソフトを使用することで教材動画の編集が容易なことがあげられる．

次いで，身に着けた状態であるいは任意の角度から精細な映像が見られる教材も必要となった．そこでウェラブルな 180 度カメラである Insta360 Go2 (2) も導入した．その理由は，360 度カメラよりもカメラ本体が小さく重量が軽いため，装着場所の自由度が高く，撮影者に装着した時の負荷が軽く動きを妨げないことがあげられる．

動画編集には，Insta360One X2 用の 360 度動画編集用のアプリ (3) をノートパソコンにインストールして使用した．ノートパソコンを使用したのは，撮影場所でも作業が可能とするためである．

2.2 教材撮影

佐賀大学医学部看護学科の教員とともに授業で利用する 360 度動画を撮影した．撮影場所は，授業で使用されている道具やシミュレータが設置されている実習室や実際に処置が行われる分娩室で行った．

撮影にあたり，事前に，科目担当の教員による授業設計に沿った撮影シナリオ，シナリオに合わせた 180 度カメラの装着場所, 360 度カメラの設置場所や視点の高さ調整など，関係者で数回の打ち合わせを行った．これらの事前準備により，撮影時の担当教員や補助教員で実習時の役割分担が明確になり，撮影はスムースに行うことができた．

180 度/360 度カメラでの撮影と動画編集は筆者が行った．撮影にあたり，Insta360One X2 用の遠隔機器制御用アプリ (3) をインストールしたタブレットを使用した．これにより，撮影場所から離れた位置でもリアルタイムで撮影状態を確認することができた．また，実習等に関わらない撮影者が撮影する室内に入り動画教材に映りこむことが回避できた．

制作した動画教材は，スマートフォンやタブレットのジャイロ機能に対応した 360 度動画再生および VR 再生モードに対応している動画配信サイト YouTube [4] にアップロードした．動画を限定公開にすることで，科目の担当および関係した教員と科目を履修している学生のみが視聴できるようにした．

3. 関連情報の収集と共有

動画教材作成と並行して，同様に看護系の 3DCG を用いた VR 実習教材や，360 度カメラで撮影した動画中に視聴者が選択した項目に従って学べる VR 教材を制作・開発している大学や，VR 教材開発企業を相互に訪問するなど，今後の教材開発に関わる情報収集と共有を行った．

インタラクティブ性の高い実習用 VR 教材や専用の VR ゴーグルは仮想空間での操作性も高く，より実習に近い学習が可能である．ただし，それらは高価であり，個人で購入するのは学生にとって負担が大きい．また，大学で教材や機材を大量購入した場合，導入費用や個別アカウントの設定，アップデートなどのメンテナンス作業など運用上の負担も大きいことが課題である．

そこで方針として，180 度/360 度カメラで撮影する動画教材の内容の充実と，教材制作の普及に向けた活動を進めることにした．

4. 看護教育への動画制作推進

4.1 動画制作

動画教材は，教育効果を高めるために内容のブラッシュアップを行った．当初制作した動画は 180 度/360 度カメラで撮影した映像のみを編集していた．この場合，動画視聴にあたり教員からの指示や動画の場面説明が必要であった．そこで，実習の状況に即した実写映像に場面に応じて，現在の状況や必要となる知識などを画像として提示することで，動画の内容について理解が深まるようにしたシチュエーション動画教材を作成した．

4.2 動画制作方法の講習会開催

180 度/360 度カメラで撮影する動画教材制作には 3DCG や AR/VR 開発ツールである Unity に関する知識や技術を必要としない．また，それらのカメラ本体も低価格化し購入しやすくなっている．またカメラ専用アプリにより遠隔操作や冒頭や終了部分のカット程度の動画編集も専門知識が無くても容易にできる．さらに，三脚や延長ポールなどの周辺機材も充実している．これらの状況から，看護学科の教員や看護師といったデジタルコンテンツ制作を専門としない人でも 180 度/360 度動画教材は制作可能になったと判断した．

そこで，興味を持たれた人向けに個人的に行ってきた学内での講習会を，他大学の看護系の教員を含む研究グループの勉強会へと展開した．

その勉強会を経て，令和 3 年度以降，日本看護科学学会 [5] 学術集会の交流集会における話題提供として動画の撮影と編集について説明した．さらに，令和 4 年度には『佐賀県助産師リカレント教育プログラム』[6] にて「分娩介助とケア: 360 度カメラを使用した教材活用」を担当した．これらの受講者からは，「動画制作にチャレンジしたい」，「三脚や延長ポールの使い方が参考になった」との意見が得られた．

今後，小児看護や老人看護といった年代別，あるいは母性看護や災害看護などの各分野別の看護教育の現場で，多様な 180 度/360 度カメラを使用した動画教材が制作されれば，それらを共有して教育や院内実習に活用も可能となる．

5. 課題

一部のスマートフォンで YouTube での VR モードでの再生ができなくなるといった視聴環境の変化も出てきている．また，VR 酔いしやすい人への対応も確立できていない．

今後は，教材利用方法を，VR ゴーグルでの視聴やスマートフォンでの VR モードでの視聴から，タブレットやパソコンでの視聴をメインに移行していくことも検討している．

360 度カメラ用の三人称視点マウントなど使用することで，360 度カメラを身に着けて動き回ることで固定状態とは別の視点での教材撮影も可能となる．これまで以上に多様な視点からの 180 度/360 度カメラを使用した動画教材制作を行っていく．

180 度/360 度カメラ専用アプリでの編集に加えて，動画編集ソフトを用いることで，動画内に場面に応じた情報提示の画像等を追加していく動画教材制作の講習会も計画していく．

謝辞

本研究の一部は，独立行政法人日本学術振興会科学研究費助成事業(基盤研究(C)21K02349，22K1120)の助成を受けた．また，令和 3 年度 文部科学省就職転職支援のための大学リカレント教育推進事業「佐賀県助産師リカレント教育事業」の協力を受けた．

参考文献

(1) Insta360 ONE X2 - 全方位を思いのままに, https://www.insta360.com/jp/product/insta360-onex2 2023 年 5 月 19 日確認
(2) Insta360 GO 2 - 世界最小アクションカメラ, https://www.insta360.com/jp/product/insta360-go2 2023 年 5 月 19 日確認
(3) Insta360 ONE X2 アプリケーション, https://www.insta360.com/jp/download/insta360-onex2 2023 年 5 月 19 日確認
(4) YouTube - オンライン動画共有プラットフォーム , https://www.youtube.com/ 2023 年 5 月 19 日確認
(5) 公益社団法人　日本看護科学学会, https://www.jans.or.jp/　2023 年 5 月 19 日確認
(6) 佐賀県助産師リカレント教育プログラム https://jo34.med.saga-u.ac.jp/　2023 年 5 月 19 日確認

視線動向分析に基づいた論文添削意図と修正意図の差異抽出手法の提案

Proposal of Method for Extracting the Differences between Correction Aims and Revision Intentions of an Academic Paper by Analyzing Gaze Trends

中山 祐貴[*1], 大沼 亮[*2], 神長 裕明[*3], 宮寺 庸造[*4], 中村 勝一[*3]
Hiroki NAKAYAMA[*1], Ryo ONUMA[*2], Hiroaki KAMINAGA[*3], Youzou MIYADERA[*4], Shoichi NAKAMURA[*3]
[*1] 山形大学 地域教育文化学部
[*1]Faculty of Education, Art and Science, Yamagata University
[*2] 津田塾大学 学芸学部 情報科学科
[*2]Department of Computer Science, College of Liberal Arts, Tsuda University
[*3] 福島大学 共生システム理工学類
[*3]Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University
[*4] 東京学芸大学 教育学部
[*4]Faculty of Education, Tokyo Gakugei University
Email: nakayama@e.yamagata-u.ac.jp, r.onuma@tsuda.ac.jp,
{kami, nakamura}@sss.fukushima-u.ac.jp, miyadera@u-gakugei.ac.jp

あらまし：本研究では，熟練者と未熟者の視線動向を視覚的に提示することで，改善方針を意識させる論文推敲支援の実現を目指す．そのために，熟練者による添削，未熟者による修正それぞれの作業における注視箇所，両者の差異，添削意図から外れた修正が疑われる箇所を抽出する手法を開発する．その上で，熟練者と未熟者の注視箇所，文章の変遷などを対応づけて提示する手法を開発する．本稿では，主に，論文推敲支援の枠組みについて述べる．
キーワード：論文推敲支援，添削・修正意図の差異，視線動向，推敲経緯，情報視覚化

1. はじめに

研究・教育において，熟練者の添削結果に基づいて執筆論文を修正すること（論文推敲）は，重要な作業である．このような論文推敲では，熟練者による添削時コメントを執筆者が十分に理解した上で検討・修正を重ねるべきである．例えば，熟練者が添削する際に，論文全体から修正すべき文章（添削箇所）と関わりのある文章を注視しながら，添削コメントを書くことがある．しかし，推敲経験の浅い者は，熟練者の添削意図を上手く理解できず，折角のコメントを論文改善に活かし切れないケースが少なくない．

これに対して，大学などの教育機関では，教員による学生の研究指導の中で，論文添削が行われている．教員は，十全でない学生の文章に苦心しながらも「何故指摘されたのか，どう直したら良いのか」を考えさせようと添削するが，学生が十分に吟味せずに修正してしまい，添削内容に対して期待した推察・検討が行われないケースがしばしば生じる．

本研究では，熟練者の添削意図と未熟者の修正意図の差異を示唆することにより，未熟者に改善方針を意識させる仕組みの開発を目指す．これにより，論文推敲に対する新たな支援の実現を目指す．

2. 問題点と支援方針

2.1 未熟者の論文推敲における問題点

まず，未熟者は熟練者の添削意図を上手く理解することが困難である（問題点 1）．

次に，論文推敲の経緯（論文の添削と修正をどのように積み重ねてきたのか）を把握することが困難である（問題点 2）．

2.2 関連研究

論文の自動添削システム[(1)]や日本語文章の解析ツール[(2)]などが報告されている．これら既存システムは，文法の正しさや語彙の豊富さ，文章の長さなど，表面的な校正に主眼を置くものが殆どであり，「論文中の論理展開や説明の適切さなど熟練者によるチェックがより重要な部分の推敲に対する支援」としては十分とは言えない．また，学習者同士での相互添削を支援するシステム[(3)]が報告されている．学習者に多角的な検討・推察を促すことには一定の有効性が認められるものの，添削の質が学習者の経験に依存することや，論文を改善するための具体的な方針を意識させることまでは考慮していないなど課題が残る．

2.3 方針

本研究では，2.1 で整理した問題点を解決するために，以下の手法を開発する．

- 熟練者と未熟者の注視箇所抽出手法（問題点 1 に対応）
- 論文推敲経緯抽出手法（問題点 2 に対応）

これらの手法を導入して，論文推敲経緯把握支援システムを開発する．これにより，熟練者と未熟者の注視箇所，文章の変遷，誤修正箇所を対応付けた推敲経緯の観察を通して改善方針を意識させることで，論文推敲の新たな支援の実現を目指す（図 1）．

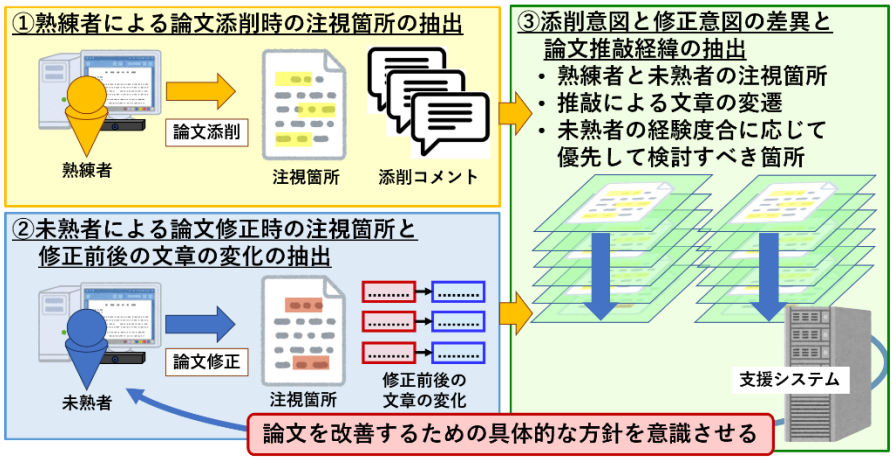


図 1　論文推敲支援の概要

3.　熟練者と未熟者の注視箇所の抽出

まず，熟練者がある箇所を添削する際にその部分と合わせて見ている箇所（注視箇所）を，特徴的な視線動向と共に抽出する．このとき，熟練者の視線動向の抽出には，設置型の視線計測装置を用いる．特に，一定の停留が見られる箇所，添削時特有の視線の動きなどを重視して，注視箇所を選定する．これらの注視箇所と視線動向を添削箇所・コメントと対応づけて蓄積する．

次に，未熟者がある箇所を検討・修正する際の注視箇所を，特徴的な視線動向と共に抽出する．未熟者の注視箇所の抽出についても，基本的には熟練者と同様の方法で抽出するが，未熟者の視線動向であることを踏まえて実際状況の精査を経ながら検討する．その上で，添削箇所ごとに熟練者と未熟者の注視箇所を比較する．具体的には，添削箇所と合わせて注視している文章の範囲や注視箇所の停留時間に着目する．これにより，熟練者と未熟者の注視箇所の差異を抽出する（図 2）．

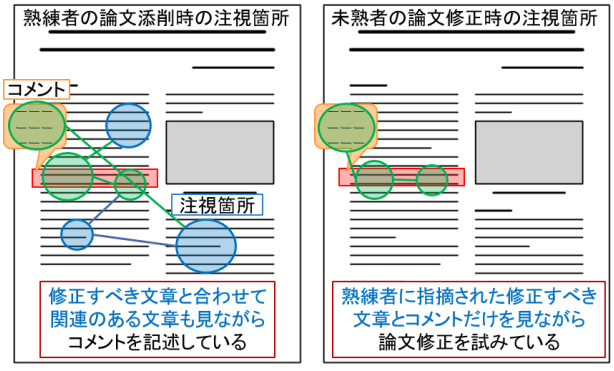


図 2　熟練者と未熟者の注視箇所の差異抽出

4.　論文推敲経緯の抽出

まず，実際の論文修正作業の精査に基づいて，添削意図に応じた修正による文章変化の典型パターンを整備する．この典型パターンを用いて，未熟者による修正箇所を分析することで，添削意図に沿わない修正が行われている恐れのある箇所を抽出する．

次に，添削箇所ごとに，熟練者と未熟者の注視箇所，推敲による文章の変遷，添削意図から外れている可能性のある修正箇所を対応付けることで，論文推敲経緯を抽出する．

さらに，推敲作業の精査結果を踏まえて，未熟者の経験度合による「優先して検討すべき箇所（問題の種類）」の指標を整備する．これに基づいて，経験度合に応じた論文推敲経緯の提示手法（優先順・範囲）を開発する．

5.　論文推敲経緯支援システム

上述の抽出手法をそれぞれモジュール化したものをサブシステムとする形で，熟練者と未熟者の添削・修正意図を体現する注視箇所の抽出から，熟練者と未熟者の注視箇所の差異の抽出，添削意図に沿わない修正箇所の抽出，論文推敲経緯の抽出・提示までを担う支援システムのプロトタイプを開発する．

これにより，熟練者と未熟者の意図や注視箇所の差異を含めた推敲経緯を現実的に観察できる形で提示する．

6.　おわりに

本稿では，主に，熟練者の添削意図と未熟者の修正意図の差異を抽出・示唆することで，改善方針を意識させる論文推敲支援の枠組みについて述べた．

今後は，論文添削・修正作業の実際様態の分析を重ねつつ，提案手法の検証・改善を進めたい．

参考文献

(1)　松井亮介，渡辺開斗，蜂巣吉成，吉田敦，桑原寛明: “変更履歴に着目した機械学習による論文校正支援方法の考察”，第 20 回情報科学技術フォーラム予稿集, E-049, pp.335-342（2021）
(2)　中野てい子，冨浦洋一: “日本語作文支援における共起を利用した代替候補提示システム”，日本教育工学会論文誌, Vol.34, No.3, pp.181-189（2010）
(3)　北村雅則，加藤良徳，棚橋尚子，山口昌也: “学習者同士の相互添削にみる作文支援システムの教育効果”，言語処理学会第 16 回年次大会予稿集, pp.531-534（2010）

AI 生成動画によるオンデマンド授業の実践事例
－教材コンテンツ制作の報告と学修者評価の分析－

Teaching with AI-Generated Videos
Report on the Production of Educational Material Content and Analysis of Learner Evaluations

細江 哲志
Satoshi Hosoe
常葉大学
Tokoha University
Email: sat.hosoe@sz.tokoha-u.ac.jp

あらまし：本研究はオンデマンド型の動画教材の制作において、機械学習によるリップシンク技術と合成音声を活用した事例を報告し、生成されたコンテンツの学修者評価について考察する。8 割以上の学修者が AI 生成による動画を受け入れる一方で、音声や顔表情の精度に違和感を感じる者が一定数存在した。本取り組みは、機械学習による生成コンテンツが高等教育に有効であることを示唆している。
キーワード：機械学習、ジェネレーティブ AI、オンデマンド教育、学習行動分析、高等教育

1. はじめに

本研究では、AI 技術を活用したオンデマンド教育動画の生成が、高等教育の現場にてどのような効果をもたらしうるのか事例報告する。本研究では 2020 年に公開された Wave2Lip と呼ばれるリップシンク技術と、筆者自身の合成音声を組み合わせた、いわゆるディープフェイク動画をオンデマンド授業に組み込んだ。この動画コンテンツに対し学修者からは一部否定的な反応があったものの、多くは受け入れる態度を示し、AI 技術によって生成されるコンテンツが高等教育に有効であることが示唆された。本文では教育実践の取り組みの過程を報告し、学修者の評価についてアンケートから考察する。

2. 背景

2020 年から 2022 後期頃までの COVID-19 パンデミックをきっかけに、数々のオンライン授業の手法が実践されたことは記憶に新しい。筆者は本学にて担当する 4 つの授業（「情報科学概論 I」「情報科学概論 II」「e コマース論」「経営情報システム論」）にて、スライド資料ならびに PDF テキスト資料とその内容を解説する動画を各回に制作し、オンデマンド形式で配信した。いずれの授業も 200〜300 人程度が受講する大規模クラスであった。授業動画は 60 分から 70 分程度の内容を、視聴しやすいように 7〜10 分程度に区切り、さらに 20〜30 分程度を要する演習や、リフレクション課題と組み合わせた学修コンテンツを設計した。

配信には Microsoft Teams と YouTube の限定配信を組み合わせた仕組みを用いた。必ずしも学修者がリアルタイム動画配信に対応するネットワーク環境を持ち合わせていないことが想定されたためである。複数のストリーミングシステムを比較し、PC でもスマートフォンでも過不足なく利用できるこれらプラットフォームの組み合わせが最適だと判断した。

3. 授業動画制作の課題と AI による解決策

筆者は動画コンテンツの制作について相応の経験とスキルがあり、授業動画の収録・編集・配信作業は問題なく進めることができた。しかし事前の解説用台詞の準備や、大勢に視聴されることを意識したセッティング（服装や、撮影する自室や研究室の背景の様子等）を整え、また学修者にとって理解しやすい動画として整合性を保つための細かい編集作業を継続することは、肉体的にも精神的にも負担となった。解説する筆者自身の様子を収録することに拘ったのは、表情やジェスチャーによる親近感の演出が、継続的な動画視聴や、理解度の向上につながると考えたからである。

2022 年度の授業において、制作済みの動画の一部を新しい事例等に合わせて修正する必要があり、効率的な編集のために AI による生成動画およびに合成音声による加工・編集を試みた。

4. 自動生成動画の制作の流れ

動画の生成に用いた AI 技術は次の二つである。Wave2Lip はメルスペクトログラム（人間の聴覚に基づいた音高の知覚的尺度による音の時間的変化情報）を用いて音声情報を解析し、映像中の任意の顔画像情報に対して、唇の動きや歯の表出を中心とした口部分の変化を自動生成する機械学習モデルである。Python で実装され GitHub にて公開されている。

合成音声の生成には株式会社 CoeFont が提供するクラウドサービス（https://coefont.cloud/）を用いた。事前に 150〜200 分ほどの設定用台詞を読み上げることで、その人の声に似せた音声を合成することができる。完成後は Web ブラウザ画面からテキスト入力やピッチ・速度の調整等の編集をしたり、音声ファイルとして出力することができるようになる。

動画生成の流れは次の通りである。1) 過去に配信済みの動画の一部から、自然な目線や仕草で話している筆者自身の 2〜3 分程度の動画クリップを事前

に抽出しておく。2) 話す内容を CoeFont サービスにテキストで入力し、合成音声を生成する。3) Wave2Lip を用いて動画クリップと生成された音声データを処理し、筆者が合成音声に合わせて喋っているかのような動画を自動生成する。

5. 学修者の評価（1）・アンケート結果より

2022 年度後期の経営情報システム論（二年次生以上が履修、n=207、授業 A）の第 13 回、及びに情報科学概論 II(一年次生以上が履修、n=238、授業 B)の第 15 回のオンデマンド授業において、計 20 分程度の AI 生成動画を配信した。いずれも情報通信技術をテーマにした授業であり、最新のテクノロジーについて事例紹介する目的も兼ねていた。授業後の振り返りアンケートの結果は表 1 の通りである。

表 1 アンケート結果

	授業A（n=207）	授業B（n=238）
（AIで生成した）授業動画を視聴してどう感じたか		
いつもと同じような授業動画だと感じた	10%	11%
どちらかというと、いつもと同じような授業動画だと感じた	34%	26%
どちらかというと、いつもとは少々異なる授業動画だと感じた	26%	29%
いつもとは異なる授業動画だと感じた	29%	32%
過去の（リアルな教員が映っている）授業動画と比べてどの程度理解できたか		
過去に提供されてきた動画と同様に、理解できた	26%	26%
どちらかというと過去に提供された動画と同様に理解できた	52%	51%
どちらかというと過去に提供された動画より理解しづらかった	15%	18%
過去に提供されてきた動画より、理解しづらかった	7%	4%
（AIで生成した）授業動画に違和感を感じたか		
全く違和感を感じなかった	11%	12%
どちらかというと違和感を感じなかった	33%	27%
どちらかというと違和感を感じた	30%	33%
強い違和感を感じた	25%	28%
（AI生成による）動画を今後もオンデマンド授業にするとしたら		
特に問題無いと思う	57%	47%
どちらかというと問題無いと思う	29%	34%
どちらかというと問題があると思う思う	11%	16%
問題があると思う	3%	3%

問い「授業動画を視聴してどう感じたか」「授業動画を視聴して違和感を感じたか」の集計結果から、（「どちらかというと〜」の回答も合わせると）相違点や違和感を感じた学修者が半数以上いたことがわかる。生成動画の視聴を通じて、およそ通常の動画と同じに理解できたと回答する割合は計 7 割以上いた。「このような動画を今後もオンデマンド授業にするとしたら」の問いに対し、授業 A では約 57%、授業 B では約 47%の学生が「特に問題無いと思う」と回答し、「どちらかというと問題無いと思う」との回答と合わせると 8 割以上の学修者が AI で生成された授業動画を受け入れていることになる。

6. 学修者の評価（2）・自由記述回答より

自由記述回答による感想や意見も募った。特に意見やコメントがない場合は「特になし」と入力するよう指示した結果、445 人中 286 人（64.3%）がそのように回答した。表 2 は「特になし」を除外した自由記述回答について、TF-IDF 法によるテキストマイニングを行った結果の一部である。

表 2 自由回答のテキストマイニング（一部）

名詞	スコア	類出頻度
「ai」	189.28	43
「音声」	82.99	40
「違和感」	73.45	55
「抑揚」	47.51	11

形容詞	スコア	類出頻度
「聞きづらい」	16.8	4
「ぎこちない」	9.12	3
「残りにくい」	8.93	2
「聞き取りやすい」	7.82	3
「分かりやすい」	1.7	4

結果から、映像における独特の AI っぽさや、音声についての違和感、抑揚のなさ、聞きづらさやぎこちなさを指摘するネガティブな反応を示している様子が伺える。興味深い回答の一部には「いつもの授業動画より話す内容が決まっていてスムーズだった」「何の違和感もなかったが自動生成と知って驚いた」「音声、映像が不気味で焦燥感を感じ、動画をすべて視聴できなかった」「AI による授業でも内容は理解できるが先生がいる意味がないのでもっと授業料を安くして欲しい」「（比較すると）いつもの先生が喋っている方が温かみがある」などがあった。

7. まとめと今後の展開

本取り組みについてまとめる。まず、既存の機械学習モデルを組み合わせることで、教員自身のリアルな姿ではなく、デジタルペルソナを活用した教育コンテンツの制作が、技術的には充分可能になったことが挙げられる。学修者の多くはこのような動画コンテンツを受け入れる傾向にあるが、音声の抑揚や顔表情に違和感を感じる者が一定数おり、現状では学修の阻害要因になりかねない。

近年、機械学習による画像や文章の自動生成技術の発展がめまぐるしい。本取り組みから、一連の技術を連携させていくことで、動画配信のような一方通行の知識伝達型コンテンツだけでなく、大人数の学修者に個別にかつインタラクティブに対応するアバターやデジタルペルソナが台頭してくることが示唆される。コロナ禍や、情報の自動生成技術の台頭は、「100 年変わっていない」と批判されがちであった授業形態や教室における学びにも大きなインパクトをもたらした。今後も新しい技術を積極的に取り入れつつ、適切な学修環境の提供に努めていきたい。

参考文献

(1) Prajwal, K. R., et al. "A Lip Sync Expert is All You Need for Speech to Lip Generation in the Wild.", Proceedings of the 28th ACM International Conference on Multimedia (2020)

ドライアイ防止のための形状に基づくまばたき検知

Blink Detection based on Eye Shape for Dry Eye Prevention

土江田 織枝[*1]　山田 昌尚[*1]　林　裕樹[*1]
Orie DOEDA[*1]　Masanao YAMADA[*1]　Hiroki HAYASHI[*1]
[*1] 釧路工業高等専門学校
[*1]National Institute of Technology, Kushiro College
Email: yoshida@kushiro-ct.ac.jp

あらまし：パソコンを長時間使用することによる VDT 症候群が幅広い年齢で増えており，その対策が急がれる．筆者らは，適切なタイミングで，まばたきや姿勢を確認するように促すシステムの開発を進めている．本稿では，まばたきの検出について手法と問題点について述べる．
キーワード：VDT 症候群予防，ドライアイ予防，まばたきの検出

1. はじめに

近年，情報社会の確立にともない，VDT（Visual Display Terminals）機器を使用する機会が増えている．授業などへも導入が進められたため，必然的に児童生徒も使うこととなり(1)，幅広い年齢で使用者が増加した．そのため，VDT 症候群と思われる心身や目の不調の訴えも急増している．特にまばたきの回数は，集中してディスプレイを見ていると，通常の 4 分の 1 程度まで減少すると言われ，これにより目の表面が乾くドライアイとなることで，眼精疲労や視力低下といった目のトラブルの原因につながる．2021 年に文部科学省が小学 1 年生から中学 3 年生を対象に裸眼視力 0.3 未満の生徒児童の割合を調査した結果では，児童生徒の視力低下が危機的な状態が明らかとなり，対策が急がれる．筆者らは，パソコンでの作業中の顔の様子から得られる情報を基に，適切なタイミングでまばたきを促すシステムの開発を行っている．本稿では，開発中のシステムについてまばたきの検出方法や問題点について述べる．

2. まばたきの検出

本システムは，小型コンピュータの Raspberry Pi4 Model B(4GB)を用いる．顔の画像は Raspberry Pi に USB 接続した 1280×720 画素のウェブカメラで取得する．ウェブカメラはディスプレイの下部中央に設置する．まばたきを促すときには，Raspberry Pi に接続した赤色 LED を点灯することで，システムの利用者に視覚的に提示する．本システムは Python3 で実装し，画像処理に OpenCV3，まばたき検出などの処理に機械学習ライブラリの dlib を用いる．ウェブカメラの映像から顔領域を検出するために，OpenCV の Haar 特徴ベースの Cascade 型分類器による物体検出を用いる．まばたきの検出は，顔領域から dlib の特徴点検出器で 68 個の特徴点を取得し，その中から両目の部分の 12 個を用いる．これらの特徴点から目の形状を評価し，まばたきを検出する．まばたきの検出は，目の部分の特徴点から，図 1 の p1 と p6 の距離の 2 倍の値で，p2 と p3，および p4 と p5 の距離の和を割ることで EAR(Eye Aspect Ratio)と呼ばれる目の形の縦横比（式(1)）を用いて行う(2)．EAR の値は，目を開くと大きく，閉じると小さくなる．

まばたきの判定に用いる閾値は，被験者 10 名に対する評価実験の結果から，0.25 を基準値とし，レベル値 value を 0 から 10 までの整数から選択することで，閾値を 0.25 から 0.3 の間で調整できるようにしている(式(2))．

3. まばたきの検出の問題点

3.1 顔領域の検出についての問題点

本システムは，ウェブカメラと顔の距離が，約 50 センチ程度になる位置で使用する．しかし，システムを使用中に使用者の位置がカメラから遠ざかると，Haar-Cascade 型分類器による顔領域の検出が不安定になり，カメラと顔の距離が約 60 センチを超えると顔領域の検出が難しくなる．このような状態は，ディスプレイに向かう作業の際に頻繁に生じるので，ディスプレイと使用者の位置が離れた場合でも安定して顔領域を検出できる必要がある．そこで本システムでは，顔領域の検出をすべての入力フレームに対して行うのではなく，Haar-Cascade 型分類器による検出を 30 秒間隔で行い，次の検出までの 30 秒間はその顔領域を OpenCV の MedianFlow を用いて追跡する．顔領域の検出に Haar-Cascade 型分類器だけを用いた方法と，MedianFlow を使って顔領域の追跡処理を取り入れた方法をディスプレイに表示した文

図 4　まばたきの判定に使う要素（右目）

$$EAR = (\|p2-p3\| + \|p4-p5\|) \;/\; 2(\|p1-p6\|) \quad (1)$$

$$閾値 = 0.25 + 0.005 * value \quad (2)$$

章を 1 分間黙読する際のまばたきの回数を計測する事で，被験者 10 名で比較したところ，図 2 と図 3 に示す結果となった．比較の際，顔の位置の変化による影響を確かめるために，顔領域がディスプレイ内に収まる程度の範囲で，被験者の顔の位置を変えない状態と，上半身を前後左右に動かす状態をとってもらった．まばたきの検出率は，実験の映像から計測した実回数に対してシステムが検出したまばたきの回数の比率で求めた．図 2 と図 3 の実験の結果を比較すると，顔領域の検出に追跡を組み合わせることで，被験者の全ての状態において検出率が向上し，被験者 6 と被験者 7 以外は 94%以上の検出率となった．

3.2 目の形状の問題点

前節の評価実験の被験者 6 に対する実験中の状態（静止・左右・前後）でのまばたきの検出率の平均値は，追跡処理を取り入れたことで 66%から 77%となった．また，被験者 7 では 63%から 77%であり，ある程度の改善はあったものの，その他の 8 名の被験者の検出率は 78%から 95%と改善されていることから，被験者 6 と被験者 7 に対しての効果は低かったと言える．このようになった原因として，この 2 名については，個人差としての目の形状により目を開けたときと閉じたときの EAR 値の差が小さいことが考えられる．そこで，目の周辺の情報をより詳細に取得できるようにするため，ウェブカメラの設置位置を図 4 の①の位置から変更して 3.2 節の評価実験と同等の実験による検出率の確認を行ったところ，①から⑥の位置のうちに⑤の位置で被験者 6 と被験者 7 についても約 80%の検出率となった．

4. まとめ

VDT 症候群の予防を目的としたまばたきを促すシステムについて，まばたきの検出率は平均で約 94%となっているが，目の形状によっては 77%程度となったものの，ウェブカメラの位置を変更することで多少は改善することができた．今後は検出手法やシステムの構成を見直すことで，より正確にまばたきを検出できるようにする．

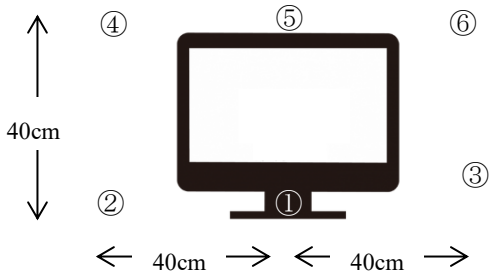


図 4　ウェブカメラの設置位置

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) 文部科学省 生涯学習政策局 情報教育課，“児童生徒の健康に留意して ICT を活用するためのガイドブック”（2018）
(2) Tereza Soukupova and Jan Cech, “Real-Time Eye Blink Detection using Facial Landmarks”, 21st Computer Vision Winter Workshop (2016)

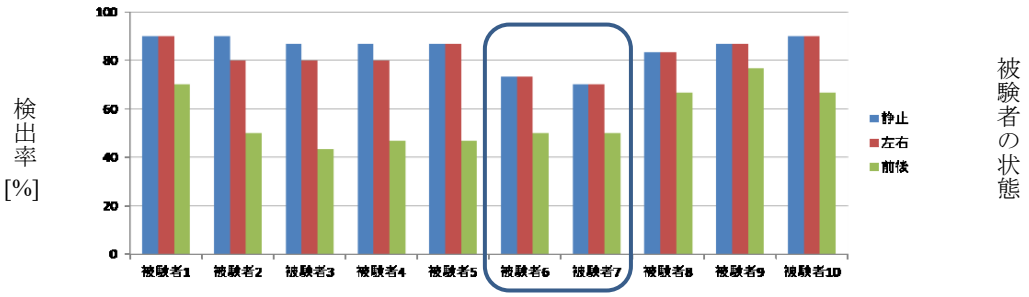


図 2　顔領域の検出だけを用いた方法

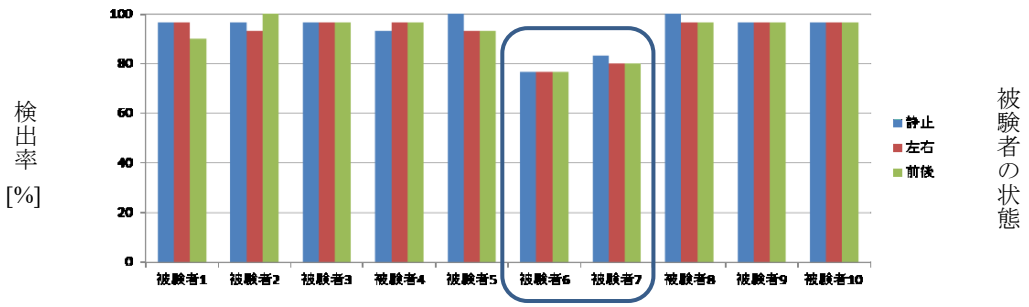


図 3　顔領域の検出と追跡を組み合わせた方法

生成対話モデルを用いた授業発話の影響度の可視化に関する研究

Visualization of the Impact of Classroom Utterances Using Generative Dialogue Models

大西 朔永[*1]，椎名 広光[*2]，保森 智彦[*3]
Sakuei ONISHI[*1], Hiromitsu SHIINA[*2], Tomohiko YASUMORI[*3]
[*1] 岡山理科大学大学院　総合情報研究科　数理・環境システム専攻
[*1]Graduate School of Informatics, Okayama University of Science
[*2] 岡山理科大学　情報理工学部
[*3] 岡山理科大学　教育学部
Email: i22ed08bf@ous.jp

あらまし：小学校等の授業において，教員が省察に使用できる時間は少なく，短時間での省察が必要になっており，システム化が望まれている．本研究では，小学校の算数の授業発話に対して，生成対話モデルに用いる Transformer から発話生成時に得られる Attention Weight と，対話モデルの発話生成で算出できる発話の生成確率の変化を用いて，発話の影響度分析と可視化を行っている．
キーワード：授業における対話分析，GVT，Attention Weight，XAI，発話の影響度

1. はじめに

小学校の授業では，教員は児童の状況を見ながら授業を進めており，教員が一方的に授業を行っていることはまれである．児童の場合は授業について自分の学びの状況や意見，感想を同級生間で発話することが多くあり，児童は対話をしながら授業を進めていると考えられる．教員と児童や児童間では，一種の対話が成り立っており，授業の理解を促したり示したりする発話や対話を自動的に分析することができれば，教員に対して多くのフィードバックが可能となる．特に，教員の発話による児童の発話への影響の可視化は，重要な要素の 1 つである．

本研究では，自然言語処理分野の生成対話モデルの 1 つである拡張 GVTSC モデルを用いて小学校の授業対話を分析し，可視化を行っている．

2. 拡張 GVTSC

本研究では，ニューラルネットワークを用いた対話モデルの 1 つで我々が開発している事前にクラスタリングを用いて発話者の特徴を抽象化する拡張 GVTSC モデル[(1)]を用いて小学校の授業対話を分析し可視化を行っている．その概要図を図 1 に示す．

3. 対話応答に対する発話影響の分析

自然言語処理に対する説明可能な AI(XAI, Explainable Artificial Intelligence)[(2)]の技術としては，Transformer 等の Attention を用いたモデルにおいて Attention の重みを可視化することで，予測の根拠とする手法が提案されている．また，入力に変化を与え，その出力の変化を定量的に分析することで，重要な入力部分を推測する手法が提案されている．その手法の一つとして，予測根拠としての妥当性を評価する ERASER ベンチマーク[(3)]が提案されている．本研究では，両手法を対話分析用に改良している．

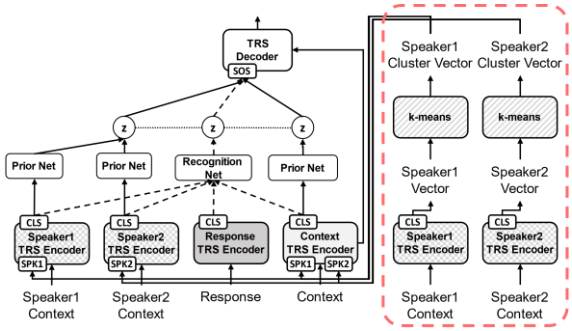


図 1 拡張 GVTSC 対話モデル

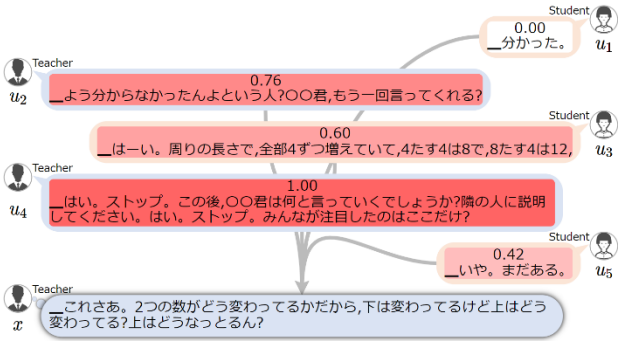


図 2 Attention Weight による発話の影響度

3.1 Attention Weight を用いた可視化

本研究では，対話モデルに拡張 GVTSC モデル内に Transformer を用いているため, Attention の重みを可視化することが可能である．対話応答生成において，ある対話応答を生成する場合，コンテキストの各トークンに対する重みをモデル内部で計算している．そのため，Attention の重みを利用することで，生成した応答にとって，重要なコンテキストのトークンの依存関係を分析することが可能であると考えられる．そこで，本研究では対話モデルの Attention

の重みを可視化することで，重要な発話の分析を行っている．Attention の重みを可視化する手法は，
(1) 応答の各トークンへの重みを平均し，コンテキストの各トークンへの重みも発話単位で平均する，
(2) コンテキストの各発話への重みを 0 から 1 の値に正規化する，
(3) 重みの大きさに応じて，発話を背景色で強調する．
特に，モデルから得られる Attention の重みは応答の各トークンとコンテキストの各トークン間の重みであり，コンテキストの各発話と応答の発話全体に対する影響度を測ることはできない．そこで，(1)の処理で発話全体に対する重みに変換している．

発話に対する Attention の重みを可視化した例を図 2 に示す．図 2 の最後の発話は，応答発話であり，コンテキストから応答発話に向けて，影響を表す矢印の線を示している．なお，応答発話は強制的に実際の発話をモデルに生成させている．

3.2 対話応答の生成確率を用いた発話の影響度分析

ERASER ベンチマークでは Attention の重み等の連続的なスコアを評価する Comprehensiveness が提案されているが，対話における発話の影響度を分析するために改良した対話依存性指標（DD，Dialogue Dependency Index）を用いる．本研究では，対話モデルが授業発話のコンテキストから授業の応答発話を生成するときに，コンテキストから対象となる発話を除いた場合に，予測確率が低下するほど除去発話が重要であることを示す指標として対話依存性指標を用いる．対話応答の生成確率を用いた発話の影響度分析手法の概要を図 3 に示す．対話のコンテキスト$c = u_1, u_2, \ldots, u_N$から発話$u_i$を除いた対話のコンテキスト$c \setminus u_i$から応答$x$が生成される確率$p(x|c \setminus u_i)$と，元の対話のコンテキスト$c$から応答$x$が生成される確率$p(x|c)$から対話依存性指標$DD_i$を$DD_i = p(x|c) - p(x|c \setminus u_i)$と定義している．教員の応答発話に対する児童の発話の影響度の可視化例を図 4 に示す．実際の教員と児童の対話の一部を例として，教員と児童の発話が最後の教員の応答発話にどの程度影響を与えたのかを可視化している．

3.3 分析手法の比較

Attention Weight を用いた手法と対話応答の生成確率を用いた手法を比較する．最初に，計算コストの観点では，Attention Weight を用いた手法は対話のコンテキストから応答を一度生成することで，Attention Weight を得ることができる．それに対して，対話応答の生成確率を用いた手法は，対話のコンテキストから順に発話を除いて応答を生成し，生成確率$p(x|c \setminus u_i)$を得る必要がある．元の生成確率$p(x|c)$も計算に必要なため，コンテキストの発話数をNとすると，生成回数は$N+1$となる．計算コストの点では Attention Weight を用いた手法の方が良い．

次に発話の影響度を求める精度の観点で比較を行う．両手法の分析例について，応答発話との関連が低い発話に対する評価を比較すると，Attention Weight を用いた手法は 1 発話目u_1のみが低い評価で，対話応答の生成確率を用いた手法は 1，2，5 発話目u_1, u_2, u_5が低い評価となっており，手法間で差がある．数の変化に関する応答発話との関連性では，1，2，5 発話目u_1, u_2, u_5は低いため，対話応答の生成確率を用いた手法の方が高い精度であると考えられる．

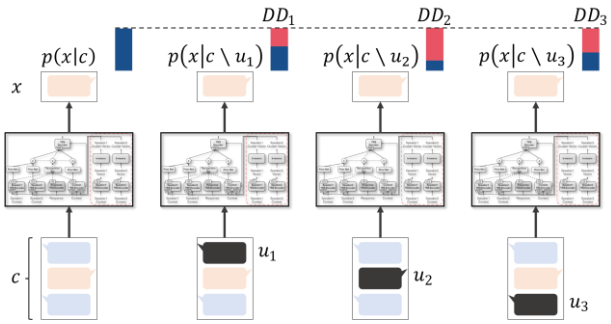


図 4 対話応答の生成確率を用いた発話影響度

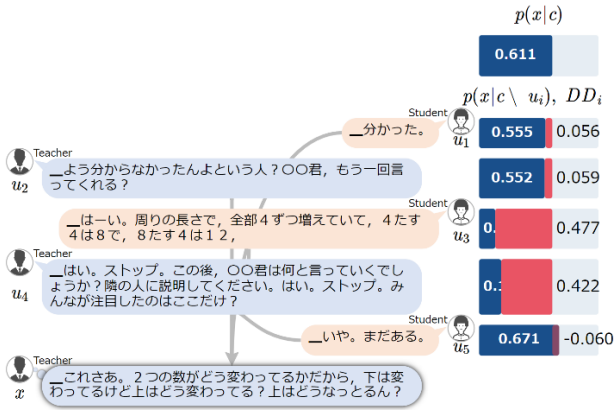


図 5 発話影響度による可視化

4. 今後の課題

発話分析に用いる対話モデルの性能向上及び，授業データの収集，発話分析手法の改善が課題である．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP23K11378 の助成を受けたものです．

参考文献

(1) 大西，椎名，保森:“対話モデルを用いた授業の発話分析とシーンの可視化”，教育システム情報学会 2022 年度特集論文研究会, pp. 152-159 (2023)
(2) Madsen, A., et. al.: “Post-Hoc Interpretability for Neural NLP: A Survey, Association for Computing Machiner, ACM Comput. Surv., Vol.55, No.8, pp.1-42 (2022)
(3) DeYoung, J., et. al.: “ERASER: A Benchmark to Evaluate Rationalized NLP Models”, In Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, pages 4443–4458 (2020)

敵対性構造を用いた Stable Diffusion のプロンプト生成システムの開発

Using Adversarial Structures Development of Prompt Generation System for Stable Diffusion

コ　セイ [1]，高橋聡[*2]
Sei KO [*1], Satoshi TAKAHASHI[*2]
[*1] 関東学院大学　理工学部
[*1]College of Science and Engineering, Kanto Gakuin University
Email: m22j7002@kanto-gakuin.ac.jp

あらまし：本研究では,ブランドなどのテーマを保ちつつ,新たなデザインの衣服画像を生成できるプロンプトを特定するシステムを提案する.まず,参考となる画像からプロンプトを生成する．そして,そのプロンプトにより生成系 AI に画像を複数枚生成させる．さらに,参考となる画像と生成した画像を比較させ,プロンプトを改善させる．生成系 AI としては,Stable Diffusion を利用し,プロンプトの改善には GAN の枠組みを利用する.

キーワード：敵対的生成ネットワーク,画像生成 AI,プロンプト

1.　はじめに

デザイナーは,同じ雰囲気,あるいは同じ要素（ブランドなど）を含む服をデザインしたい場合がある.しかし,衣服デザインの初心者にとって,ブランドなどのテーマを保ったまま一から新たなデザインを生み出すことは難しい.

それに対して,本研究では,参考となるデザインの衣服の画像生成する時、生成系 AI が大きな助けとなると考えられる.

一方で,生成系 AI に対して適切なプロンプトと呼ばれる命令文に従って画像を生成する．プロンプトとは命令文を与えることである．そのため，生成したい画像に適したプロンプトを設計することが課題となる.

生成型人工知能におけるプロンプトの操作を通じて，生成された画像の制御を実現することができる.提供された画像に含まれる情報に対応するプロンプトを見つければ、画像のブランドなどの特性を保持したまま、類似画像を生成することができる.

2.　目的

本研究の目的は画像から適切なプロンプトを生成するシステムを構築することである.画像に含まれる要素を抽出してプロンプトを作成し,訓練によりプロンプトを更新することで,写真に最もマッチするプロンプトを探し出すことである.提案システムではまずテーマの参考となる画像からプロンプトを生成する．そして,そのプロンプトにより生成系 AI に画像を複数枚生成させる.さらに,参考となる画像と生成した画像を比較させ,プロンプトを改善させる.生成系 AI としては,Stable Diffusion を利用し,プロンプトの改善には Generative Adversarial Network (GAN)の枠組みを利用する(1).

3.　システムの概要

提案手法の概要を図 1 に示す．提案システムでは,まずテーマの参考となる画像からプロンプトを生成する．図 1 通り、この画像から“Leather jacket，khaki coat，shorts，black boots，street”などの単語をプロンプトとして生成する.そして,そのプロンプトにより生成系 AI に画像を複数枚生成させる．生成された画像はデータセットとして使用する.さらに,参考となる画像と生成した画像を比較させ,偽と判定する場合、画像を Text Generator に返す、より適切な単語をプロンプトに追加して再度学習させる.プロンプトをこのように改善させる．生成系 AI としては,Stable Diffusion を利用しプロンプトの改善には GAN の枠組みを利用する.

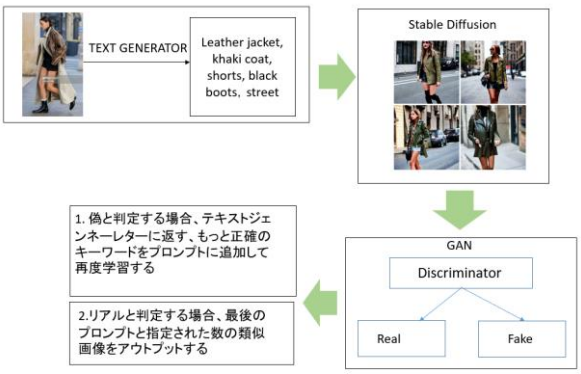


図 1 提案システムの概要
（画像は Getty Images より引用(2)）

3.1 参考画像からプロンプトの生成

参考画像からのプロンプトの生成には,Transformer と呼ばれる Deep Learning のモデルを利用する.提案手法では,これを Text Generator と呼ぶ.このモデルでは,画像と服の組み合わせが学習されている．画像を入力することで,画像内に存在する服が文字として出力される(3).

図 2 に例を示す．ワンピースの画像が入力され,その画像から“オーバースカート”や“礼服”などが認識されて出力されている.

抽出された単語を利用してプロンプトを組み立てる.

図 2　テキストジェネレーターの結果
（画像は Taobao より引用(4)）

3.2 Stable Diffusion の利用

Text Generator により,参考画像から生成したプロンプトを Stable Diffusion に入力し,画像を生成する.

図 2 で示した画像を元にしたプロンプトは“overskirt,gown,hoopskirt,crinoline,cloak,velvet,theater curtain,abaya,showercurtain,lampshade,lampshade,vestment”のようになる.

3.3 Generative Adversarial Network による更新

Stable Diffusion から生成された画像と参考にした画像を比較し,その差に基づいて Text Generator のモデルを更新する．モデルの更新には,GAN の構造を用いる．GAN の構造を図 3 に示す.GAN のネットワーク構造は,Generator（生成ネットワーク）と Discriminator（識別ネットワーク）の２つのネットワークから構成される.Generator で生成した画像を,Discriminator が“実際に撮影された画像”か“Generator で生成した画像”を判別する．そして,Generator は自らが生成した画像が“実際に撮影された画像”と判断されるようにモデルを更新していく.

現在検討中の Text Generator の学習方法以下である.

1.プロンプトを検査する.同じではない色や長さなどの矛盾の単語を識別し,不正確な単語を取り除く.

2. プロンプトの中で画像と関連性が低い単語を削除する.たとえば図 2 の例の“theater curtain”などの服装と関係ない単語である.

3.参考となる画像から服装本体の部分のみを抜き出す．そして,抜き出した画像を再び Text Generator に入力することで,背景に関わる単語が抽出されないようにする.

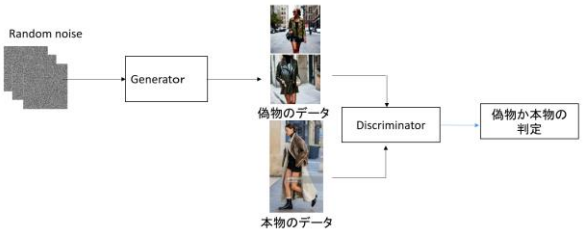


図 3 Generative Adversarial Network の構造

4. プロンプト更新の流れ

提案手法を用いたプロンプト更新の流れを図 4 に示す．ユーザーは 1 枚の画像をシステムに入力する.Text Generator で特徴を抽出し,関連性が高い単語を利用して,プロンプトとして Stable Diffusion に入れる.提供されたプロンプトをもとに,100 枚の画像を Stable Diffusion でデータセットとして生成する.

生成された画像を Discriminator で判断する.生成された画像が偽と判断すると,画像を Text Generator に戻す. Text Generator に矛盾する単語を削除や服装本体の部分のみを抜き出すなどの手段で新しい単語を追加する.その後,同じ流れを繰り返す.識別器が正しい画像と判断するまで続けて訓練する．この訓練の流れを何回も繰り返すと,対応する要素を見つけることが期待できる．最終的には,大量の類似写真と提供される画像のプロンプトともに表示されるようになる.

なお，図 4 では、Text Generator によって画像から多くの特徴を抽出されている.この中の関連性が低い単語を削除し、プロンプトとして使う.また，現在，使用されている Text Generator は、衣服の色の認識は比較的不正確であるため，衣服の本体を抽出し、色を再識別する.このような精度向上操作を数回行うことで、画像に対応するプロンプトを生成することができると考えられる.

図 4 プロンプト更新の流れ

5. まとめ

本研究では,ブランドなどのテーマを保ったまま新たなデザインの参考となる衣服画像を生成できるプロンプト生成システムを提案した．現在,Text Generator の更新方法の検討を行っているところである．また,出来上がった服装にデザイナーが満足するかどうかも検証予定である.

今後の展望として,画像に対する認識精度をどのように向上させるかを考える．生成された服装の満足度をどのように高めるかを検討し,操作性,認識品質の向上,有効性があるシステムの構築を目指す.

参考文献

(1) Radford , A. and Metz, L. and Chintal, S.:“Unsupervised Representation Learning with Deep Convolutional Generative Adversarial Networks” ICLR 2016（2016）
(2) Getty Images : “Getty Images”, www.gettyimages.co.jp(参照 2023.05.23)
(3) Dosovitskiy, A., et al.:“An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale” ICLR 2021 (2021)
(4) Taobao: “タオバオ”, https://m.tb.cn/h.UxHlklE?tk=IMFfdLyeDuQ CZ3457(参照 2023.05.23)

学習者の理解・定着状況の自覚を促すための異常検知を用いた問題演習中の表情の変化の抽出方法

An Extracting Method of Facial Expression Change in Problem Exercise Using Anomaly Detection for Support Students Awareness of Understanding and Retention Status

枝窪 悠[*1]，森本 康彦[*2]
Haruka EDAKUBO[*1], 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 ラーニングにおいては，問題演習に取り組みながら学ぶ場面が多く見られるが，問題の正誤を確認するだけでは，たまたま正解したのか，自信を持って解けたのかといった，学習者が自身の理解・定着状況を自覚することは難しい．そこで，本研究では，問題演習における学習者の自身の理解・定着状況の自覚を促すことを目的に，異常検知を用い，問題演習中に無意識に出る学習者の表情の変化を抽出して，その変化を学習者が確認しながら問題演習の過程を振り返ることで，理解・定着状況の自覚を促すことを目指す．本論文では，異常検知を用いた問題演習中の表情の変化の抽出方法について述べる．
キーワード：e ラーニング，問題演習，理解・定着状況，表情認識，異常検知，外れ値分析，変化点検知

1. はじめに

学校教育や企業内教育をはじめ，さまざまな学習場面において e ラーニングが活用されている．この e ラーニングにおいては，デジタルドリルや CBT 等，問題演習に取り組みながら学び進めていく場面が多く見られる．しかし，出題された問題に対する正誤に執着してしまうことで解答や解法の暗記に陥ってしまうことが懸念され，問題演習中に取り組んだ問題に対して，自分はたまたま正解したのか，自信を持って解くことができたのか，苦手または難しいと感じる部分はどういう内容かといった，理解・定着状況を自覚することを難しくしてしまう．

問題演習における学習者への支援として，たとえば，問題演習中の学習者の表情から自信の有無を教師あり学習により分類することで，問題演習中の学習者の表情を見える化する取組みがあり，この取組みの検証の結果，学習者の表情を見える化することで，学習者は問題演習中の解答の過程に着目して振り返るきっかけとなることが明らかにされた(1).

ここで，問題演習中に無意識に出る学習者の表情の変化を何かしらの方法で抽出して，その変化を学習者が確認することで，自身の理解・定着状況の自覚を促す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，問題演習における学習者の自身の理解・定着状況の自覚を促すことを目的とする．具体的には，異常検知を用いて問題演習中に無意識に出る表情の変化を抽出し，その変化を学習者が確認しながら問題演習の過程を振り返ることで，理解・定着状況の自覚を促すことを目指す．本論文では，異常検知を用いた問題演習中の表情の変化の抽出方法について述べる．

2. 異常検知を用いた問題演習中の表情の変化の抽出するためのアプローチ

2.1 問題演習中の表情の変化

表情を捉えるための方法として表情認識がある．表情認識は，顔の画像データに基づいて感情の特徴を読み取ることで表情を認識，推定するものである．たとえば，Face++の Facial Recognition の Detect API では，顔が写った画像データを与えることで，その画像中の顔の Anger（怒り），Disgust（嫌悪），Fear（恐怖），Happiness（喜び），Neutral（無表情）と Sadness（悲しみ），Surprise（驚き）のそれぞれの感情の割合を算出し，その値を取得できる(2).

したがって，問題演習中の学習者の顔の画像データを断続的に収集するとともに，収集した画像データを表情認識させて，それぞれの感情の割合を表す数値データ（以下，感情スコア）を取得しておくことで，問題演習中，学習者がどの問題を解いている最中にどのような表情の変化があったのかを捉えるためのデータを生成できるようになると考えられる．

2.2 異常検知

学習者の問題演習中の断続的な感情スコアに基づいて表情の変化を抽出する方法として，異常検知に着目する．異常検知には，外れ値分析と変化点検知がある．外れ値分析とは，データの大部分の傾向に照らして，傾向と異なるような値や分析結果の精度を悪化させるような値を検出する手法であり，統計調査等におけるデータ処理の過程で用いられることが多い(3). 変化点検知とは，時系列データにおける異常を検知する手法であり，ある時系列においてデータのパターンが変化した時点（増加した，あるいは，減少した時点）を把握することができる(4).

したがって，問題演習中の学習者の感情スコアの時系列データに対して異常検知を行うことで，感情スコアの変化による問題演習中の表情の変化を抽出することができるようになると考えられる．

2.3 異常検知を用いた問題演習中の表情の変化の抽出方法

前節までの議論を踏まえ，本研究では，問題演習中の学習者の顔の画像データを収集して表情認識により時系列の感情スコアを得て，その感情スコアにおける異常検知を行うことで，問題演習中の表情の

変化を抽出することを目指す．具体的には，学習者の問題演習の開始から終了までの間，断続的に学習者の顔の画像データを収集する．次に，収集した画像データに対して表情認識を行い，感情スコアを取得する．そして，得られた問題演習中を通した感情スコアに対して異常検知を行い，感情スコアの変化を抽出することを試みる．

このように異常検知を用いて問題演習中の表情の変化を抽出することで，学習者が問題演習に取組んでいる最中の無意識な表情の変化を捉えることができ，問題演習後に学習者が，問題演習中の自身の表情の変化を確認することで，問題に正答，誤答したかを確認するだけでなく，偶然正解したのか，自信を持って解くことができたのかなどの理解・定着状況の自覚を促すことができると期待される．

3.　異常検知を用いた問題演習中の表情の変化の抽出方法のシミュレーション

異常検知を用いた問題演習中の表情の変化の抽出のシミュレーションを 4 名の協力者を対象に行った．具体的には，数学Aの確率に関する問題 15 問を用意しノート PC 上で問題演習を行ってもらい，開始から終了まで 1 秒おきに 1 枚ノート PC の内蔵カメラで顔の画像を取得した．

3.1 外れ値分析のプログラム

外れ値分析は，Python を用いて分析を行った．具体的には，第一四分位数と第三四分位数及び四分位範囲はそれぞれ，新たに入力される感情スコアから算出する．レンジは得られた感情スコアが外れ値か決定する尺度を示す．新たに入力された感情スコアが(1)式より小さい場合，または，(2)式より大きい場合，その感情スコアを外れ値として扱うこととした．ここでは，レンジを 1.5 に設定した．

$$\text{下限値} = \text{第一四分位数} - \text{レンジ} \times \text{四分位範囲} \quad (1)$$

$$\text{上限値} = \text{第三四分位数} + \text{レンジ} \times \text{四分位範囲} \quad (2)$$

3.2 変化点検知のプログラム

変化点検知は，Python の Change Finder を用いた．Change Finder では，忘却パラメータ，AR モデルの次数，平滑化処理を行う際の一定時間（平滑パラメータ）をパラメータとして扱いその値から変化点スコアを推定する．推定された変化点スコアの値が設定した閾値を超過した場合，変化点として検知する．ここでは，忘却パラメータを 0.02，AR モデル次数を 2，平滑パラメータを 30，閾値を 90 に設定した．

3.3 結果と考察

得られた画像データに対し Detect API により協力者 4 名の感情スコアを取得したところ，怒りが 0.0－99.30，嫌悪が 0.0－99.88，恐怖が 0.0－97.86，喜びが 0.0－99.88，無表情が 0.0－99.99，悲しみが 0.0－99.99，驚きが 0.0－99.28 の範囲で推移していたことが分かった．得られた感情スコアに対し外れ値分析と変化点検知行ったところ**表 1** の結果が得られた．

外れ値に関しては，協力者全員に怒り，嫌悪，恐怖，喜び，驚きに外れ値が抽出されたが，協力者のうち 2 名において無表情と悲しみに外れ値が抽出されなかった．これは，無表情と悲しみの感情スコアが交互に高い値をとっていたことが要因として考えられた．このことから，外れ値分析に関しては，怒り，嫌悪，恐怖，喜び，驚きに着目すると表情の変化を抽出できる可能性が伺えた．

表 1　外れ値分析および変化点検知の結果

感情	外れ値			変化点		
	最小	最大	平均	最小	最大	平均
怒り	152	270	221	26	342	190
嫌悪	133	296	234	194	388	307
恐怖	133	348	231	43	224	125
喜び	109	308	221	59	366	224
無表情	0	196	78	81	641	367
悲しみ	0	233	92	52	426	200
驚き	129	383	234	90	461	245

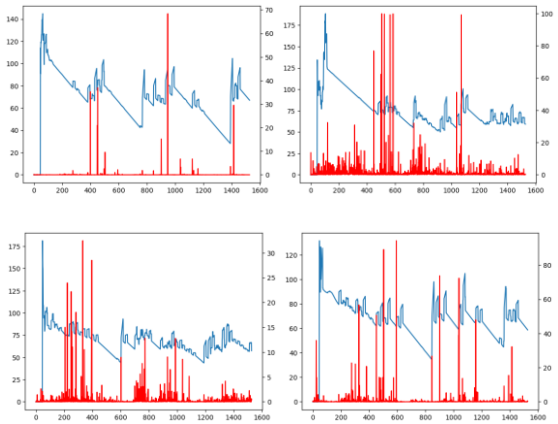


図 1　変化点検知の分析結果（協力者1名の抜粋）
（左上:恐怖，左下:悲しみ，右上:喜び，右下:驚き）

変化点に関しては，協力者全員にすべての感情において変化点が抽出され，平均して無表情，嫌悪，驚き，喜び，悲しみ，怒り，恐怖の順に多く変化点が抽出された．協力者の 1 名の変化点検知の結果を**図 1** に示す．**図 1** の各グラフの左軸（赤線）は感情スコア，右軸（青線）は変化点スコアを表し，横軸は問題演習中の時間（秒）を表す．感情スコアと変化点検知の結果を照らすと，協力者全員，基本的に無表情の感情スコアが 100 で高止まりしている傾向があり，表情に変化が起きると，何かの感情スコアが大きくなる傾向が見られ，そのタイミングで同時に複数の感情について変化点が抽出されることが分かった．このとき，怒りのみ，嫌悪のみに変化点が抽出されることがほとんどないことが分かった．

以上の結果を踏まえると，問題演習中の表情の変化に関して異常検知を行う際は，恐怖，喜び，驚きに着目することが重要である可能性が示唆された．

4.　おわりに

本論文では，異常検知を用いた問題演習中の表情の変化の抽出方法を述べた．今後は，詳細なシミュレーションを行い，本手法に基づく問題演習支援システムの開発を行っていく．

参考文献

(1) 長谷川颯，田中遼，森本康彦:“教師あり機械学習による問題演習中の学習者の表情の見える化の効果検証”，AI 時代の教育学会第 4 回年次大会，pp.5-6　(2022)
(2) MEGVII : “Facial Recognition – Detect API”，https://console.faceplusplus.com/documents/5679127（参照日：2023.6.7）(2017)
(3) 野呂竜夫，和田かず美:“統計実務におけるレンジチェックのための外れ値検出方法”，統計研究彙報，Vol.72，pp.41-54　(2015)
(4) 山村翔，熊谷充敏，神谷和憲，倉上弘:“変化点検知を用いた新種スキャンの早期発見手法の検討”，Computer Security Symposium2017，pp.823-830　(2017)

認知科学の知見に基づく VR 教材の UI/UX 改善

UI/UX Improvement of VR Learning Contents based on Findings of Cognitive Science

廣瀬　翔一
Shoichi Hirose
山岸　芳夫
Yoshio Yamagishi

新潟工科大学
Niigata Institute of Technology
Email: 202011184@cc.niit.ac.jp

あらまし：VR を用いた教材はここ数年のコロナ禍で需要が高まっている。しかし VR の UI/UX については手法が未だに確立されておらず、完成した教材の操作性や学習効果に問題がある場合も多い。本研究では認知科学の知見に従い、既存の VR 教材の UI/UX の改善を行う。まずは既に実績のある 2D コンテンツの UI/UX 改善手法を援用し、その後 3D に特有の問題について取り組むことを予定している。本研究で改善を行うのは、先行研究である炎色反応実験シミュレーション教材と、キャンピング器具の使用方法を学ぶ教材である。先行研究における試行で得られたユーザーからのフィードバック及び認知科学的な知見に基づき改善スキームを設定し、それを基に先述の教材の UI/UX の改善を図る。改善後はユーザビリティや教育効果の向上が果たされたか検証する予定である。
キーワード：VR，教材，UI，UX

1. はじめに

VR の普及に伴いその活用方法として、教育への応用が注目されている。しかし、VR を体験するためには現状では HMD（ヘッドマウントディスプレイ）が必要であり、その敷居の高さからまだ VR を体験したことがないという人の方が大半である。そのため、VR 環境に沿った UI デザインは未だに試行錯誤の段階であり、デファクト・スタンダートは存在しない。それでも次第にノウハウが集まりつつあり、OS における 2D の GUI（グラフィカルユーザーインターフェース）のような統一的なインターフェースの実現もそう遠くないものと思われる。

よって、本研究では最新の VR UI/UX の動向を踏まえつつ、認知科学の視点からも UI/UX の改善点をピックアップし、一般的な改善スキームを確立することを目標とする。

2. VR と認知科学

UI/UX の設計の指針とし定番となっているのが、ニールセンの 10 の経験則である。これは既に 30 年もの間システムの UI/UX 設計で用いられているが、VR での UI/UX においても未だに有用とされている[(1)]。ただしこれらはあくまで経験則であり、学術的な成果に裏打ちされたものではない。

VR に関連が深いと思われる認知科学の概念としては、まず認知負荷が挙げられる。人間の短期記憶は保存および処理できる情報量に限りがあり、一度に正しく記憶できる情報の個数は 4±1 とされていて[(2)]、それを超えた情報が入力されると負荷が過大になってしまう。これが認知負荷の問題で、必ずしも VR だけに限ったことではないが、2D のコンテンツに比べ情報量が多い 3D の VR コンテンツでは特に重要になると考えられる。しかし、2D の Web コンテンツなどについては認知負荷を下げるノウハウが散見されるが、VR コンテンツについてはあまり例を見ないようである。

また、シグニファイア[(3)]の概念も VR においては重要になってくると考えられる。例えばドアノブはユーザーにそれを持ってドアを開けるように誘導している。これはかつてアフォーダンスと混同されてきたが、アフォーダンスは物と人との関係性（前述の例で言えば「ドアを開ける行為」）であり、それを誘発させるのがシグニファイアとなる。シグニファイアは VR に限らず様々な分野で用いられているが、前述のように VR の空間は情報量が多いため、行動の指針となるシグニファイアがより求められるようになると言える。

認知科学には他にも NUDGES やゲシュタルト原則など、VR に対しても有用と思われる様々な概念があり、我々はこれらの観点より先行研究の UI/UX を洗い直し、改善に役立てようと考えている。

3. 問題点と改善策

本研究で改善を行うのは先行研究である南らの炎色反応実験シミュレーション[(4)]（研究１）と諸冨らのキャンピング器具の使用方法を学ぶ教材[(5)]（研究２）である。これらの教材の画面をそれぞれ図 1,2 に示す。

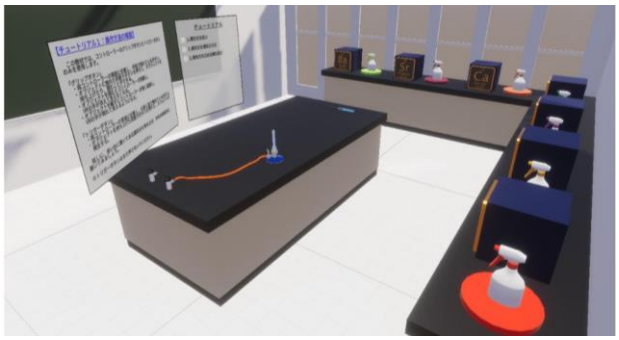


図１　研究１のシステム動作画面

図２　研究２のシステム動作画面

以下、ユーザーによるフィードバックおよび発表者自身が試行した結果から得られた問題点とその改善策を列挙する。

3.1　共通の問題点

2 つの教材で共通している問題点は、説明が書かれている UI の位置が固定されているため、人によって見え方が異なるという点である。実際、キャンピング器具の教材では、UI の高さに不満を持つ者がいた。また、説明が書かれている UI に背を向けて作業をする場面があるため、次に行う作業が分からなくなってしまったときに、わざわざ振り返って確認する手間が発生する。

もう一つ共通している点は、単調な文字だけで説明が行われるため、操作方法や重要な情報がすぐに認識できないという点である。これはまさに認知負荷の問題と言えるものである。

これらの改善策としては、

・認知負荷を念頭に置いた操作チュートリアルの導入
・図を使った説明
・教材の重要な箇所の強調
・次に行うタスクのナビゲーション
・タスク完了時の効果音の追加

などが挙げられる。

3.2　研究１の問題点

教材を始めると最初に目に入るのが、タスクのチェックリストになる。説明文はその隣にあるが、初めに目に入る情報はその教材についての説明であるほうが良いと考える。

また、この教材では炎色反応実験を行う際、実際に歩いて移動しなくてはならない。そのため、教材を体験するにはある程度広いスペースが必要となってしまう。さらに、ガスバーナーに何の印もないため、回転の操作をしてもどれだけ回転しているのかがよくわからない。

これらの改善策としては、

・テレポート機能の追加または省スペース化
・チェックリストと説明文の位置変更
・ガスバーナーのねじの回転をわかりやすくする

などが挙げられる。

3.3　研究２の問題点

説明文を読むときに、ウィンドウをスクロールする必要があるが、コントローラーのトリガーボタンを押しながらスクロールをするため、初めて VR 機器を体験するユーザーにはわかりづらい。これはシグニファイアの問題と言える。

また、この教材にはテレポート機能が導入されているため、実際に歩かなくても体験が可能となっている。しかし、それについての説明が一切ないため、これも初めて VR 機器を体験するユーザーに不親切な仕様となっている。

これらの改善策としては、

・説明文のスクロール方法変更
・シグニファイアの観点に基づくガス調節ねじと点火ボタンの説明追加
・次のタスクへ進む条件を統一

などが挙げられる。

4.　終わりに

本システムは開発中であり、今後はシステム完成を目指して実装を進めていく。システムの完成後は評価試験を行い、UI/UX 改善につながったかどうか検証する予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 21K02786 の助成を受けたものです。

参考文献

(1) Joyce, A. (2021). 10 Usability Heuristics Applied to Virtual Reality, https://www.nngroup.com/articles/usability-heuristics-virtual-reality/ (Retrieved Jun. 6, 2023)
(2) Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. Behavioral and brain sciences, 24(1), 87-114.
(3) D.ノーマン著、岡本明他訳『誰のためのデザイン？増補・改訂版　―認知科学者のデザイン原論』新曜社
(4) 南 睦樹、山岸 芳夫、炎色反応実験をシミュレートする VR 教材の開発、第 47 回教育システム情報学会全国大会 講演概要集、pp.181-182
(5) 諸冨 遥、山岸 芳夫、VR を用いたキャンピング器具の安全な操作方法を学ぶ教材、第 47 回教育システム情報学会全国大会 講演概要集、pp.221-222

特別支援学校教員が児童・生徒のために制作する VR 教材の試作

Prototype of VR Teaching Materials Produced by Special Needs School Teachers for Their Students

末久和幸[*1]，蔭山海一郎[*2]，森健太郎[*2]，丹下裕[*2]，舩木英岳[*2]，土出隆之[*3]
Kazuyuki SUEHISA[*1], Kaichiro KAGEYAMA[*2], Kentaro MORI[*2], Yutaka TANGE[*2], Hidetake FUNAKI[*2], Takayuki DODE[*3]
[*1] 舞鶴工業高等専門学校　専攻科
*1 Faculty of Advanced Engineering, National Institute of Technology, Maizuru College
[*2] 舞鶴工業高等専門学校
[*2] National Institute of Technology, Maizuru College
[*3] 京都府立与謝の海支援学校
[*3] Kyoto Prefectural Special Support School in Yosanoumi
Email: a0494@g.maizuru-ct.ac.jp

あらまし：本取り組みでは肢体不自由児を担当する特別支援学校教員から要望が多い，「現実世界では出来ないことを，Virtual Reality（人工現実感）で実現したい」という意見のもと，VR 教材の開発を行うことを目的とする．本稿では，VR 教材開発のために特別支援学高等部にてアンケートを実施し，教材としての要望を明らかにした．また，VR 教材の試作を試みた．
キーワード：VR 教材，特別支援学校，自作スイッチ

1.　はじめに

代表者らは,「特別支援学校教員に対してモノづくり力の向上を図る出前授業を実施する」ことで，特別支援学校教員のニーズを各自で解決できる力の養成を試みている [1)]．この取り組みでは，京都府立舞鶴支援学校の教員を対象として出前授業を年に複数回実施し，特別支援学校教員に対してある一定の技術力向上の成果（スイッチ教材の説明図を見ながら組み立てられる，壊れたら修理できる，互いに教え合うなど）が得られている．製作したスイッチ教材を使用することで，担当する児童・生徒の自立活動の支援に繋がった事例は多数ある．出前授業では要望が多かったスイッチ教材を題材としていたが，必要な個数が満たされるにつれて，また，プログラミング教育の流れに伴い，プログラミングの知識を応用したモノづくりの要望が多くなった．本取り組みでは，その中でも肢体不自由児を担当する特別支援学校教員から要望が多い,「現実世界では出来ないことを，Virtual Reality（人工現実感）で実現したい」という意見のもと，VR 教材の開発を行う．そして，これまでに出前授業で製作してきたスイッチ教材と組み合わせることで，授業での実践を行うことを最終目的とする．

本稿では，まずは VR 教材開発のために特別支援学校高等部にてアンケートを実施し，教材としての要望を明らかにした．また，VR 教材の試作を試みた．

2.　現状調査

2.1　アンケートの実施方法

VR 教材開発のために，京都府立与謝の海支援学校高等部の協力のもと，全 8 学級担当教員と児童・生徒（知的障害・重度障害）を対象としてアンケートを実施した．図 1 に，アンケート項目を示す．質問は，今後の VR 教材の制作のため児童・生徒から「実現したいこと」,「行ってみたいところ」を挙げてもらう項目と，教員の方々に教育的な面から VR 体験を実現したいものに優先順位を付けてもらう項目を用意した．

質問1　VR(仮想現実)を使って、実現したいこと，行ってみたいことがあれば，自由に書いてください．

質問2　授業のうちやってみたい内を以下の中から選んでください．
①コンビニに行って買い物を体験
②自動車や飛行機の操縦体験
③京都名所スポットをVRで見てみよう！

図 1　アンケート項目

2.2　アンケート結果

質問 1 のアンケート結果をまとめたものを表 1 と表 2 に示す．表 1 は，**質問 1** に対する回答を障害種別に分けたものである．回答を見ると軽度知的障害児の回答からは，VR 技術というもののイメージがつかめていることが分かる．軽度知的（発達低）障害児からは「楽しみたい」,「遊びたい」という意見から要望が出てきた．軽度知的（発達高）障害児からは，就労を意識した回答があり,「人前に出て緊張しないための練習がしたい」という要望があった．重度障碍児からは「普段行けない」,「できない」ことを実現したいという要望があった．この結果より，障害種によって要望が異なることが分かった．表 2 は特別支援学校教員からの要望が回答されており，

普段の生活の中で体験させたいものが挙がっている．現実・非現実のものが挙がっているが，VR 技術を使えば出来るものが挙げられている．

質問 2 に対する回答は，日常生活に関わる「①コンビニに行って買い物体験」に次いで，「②自動車や飛行機の操縦体験」が選択されていた．本研究では，まずは生活に関わる買い物体験に関する教材を制作することにした．ここでいう買い物体験は，お店を選択して中に入り，商品を選んだ際にカゴに商品が入り，レジまで持っていくと支払いができる一連の動作を体験できるものである．支払いが間違っていたら，仮想的な店員とやり取りを行うことができることを想定している．

表 1　実現したいことの回答（太字は重複回答）

障害種	実現したいこと
軽度知的（発達低）	空を飛ぶ体験
	ジェットコースター体験
軽度知的（発達高）	電車の運転体験
	面接練習
	国会での演説練習
重度（肢体不自由、病弱、知的重度）	楽器演奏
	スポーツ体験
	コンサート鑑賞
	防災訓練(浸水、火災、煙等)

表 2　行ってみたいところの回答（太字は重複回答）

現実・非現実	行ってみたいところ
現実	**海の中**
	動物園
	山頂
	テーマパーク
	世界遺産
非現実	宇宙
	アニメの世界
	体の中
	白亜紀(恐竜)の世界

3.　VR 教材の開発

本取り組みは，次のスケジュールにより進める．

(1) 体験型授業の状況と VR 上で実現したい機能の調査（2023 年 4 月～5 月）

体験型授業の状況と VR 上で実現する機能をアンケート調査により明らかにする．その結果をもとに実現すべき項目に優先順位を付ける．

（2）VR 入門教材の開発(2023 年 6 月～9 月)

特別支援学校教員のニーズを実現するために，VR 教材を開発する．

(3) 学習した VR 技術を組み合わせた VR 教材の制作(2023 年 10 月～12 月)

VR 入門教材を組み合わせることで，「商品の購入や販売の体験等」ができる教材を制作する．市場に存在する VR 機器のコントローラは，腕，指による操作が要求されるため，VR 教材は協力者の研究成果（基盤研究 C　課題番号：20K03086「特別支援学校教員を対象としたスイッチ教材の IoT 化を目指したプログラミング教育」）である，入力が単純化されたスイッチ教材を製作する．

（4）VR 教材の学習会の開催(2024 年 1 月～3 月)

京都府立舞鶴支援学校にて学習会を実施し，得られた意見をもとに VR 教材の改良を行う．

4.　VR 教材の試作

本研究では，重度障碍者は学校に集まれない可能性もあることから VR 上に仮想的な教室を作り、教室に集まれる環境を作る．そして，実際に買い物体験ができることと，クラスの同級生の買い物の様子を見て，成功・失敗の体験を共有する仕組みを作ることを行う．

図 3 は，VR 教材の試作を示す．図 3 では，VR 環境を構築した後に制作した教室を示す．現実の小・中学校で使われている教室を模擬することができ，学校という雰囲気を VR 上で実現できた．以上のことから，買い物体験も同様に臨場感があり，現実みのあるものが制作できると考えられる．本研究では，これまでに製作した障害者の障害に応じた自作スイッチを使い，VR 教材を操作する．本研究では，Arduino を Unitiy と連携させることで自作スイッチの操作が可能であることを確認した．

図 3　VR 教材の試作

5.　まとめ

VR 教材開発のために特別支援学高等部にてアンケートを実施し，教材の要望を明らかにするとともに VR 教材を操作するため操作部の試作を試みた．これまでに自作したスイッチを使い，VR 上の動作を確認できた．今後は，VR 教材の制作を行う．

謝辞：本研究は，2022 年度 ちゅうでん教育振興助成（高等専門学校の部）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)　丹下裕，舩木英岳，木下博美，福井繁雄，古林達哉，金森克浩，「高専と特別支援学校の地域連携による技術教育」，第 63 回工学教育研究講演会，pp.583-584，（2015.9）．

日本の伝統色とその製法について学ぶ VR 教材

VR Contents to learn Japanese Traditional Colors and their Manufacturing Methods

小山　流輝
Ryuki Koyama
山岸　芳夫
Yoshio Yamagishi

新潟工科大学
Niigata Institute of Technology
Email: 202011086@cc.niit.ac.jp

あらまし：VR 技術はどのような場所であっても現実に近い環境を再現できるため、教材としての可能性を大きく広げることが出来る。現在、日本の伝統工芸が継承者の不足などにより衰退しているという問題がある。本研究では、若い世代に伝統文化に興味を持ってもらうため、そのような日本の文化の一端である伝統色に注目し、日本の伝統色とその製法について VR を用いて手軽に学ぶことのできる教材を作成する。
キーワード：xR、VR、シミュレーション教材、伝統色

1. はじめに

日本では古来より様々な文化や工芸品、芸能といった伝統文化が数多く発展してきた。伝統文化と呼ばれるものは日本に限らず世界中に存在し、それぞれが独自の発展を遂げている。それらを特徴付けている大きな要素の一つは色ではないだろうか。色にはその国の風土や文化、考えが反映されていると考えられる。日本人には日本人が美しいと感じる色があり、文化にもそれが反映されているのではないだろうか。よって本研究では、伝統文化に興味を持ってもらう足掛かりとして、伝統色をテーマとし学ぶことのできるシミュレーション教材の制作を考える。

また、本教材では伝統色の製法について染料を取り上げ、その工程を学習者自ら仮想的に体験できるようにする。VR の利点として、自らの手足を動かしまるで本当に体験しているかのように感じる臨場感がある。教材作成において学習者の興味を持続させることは重要である。VR を教材の媒体とすることで、ユーザーは視覚からの情報だけでなく、自らの手足を動かしながら興味深く学習を進めていくことが出来る。本研究ではそのように楽しみながら学習を進めていける教材の開発を目指す。

2. 先行研究

伝統工芸を学ぶ教材という視点において、先行研究として、古郷らによる「京都の伝統工芸を学ぶための教材の開発[1]」が挙げられる。この研究では、「学習者に良さを知ってもらう」ことを目的とし、京都の伝統工芸として京漆器、京焼・清水焼について、そのデザインに注目し教材の開発を行っている。

この研究では、漆器や磁器の素材をキューブ状に成型し、実際の工程ごとの仕上がりを再現した標本を学習の媒体としている。キューブは一つが手のひらに収まる程度に大きさを統一しているため、実際の漆器や磁器よりも持ち運びがしやすく、実際に手に取ることもできるのでデザインや質感などが体感できるようになっている。この研究における方法では、他の工芸品、例えば染め物や絵画などといったものを取り上げる際に同じような標本に統一することが難しく、種類を多くするほど必要とする標本も多くなる。また、実際の標本を手元に用意する必要があり、誰でも手軽に触れることが難しい。よって、本研究では、学習の媒体として市販されている VR を用いることで、それらの問題を除いた教材の開発を目指す。

3. 伝統色について

伝統色とはその国特有の色彩感覚に基づいた色、また過去の歴史資料において出典があるその国固有の伝統的な色名称を含むものを指す。多くの国にその国特有の伝統色が存在している。本研究では日本の伝統色について取り扱う。

自然が豊かな日本では古くから多種多様な動植物が生息しており、また四季の変化もはっきりしていたため、花や草などの微妙な色の違いを見分け、多くの色彩に名前を付けてきた。それらの色彩は衣装や伝統文化にも反映され、色によって身分や階級を示すことや和歌に色の名前を使って詠むことなど、人々の生活に深く関わってきた。

このように伝統文化と色には密接な関係があり、伝統文化に興味を向けるためには、まず伝統色についての学習を促すことが有効と考えられる。

4.　シミュレーション教材

4.1 教材開発・動作環境

本シミュレーションでは、使用する Head Mounted Display(以下 HMD)は Oculas Quest2 を用いる。また、使用するオブジェクトの作成環境には Blender、開発及び動作環境には Unity を使用し開発を行う。

- Oculas Quest2

Oculus Quest2 は、Facebook Technologies が開発したバーチャル・リアリティヘッドセットである[2]。USB 接続経由で PC 上で動作でき、シミュレーションの 開発に使用した Unity のコンテンツを表示するため に用いる。

図 1　Oculas Quest2

- Blender

Blender は Blender Foundation が開発した 3DCG 製作、2D アニメーションなどの製作向けソフトウェアである[3]。本研究では教材内で用いる 3D オブジェクトの作成に用いる。

- Unity

Unity は、Unity Technologies が開発した、統合開発環境を内蔵したゲームエンジンである[4]。主に C#を用いたプログラミングでコンテンツを開発することができ、VR 機器向けのコンテンツ開発にも対応している。

4.2 教材内容

伝統文化は多く存在するが、それらが一堂に会して同時に触れられる機会というものはほぼ存在しない。ユーザーに様々な色に同時に触れてもらうために、本教材では教材内に様々なオブジェクトを配置する。教材内容は大きく分けて２つの内容を想定している。

１つ目は学習者が教材環境内を自由に散策し、図２に示すように自分が興味を持ったオブジェクトを選択することで、それに関連付けされた伝統色についての内容を読み学習できるといった内容である。学習する色と合わせそれに関連のあるオブジェクトと合わせて学習することで、学習効果の促進を狙う。

２つ目は染物に使われる染料について学習者本人が製造工程をシミュレーションする内容である。学習者は藍染と紅花染めに使われる染料である藍色と紅色について製造工程を沿って自ら手を動かすことで学習を行う。色に興味を持ったユーザーはおそらくその由来も知りたいと考えられるため、それが体験できればまたとない学習機会となると考えられる。

図２　伝統色の説明方式

5.　終わりに

本システムは現段階ではまだ開発中である。今後、順次開発及び実装を進めていく。システムの完成後は実際に学習者を用いた評価試験を行い、本教材の学習効果や有用性について確かめる。今後はオブジェクトを増やし学習できる色や制作できる染料を増やすことで教材を拡張していく予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 21K02786 の助成を受けたものです。

参考文献

(1) 古郷彰治，松井洋泰，福岡崇，石川光治，伊藤圭一，大入達男，“京都の伝統工芸を学ぶための教材の開発（Ⅰ）”，京都府中小企業技術センター
(2) Meta Quest 2: https://www.meta.com/jp/quest/products/quest-2/?gclid=CjwKCAjwsvujBhAXEiwA_UXnALspsMGswT4xtjo5Mc7KzctujeYvQwNaWz7gMGOTud6lxIysEAXAPhoCAiQQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds 2023 年 6 月 5 日閲覧
(3) Blender: https://blender.jp/　2023 年 6 月 5 日閲覧
(4) Unity: https://unity.com/ja 2023 年 6 月 5 日閲覧

生涯学習で用いられる教育学的エージェントの信頼調査

Trust Research of Pedagogical Agents used in Lifelong Learning

藤堂 健世[*1,2], 高橋 聡[*1], 吉川 厚[*1], 山村 雅幸[*2]
Kense TODO[*1,2], Satoshi TAKAHASHI[*1], Atsushi YOSHIKAWA[*1], Masayuki YAMAMURA[*2]
[*1] 関東学院大学 理工学部
[*1]College of Science and Engineering, Kanto Gakuin University
[*2] 東京工業大学 情報理工学院
[*2]School of Computing, Tokyo Institute of Technology
Email: ktodo@kanto-gakuin.ac.jp

あらまし：本稿では，教育学的エージェント（Pedagogical Agents，以下 PA）の外見から認識される性別が生涯学習の学習者から PA への信頼に影響を及ぼすかを調査する．具体的には，成人男性を実験協力者として設定し，学習者から PA への信頼を「信頼ゲーム」による送金額で評価した．その結果，男性 PA は女性 PA と比較して，今回の実験設計における最大限の信頼を得やすいことが示された．
キーワード：教育学的エージェント，信頼，外見，性別，信頼ゲーム

1. はじめに

学習効果の向上のため，教育学的エージェント（Pedagogical Agents，以下 PA）と呼ばれる対話エージェントの利用が注目されている(1)．Schroder らのメタ分析によれば, PA は学習者の知識の記憶などの学習効果への有効性が示されている(2)．PA の利用範囲は広く，義務教育段階だけでなく，生涯学習においても学習効果を発揮することが知られている．

学習者と PA との信頼関係は学習効果を高めることが指摘されている(3)．一方で，PA の外見特性の中で, 学習効果を向上させる具体的な要素については, まだ明確な知見が得られていない. 上記の視点から，学習者と PA との信頼関係の形成において，PA の外見特性が大きく寄与する可能性がある．そこで本稿では, PA の外見特性が学習者の信頼に影響するかどうかを検証する．

本稿では, PA の外見特性の 1 つの要素である顔から認識できる性別が，生涯学習の学習者の信頼を変化させるかを調査する．対話エージェントの顔が信頼に影響を与えることが知られているため(4)，顔から認識できる性別も，学習者の信頼に影響を及ぼすと考えたためである．

2. 手法

本稿では，学習者から PA への信頼を信頼ゲーム(5)で調査する．信頼ゲームは，2 人のプレイヤーがそれぞれ送金者と受取者の役割を担い，金銭のやり取りを行うゲームである．まず，送金者はある金額を与えられ, その中から任意の額を受取者に送金する．送金額の 3 倍が受取者に送られ，受取者はその中から自由な額を送金者へ返金する．送金者は受取者がどの程度の額を返してくれるかを考えて，送金額を決定する必要がある．そのため，送金額を送金者から受取者への信頼の度合いと解釈することが出来る．本稿では金銭の送金者を実験協力者，金銭の受取者を PA と定め，金銭のやり取りを 1 回限りとした．

PA の顔画像は漫画家に依頼し作成させた. 依頼の際には，実験協力者が PA の性別を認識できる顔になるように指示した．また，PA を教授者として認識させるため, PA が年配に見えるようなデザインを指示した．作成された画像を図 1 に示す.

本稿では，生涯学習の学習者を対象としているため，実験協力者の年齢を 30～50 歳とした．また，性別によるバイアスを避けるため，実験協力者を男性とした．クラウドソーシングを通じて実験を行うため，取り扱う金銭を PayPay ポイントとして用いた．実験期間は 2022 年 1 月 27 日から 2022 年 2 月 1 日までで，全ての実験協力者は日本在住であった．

2.1 信頼ゲームの実験手順

信頼ゲームの実験はクラウドソーシングの画面上で行った. まず, 実験協力者に信頼ゲームを説明し，信頼ゲームの理解度をクイズで確認した．そして，クイズ正解者のみを信頼ゲームの実施画面に遷移させ，PA との信頼ゲームを行わせた．信頼ゲームの説明では，実験協力者に先入観を持たせないため「信頼ゲーム」という言葉は用いなかった．信頼ゲームの実施画面では，実験協力者に対して男性 PA か女性 PA かどちらかの顔をランダムに提示した．そして，表示された PA への送金額を決定させた．送金額は 0 以上 150 以下の PayPay ポイントの間で入力させた．また，性別によらず PA が同じ能力を持っていると認識させるために,「キャラクターには人工知能が搭載されており合理的判断を下す」という文言を画面上に表示した．

図 1 男性 PA（左）と女性 PA（右）

信頼ゲームの実施後，スクリーニングとして実験協力者に表示された PA の年齢の印象を尋ねた．同時にライスケールを用いて質問内容の理解度も評価させた．ここで不備が見つかったデータや IP アドレスの重複があるデータは除外した．最終的には，PA の年齢が「自分よりも年上」もしくは「自分よりもはるかに年上」と感じたデータのみを分析に用いた．

2.2 信頼ゲームの分析方法

分析では，信頼ゲームによる男性 PA と女性 PA に対する送金額を比較するために，(a) 記述統計量による比較，(b) ヒストグラムによる送金額分布の比較，(c) ノンパラメトリック検定であるコルモゴロフ・スミルノフ検定(KS 検定)による比較を行った．KS 検定では，2 つの母集団の分布の特性を明確に捉えるために，送金額を 0~30, 31~60, 61~90, 91~120, 121~150 の 5 段階で量子化した．

3. 結果

男性 PA と女性 PA に対して各 103 件のデータが集まった．これらから IP アドレスの重複があるデータを除外した結果，男性 PA に 98 件，女性 PA に 99 件のデータが残った．またライスケールの評価で不備があったデータを除外したところ，男性 PA と女性 PA に対して各 81 件のデータが残った．さらに，PA の年齢の印象が適切なデータのみを収集した．最終的には男性 PA に 73 件，女性 PA に 61 件のデータが残った．それらを分析対象とした．

記述統計量を表 1 に示す．男性 PA は送金額の平均値，中央値，最頻値において女性 PA よりも高い値を示した．

各 PA の送金額分布を図 2，図 3 に示す．図 2，図 3 の縦軸は人数を，横軸は 10 単位ごとの送金額を表している．男性 PA では送金額が 150，100，50 の各点でピークを形成しており，中でも 150 の点で最も高いピークが見られた（図 2）．一方，女性 PA では送金額が 50 と 100 の各点でピークを形成しており，中でも 50 の点で最も高いピークが見られた(図 3)．

最後に男性 PA と女性 PA 間に統計的に有意な差があるかを KS 検定により確認した．その結果，両側 p 値が 0.0013<0.01 となり，男性と女性の PA 間に有意差が確認できた．

4. 考察とまとめ

結果は，実験協力者の送金額が PA の外見から認識される性別によって異なる傾向を示した．送金額が 50 や 100 の場合では，男性 PA も女性 PA も同程度の送金者が存在した．一方で，送金額が 150 の場合では女性 PA よりも男性 PA に対して送金者が多く見られた．このことは，男性学習者は女性 PA よりも男性 PA に対して今回の実験設計における最大限の信頼を寄せたことを示している．学習者と教授者間の信頼を調査した研究から[6]，学習者が男性 PA を使用した場合，PA は学習者から相談されやすくなり，学習への参加意欲を高めることが考えられる．

本稿では，PA の外見特性は学習者の学習効果に影響を及ぼすことを示した．この結果は，学習者の学習効果を向上させるためには，PA の外見特性を PA の設計段階で考慮に入れる必要性を示唆している．

表 1 記述統計量

	男性 PA	女性 PA
平均値	78.78	63.08
標準偏差	50.98	46.19
中央値	75	50
最頻値	150	50

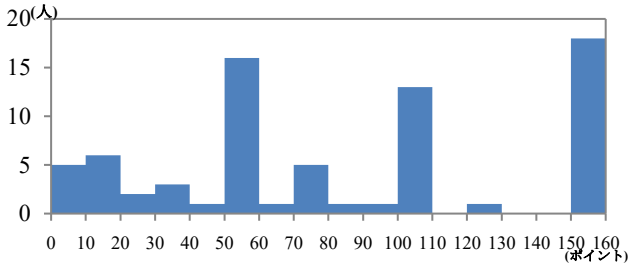


図 2 男性 PA の送金額分布

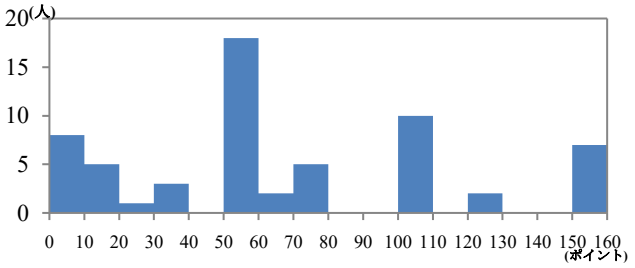


図 3 女性 PA の送金額分布

謝辞

本研究は JSPS 科研費 22K12949 の助成を受けたものです．

参考文献

(1) Schroeder, N. L., Adesope, O. O., and Gilbert, R. B.:“How Effective are Pedagogical Agents for Learning? A Meta-Analytic Review,” *J. Educ. Comput. Res.*, Vol. 49, No. 1, pp. 1–39 (2013)

(2) Mohtadi, M. T., Hajami, A., and Allali, H.:“Pedagogical agent for metacognitive scaffolding in interactive learning environments,” in *2014 International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS)*, pp. 652–656 (2014)

(3) Savin-Baden, M., Tombs, G., Burden, D., and Wood, C.:“‘It’s Almost like Talking to a Person’: Student Disclosure to Pedagogical Agents in Sensitive Settings,” *Int. J. Mob. Blended Learn.*, Vol. 5, No. 2, pp. 78–93 (2013)

(4) Song, Y., and Luximon, Y.:“Trust in AI Agent: A Systematic Review of Facial Anthropomorphic Trustworthiness for Social Robot Design,” *Sensors*, Vol. 20, No. 18, p. 5087 (2020)

(5) Berg, J., Dickhaut, J., and McCabe, K.:“Trust, Reciprocity, and Social History,” *Games Econ. Behav.*, Vol. 10, No. 1, pp. 122–142 (1995)

(6) Pachler, D., Kuonath, A., and Frey, D.:“How transformational lecturers promote students’ engagement, creativity, and task performance: The mediating role of trust in lecturer and self-efficacy,” *Learn. Individ. Differ.*, Vol. 69, pp. 162–172 (2019)

Multiple Zero-suppressed Binary Decision Diagrams による自動テスト構成

Automated Test Assembly using Multiple Zero-suppressed Binary Decision Diagrams

渕本 壱真[*1]，植野 真臣[*1]
Kazuma FUCHIMOTO[*1], Kazuma FUCHIMOTO[*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, University of Electro-Communications
Email: fuchimoto@ai.lab.uec.ac.jp

あらまし：近年，異なる問題で構成されているにも関わらず，同一精度の測定を実現できる e-Testing が注目されている．現在，最も多くのテストを構成する手法として，Zero-suppressed Binary Decision Diagrams (ZDD)を用いた手法が提案されている．しかし，この手法ではテスト数が各節点の変数順序に影響される．そこで，本研究では変数順序を考慮した ZDD 手法を提案する．
キーワード：e-Testing，項目反応理論，教育評価，Zero-suppressed Binary Decision Diagrams

1. はじめに

e-Testing とは，異なる問題で構成されているのも関わらず，同一精度の測定を実現できるコンピューターテストのことである．e-Testing では，同一能力の受検者が異なるテストを受検しても同一得点となる保証がある．実際に，e-Testing は医療系大学間共用試験や情報処理技術者試験などハイステークスな試験に用いられている．e-Testing の最も重要な課題の一つは問題データベースから可能な限り多くのテスト(問題の組合せ)を自動構成することである．これにより，各受検者は異なるテストを受験でき，カンニング対策や複数回受験を可能にする．したがって，受検者数と同数以上のテストが自動構成できることが望ましい．

近年，最も多くのテストを自動構成する手法として，渕本らは二分決定木の圧縮表現の Zero-suppressed Binary Decision Diagrams (ZDD)[(1)]を用いた手法[(2)]を提案した．しかし，この手法は各問題項目を表す変数の処理順がテスト数に大きく影響を与える．そこで，本研究では，この変数順序を入れ替えた複数の ZDD を生成することでこの影響を緩和でき，従来手法よりも多くのテストを構成できた．

2. 項目反応理論

e-Testing の自動構成手法の多くは項目反応理論を用いて同一精度の測定を実現する．項目反応理論で最もよく使われる 2 母数ロジスティックモデルでは，能力値$\theta_j \in (-\infty, \infty)$を持つ受験者$j$が項目$i$に正答する確率$p_i(\theta_j)$を以下のように定義する．

$$p_i(\theta_j) = \frac{1}{1 + \exp(-1.7a_i(\theta_j - b_i)} \quad (1)$$

ただし，$a_i \in [0, \infty], b_i \in [0, \infty]$は識別力パラメータ，困難度パラメータと呼ばれる項目パラメータである．

また，項目iにおいて，確率$p_i(\theta_j)$のフィッシャー情報量を項目情報量と呼び，以下の式で表す．

$$I_i(\theta_j) = 1.7^2 a_i^2 p_i(\theta_j)\left(1 - p_i(\theta_j)\right) \quad (2)$$

項目情報量の総和をテスト情報量と呼び，以下の式で表す．

$$I(\theta_j) = \sum 1.7^2 a_i^2 p_i(\theta_j)\left(1 - p_i(\theta_j)\right) \#(2)$$

テスト情報量の逆数は受検者の能力推定値の漸近分散に収束する．そのため，多くの先行研究[(2,3)]は受検者の能力値$\theta_k = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_K)$におけるテスト情報量の上限$\mathrm{UB}_{\theta_k}$・下限$\mathrm{LB}_{\theta_k}$制約の範囲に収まるテストを受検者の測定精度が等質であるとしている．

$$\mathrm{LB}_{\theta_k} \le I(\theta_j) \le \mathrm{UB}_{\theta_k} \quad (3)$$

3. ZDD を用いた自動テスト構成

ZDD[(1)]（図 1-右）とは，二分決定木（図 1-左）の圧縮表現で，冗長な節点の削除と等価な節点の共有により得られる．これにより，組合せ集合を効率良く列挙・演算できる．現在，ZDD を用いた自動テスト構成手法[(2)]が最も多くのテストを生成できる．この手法では，図 1 のように，各節点が各問題と対応し，各節点はその問題を出題するか否かで二分する．また，テスト情報量がある閾値I_{th}以下となる二節点を共有する．この際，二節点のテスト情

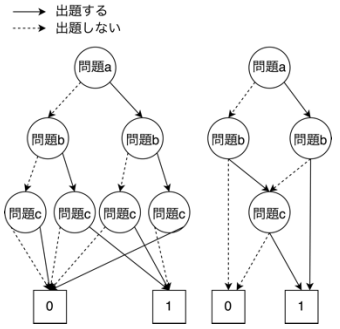


図 1. 二分決定木（左）と ZDD（右）

報量が平均値近似される．ZDD の構築は幅優先技法[4,5]を用いる．これにより，根から葉までの各経路がそれぞれ近似の範囲内で測定精度の等質なテストとなる．この ZDD からランダムサンプリング[1]を繰り返し，式（3）の制約を満たすテスト群を e-Testing で用いる．これにより，従来手法よりも多くのテストを構成できた．しかし，この手法は測定精度を近似するため，節点を共有する度に測定誤差が大きくなる．したがって，変数順序が大きい問題項目ほど，この近似の影響を強く受けたテストに属する可能性が高くなる．

4. 提案手法

変数順序の影響を緩和するために，本研究では，図 2 のように，節点の変数順序を入れ替えた複数の ZDD を先行研究[2]と同様にα個生成する．この際，変数順序は ZDD ごとにランダムに並び替る．その後，提案手法は以下のアルゴリズムでテスト群$\mathcal{T}$を求める．

1. α個の ZDD の中からランダムに一つ選択する．
2. 選択した ZDD の中からランダムサンプリングにより，テストを一つ取り出す．
3. ランダムサンプリングしたテストが式 (3) やその他のテスト制約を満たす場合，テスト群$\mathcal{T}$に追加する．
4. α個の ZDD 全てについて，3 でサンプリングしたテストに相当する経路を削除する（差集合をとる）．
5. 予め決めた制限時間かα個の ZDD 全てについて全探索するまで，提案手法は 1〜3 を繰り返す．

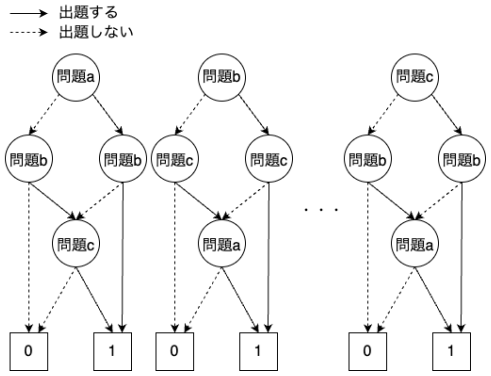


図 2. 提案手法の概要

5. 評価実験

提案手法の有効性を示すために，比較実験を行った．実験には実際の試験で用いられている実データを用いた．この実データは 978 問の問題項目が格納されたデータベースである．このデータベースから制限時間 1 日として，100 問のテストを自動構成する．また，生成する ZDD の個数αは予め比較実験を行い，最も多くテストを生成できた値を用いた．テスト情報量の制約等，そのほかの実験条件・手順は先行研究[2]と同様である．

結果を表 1 に示す．ただし，OC とは任意の 2 つのテスト間に許される問題の最大重複数である．例えば，OC=0 の場合，任意の 2 つのテスト間に重複する問題が存在しない．表 1 より，提案手法は従来手法よりも多くのテストを構成できた．これにより，より大規模な試験において，e-Testing を実施できる．

表 1. テスト構成数の比較

OC	ZDD[2]	Proposal
4	3	**20**
8	6	**26**
12	21	**59**
16	473	**512**
20	8783	**10290**
24	147086	**165789**
28	1545602	**1602380**
32	1548327	**1602872**
36	1548498	**1602959**
40	1548902	**1603087**

また，紙面の都合上詳細は割愛するが，ZDD の構造に関する以下の 2 点を実験により確認できた．

1. 節点の共有条件である閾値I_{th}の値に反比例して，枝刈りの回数が増加すること
2. ZDD の個数αの値がテスト構成数に与える影響

6. まとめ

本研究では，さらに多くのテストを自動構成できる ZDD 手法を提案した．今後は適応型テストへの ZDD 手法の拡張を目指す．なお，本稿で説明を省略した ZDD 手法の特徴やアルゴリズムは発表当日に説明する．

参考文献

(1) Minato, Shin-ichi. Zero-suppressed BDDs for set manipulation in combinatorial problems. Proceedings of the 30th International Design Automation Conference. 1993.
(2) 渕本 壱真，湊 真一，植野 真臣．Zero-suppressed Binary Decision Diagrams を用いた自動テスト構成. 人工知能学会論文誌 2022.
(3) Kazuma Fuchimoto, Takatoshi Ishii, and Maomi Ueno. Hybrid maximum clique algorithm using parallel integer programming for uniform test assembly. IEEE Transactions on Learning Technologies, (2022).
(4) Iwashita, H. and Minato, S.-i.: Efficient top-down ZDD construction techniques using recursive specifications, Technical report, Hokkaido University, Division of Computer Science, TCS Technical Reports, TCS-TR-A-13-69 (2013)
(5) Knuth, D. E.: The art of computer programming: Bitwise tricks & techniques, Binary Decision Diagrams, Vol. 4, AddisonWesley (2009)

ノートテイキングに着目した学修者の認知に関する調査

A Survey on Learners' Cognition Focusing on Note-taking

上村 英男[*1], 野本 尚美[*2]
Hideo KAMIMURA[*1], Naomi NOMOTO[*2]
[*1] 福岡工業大学短期大学部
[*1]Fukuoka Institute of Technology, Junior College
[*2] 仁愛女子短期大学
[*2]Jin-ai Women's College
Email: h-kamimura@fit.ac.jp

あらまし：本稿では，多様な特性を持つ学修者に対応する個別最適な学びの実現を推進するため，授業中におけるノートテイキングを手掛かりに，学修者の認知の実態を調査した．問題の解説において重要事項を書き留めるよう指示をしたところ，設定された 9 項目のうち平均で 4.1 か所（45.5%）の項目しか書き留められなかったことがわかった．
キーワード：個別最適な学び，認知，学修者特性，ノートテイキング

1. はじめに

学修者の多様性が顕著となり，教育の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．中央教育審議会が令和 3 年に行った答申“「令和の日本型教育」の構築を目指して” (1) においても,「子供たちの多様化」を学校教育が直面している課題と指摘し，個別最適な学びの実現が重要であると述べている．

高等教育機関に在籍する学修者は一般には学習方略などをすでに獲得していると考えられる．しかし，実際には個人の持つ特性から様々な障壁を抱えている学修者もいると推察される．これらのことから，高等教育機関においても個別最適な学びの実現は喫緊の課題であると考えられる．

ところで，学生から質問を受けた際，特にその内容が直近の授業で伝えた重要事項などの場合,「きちんと聞いていなかったのか」などと感じ，その学生のことを「不真面目な学生」「不注意な学生」と判断することがある．しかし，実際には学生自身は決して授業に真面目に取り組んでいないわけではなく，学生の特性に起因した現象である可能性も考えられる．宮口 (2) は医療少年院において法務技官として多くの少年と接する中で，軽度知的障害や境界知能を持った少年たちがかなりの割合で存在することに気づき，認知機能の低さが様々な場面に影響している可能性を指摘している．多くの教育機関の在籍者においても，発達障害や知的障害と診断が下っていない，いわゆる「グレーソーン」に属すると思われる学生の存在が感じられ，同様の問題を内包していると考えられる．

これらのことを踏まえ，個別最適な学びの実現を推進するためには，まず学修者の実態を把握すること，特に認知に関連しどのような特性を持っているのかを把握することが肝要であると考えた．

そこで，学修者の認知の実態を把握する一つの手がかりとして，授業において教員が重要な事柄として説明した部分を学生がどれだけ重要と受け止めているのか，ノートテイキングに着目し調査した．

2. 研究対象および方法

本取り組みで対象としたのは，2022 年度後期に開講された選択科目「数学演習」の受講者である．前期に「線形代数Ⅰ」「微分積分学Ⅰ」が開講され，後期には前期から連続した内容を扱う「線形代数Ⅱ」「微分積分学Ⅱ」が開講される．「数学演習」はそれらと同時並行で開講される“演習”という位置づけである．

第 12 回の授業において，板書されたものを書き留めるための紙を配布し，授業中に重要だと感じた部分には〈重要〉などと書き，重要と認識したことがわかるようにノートを取るように指示した．授業者は，固有値・固有ベクトルを求める問題の解説において，調査対象とする重要事項を設定し板書計画を立てたうえで，重要であることが伝わるように配慮しながら授業を行った．調査対象とした重要事項は，板書する部分が 4 か所，口頭のみで伝える部分が 5 か所の合計 9 か所である（表 1）．授業終了後に板書を書き留めた用紙を回収しスキャンした．提出者は

表 1　調査対象とした重要事項
（網掛けは口頭で伝達した箇所）

①	文字の設定
②	式変形について
③	固有方程式をつくる
④	係数行列での変形
⑤	x_2 を用いて表現できること
⑥	0＝0 を省略しない
⑦	x_1, x_2 を表現するときのコツ
⑧	別の文字を使って表現
⑨	かっこの中を整数にする

受講登録者数 98 名中 53 名であり，そのうち第 14 回授業時に実施した理解度確認テストを受験しなかった 2 名を除き 51 名で集計・分析した．集計にあたっては，〈重要〉と記述がある場合のほか，下線を引く，米印（※）や星印（☆）などの印を付けるなどして重要であると認識したと感じられた場合は重要箇所と認識していると判断した．

3. 結果

板書した 4 か所については平均で 2.8 か所（69.6%），口頭のみで伝えた 5 か所については平均で 1.3 か所（26.3%），合計で平均 4.1 か所（45.5%）がノートに記述されていた．また，各項目ごとに記述した学生の割合（表 2 左側）を見ると，板書した部分の方が口頭のみで伝えた部分よりもノートに書き留めた割合はおおむね高かった．⑦については，授業の中で「このことは本に載っていない」など，書き留めることを促す言葉を発していたが書き留めた割合は低かった．

また，理解度確認テストを行った際，固有値・固有ベクトルを求める記述問題を出題し，解答の中で第 12 回授業時に重要事項とした部分について授業時に行った指示通りに記述しているか調査した．テストで確認した部分は①，③，④，⑥，⑨の 5 か所であり，指示通りに記述していた割合は表 2（右側）のようになった．

4. 考察

このたび調査対象とした重要事項について，全体では平均 45.5%の項目しか認識されていなかった．重要事項として記述されていない理由は様々あると考えられるが，いずれにしても半分以下のことしか認識されていない可能性があることは，今後の指導の際に考慮する必要があると考えられる．また，板書した方が口頭のみの場合よりも書き留めた割合は高かった．この理由の一つとしては，解答以外のことが板書されているため，視覚的にも重要なことと認識しやすかったことが考えられる．また，そもそも学生の多くは説明を聞くことをなおざりにし，ただ板書を書き写すことに終始する傾向がみられる．そのため，特別な意識なく単に書き写した，という可能性も考えられる．さらに，口頭のみで伝えた部分の方が書き留めている割合が低いことについては，板書を書き写すと同時に解説を聞きながら重要と思われる事項をメモするという，複数のことを同時に行うこと（マルチタスク）に困難を抱える特性を持つ可能性も示唆している．

⑦の記述が少なかった理由としては，指摘している内容が「○○という意識ではだめ」「情報の一つに過ぎない」など抽象的なものが多く，学生が具体的な言葉として書き取りにくかった可能性が考えられる．聞いたことを重要と理解すること，そしてそれを言葉として表出させること，これらのプロセスのどこかに障壁があったことも考えられる．

表 2　項目別ごとの記述した学生の割合
（左：ノートへの記述　右：テストでの記述）

	ノート	テスト
①	82.4%	78.4%
②	43.1%	
③	45.1%	82.4%
④	19.6%	78.4%
⑤	86.3%	
⑥	35.3%	66.7%
⑦	3.9%	
⑧	27.5%	
⑨	66.7%	52.9%

テストにおいては調査対象箇所についてノートに書き留めていたよりも多くの学生が指示通りに解答を記述していた．これは，「線形代数Ⅱ」などにおいても同様の内容を履修しており，その影響もあったと推察される．一方で⑨については，「線形代数Ⅱ」の授業の中でかっこの中が整数にならない問題を扱っていなかったこともあり，指示通りに解答を記述していた学生の方が少なかった．

5. まとめ

本稿では学修者の多様性に対応する個別最適な学びの実現を推進するため，授業中におけるノートテイキングを手掛かりに，学修者の認知の実態を調査した．その結果，全体で平均 45.5%の項目しか重要事項として書き留められなかったことがわかった．学生は多様な特性を持っている可能性が感じられ，学習の様々な場面で障壁を抱えていることが改めて示唆された．授業者はこれらのことを踏まえ，学修者の多様性に留意しながら授業を進めることが重要である．

最後に，本調査では各学生の持つ特性やその程度などについて詳細には調査していない．今後これらの調査を通し，どのような支援をすれば認知に関して少しでも改善が期待され，さらには個別最適な学びにつながるのかという点については今後の課題となった．

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) 中央教育審議会:“「令和の日本型教育」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，協同的な学びの実現～（答申）”，https://www.mext.go.jp/content/20210215-mxt_sisetuki-000012797_6.pdf （参照 2023.5.16）
(2) 宮口幸治:“ケーキの切れない非行少年たち”，新潮社，東京（2019）

IoT デバイスを活用したフリーアドレス利用行動分析の検討

Study of free address usage behavior analysis using IoT devices

松本 幸大[*1], 越智 洋司[*2*3], 井口 信和[*2*3]
Yukihiro Matsumoto[*1], Youji Ochi[*2], Nobukazu Iguchi
[*1]近畿大学大学院総合理工学研究科
Graduate School of Science and Engineering, Kindai University
[*2]近畿大学情報学部
Faculty of Informatics, Kindai University
[*3]近畿大学情報学研究所
Cyber Informatics Research Institute, Kindai University
Email: ochi@info.kindai.ac.jp

あらまし:大学でのフリーアドレス導入が増えており,研究エリアにおいてその影響を調べる必要がある.そこで,本研究ではフリーアドレスの座席管理を通して利用行動を収集するシステムを開発する.学生が座席使用時に各座席に設置された IoT デバイスを用いて登録作業を実施することで利用記録を収集し,フリーアドレス利用行動の分析につなげる.また,本システムではデバイスと座席の対応をデータベースで管理し,フリーアドレス特有の柔軟なレイアウト変更に対応する.
キーワード:フリーアドレス,利用行動分析,座席管理,IoT デバイス

1. 序論

ラーニングコモンズといわれる学習やグループ活動などが行える空間を設置する大学が増えている.その 1 例として本学情報学部棟の研究エリアの 1 部がフリーアドレスとして運用されている(1).フリーアドレスとは個人ごとの固定席がなく,空いている座席を各々が選択して使用できる座席システムのことである.フリーアドレス導入によって限られた座席を効率的に活用できることや交流が活発になることが期待されているが,人の所在が把握しにくいことや持ち物の管理が難しいことなどのデメリットも考えられる.そのため研究エリアでのフリーアドレス導入が有効であるか判断するためには,フリーアドレスが研究に与える影響を調査する必要がある.

そこで本研究では,研究エリアにおけるフリーアドレス導入の影響を分析するために学生のフリーアドレス利用行動を収集する座席管理システムを開発する.本システムでは,IoT デバイスを各座席に設置し,RFID タグや QR コードを利用して,学生に座席使用時に登録作業を実施させることで座席ごとの利用記録を収集する.また,IoT デバイスと対応する座席をデータベース上で管理することでフリーアドレス特有の柔軟なレイアウト変更に対応する.本システムを用いることで,学生のフリーアドレス利用記録を収集でき,利用行動の分析につなげる.

2. 関連研究

大学おける授業時の出席管理を目的とした座席管理システム(2)(3)(4)は多くあるが,大学でのフリーアドレス座席管理システムはない.出席管理の場合は,その時間帯の講義に出席しているかが問題であり,座席については重要ではない.一方,フリーアドレスで活動の場合,対象とするエリアも広く不特定の学生が対象であり,時間帯も不定である.

3. 研究内容

3.1 行動分析項目

本システムでは学生のフリーアドレス利用行動の分析項目として下記を検討している.

(1) 座席分析:個々のスペースの使用状況を追跡し,どのスペースがいつどのように使用されているかを把握する.

(2) パーソナル分析: 個々の学生に着目し,学生がいつどこで研究活動を行っているかを把握する.

(3)ワークスペース分析: 同時間帯に近隣のエリア（ワークスペース）に在席している学生は,交流を行える可能性がある.

表 1 に収集するデータの項目と得られる情報を示す.これらを用いて上記の分析を行う.ただし,座席使用者において収集したデータは個人監視には使用しない.

表 1 収集するデータ

項目	得られる情報
座席	施設の空間的な要因
日時	曜日・時間帯の傾向
使用者	個人ごとの使用時間の違い

3.2 システム構成

本システムは我々が以前開発した出席管理システム(5)を基に作成している.システムの構成を図 1 に示す.本システムは,IoT デバイスである M5Stack,RFID 対応の IC カード,スマートフォン,PC,利用管理サーバ（以下,管理サーバ),データベースで構

成される．フリーアドレスの各座席には液晶付きの小型マイコンである M5Stack と RFID リーダを設置する．M5Stack へのアクセスは,「RFID 方式」と「スマートフォン方式」に分けられ，使用登録や座席の使用状況の確認に用いる．M5Stack と RFID リーダーを図 2 に示す．また，PC は学生，教員が Web ページ上で座席の使用状況を確認する際に使用する．データベースは Amazon DynamoDB を使用し，座席の使用状況・利用記録・予約情報・使用者情報を管理する．データベースでは各 M5Stack の端末情報も管理しており座席との対応，使用の可否を示すステータス, 大型席での許容人数について記録している．これによってフリーアドレス特有の柔軟なレイアウト変更に対応できる．

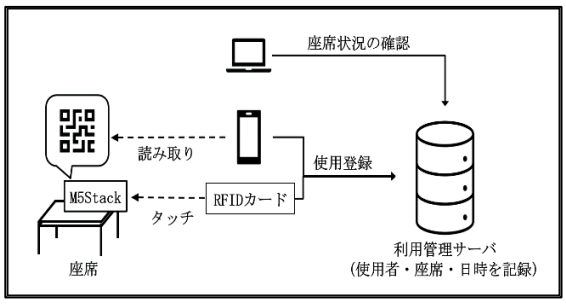


図 1 システム構成図

3.3 使用登録

本システムでは M5Stack を介して学生の座席利用記録を収集する．「RFID 方式」では，学生個人に割り当てられる IC カード（NFC タグ）をトリガーにした個人認証と使用登録を行う．IC カードをかざすと M5Stack は管理サーバに IC カードの UID と端末情報を送信し，管理サーバは UID に対応する使用者を特定し, データベースに使用開始時間を記録する．「スマートフォン方式」では，M5Stack に表示される QR コードをスマートフォンで読み取らせることをトリガーにした個人認証と使用登録を行う．使用登録ページで個人認証を行ったあと，QR コードに含まれている使用座席の情報とともに，データベースに使用開始時刻を登録する．また,「RFID 方式」と「スマートフォン方式」の両方式に対応することで，利用者の利用ニーズや状況に合わせて，使用登録の手段を選択できるなど利便性の向上に繋げる．また，ワンタイム QR コードを採用することで，学外からの不正登録を防止する．以上により，使用データ収集の正確性と機会の向上につなげる．

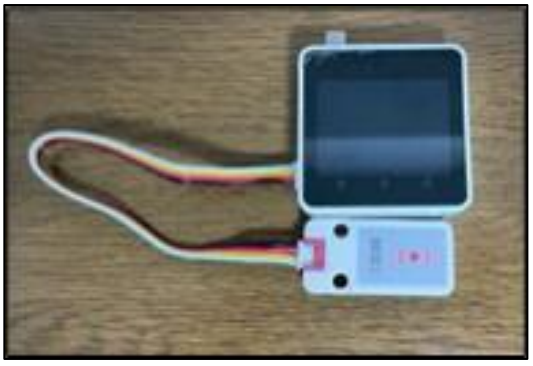


図 2 座席に設置する M5Stack

3.4 使用・予約状況確認

本システムでは，M5Stack を介して各座席の利用予約状況を確認できる．各座席については，座席に設置してある M5Stack の LCD ディスプレイを介して座席の使用の可否を示す．QR コードが表示されている場合は使用可能であり，非表示の場合は使用中の座席であることを示す．また，使用中にQR コードを非表示にすることで２重登録を防止している．

エリア全体の座席の利用状況については，座席状況確認ページを設け，使用状況が表示された座席表を提示する．また，座席状況確認ページでは学籍番号での検索が可能であり, 人の所在把握を支援する．

4. 評価実験

近畿大学情報学部棟（E 館）の研究エリアにあるフリーアドレスの座席で本システムを試験運用し，学生のフリーアドレス利用記録を収集する予定である．また，分析ならびに可視化の手法についても検討し，研究活動におけるフリーアドレスの有用性の判断に役立てる．

5. 結論

本研究では，研究エリアにおけるフリーアドレス導入の影響を調査するために学生のフリーアドレス利用行動を収集する座席管理システムを開発した．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 22K12304 の助成を受けた．

参考文献

(1) 井口信和:“近畿大学情報学部の紹介－KDIX の挑戦－”, 研究報告教育学習支援情報システム, Vol. 2022-CLE-37, No.5, pp.1-7
(2) 鵜川義弘, 福井恵子, 上山由果, 安藤明伸, 黒川修行, 鉄本良, 藤井俊彰, 岩田薫, 今野幸典, 藤沢和繁, 高橋修:“無線 LAN アクセスポイントを用いる出席管理システム”, 宮城教育大学情報処理センター研究紀要 : COMMUE, Vol.25, pp.41-46(2018).
(3) 増田進也, 小高知宏, 黒岩丈介, 白井治彦:“携帯端末の Bluetooth 機能を用いた出席管理システム”, 第 78 回情報処理学会全国大会, 2016, 1, 639-640
(4) 鞆大輔:“携帯電話の GPS 機能を用いた出席管理システムの有効性に関する考察 : 近畿大学での測位データ分析を基に”, 商経学叢, vol.58, No.2, pp.257-267
(5) 松本幸大, 井口信和:“大学における出席記録の一元管理システムの検討”,2021 年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集

コンピテンシー推定のための動画視聴データ分析手法の検討

Study of Video Viewing Data Analysis Methods for Competency Estimation

岑 駿之介[*1], 越智 洋司[*2]
Shunnosuke MINE[*1], Youji OCHI[*2]
[*1] 近畿大学大学院 エレクトロニクス工学専攻
[*1]Graduate School of Science and Engineering, Kindai University
[*2] 近畿大学情報学部
[*2]Faculty of Informatics, Kindai University
[*2] 近畿大学情報学研究所
[*2]Cyber Informatics Research Institute, Kindai University
Email: ochi@info.kindai.ac.jp

あらまし：オンライン授業によって時間や場所に囚われない多様な学びが可能となったが，結果重視の学びの評価方法は変わっていない．筆者らは学生のコンピテンシーに着目し，学習過程を考慮した新たな評価方法の開発を行っている．本研究ではオンデマンド授業を対象とし，学生の動画視聴の振る舞いがコンピテンシーとして定義できるか検討する．
キーワード：コンピテンシー，学習分析

1. はじめに

コロナ禍において，ICT ツールを使用したオンライン授業が主流となった．それにより，授業動画やテキストをあらかじめ配布し，学生が時間や場所に制限なく授業を受けることが可能となった．これは多様な学びを可能とする時代が到来したことを意味し，学習の評価についても多様になることが求められる．しかし，学生の成績はテストの点や制作物などの学習の結果 (1) に基づいて評価されており，学んできた過程については考慮されていない．

我々は，試験や成績などの学習の結果ではなく，その結果に至るまでの過程を考慮するためにコンピテンシーに着目した．コンピテンシーとは，ある職務において効果的で優秀な成果を発揮する，個人の中に潜む特性 (2) である．学生のコンピテンシーを考慮することで，結果に至るまでの学習の過程を評価することに繋がると考えた．近年は，コロナ禍の影響により，映像メディアを活用した授業が増えている．本研究は、コンピテンシーの推定のために、オンデマンドによる講義動画に対する講義視聴データに着目する．

2. 目的

オンデマンド授業における動画視聴行動からコンピテンシーを推定するためには，動画視聴の振る舞いを適切に表現できる行動パラメータを決定し、コンピテンシー推定への有用性を検証する必要がある．本稿では，動画視聴における行動パラメータの定義と、それらを用いたコンピテンシーの推定のための手法について、実験により検証する．

3. アプローチ

本研究では，動画視聴における行動パラメータとして「視聴進捗行動」と「倍速視聴行動」に分けて，それぞれにおいて分類ラベルを定義し，それぞれ成績との相関を調べることで，コンピテンシーとして定義できるか検証する．

3.1 視聴進捗行動

視聴進捗行動は，その学生が講義動画を視聴完了するに至るまで，どのような進捗状況で視聴してきたかを表現するものである．本研究では，動画の公開直後で主に視聴している学生を「早期視聴型」，次の講義の直前で主に視聴している学生を「晩期視聴型」，どちらともよらない時間で主に視聴している学生を「中期視聴型」として分類ラベルを定義する．それぞれの型のモデルを図 1 に示す．また，視聴自体が少ない学生を未視聴型とする．

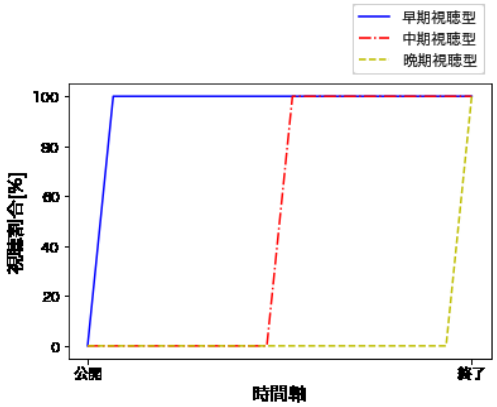


図 1 視聴進捗行動のモデル

3.2 倍速視聴行動

倍速視聴行動は，その学生が講義動画をどのような速度で視聴してきたかを表現するものである．本研究では，倍速で視聴することが多い学生を「倍速視聴型」，倍速で視聴することが少ない学生を「等倍視聴型」，どちらにもよらない学生を「バランス視聴型」と分類ラベルを定義する．

4.　検証方法

4.1 視聴進捗ラベルの分類手法

1 講義回における動画資料の公開日時から次の講義回までの間での視聴の進捗状況に対する割合を「視聴進捗割合」とする．

各講義回において視聴進捗割合を算出し，k-means 法によるクラスタリングを用いて，1 講義回における視聴進捗行動のラベルを作成した．

全 15 回における学生の視聴進捗行動のラベルの推移をデータとして，k-mode 法により学生ごとに分類し，視聴進捗ラベルを付与した．分類数はエルボー法により調査した．

4.2 倍速視聴ラベルの分類手法

学生が授業動画の視聴において何%を倍速にして視聴しているかを表す数値を「倍速視聴割合」とする．各講義回の動画の視聴ログ数に対して倍速視聴したログ数の割合を計算し，全 15 回における倍速視聴データとして，k-means 法により学生ごとに分類し，倍速視聴ラベルを付与した．分類数はエルボー法により調査した．

4.3 コンピテンシーとしての有効性の検証

2 つの行動パラメータがコンピテンシーとして有効かどうか検証するために，学生を成績である GP（Grade Point）が 4 または 3 の高成績層と 2，1，0 の低成績層の 2 つの成績カテゴリに分類し，各パラメータとの相関をクラメールの連関係数で算出した．

5.　検証結果

5.1 視聴進捗タイプの作成結果

エルボー法の結果を図に示す．結果より．k-mode 法の分類数を 4 つとした．

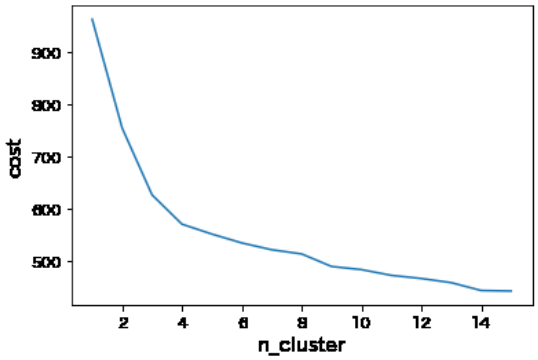


図 2 エルボー法の結果

k-mode 法によるクラスタリングの結果，視聴進捗タイプを表すラベルとして，学生を 4 つに分類した．全講義回を通して，公開からすぐの視聴が多い早期視聴型，次の講義の直前に視聴が多い晩期視聴型，どちらにもよらない時間に視聴している中期視聴型，視聴自体が少ない未視聴型に学生を分類することができた．各視聴進捗ラベルの構成人数と該当する視聴進捗行動ラベルの含有割合の平均を表 2 に示す．

表 2 各ラベルの構成人数と該当ラベルの割合

ラベル名	人数	該当ラベルの割合[%]
早期視聴型	23	69.9
中期視聴型	15	47.6
晩期視聴型	69	69.5
未視聴型	15	75.6

5.2 倍速視聴タイプの作成結果

エルボー法の結果より k-mode 法の分類数を 3 とした．全講義回を通して，倍速で視聴することが多い倍速視聴型，倍速で視聴することが少ない等倍視聴型，どちらにもよらないバランス視聴型に学生を分類することができた．各ラベルの構成人数と平均の倍速視聴割合を表 3 に示す．

表 3 各ラベルの構成人数と平均倍速視聴割合

ラベル名	人数	平均倍速視聴割合[%]
倍速視聴型	43	80.8
バランス視聴型	30	42.1
等倍視聴型	49	10.7

5.3 成績との相関調査

2 つの行動パラメータのラベルと 2 つの成績カテゴリの相関を計算した結果，視聴進捗タイプと成績カテゴリとの相関は 0.354，倍速視聴タイプと成績カテゴリとの相関は 0.211 であった．

6.　考察

実験の結果より，視聴進捗タイプと成績カテゴリとの相関は 0.354，倍速視聴タイプと成績カテゴリとの相関は 0.211 とやや相関があることがわかった．このことから，視聴進捗タイプと倍速視聴タイプの 2 つの行動パラメータの，動画視聴の振る舞いを表すコンピテンシーへの有用性が示唆された．

7.　おわりに

本研究では，オンデマンド授業において，学生の動画視聴における振る舞いをコンピテンシーとして定義できるか検討するために，動画の視聴ログから 2 つの行動パラメータを作成し，成績との相関を調査した．動画視聴の振る舞いは成績とやや相関があり，学生のコンピテンシーとして定義できることが示唆された．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 22K12304 の助成を受けた．

参考文献

(1) Abdallah Namoun, Abdullah Alshanqiti, “Predicting Student Performance Using Data Mining and Learning Analytics Techniques: A Systematic Literature Review”, Saudi Arabia (2020)

(2) DAVID C. McCLELLAND, Testing for Competence Rather Than for "Intelligence”, AMERICAN PSYCHOLOGIST, 28, 1-14 （1973）

オンデマンド授業における学修者の理解度を推定する特性分析

Analysis of characteristics of students with a risk of failing course in on-demand class

東 るみ子
Rumiko AZUMA
日本大学商学部
College of Commerce, Nihon University
Email: azuma.rumiko@nihon-u.ac.jp

あらまし： COVID-19 により 2020 年から多くの大学で余儀なくされたオンライン授業のノウハウを利用して，現在，対面とオンラインとのハイブリッドによる効果的な教育を模索する大学が増えている．しかしながら，オンライン授業では学修者の理解度を把握することが難しい．そこで本稿では，講義動画視聴型のオンデマンド形式の授業において，振り返りシートや小テストなどの各回の授業から得られる学修者情報から，定期試験の結果を推定することを目的として，定期試験の上位群と下位群の学修者情報を定量的に分析した． そしてその結果をもとに，各群にどのような特性がみられるのかの考察を行った．
キーワード：学習分析，オンデマンド授業，テキストマイニング，リアクションペーパー

1. はじめに

COVID-19 の影響により，多くの大学では感染防止の観点から対面授業とオンライン授業のハイブリッドを採用しているケースがみられる．また，通学時間の削減や隙間時間に受講できるなどの理由により，オンライン授業を積極的に履修する学生もみられる．しかしながら，オンライン授業では学生の受講様子やつまずきを教員が把握することが難しいため，対面授業に比べて学生へのフォローがしづらいといった問題が存在する．

理解が不十分な学生を早い段階から客観的に把握する方法として，従来から活用されているリアクションペーパー（以降，本稿では「振り返りシート(1)」と呼ぶ）や授業毎の小テストの結果などの情報をもとに学生の授業に対する理解度の推定を試みる研究がある(2)(3)．東(3)の先行研究では，振り返りシートから抽出したコメントベクトルを使用して，定期試験の結果が下位に属する学修者を推定している．しかし先行研究では，対面授業時の学習者データを用いているため，オンライン授業でも同様の方法で推定が可能かどうか検証されていない．特に講義動画視聴型のオンデマンド形式の授業においては，学生が講義動画を見ずに課題だけを提出するケースもみられるため，振り返りシートが成績下位群の早期発見に有効なのか否かの検証が必要である．

そこで本研究では，オンデマンド形式授業を受講した学修者の振り返りシートの内容を分析し，成績上位群と下位群の間に違いがあるのかを分析する．そして，振り返りシートや小テストの情報から学修者の理解度を推定することが可能か否かについて検討を行う．

2. オンデマンド形式授業の実態調査

大学生がオンデマンド形式の授業をどのように感じ，どのような状況で受講しているのかの実態を調査するために，N 大学の学生を対象にアンケート調査を実施した． 2021 年 12 月 15 日～2022 年 1 月 20 日期間に授業の 10 分間を利用して GoogleForm から回答を求めた．有効回答数は 106 名であった．回答者の学年の内訳は，大学 1 年生が 42 名，2 年生が 29 名，3 年生が 20 名，4 年生が 15 名であった．

学生が希望する受講形式の回答結果を表 1 と 2 に示す．動画視聴型のオンデマンド形式は，講義型授業では 70.8%，演習型授業では 39.6%とどちらの授業でも希望する学生が最も多かった．

表 1　講義型授業における希望する受講形式 (n=106)

	1 年生	2	3	4	計
ZOOM を使った双方向形式	14.3%	17.2%	5.0%	13.3%	13.2%
動画視聴型のオンデマンド形式	64.3%	69.0%	75.0%	86.7%	70.8%
対面形式	21.4%	13.8%	20.0%	0.0%	16.0%

表 2 コンピュータなどを使った演習型授業における希望する受講形式 (n=106)

	1 年生	2	3	4	計
ZOOM を使った双方向形式	19.0%	27.6%	15.0%	20.0%	20.8%
動画視聴型のオンデマンド形式	47.6%	17.2%	45.0%	53.3%	39.6%
対面形式	33.3%	55.2%	40.0%	26.7%	39.6%

次に，講義動画の視聴方法に関する回答結果を図 1 に示す．「他のことをしながら視聴することがある」の設問に対し，「ある」と答えた学生は 41.5%であった．また「飛ばしながら視聴することがある」，「課題の箇所だけ視聴することがある」に対して「ある」と回答した学生は各々50.0%であった．

この結果から，学生はオンデマンド形式を最も希

望しており，その受講スタイルは課題だけを提出することを目的とした「ながら受講」の学生が半数もいることが分かった．そのため，オンデマンド形式の授業において，早い段階から学生の真の理解度を把握することが重要であると考える．

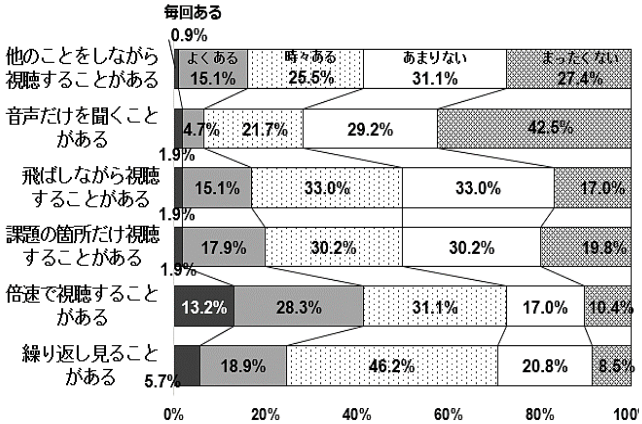


図 1　講義動画の視聴方法について（n=106）

3.　学修データを用いた分析

3.1 対象科目

2021 年 4～7 月に N 大学 S 学部で開講された科目「コンピュータシステム」の履修生 43 名のうち，定期試験を受けた 38 名の 11 回分の小テストの点数，振り返りシート，定期試験の結果をもとに分析を行った．本講義は，初回講義以外は GoogleClassroom に掲載した講義動画を視聴するオンデマンド形式で実施した．小テスト，振り返りシートに関しては，各回講義日を含めた 3 日以内を提出期限として，GoogleForm から回答を求めた．

3.2 小テストと定期試験の関係

11 回分の小テストの平均点と定期試験の点数の相関分析を行った．その結果を図 2 に示す．第 3 回から 7 回講義までの小テスト平均点では，相関係数が 0.36~0.43 とやや弱い傾向にあったが，8 回目以降の小テスト点数を加味すると相関が高くなっていた．本講義においては，授業回前半の小テストだけでは，定期試験の結果を予測することが難しいことがわかった．

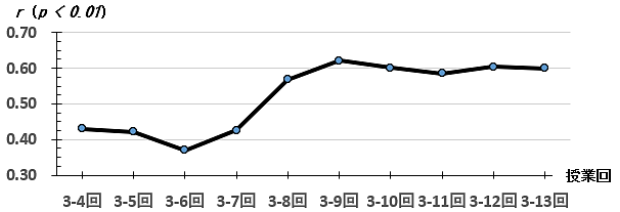


図 2　小テストの平均点と定期試験点数の相関関係

3.3 振り返りシートの分析

振り返りシートでは，「講義に関する「振り返り」（その日に学んだ内容，理解した内容，分からなかったこと，質問など）（自由記述）」を記述してもらった．そしてそれら振り返りシートを，定期試験 70 点以上の学生 26 名（A 群）と 70 点未満の学生 12 名（B 群）に分け，テキストマイニングのソフトウェア KHCoder[4]を用いて分析を行った．分析の対象となる全体の文書数は 421，語の数は 1944，出現回数の平均は 5.24（*SD*=19.84）であった．

はじめに，各群における特徴語について文単位で分析を行った．その結果，A 群では「理解する」や「学ぶ」「思う」「知る」などの動詞が特徴語としてみられた．これらの特徴語は，「～が理解できた」や「～を学んだ」，「～は～と思った」「～について知った」など，具体的に講義でどのような知識が得られたのか，学んだことに対してどのように思ったのかを記述している内容であった．一方，B 群では，学修内容に出てくる単語（名詞）が特徴語として上位に挙がっていた．

そこで次に，知識習得に係る動詞だけが含まれる文を「浅い振り返り」，学修した概念や単語のみが含まれる文を「単一の振り返り」，学修した概念と併せてどれくらい知識習得ができたのかを表している動詞を含む文を「深い振り返り」の 3 つのカテゴリに分類し，2 つの群を比較した．その結果を表 3 に示す．A 群は「深い振り返り」に分類された文が B 群よりも多く，一方「単一の振り返り」に関しては，B 群の学生の方が多い結果となった．

表 3　各カテゴリへの分類結果

	A 群(≧70)	B 群(<70)	χ^2
浅い振り返り	18.91%	15.29%	1.78
深い振り返り	48.49%	36.09%	13.38**
単一の振り返り	24.75%	39.85%	22.70**
該当なし	7.85%	8.77%	0.14

** p<0.01

4.　おわりに

本稿では，オンデマンド形式の授業において，早い段階から学修者の理解度を推定することを目的として，成績上位群と下位群の振り返りシートの内容を比較分析した．

今後の課題として，対面授業時の振り返りシートと比較を行い，オンデマンド形式特有の特徴が振り返り内容にみられるのか否かについて分析を行う．また先行研究で行われていた機械学習を用いた成績推定に関しても，可能か否かの検証をデータ数を増やして行う．

参考文献

(1) 東るみ子: “振り返りシートを用いた学習者理解度の分析”, 教育システム情報学会第 41 回全国大会, pp.263-264 (2016)
(2) Luo, J., Sorour, E. S., Goda, K., Mine, T. : ”Predicting Student Grade based on Free-style Comments using Word2Vec and ANN by Considering Prediction Results Obtained in Consecutive Lessons”, EDM, (2015)
(3) Rumiko Azuma : “Effectiveness of comments on Self-Reflection Sheet in Predicting Student Performance”, 10th ICORES PROCEEDINGS, pp.394-400, (2020)
(4) 樋口耕一: “社会調査のための計量テキスト分析”, ナカニシヤ出版, (2014)

緊急災害時に県を越えた協同学習を実現するための視覚障害者と晴眼者の電子黒板システム

A Digital Media Board System for the Visually Impaired and Sighted to realize Collaborative Learning across Prefectures in the Event of an Emergency Disaster

村上 佳久
Yoshihisa MURAKAMI[2]
客員研究員
Visiting Scholar
筑波技術大学
Tsukuba University of Technology
Email: pata_2000@yahoo.co.jp

あらまし：昨今，地震や津波だけでなく風水害などの天変地異による被害が増加している．そこで，天変地異の緊急事態時にも県を越えて協同学習を行えるような，超省電力型電子黒板システムを試作し，その性能を精査した．バッテリー動作で 6 時間程度の運用が可能となった．盲学校などの視覚障害者の利用のみならず，一般の晴眼者の利用も含めて，様々な検証を行った．
キーワード：天変地異，視覚障害，超省電力，電子黒板，

1. はじめに

１．はじめに

県を越えて協同学習対応の学習支援システム[1]を構築して，実験協力校と共に実験を行ってきたが，昨今，天変地異による影響が多くなってきた．地震や津波などだけでなく，線状降水帯による長時間の風水害により，運動場が冠水し，玄関上がりまで，浸水することが珍しい事象ではなくなって来たことが，実験協力校からも聞かれるようになってきた．

実験協力校には，機器を貸出し，実証実験を行っているが，もしも，天変地異が起これば，商用電源が消失し，機器類は運用できなくなる可能性が極めて高い．そこで，デスクトップ型 PC を超省電力で動作するようなシステム[2]を構築し，バッテリー電源で，運用することを検討した．その過程で，比較的大型のディスプレイで，避難している場所で運用する超省電力型電子黒板システムを利用できれば，天変地異でも教育を確保できる可能性がある．

そこで，本研究では，天変地異でも運用可能な超省電力型の電子黒板システムを試作し，その可能性を精査するとともに，盲学校などの視覚障害者の利用のみならず，一般の晴眼者も利用な可能な汎用的なシステムを目指して、システム開発を行った．

2. 電子黒板システム

従来の開発したシステムは，「生徒と教員の双方向の視覚障害に対応した，電子黒板と電子教科書の活用に関する研究」として，弱視向けに無線 LAN を利用し，手元型電子黒板として iPad や Android 端末に画面を転送し，画面の拡大縮小が自由に行えるシステムであった．その後，システムが改良・改善され，画面拡大・点字・音声の三つのメディアをリアルタイムに同時に出力して，20 人程度の授業で運用することを前提にしたシステムに進化した．

このシステムは，以下のような特徴があり，

1）大型の電子黒板：Sharp BigPad 70"
2）制御用 PC：Windows 10 Pro
3）無線 LAN：Buffalo AirStation Pro
4）手元型電子黒板：iPad，Android，note PC 等

最大の特徴は，視覚障害者の教育利用を前提に，全盲・弱視に対して画面拡大・音声出力・点字出力の 3 つのメディア出力を同時に行うことであった．

弱視：電子黒板表示，手元型電子黒板(iPad, Android Tablet, Windows PC)

全盲：音声出力・点字ディスプレイ出力

特に弱視にとっては，電子黒板の表示内容を手元の iPad などで大きさを自由に変更して，自分の視認性のよい状態で利用できるため，利便性が高いものなった．しかし、70 インチの電子黒板の消費電力は極めて大きく、省電力化を検討することとした．

3. 省電力型電子黒板

緊急災害時に利用される電子黒板システムに必要な諸元はどのようなものであろうか？

70 インチ電子黒板は，脚台を含めて 150kg 程度の重量があり，緊急災害時には，停電でエレベーター移動が困難で利用できないことが想定される，一方，黒板の機能としては，ある程度の大きさを確保する必要があるので，40 インチ電子黒板とした．これは，17.5kg 程度などで，大人二人で移動可能である，

省電力とは言え，視覚障害者向けのシステムなので，拡大文字・点字出力・音声出力の 3 つのメディアの同時出力と，無線 LAN を通じた iPad 等への出

力は確保したい．すると，制御用 PC と無線 LAN の性能が省電力化のポイントとなる．

3.1 制御用 PC と超省電力制御用 PC

従来の制御用 PC では, Shuttle DH310, Core i3-8100, 16GB RAM, 256GB SSD の諸元で動作させており，無線 LAN を通じて，40 台程度の端末に画面送信が可能であり，総消費電力は，70 インチ電子黒板と無線 LAN を含めて，330W（定常時:280W）程度であった．この制御用 PC を超省電力学習支援システム[1]で利用した PC に変更したが, 4 台程度の端末にしか画面転送できず，点字変換や音声出力がままならない状態で、断念した．

その後、同一メーカの SEi8, Core i5-8279U, 16GB RAM, 512GB SSD に変更したところ, 15 台程度まで端末に画面転送が可能となり，点字や音声出力も正常に行われた．消費電力は，127W（定常時:72W）である．しかし，盲学校では問題とならないが，一般の晴眼者の学校では 80 台程度まで端末に画面転送したい. そこで, 省電力で諸元の高い機器を探した．

3.2 省電力制御用 PC

最近の CPU の多くが，Power コアと Economy コアの 2 種類のコアを有して，高機能・低消費電力を両立させている．したがって，実際に運用して消費電力を測定しないと本当の性能はわからない．

そこで，制御用 PC を MINISFORUM Venus NAB5, Core i5-12450H, 32GB RAM, 512GB SSD に変更し，システムを再構築した．消費電力は，140W（定常時:90W）である．実際の運用の様子を図 1 に示す。

電子黒板，制御用 PC と無線 LAN は，左端のバッテリーで動作しており，6 時間程度の連続運用が可能であった。

図 1 実際の運用の様子

表 1 CPU のスペック

CPU	W	Cinebench R23	
		Multi	Single
Core i5-12450H	45W	8986	1689
Core i5-8272U	23W	4986	1079
Core i3-8100	65W	2445	707

3.3 実際の運用

この制御用 PC は，電子黒板機能は，全て安定に動作し，点字出力や合成音声出力も遅延がなく安定的に動作した．また，無線 LAN 出力機能では，20 台以上の iPad に画面転送を行うことが出来た．Windows PC や Android Tablet を含めて実際に，40 台程度まで安定的に動作する事が確認された．手元型電子黒板に無線 LAN で転送するような，サーバー的能力を求められるものは，CPU の能力に依存するので，表 1 の性能が，接続台数にほぼ比例する．

4. 一般晴眼者向けの運用

盲学校の場合，このシステムで良いが，一般の晴眼者の学校では，2 クラス程度の人数の 80 台位の iPad に接続したい．しかし，40 インチの電子黒板を中心として無線 LAN の電波が届く範囲は、そう広くない. そこで, 学習支援端末[1]を 4 台程度用意し，1 台あたり 4〜6 名程度が利用するとして，その学習端末に電子黒板の画面を転送する．さらに，無線 LAN の中継器を置いて，iPad などに電子黒板の画面を転送することとした．すると，学習支援端末もミニ電子黒板の代わりとなるので，80 人程度の学習スタイルが運用可能となる．図 2 に概略を示す.

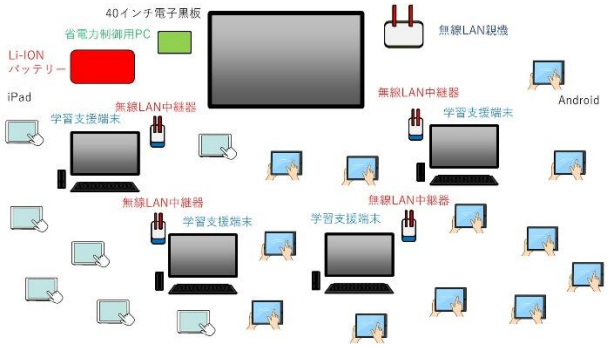


図 2 一般晴眼者向けの運用

5. おわりに

天変地異などの緊急災害時でも，県を越えて協同学習を実現するための視覚障害者のための電子黒板システムを試作し，晴眼者も利用可能運用を目指して，システムが構築された．将来的に実証実験を通じて，その実用性を検証する予定である．

参考文献

(1) 村上佳久:" 県を越えた協同学習を実現するための視覚障害者のための学習支援システム",教育システム情報学会講演論文集,P1-13, p25-26(2021)
(2) 村上佳久:" 緊急災害時に県を越えた協同学習を支援する視覚障害者の学習支援システム",教育システム情報学会講演論文集,P1-07, p13-14(2022)
(3) 村上佳久:"電子黒板や電子教科書等の技術を応用した視覚障害者の家庭学習システムの開発",教育システム情報学会講演論文集,I1-02,p61-62(2017)
(4) 村上佳久:"全盲と弱視を同一の教材で対応し，盲ろうにも対応する学習支援システム",教育システム情報学会講演論文集,P1-25, p49-50(2018)

マルチメディア教材の異なるレイアウトにおける学習者の視線遷移の分析

Analyzing learners' eye movement across different layouts of multimedia teaching materials

益本　浩志[*1]，角所　考[*1], Weijane　Lin [*2], Hsiu-Ping Yueh [*2]
Koji Masumoto [*1], Koh Kakusho [*1]
[*1] 関西学院大学
[*1] Kwansei Gakuin University
[*2] 国立台湾大学
[*2] National Taiwan University
Email: gdt56894@kwansei.ac.jp

あらまし：絵や文章など，様々な表現形式の要素から成るマルチメディア教材では，各要素間に関連性がある．そこで，このようなマルチメディア教材に対し，学習者が各要素をどのように関連付けて学習しているのかを明らかにすることを目指し，レイアウトの異なるマルチメディア教材における異なる要素間での視線遷移の違いを分析することを試みる．
キーワード：マルチメディア教材，注視行動，レイアウト，視線遷移

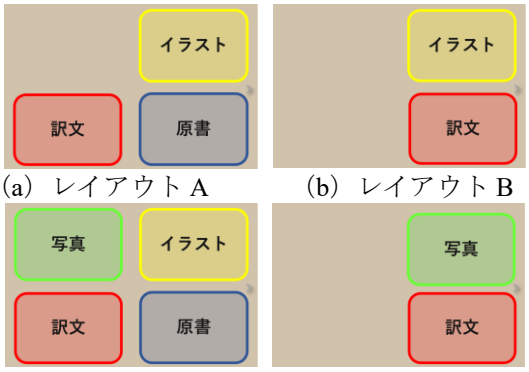
1.　はじめに

e ラーニングでは，絵やテキストといった異なる表現形式を用いた要素から構成されるマルチメディア教材がよく使用される．このようなマルチメディア教材を用いた学習では，各要素が学習者に対して果たす役割が，その表現形式によって異なると考えられる．このような違いは学習者の注視行動の違いにも反映されると考えられるため，従来からレイアウトの異なるマルチメディア教材に対する学習者の注視行動の分析が試みられている．

このような従来研究では，各要素に対する学習者の注視の多さに注目したものが多い[1, 2]．しかし，異なる表現形式による要素からなるマルチメディア教材において，各要素は，それらが連携して同一の学習内容を説明するような相補的な関連性を持つため，どのような表現形式を要素とするレイアウトではどのような要素同士を相互に参照しながら学習が行われるのかを明らかにするには，異なる要素間の視線遷移にも注目することが望まれる．そこで，これに着目した学習者の注視行動の違いの分析を筆者らが試みたところ，レイアウトの違いによる視線遷移頻度の違いを示唆する結果が得られている[3]．そこで本稿ではさらに，どのような表現形式の要素がこのような視線遷移頻度の違いを生み出しやすいのかについて調べてみた結果について報告する．

2.　使用教材

本研究では，薬用植物の図鑑を教材として使用した．対象とする薬用植物は全部で 6 種類あり，各植物について説明したページとして，原書（ラテン語）と訳文（中国語），イラスト，写真の 4 種類の表現形式による要素を，図 1 のような 4 通りのレイアウト $L \in \{A, B, C, D\}$ で配置したものを用意した．それぞれのレイアウトによる教材に対して 7〜8 人の学習者を割り当て，その視線データを視線計測装置で獲得した．



(a) レイアウト A　(b) レイアウト B
(c) レイアウト C　(d) レイアウト D
図 1 レイアウトの異なる教材

3.　視線分析

3.1 レイアウトと視線データの関係

上で得られる視線データは，注視点座標とその注視時間によって構成されている．そこで，注視時間を一定の時間間隔 Δt で区切り，その各瞬間での注視点座標を求めた．学習者の集合を P，6 種類の植物の集合を H とする時，植物 $h(h \in H)$ を学習する学習者 $p(p \in P)$ の時刻 $t = m\Delta t\left(m = 0,\ 1,\ \ldots,\ M_h^p\right)$ での注視点座標を $\boldsymbol{\varphi}_h^p(m)$ で表す．

このとき，植物 h を記述したページを読む学習者 p の注視点座標の変化は，$\boldsymbol{\varphi}_h^p(m)$ と $\boldsymbol{\varphi}_h^p(m+1)$ をそれぞれ始点と終点とする 4 次元データ $\boldsymbol{\gamma}_h^p(m) = \left[\boldsymbol{\varphi}_h^p(m),\ \boldsymbol{\varphi}_h^p(m+1)\right]$ で表すことができる．この 4 次元データを各レイアウトの各植物に対する全学習者の全区間について集めたものをクラスタリングすることで，同じレイアウトによる各植物ページを学習する際の学習者の代表的な視線遷移のパターンを求めた．得られた各クラスタ中心を調べた結果，始点

と終点が共に同一要素内に含まれている場合と，それぞれが異なる要素に含まれている場合の主に 2 通りが見られた．このことから，学習者の注視対象は，各構成要素を単位として視線遷移しているといえる．

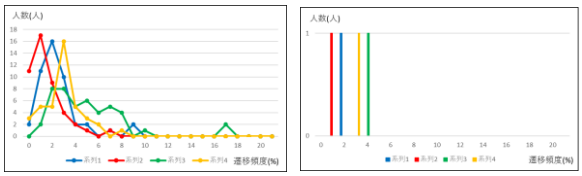
3.2 異なる要素間の視線遷移の頻度

各要素は四角形で区切られた範囲を持つが，実際に絵や文字が書かれている領域は，その中の一部である．そこで上のような学習者の視線遷移において，学習者の注視点座標が各要素内に位置する場合に，そのときの注視点が，要素内の各領域とどの程度近いのかを考慮するために，背景色に基づいて各領域を抽出し，それに対する距離変換結果を用いて$\boldsymbol{\gamma}_h^p(m)$の始終点$\boldsymbol{\varphi}_h^p(m)$, $\boldsymbol{\varphi}_h^p(m+1)$と各領域との距離（最大値を 255 とする）を求め，最も近い領域までの距離を$\delta_h^p(m)$，$\delta_h^p(m+1)$で表す．このとき，それらの領域を含む要素を$t = m\Delta t$, $(m+1)t$での注視対象とみなし，$\tilde{\delta}_h^p(m)$，$\tilde{\delta}_h^p(m+1)$で表す．このとき，各植物のページでの異なる要素間にまたがる学習者毎の視線遷移の比率F_h^pを次式で算出する．

$$F_h^p = \frac{\sum_{\substack{m=1 \\ \delta_h^p(m)\neq\delta_h^p(m+1)}}^{M_h^p} \left\{\left(1-\frac{\delta_h^p(m)}{255}\right)+\left(1-\frac{\delta_h^p(m+1)}{255}\right)\right\}}{\sum_{m=1}^{M_h^p}\left\{\left(1-\frac{\delta_h^p(m)}{255}\right)+\left(1-\frac{\delta_h^p(m+1)}{255}\right)\right\}}$$

3.3 各レイアウトの視線遷移の頻度

異なるレイアウトの教材に対するF_1^p~F_6^pの和F^pに対する学習者の人数の分布を求めた結果を図 2(a)に示す．図の横軸はF^pの値，縦軸はその値を持つ学習者の人数を示し，異なるレイアウトの学習教材に対する分布を異なる色（レイアウト A：青，B：赤，C：緑，D：黄）で表示している．



（a）人数分布　　（b）中央値

図 2 各レイアウトの異なる要素間の視線遷移頻度

図より，レイアウトによって各視線遷移の頻度を持つ学習者の多さが異なることが分かる．この違いを明確にするために，さらに上の人数分布の中央値を求めたものを同図(b)に示す．この図からわかるように，異なる要素を跨ぐ視線遷移の頻度はレイアウト C，D，A，B の順に多いことがわかる．

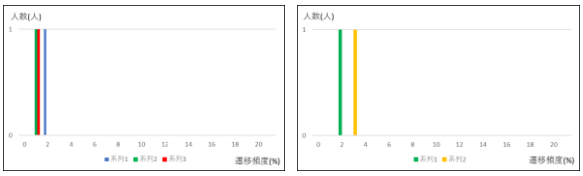
このような視線遷移の頻度は，各レイアウトに含まれる要素数が増えれば，増加すると考えられ，実際，視線遷移の頻度が最も多いレイアウト C は要素数も最も多い．しかし，残りの 3 つのレイアウトについてみると，A は D よりも要素数が多く，B は D と同じ要素数であるにも拘わらず，D の方がそれらよりも遷移頻度が高い．このとき，D と A，B の違いは，D でのみ写真が用いられていることであり，さらに，写真は C にも含まれている．これらのことから，視線遷移頻度は，写真との間で高くなっていることが示唆される．

3.4 各レイアウトの視線遷移の種類別の頻度

3.3 の結果を踏まえ，実際に異なる要素間の視線遷移として，写真との間の遷移が多いのかを確認するために，異なる表現形式の要素対毎の視線遷移の頻度を求めた．

教材には最大 4 種類の要素があるため，異なる要素間を跨ぐ視線遷移は最大 6 通り生じ得る．このとき各レイアウトにおいて，どの要素間の遷移が多いのかを調べるために，上の 6 通りの視線遷移頻度を，異なるレイアウト間で比較してみた．各レイアウトにおける 6 通りの視線遷移の頻度に対する異なる学習者の人数分布を求め，その中央値をレイアウト毎に算出した．この中央値が高かったイラスト－訳文間と写真－訳文間の値を図 4 に示す．図の横軸と縦軸は視線遷移の頻度とその頻度を持つ学習者の人数に対応している．このとき，異なるレイアウトに対する結果を 3.2 と同様に異なる色で示している．

図 3(a)では，イラスト－訳文間の視線遷移は，レイアウトによって要素数が異なるにも拘わらず，ほぼ同程度となっている．一方，図 3(b)では，C（緑）の方が D（黄）よりも要素数が多いにも拘わらず，視線遷移頻度は D の方が多くなっている．これらの結果より，写真を含む遷移が多いことを確認できた．写真は植物の部位を形と色の両方で表示できていることから，言葉による説明を補完する役割を果たしているためと考えられる．



（a）イラスト－訳文間　　（b）写真－訳文間

図 3 種類別視線遷移頻度の人数分布の中央値

4. おわりに

異なるレイアウト間での異なる要素間の視線遷移の違いについて調べた．今後は領域内の各部分間を跨ぐ視線遷移に着目した分析等を進める予定である．

参考文献

(1) Yang, F.Y., et al. “Tracking learners’ visual attention during a multimedia presentation in a real classroom” Computers & Education, vol. 62, pp208-220 (2013)
(2) Lin, W., et al. “Modeling Reading Behaviors: An Automatic Approach to Eye Movement Analytics” IEEE Access, vol 9, pp63580-63590 (2021)
(3) Lin, W., et al. “How scientific illustration and photography aid learners’ reading – Evidence from eye movements” HCII (2023) (to appear)

SNS リテラシー確認テストの開発

Development of SNS literacy test

中村 達樹[*1] , 藤堂 健世[*1*2], 髙橋 聡[*1]
Tatsuki NAKAMURA[*1],Kense TODO[*1*2],Satoshi TAKAHASHI[*1]
[*1] 関東学院大学 理工学部
[*1]College of Science and Engineering, Kanto Gakuin University
[*2] 東京工業大学 情報理工学部院
[*2]School of Computing, Tokyo Institute of Technology
Email: f20K6112@kanto-gakuin.ac.jp

あらまし: 情報通信機器の普及率が高まり、SNS を利用しコミュニケーションを取ることは一般化している。だが、多くの人は SNS を効果的に利用できるだけのリテラシーを備えられていないまま、SNS 上でリスクのある行動を取ってしまっている。その問題を解決するために、本研究では SNS リテラシー確認テストを開発し、テストを通じて SNS リテラシーを高める効果を検証する。
キーワード: SNS, リテラシー, テスト開発, ILAS

1. 研究背景

Social Networking Service(以下、SNS とする)の利用によるリスクを認識し、効果的に活用できるようになるには、論理的思考を働かせ、リスクを察知することができる能力などの SNS 特有のリテラシーが必要になる(1)。だが、多くの人が SNS を安全に扱うだけのリテラシーを持たないまま利用している。それは、総務省の調査の項目のインターネット利用時に不安を感じる人の割合を見ると感じ取ることができる(2)。

SNS のリスクは無数にあり、さらに、SNS の種類の増加などによってその数を増やしている。SNS のリスクを避けるためには、既存の事例だけでなく、自分でリスクであると判断できる能力が必要だ。そのため、SNS リテラシーを獲得するための過程には実際に SNS を利用しながら学ぶことが必要になると考えられる。しかし、SNS リテラシーに不安を抱えたまま利用することはリスクにつながる。

そこで本研究では、実際に SNS を利用している画面に似た画像をテスト受検者が分析することで、SNS におけるリスク発見能力を獲得できるテスト教材を開発した。

これにより、SNS 利用によるリスクを減らしたまま、SNS リテラシーを身に着ける補助ができると考えた。

2. SNS リテラシー確認テストの開発

2.1 本テストの問題の構成について

インターネットリテラシー向上のためのテスト教材の開発の実例について、総務省が高校生向けに行っている ILAS(Internet Literacy Assessment Indicator for Students)という調査がある(3)。本研究ではこの ILAS を参考に、受験者の SNS リテラシーを測る。

ILAS ではインターネットのリスクを 3 つの大分類、7 つの中分類に整理している。

本研究ではこのリスク分類を元に、7 つの選択肢のあるテスト問題を開発する。

分類分けを行うことで、SNS でどの様な行動を行うとどの分類のリスクに繋がるのか分かりやすくし、またどの能力が自分には足りないのか認識できるようにしたいと考えた。

よりテスト受験者がリスク分類の内容が分かりやすいよう、本研究では ILAS のリスク分類をそれぞれ以下の表 1 のように作り替えた。

表 1 本テスト問題での表現

ILAS のリスク分類	本テストでの表現
違法情報リスク	法律違反の恐れ
有害情報リスク	有害情報への認識
不適切接触リスク	SNS でのコミュニケーション能力
不適正取引リスク	SNS を使った取引の知識
不適切利用リスク	SNS の扱い方について
プライバシーリスク	プライバシーについて
セキュリティリスク	セキュリティ対策

問題を解答するためには、テスト問題画像の中の会話,写真,プロフィールなどの情報からテスト受験者がリスク要素を発見し、どのリスク分類に当てはまるのか判断することを必要にする。こうしたプロセスから、自らの SNS の使用シーンを客観視しやすくし、論理的思考を働かせ、SNS のリスクを認識しやすくする狙いがある。

問題には解説を付けるようにし、リスク発見までの情報やプロセスを提示する。これは、テスト問題の内容に説得性を持たせることと、テスト受験者にリスク内容への知識を深めることを目的としている。

7 つの選択肢のリスク行動について、架空のユーザーが主に以下の表 2 のような行動を行うことでテスト受験者はリスクを特定できるようになっている。これらは、インターネットトラブルの事例を参考に、より実際に SNS を使用している状態を認識しやす

いよう独自に問題を開発した。

表 2 問題解答につながるリスク行動の例

本テストの選択肢	リスク行動の例
法律違反の恐れ	著作権侵害の恐れのある投稿
有害情報への認識	未成年に対するアダルト情報の拡散
SNS でのコミュニケーション能力	匿名 SNS への不理解
SNS を使った取引の知識	フィッシングなどのネット詐欺
SNS の扱い方について	インターネットのマナーについて
プライバシーについて	顔写真や風景などからの特定
セキュリティ対策	URL への知識

2.2 本テスト問題の作成方法とテストの流れ

本テストは、テスト受験者が画像を見て、7 つの選択肢の内どのリスクに当てはまるのか推測し解答する選択形式の一問一答テストとなる。

テスト問題画像には主に、日本人の利用率が高い SNS である[4]LINE, Twitter, Instagram を使用していることを認識できるものを扱う。架空の人物のプロフィールや他のユーザーとの会話などの情報を載せ、7 つの選択肢のうち必ずどれか一つには当てはまるリスクを発見できるようにする。

解説は、問題画像の中のリスクだと判断できるポイントと、それがどのようなリスクに繋がるのか考えるプロセスを説明する。この説明から、テスト受験者は SNS を活用するための論理的思考力が身についているか確かめられるようにする。

テストは計 30 問を出題することを予定している。この問題数で SNS リテラシーが向上できるのかアンケートを実施することで確かめたいと計画している。

SNS リテラシー向上に関するアンケートでは、テスト前後で SNS を扱う上での論理的思考力が身についたかという点について自己評価をしてもらう。これにより、本研究の目的を達成することができているかについて調査をしたいと考えている。

本テストの問題画像の実例を図 1 に示す。画像は Twitter の利用シーンを想定している。画面作成にはスマートフォン向けアプリの「ツイメモ-SNS 風メモ帳」(Ver.5.5.4)を利用した。

投稿した内容から、画像解析などで猫の個体を識別され、利用した店舗の特定ができてしまうこと、誰でも閲覧できる場で実際に会う約束をしてしまうことで、主に待ち伏せなどの被害にあいやすくなるなどのリスクを発見できるようにしている。これらは SNS の匿名性を脅かし、プライバシーの侵害を引き起こす恐れがある。このことから、”プライバシーについて”のリスクがあることが判断できるようにした。

図 1　問題画像の実例

3.　まとめ

本研究では、SNS におけるリテラシー向上に必要な要素を調査し、それを活用し SNS を活用するために必要な能力を身に着ける補助ができるテスト教材の開発を行った。

今後は、関東学院大学の SNS リテラシー学習希望者に向けて本教材を用いた学習を行ってもらい、SNS リテラシー理解の促進に寄与できたか確かめる検証を予定している。

参考文献

(1) 玉田和恵：“Society5.0 時代に対応した情報モラル問題解決力の育成 ~人工知能と個人情報の活用を思考するゲーミング教材の開発~”, 江戸川大学の情報教育と環境, Vol. 19, pp. 33-40 (2022)

(2) 総務省：“令和 4 年版 情報通信白書｜データ集（第 3 章第 8 節）”, https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r04/html/nf308000.html#d0308140 (参照 2023. 4.30)

(3) 総務省：“【特集】ILAS｜安心・安全なインターネット利用ガイド｜総務省”, https://www.soumu.go.jp/use_the_internet_wisely/special/ilas/ (参照 2023. 5.4)

(4) 総務省：“報道資料｜「令和 3 年度情報通信メディアの利用時間と情報行動に関する調査報告書」の公表”, https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01iicp01_02000111.html (参照 2023.5.19)

(5) 佐々木成三：“元捜査一課刑事が明かす手口　スマホで子どもが騙される”, 青春出版社, 東京 (2021)

新入生向けのカリキュラム問題の開発

Developing Curriculum Questions for New Students

江畠 博貴*1，藤堂 健世*1,2,高橋 聡*1
Hiroki EBATA*1, Kense TODO*1, Satoshi TAKAHASHI*1
*1 関東学院大学 理工学部
*1College of Science and Engineering, Kanto Gakuin University
*2 東京工業大学 情報理工学院
*2School of Computing, Tokyo Institute of Technology
Email: f20K6020@kanto-gakuin.ac.jp

あらまし：大学新入生は将来の具体像が見えず，自分に合ったカリキュラムを作成することが難しいとされている．本研究ではクイズ式問題を用いて、大学卒業までに必要なカリキュラムに関する知識を、主体的に習得することを目的とした、カリキュラム問題を提案する．自らの手で大学生活での躓きを体験することで，目的を持って学習する意義を見出すことが期待される．
キーワード：大学生, カリキュラム, 学習意識, 大学生活

1. はじめに

大学では，教育課程を通じて得た学生の学修成果を可視化することが重視されており，そのためにカリキュラムマップが使用されている．しかし，“何を学習し実現したいのか”というような，学習する意義を持って大学生活を送ることができていない学生が数多く存在する．道上ら(1)は、学生に所属学科のカリキュラムの満足度を調査した．満足度は全体的に低く，主な原因は“内容が期待していたものと違った”，“内容に興味が持てない”といったものであった。また、興味が持てないという理由が勉学に真剣に取り組まない主な原因(1)となっており，その結果，大学生活に目的意識を見いだせていないことが明らかになっている．

特にやりたいことが見いだせていない学生は，大学生活の満足感が低く，より幅広い知識を習得しようとする意欲が弱い．また，将来への展望を抱けていないということが明らかとなっている(2)．カリキュラムへの理解を促すためには，動機づけが重要である。鹿毛ら(3)は，快，不快といった感情要因が動機づけに関連していると述べている．感情要因は，“興味”が学習への動機づけにおいて重要と位置付けられている．

これらの問題を解決するためには，入学したばかりの早い段階で，大学生活の在り方や勉学へどう取り組むかについて理解しなければならない．本研究では、それらを能動的に学習できるカリキュラム問題を提案する．自らの手でカリキュラム作成を体験し，大学生活での危機感や躓きを体験することで，目的を持って学習する意義を見出すことが期待できる．

2. 提案手法

本研究では，目的意識を早期に理解し，興味を持って自分のカリキュラムを作成するための手法として，クイズ式のカリキュラム問題を提案する．

クイズ式問題は，自学自習による学習と比べ高い学習効果が得られ，楽しんで学習することで意欲的に知識を取り入れることが可能である(4)．また，解答に対しすぐにフィードバックが返されるため，防衛的悲観主義(3)の観点に置いてもクイズ式問題は適切である．カリキュラム作成のモデルとして，ここでは関東学院大学理工学部，情報学系の生徒を対象としたカリキュラムを利用する．

2.1 カリキュラム問題の説明

カリキュラム問題は，予め用意された複数のモデル時間割の中から，適切だと思うものを選択する問題である．図 1 は解答選択の画面イメージを表している．左上に選択肢の番号が表示されており，図の左右にある三角の矢印で選択肢を選び，解答を決める．問題はセメスターごとに区切られており，ある程度問題が進行すると，途中で解答者に対するフィードバックが表示される．

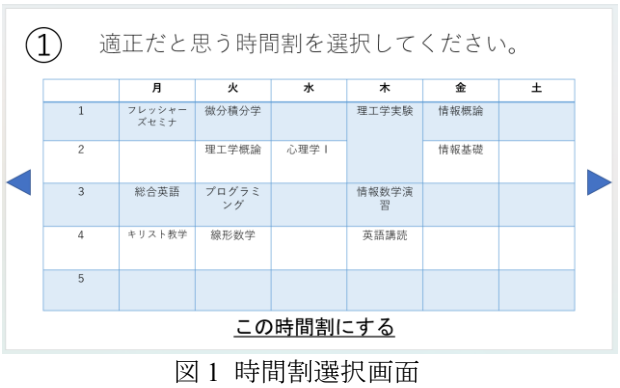


図 1 時間割選択画面

2.2 問題内容と解答

カリキュラム問題での適切な解答は，単位習得状況や解答者が決めたカリキュラムによって異なる仕様となる．問題開始前，解答者は予め用意されたモデルカリキュラムの中から、自分の実現したいカリ

キュラムと近いものを選択する．表1はモデルカリキュラムの種類とその問題内容を表している．“特にない”以外のモデルは関連講義を中心としている時間割が適正解答となり，“特にない”は，卒業要件を満たすだけで適切な解答は存在しない．

全ての問題には，カリキュラムと関係のない講義を多く履修しているものや，留年リスクのある時間割も存在する．所謂“落とし穴”のような選択肢が多く存在し，それらを選択した場合，ある程度進行した後のフィードバック時に指摘される．

表1 モデルカリキュラムと問題内容

モデルカリキュラム	問題内容
情報工学	情報工学関連講義を中心とした時間割が適切な解答となる
ネットワーク工学	ネットワーク工学関連講義を中心とした時間割が適切な解答となる
メディア工学	メディア工学関連講義を中心とした時間割が適切な解答となる
情報複合	情報複合関連講義を中心とした時間割が適切な解答となる
特にない	卒業要件を満たすだけで適切な解答がない

2.3 フィードバック

本カリキュラム問題では正しい答えというものは無く，解答者の選択内容により変動するフィードバックを理解してもらうことが目的である．これは感情要因の一つである防衛的悲観主義[3]，つまりカリキュラムや履修登録に対するリスクや失敗を認識させることで，危機感をはじめとする脅迫的感情を解答者が受け，自身を見つめ直すことが期待されるからである．

表2は問題の主な解答内容に対するフィードバックの例を表している．カリキュラムに適した時間割を選択できていた場合，“しっかり目的を持って講義を選べている”などの評価を送り，その後のセメスターにおける履修の注意点などを表示する．

カリキュラムに適さない解答が多かった場合，“学びたい分野を深く追えなくなる”のような、目的を見失ってしまうリスクを警告し，その後のリカバリーや対処法などを表示する．

留年のリスクがある解答をしていた場合は，留年が確定したセメスターを迎えた段階でフィードバックを行う．そこではどのセメスターで誤った登録をしたのか指摘し，留年後のリカバリーや，留年をしないための対処法を表示する．

図2は留年が確定した場合のフィードバックのイメージ画面を表している．適切でない時間割を選んでいた場合はこのような危機的意識を促す画面を表示する．

表2 フィードバック内容の例

主な解答内容	フィードバック
カリキュラムに適した解答だった場合	選択した問題の良かった点や今後の注意点を表示する
カリキュラムに適さない解答だった場合	専門分野を十分に学べなくなるリスクなどの注意やその後のリカバリーの説明をする
留年のリスクがある解答だった場合	リスクある解答だったことを指摘し，今後のリカバリーを説明する

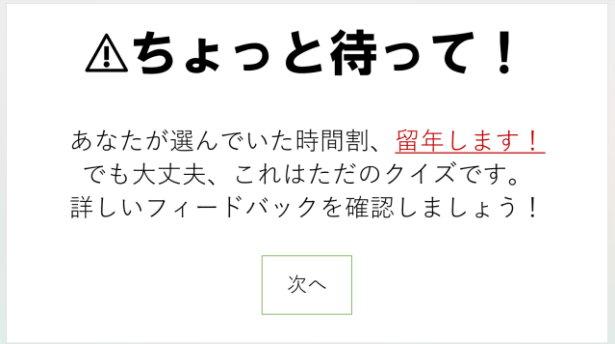


図2 フィードバック画面例

3. おわりに

本研究では，大学新入生のために目的意識を持ったカリキュラム作成を促すための，カリキュラム問題の開発を行った．適切なフィードバックを送るという点については，解答者の個人差を考慮し，種類を大きく広げる必要があると考えられる．

また，モデルカリキュラム選択時において，新入生は“特にない”と選択する者が多いと想定される．入学時の目的意識が学習成績に影響を与える[2]ため，今後は何かしらの目的意識を持つことを促せるようなフィードバックを作成する必要がある．

参考文献

(1) 道上正規，河合一，喜多秀行: “工学部生によるカリキュラム評価”，工学教育, Vol. 45, No. 3, pp.15-18 (1997)
(2) 小方涼子: “大学生の勉学意欲について -大学生活への動機づけおよび将来の展望に着目して-”，日本教育心理学会総会発表論文集 第 55 回総会発表論文集, p.205 (2013)
(3) 鹿毛雅治: “学習動機づけ研究の動向と展望”，教育心理学年報, Vol. 57, pp.155-170 (2018)
(4) 渥美峻，砂山渡:“オンライン対戦クイズゲームによる汎用型学習システム”，人工知能学会全国大会論文集 第 26 回, pp.1-4 (2012)

キャラクターを用いた単位取得シミュレーションゲーム開発

Development of a Simulation Game for Acquiring Credits Using Characters

西原 滉稀[*1]，藤堂 健世[*1*2]，髙橋 聡[*1]
Koki NISHIHARA[*1], Kense TODO[*1*2], Satoshi TAKAHASHI[*1]
[*1] 関東学院大学 理工学部
[*1]College of Science and Engineering, Kanto Gakuin University
[*2] 東京工業大学 情報理工学院
[*2]School of Computing, Tokyo Institute of Technology
Email: f20K6076@kanto-gakuin.ac.jp

あらまし：大人数で集まり全体へ説明するガイダンスでは，個別で相談することができないため，科目の幅があり，自由度が高いという大学のメリットが活かせていない．その課題を解決するため，本研究ではキャラクターを用いた単位取得シミュレーションゲームを開発する．個人の特徴を反映させるために，プレイヤーが性格や得意科目などを設定しキャラクターを作成する．そして，プレイヤーに合った履修計画を立てることを支援する．
キーワード：シミュレーション，履修登録，大学

1. はじめに

大学における履修登録は，春学期に行われ，1 年分の履修登録をする必要がある．履修登録は，大学の設置科目の中から自らが自由に選び履修計画を立てる難しさがある．必修，登録必須，選択必修，選択科目を考慮しつつ履修計画を立てなければ，卒業要件を満たさず卒業することができない．そのため，新入学生に向けた履修ガイダンスが大学で実施される．授業の履修方法やカリキュラムについての体系的なガイダンスが有用だったと回答した学生が 6 割に達していることが，図 1 に示す 2016 年に文部科学省が行った大学生の学習実態に関する調査研究[(1)]からわかる．このことから学生は，履修についての情報を得られる機会を重要視することが読み取れる．

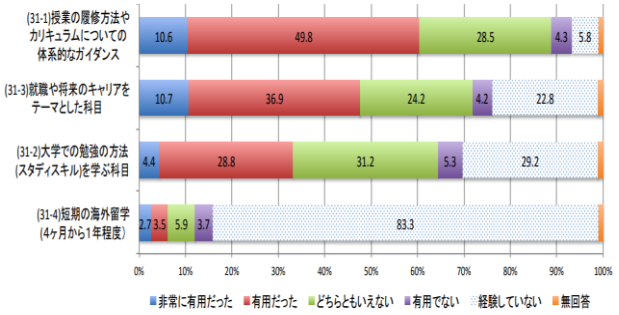


図 1　ガイダンスに対する印象[(1)]

しかし，新入学生全体に向けたガイダンスは，大人数であるため個別で相談することが難しく，1 人 1 人に合ったカリキュラムを個別に相談できない．そのため，履修要綱に記載されている「科目には幅があり，個別で違う科目を修得していく」という大学のメリットを活かすことができない．またガイダンスは，長期的な目線での履修計画を立てることが難しい．1 年生から長期的な履修計画を立てていれば，学びたいことを学び卒業できる．しかし，新入生の短い指導時間だけでは，目先の履修計画しか立てられず，4 年生になり応用科目を学びたいと考えるが，基礎科目を受ける必要があることに気付き，学びたいことを学べず卒業する場合もある．

そこで研究では，プレイヤーに合った長期的な履修計画を立てることができるキャラクターを用いた単位取得シミュレーションゲームを開発する．

2. キャラクターを用いた単位取得シミュレーションゲーム

シミュレーションゲームでは，1 セメスターから 8 セメスターまでの長期的な履修計画を組むことができる．また，プレイヤーが性格や得意科目などを設定できるキャラクターを作成し，そのキャラクターを用いて単位取得シミュレーションを行う．

本研究で開発するシミュレーションゲームでは，1 年生で卒業までの履修計画を立て，全体像の把握，活動プロセスの理解を深めることができる．そして，ゲーム内で履修計画の立て方の問題で 4 年での卒業ができなかった場合，どこで間違ったのか，この授業を落とすと卒業が難しいと学ぶことができ，失敗を実際の大学生活でも起きないように学習でき，履修計画を立てていく上での危機意識に繋げることもできる．また，シミュレーションゲーム内でフィードバックが受け取れる機会を設けた．シミュレーションゲームの形にすることで，全体像の把握や失敗を通じた学びを促進できる[(2)]．

ゲーム開始時，プレイヤーは，複数の質問に答えてキャラクターを作成していく．プレイヤーは，作成したキャラクターで 4 年での大学卒業を目指していくが，履修計画の立て方やキャラクターの設定により，4 年で卒業できない場合がある．その場合，新たに履修計画を立て，キャラクターの卒業を目指す．

キャラクターの設定によって各科目の単位修得率を変動させる．

また，チュートリアルは，1 セメスターを題材とし，実際に必修の科目をゲーム側の指示に従って入れることでゲームの仕組みを学ぶ．

履修登録の操作方法は，実際に使用されている関東学院大学の操作方法と近いものを実装し，シミュレーションゲームから実際の履修登録に繋げることを可能にする．

キャラクターを用いた単位取得シミュレーションゲームの対象者は，大学 1 年生を中心とした関東学院大学理工学部情報学系の生徒に向けたものである．

2.1 キャラクター

シミュレーションゲーム開始時にキャラクターを作成し，単位の修得率を変動させる．

ゲーム開始時，質問事項に答えていき，得意科目，苦手科目，朝が得意か不得意なのか，人と共同作業するのが苦手なのかなど複数の質問に答えていき，プレイヤーのキャラクターを作成する．

図 2 はキャラクター作成のための質問画面である．図 2 は，得意科目についてであり，数学と回答した人は，数学系の科目の単位修得率を基準の修得率より上げる．反対に，プログラミングが苦手と回答すると，プログラミング関連の科目の単位修得率が下がる．

このキャラクター作成は，プレイヤーにできるだけ近い設定にし，シミュレーションすることを目的として作成している．

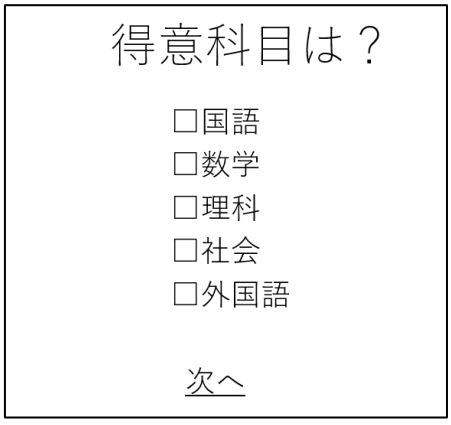


図 2　得意科目質問画面

2.2 シミュレーションゲーム画面

図 3 は，履修登録時の画面である．必修科目は，赤色で表示されている．科目欄は，科目名，カテゴリ，単位数が表示されている．右下にはそのセメスターでの単位数が表示されている．図 1 の下側に赤字で「履修登録をする」というボタンがあり，そのボタンを押すことで次のセメスターに進める．画面右上には，メニュー欄があり，卒業要件と過去の時間割を閲覧できる．

図 3　履修登録画面

図 4 は，図 3 の拡大画面である．月曜 2 限の箇所に+ボタンがある．+ボタンを押すことで，科目選択画面に進むことができ，科目を入れることができる．既に科目が入っている箇所も-ボタンがあり，-ボタンを押すことで，科目を取り消すことが可能である．

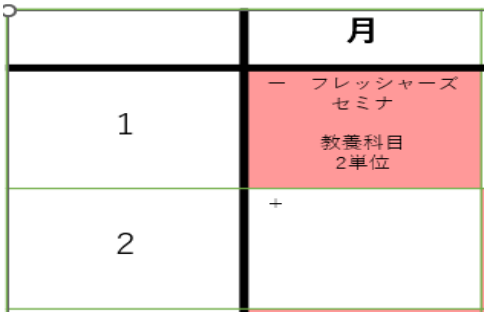


図 4　履修登録画面拡大図

3．おわりに

本研究では，ガイダンスの課題を解決するためキャラクターを用いた単位取得シミュレーションゲームを開発し，個人の特徴を反映させ，長期的な履修計画を立てることができるものを開発した．また，キャラクターの設定を変えることで、特徴によっての履修計画の立てやすさの違いを学べる．そして，キャラクターの設定によっては，卒業の難しさを学ぶことができ，実際の大学生活の危機意識に繋がる．このように，キャラクターを用いた単位取得シミュレーションゲームは，単純な単位取得シミュレーションゲームとは違い，一度だけでなく，繰り返し学習できるものになっている．

今後は，より履修登録について理解を促すことができる要素やキャラクターの特性や改善点を修正し，繰り返し学習できるシミュレーションゲームを目指す．

参考文献

(1) 文部科学省　国立教育政策研究所: “大学生の学習実態に関する調査研究について”, https://www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/pdf06/160330_gaiyou.pdf　(参照 2023-05-04)

(2) 藤本　徹 : “シリアスゲーム　教育・社会に役立つデジタルゲーム”, 東京電機大学出版局(2007)

ChatGPT による日本語ラップ歌詞生成

Japanese rap lyrics generation by ChatGPT

小林　秀平[*1], 藤堂　健世[*1,2],高橋　聡[*1]
Shuhei KOBAYASHI[*1],Kense TODO[*1,2],Satoshi TAKAHASHI[*1]
[*1] 関東学院大学　理工学部
[*1]College of Science and Engineering, Kanto Gakuin University
[*2] 東京工業大学 情報理工学院
[*2]School of Computing, Tokyo Institute of Technology
Email:f20k6041@kanto-gakuin.ac.jp

あらまし：HIP HOP ミュージックが世界的社会現象となっている今日、HIP HOP ミュージックは消費するだけのものではなく趣味として、友人との遊びとして制作側に回ることも珍しくない。日本で HIP HOP に魅了された若年層の中でも趣味として楽曲制作する人間が増えている。だが、韻を踏んで歌詞を作成するのは思いのほか難しく、初心者の最初の壁となっている。そこで本研究では ChatGPT を用いて、より多く任意の韻を踏ませた歌詞を生成することで、歌詞制作を支援するシステムを開発する。
キーワード：HIP HOP、ラップ、ChatGPT、韻

1. はじめに

日本では現在、SNS などの発達により大きな HIP HOP ブームが巻き起こっている。若年層の中では趣味でスケートボード、ブレイクダンス、グラフティなどを楽しむ人が増えており、特に「HIP HOP ブーム」の火付け役となった「HIP HOP ミュージック」に魅了された人間の中には趣味として楽曲制作を楽しむ人も少なくない。

若年層の中で流行している HIP HOP ミュージックであるが、楽曲制作初心者は初めに「歌詞が思いつかない」といった問題を抱えることになる。そこで本研究では、自分で歌詞を考えるのではなく ChatGPT を用いて歌詞を生成することにより歌詞制作の支援をするシステムを開発することを目的とする。

しかしながら、ChatGPT は日本語の文章構成能力はあるものの、日本語の「韻」や「母音」、「子音」の理解が不十分であるため、「ラップの歌詞を作ってください」という指示ではそれほど多くの韻を含んだ歌詞は生成されない。そこで、歌詞の中でより多くの任意の韻を含ませた文章を生成する手法を提案する。

また、本研究では ChatGPT が韻等を学習してしまう可能性を考慮し、OpenAI の API 経由で GPT を使用する Chatbot UI を使用した[1,2]。

2. 提案手法

本研究で目標とする歌詞の長さは、初心者がラップをすることを想定し、1 バース（16 小節、64 拍）分である 200 文字程度とする。また、本研究では韻の定義を二文字以上の子音が同じ単語同士が歌詞中にある時、その単語を韻と呼ぶ。なお、わかりやすさのため、以下では「愛（あい）」をテーマとした場合の提案手法の流れについて述べる。

本研究で提案する手法は先に韻の候補を上げさせてから、その単語を使用し歌詞を生成するというものである。

まず、“「あい」に似た語感の単語を 20 個教えて”という命令文を与え, 韻を踏んだ単語を生成させる。

図 1　提案手法で挙げさせた単語の候補

この時、任意の韻をひらがなで指示することで「愛」という漢字が持つ意味に候補が影響されることなく候補の単語を挙げることができる。また、「韻」や「母音」、「子音」といった言葉を使わず「語感」という言葉を使うことで、ChatGPT の苦手な日本語の母音、子音の判別を避けている。

次に、図 2 のように上記の方法で挙げた単語を用いて歌詞を生成させる。

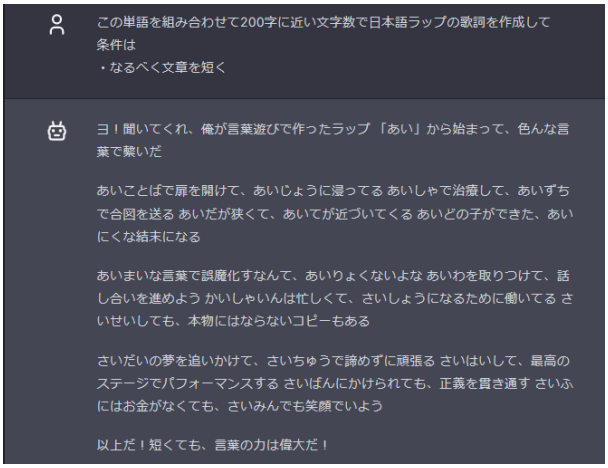


図 2　提案手法で生成した歌詞

複数の条件を一文にまとめて指示を出した時、条件の一部が反映されずに歌詞が生成されることがある。そのため、重要な条件である「なるべく文章を短く」のみ箇条書きで指示している。一つの文章を短くすることで候補の単語を組み合わせる難易度を下げ、かつ生成した歌詞をラップする時リズムを取り易くしている。

3.　実施結果

提案手法の有効性を評価するために、ChatGPT に使用言語、歌詞の長さ、歌詞生成時に指定する任意の韻だけを指定した場合と、本提案手法を利用した場合の生成結果を比較する。

初めに、ChatGPT に使用言語、歌詞の長さ、歌詞生成時に指定する任意の韻だけを指定した場合、図 3 の歌詞が生成された。

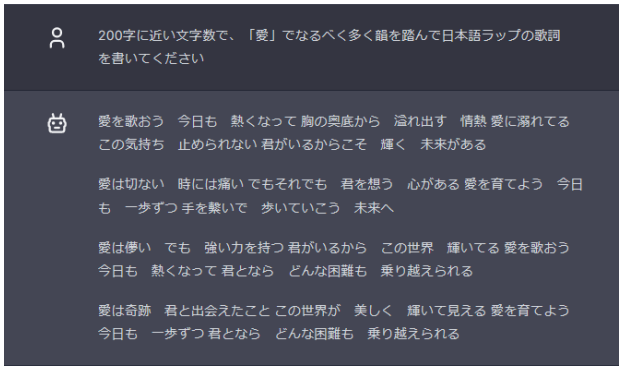


図 3　条件のみの指示での歌詞生成結果

図 3 では、「痛い（it-ai)」や、「世界（se-k-ai)」のように「愛（あい)」の韻の単語が生成されている。

この時、「愛（あい)」の韻は 220 文字中、17 個で、単位文字数当たりの韻の数は 0.077 個であった。また、歌詞中の韻は 17 個中 8 個が「愛」という単語をただ羅列して繰り返し使うことで構成されていた。

次に提案手法では図 2 の歌詞が生成された。図 2 では，「諦め（aki-rame)」や「最高（s-ai-kou)」のように「愛（あい)」の韻の単語が生成されている。

この時、「愛（あい)」の韻は 326 文字中、35 個で単位文字数当たりの韻の数は 0.107 となった。この時、35 個の韻の内、「愛」という単語は 3 個、その他の韻は 29 個、存在しない日本語が 3 つ含まれていた。

それぞれの歌詞から 5 回ずつ韻の数と歌詞の文字数を数え、単位文字数当たりの韻の数を算出し、それを平均した結果を表 1 に示す。なお、韻の数は任意の韻のみを数え、歌詞中の韻を踏んでいる単語を一単語一つとして数える。

表 1　単位文字数当たりの韻の数

	条件のみの指示	提案手法
1 回目	0.077	0.107
2 回目	0.069	0.214
3 回目	0.118	0.147
4 回目	0.089	0.192
5 回目	0.083	0.186
平均	0.088	0.169

提案手法では条件（使用言語、歌詞の長さ、歌詞生成時に指定する任意の韻）を指示し生成した歌詞に比べて単位文字数当たりの韻の数が約二倍の結果となった。よって歌詞の中により多くの任意の韻を含んだ歌詞を生成できたといえる。また、韻の種類についても、ChatGPT に使用言語、歌詞の長さ、歌詞生成時に指定する任意の韻だけを指定した場合に比べて、任意の韻をひらがなで指示し、歌詞生成前に使用する韻の候補を挙げさせることで「愛」という漢字が持つ意味に候補が影響されることなく、様々な意味の韻の候補の単語を挙げることができた。それにより、歌詞中の韻の単語の多様化につなげることができた。

4.　まとめ

本研究では楽曲制作初心者が韻を含んだ HIP HOP ミュージックの歌詞制作を学習するために ChatGPT を用いて歌詞を生成した。

本研究では「愛」という一般的、且つ韻の種類が多くある単語を用いたが、そうでない単語、もしくは文字数の多い単語を用いた時、正確な韻の候補が生成されない場合がある。また、存在しない日本語の韻の候補が生成される場合もある。今後はそういった単語をどう回避しつつ、指示すれば正確な歌詞が生成されるのか考えていく。

参考文献

(1)　OpenAI:　“Introducing ChatGPT”, https://openai.com/blog/chatgpt　（参照 2023.5.8）
(2)　mckaywrigley: “chatbot-ui”, https://github.com/mckaywrigley/chatbot-ui (参照 2023.5.8)

メタバース環境を活用した多様な学習活動の実践と課題

Practices of Various Learning Activities Using Metaverse Environment

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：コロナ禍を契機として全国に広がったオンライン授業であるが，Moodle 等 LMS の活用，Teams，Zoom 等のビデオ会議システムによる同期型授業から動画配信による非同期型授業まで，その形態には様々なものがある．今回は，近年再び注目を集めているメタバース（三次元仮想空間）を活用して 2022 年度に実践した 3 つの事例を比較し，その可能性と課題について考察する．
キーワード：メタバース，仮想空間，Metaverse，学習環境

1. はじめに

ひとことでオンライン授業といっても多用な形態があり，これまでも授業内容に合わせた様々な方法で実践し考察をおこなってきた．特に，2021 年度はモデルケースとして，複数の大学，地元企業，海外等と連携したオンライン PBL 活動を福井大学，仁愛女子短期大学合同で試行したが，オンライン特有のメリットに対する肯定的な意見がある一方で，「リアリティ」「臨場感」の欠如を指摘する声も学生へのインタビュー結果から明らかになった．そこで，近年再び注目を集めているメタバース（三次元仮想空間）を，授業等の一部で活用することで，その可能性について検討をおこなった．特に今回は，正課の授業として実施した 2 つの事例，課外活動（サークル）として活用した事例，計 3 点の比較・検討である．

なお，授業等にメタバースを活用する理由は，主に 2 点あると考えている．1 点目は，Zoom 等と同様のリアルタイム性を確保できること．2 点目は，三次元で表現される教室空間等の臨場感，リアリティの確保である．また，今回使用したメタバース環境は，いずれの事例も学生の負担を考慮し，端末の設定，ユーザー登録が不要でブラウザのみで動作する DOOR（NTT 提供のサービス）とした．

2. 企画発表の場として活用

地元企業協力のもと，2022 年前期に福井大学大学院において，新商品開発を目的とした PBL 型演習を以下の授業で実施したが，その際の発表ツールとしてメタバースを利用した．

2.1 授業概要と参加学生

・福井大学大学院「技術経営のすすめ」 20 名
・期間：2022 年 5 月～6 月

2.2 活用の概要

当該授業は，対面を基本とし，同時にオンライン（同期・非同期）も活用しながら技術経営について学ぶ授業である．6 月上旬に，対面でのゲスト講演にて，新商品開発に関する課題を提示して頂いた．その後 3 週間，4 グループに分かれて海外展開も踏まえた商品・サービスについて検討を実施．途中，様々な制約により学生でのグループ活動を対面・オンラインを繰り返しながら議論を進めた．6 月 28 日に，各学生の環境（自宅・研究室等）からメタバースの発表会場に集まり，商品企画に関する意見交換会を実施した．

図 1 メタバース発表会場の様子

授業終了後，自由記述も含めたアンケートを実施した．「実際に教室にいるような雰囲気があった」「実際にアバターがいて，出席してるような感じだった」「緊張せずに発表できる」「臨場感を感じることができる」「非日常感があり，また，リアクションもユニークなものになった」といった好意的な意見を得た一方で，「自由度が高すぎてみんなまとまりがなかった」「仮想現実である意味，必要性があまりわからない」といった否定的な意見もあった．

3. ゼミ・卒業研究で活用

ゼミ活動ならびに卒業研究指導において，遠隔授業サポートツールとして，メタバース空間として構築した仮想ゼミ室を活用し，卒業研究発表ならびに卒業論文等の指導をおこなった．

3.1 授業概要と参加学生

・仁愛女子短期大学 専門演習・卒業研究 15 名
・期間：2022 年 7 月，2023 年 1 月

3.2 活用の概要

卒業研究発表を控えた 2023 年 1 月ごろ, 卒業論文の内容確認，発表資料に関する議論，発表練習の場として活用した．特に，PowerPoint 等を活用して発表することに最適化したメタバース空間「仮想ゼミ室」を作成．具体的には，発表資料を壁面スクリーンに投影できる場所を大きく 2 か所設置し，余計な装飾を極力排除した．また，仮想空間であっても自分自身がどう見えているかを確認できるよう，室内の壁全面を鏡として設定した．利用期間中，大雪等の天候不良により登学禁止となった日もあったが，仮想ゼミ室であったため，各学生の自宅から継続的に演習活動を実施できたこともあった．

図 2 仮想ゼミ室での発表練習の様子

授業終了後，自由記述も含めたアンケートを実施した．「一体感があって面白い」「資料を拡大して見る」「参加してる人数を目視できる．安心感がある．」「空間を自由に移動したり，共有したりできる点が良い」という好意的意見の一方で,「参加者が多いと見づらい」「操作が難しい」といった否定的意見もあった．

4. 課外活動（サークル）での活用

仁愛女子短期大学写真サークルの写真展会場として活用．リアルな写真展会場に加えて，誰もが参加できる仮想写真展として，一般に広く開放できるギャラリーを開設した．

4.1 概要と参加学生

・仁愛女子短期大学写真サークル写真展
学生 2 名
・期間：2022 年 12 月～2023 年 3 月

4.2 活用の概要

大学附属図書館の一部を借りて実施したミニ写真展に加えて，メタバースの会場を同時開催で準備．学生 2 名が撮影した作品約 100 点の作品を展示．リアルでは借りることが難しいような大きな会場をメタバース内に設定し，かつ，仮想空間特有の展示方法も取り入れ，多くの訪問者に参加していただくことができた．リアルでの図書館会場，仮想空間内の会場双方を同時開催としたことで，新聞・テレビ等のメディアを含め大きく注目を集めることとなり，コロナ禍で停滞していたサークル活動であったが，学生の大きな励みにもなったと考える．

図 3 メタバースでの写真展

活動終了後のインタビュー調査では，「(コロナ禍で図書館会場への一般入場が制限されていたが,) 色々な人に写真を見てもらえてよかった」「仮想空間なので, 写真も多く展示できたり, 張り替えも簡単」など，おおむね好意的な意見がみられた．

5. まとめ - 今後の課題と活用に向けて

今回の実践では，終了後にそれぞれアンケート調査，インタビュー調査をおこなっているが，概ね好意的な回答が多く，メタバース活用の可能性を感じた．特に，最初の 2 つの授業活用例では，メタバースは自由度が高いが故に，利用当初学生は何をしていいかわからず戸惑うという声もある一方で，次第にその自由度（自由に歩き回れる，人との仮想的な距離を取れる等）に慣れ，グループ活動での活発な議論につながったと考えている．また，アンケート中「顔出ししなくていい」という主旨の回答も多数あり，学生にとっては，アバターをとおして仮想空間の中で議論するほうが，Zoom 等と比較して抵抗が少ないのではないかと考えた．メタバース内では，仮想的な距離や方向によって音声の聞こえ方なども変化し，自由に空間を行き来してコミュニケーションを取ることができるという点を考慮すると，ポスター発表のような場面での活用にも親和性が高いと考える．実際これらの機能がグループ活動の成否にどのように影響するのか，心理面にどのような影響を与えるかについては，今後の検討課題としたい．

一方で，課外活動に活用した事例では，正課の授業以上に積極的かつ自主的な活動が見られ，これらの差異が，参加学生個別の差によるものか，正課・課外活動の違いに起因するものかについても，今後明らかにしていきたいと考えている．

参考文献

(1) 澤崎敏文: “メタバース環境を活用した学生発表の実践と考察”, 日本教育工学会第 42 回大会講演論文集, pp407-408 (2023)
(2) 澤崎敏文, 野本尚美: “オンライン活用による海外連携 PBL 実践から見えた課題と考察”, JSiSE Research Report, Vol.37, No.1(2022-5), pp.35-39 (2022)

同じ到達目標を持つ異なる形態授業の効果の比較

Comparative Analysis of the Effects of Different Class Formats with Same Learning Goals

竹岡 篤永
Atsue TAKEOKA
事業創造大学院大学
Graduate Institute for Entrepreneurial Studies
Email: atakeoka@kumadai.jp

あらまし：オンラインリアルタイムのディスカッション中心の授業に加え、オンデマンド学習にアカデミック・アドバイジングを必修とした授業を設計した。形態は異なるが、どちらも同じ到達目標を達成できることを確認した。アカデミック・アドバイジングを必修とすることは効率的ではなく、ディスカッションの効果が認められることから、両者の利点を取り入れた授業設計が望まれる。
キーワード：オンデマンド学習、オンライン学習、アカデミック・アドバイジング

1. はじめに

N 大学で 2021 年度に刷新されたマイナー学修では、社会課題や興味・関心に基づいて自らが履修科目を選択し、マイナー学修として定義できる。これを担保するため、マイナー履修の計画立案を支援する科目とアカデミック・アドバイジングを新設した。新設科目は全 10 学部の 1、2 年生に開かれており、リアルタイムオンライン（以下、OR）で実施される。場所の制約はないが、ディスカッションを中心としているため時間的な制約がある。そのこともあり、受講者数が計画通りに増えないという課題があった。そこで、2022 年度 2 学期に、オンデマンドとアカデミック・アドバイジング（以下、AA）を組み合わせた科目（以下、ODA）を追加した。本研究は、到達目標は同じで異なる形態を持つ２つの授業の特徴と効果を検証する。

2. 授業の概要

２つの科目は、同じ到達目標を持つ。

(1)マイナー学修デザイン（自らのねらいに沿ったマイナー学修の計画書）を作成することができる。
(2)自らの興味・関心を探究課題として捉えなおし、それをメジャー・マイナー両領域から説明できる。
(3)協働学習を含む総合的な学修活動において、自らを動機づけ、自律的に学びに向かうことができる。

両方とも、半年間で全８回、1 単位の科目である。RO でディスカッションを中心に据えたのは、受講者同士の話し合いから、自分とは異なる考え方に触れられること、また、マイナー学修へのモチベーションを高めるためである[(1)]。ODA では、すべてオンデマンドではなく、ディスカッションでねらう気づき等を得るために面談（AA）を、到達目標(3)をカバーするために春休み期間に対面授業（ディスカッション）を組み込んだ。表 1 に２つの授業の主な要素を示す。なお、各回の授業の内容は同じであるが、一部、順番を入れ換えた。

3. 方法

授業中ディスカッションと AA の違いを明らかにするために、AA の利用時期・所用時間を比較した。また、授業全体の効果を検証するために、最終レポートを比較した。

4. 結果

2022 年度２学期、RO は 19/20 人が合格、ODA は、9/11 人が合格した。

4.1 アカデミック・アドバイジングの比較

AA の利用時期と 1 回当たりの所用時間を比較した。RO では 1 度も利用しなかった受講者が４人いた。結果を図 1、図２に示す。青は 1 回目、緑は２回目、黄色は３回目、赤は４回目の利用である。

RO は利用時期・所用時間・利用回数がばらばらで、自由度の高いものであった。ODA は時期を決め、また、授業内容とリンクさせていたため、ばらつきが少ない。なお、ODA の右端上部の緑点は、補習も兼ねた AA である。

4.2 最終レポートの比較

同じルーブリックを用いて最終レポート（授業全体をふりかえるレポートとマイナー学修デザイン）に付けた得点を比較した。ルーブリックの観点は全部で７つある。RO、ODA の平均点はそれぞれ、36.49（SD 3.36）、34.50（SD 5.75）であった。得点分布を図３、図４に示す。

RO には 90％以上の得点者が多く、ODA では 60～70％の得点者が２人いる。1 人は出題２つのうち 1 つにのみ記述した。記述忘れと思われる。

図 4 から到達目標(1)の点数のみ出来具合にはほとんど差がないことがわかった。ルーブリックの観点毎に平均得点を比較すると、観点「メジャー・マイナーの調査行動」で、ODA の得点が低いことがわかった（OR 2.60、ODA 2.25）。

表１　２つの授業の比較（主な要素のみ）

		RO	ODA
主な方法と特徴		ディスカッションを中心とし、その前後に課題を配した授業で、受講者は必要に応じて授業外の時間にアカデミック・アドバイジングを利用できる	LMS によるワークと春休み期間の対面授業により、自分のペースで学習のできる授業で、決められた期間のアカデミック・アドバイジング（2回）を必須とする
スケジュール		おおむね隔週で実施 水曜日６限	３ブロック構成で実施 １ブロック：３回／２ブロック：３回／３ブロック：２回
授業ルーチン		リアルタイムオンライン 事前課題→授業〔目標→企業ミニ・レクチャー→ディスカッション〕→事後ふりかえり ※ 企業ミニ・レクチャーは４回実施	LMS 目標→説明→ワーク（課題提出）→ふりかえり（LMS 掲示版） ※ 第３回・第６回：面談が付加 ※ 第８回：対面授業が付加（春休み期間）
主な要素	アウトプット	事前課題、事後ふりかえり（両方とも課題提出）	ワーク（課題提出）、ふりかえり（LMS 掲示版）
		セルフインタビュー動画、マイナー学修デザイン、最終レポートという３つの最終成果物は同じ	
	インプット	説明、企業ミニ・レクチャー（両方ともリアルタイムオンラインの授業時間に実施）	説明（LMS 上に文章で掲示）、企業ミニ・レクチャー（オンデマンド動画）
	ディスカッション	授業時間中（２学期は授業時間の 63%）	対面授業（3 時間）
	アカデミック・アドバイジング	任意：火・木・金（11:55～12:45／14:00～16:00）のいつでも。または、予約	必須：第３回として 11 月中に。第６回として１月中に。その他は予約で随時

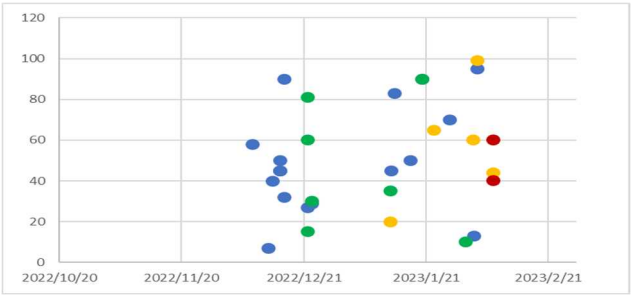


図１　RO の AA（利用時期と所用時間）

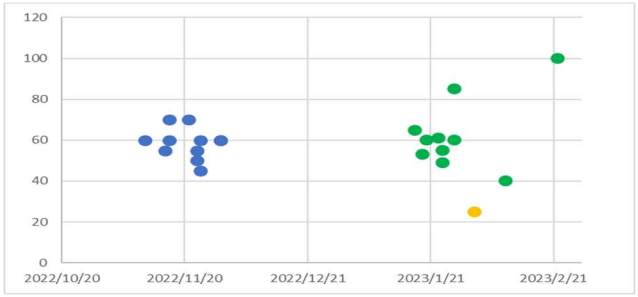


図２　ODA の AA（利用時期と所用時間）

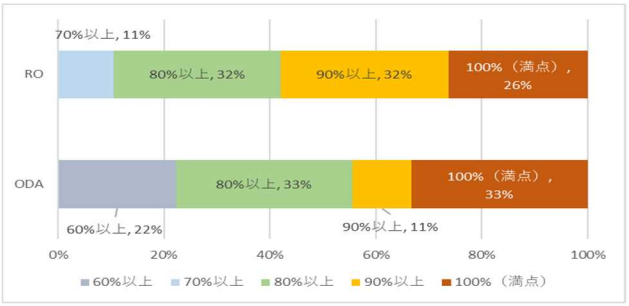


図３　最終レポートの得点比較

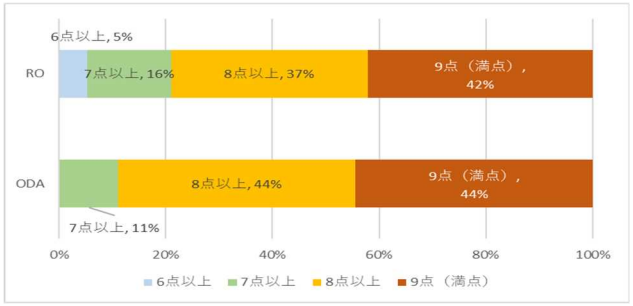


図４　マイナー学修デザインの得点比較

5.　考察とまとめ

どちらの形態でも同じように、マイナー学修デザイン（学修計画書）が作成できたことがわかった。同じ課題に取り組ませれば、ほぼ同じ結果が得られることが示唆された。調査行動の記述に差がついたのは、面談の順に依るところが大きい。ODA でのメジャー調査は、1 回目面談後であったため、十分なフィードバックが行えなかった。また、RO では同じメジャーの受講者同士のディスカッションが、調査行動の記述に関連すると考えられる。

ODA では授業として AA を組み込むことにより、AA の量と質を偏りなく保証することができる。一方で、RO ほどの自由度はない。RO で AA を活用しなかった受講者も合格レベルの最終成果物を出せたことから、ディスカッションには効果があると言えそうである。AA を授業に組み込むことは効率的ではない。全体の自由度を高めつつ、ディスカッションを保証する設計が望ましいだろう。

参考文献

(1) 竹岡篤永：グループ学習における HOME グループ制度導入の設計と効果，日本教育メディア学会 2022 年度第２回研究会 日本教育メディア学会研究会論集 178-185（2023）

ソフトウェア開発技法を学ぶシナリオ型チャットボット教材の改善

Improvement of Scenario-Based Chatbots for Learning of Software Development Skills

高橋 暁子[*1]，根本 淳子[*2]，竹岡 篤永[*3]
Akiko TAKAHASHI[*1], Junko NEMOTO[*2], Atsue TAKEOKA[*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] 明治学院大学心理学部
[*2]Faculty of Psychology, Meiji Gakuin University
[*3] 事業創造大学院大学
[*3] Graduate Institute for Entrepreneurial Studies
Email: takahashi@net.it-chiba.ac.jp

あらまし：本研究では，大学におけるソフトウェア開発技法科目を題材に，Goal-Based Scenario 理論に基づいたシナリオ型教材の改善を行った．具体的には，先行研究の結果を踏まえ，「考察の入力を促す文言の変更」「総括的フィードバックコメントの変更」「教材配信期間の変更」を行った．
キーワード：インストラクショナルデザイン，GBS，SCC，ソフトウェア開発

1. はじめに

著者らはこれまで，大学におけるソフトウェア開発技法科目の学びの深化を目的に，Goal-Based Scenario（以下 GBS）理論を基盤としたシナリオ型教材を開発し，形成的評価（1対1評価と実地テスト）を行ってきた [(1) (2)]．利用ログやフォーカスグループインタビューの結果から，シナリオの変更や Alternate Reality Game（代替現実ゲーム；以下 ARG）の知見を踏まえた複数メディアの利用によって，本教材が学習者に高い動機づけを与えることが示唆された．一方で，学習者に自身の考えを入力させる活動を組み込んだことが，離脱の要因になることなどの課題も見つかった．

そこで本研究では，教材の改善について報告する．

2. 開発教材の概要

本研究の対象は，情報工学系の大学3年生を対象としたソフトウェア開発技法を学ぶ科目である．毎回の授業は反転授業の形式をとっており，開発教材は授業時間外に行う予習・復習の支援を目的として開発した．開発教材は当該科目の授業3回分のソフトウェア開発プロセスの内容に対応している．

教材利用者には最初に Web ページ上でカバーストーリーが提示され，図書館アプリ開発プロジェクトにおいて，主人公（プロジェクトマネージャー）へ適切なアドバイスをする役割が与えられる．その後，「1シーン5分×3シーン」を1章分として，毎週1章ずつ（全3章＝授業3回分）のシナリオ教材が配信される．シナリオ操作には，LINE チャットボットを利用した（図1）．

各章の最後に，利用者は助言選択（多肢選択式）と，その理由や考察（自由記述式）の回答が求められる．回答結果に応じて，毎週1回，登場人物から

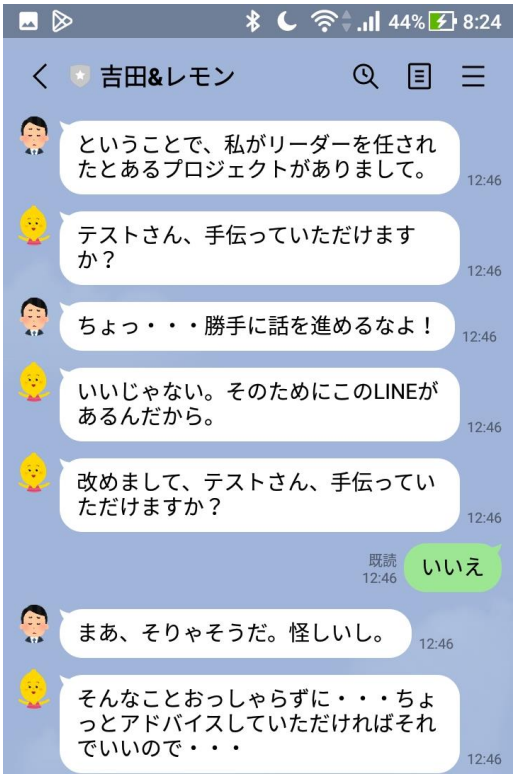


図1 シナリオ操作画面
（参考文献（2）の図1）

の手紙という形でフィードバックが届く．第3章終了後には，各章の終盤の助言選択に応じたエンディングと総括的なフィードバックが提示される．

3. 改善点

開発教材の改善点としては，「考察の入力を促す文

言の変更」「フィードバックコメントの変更」の 2 点を行った．また実践上の改善点として「教材配信期間の変更」を行った．

3.1 考察の入力を促す文言の変更

先行研究(2)から，自分の考えを入力させること（考察入力）が本教材の離脱要因になっていることが示唆された．しかしながら，完了者に対するインタビューから最初の考察入力を乗り越えると，最終的には有用性が高いと感じることがわかった．

そこで考察入力においては，心理的ハードルを下げるインタラクションに変更した．短くていいのでまずは入力してみることを促し，それでも入力できないときは「思いつかない」と回答しても良いというメッセージを伝えた．

3.2 総括的フィードバックコメントの変更

前年教材はシナリオへの没入を優先し，フィードバックはすべて登場人物の言葉として語っていたが，利用者のフォーカスグループインタビューにおいて，エンディング後のフィードバックには教員からの解説が欲しいという意見があった．GBS 理論によると専門家からのフィードバックの有効性が示されていることから，エンディング後の総括的フィードバックを教員からの助言の形に変更した．

3.3 教材配信期間の変更

教材配信期間を表 1 に示す．本教材は授業 3 回に対応する点は前回と同じだが教材配信期間は今回のほうが長い．前回は教材開発が間に合わず，教材配信開始日が遅れたことが，未利用者が増えた原因ではないかと考え，今回は授業日に合わせて配信した．また，授業のレポート課題の締め切り前日まで本教材を公開することで復習を支援することを狙った．

表 1　教材配信期間

年度	開始日	終了日
2022	2022 年 4 月 27 日	2022 年 5 月 27 日
2023	2023 年 4 月 21 日	2023 年 5 月 29 日

4.　評価の目的・方法

本稿執筆時点は実践終了直後であり，利用者へのアンケートやインタビューが完了していないため，利用ログから教材の改善効果を探る．特に利用者の開始・中断・離脱状況に着目して前年度との差異を比較し，「考察の入力を促す文言の変更」「教材配信期間の変更」の影響を探ることを目的とした．

5.　結果

5.1 教材の利用状況

教材の利用状況を表 1 に示す．2022 年度，2023 年度共に，研究協力者は当該授業の履修者から募った．2022 年度は 25 名，2023 年度は 35 名の応募があった．応募しても全く教材を利用しなかった人は，2022 年度が 12 名（48%），2023 年度が 14 名（40%）であった．

完了者は，2022 年度は 7 名，2023 年度は 10 名であった．完了者のうち，毎週フィードバックを受け取った人が 2022 年度は 6 名，2023 年度は 9 名であった．中断しながらも最終的には完了した人は，2022 年度は 1 名，2023 年度は 0 名であった．

表 1　教材利用状況

年度	応募	完了（毎週）	完了（中断）	離脱	未利用
2022	25 名	6 名	1 名	6 名	12 名
2023	35 名	10 名	0 名	11 名	14 名

5.2 離脱箇所

2022 年度は離脱者 6 名中，3 名が考察入力のタイミングで離脱していたが，2023 年度の離脱者 11 名のうち同じ箇所で離脱した人は 2 名であった．2023 年度に多かった離脱箇所は，ログイン直後が 3 名，1 章の終わりが 2 名であった．

5.3 完了者の結果（エンディング）

シナリオ教材のエンディングは 6 種類用意している．2022 年度はもっとも良い完全なエンディングを迎えたのが 3 名，部分正解のエンディングが 3 名，最も悪いエンディングが 1 名であった．2023 年度はもっとも良い完全なエンディングを迎えたのが 4 名，部分正解のエンディングが 4 名，最も悪いエンディングが 2 名であった．

6.　おわりに

本研究では，ソフトウェア開発技法科目のシナリオ型教材を改善した．前年度に比べて未利用者が若干減っていることから，授業日に合わせて教材を配信したことで利用者が増えた可能性がある．また，離脱箇所を確認したところ，前年度離脱者の半数が離脱していた「考察入力」のタイミングで離脱している人が，今年度は少なかったことから，心理的ハードルを下げるインタラクションの効果が示唆された．一方で，応募者の 4 割が教材を利用しないこと，利用者の約半数は離脱することは，今後の課題と言える．

今後はアンケートやインタビューを実施し，「フィードバックコメントの変更」の影響や離脱理由を探る．また，学習効果を確認するため，成績（学習者が提出したレポートの内容）についても精査する．

参考文献

(1) 高橋暁子，根本淳子，竹岡篤永:”ソフトウェア開発技法を学ぶシナリオ型チャットボット教材の形成的評価”, 第 47 回教育システム情報学会全国大会発表論文集，pp.239-240（2022）
(2) 高橋暁子，根本淳子，竹岡篤永:”ソフトウェア開発技法を学ぶシナリオ型教材の評価－フォーカスグループインタビューによる分析を中心に－”，日本教育工学会研究報告集，2022 巻 4 号，pp.278-283（2022）

思考言語を活用したプログラミング学習支援環境の実験的利用

Experimental Use of Programming Learning Support Environment Using Thinking Language

中里 美夢[*1]，倉山 めぐみ[*1]
Miyuu NAKASATO[*1]，Megumi KURAYAMA[*1]
[*1] 函館工業高等専門学校
[*1]National Institute of Technology, Hakodate College
Email: 22708@hakodate.kosen-ac.jp

あらまし：我々は，プログラミング，特に C 言語を学ぶ段階で苦手意識を持っている学習者を対象としたプログラミング学習支援環境の開発を行っている．本環境では，C 言語だけでプログラムを組むのではなく，頭の中で考える言語（思考言語）を用いてプログラムを組ませ，それをもとに C 言語のプログラムを組ませることで学習者の苦手意識の克服を目指している．本研究では，既存システムに学習ログおよび解答時間の記録を行うための修正を行い，修正後のシステムを用いた利用実験を実施し，事前事後アンケートの結果と解答時間の変化，解答手順の分析によりその学習効果等を報告する．
キーワード：プログラミング，学習支援システム，C 言語，学習履歴

1. はじめに

学校教育の分野では，情報化の推進に伴い，プログラミング教育が必修化された．特に技術者育成の過程においては，プログラミング言語を使いシステムの設計や開発を行う技術の習得が求められるため、授業内容に文法学習と演習を取り入れたプログラミング学習が実施されている．しかしながら，学習者が「問題の意味と構築すべき処理の流れは理解できるが，プログラミング言語に置き換えることができない」ことが原因で苦手意識を持ってしまうなどの課題が残されている(1)．これを解決するため，先行研究では，人が物事を考える上で使用している言語（以下，本稿では思考言語と呼ぶ）からプログラミング言語への変換を促す学習支援システムが開発されている(2)(3)．

本研究では，既存システムに学習履歴を記録するための修正を加え，学習者の習得レベル向上を目指すとともに，その利用実験を行い，学習効果を検証することを目的としている．

2. プログラミング学習支援システム

2.1 プログラミング解決過程

先行研究(2)より，既存システムによるプログラミング解決過程は，図 1 に示す Polya の問題解決過程(4)を基に考案されている．Polya の問題解決過程とは，「問題を理解すること」「計画を立てること」「計画を実行すること」「振り返ってみること」のことを指す．これをプログラミング解決に置き換えると、「何を実行する」「どのように処理する」「プログラミングを行い，実行する」「デバッグを行う」という流れになる．この過程において，2 段階目から 3 段階目に進むには，自分で考えた処理をプログラミングによって実行できなければならないが，プログラミング言語への置き換えを苦手とする学習者にとっては躓きの原因になると考えられる．そこで，我々は思考言語とプログラミング言語を両方利用することでお互いの言語を対応付け，実際にプログラムを組む段階の支援を行うシステムの開発を行っている．

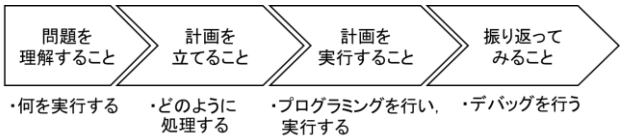


図 1 問題解決過程

2.2 システム概要

既存システムは，思考言語を日本語，学習するプログラミング言語を C 言語とし，問題解答画面を図 2, 3 に示す．問題解答画面①は日本語によるプログラム記述，問題解答画面②は C 言語によるプログラム記述であり，利用者は画面に表示されるプログラムの処理が書かれたカードを記述内の空欄に当てはめ解答する．問題解答画面①では，問題文に対して日本語によってプログラムされた部分の空欄に，正しい処理の流れになるように単文カードを当てはめると正解となる．この問題に正解すると問題解答画面②に遷移するが，問題解答画面②に表示される問題は，問題解答画面①で解答した処理の流れをそのまま C 言語に置き換えたものである．さらに，画面上には前問で解答した日本語によるプログラム記述が示されており，C 言語の問題を日本語の問題と同じように解答することができる．このように，日本語と C 言語で記述されたプログラムの処理が同一のものであることを視覚的に認識させることで，C 言語記述のプログラムへの変換に対する抵抗を軽減させ，プログラミング技術の習得を促す．

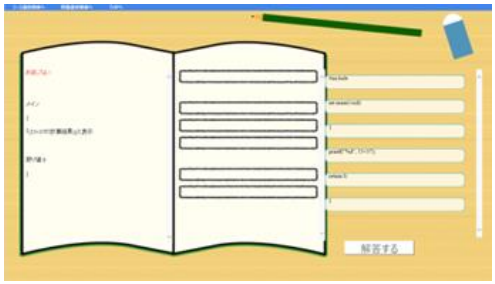


図 2 問題解答画面①

図 3 問題解答画面②

3. システムの修正

3.1 解答結果および解答手順の記録

本システムを独学支援の目的で利用する場合，利用者が自身で履歴の確認や学習計画の見直しを行い，改善していくことで習得レベルが向上する．そこで，本システムに学習履歴や解答手順を記録するための修正を行う．

解答結果の表示を行うには，利用者ごとに学習内容のログを残す必要がある．本システムはログがテキストファイルで出力するよう設計されているが，生成されたファイルが見当たらないため，テキストファイルの出力先を修正することでファイルの生成を行う．

出力されたログを図 4 に示す．ファイルは問題解答画面①，②に解答するごとにそれぞれの解答結果に対して生成されており，利用者ごとに分かれている．また，ファイルには選択した問題とそれに対する解答，正誤判定の結果が記録されていることが確認できる．これを用いて，システム上に解答結果を表示する画面を作成する．また、ログ生成のためのプログラムを修正し，カードが空欄に当てはめられた際の空欄の場所と時間を記録することで、解答手順を表示する．

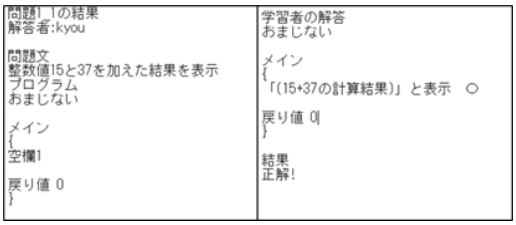


図 4 ログ画面

3.2 解答時間の計測

表示する解答結果のひとつとして解答時間を追加する．解答時間を計測することで，時間が長いほど利用者がその問題に苦手意識を持っていると判断できると考えたためである．また，同じ問題について日本語記述で解いた場合と C 言語記述で解いた場合の時間を比較することで，プログラミング言語への変換に対する抵抗を軽減させることができているかどうかを確認することも可能となる．

4. 利用実験

4.1 実験概要

本研究では，既に C 言語の学習を行っている高専 2 学年 45 人を対象にシステムの利用実験を行う予定である．また本実験は，対象者にシステムを用いて学習してもらい，C 言語の学習を支援するシステムとして有用であるか，またどの程度の学習効果があるのかを調査することを目的とする．

本実験は，「事前アンケート」「システムの利用説明」「50 分間のシステム利用」「事後アンケート」の流れで実施する．なお，対象者は本システム上で出題される問題の範囲についての学習を終えているため，解答する問題は対象者の自己判断とする．

4.2 学習効果の検証

本実験では，事前事後アンケートの結果と解答時間の変化，解答手順の分析により学習効果の検証を行う．これらの方法は，学習前後で対象者の考えや問題の解き方などを比較できるため，C 言語への意識にどのような変化が現れたのか分析する方法として効果的であるといえる．

5. まとめ

本研究では，Java 等で構成された既存システムに対し，ログを示したファイルの出力と，解答時間を計測するプログラムを追加するための修正を行った．これにより，テキストファイルで出力されたログの確認と，解答時間の計測が可能となった．今後も課題を改善し，解答手順を含めた学習履歴をシステム上に表示することで本システムの改良を進め，計画している利用実験を有意義なものとしたい．

参考文献

(1) 今泉俊幸,橘浦弘明,松浦佐江子,古宮誠一:ブロック構造の可視化環境によるプログラミング学習支援,電子情報通信学会技術研究報告 Vol.109,No.193,pp.45-50 (2009)
(2) 西村宗一郎,倉山めぐみ:思考言語とプログラミング言語をつなぐ学習支援システムの開発とその利用,日本教育工学会研究報告集 19(5), pp.193-196(2019)
(3) 田中遥稀,倉山めぐみ:プログラミング学習支援システムの開発と実験利用,教育システム情報学会 2021 年度学生研究発表会予稿集,pp.15-16(2021)
(4) Polya,G.How to Solve It,Princection University Press.(1945)

ChatGPT を用いた記述式問題の採点

Scoring Descriptive Questions Using ChatGPT

川本 響生[*1]，藤堂 健世[*1*2]，高橋 聡[*1]
Hibiki KAWAMOTO[*1]，Kense TODO[*1*2]，Satosi TAKAHASHI[*1]
[*1] 関東学院大学 理工学部
[*1]College of Science and Engineering，Kanto Gakuin university
[*2] 東京工業大学 情報理工部院
[*2]School of Computing, Tokyo Institute of Technology
Email:f20K6034@kanto-gakuin.ac.jp

あらまし：近年，教員の不足が問題となっている．不足している原因として，学校行事や地域貢献など，多岐に渡る膨大な業務量が一つの原因だと考えられる．業務量を改善するために，AI の活用が挙げられている．しかし，AI が教師の多岐に渡る業務に対応できるのか活用事例が少なく，検証が不足している．本研究では採点業務に着目し ChatGPT を用いて国語の自由記述式問題の採点を行えるか調査する．ChatGPT には解答が違う内容を 5 件入力し，採点を行った．
キーワード：ChatGPT,自由記述式,記述式問題，全国学力・学習状況調査

1. はじめに

2021 年 1 月末に文部科学省から公開された「教師不足」による実態調査(1)では，2021 年 5 月の時点で全国 2056 人の教員が不足していることが示された．教師が不足している原因の一つとして，その膨大な業務量の多さが負担になっていると考えられる．教師の業務は多岐に渡っており，授業だけではなく，学校行事や地域貢献など様々な業務が挙げられる．

教師の業務量を減らすための解決策として，AI の活用が挙げられる．文部科学省が取り組んでいるデジタル教育において，AI の活用に取り組んでいるが，AI が本当に教師の業務を遂行できるのか現場での活用事例が少なく，検証が不足している．そこで，本研究では採点業務に着目し ChatGPT(2)を用いて記述式問題の採点が行えるかどうか，調査を行う．

本研究では，国語の自由記述式問題を採用し採点を行う．国語の自由記述式問題に着目した理由として，ChatGPT は対話型 AI のため文章の理解することができ，国語の自由記述式問題の採点が可能ではないかと考えた．ChatGPT はユーザーが入力した内容に対して会話形式で文章を表示する機能がある．この機能を利用して，国語の自由記述式問題を採点する．また，国語の自由記述式問題は評価基準や文字数の多さから採点に時間が掛かり，採点者の負担が大きい．そのため，もし ChatGPT での採点が成功すると，大幅な採点業務の改善に繋がると考えている．

2. 提案手法

2.1 利用する記述式問題

ChatGPT で採点する記述式問題は国語の自由記述式問題は，平成 20 年度学生全国学力・学習状況調査，調査問題小学生国語 B(3)（以下国語 B とする）の問題を採用した．

国語 B の問題を採用する理由は，記述式形式であり，本文，問題，評価基準，模範解答が明確に表記されているためである．また，ChatGPT は特性上，明確な情報を多く入力しなければならない．明確な情報を入力しなければ誤った結果を出力してしまう．そこで，明確な情報が多い記述式形式の国語 B の問題を利用する．採点に利用した本文，問題，模範解答を図 1，図 2，図 3 に示す(3)．

中田さん　先生、こんにちは。インタビューを引き受けて頂いてありがとうございます。
それでは、よろしくお願いします。先生は、スポーツがお好きだと聞いております。
そこで、まずスポーツに関する質問からお聞きします。
高山先生　いいですよ。なんでも聞いてください。
中田さん　先生の得意なスポーツは何ですか。また、いつから始めました。
高山先生　得意なスポーツは、野球、水泳です。特に野球が得意で、小学校四年生から始めました。
高校三年生のときに、全国高等学校野球選手権大会に出場して、甲子園にいくことができたんですよ。あの時の感動は忘れられないなあ。
中田さん　次の質問です。先生は、どのような時にスポーツの楽しさを感じますか。
高山先生　体を動かし、汗をいっぱいかいて、清々しい気持ちになる時ですね。
中田さん　スポーツを通して、どんなことを学んでこられましたか。
高山先生　より高い目標に向かってあきらめないで努力すること、そして、チームワークの大切さですね。また、ルールを守ることの大切さを学びましたよ。
中田さん　先生が子供の頃からスポーツを楽しみ、色々なことを学んでこられたことがわかりました。
それでは、スポーツ以外のお話を伺いたいと思います。

図 1 本文(3)

先生は、スポーツがお好きだと聞いております。そこで、まずスポーツに関する質問からお聞きします。この質問に対して「良かった」という評価になった。そのような評価になった理由を四十字以内で説明してください。

図 2 問題文(3)

前もって聞いていたことを元に、先生が答えやすい内容を取り上げているから

図 3 模範解答(3)

2.2 ChatGPT に入力する内容

ChatGPT には本番の始まりに「あなたには国語の記述式問題の採点を行って貰います.」と入力し，小

学生全国学力・学習状況調査の調査問題で使用されている評価基準を参考とし，入力する．図1，図2，図3で示した本文，問題文，模範解答を入力する．その後，図4に示すA，B，C，D，Eの5件の解答を入力する．本番の終わりに「解答者A，B，C，D，Eの採点結果を表示してください」と入力することでA，B，C，D，Eの採点結果を出力する．

A，B，C，D，Eの解答は採点者の観点から筆者が作成した．採点時に問題となるのが，正誤の判断よりも正解ではあるが完全正解とは評価できない解答に対しての採点である．そのためA，Eの解答は正解と不正解が明確な解答を作成し，B，C，Dの3件の解答は正解ではあるが完全正解とは評価できない解答を作成した．本研究では◎，○，×の3段階で評価を行うため，Aが◎，B，C，Dが○，Eが×の評価となる．

評価基準は小学生全国学力・学習状況調査の調査問題の評価基準を参考するため，解答が文章の趣旨に合っている場合の評価を◎とする．文章の趣旨に合っているが言葉や内容が足りない解答の評価は○，文章の趣旨に合っていなければ×と評価する．模範解答[3]を参考にA，B，C，D，Eの解答を作成し，小学生全国学力・学習状況調査の調査問題の評価基準に合わせて採点を行う．

A	事前に聞いていることを元に、先生が答えやすい内容を選んでいるから
B	先生が答えやすい内容を選択している
C	先生の得意なことを聞いている
D	質問に対して的確に答えれるような内容を選択している
E	前もって聞いていないことを、取り上げているから

図4　A，B，C，D，Eの解答

2.3　ChatGPTによる採点

ChatGPTに5件の解答を10回採点させ，A，B，C，D，Eの採点結果を出力させる．出力した採点結果をもとに記述式問題の採点を行うことができるか調査を行った．

3.　採点結果

表1はChatGPTを用いて採点を行った採点結果である．10回の採点を通して，A，Bは◎の評価を10回受け、Eは×の評価を10回受ける結果になった．Cは○の評価を9回受け，×の評価を1回受けた．Dは◎の評価を6回，○の評価を4回受ける結果となった．

表1 ChatGPTを用いた採点結果

評価	A	B	C	D	E
期待結果	◎	○	○	○	×
◎	10	10	0	6	0
○	0	0	9	4	0
×	0	0	1	0	10

3.1 考察

今回，筆者が作成した解答は，期待結果がAが◎，B，C，Dは○，Eは×の評価が期待される解答であった．ChatGPTの10回の採点を通して，Aは10回とも◎，Eは10回とも×と期待結果通りになった．しかし，Bは10回とも◎，Cは○が9回，×が1回という評価になりDは◎が6回，○が4回という結果になった．B，C，Dの解答は10回とも○の評価を受ける解答であり，期待結果とは違う採点結果になった．

今回，ChatGPTの採点ではAとEの採点結果から正誤の判断を正しく行えた．しかし，○と評価すべき解答に対して採点の評価を変えてしまっている．このことから正誤が明確な解答に対しては，評価を下すことができるが，文章の趣旨に合っているが言葉や内容が足りない解答に対しては正確な採点を行えない課題があることがわかった．

文章の趣旨に合っているが言葉や内容が足りない解答に対して正確な採点を行うことができない原因として，評価基準の伝え方に問題があると考えられる．本研究では，小学生全国学力・学習状況調査の調査問題で使用されている評価基準を参考とし，入力した．しかし，それではChatGPTにB，C，Dの解答に対して，正しい採点を行わせることができなかった．そのため，ChatGPTに合わせた評価基準を作成する必要がある．

4.　まとめ

本研究ではChatGPTを用いて記述問題の採点を行えるか検証した．文章の趣旨に合っている解答，文章の趣旨に合っていない解答の採点は可能であった．しかし、本研究では利用した手法では 文章の趣旨に合っているが言葉や内容が足りない解答の採点を行うことはできない結果となった．文章の趣旨に合っているが言葉や内容が足りない解答に対して正しい採点ができない以上，学校現場で使用するには課題が残ることがわかった．

参考文献

(1) 文部科学省：“「教師不足」に関する実態調査“, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoin/mext_00003.html（参照 2023.5.30）
(2) OpenAI：“ChatGPT“ https://openai.com/product/chatgpt （参照 2023.5.30）
(3) 国立教育政策研究所：“平成20年度学生全国学力・学習状況について“, www.nier.go.jp/08tyousa/08tyousa.htm （参照 2023.5.30）
(4) 文部科学省：“文部科学省におけるデジタル推進人材育成の取り組みについて“, https://www.mext.go.jp/content/20201223-mxt_kanseisk01（参照 2023.5.30）

「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

Exploring Requirements for a System to Support Question Generation

大﨑 理乃[*1], 近藤 伸彦[*2], 米谷 雄介[*3], 高橋 聡[*4]
Ayano OHSAKI[*1], Nobuhiko KONDO[*2], Yusuke KOMETANI[*3], Satoshi TAKAHASHI[*4]
[*1] 信州大学工学部, [*2] 東京都立大学大学教育センター,
[*3] 香川大学情報化推進統合拠点, [*4] 関東学院大学理工学部
[*1] Faculty of Engineering, Shinshu University, [*2] University Education Center, Tokyo Metropolitan University,
[*3] Integrated Center for Informatics, Kagawa University,
[*4] College of Science and Engineering, Kanto Gakuin University
Email: aohsaki@ohsaki-lab.net

あらまし：学術研究におけるリサーチクエスチョンや探究学習の駆動質問など，様々なフィールドで「問い」の重要性が議論されている．本研究は，協調活動支援の視点から，「会う」ことで「問い」の創造を支援する教育学習支援システムを検討し，その要件として，①研究情報と研究情報に関する感情情報を含むデータベース，②ユーザと研究情報をつなぐためのデータ処理，③インタラクティブな表現の３点を整理した．
キーワード：問いの生成支援，先進的学習支援システム，対話支援，コミュニケーション支援

1. はじめに

本研究では，新たな「問い」の創造を支援する学習支援システムの開発を目的とし，その要件について議論する．近年「問い」の重要性が改めて議論されるなか，教育システム情報学会（以下，JSiSE）では，研究者や実践者の対話を促進し，意義のある新たな「問い」を生み出すことを目指して，教育システム情報学マップワーキンググループ (以下, WG) が活動している[1,2]．当該 WG において著者らは，JSiSE 会員以外のユーザに対して，教育システム情報学（以下，iSE）研究との出会いを提供する方法を検討し[3], そこでの議論を起点として, 過去の研究成果を入力データに含めた「問い」の創造支援システムの提案に至った．本稿では「問い」の創出を支援する教育学習支援システムの要件について報告する．なお，本研究では，プロトタイピングのための例として，iSE 研究に関するデータを使用する．

2. 研究の位置づけ

本研究では，研究情報とユーザの課題意識の両者に対して，既存方法では表現されていなかった関係の近さを示すことで，ユーザが「論文の執筆者に会ってみたい」と感じ，対話を生み出すためのシステム開発を目指している．つまり，本研究は専門家と非専門家の「問い」を架橋する新たなシステムを提案する．例えば，科学コミュニケーションの分野では，専門家と非専門家が同じテーマに対して持つ質問には差があることと，非専門家の質問に対する専門家の戸惑いをコミュニケーションの促進に向けて誘導することの有用性が論じられている[4]．

また，学問研究におけるリサーチクエスチョンに関する議論では，FINER（Feasible: 実現可能性, Interesting: 興味深さ, Novel:新しさ, Ethical:倫理的正しさ, Relevant:関連性）など良い「問い」を生み出すための枠組みが提案されてきた[5]. 本研究は，それらの議論とは異なり，協調活動支援の視点からユーザの「問い」の創造支援を目指すものである．

3. 提案

提案システムのコンセプトは,「会いに行ける研究者」であり，①データベース，②データ処理，③表現の 3 要素で構成される．また，本研究では，近年のユーザ感情に注目したサービス開発プロセスについての議論[6]を参考に，研究者の「問い」とユーザの「困った」などの感情を対応付けて整理し，対話に向けた行動となる「会う」ことの支援を目指す．このための要件を各システム要素に対応して論ずる（図１）．

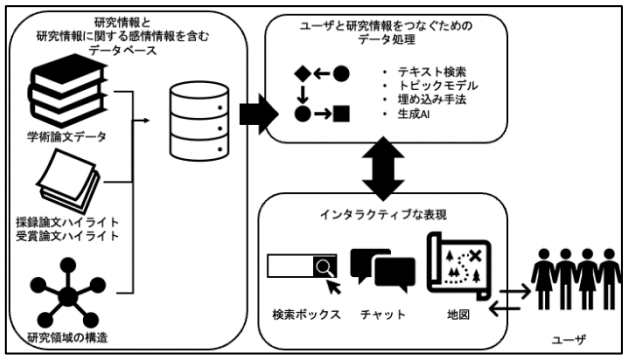


図 1 提案システムの構成イメージ

3.1 研究情報と研究情報に関する感情情報を含むデータベース

本提案システムでは，複数のデータリソースからなるデータベースを構築する．プロトタイプの第一リソースとして，過去の研究論文情報を日本の学術

論文データベースである J-Stage から，API[7]を利用して収集する．第二のリソースは，JSiSE 学会誌 Vol.37 No.2 より掲載が開始され，学会誌編集委員会によって整理されている「採録論文ハイライト」「受賞論文ハイライト」（以下，ハイライト）である[7]．ハイライトは論文執筆者が研究の面白さを表現するものであり，書誌情報や本文には明示されることのない論文執筆者らの感情が表現される可能性が高いと著者らは考えた．第三のリソースは，研究分野における各要素の構造情報[9, 10]である．整理された研究領域の構造情報を利用することで，論文情報からだけでは整理することの困難な，「問い」と研究の関係を表現可能なデータベースが構築できると考えられる．

3.2 ユーザと研究情報をつなぐためのデータ処理

データ処理のフェーズでは，ユーザ感情に対して，適切に研究情報を対応付ける必要がある．本研究でのデータ処理方法としては，第一にユーザの入力とデータの同一性を確認するテキスト検索が考えられる．しかし，それだけでは専門家と非専門家の掛け橋としては不十分である．また，対話のために人をつなぐには，研究論文情報を研究者情報に変換する必要がある．そこで，ユーザの知りたいテーマに詳しい研究者の，自動推薦機能の実装を目的として，研究論文情報をもとにした研究者情報の表現に取り組んだ研究[11]を参考に，トピックモデルと埋め込み手法の利用を予定している．さらに，研究論文情報を学習した生成 AI の利用も考えられる．

3.3 インタラクティブな表現

サービス開発では，アプリケーションソフトや Web サイトなど，ユーザとサービス提供者との接点を「タッチポイント」と呼ぶ．そして，サービスに関連する体験全体の中でのタッチポイントの機能や位置づけを検討する[12]．本研究では，表現の要素が最も重要なタッチポイントとなる．

提案システムでは具体的に，非専門家であるユーザが専門家に「会う」行為を達成するために，システム利用者の能動性を重視する．つまり，ユーザの何らかの行動を起点としてシステムが作動することが望ましい．そこで，本研究では検索ボックスや，チャットなどのインターフェースを検討している．さらに，提案システムでは物理的に会うことを目指しているため，最終的にユーザに提示される情報はネットワーク図などで要素間の関係性を示すだけではなく，地図上に研究者の特徴や研究情報とともに，会うために必要な情報が提示されることが必要となる．

4.　課題と今後の展望

本研究では，プロトタイピングやシステム実装に向けての課題も確認されている．第一に，使用するデータの権利や利用規定に関連した検討が求められる．例えば，生成 AI を提案システムに利用する場合，利用する生成 AI ツールのデータ処理方針について調査し，生成 AI モデルのトレーニングに，ツール利用者のデータを使用しないことを明示するもの[13]を選択する必要性が考えられる．第二の課題は本研究の対象範囲である．本稿では，プロトタイピングに向けて，具体例として iSE 研究を対象に要件を検討したため，議論の範囲が限定的である．今後，学術研究としての新たなリサーチクエスチョンの創出や，探究学習でのテーマ検討の支援方法なども例として議論を進める予定である．

謝辞

本研究の一部は，JSPS 科研費 18K13238，20K14084，22K0283，23K11357 の支援を受けた．また，本研究の一部は，JSiSE 教育システム情報学マップ WG メンバーとの議論からも着想を得ている．ここに記して感謝する．

参考文献

(1) 柏原昭博 : “教育システム情報学を担う学会の未来像”, 教育システム情報学会誌, Vol. 36, No. 4, pp. 219-220（2019）
(2) 近藤伸彦, 田中孝治, 山元翔 : “解説特集「我々の教育システム情報学マップ：問いの体系化の共有に向けて」”, 教育システム情報学会誌, Vol. 40, No. 2, pp.105-106（2023）
(3) 近藤伸彦, 大﨑理乃, 米谷雄介, 高橋聡 : “対話を生み出す教育システム情報学マップの姿を描く”, 教育システム情報学会誌, Vol.40, No.2, p. 141-152 (2023)
(4) 齋藤芳子, 戸田山和久: “非専門家の問いの特徴は何か? それは専門家の眼にどう映るか?”, 科学技術コミュニケーション, Vol.10, pp.3-15 (2011)
(5) 大谷尚 : “質的研究の考え方”, 名古屋大学出版会, 愛知, pp. 98-104 (2019)
(6) d.school: “Get Started with Design Thinking”, https://dschool.stanford.edu/resources/getting-started-with-design-thinking （参照 2023.5.28）
(7) JSiSE 学会誌編集委員会 : “採録論文・受賞論文ハイライト”, https://scrapbox.io/jsise-rq/ （参照 2023.5.29）
(8) 国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) : “J-STAGE WebAPI について”, https://www.jstage.jst.go.jp/static/pages/JstageServices/TAB3/-char/ja （参照 2023.5.28）
(9) 田中孝治, 東本崇仁, 光原弘幸 : “教育システム情報学研究の知識体系化を目指して”, 教育システム情報学会誌, Vol.40, No.2, pp.120-130（2023）
(10) 山元翔, 田和辻可昌, 林佑樹 : “学習・教授のインタラクションに基づく教育システム情報学マップのプロトタイプ”, 教育システム情報学会誌, Vol. 40, No. 2, pp.131-140（2023）
(11) 桂井麻里衣:“学術データに基づく研究者の特徴表現”, 人工知能, Vol. 38, No. 3, pp. 392-398 (2023)
(12) マーク・スティックドーン，アダム・ローレンス，マーカス・ホーメス，ヤコブ・シュナイダー（著），安藤貴子,白川部君江（訳），長谷川敦士（監修）: “This is Service Design Doing サービスデザインの実践”, BNN, 東京 (2020)
(13) Notion Labs, Inc.: “Notion AI”, https://www.notion.so/product/ai （参照 2023.5.29）

ブレンド型学習による多文化間共修授業における LMS の活用
－Moodle と Google Classroom による課題提出の比較－

Utilization of LMS in Multicultural Collaborative Classes in Blended Learning
-Comparison of Assignment Submission Using Moodle and Google Classroom-

濱崎　あゆみ[*1*2],合田　美子[*1],喜多　敏博[*1]
Ayumi HAMASAKI[*1*2], Yoshiko GODA[*1], Toshihiro KITA[*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] 北京語言大学東京校
[*2] Beijing Language University Tokyo Campus
Email: ahamasaki@st.gsis.kumamoto-u.ac.jp

あらまし：少子高齢化に伴い、日本では労働人口の減少・人手不足の加速化が進む中で、労働人口に確保に向けた政策として「高度外国人材」活用が急務とされている。 本研究では、日本人学生と留学生が PBL 型授業と 2 種類の LMS を活用したブレンド型学習を通し、どの LMS がより効果的・効率的・魅力的に学習者同士による「学びのコミュニティ」を構築し、自律的な学びを支援できるか考察する。
キーワード：PBL 型授業，ブレンド型学習，LMS，多文化間共修，産学連携

1. はじめに

少子高齢化に伴い、日本では労働人口の減少・人手不足の加速化が進む中で、労働人口の確保に向けた政策として「高度外国人材」活用が急務とされている。高度外国人材と日本人との協働が求められる中で、日本国内の大学でも「国際共修」や「多文化間共修」における研究がなされている。

本研究では、日本人学生と留学生が PBL 型授業と 2 種類の LMS を活用したブレンド型学習を通し、どの LMS がより効果的・効率的・魅力的に学習者同士による「学びのコミュニティ」を構築し、自律的な学びを支援できるかを考察する。

2. 授業実践

2.1 授業の概要

本授業は、3 年次後期の必修授業（2 単位・全 15 回・90 分/回）で、グローバル人材育成に向けたビジネススキルを学ぶキャリア科目の授業である。

2022 年度後期は、計 66 名の学生が 2 クラスに分かれて受講した。国籍の内訳として、A クラスが 30 名のうち日本 15 名・ベトナム 14 名・モンゴル 1 名、B クラスが 36 名のうち日本 9 名・ベトナム 23 名・モンゴル 2 名・ミャンマー2 名で構成されている。使用言語は、日本語・中国語・英語・母国語など多様な言語を使用する。教員によるアナウンスや LMS 上でのやり取りは主に日本語を使用するが、授業内ディスカッションや授業外での SNS チャットツール上でのコミュニケーションや ZOOM などのビデオ会議アプリを用いたグループでの話し合い、ニーズ分析調査のためのアンケート作成などでは主に中国語を使用している。

学習目標は、異なる言語・価値観・文化背景を持つ者同士がグループワークを通して、他者との関わり合いの中から自らの強みを活かし、課題解決に向け、チームを巻き込みながら働きかけることができる「協働力」の習得である。

本授業では、全 15 回のうちの第 10 回～15 回を扱う。「日本商品を中国本土に向けた新ビジネス展開の提案」という課題解決に向けたテーマ学習を実際に日本企業の中国ビジネス進出にむけた特化型ビジネスコンサルティング事業を行う A 社との産学連携による PBL 型授業を実施した（表 1）。

グループメンバーの振り分けは、ファシリテーターである教員から「チーム結成のための 5 条件」を提示し、クラス内学生全員による合意形成に基づいた話し合いで、1 グループ 4～5 人のチーム結成を行なった。

チーム結成のための 5 条件
①面識ない者同士で構成されている
②国籍のバランスを考慮する
③男女比のバランスを考慮する
④語学スキル（日本語・中国語）は考慮しない
⑤各グループに最低 1 名の日本人学生が入る

表 1　PBL 型授業の内容と提出課題

	授業内容（対面授業）	提出課題（Moodle）
第 11 回	テーマ確認 グループ結成	グループ結成報告
第 12 回	ニーズ分析	アンケート紹介
第 13 回	中国ビジネス展開する上での留意点	「提案書」仮提出
第 14 回	リハーサル	「提案書」本提出
第 15 回	報告会	リフレクション

		シート

第 15 回では、A 社 3 名の社員を迎え、学生達が新規中国ビジネス提案に関するプレゼンテーションを行う。発表後、社員の方々より質疑応答・フィードバックをもらった。

2.2 授業デザイン

本授業では、対面授業と LMS を活用したブレンド型学習による多文化間共修授業を実施した。授業テキストは、授業開始 2 日前までに Google Classroom・Moodle 内に公開し、学生は、主にスマートフォンに事前インストールした Google Classroom と Moodle のモバイルアプリケーションを用いて、Google Classroom と Moodle 内に事前共有された授業資料を授業前までに閲覧する。

対面授業では、各回授業開始時に、チームでの授業外での話し合いに時間通りに参加できたかといったグループで設定した「グランドルール」を振り返り、1 週間のグループ全体への貢献度を自己評価・他者評価を行い、互いを認め合う機会を作る。自らの行動を客観的に振り返り、相手から長所を褒められるといった他己承認を得ることで新たな気づきを得て、次の活動へ向けた行動目標を立て、グループにおける活動をメンバー同士で軌道修正しながら、グループ課題に取り組んだ。

授業後は、各回で提出期限を設けた必須課題を Moodle 内にて提出する。学習者は、Moodle 内に発信された課題に取り組み、「ディスカッショントピック」内で非同期型コミュニケーションによる相互間フィードバックし合うが、1 件以上は任意投稿とした。

3.　LMS 上における必須課題の提出状況比較

3.1 Google Classroom による必須課題の提出状況

コロナ禍により、オンライン授業を余儀なくされた 2020 年より本学では Google Classroom を一斉導入した。第 1 回～第 10 回までは、Google Classroom のみを活用した。Google Classroom による課題未提出率は、第 7 回が 18.18%と最も高く、第 1 回・2 回が 7.58%と最も低かった。課題未提出者の数は、第 7 回で 12 人、第 1 回・2 回は、5 人であり、第 1 回～第 10 回までの未提出者平均数値は 8.71 であった。また、コメント数は、第 3 回～6 回のみ 8 件のコメントがあった（図 1）。

3.2 Moodle による必須課題の提出状況

本授業の第 11 回～第 15 回では、Moodle 内で「ディスカッショントピック」を立て、非同期型コミュニケーションによる相互間フィードバックを行なった。第 11 回～第 15 回までの Moodle 内での課題未提出率 0%で全員が課題の提出を完了した。

また、コメント数は、第 12 回で 113 件のコメントと最も多く、最も少ないコメント数は、第 15 回の 38 件であった（図 1）。

4.　考察と今後の課題

LMS 上の課題提出状況を比較すると、Moodle の課題提出の方が、Google Classroom に比べ課題提出率が向上されることがわかった。

Google Classroom では、授業資料の共有と教員によるアナウンスメント機能はあったが、学習者同士による相互間コミュニケーションや学習者間同士が未提出者への課題提出を催促するまでは至らなかった。一方 Moodle では、対面授業での話題を Moodle 内に発信し合うことで、クラスの垣根を超えた学びのコミュニティとして『ヨコのつながり意識』が生まれたことがコメント件数の増加要因と考えられる。

また、課題完了報告として、Moodle 内「フォーラム」の「ディスカッショントピック」で課題完了コメントを投稿する。そのため、個々の学習進捗状況を学習者同士いつでも誰でもアクセスでき、他学生の課題提出状況を閲覧し、自らも早く取り組まなければという危機感やグループワークでグループメンバー全員の提出状況を確認し合うなど学習進捗の透明性が加わったことで学生同士の学習活動把握ができるため、教師が課題提出を促す前に学生同士で声をかけ合い、提出を促す学生同士の「暗黙ルール」が生じたことも要因であると考える。

今後は、授業前投影資料の閲覧者数などの活動ログの分析や Moodle 内コメントの分析する、さらに本授業を受講した学生達を対象になぜ Moodle での課題全員提出が実現できたかのアンケート調査や就職活動など受講後の学校生活で本授業の習得成果を行動変容として応用できたか追いかけ調査するなど、授業後の習得成果を明らかにしていきたい。

図 1　　LMS 上のコメント数と課題未提出率

参考文献

(1) 鈴木克明・美馬のゆり（編著）（2018）『学習設計マニュアル:おとなになるためのインストラクショナルデザイン』北大路書房

(2) 鈴木克明（2015）『研修設計マニュアル：人材育成のためのインストラクショナルデザイン』北大路書房

「ReBaLe」における アイデア発想支援システムの開発と評価

Development and Evaluation of Idea Generation Support System in "ReBaLe"

川口 悠斗[*1]，井上 明[*2]
Yuto KAWAGUCHI[*1], Akira INOUE[*2]
[*1] 大阪工業大学大学院ロボティクス&デザイン工学研究科
[*1] Osaka Institute of Technology Graduate School of Robotics and Design
[*2] 大阪工業大学
[*2] Osaka Institute of Technology
Email: m1m23r13@oit.ac.jp,akira.inoue@oit.ac.jp

あらまし：本研究は社会課題解決型アクティブラーニング手法である「ReBaLe」における発想支援を行うシステムの開発と評価を行った．アイデア発想の支援のために任意のワードから Twitter の投稿を取得し ChaboCha を用いて形態素解析を行ったデータから Neo4j 上にアイデア発想を支援するグラフを表示した．実験結果から，本システムを用いることで「ReBaLe」を用いたアイデア創出活動を行う際に，「ばらす」の活動を支援するシステムとして有用である意見を得た．一方で，t 検定の結果からは「ばらす」において分解した特徴数と創出されるアイデアの質に有意差を確認することはできなかった．
キーワード：アクティブラーニング，ReBaLe，Twitter，Neo4j，Cabocha，発想支援

1. はじめに

課題発見解決型学習を体系的に実施するための教育手法が近年求められている．「ReBaLe」(レバレ:Reverse & Redesign Based Learning)[1]は，社会課題解決型のアクティブ・ラーニング手法であり，課題解決とアイデア発想を学習活動として体系化している．ReBaLe は「ばらす」「わかる」「まねぶ」「創る」というステップを通じて，社会課題に対するアイデア創出を行うことで，課題解決力や発想力の獲得を目的としている．

2. 目的

アイデア創出を行う際，個人の知識量やアイデア発想の得意・不得意などによって，創出されるアイデアの質・量に大きな差が生まれる場合がある．例えば，ReBaLe の活動においても「ばらす」というプロセスにおいて，発想のキーになるターゲット製品やサービスを良く知らず，特徴を分解する事ができないといった状況がある．「ばらす」の活動で様々な製品やサービスが持つ特徴をより詳細に「ばらす」ことができれば，「わかる」「まねぶ」「創る」の活動の質を向上させ，創出するアイデアの内容を向上することができると考えられる．

本研究では,ReBaLe を用いたアイデア創出活動における最初の活動である「ばらす」を支援するシステムの開発を行う．ターゲットの特徴について「ヒント」を提示するシステムであり， ReBaLe でのアイデア創出活動をより向上させるための支援システムである．

3. ReBaLe について

ReBaLe は，「ばらす」「わかる」「まねぶ」「創る」という活動から，既存の社会システムや製品等の仕組みを分解して理解を深め,学んだ仕組みと技術を活かし新たな課題を解決する課題解決型の教育手法である．「ばらす」では発想のキーとなる製品やサービスの特長を「モノ」「コト」の視点から分解（分類）する．「わかる」では，分解した特徴がどのような意味を有しているのかを理解する．「まねぶ」で「わかる」で明らかにした特徴と新たな機能を組み合わせ新しいアイデアを創出する．「創る」で実際にアイデアを具現化する．ReBaLe における一連の学習活動の流れを図 1 に示す．ReBaLe は 2018 年度から大阪工業大学ロボティクス&デザイン工学部の授業の一つとして実施している．図 2 は ReBaLe の授業の様子である．

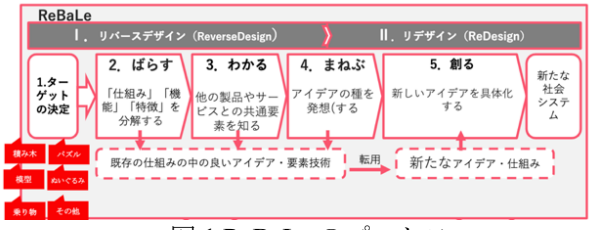


図 1.ReBaLe のプロセス

図２．ReBaLe の実践風景

4. システムの概要

「ReBaLe」の「ばらす」においてターゲットの特徴を洗い出す際に，潜在的な特徴や今まで気が付かなかった新たな視点を提供するシステムを構築した．

本システムはユーザが入力した任意のワードをキーに Twitter の投稿をスクレイピングし，ワードと関係のある単語を抽出し，グラフに表示する．そのグラフを参考に「ばらす」においての「モノ」，「コト」に分解する作業を行うことでアイデア創出の支援を行う．本システムは「Twitter API」，「CaboCha」，「Neo4j」を使い,Python を用いて開発を行った．図 3 は本システムで出力した「ばらす」の参考にするグラフの画面である．

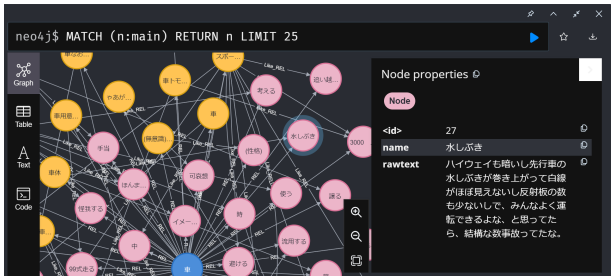


図 3．グラフ化した関連キーワード画面

5.　実験

開発したシステムの有効性を確認するために，大学生 20 名を対象とし「本システムを使用したグループ」と「本システムを使用しないグループ」に分けて, ReBaLe のアイデア創出活動による比較実験を行った．実験では，車について危険な点やより快適な乗り物にするための改善アイデアをテーマに行った．実験は概要説明，システムの操作説明，ReBaLe の活動，アンケートの順で行った．また，「システムを使用したグループ」にはシステムの使用感に関するアンケートを行った．システムの有効性比較として，「ばらす」においてターゲットに対して分解した特徴数の評価と，創出したアイデアの質について評価を行った．アイデアの質評価については，三浦麻子の「ブレーンストーミングにおけるコミュニケーション・モードと目標設定の効果」[2]を参考にし,「実現可能性」，「面白さ」，「斬新さ」の３項目５段階評価を企業のコンサルタント３名が評価を行った．

6.　結果

「アイデア創出を円滑に行えるか」，「知識量に関わらず発想活動を行う事の支援になるか」の項目で本システムを利用し ReBaLe を実施した 10 名全員が肯定的意見を示した．また「今後アイデア出しの際本システムを使用したいか」の項目で 10 名中 9 名が肯定的意見を示した．

本システム利用グループと非使用グループで「ばらす」において分解した特徴数と創出したアイデア質評価について t 検定を行ったが，どの項目も有意差は見られなかった．

7.　考察

システムを使用したグループから「自分の頭の中にはない単語同士が繋がっていて、そのような言葉を拾えたから発想が広がったのは良いと思った。」，

表 1　「ばらす」において抽出した特徴数の平均値

	モノ	コト	合計
システム使用グループ	9.1	10.3	19.4
システム不使用グループ	10.1	9.1	19.2

表 2　「実現可能性・面白さ・斬新さ」の平均値

	実現可能性	面白さ	斬新さ
システム使用グループ	3.6	3.5	3.4
システム不使用グループ	3.4	3.4	3.4

システム非利用グループから「ばらすが大変だった。」といった回答が得られた．「ばらす」の活動を支援するシステムとして肯定的意見が得られたことから発想支援に貢献できたと考えられる．

しかし「ばらす」において分解した特徴数の評価とアイデア創出の質的評価で得られた平均値に有意差は見られなかった．その理由としては，グラフに表示された情報に, bot 等のアイデア創出に不要な情報が混ざってしまっており，必要な情報が埋もれてしまっていたことが原因だと考えられる．今後 Twitter からスクレイピングする情報のフィルタリングおよび，グラフ等の画面上に表示する情報の改善を行う必要がある．

8.　おわりに

ReBaLe の「ばらす」の活動を支援するアイデア発想支援システムを構築した．実験の結果，本システムは ReBaLe の「ばらす」の活動を支援するシステムとして有用であるとの意見を得たが,「ばらす」で分解した特徴数評価とアイデアの質的評価からは本システムの有効性は確認できなかった．

今後は Twitter からスクレイピングする内容の調整、グラフの表示方法を簡潔かつ見やすいものに変更することで，よりアイデア発想を支援するように改良を加える．そして，現段階では本システムは Cypher コードの生成までしか自動化されていないため，グラフの表示までのプロセスを自動化し Web アプリケーションとして利用できるようにすることを目指す．

謝辞

本研究は科研費（20K03079）の助成を受けたものである．

参考文献

(1) 井上明，坂倉康平，橋本尚志: “社会システムの分解と理解で学ぶ教育手法「ReBaLe」の提案”，情報処理学会情報システム教育コンテスト,2018
(2) 三浦 麻子，ブレーンストーミングにおけるコミュニケーション・モードと目標設定の効果，対人社会心理学研究，大阪大学大学院人間科学研究科対人社会心理学講座,Vol.1,pp.45-58,2001

VR を活用した採血手順学習アプリケーションの開発と評価

Development and Evaluation of VR-based Blood Collection Procedure Learning Application

髙木 優斗[*1], 真嶋 由貴惠[*1], 桝田 聖子[*1]
Yuto TAKAGI[*1], Yukie MAJIMA[*1], Seiko MASUDA[*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: se22453v@st.omu.ac.jp

あらまし：看護基礎教育において身体侵襲を伴う看護技術は現実性の低さや学習環境が限定される等の課題がある．一方，近年の医療分野教育における VR 技術の活用は体験型・遠隔教育の面で期待されており，身体侵襲を伴う採血技術等の学習に有効と考える．そこで本研究では，採血手順習得を支援する VR アプリケーションを開発し，看護学生を対象にその学習効果を検証した．結果，手順習得において VR での学習が効果的である可能性が示唆された．
キーワード：看護教育，身体侵襲技術，採血，VR，手順学習

1. はじめに

看護教育の場において，採血技術等の身体侵襲を伴う看護専門技術の習得には，実習室でモデルを活用した演習が行われている．しかし，これらの演習だけでは，演習に用いるモデルの手触り等のリアリティが低い点や，モデル利用が可能な演習室でしか実施できないという学習環境が限定される点等が課題として挙げられる．

近年，医療分野での教育における VR 技術の活用についての研究が盛んに行われており，可視化教育・体験型教育・遠隔教育の 3 つの側面で期待されている(2)．VR 技術を利用することにより教育機関等の場所に限らず，実習室以外の自宅などでも体験型かつ可視化された練習が可能になるメリットがある．また，VR 技術を活用した学習は何度でも繰り返し行うことができることから，身体侵襲を伴う採血技術等の看護技術においても効果的と考えられる．VR 技術の活用による有効性についても期待できる．

そこで本研究では，採血技術の手順習得を支援するための VR 技術を活用したアプリケーションの開発を目的とする．

2. 開発システム

開発したアプリケーション（以下，アプリ）は，Oculus Quest2 において実行する．システム開発は株式会社 WARK に依頼した．

本アプリでは採血の手順を学習することに重点を置いている．採血の手技においては駆血帯をまく，注射器を刺入する等の両手での複雑な操作が要求されるが，それらの操作を VR 空間上では物品や対象者等のオブジェクトに触れる，物品や手を所定の位置に置く等の簡易的な操作で手技が完了するようになっている．学習画面上には手技が一つ完了すると次の手技が段階的に表示され，全ての手技を実施することで採血技術の学習が完了する流れになっている（図 1）．

図 1　採血技術学習の VR アプリ（画面例）

3. 評価実験

今回の実験では，開発した VR アプリでの学習による採血手順の学習効果を検証する．

対象者は採血技術に関する単位を取得済みの看護大学の 2 年生 7 名とする．

3.1 実験方法

以下に本実験の流れを説明する（図 2）．

① 全ての被験者に Oculus Quest 2 のチュートリアルアプリを通して操作方法を理解してもらう．
② 被験者を無作為に A 群，B 群の 2 群に分ける．
③ 介入前に，被験者全員に腕モデルを使用して採血を行ってもらい，採血手順テストを行う．
④ A 群の被験者には紙媒体(4)を，B 群の被験者には Oculus Quest2 内で使用可能な VR アプリを通して 15 分間採血手順を学習してもらう．
⑤ 介入後，被験者全員に③と同様に採血手順テストを行う．
⑥ 次に両群に紙媒体と VR アプリの経験をしてもらうために，A 群の被験者に VR アプリを，B 群の被験者に紙媒体を使った採血手順学習を 15 分間実施してもらう．
⑦ VR アプリに関するアンケート調査を行う．

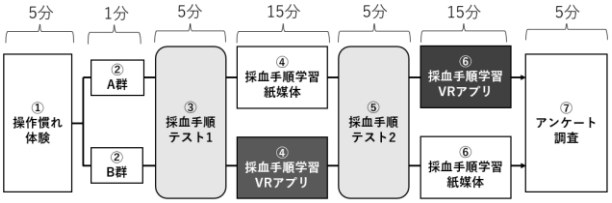


図 2　実験手順

3.2 評価方法

3.2.1　採血手順の正確さ

採血手順学習前後で行う採血手順テストにて評価する．採点基準は，表 1 に示す 10 の手順（各 1 点，10 点満点）から，誤った手順 1 つにつき 1 点減点する．ただし，[2][3]は順不同でも良いこととする．

表 1　採血手順確認テストで基準とした手順

#	手順内容
[1]	患者への説明
[2]	血管の確認
[3]	注射器の動作確認
[4]	駆血帯をまく
[5]	消毒
[6]	針を刺入する
[7]	採血
[8]	駆血帯の解除
[9]	乾綿で圧迫
[10]	針を抜く

3.2.1　VR アプリの評価

アンケートの自由記述により，VR 活用学習のメリット・デメリット，改善点について評価する．

4.　結果

4.1 採血手順の正確さ

採血手順テストの結果を表 2 に示した．全員のテストの点が向上していた．被験者全体の平均向上点は 1.43 点，A 群の平均向上点は約 1.33 点，B 群の平均向上点は 2.50 点だった．介入後の採血手順テストでは，手順[5]の「消毒」以降においては，B 群は正確に実施できていたが，A 群は全員に[7][8][9][10]の手順の抜けや誤りが見られた．

表 2　採血手順確認テスト結果 (n=7)

媒体	被験者 ID	学習前	学習後	点差
A 群（紙）	P1	7	9	2
	P2	8	9	1
	P3	7	8	1
A 群平均		7.33	8.67	1.33
B 群（VR）	V1	7	10	3
	V2	5	9	4
	V3	6	8	2
	V4	9	10	1
B 群平均		6.75	9.25	2.50
全体平均		7.00	9.00	1.43

4.2 VR アプリの評価

VR アプリを用いた学習のメリットとして，場所や相手を気にしないでいい点や，VR 機器があれば学習できる点が，デメリットとして，患者の個人差等実際の血管と相違点があることが挙げられた．気になった点・改善してほしい点として，手順の不足，手順理解度をテストするモードや視認性の悪い血管の実装，コントローラーの操作性の悪さが挙げられた．また，被験者全員が VR アプリでの学習を今後も続けたいと回答していた．

5.　考察

介入前後での採血手順テストの結果は，両群ともに向上しておりその平均点も同様であった．したがって，開発した VR アプリは採血手順の学習において従来の方法と同様に有効であり，看護学生の演習機会の増加に寄与すると考える．特に事前テストで手順の誤りが多かった[7][8][9][10]において，事後テストでは，紙媒体の A 群は手順の抜けが多く見られ，ほとんど改善が見られなかったが，VR アプリの B 群は全員が手順通りに行えていたことから，VR を用いた手を動かす体験型学習は誤りやすい手順の学習において効果的だったと考えられる．

アンケート結果からは，今回開発した VR アプリについては，改善点がいくつかあげられたが，繰り返し何度でも自分の体を使って学習できる等の好意的な意見が多く見られたことから，採血手順を学習するための学習媒体として適切であると考えられる．しかし，紙媒体に比べてコストがかかる点や操作方法が難かしい点，声掛けや針入れ容器等の説明が不足していることが明らかになった．不足した手順等のコンテンツや順序理解度テスト機能の追加により，学習効果の向上が可能になると考える．

6.　まとめ

本研究では採血技術の手順習得を支援するための VR アプリを開発し，学習効果を確認した．

今後は本 VR アプリに針挿入の角度や深さ等による採点や難易度別の視認性の悪い血管の追加，手順を表示しないで手順理解度をテストするモードの追加等の改良を検討する．

参考文献

(1) 日本看護協会:“新型コロナウイルス感染症下における看護系大学の臨地実習の在り方に関する有識者会議報告書”(2021)
(2) 小山博史:“バーチャルリアリティと拡張現実技術の医学教育/医学応用”，日本内科学会雑誌, Vol.109, No.1, pp.100-106（2020）
(3) 掛橋千賀子，真嶋由貴恵，奥山真由美:“DVD で学ぶ身体侵襲を伴う看護技術”, 医学書院　（2006）

こみゅぷろ：伝達プログラミングによる論理的思考力向上の調査

Research on Logical Thinking Communication Programming

小川　虎次郎[*1]，大井　翔[*1]
Kojiro OGAWA[*1], Sho OOI[*1]
[*1] 大阪工業大学情報科学部
[*1]Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology
Email:kojiro.ogawa@mix-lab.net, sho.ooi@outlook.jp

あらまし：文部科学省による 2017 年度の学習指導要領改訂により 2020 年度から小学校においてプログラミング教育が必修となった．そこで，稲富や渋谷らが開発している「きずぷろ」を使用した伝達プログラミング，「こみゅぷろ」を提案し，それによる論理的思考力について調査した．実験としては，4 人の大学生を対象とし．2 人 1 組でペアとし，論理的思考力テストをシステム体験の前後で行った．結果として情報識別能力，推論力に関しては 5 点ほどの上昇がみられた．
キーワード：プログラミング教育，伝達プログラミング，論理的思考力

1.　はじめに

近年、小学生からプログラミング教育が求められている(1)．小学生におけるプログラミング教育では，情報処理能力の育成が目的である．情報処理能力とは，プログラミング的思考力と，身近な生活でコンピュータが活用されていることや問題の解決には必要な手順かあることにきづく力のことである．プログラミング的思考力とは,「自分が意図する一連の活動を実現するために，どのような動きの組み合わせが必要であり，一つ一つの動きに対応した記号を，どのように組み合わせたらいいのか，記号の組み合わせをどのように改善していけば，より意図した活動に近づくのか，といったことを論理的に考えていく力」と述べられている(2)．

我々はこれまでに,「発達の段階に即して，情報処理能力を育成すること」に着目した．　(3)．

そこで，本研究では稲富や渋谷らが開発している「きずぷろ (4, 5)」を使用し，図 1 に示すように片方が目標の画像を確認しながら説明を行う「ナビゲータ」となり，もう片方が説明をもとに「きずぷろ」でブロックを組み立てる「ドライバ」になり目標物を組み立てていくという対話インタラクションに基づき論理的思考力を育成するシステム「こみゅぷろ」を提案し，その効果について検討する．

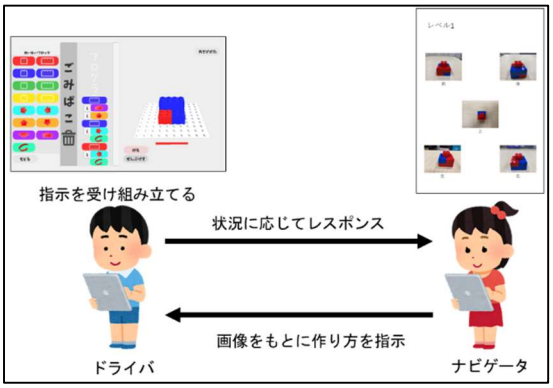


図 1　「こみゅぷろ」：伝達プログラミングシステムの概要

2.　こみゅぷろ：伝達プログラミングによる論理的思考力向上システム

対話インタラクションに基づく「こみゅぷろ」では図 1 のような目標の前後左右と上からの画像を確認し相手に組み立て方を指示する「ナビゲータ」と、ナビゲータの指示を受け目標を組み立てる「ドライバ」に役割を分担し，対象のオブジェクトを組みたてていく．つまり、今自分が直面している問題を相手にも伝えるには，ただ適当に相手に伝えるのではなく一つ一つ相手に伝わるように説明する必要があり，それが出来ていなければ上手く目標を組みたてることが出来ないといういった手順をふむことにより，問題の解決には必要な手順かあることに気づく力を育成することができる．つまり，この活動が文部科学省の示している「自分が意図する一連の活動を実現するために，どのような動きの組み合わせが必要であり，一つ一つの動きに対応した記号を，どのように組み合わせたらいいのか，記号の組み合わせをどのように改善していけば，より意図した活動に近づくのか，といったことを論理的に考えていく力」であると考える．

3.　実験

本提案システム「こみゅぷろ」の効果を検証するために，今回は情報系の大学生 2 組、計 4 名に対して実験を行った．実験では，事前テストを行ってもらい，提案手法を 1 時間体験してもらい，その後事後テストと質問調査を行った．事前テストと事後テストには，論理的思考力を調べることができる，算数・数学思考力検定(6)のサンプルを使用した．図 2 に実験の様子を示す．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倫理委員会の審査(2021-44-2)に基づき実施した．

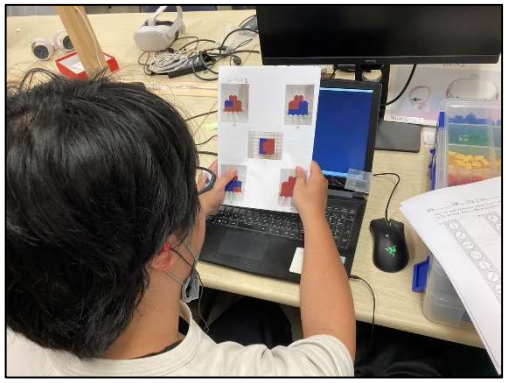


図 2　実験風景

4.　結果と考察

今回の行ったテストでは問題を「[1]情報の選別能力」「[2]創造的思考力」「[3]推論力」「[4]最適解の選別能力」「[5]論理的推論と確信の導出」5 つに分類分けを行い, それぞれの合計点数が 20 点になるように配点を行った．事前テストと事後テストの結果をそれぞれ表 1，表 2 に示す．

表 1　事前テスト結果

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	合計
ナビゲータ A	20	10	6	20	12	58
ナビゲータ B	20	10	6	20	12	68
ドライバ A	10	0	6	20	6	42
ドライバ B	10	20	6	20	14	70

表 2　事後テスト結果

質問番号	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	合計
ナビゲータ A	10	0	10	20	0	40
ナビゲータ B	5	0	10	20	6	41
ドライバ A	15	10	0	20	8	53
ドライバ B	15	10	0	20	8	53

表 1 と表 2 を比較すると，総合的な点数は 4 人とも減少している．さらに，5 つの分類それぞれを比較すると，[1]の情報の選別能力はドライバの点数は 2 人とも増加してることから，ナビゲータからくる情報を適切に選別し，組み立てを行うためにドライバは点数が上昇したと考えられる．[3]の推論力がナビゲータの点数は 2 人とも上昇していることから，ドライバに伝えるのに正しく伝わっているのかを推論しながら進める必要があったため点数が上昇したと考えられる．

ほかの項目は[4]以外はほぼ全員の点数が下降しておりその項目の能力は向上していないとも考えられるが，今回の調査では 1 時間しか実践を行っていないため変化があまりなく，事後テストの方がそれぞれの項目が難しく点数が減少した可能性も考えられるため，テストの内容を見直し，実践時間を 1 時間でなく 1 週間と長期間継続的に使用してもらう必要があると考える．

また，質問調査の結果を示す表 3 を見ると，ほぼ全員が難しい，家出したくないと回答しており本来の目的である小学生を対象とした場合，難易度を下げ，家でもしたいと思えるような要素を追加する必要があるとかが得られる．

5.　結論

本研究では, 2020 年度から小学校でのプログラミング教育が必修化されたことから，学習指導要領で述べられている情報処理能力の育成を目的とし，論理的思考力に効果のある組み立て遊びに着目し，対話インタラクションに基づいたブロック組み立てアプリケーションを使用した能力の育成に関する調査を行った．本実験では，計 4 名の大学生に対して実施した．その結果,「[1]情報の選別能力」と「[3]推論力」に関しては上昇がみられたが，それ以外の項目は上昇がみられず，この方法ではそれらの能力しか上昇しないもしくはテストや実践時間に問題があるかもしれないという事が分かった．

謝辞

本研究は，JSPS 科研費 19K20750 の助成を受けた

参考文献

(1) 文部科学省：小学校学習指導要領（平成 29 年告示），2017.
(2) 文部科学省 : 小学校プログラミング教育の手引き（第三版），2020.
(3) 文部科学省 : 小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論のまとめ），2016.
(4) 渋谷昇生, 大井翔: ブロック組立遊びアプリケーションを活用した論理的思考力育成に関する研究, 教育情報システム学会 2022 年度学生研究発表会(関西), 2023.
(5) 稲富峻祐, 大井翔, 後藤壮史, 佐野睦夫: きずぷろ : 組み立て遊びによるプログラミング的思考力の育成アプリの開発, インタラクション 2021, 2021.
(6) 算数・数学思考力検定，https://www.shikouryoku.jp/,（最終閲覧日：2023 年 1 月 31 日）

表 3　質問調査の結果

質問内容	1	2	3	4	5
[1]システムの難易度は	1	2	0	1	0
[2]システムの操作は	0	1	2	1	0
[3]システムの楽しさは	0	0	2	2	0
[4]システムを家で活用するか	0	1	3	0	0
[5.1]目標を作るために，どの様なやり方で進めるか考えることができたか	1	0	0	2	1
[5.2]目標をつくるために，命令ブロックの数を正しく選ぶことができたか	0	0	3	1	0
[5.3] ブロック組み立て後の話し合いで自分の間違いが分かったか	0	1	0	2	1

プログラミングを対象とした 振舞いモデルから機能の解釈を支援するシステムの開発

Development of A Support System in Interpretation Function from Model of Behavior in Programming

松爲 泰生[*1], 前田 新太郎[*2], 古池 謙人[*3], 東本 崇仁[*4]
Taiki MATSUI[*1], Shintaro MAEDA[*2], Kento KOIKE[*3], Takahito TOMOTO[*4]
[*1] 東京工芸大学大学院工学研究科
[*1]Graduate School of Engineering, Tokyo Polytechnic University
[*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] 京都大学 学術情報メディアセンター
[*3]Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University
[*4] 千葉工業大学情報科学部
[*4] Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology
Email: m2265013@st.t-kougei.ac.jp

あらまし：プログラミング学習においては，一連の有意味なまとまり単位でコードを知識として獲得することが重要である．たとえば，For 文や if 文などのプリミティブな部品だけでなく，「c=a,a=b,b=c」の 3 行のコードのまとまりが「Swap」という機能の実現を理解することが知識を熟達するために有益である．この 3 行が「Swap」という機能を実現することを理解するためには，各行で何が起きているかを理解し，全体として何が起きているかという振舞いを理解することが大切である．この振舞いの規則性を理解することが機能を理解することにつながるといえる．本稿では，ソースコードにより引き起こされる振舞いから，その規則性（本稿では振舞いモデルと呼ぶ）を学習者に考えさせ，振舞いモデルから機能モデルを学習者に導出させる学習方法を提案し，その支援システムを開発した．
キーワード：プログラミング学習，ソースコード，振舞い，振舞いモデル，機能，機能モデル

1. はじめに

通常のプログラミング学習では，教科書等の問題文から，入力値から一定の要求を満たす出力値を生成するコードの構築を求められることが多い．この要求を満たすには，入力値がどのような変遷を経て要求された出力値となるかの遷移（以下，振舞い）を意識させることが必要になる(1)．入力値と出力値がどのような関係性になるべきであるかという規則性を本研究では振舞いモデルと呼ぶ．筆者らは学習者に振舞いモデルを思考させるためには，複数の種類の振舞いを観察させ，学習者が振舞いの規則性を見出す必要があると考えている．

筆者らはこれまでに，学習者にコードと機能の関係性の学習を支援するために振舞いを観察させる手法を提案してきた(2)．しかし，複数の振舞いがどのような規則性を満たすかについての振舞いモデルについては扱ってきておらず，また，振舞いモデルのうちどの規則性がどの機能に関連づいているかについては扱って来なかった．

そこで，本研究では笹島ら(3)が開発した Function and Behavior Representation Language （以下，FBRL）を参考にした．笹島らはあるデバイスにおける振舞いが満たす規則性を振舞いモデルとして定義した．さらに，振舞いモデルのうちどの部分に着目するかで機能解釈を行うための Functional Topping（以下，FT）を提案している．筆者らは FBRL の諸理論をもとに，プログラミングを対象としたコードの機能を解釈するために必要な振舞いモデルと，振舞いモデルのどの部分に着目するかにより機能を解釈する方法を提案する．さらに，本手法に基づく学習支援システムを開発する．

2. 提案手法

筆者らは笹島らが提案した振舞いモデルや FT-Set をプログラミングに適用しようと試みた（表 1）．表 1 は「c=a, a=b, b=c」という 3 行のソースコードが持つ振舞いモデルや，解釈しうる機能に対して FT-Set を記述した例である．表 1 の QN-Relations は，変数間の入出力の制約関係について記述したものである．このコードにおける Obj4(a_0ut)の変数 a の出力値は，Obj2(b_In)の変数 b の入力値と等しいという制約関係（規則性）を持ち，同様に Obj5(b_Out) = Obj1(a_In) , Obj6(c_Out) = Obj1(a_In)という制約関係を持つ．これが本コードにおける振舞いモデルの一部である．

次に，FT-Set について説明する．この 3 行のソースコードは，Obj1(a_In) ,_Obj4(a_0ut) ,_Obj2(b_In)_, Obj5(b_Out)に注目するとき，QN-Relations の Obj4(a_0ut) = Obj2(b_In)_, Obj5(b_Out) = Obj1(a_In)という二つの制約構造に着目することになる．一連の振舞いの規則性のうち，この二つの規則性に着目するとき，値が入れ替わっているという機能を導くこ

とができる．本稿では，このような一連の流れに従って，複数の振舞いから学習者に(1)振舞いの規則性を記述させる活動と，(2)抽出した振舞いのうちどの規則性に注目するとどの機能が解釈されうるかを認識させる活動，を学習手法として提案する．

表 1 プログラミングにおける
振舞いモデル・FT のテンプレート

		属性	定義	例
Behavior		Objects	変数の集合	Obj1(a_In),Obj2(b_In), Obj3(c_In)Obj4(a_In), Obj5(b_In),Obj6(c_In)
		Ports	変数の接続関係	In1,In2,In3, Out1,Out2,Out3
		QN-Relations	変数間の入出力の制約関係	Obj4(a_Out)<=Obj2(b_In) Obj5(b_Out)<=Obj1(a_In) Obj6(c_Out)<=Obj1(a_In)
FT-sets	FT-set1	P-Focus	解釈に注目する変数	Obj1, Obj2, Obj4, Obj5
	FT-set2	・・・	・・・	

3.　開発したシステム

開発したシステムは振舞い確認画面，制約解答画面，振舞い解釈画面の順に構成されている．振舞い確認画面では，システムが表示したコードと複数の種類の DataSet を学習者は確認する．DataSet とは、コード内にある変数と変数の初期値(入力値)と最終値(出力値)を表示したもので，振舞いを確認するために必要な内容が用意されている．

制約解答画面では，振舞い確認画面で確認した振舞いから各変数が，どのような規則で振舞いを行っているのか，学習者は振舞いの制約を解答する．学習者の解答が誤りの場合，システムは振舞い確認画面を表示し，各 DataSet 内にある変数の最終値は学習者が解答した振舞いの制約を満たしているのか判定する．判定の結果システムは，学習者の解答した振舞いの制約を満たしている値はそのまま表示し，満たしていない値は赤く表示してフィードバックする．図 1 場合，学習者は解答した振舞いの制約の中で，変数 a の制約を「変数 c の初期値より小さい値になる」と解答している．この場合，システムは振舞い確認画面で学習者に DataSet を確認させる．その際に，システムは学習者が解答した振舞いの制約に違反している内容として，変数 a の最終値より変数 c の初期値のほうが大きい値を赤く表示する．

振舞い解釈画面では，学習者はシステムが表示している機能を解釈するため，制約解答画面で解答した振舞いの制約を活用する．具体的には，学習者は機能を解釈するため，必要な振舞いの制約を選択する．学習者が選択した振舞いの制約から表示している機能を解釈できなかった場合，システムは不正解と表示せず，学習者が選択した振舞いの制約から解釈できる機能を表示してフィードバックする．図 2 では，学習者は「変数 a と b の値を交換する機能」を解釈するために「制約 1：変数 a の最終値は b の初期値になる」のみを選択している．この場合，システムは「変数 a と b の値を交換する機能」ではなく「変数 b に代入する機能」とフィードバックする．

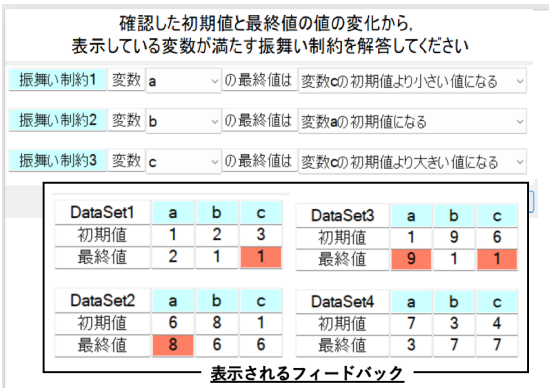


図 1 制約解答画面のフィードバック

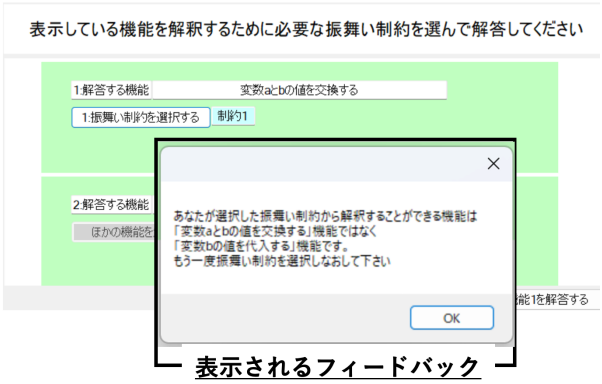


図 2 振舞い解釈画面のフィードバック

4.　おわりに

本稿ではコードと機能の関係性を学習する手法に則り学習を支援するシステムを開発した．今後の課題として，提案した学習支援システムを用いて，提案した学習法の有効性を検証するため，評価実験を行うことが挙げられる．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP22K12322, JP21H03565, JP20H01730 の助成による．

参考文献

(1) 古池謙人, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗, “プログラミング学習における再利用性を指向した知識組織化のための知的支援機能・振舞い・構造の観点に基づく問題解決過程のモデル”, 人工知能学会論文誌, Vol. 35, No. 5, pp. C–J82, 1-17, (2020)

(2) 松爲泰生, 前田新太郎, 古池謙人, 東本崇仁, “ソースコードの振舞いモデルから機能の解釈を促す支援システムにおけるフィードバックの検討”, 電子情報通信学会技術研究報告(ET), Vol. 122, No. 241, pp. 29-34, (2022)

(3) 笹島宗彦, 來村徳信, 池田満, 溝口理一郎, “機能と振舞いのオントロジーに基づく機能モデル表現言語 FBRL の開発”, 人工知能学会誌, Vol.11, No.3, pp.420-431, (1996)

初学者向けインストラクショナルデザイン課題分析手法の改善

Re-practice of Learning-Task Analysis Diagram in Instructional Design for Beginning students

根本 淳子[*1]，高橋暁子[*2]，竹岡 篤永[*3]
Junko NEMOTO[*1], Akiko TAKAHASH[*2], Atsue TAKEOKA[*3]
[*1] 明治学院大学心理学部
[*1]Faculty of Psychology, Meiji Gakuin University
[*2] 千葉工業大学情報科学部
[*2]Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology
*3 事業創造大学院大学
[*3]Graduate Institute for Entrepreneurial Studies
Email: nemoto@meijigakuin.ac.jp

あらまし：教員養成課程の学生を対象にした課題分析図の学習活動を実施した．課題分析の考え方やスキルを修得するための支援方法学習プロセスに共同的な学びの視点を取り入れて，提案した手法での学習活動を改善した．本発表は改善版の実践報告である．学習の前に学習目標の小テストと課題分析図チェックシートなどを入れて実施したところ改善版活動の成果が高まったが，課題も確認できた．
キーワード：課題分析図，グループ学習，インストラクショナルデザイン（ID），支援手法

1. はじめに

多様な学び方と道具が存在し，複雑な学習デザインも可能になってきており，学校教育の中でも学習活動の形は広がりを見せている．特に GIGA スクール構想後は学習者に１人１台端末が実現されたことにより，学び方も教え方に広がりがみられる．一方で，学びの本質や基本的な考え方・要素は変わらない．学習者の選択肢が増えることは，それを受け入れる応用力・柔軟力が教育実践者に期待される．それでも，基本的な授業設計力の必要性は変わらないであろう．

インストラクショナルデザインには，授業設計に必要な概念や手法が複数あるが，スピード感や応用力が求められる現代には選択的かつ効果的な学び方への変化が期待される．特に系統的な学び方のみが重視されると，役立つ授業設計の道具として受け入れられる前に，難易度の高さなどから避けられる可能性もある．筆者らは学習目標達成のための要素と関係を整理する手法である課題分析の活用度を高めようと，初学者でも受け入れやすい支援手法を検討してきた(1). 課題分析活動の構成を整理し，個人またはグループでの学びを組み合わせ，事例から学ぶ活動として実施した．

2. 活動の概要

先行研究(1)で整理した課題分析図活動の学び方のプロセスを用いて課題分析図の学習を実施した．対象者は学部１年生の教育方法を学ぶ授業である．

１年目の取り組み(2)では，筆者らが整理した課題分析図活動の学び方のプロセスを用いて課題分析図の学習を実施した．可視化を意識した協同的な練習活動は，課題分析図の良さを参加者に受け入れられる契機となることを確認できた．基本概念を把握する際に，グループで課題に取り組むことが寄与することが示唆された．一方，グループで作成した課題から，課題分析図の基礎理解が不足している様子も見受けられた．

3. 改善内容

グループで作成した課題分析図を分析し，誤りがどこで起こり得るかを整理した結果(2)から，以下の改善・調整を行った．

〔1〕学習目標の理解が不足していると思われる学生がいたので，事前学習の中に学習目標の分類テストを実施した（満点になるまで繰り返し解く）
〔2〕例示を用いた課題分析図の説明に，課題分析図のチェックリストを作成し，それを用いた解説を行った
〔3〕練習で扱う単元内容について，各自調べるよう指示・機会を設けた
〔4〕課題分析図のチェックリストで自分たちの活動をチェックするように指示した
〔5〕振り返り活動の実施は，コロナ禍での完全対面になったため実施しないこととした（実施の制限）

改善した活動を図１に示す．

前回は，１回の授業の中で練習①②を一度に実施し，活動③を振り返りの時間として次の授業回で実施した．この年はコロナ禍で対面授業での会話が制限されていたため，教室内で実施したもののグループワークは Zoom でのブレイクアウトルームを活用した．この環境を活用して，ランダムグループの報告活動を実施した．

今回は完全対面での実施であったため，グループ活動は，Google Slides を活用した共同作業を中心と

〔1〕〔事前：学習目標の５分類小テスト〕
　満点が取れるまで実施
〔課題分析活動１回目〕
・課題分析についての説明
・例示（理科）：実際に完成した指導案を用いて，〔2〕チェックシートを用いて課題分析図について紹介する
・課題分析図の作成（グループワーク）
　練習①　用意された課題の階層化を中心
　　その内容を〔3〕オンライン上で各自学習するように促す
〔課題分析活動２回目〕
　練習②　課題の洗い出しを中心
練習活動結果は，〔4〕チェックシートで確認する用意促す
〔5〕前回のグループ活動の報告
　練習活動②についての簡単な報告（ランダムグループ）
　活動③のディスカッションの報告（ホームグループでの振り返り）

注：下線が変更箇所

図１　課題分析図の活動改善

した．また，カリキュラムの変更により，本活動にに割り当てできる時間が限られたため，活動③の実施を見送った．ただし，理解の定着を促すことを狙い２回に活動を分けた．

4.　実施結果

4.1 参加者の自己評価

大学の教員養成課程において授業設計とICTを学ぶ科目「教育方法（学部１年生後期）」において課題分析に関する活動に用いた授業を２回実施した．今回協力を得られた履修者は129名であった．練習①と練習②の実施後，各自の振り返りとして課題分析に関する印象について６件法で確認した（1：とてもそう思う－6：全くそう思わない）．前回と今回の実施直後の学生の活動の印象についての評価を表1に示す．実施の構成は異なるものの，評価の全体傾向は類似していた．

4.2 練習①グループ活動結果の分析

課題の階層化(1)に相当する練習①のグループ成果を前回と同じ視点で分析した結果，表２のように整理できた．評価者２名で実施し，意見が一致しない場合は協議のうえ，合意を得た評価にした．一致率は94%であった．前回の実施内容と比較すると，完全にできたグループが52%から72%に増加した．大半のグループが分岐を取り入れられるようになり，学習活動の並列化（提案手法ではグルーピングと呼ぶ）の概念は以前よりも向上したといえる．しかし完全正確までには至らなかった△評価グループの割合いは，前回に近い割合で一定数存在していた．

表１　課題分析図に取り組んだ印象

項目		第１回	第２回
課題分析図はおもしろい	前回	2.2±0.8	2.2±0.8
	今回	2.3±0.9	2.4±1.0
課題分析図はやりがいがありそうだ	前回	1.9±0.8	1.8±0.8
	今回	2.0±0.9	2.1±1.0
課題分析図はやればできそうだ	前回	2.6±0.7	2.5±0.9
	今回	2.7±0.9	2.8±1.0
課題分析図は役に立ちそうだ	前回	1.7±0.8	1.6±0.8
	今回	1.7±0.7	1.8±0.7

表２　練習①の課題分析図分析結果

結果	グループ数（%）	
◎：完全にできた	23(72)	26(75)
○1：分岐はしていないが，上下関係は正しい	0(0)	
○２：分岐は一部しているもの不完全，上下関係は正しい	0(0)	
△1：特定箇所だけ上下関係が誤っている，その部分を入れ替えすれば◎	3(9)	8(25)
△2：特定箇所だけ上下関係が誤っている，分岐は適切ではない	6(18)	
？：分岐はしていないが上下関係ただしいのだが，書き方が逆	0(0)	

5.　おわりに

本発表では，課題分析図の活用を促す学習活動の改善と実施について報告した．報告内容は実施の一部にとどまり，学習者のコメントの評価や課題②の成果など継続的な分析が必要である．提案した手法では，個人やグループワークの組み合わせが複数選択できる．この提案手法の評価という視点からも，分析を進めていく．

参考文献

(1) 根本淳子，高橋暁子，竹岡篤永：”インストラクショナルデザインにおける課題分析手法の活動分析”，日本教育工学会2019年秋季大会発表論文集（名古屋国際会議場）発表論文集，493-494（2019.9）
(2) 根本淳子，高橋暁子，竹岡篤永：”インストラクショナルデザインにおける課題分析手法の実践”，日本教育工学会2021年秋季大会発表論文集（オンライン）発表論文集，223-224（2021.10）

携帯端末を用いた初等教育向け観察日記支援システム

Observation Diary Support System Using Mobile Devices in Elementary Education

藤田　遼太郎[*1]，　向坂　幸雄[*1,*2]，　中桐 斉之[*1]
Ryotaro FUJITA[*1], Yukio SAKISAKA[*1,*2], Nariyuki NAKAGIRI[*1]
[*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: nc20m124@stshse.u-hyogo.ac.jp

あらまし：初等教育分野での観察日記は教育的観点から紙媒体が当然と思われがちである。学校教育のICT化が進む中，各種教育支援アプリケーションが開発されつつあるが，幼児教育をターゲットとしたものは少ない。本取り組みでは保育の現場で子どもたちとともに保育者が記録をつけることを念頭に，普及が進むスマートフォン端末のカメラ機能と連携した保育者養成課程の学生向けのアプリケーション開発を目指す。
キーワード：幼児教育，初等教育，保育者，日記

1. はじめに

最近のスマートフォンやタブレットの急速な普及によって，様々な分野のサービスが次々とアプリケーション（以下，アプリ）として提供されてきている．学校教育でもICT化が進む中，各種教育支援アプリケーションが開発されつつある．初等教育分野においては，学習指導要領の学習項目に基づく各種アプリが提供されているが幼児教育をターゲットとしたものは知育系アプリが中心であり，保育現場での具体的活動を支援するものは少ない．

幼児教育を担う幼稚園教諭を養成する保育者養成課程では，他の教職課程と同様に課程全体でICT活用の指導が求められており，領域及び保育内容の指導法に関する科目では情報機器及び教材の活用を含むよう文部科学省から指定がある．共同発表者は当該分野の授業内で１人１鉢ヒマワリを種子から栽培させ，成長過程を毎日観察させる取り組みを行い，幼稚園教育要領が求める「身近な動植物に親しみをもって接し，生命の尊さに気付き，いたわったり，大切にしたりする。」内容の実施に資するよう，まずは学生に観察日記をつける課題を設定している．従来,幼児教育分野における各種記録は手書きが一般的であり，観察日記もまた当然のように紙媒体での記載を求めてきた．

しかし学生や保育者にスマートフォンが普及した現在，彼らが所有するスマートフォン端末にはカメラ機能が搭載されており，紙媒体の観察日記を，画像とともに日々のコメントを記載できるアプリケーションに置き換えることは設備投資を伴わずに可能であり,本研究では実装を試みた．

観察記録に関連する研究としては,中村･守村が，タブレット端末を用いて，サクラ属の図鑑データベースと樹木管理データベースを作成している(1)．また，山本・佐藤は，中学校の技術・家庭科の栽培学習の授業において，タブレット端末を用いた学習の効果を調べる研究を行っており，その結果，タブレット端末を用いたほうが，学習意欲の向上のほか，正答率の向上が見られると述べている(2)．しかしこれらは既存アプリによる学習であり，アプリの開発に関する研究ではない．

アプリ開発を伴う研究においては，中学校技術・家庭科分野（技術科）の栽培計画の学習場面で使用される,タブレット型情報端末アプリの開発があり，アプリによって，視覚情報が活用される点，入力・記録・共有を即時に行う利便性の点で必要性があることが明らかになっている．しかし，この研究の調査は，主に教員を対象としている(3)．

そこで，本研究では，学生が観察日記を日々記載するとともにそれを教員が管理し，評価や指導が行える機能を備えた観察日記支援システムを提案する．これにより，従来は紙で提出するだけであった日記の課題を教員側でリアルタイムに確認することができるだけでなく，フィードバックも容易に行えるようになると考えられる．

2. 観察日記支援システム

本取り組みでは保育者養成課程の学生を対象とし，植物を観察して，写真付きの観察日記をつけるという課題のための新しい観察日記支援システムを構築することとし，実証実験を行うため，システムを，Monaca と Nifty Cloud Mobile Backend を用いて iOS および Android 用アプリとして JavaScript, HTML5 で実装した．

システムは，日記作成画面，日記画面，カレンダー画面,管理画面の 4 つで構成される．

カレンダー画面では，図 1 のような画面となって

図 1　カレンダー画面

図 2　日記作成画面

おり，日付をタップすると日記を閲覧することができる．また，教員からのフィードバックを読むこともできる．

日記作成画面（図 2）ではまず写真を登録する.カメラボタンをダブルタップし,「写真を撮る」ボタンをタップすると携帯端末にあるカメラアプリが連動して起動する．

写真撮影後,「写真を使用」ボタンで写真が日記に反映される. 撮影が終わると日記画面へと遷移する．このように，その場で，すぐにコメント付きの写真をアップロードすることができる．

日記画面では，写真が表示され，その下に日記を書く事が出来る．日記を記載し終わった後，保存ボタンをタップすると，写真がアップロードされ，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出来なくなっている．

管理画面では，教員が利用者全員の日記を閲覧することができる. この閲覧機能の実装によって, 個々の学生がいつ提出したのか，学生の観察対象がどのような状況なのかなど，教員が学生の状況を把握することを可能にしている．

また，管理画面では，学生の日記を一覧表示することができ，学生がアップデートしたデータを閲覧するだけでなく，評価することができる．

このように，教員からの評価機能を付けることで学生の観察状況の把握だけでなく，管理性の向上や利便化を促進することが可能となっている．

3.　実証実験

被験者として，iOS 端末もしくは Android 端末を所持している大学生約 15 名を対象に, 本システムを使用してもらう実証実験を行う．

対象者には，栽培セットを配布し，毎日写真を撮り日記に記録してもらうよう伝え，約 1 週間観察をしてもらう．期間終了後には，使用感等のアンケートを行って，紙媒体との満足度の差や，アプリケーションの改善点等を調査する．

4.　まとめ

本稿では，アプリケーションを用いて保育者養成課程の学生に対する植物観察支援システムを提案し，iOS 及び Android 対応のアプリケーションとして実装を行った．

システムは，カレンダー画面，日記作成画面，日記画面，管理画面の 4 つからなり，学生の日記記録に対する利便化の促進と，教員側が管理画面から学生の提出状況と課題に対して評価を許すことで．管理性を向上させることができる．また，発表では，実証実験の結果も併せて報告する．

参考文献

(1) 中村彰宏，　守村敦郎: “タブレット端末を利用した植物学習と樹木管理のためのサクラ属のデータベース”, 日緑工誌，　Vol. 43，　No. 1，　pp. 174-179　(2017)
(2) 山本利一，　佐藤正直: “中学校技術・家庭科栽培学習におけるタブレット端末の活用と授業実践”，教育情報研究，　第 29 巻，　第 1 号，　pp. 45-53　(2013)
(3) 区麗君, 劉博昊, 鬼頭明仁:“栽培学習アプリの試作”, 横浜国立大学教育学部紀要, 第 2 巻, pp. 1-10（2019）

メタバースとユニバース間のインタラクションに基づく授業訓練システムの開発に関する検討

Study on Development of Lecture Training System based on Interaction between Metaverse and Universe

明日響矢[*1]，福島颯太[*1]，大井翔[*1]
Kyoya AKEHI[*1], Sota FUKUSHIMA[*1], Sho OOI[*1]
[*1] 大阪工業大学情報科学部
[*1]Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology
Email: kyoya.akehi@mix-lab.net, sho.ooi@outlook.jp

あらまし：教員志望者は教育実習など現場での授業経験が少ないため，授業への不安がある．我々はこれまでに現場の児童生徒振る舞いに基づく授業訓練システムの開発をしている．このシステムでは教員の視点が固定されており，このシステムでは机教員の動きに合わせてスクリーンに映す仮想学級を変化させることで空間把握問題を解決する方法と板書の撮影を行い，定量的な振り返りはできるものの，生徒と教師のインタラクションが少ない問題があった．本研究では仮想現実内での模擬授業を再現し，インタラクションを増加させよりリアルな授業訓練システムを提案する．
キーワード：仮想現実，仮想学級，模擬授業，授業訓練，骨格情報

1. はじめに

教員志望者は教職過程の履修を行い，教諭免許状を取得する必要がある．その中でも実践的なものとして教育実習と模擬授業がある．教育実習は教員志望者において実際の教育現場に触れることができる貴重な機会であり，自身の教職への適性を考えることに大きな影響を与える．模擬授業では，大学生が児童生徒などになりきるが，専門大学のような学校では教員志望の大学生の人数が少なく児童生徒役が足りない問題もあるため，実際の教育現場との差異が生じる可能性がある．

以上の問題点から福島らは児童生徒一人ひとりの動きに着目し授業の質や天気などの環境面の他に周辺の児童生徒の行動に影響し，互いに干渉しあいながら決定するマルチエージェントプランニングを活用した授業訓練システムの提案を行った(1).

以下の図 1 に従来研究の概要を示す.

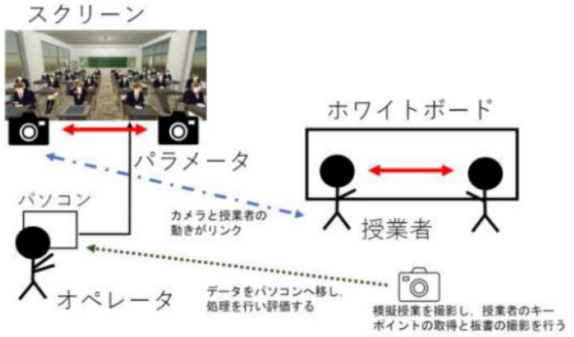


図 1 従来研究の概要

しかし，このシステムでは，児童生徒の行動は決められた操作の下に動かされており，実際の授業を想定した練習には不十分であると考えられる．また，臨場感がないといったような問題点があった．

このような課題点を解決するために本研究では，図 2 に示すように，実世界(ユニバース)と仮想世界(メタバース)を使ってよりリアルな児童生徒のやり取りを再現し，授業訓練ができるシステムを目指す.

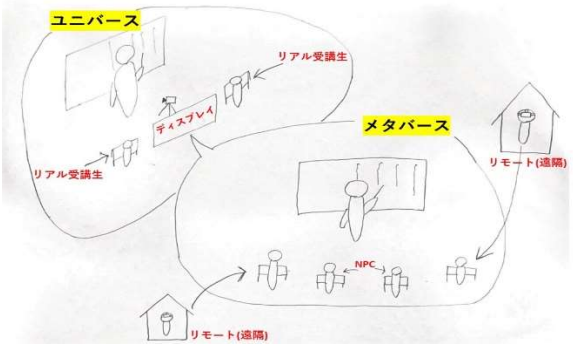


図 2 メタバースとユニバース統合した模擬授業訓練システムの概要図

具体的に，ユニバース空間では，従来研究と同様に先生役が黒板の前に立ち，その様子をカメラで撮影し，スクリーンに投影させた教室を見ながら授業を行う．児童生徒役としては，従来の模擬授業同様にユニバース内で講義を受ける人もいれば，遠隔地よりメタバース空間から授業を受ける人もいる．メタバース空間では，福島ら開発した VR アバタを用いた訓練システムの NPC アバタのいるメタ空間に，

各地からログインし，ユニバース空間で授業を w している様子を見ることができる．

ユニバースとメタバース間では，通常の対話などのインタラクションを可能にすることで，教師視点では，よりリアルな児童生徒がいる状態での授業訓練，児童生徒視点では，教室にいるときのような他の児童生徒とのインタラクションを可能にする．

2.　メタバースとユニバース統合した模擬授業訓練システム

2.1 ユニバース機能について

実際に模擬授業に参加する児童生徒役も配置可能とする．以下の図 3 にユニバースの概要を示す．

図 3 ユニバースの概要

実際の授業を想定した模擬授業のため，先生役は板書を行わなければならない．そのため，先生役は仮想現実内で授業訓練を行うのではなく，現実で授業訓練を行い，その様子をカメラで仮想現実内に映す．先生役は，仮想現実内の教室をディスプレイで確認を行う．

2.2 メタバース機能について

仮想世界(メタバース)では，児童生徒役が VR を使用し教室内に生徒として入り，手を挙げての質問や生徒同士の雑談などのアクションを行う．また，児童生徒役が操作しない NPC も配置する．以下の図 4 にメタバースの概要を示す．

このシステムでは, 仮想現実内で模擬授業を行い，児童生徒も大学生が行うことで，先生役と児童生徒役のインタラクションを増加させる．児童生徒役もユーザーが操作し, Unity で作成した仮想現実内で同時に複数人が操作を行うため，ドイツの Exit Games 社が開発したオンラインゲーム開発向けネットワークエンジンである Photon を使用する(2).

このシステムを用いることで, Unity で作成した教室内に存在する児童生徒を大学生が操作することが可能になる．

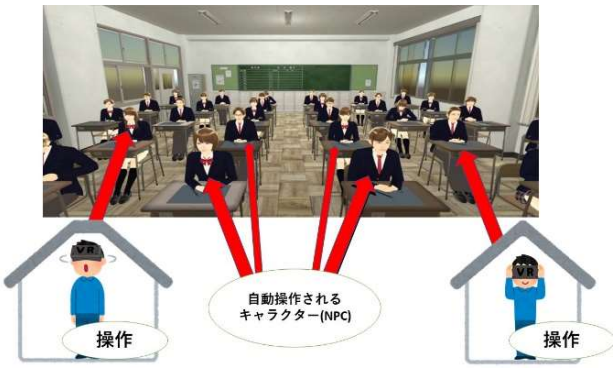


図 4 メタバースの概要

3.　実験予定

現在は，ユニバース空間にいる人（教師役）とメタバース空間（仮想空間）内にいる VR を付けた人がコミュニケーションを行うことができるシステムを開発中であり，音声会話でのコミュニケーションに関する実験を予定している．

本実験は，教育実習に参加している教員志望者に本システムを使用してもらい 15 分間模擬授業を行った後にアンケートを行い，本システムが授業訓練システムとして有効か調査する. 調査にあたっては，システムを体験してもらい，質問紙調査により評価を行う．質問紙調査の内容は，主に実際の授業との差異やインタラクションの自然性，システムを使用しての効果の有無，今後使いたいと思うかなど，従来研究を参考に実施する(1).

これらの実験は，大阪工業大学における人を対象とする倫理委員会の審査(2021-23-2)に基づき実施する．

4.　まとめ

本研究では従来研究の授業訓練システムの課題点を解消するべく，Photon によるユーザーが同時に操作することを可能にした，メタバース授業訓練システムを提案した．今後実験を行いアンケート結果から考察を行う．また，アンケート結果からシステムの改良を行うことで，より新任教員の能力向上を手助けするシステムを開発していく．

謝辞

本研究は，JSPS 科研費 19K20750 の助成を受けた

参考文献

(1) 福島 颯太, 大井 翔,桝本 智絵: “画像処理に基づく視点移動を考慮した授業訓練システムと 板書の定量的振り返りの効果検証”，教育システム情報学会技術研究報告，四国地区（2022）

(2) グローバル　クロスプラットフォーム　リアルタイムゲーム開発 (photonengine.com) https://www.photonengine.com/ja-jp

手形状認識装置を用いた 初学者向けピアノ演奏支援システム

Piano Learning Support System for Beginners using Hand Shape Recognition Device

永井 勇真[*1], 松原 行宏[*1], 岡本 勝[*1], 毛利 考佑[*1],
Yuma NAGAI[*1], Yukihiro MATSUBARA[*1], Masaru OKAMOTO[*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: mi67011@e.hiroshima-cu.ac.jp

あらまし：本稿では，手形状認識装置として Leap Motion を用いた，手指モデルの表示と降下型の譜面情報の提示を行うピアノ演奏支援システムを提案する．提案システムでは，楽譜が読めない人や押下する鍵盤と鳴る音の対応が取れない人でも練習できるビジュアルフィードバックを実現した．評価実験では，手指モデルの表示が演奏に与える影響と提案システム本体の評価を行い，実験的に提案システムの有用性を確認した．
キーワード：手形状認識，ピアノ，演奏支援システム，譜面情報

1. はじめに

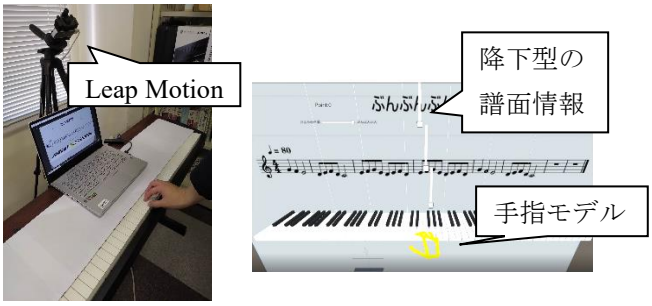
楽器の演奏はポピュラーな趣味の一つだが，同時に非常に習得の難しい趣味としても知られる．特に，ピアノ学習経験のない人がピアノ演奏時に直面する課題として，篠原は，楽譜が読めないということと，鍵盤のどの部分がどの音と対応しているのか瞬時に把握できないという問題を挙げた[(1)]．Leap Motion による手形状認識を活用したピアノ演奏支援システムとして，日本テレビ社開発の「テオミルン」が存在する．これは，プロのピアニストの手指動作を記録し，MR 形式で表示するというシステムだが，手形状認識の利用は手本となる演奏に限り，システム利用者の手指動作の表示・評価等は行われていない．

本研究では，演奏中に楽譜が読めない問題と鍵盤の押下部分と鳴る音の対応が取れない問題を解決し，楽譜が読めなくても演奏音と押下位置，演奏タイミングが把握可能になる，手形状認識装置と MIDI 出力機能に対応したキーボードを用いた，演奏中の手指動作と降下型の譜面情報を表示するピアノ演奏支援システムを開発する．

2. 提案システム

2.1 システム概要

図 1(a)に提案システム構成時の外観を示す．提案システムはコンピュータと MIDI 出力機能に対応したキーボード，手形状認識として Leap Motion を用い，キーボードの背面上部に三脚を用いて固定する．システムは3D ゲームの開発環境である Unity を使用して開発した．図 1(b)に提案システムの画面を示す．演奏者は，鍵盤と手指モデルと降下型の譜面情報を視認しながら演奏を行う．演奏時には押下する鍵が赤色に変化し，同タイミングで実際に鍵を押下することで得点が加算される．演奏終了時に総得点を確認することで自身の演奏結果を確認できる．



(a)システムの外観　　(b)システムの様子

図 1 提案システムの様子

2.2 降下型の譜面情報

譜面情報として，一般的な楽譜の他に降下型の譜面情報が存在する．演奏する曲について，押下するべき鍵に対応した場所とタイミングに画面上部から鍵盤オブジェクト部分に降下してくるものであり，楽譜が読めない演奏者でも押下場所と押下タイミングを直感的に理解して演奏を行うことが可能となる．UI 部に搭載した速度変更機能を使用することで降下スピードを変更することが可能であり，演奏者の感覚に合わせたスピード表示が可能である．降下型の譜面情報と楽譜を同時に確認しながら演奏することで，楽譜と押下箇所の対応を把握しながら演奏を行うことも可能である．

2.3 手指モデル

降下型の譜面情報を視認する演奏では楽譜に対応した押下箇所の理解ができる一方，実際の鍵盤で押下する箇所は直接視認する必要があり，システム画面と鍵盤を同時に確認しながら演奏することは困難である．システム画面上に Leap Motion によって取得した手指座標を基にした手指モデルを表示するこ

とで，演奏者はシステムの画面を視認するだけで手の位置を把握することが可能になり，押下箇所を理解しやすくなる．

2.4 システムの使用例

演奏者は最初に降下型の譜面情報を表示した状態で演奏を行い，任意の楽曲の演奏を行う．この状態での演奏が十分行えるようになった段階で，降下型の譜面情報を非表示にして演奏を行う．演奏が困難だと感じた場合は，降下型の譜面情報を表示した状態で，楽譜の存在を意識しながら再度演奏を行う．これを繰り返して，楽譜のみで演奏が行えるようになるまで練習をする．このように学習を行うことで，楽譜が読めない人でも演奏を行うことを可能とし，楽譜を読みながら演奏を行うことにも繋がる．演奏時に表示する手指モデルを視認しながら演奏を行うことで，演奏中の運指や手の動きを確認することも可能である．

3. 評価実験

3.1 実験目的と方法

手指モデルの表示が演奏に与える影響と演奏支援システム本体の有効性を評価することを目的として，評価実験を行った．キーボードの白鍵と黒鍵の色の違いが Leap Motion の手形状取得に悪影響を与えるため，本実験ではキーボードの黒鍵部分を白紙で覆い，演奏する曲は比較的簡易な曲として「カエルの合唱」,「ぶんぶんぶん」の 2 曲を用いた．それぞれの曲において手指モデルが存在する場合の演奏と手指モデルが存在しない場合の演奏を 1 回ずつ行い，実験終了後に 5 段階評価と自由記述によるアンケートを実施した．被験者として大学生，大学院生を対象とし，グループ 1 は手指モデル表示のある場合を先に演奏した 5 名(A, B, C, D, E)，グループ 2 は手指モデル表示のない場合を先に演奏した 5 名(F, G, H, I, J)とした．

3.2 実験結果と考察

図 2 にシステムを用いて「カエルの合唱」を演奏した得点率, 図 3 にシステムを用いて「ぶんぶんぶん」を演奏した得点率，表 1 に「カエルの合唱」の得点率の平均と標準偏差，表 2 に「ぶんぶんぶん」の得点率の平均と標準偏差を示す．得点率の推移は当然ながら，1 回目の演奏から 2 回目の演奏にかけて上昇するという傾向はあったが,「カエルの合唱」における 1 回目の演奏に着目すると，手指モデル表示にない状態で演奏したグループ 2 の平均得点率が 77.6%であるのに対し，手指モデル表示がある状態で演奏したグループ 1 の平均得点率は 86.4%であり，特に初めて演奏する際に手指モデル表示が有効である可能性が見受けられる．全ての演奏において得点率が 100%であった被験者 J はアンケートの結果からピアノ演奏の経験があることが確認できた．本実験で使用した比較的簡易な楽曲の範囲では，システムを利用した演奏の効果はピアノが演奏できない人に限定されると思われる．

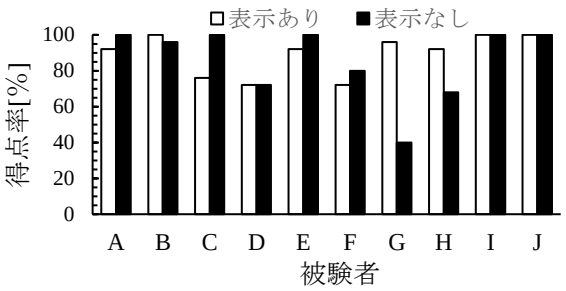


図 2 「カエルの合唱」の得点率

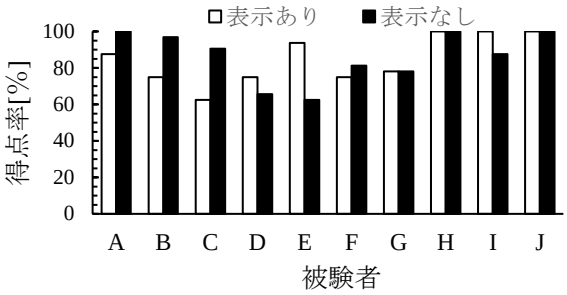


図 3 「ぶんぶんぶん」の得点率

表 1 「カエルの合唱」の得点率の平均と標準偏差

		AVG	SD
グループ 1	手指モデルあり	86.4	10.6
	手指モデルなし	93.6	10.9
グループ 2	手指モデルあり	92.0	10.4
	手指モデルなし	77.6	22.4

表 2 「ぶんぶんぶん」の得点率の平均と標準偏差

		AVG	SD
グループ 1	手指モデルあり	78.6	10.9
	手指モデルなし	83.1	15.9
グループ 2	手指モデルあり	90.6	11.5
	手指モデルなし	89.4	9.2

4. まとめ

手形状認識装置を用いた演奏支援システムの構築, 譜面情報と手指モデルの表示が演奏に与える影響を評価した．結果として，演奏支援システムとして一定の評価を得ることができ，手形状認識の活用の可能性が確認できた．

今後の課題として，手指モデルや鍵盤オブジェクトの表示形態の改善と，手指モデル表示のみに使用した手形状データを運指，演奏技術の判定等に使用することが挙げられる．

参考文献

(1) 篠原友里:“初等教育教員養成課程におけるピアノ学習支援に関する一考察　-自主制作教材の活用を通して-”，福岡教育大学紀要．第六分冊，教育実践研究編, Vol.7, pp. 7-12（2022）
(2) Mogulive : HoloLens でお手本を見ながらピアノレッスン『Teomirn』, https://www.moguravr.com/teomirn/ (参照 2023.05.22)

全身運動による VR ドラム演奏のリズム訓練支援システム

Rhythm training support system for VR drum performance by whole body movement

藤堂　悟[*1]，岡本　勝[*1]，松原　行宏[*1]，毛利　考佑[*1]
Satoru TODO[*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: mh67012@e.hiroshima-cu.ac.jp

あらまし：楽器演奏の熟達化には長期間にわたって質の高い練習が求められる．特に，ドラムを演奏することにおいて上達が難しいという難点はいくつか挙げられ，こういった点の一つである，腕と足による全身運動での演奏がドラムを難しくしている主な要因の一つであると考えた．VR を用いたドラム演奏訓練を行い，上半身での演奏だけでなく，脚部センサによる下肢動作の実装と全身運動による VR ドラム演奏のリズム訓練の開発を行い，下肢動作の検出が可能かどうか検証と，腕と足を使った演奏によってリズム訓練を行い効果が得られるかの検証を行った．
キーワード：ドラム，VR，全身運動，下肢動作，リズム，訓練支援

1.　はじめに

楽器演奏の熟達化には長期間にわたって質の高い練習が求められる．特に，ドラムを演奏することにおいて上達が難しいという難点はいくつか挙げられる．環境的問題点や正確なタイミングで力強く叩くこと，ドラム演奏を全身運動として捉えた場合に，全身を協調させながら演奏をおこなえるかどうかは，初心者が動作を習得する上で必ず達成すべき課題[(1)]といった，多くの要因が重なり合っている．こういった点の一つである，腕と足による全身運動での演奏がドラムを難しくしている主な要因の一つであると考える．

我々は VR を用いたドラム演奏訓練を行い，視覚的にリズムを演奏動作に変換しやすくするため，初学者のドラム演奏の訓練支援と分析のために HMD 型 VR ドラムを用いた上半身での演奏が可能なリズム訓練支援システムを開発した[(2)]．本稿では，前述の VR を用いたドラム演奏訓練システムに実装されていなかった脚部センサによる下肢動作の実装と全身運動のリズム訓練の開発を行い，下肢動作の検出が可能かどうか検証と，腕と足を使った演奏によってリズム訓練を行い効果が得られるかの検証を行った．

2.　提案システム

本システムの VR 空間を図 1 に，訓練時外観を図 2，3 に，下肢動作の検出によってバスドラムとハイハットの開閉を演奏する VR ペダルを図 4 に示す．本システムは，VR 空間の視点映像を HMD に出力することで訓練者に VR 空間を見せる．使用する HMD は MetaQuest2 であり，手の動作検出には Touch コントローラ，下肢動作検出には脚部センサとして Joy-Con を用いている．脚部センサは左右の太ももにバンドを用いて，一つずつ装着する．

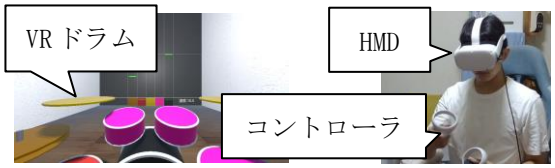


図 1 VR 空間　　図 2　訓練時外観(上半身)

図 3　訓練時外観(下半身)

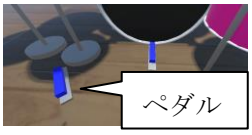


図 4　VR ペダル

本システムで用いるドラムは，ハイハット，スネアドラム，クラッシュシンバルが 2 つ，タムが 3 つ，バスドラムの合計 8 つのドラムから成る．このドラムセットを用いて，演奏訓練を行う．既存のシステムはバスドラムの演奏とハイハットの開閉の演奏が未実装であったが，本システムでは左右の加速度センサに搭載されている機能を使い，下肢動作として「足を上げる」「足を下げる」の 2 種類の動作を検出した．この 2 種類の下肢動作検出により，バスドラムとハイハットの開閉の演奏を実装した．脚部センサは Bluetooth 方式で接続しており，図 3 のように訓練者の太ももの部分に，バンドを用いて装着している．左右の太ももに装着することで，左足ではハイハットの開閉，右足ではバスドラムの演奏を実装した．加速度によってバスドラムやハイハットのパーツであるオブジェクトを上下する動作挙動を，HMD を通して確認できる．

仮想空間前面に楽譜情報を可視化した譜面情報を表示する．譜面情報を被験者に提示し，VR ドラムを演奏する訓練を行う．訓練中は，スティックなどのオブジェクトを用いてドラムを演奏した場合には

衝突判定が行われ，演奏したリズムのリズム判定も行われる．楽譜情報から変換され，可視化された譜面情報を表示する壁面に音符オブジェクトを譜面情報として表示する．

本システムの訓練楽譜構成は既存のシステムから訓練効果をより高めるため，訓練楽譜を 5 種類に分類した．分類した楽譜は，単一のドラムを 4 分音符などの基礎的なリズム構成から，手足を使ったドラムの基礎的なリズム構成，手のみを使った 3 種類のドラムの基礎的なリズム構成，さらに，手足を使った 4 種類のドラムの基礎的なリズム構成である．このような楽譜のリズムや演奏するドラムの種類から，複雑かどうかを判断し，合計 15 楽譜の訓練楽譜を 5 種類に分類した. また, 下肢動作のない楽譜が 9 つ，下肢動作のある楽譜が 6 つある．このように分類された訓練楽譜でリズム訓練を行うことで，スティックによる演奏である腕での動作と，バスドラムの演奏とハイハットの開閉である下肢動作によって，訓練楽譜として流れてくる音符を見ながら，ドラムのリズム訓練を行うことができる．

演奏のリズムが合っているかを判断するために，演奏されたリズムと楽譜のリズムとのタイミングの差を，リズム区分を設け，区分 1 から 5 にかけて，タイミングのズレが大きくなるように分類した．60Hz の映像であるため, 映像のフレーム毎に 4, 6, 9, 12 フレームで区切りを設け, 5 つに区分けを行うことで，タイミングの差があるかどうかを検出し，リズム効果が得られたかを訓練効果とする．これらの機能を用いて，全身運動における初学者のドラム演奏の訓練支援と分析のために，VR ドラムとリズム訓練支援システムを開発した．

3. 検証実験

訓練システムにおける，脚部センサを用いた下肢動作の検証と, 下肢動作を含めた全身運動による VR ドラム演奏によるリズム訓練効果の検証を行った．脚部センサを用いた下肢動作の検証はシステム上で, リズム訓練効果の検証は，演奏時に検出したリズムデータからの検証を行った．また，実験前後にアンケートを行った．被験者はドラム演奏未経験の大学生 3 人とした．

検証実験結果として，脚部センサを用いた下肢動作検出は Bluetooth 接続で可能であり, 訓練者の下肢動作によって確認ができた．しかし，訓練楽譜の切り替え時などでタイミングにズレが発生した. また、加速度センサのみでの精度では，下肢動作検知の限界もあったため，下肢動作を検知するセンサについて改善が必要であることがわかった．

また，下肢動作を含めた全身運動による VR ドラム演奏のリズム訓練効果を検証するために，設けたリズム区分を用いることで，下肢動作のある訓練楽譜と下肢動作のない訓練楽譜において，リズム誤差の分析を行った．

表 1 下肢動作の有無による平均リズム誤差

	区分 1	区分 2	区分 3	区分 4	区分 5
下肢あり	34.4%	2.09%	36.4%	3.56%	23.6%
下肢なし	43.1%	1.17%	32.8%	2.25%	20.7%

被験者の平均結果を表 1 に示す．区分 1 では，下肢動作の有無による訓練楽譜でのリズム誤差を比較した場合に下肢動作がある方が割合が小さく，他の区分では割合が大きいことがわかる．また，リズム誤差だけではなく，流れてくる音符数と比較して少なく正確に叩けば，精度が上がってしまうという点から，訓練者が叩けた率を分析した．被験者の平均結果を表 2 に示す.

表 2 下肢動作の有無による平均叩けた率

	平均打数	音符数	叩けた率
下肢あり	32.06 回	61.33 個	60.92%
下肢なし	28.70 回	46.22 個	68.78%

下肢動作の有無で叩けた率を比較した場合，下肢動作のある訓練楽譜の方が，叩けた率が小さいことがわかる．また，下肢動作だけの演奏では叩けていた訓練者も，腕と脚の両方を使った全身運動による演奏の場合には叩く回数が減っていた．この結果から考えられることとして，下肢動作だけの基本的な演奏では，訓練効果も出やすくタイミングも誤差が減るが，全身運動による演奏となることで叩けた率も低下し，リズム誤差も増加した．リズム誤差を抑える点と，複雑な動きでドラムを叩けるようにという点において，訓練効果も出にくくなる可能性が考えられる．

実験結果から，下肢動作を行う楽譜は初学者にとってリズムが複雑化し, 正確にリズムが取りづらい. よって，下肢動作を含めた訓練には時間や訓練回数が必要ではないかと考える．

4. おわりに

VR ドラム演奏を用いたリズム訓練支援のシステムの構築し，今回用いた脚部センサで下肢動作を検出可能かどうか，訓練楽譜の分類が適切かの検証を行った．今後の課題として，更に精度の良い下肢動作を行うことによる，初学者の下肢動作の分析や訓練について更に検証をする必要があると考えられる．

参考文献

(1) 谷貝 祐介, 古山 宣洋, 三嶋 博之: “ドラムセット演奏を支える姿勢制御―打圧データと床反力中心データを用いた熟練者と初心者の比較―”，認知科学, Vol. 26, No. 2, pp197-218（2019）
(2) 藤堂悟, 岡本勝, 松原行宏, 毛利考佑: “VR ドラムを用いたリズム訓練ドラム演奏システム”, 第 47 回教育システム情報学会 全国大会, pp. 201-202 （2022）

避難訓練 VR におけるリプレイ機能を用いた振り返り支援

Reflection Support with Replay Function in Evacuation Training VR

市野 有朔*1，大江 海斗*1,光原 弘幸*2，獅々堀 正幹*2
Yusaku ICHINO*1, Kaito OE*1, Hiroyuki MITSUHARA*2, Masami SHISHIBORI*1
*1 徳島大学大学院創成科学研究科
*1 Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Tokushima University
*2 徳島大学大学院社会産業理工学研究部
*2 Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima University
Email: c612335045@tokushima-u.ac.jp

あらまし：避難訓練 VR が盛んに研究開発されており，防災学習のひとつとして期待されている．本研究では，徳島大学キャンパスを 3D モデル化した避難訓練 VR を開発し，訓練参加者の避難行動の振り返り支援を検討している．VR 内で簡易的な避難訓練を実施し，1 人称及び 3 人称視点のリプレイ機能による振り返り支援の効果について調査した. その結果, 両視点において被験者の防災意識の向上などがみられ, リプレイ機能による振り返り支援が有効であることがわかった.
キーワード：Virtual Reality (VR)，VR ヘッドセット，1 人称／3 人称視点，避難訓練，振り返り支援

1. はじめに

日本は長年，地震や津波などの災害による脅威に晒されてきた．したがって，災害に対する備えが重要とされ，例えば，避難訓練が定期的に実施されている．しかし，防災意識が低いなどの理由から，積極的な避難訓練参加者は多くない．このような状況を改善するために，近年注目を集めている VR が避難訓練に応用されている. さまざまな災害状況を 3D 空間内でシミュレートし，安全な環境で繰り返し避難を疑似体験させることで，防災意識の向上や避難知識の獲得が期待できる．例えば，地震火災の延焼を忠実に再現した避難訓練 VR が存在する[1].

しかし，従来の避難訓練の多くは避難経路をたどるだけであり，参加者自らに避難行動を考えさせておらず，避難行動の振り返りを取り入れることも少ない．従来の避難訓練と同様，避難訓練 VR において避難行動を振り返ることは重視されていない．そこで，避難訓練 VR の効果を高めるために，振り返り支援が必要となる．

本研究では，避難訓練 VR における振り返り支援の確立をめざし，振り返り支援としてリプレイ機能を実装した．そして，この機能を 1 人称視点と 3 人称視点で比較実験した．

2. 避難訓練 VR

本研究では以下の要件を定めて避難訓練 VR を開発している．

1. 高性能な PC 以外でも動作する．
2. 災害状況をリアルに表現する．
3. 避難行動の振り返りを可能にする．

現在のところ, VR ヘッドセットの Meta Quest 2 で動作し，ゲームエンジン Unity を用いて地震火災の避難訓練 VR を開発している．

2.1 避難訓練における振り返り

避難訓練 VR では，参加者の避難行動を映像（VR ヘッドセットの画面キャプチャ）として記録しリプレイすることが可能である. 参加者が避難行動を映像で振り返ることで, 避難の成功／失敗要因に気づくことができるなど，訓練効果の向上につながる．

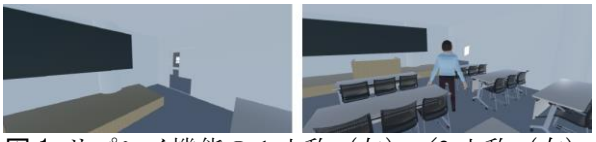


図 1 リプレイ機能の 1 人称（左）／3 人称（右）

避難行動に対して即座にフィードバック（適切／不適切）を表示することで，その場での振り返りを誘発する避難訓練 VR[2]が存在する．本研究では，避難行動を終えた後（避難場所に到着した後など）の振り返りを取り扱う．

2.2 振り返り支援機能

振り返りを含む避難訓練の流れを以下に示す．

1. 仮想空間において不意打ちで地震を発生させる．【避難行動の開始】
2. 制限時間内に避難場所にたどり着けば，避難成功. たどり着けなければ, 避難失敗となる．【避難行動の終了】
3. 参加者が任意のタイミングで振り返りを開始する．【振り返りの開始】
4. 避難行動のリプレイ映像を見て振り返る．映像の一時停止と巻き戻しが可能．
5. 振り返りの結果（気づきなど）をテキストデータなどで入力する．【振り返りの終了】

リプレイ機能は，ボタン操作により視点を 1 人称と 3 人称に切り替え可能である（図 1）．

- 1 人称：参加者の避難時の視界を再生する．
- 3 人称：VR ヘッドセット付属コントローラのスティック操作で，参加者アバタを中心にカメラを回転・移動させることで，移動経路や視界外など周辺状況を容易に確認できる．

3.　評価実験

1 人称／3 人称視点のどちらが振り返りに適しているかを明らかにするため，簡易的な避難訓練を通じて比較実験を実施した．

3.1 実験設定

徳島大学理工学部キャンパスの 3D 仮想空間を用意し，被験者である徳島大学の学生 10 名を無作為に次の 2 グループに分割した．

- グループ F（5 名）: 1 人称視点リプレイ機能を用いて避難行動を振り返るグループ
- グループ T（5 名）: 3 人称視点リプレイ機能を用いて避難行動を振り返るグループ

以下の流れで実験を実施した．

1. 被験者は事前アンケートで災害経験や VR 経験を回答する．
2. VR ヘッドセットとコントローラを装着し，VR 講義棟内の指定された講義室へ行く．
3. 緊急地震速報が鳴り地震が発生する．直後に火災警報も鳴る．
4. 避難行動を開始する．火災発生に伴い，講義棟外が避難場所になる．
5. 避難途中，炎や負傷者を目撃する．
6. 1 階出口を出る．振り返りが開始される．
7. 振り返り終了後，事後アンケートに回答する．

3.2 結果と考察

(1) システムログ・視点映像

巻き戻し回数と一時停止回数の平均値と標準偏差を**表 1** に示す．どちらもグループ T の平均値がグループ F を上回った．t 検定の結果，巻き戻し回数に有意差（$t(10) = 2.683, p = 0.028$）がみられた．視点映像を分析したところ，3 人称視点が他の避難経路や危険個所に気づきやすく，それらを探したり確認したりするために巻き戻しを多用したと考えられる．一方で，事後アンケートの自由記述から，リプレイ中に自分を見失い避難行動を再度確認するために巻き戻しを利用したこともわかっており，操作性に起因する結果であるとも考えられる．一時停止回数については，有意差はみられなかったものの，3 人称視点では映像を一時停止して広範囲を確認できることが平均値の増加につながったと考えられる．

(2) アンケート

5 段階評価で尋ねた事後アンケートの平均値と標準偏差を**表 2** に示す．すべての項目について，t 検定による有意差はみられなかった．グループ F は自分の視点と限られた視野で振り返ることになるため，グループ T よりも没入感と恐怖感が高くなったと考えられる．グループ T では自分のアバタを後方から俯瞰する形で客観的に避難行動を振り返ることになるため，没入感と恐怖感が低くなったと考えられる．一般的に VR では没入感の向上をめざすが，振り返りにおける没入感の取り扱いについては議論を要する．また，過度な恐怖感は避けるべきとの考えもあり，適度な恐怖感についても議論を要する．防災意識については，両グループとも高い平均値を示した．自由記述に「避難ルートの確認が大事だと感じた」といったリプレイ機能に対する肯定的な感想が見られたことから，1 人称 3 人称問わずリプレイ機能による振り返りが防災意識を向上させたと考えられる．

表 1 巻き戻しと一時停止の回数

項目	F の平均値（標準偏差）	T の平均値（標準偏差）
巻き戻し回数	0.2 (0.45)	2.8 (1.79)
一時停止回数	1.0 (1.73)	3.6 (2.3)

表 2 事後アンケートの結果

項目	F の平均値（標準偏差）	T の平均値（標準偏差）
没入感	4.2 (0.837)	3.8 (0.837)
恐怖感	3.0 (0.707)	2.6 (1.14)
防災意識向上	3.8 (0.837)	4.4 (0.894)
操作性	3.8 (0.447)	3.2 (1.095)
視認性	3.6 (0.548)	3.2 (0.837)
シーンシーク	4.0 (0.707)	4.4 (0.548)

リプレイ機能の操作性と視認性についてはグループ F の平均値が上回った．特にグループ T から「視点の中心が足元で地面にめり込んでしまう」「アバタを光らせて現在地をわかりやすくする」といった課題や改良点が指摘されたことから，自由度の高いカメラ操作は被験者にとって扱いづらかったと考えられる．シーンシーク（見たいシーンを見られたか）については，両グループで平均値が 4.0 以上となっており，1 人称 3 人称問わず容易に振り返るべき箇所を探すことができたといえる．

以上の結果と考察から，1 人称／3 人称それぞれに利点があり優劣をつけるのは難しいが，人称視点を適宜切り替えながらリプレイ機能を活用して振り返ることが有効であると結論づけたい．

4.　おわりに

本稿では，避難訓練 VR におけるリプレイ機能を用いた振り返り支援とその比較実験について述べた．今後は，実験で指摘された 3 人称視点カメラの機能改善などに取り組みながら，実践的な避難訓練を通じて，より詳細に訓練効果を明らかにしていく．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18H01054 ならびに 23H01004，徳島大学理工学部令和 4 年度先端理工学教育研究プロジェクト(No.2022-01)の助成を受けた．

参考文献

(1) 小林 大吉ほか：“VR(仮想現実) を用いた地震火災時の市街地延焼からの避難行動特性”，地域安全学会論文集，第 31 巻，第 2 号，pp.59-68 (2017)

(2) Feng, Z., et al. “Exploring spiral narratives with immediate feedback in immersive virtual reality serious games for earthquake emergency training”, Multimedia Tools and Applications, Vol.82, pp.125-147 (2023)

初修中国語ブレンディッドラーニング授業のリニューアルに伴うモバイル学習アプリの改修

Enhancing Mobile Learning App for Revamped Blended Learning Class in Beginner's Chinese Course

大河 雄一[*1], 趙 秀敏[*1], 三石 大[*1], 桂 雯[*1], 王 軒[*1]
Yuichi OHKAWA[*1], Xiumin ZHAO[*1], Takashi MITSUISHI[*1], Wen GUI[*1], Xuan WANG[*1]
[*1] 東北大学
[*1]Tohoku University
Email: kuri@tohoku.ac.jp

あらまし：著者らは，初修中国語授業を対象に，対面授業と e ラーニングによる復習を組み合わせたブレンド型授業を実施しており，復習に使用するモバイルアプリの開発を行ってきた．今年度から，連動した週 2 回の授業うち 1 回をオンデマンド型授業で実施し，その学習内容の定着学習のためアプリによる学習を行うよう，カリキュラムの変更を行った．それに伴いモバイルアプリも大幅な改修を行った．本稿では，その設計と実装について報告を行う．
キーワード：スマートフォン，学習アプリ，ブレンディッドラーニング，中国語，音声認識

1. はじめに

著者らはこれまでに，対面授業と e ラーニングによる復習を組み合わせたブレンド型初修中国語授業を実施し，2018 年からその授業内容に沿った復習が可能なマイクロラーニング型モバイルアプリ KoToToMo Plus を開発してきた(1)．また 2022 年には十分な学習量の確保の支援を目的に，アプリ利用の動機づけを行う UX デザインとして，学習状況の確認ができるマイページ及び文脈に応じたプッシュ通知を行う機能などを導入している(2)．

東北大学では，2023 年 4 月から中国語授業のカリキュラムを大幅に見直すこととなり，それに伴い学習アプリの位置付けも変更となった(3)．本稿では，その結果，従来から大きく変更されたアプリの設計と，その実装・運用で予想された課題について述べるとともに，本研究で開発したアプリの概要について述べる．

2. 授業とアプリ学習の位置付けの変更

本学において第二外国語科目は，週 2 回の授業が設定されている．2022 年度以前は，それぞれ異なる教員が担当し，教科書も異なる別々の授業がおこなわれていた（図 1）．互いに連携しない異なる授業を並列で実施するのは，学習効果や質の保証の面から課題があるため，2023 年度からは週 2 回の授業を同じ教科書を使用した一体の授業とすることとなった．

コロナ禍で授業のデジタル化をおこなった経験を踏まえて，週 2 回の授業のうち 1 回は，ビデオ教材を用いたオンデマンド型授業を実施しており，その学習内容の定着をはかるためモバイルアプリを用いて単語，文法，会話の学習をおこなうこととなった．なお，もう 1 回の授業は，対面によるアクティブラーニングをおこない，その中で実践応用，確認テストなどのフィードバックを提供する．

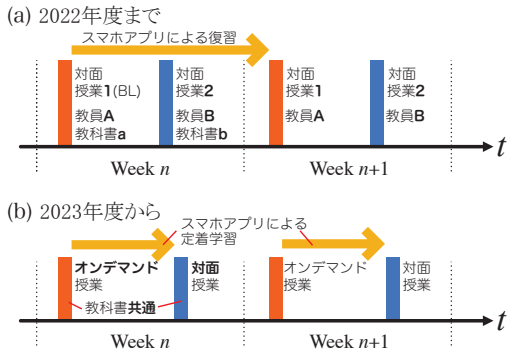


図 1 カリキュラムの変更

表 1 新旧アプリの問題構成と単元ごとの問題数

学習形式		従来	新
発音編	基本発音	1 動画	← 変更なし
	区別して発音	3〜9 問	12 問
	聞き分け	4〜8 問	12 問
	チャレンジ	6〜10 問	10〜14 問
本課編	音読	2 動画	← 変更なし
	単語練習①		23〜24 問
	単語練習②		8〜13 問
	リスニング	4〜7 問	← 変更なし
	文型練習（文法練習①）	6 問	6〜7 問
	文法練習②		7〜8 問
	力試し	4 問	※廃止
	会話練習		4〜5 文×6

ブレンド型授業の変更に伴い，モバイルアプリに求められる役割が，対面授業の復習からオンデマンド型授業の定着のための練習に変更された．その結果，従来のアプリをそのまま使用するのでは，学習形式や授業 1 回ごとの学習の分量が不十分となる(3)．また，オンデマンド型を含めた授業の回数も増えることから，教科書も改訂が行われ，アプリの学習単元を計 18 単元から 23 単元に増やすこととあわせて，アプリの改修が必要となった（表 1）．

3.　学習アプリの改修

3.1 教材設計

改修にあたりまず，授業担当教員でもある第2,4,5著者が，表1の4種類の新学習形式の設計を行った．

- **単語練習①** 単語を音読するとともに，発音を音声認識で文字化し発音の判定を行う学習形式．画面デザインとして図2(a)を設計した．これまでは，KoToToMo Plus 以外の Quizlet アプリにより単語カードによる復習が行われていたが，アプリの改修に合わせて，発音の判定を含めて，単語の学習も同一アプリで行えるようにすることになった．
- **単語練習②・文法練習②**　単語の声調・ピンイン，または文法に関する多肢選択問題を出題する形式．
- **会話練習**　教科書に記載の 4〜5 文で構成される会話のロールプレイを行い，発話を聞き，相手に話す練習を行う学習形式．図2(b)(c)に示すように，ビデオを視聴し，音声認識により発話の判定を行う形式として設計を行った．

3.2 新学習形式の UI 実装

「単語練習①」の画面は，今回のアプリの改修において廃止されることになった「力試し」学習形式（音声認識により「文」発話の判定を行うもの）に，イラスト画像を表示する機能を追加する形で実装を行い図3(a)に示す画面となった．

「会話練習」は，アプリの容量を減らす必要があること，多数の動画を準備するのが困難であることから，動画ではなく，音声のみを用いることとした．また，会話であることから，前の会話を確認しながら練習が行えた方が良いと考え，図3(b)に示すようにチャット画面を模して実装を行った．

3.3 音声認識の課題と対応

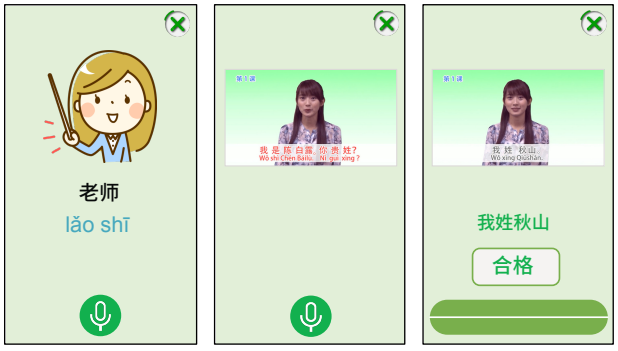
開発アプリでは，発話の判定を行うための音声認識機能として，各スマートフォン OS に標準で備えられた機能を使用している．しかし一般に，OS 標準で提供される音声認識機能は，母語話者を対象としており，非母語話者の発音誤りを考慮して認識を行う機能はなく，母語話者の発音するどの単語に近いのかを判定することになる．また，母語話者であっても固有名詞や，単音節のみで構成された短い単語や声調の違いを正しく認識することは困難である．

そこで，「単語練習①」形式では，母語話者による確認も行い，認識が困難な単語を，教科書とは異なっても，認識可能な単語や表現に入れ替えた．

一方，会話練習の例文には認識が困難な固有名詞などが多数含まれるため，発音を誤っても，認識結果と正解との編集距離に応じて，最大4回再発話を指示し，それ以降は先に進めることとした．これは，正確な発音を得ることよりも，実際に声に出して練習することを重視しているためである．

3.4 マイページの改善

2022 年 10 月に導入したマイページ画面では，授業進行に合わせてアプリで学習を行う単元を確認す



（a）単語練習①　（b）会話・聞く　（c）会話・話す

図2　授業担当教員提案の画面設計

（a）単語練習①　（b）会話練習　（c）マイページ

図3　改修後のアプリの画面例

るためには，カレンダー表示で締切の近い単元を確認する必要があった．今回，図3(c)に示すように最も締切の近い単元がどこなのか，何問が未学習なのかを明示するよう変更を行った．

4.　まとめ

本稿では，東北大学の初修中国語科目において2023 年度から実施をしている新たなブレンド型授業に合わせて，改修を行ったモバイル学習アプリの設計と実装について述べた．現在，本アプリは900人強が利用し，利用ログも得られている．今後，これを利用した学習分析も予定している．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費（19H04223, 19K00875, 20K03119）の助成を受けたものです．

参考文献

(1) Y. Ohkawa, M. Kodama, Y. Konno, X. Zhao, T. Mitsuishi: “A Study on UI Design of Smartphone App for Continuous Blended Language Learning”, Proc. of ICBIR 2018, pp. 584-589（2018）

(2) R. Nakagawa, Y. Ohkawa, X. Zhao, A. Takahashi, T. Ohyama, T. Mitsuishi, Y. Hayakawa: “Implementation of UX Design to Enhance Spontaneous and Continuous Study of a Mobile Application for Foreign Language Learning”, Proc. of EdMedia + Innovate Learning, pp. 1119-1123（2022）

(3) 桂雯，趙秀敏，大河雄一，三石大，王軒: “初修中国語ブレンディッドラーニングのためのアプリのリニューアル”，東北大学高度教養教育・学生支援機構紀要，Vol.9, pp. 141-147（2023）

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

Three approaches for social-emotional skills that lead to agency development

山川 修[*2]
Osamu YAMAKAWA

Safeology 研究所
Safeology Research Institute

Email: safeology.lab@gmail.com

あらまし：本稿では，エージェンシー育成を行うためのアプローチとして社会情動的スキルに関係する３つ（共感，観想，創話）を想定し，その裏付けとなる理論（ボウルビーの愛着理論，ポージェスのポリヴェーガル理論，ギデンスの存在論的安心）とそれに沿った実践方法を解説します．この想定は現在のところ仮説であり，今後の実証的な研究を必要とします．
キーワード：エージェンシー，社会情動的スキル，愛着理論，ポリヴェーガル理論，存在論的安心

1. はじめに

OECD ラーニング・コンパス 2030[(1)]では，ウェルビーイングが教育の目標とされ，その実現のために必要とされるのがエージェンシーと位置付けられています．OECD ではエージェンシーを，自分の未来を自分で形づくる主体性，と考えていますが，それを支える基盤として，認知的基盤，健康的基盤，社会情動的基盤が考えられています．

私たちは，この３つの基盤のうち，社会情動的基盤に関係するコンピテンシーを育成するために「共感」「観想」「創話」の３つのアプローチを想定し，本稿ではその概要を説明します．

2. ３つのアプローチ

社会情動的基盤に関係する３つのアプローチを図１に示し，以下この３つのアプローチ（共感，観想，創話）の説明をします．この図では，それぞれのアプローチの行きつく先として「安心（Secure Base）」を想定していますが，それはなぜかは共感のアプローチのなかで説明します．

2-1 共感（Compassion）

図１の出発点は心理学で使われているボウルビィの愛着理論[(2)]ですが，そこでは幼少期の養育者との関係性が成人になっても保存され，身の回りの人との関係性を形作っていくとされます．その大本には Secure Base（安全基地）と呼ばれる，何かあったら逃げ込める場所があることが重要です．これがあることにより，好奇心の赴くまま積極的に外の世界に出かけることが可能になります．幼少期の安全基地は養育者ですが，成人した場合は，特に養育者が近くにいなくても，自分自身の中に「安心」を見出すことにより，エージェンシーが発揮できるのではないかという想定しました．そしてこのときに使うアプローチが「共感」です．ここで共感とは，自分自身の中でおこる感情に対して否定せずに，ありのままを受け止め，また他者のそれに関しても同様のことをすることを指します．

2-2 観想（Contemplation）

次に内部で形成される「安心」に，別のアプローチはないだろうかと考えました．その結果，神経科学で提唱されているポージェスのポリヴェーガル理論[(3)]にいきつきました．この理論では，ある状況に接した際，内部で感じる「安心」さにより，自律神経系が腹側迷走神経（社会化），交感神経（可動化），

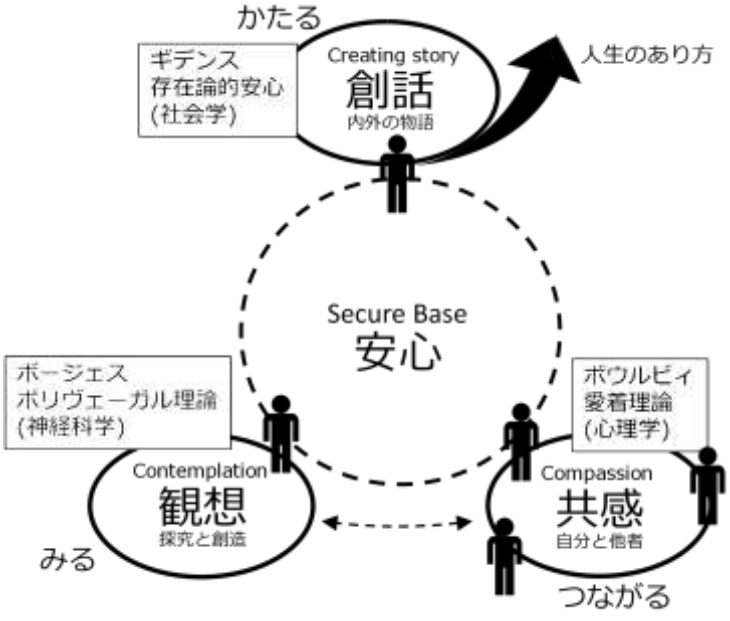


図１　３つのアプローチ

背側迷走神経（不動化），と自動的に切り替わることを提唱しています．一番安心度が高い場合は腹側迷走神経が働き，社会的な交流が可能になります．危険を感じるようになると交感神経が働き，その危険と闘うか，そこから逃げるという行動が現れます．さらに危険が大きくなり，生死に関わるような状況になると，時として不動化や凍り付きなどが起こり，生存確率をあげようとします．

この状況がすこしの刺激でも日常的に起こるようになるのがトラウマと呼ばれる状態で，重いトラウマケアに使われているのが，身体からアクセスする手法[4]です．身体からアクセスするとは，自分で自分の身体の状態を感じるということを含みます．実は感情と身体感覚は密接に関連しており，身体感覚にアクセスできることが感情を感じることにつながり，それが前述の腹側迷走神経を働かせる（つまり安心と感じる）領域を増やすことにつながります．図１のモデルでは，そのアプローチを「観想」ということばで表現しています．

2-3 創話（Creating Story）

「安心」にアプローチする第 3 の視点は「創話」です．普段私たちは外から与えられた物語に従って「良いこと」と「悪いこと」を区別しています．それに従って，周りの世界を判断していますが，それが時として自分に向けられ苦しんだりすることがあります．このアプローチでは，まず「観想」や「共感」を使って，外から与えられている物語を認識し，その上で必要があれば自分の内なる欲求に従って自分が従っている物語を創り変えようというものです．

これは社会学者のギデンスがいう存在論的安心[5]に近いものなので，図１にはその旨が記載されています．存在論的安心は，Secure Base の側面も含まれていますが，私たちがアイデンティティと呼んでいるものも含まれていて，ここでは自分のアイデンティティを自分で再定義しようということにつながっていくと考えています．

3.　３つのアプローチに沿った実践方法

「共感」「観想」「創話」という視点から安心にアプローチするというモデルを前節で説明しましたが，具体的には，「共感」は対話で，「観想」はマインドフルネス[6]（MF）で，「創話」はライフデザイン・ポートフォリオ[7]（LP）という手法を使ってアプローチする実践を，大学生向けの授業，社会人向けの公開講座等の中で始めています．

対話や MF はすでに世の中で広く使われている手法ですが，LP は，自分の人生の核心（大事なもの）をメンター（話の聞き手）に話しながら探求していくというものです．実際には，MF や LP の授業や講座の中に，対話を取り込んでいるので，「共感」と「観想」または「共感」と「創話」というセットで実践を行っています．

MF や LP の実践により「安心」がどう変化したかは，愛着スタイルや首尾一貫感覚[8]（SOC：Sense of Coherence）の質問紙[9]を使って測定しています．その結果，「安心」の度合はある程度向上するという結果が出ています[7][10]．SOC は健康になる要因として考え出されたものですが，近年ではストレス対処能力の指標としても利用されており，私のこれまでの研究でも，愛着スタイルから割り出した「安心」の度合ともかなり高い相関があり[11]，「安心」の指標としても適切ではないかと考えています．

4.　まとめ

OECD ラーニング・コンパス 2030 で目指すエージェンシーを支える社会情動的基盤（社会情動的スキル）の本質に「安心」があるという仮説を元に，そこにアクセスするために「共感」「観想」「創話」という３つのアプローチのモデルを説明しました．ただ，この３つのアプローチは完全に独立なものではなく，相互に関係しているものと考えています．

このモデルに従って，対話，マインドフルネス，ライフデザイン・ポートフォリオを利用した講義や講座の実践を行い，SOC や愛着スタイルの質問紙を使って，安心の度合が向上することを確認しています．ただし，これらの実践では３つのうち複数のアプローチを混合したものを利用していることが重要であろうと考えています．

今後は，この研究をさらに進め，「共感」「観想」「創話」のアプローチがどのように安心に関わってくるかの仕組のモデル化にも取り組んでいきたいと思います．

参考文献

(1) 白井俊：“OECD Education2030 プロジェクトが描く教育の未来”，ミネルヴァ書房，京都（2020）．
(2) ジョン・ボウルビー: “母子関係の理論 1　愛着行動”，岩崎学術出版社，東京（1976）．
(3) ステファン・W・ポージェス: “ポリヴェーガル理論入門”，春秋社，東京　（2018）．
(4) ベッセル・ヴァン・デア・コーク：“身体はトラウマを記録する”，紀伊国屋書店，東京（2016）．
(5) アンソニー・ギデンズ：“モダニティと自己アイデンティティ”，ハーベスト社，東京（2005）．
(6) チャディー・メン・タン：“サーチ・インサイド・ユアセルフ”，英治出版，東京（2016）．
(7) 山川修：“人生の意味を探求するための社会人向けライフ・ポートフォリオ講座の設計 “，情報処理学会研究報告（第 26 回 CLE 研究会），vol.2017-CLE-26 No.7，（2018）．
(8) アーロン・アントノフスキー：“健康の謎を解く”，有信堂高文社，東京（2001）．
(9) 岡田尊司：“回避性愛着障害”，光文社，東京（2013）．
(10) 山川修：“SEL の手法としてのライフデザイン・ポートフォリオ”，日本教育工学会 2021 年度秋季大会講演論文集，pp.93-94（2021）．
(11) 山川修：“Secure Base と情動知能および内発的動機の関係性に関する研究”，教育システム情報学会第 46 回全国大会講演論文集，pp.53-54，（2021）．

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
ーストレス対処力の変化ー

Designing and Assessing Career Course for Develop Social and Emotional Skills
- Changing in Stress Coping Skills -

田中 洋一[*1]，多川 孝央[*2]，山川 修[*3]，合田 美子[*4]
Yoichi TANAKA[*1], Takahiro TAGAWA[*2], Osamu YAMAKAWA[*3], Yoshiko GODA[*4]
[*1] 仁愛女子短期大学
[*1]Jin-ai Women's College
[*2] 筑紫女学園大学
[*2]Chikushi Jogakuen University
[*3]Safeology 研究所
[*3]Safeology Research Institute
[*4] 熊本大学
[*4]Kumamoto University
Email: you@jin-ai.ac.jp

あらまし：Student エージェンシーを育成するため，社会情動的スキルを身につけるキャリア科目を設計・実践している．2022 年度に対面にて実施した本科目の授業設計及びストレス対処力の変化に関して報告する．
キーワード：社会情動的スキル，キャリア教育，授業設計，ストレス対処力 SOC，情動知能

1. はじめに

仁愛女子短期大学（以下，本学と記す）の生活科学学科では，2021 年度に生活情報専攻と生活デザイン専攻を統合し，生活情報デザイン専攻（以下，本専攻と記す）を新設した．本専攻の設置理由は，OECD ラーニング・コンパス 2030 の「より良い未来の創造に向けた変革を起こす能力（Student エージェンシー）」を身につけ，Society5.0（新しい働きかたや新しい生活様式）に適応できる学生を養成することである．そのために必要な「学びの中核的な基盤」の一つが社会情動的スキルである．

本専攻では，社会情動的スキルを身につけるキャリア科目「キャリアプランニング」（以下，本科目と記す）を設計・実践している．本稿では，2022 年度に対面にて実施した本科目の授業設計及びストレス対処力の変化に関して報告する．

2. 授業設計

2.1 授業の概要

本科目は，事務職に就く学生が多い本専攻全員が履修する 1 年前期の選択科目である．本科目の目的は，SEL（Social and Emotional Learning）を通して，自尊感情や対人関係能力を育成し，キャリアをデザインすることである．そのため，マインドフルネスやライフデザイン・ポートフォリオ作成等の実践により自己理解，質問ワークやプロセス・エデュケーションの実践により社会や他者の理解及び対人関係スキル，ジェネリックスキルテストや働く価値ワークショプ等の実践により自己マネジメント及び責任ある意思決定を育んでいく．

本科目の到達目標は下記の５つである．

① 客観的に自己や他者を観察できる．
② 経験を省察することにより，マイセオリーを作成できる．
③ 自分の経験から判断し，ライフデザイン・ポートフォリオを作成できる．
④ 自分の強みや経験にもとづき，他者に対して自己をＰＲできる．
⑤ 自分の強み・弱みを理解した上，自らの働く価値やキャリアを設計できる．

2.2 授業計画

2020 年度及び 2021 年度の本科目は基本的に，オンライン会議アプリ Zoom を用いた同期型（リアルタイム配信）で実施した．2022 年度以降は，対面（面接）で実施している．下記が 2022 年度に実施した本科目 15 回の授業計画である．

(1) マインドフルネス入門
到達目標：幸福について考える，マインドフルネスを知る．

(2) マインドフルネス：ヨーガ瞑想
到達目標：ヨーガ瞑想（座位）を実践してみる．
Breathing（呼吸）エクササイズ＆Isometric（等

尺性）エクササイズの体験.

(3) ジェネリックスキルテスト
到達目標：現時点での自分のジェネリックスキルを判定する．リテラシーテスト（学び方）＆コンピテンシーテスト（態度）.

(4) マイドフルリスニング＆質問ワーク
到達目標：傾聴＆質問のメリットを理解する．マインドフルリスニング（傾聴）＆質問ワークを体験する.

(5) プロセスエデュケーション
到達目標：名画鑑賞ワークを体験する.

(6) 合意形成ワーク
到達目標：各自の「モノの考え方」や「価値観」に注目して，お互いの理解を深める．少数意見を大切にして，対話の過程を観察する.

(7) ジェネリックスキルテストの振り返り
到達目標：ジェネリックスキルテストを振り返り，自分の強み&弱みを理解する.

(8) 過去を想起する
到達目標：ピアメンタリングのコツを理解する．過去を想起して，可視化する.

(9) 過去回帰から理念を導く
到達目標：大学生活の分野（重要度と時間）を考える．大学生活で重要なものを考える.

(10) 人生の核心をつかむ
到達目標：自分の理念及び人生の核心について考える.

(11) 核心に沿った目標を立てる
到達目標：短期目標&長期目標を立てる．ライフデザイン・ポートフォリオ（LDP）を作る.

(12) LDP 発表＆ライフプラン
到達目標：自分のライフデザイン・ポートフォリオについて説明できる．自分のライフプランを作成する.

(13) 働く価値に関するワークショップ
到達目標：自分にとっての働く価値観を説明できる.

(14) 自己 PR のプレゼンテーション
到達目標：根拠（エビデンス）にもとづき，自己 PR をプレゼンできる.

(15) 振り返り
到達目標：自分にとっての本科目の意義を説明できる.

3. ストレス対処力の分析

首尾一貫感覚（Sense of Coherence, 以下 SOC と記す）とは, ストレスに柔軟に対応できる能力を示す．SOC は，自分の置かれている状況を予測・理解できる「把握可能感」（comprehensibility），何とかやっていけるという「処理可能感」（manageability），日々の営みにやりがいや生きがいが感じられる「有意味感」（meaningfulness）の３つから構成される．SOC が強い人は健康が維持されやすいと言われる．今回用いた日本語版 SOC-13 尺度は，13 項目を７件法で回答する. 本科目 1 回目終了時と 14 回目終了時の両方に回答した有効回答数は 68 名である（表１）．把握可能感と SOC は，Wilcoxon の符号付き順位検定で分析し，SOC は有意に増加した．処理可能感と有意味感は t 検定で分析し，処理可能感は有意に増加した.

表１．SOC の測定結果：平均（標準偏差）

	把握可能感	処理可能感	有意味感	SOC
1 回	18.6 (4.63)	12.1 (3.43)	18.1 (3.84)	48.8 (9.69)
14 回	18.7 (4.62)	17.2*** (3.77)	17.9 (3.91)	53.9*** (9.98)

n=68，***p<0.001

謝辞

本研究は，JSPS 科研費 JP 19K03100，20H01727，21K18516 の助成を受けたものです.

参考文献

(1) OECD Learning Compass 2030, https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/（2023/6/7 閲覧）

(2) 田中洋一ら: “変革に適応するキャリア教育の設計”, JSiSE Research Report vol.36，no.7，pp.19-22（2022）

(3) 田中洋一ら: “変革に適応するキャリア教育の設計：SEL によるストレス対処力の変化”，JSiSE Research Report vol.37，no.1，pp.40-43（2022）

(4) 田中洋一ら: “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：オンラインと対面との比較”, 日本教育工学会研究報告集 2023 巻 2 号（2023）【掲載予定】

(5) Antonovsky A.：“Unraveling the Mystery of Health: How People Manage Stress and Stay Well.”， San Francisco: Jossey-Bass.（1987）
(山崎喜比古，吉井清子，監訳．健康の謎を解く―ストレス対処と健康保持のメカニズム．東京：有信堂高文社. 2001)

SEL と哲学対話の親和性について

About between “Social and Emotional Learning” and “Philosophical dialogue”

藤平　昌寿[*1]
Masatoshi FUJIHIRA[*1]
[*1] 自治医科大学
[*1]Jichi Medical 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た．2021 年開催の第 46 回大会プレカンファレンス「SEL（Social and Emotional Learning）の高等教育への適応」において，哲学対話の体験を筆者のファシリテートにより実施した．引き続き，SEL と哲学対話との関連について考えていきたい．
キーワード：対話，哲学，コミュニケーション支援，協調学習，グループ学習

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してきた．その縁から，2021 年開催の第 46 回大会プレカンファレンス「SEL（Social and Emotional Learning）の高等教育への適応」において，哲学対話の体験を筆者のファシリテートにより実施し，翌年の企画セッションで「SEL 観点からの哲学対話実践報告」として報告した(1)．

SEL では，育むべき能力として，以下の 5 つを挙げている（図 1）．

① Self Awareness（自己の理解）
② Self Management（セルフマネジメント）
③ Social Awareness（社会や他者の理解）
④ Relationship Skill（対人関係スキル）
⑤ Responsible Decision Making（責任ある意思決定）

図 1　SEL での育むべき能力（CASEL）

前稿発表時には，対話で出てきた各発言が 5 能力のどの部分に当てはまるのかを模式化した（図 2-1,2-2）．

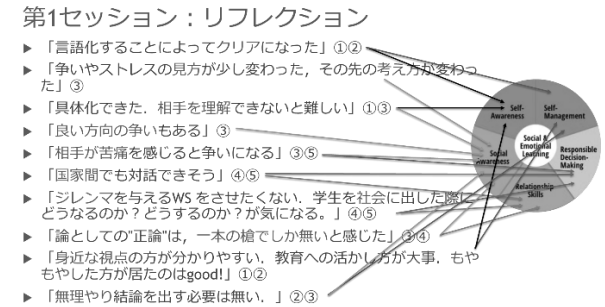


図 2-1　JSiSE46 プレカンファレンス哲学対話発言と SEL5 能力との対応図①

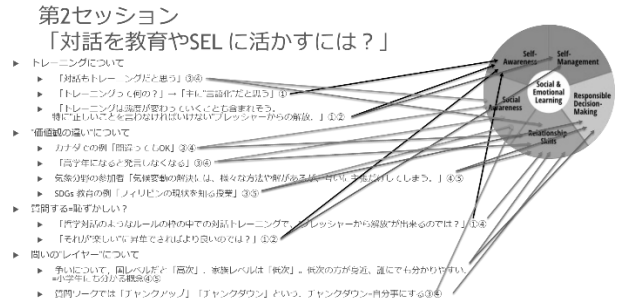


図 2-2　JSiSE46 プレカンファレンス哲学対話発言と SEL5 能力との対応図②

本稿では引き続き，SEL と哲学対話との関連について考えていきたい．

2. SEL が必要とされる背景

小泉(2020)(2)は，米国での SEL の今後の動向として，教育的公正（educational equity）及び SEL に関わる大人の重要性を挙げている。これらを踏まえ，格差社会や二極化が問題とされつつある日本国内でも，規範・規律・学習・問題解決能力などの土台となる社会性を育むための SEL プログラムによる教育的公正の実現，子供に関わる大人への SEL の必要性などを呼び掛けている．

また，浅部(2022)(3)は，社会や雇用・環境の変化，

社会情動的スキルが個人の Well-being の向上につながる可能性があること，早期の育成が求められるという３点から，社会情動的スキルの育成が求められると主張している．

SEL については主に学校などの教育現場での導入事例が多いが，前述の理由により，地域や大人なども含めたコミュニティ全体での学習活動の必要性が示唆されていると考えられる．

3. SEL 実施の考え方について

浅部(2022)はまた，社会情動的スキル育成の在り方について，4 つの反論を取り上げ，複数の社会情動的スキルをバランスよく育むこと，多様な価値観の存在を前提にすること，社会情動的スキルは高いほどよいといった一義的な価値付けがなじまないこと，子どもが主体的にどの社会情動的スキルを養いたいかを選択することの重要性を示している。

また小泉(2016)[(4)]は, 学習プログラムのエビデンスの立証について，わが国の教育事情をふまえた妥当性の検討とプロセス評価の必要性を述べた上で，アンカーポイント（構造化の基点）概念を適用して，わが国での実施と持続への取り組みのための手続きや着眼点の整理を行っている．アンカーポイント(AP)は,「人間とその環境との間の相互交流（すなわち相互作用によって双方が変化していくこと）を促進するような人間―環境システム内の要素」と定義されている．

4. 哲学対話との親和性

2 章では，教育的公正の実現などの理由により社会情動的スキルの早期育成が求められる一方，子どもだけでなく大人にも必要であると述べてきた．また，3 章で出てきたアンカーポイントには友人や家族などの人物も環境の一つとして捉えられ，人物との相互交流がアンカーポイント植え込み法の適用範囲となっている．

これらのことから，多様な年代層の人物同士（例えば「小学生と高齢者」など）が互いに一人の人間として対話を実現できる哲学対話は，SEL の活動の一環として，十分に役目を果たすことができると考えられる．

また，前 2 章で出てきた「社会や雇用・環境の変化」「個人の Well-being の向上」「多様な価値観の存在」「一義的な価値付けがなじまない」「主体的にどの社会情動的スキルを養いたいかを選択」などのキーワードにも哲学対話の手法は馴染みやすく, 更に, 小学生にも分かる簡潔なルールや知的安心感の担保などにより，市民に対しても比較的導入のハードルが低く，SEL との親和性は高いと考えられる．

5. まとめ

以上の観点から，哲学対話の導入や継続が，SEL の推進や社会情動的スキルの向上などのメリットをもたらすと考えている．対話と SEL との関連を示す研究はまだまだ少ないが，今後も継続的に取り組んでいきたい．

本稿執筆にあたり，当該プレカンファレンスのオーガナイザ・参加者の皆さまに感謝申し上げる．

参考文献

(1) 藤平昌寿：SEL 観点からの哲学対話実践報告, 教育システム情報学会第 47 回全国大会発表論文集, pp.59-60,2022
(2) 小泉令三：「社会性と情動の学習」(SEL)と教育的公正 ―アメリカでの CASEL SEL-EXCHANGE の資料をもとに―，福岡教育大学大学院教職実践専攻年報第 10 号，pp.45-49, 2020
(3) 浅部航太：社会情動的スキルの育成が求められる背景と育成の在り方の検討, 北海道教育大学大学院高度教職実践専攻研究紀要 ： 教職大学院研究紀要第 12 号, 2022
(4) 小泉令三：社会性と情動の学習（SEL）の実施と持続に向けて―アンカーポイント植え込み法の適用―, The Annual Report of Educational Psychology in Japan, Vol.55, pp203-207, 2016

学習者のモチベーションへの働きかけを考慮した数学オンラインテストにおけるフィードバック方略

A Feedback Strategy on Online Mathematics Test Considering Learner's Motivation

篠田 有史[*1], 中村 泰之[*2]
Yuji SHINODA[*1], Yasuyuki NAKAMURA[*2]
[*1] 甲南大学 全学共通教育センター
[*1]Center for Education in General Studies, Konan University
[*2] 名古屋大学 教養教育院
[*2]Institute of Liberal Arts and Sciences, Nagoya University
Email: shinoda@konan-u.ac.jp

あらまし：本稿では，数式自動採点システムである STACK 上にて，学習者のモチベーションを考慮したフィードバックを実施する方略について検討する．ここでは，インストラクショナルデザインの観点に基づいて提案された ARCS モデルに着目し，学習者の自信に働きかけるためのフィードバックについて，STACK に組み込むことができる方略を提案した．提案した方略を実装する対象として，数学の微分・積分に関する学習コースのデータに着目し，合成関数の微分を題材として，評価のための評価ルールを構築した. 提案するアプローチがどのようなレスポンスを生成することができるかを, 試行を通じて確認した.
キーワード：数式自動採点システム，STACK，ARCS モデル

1. はじめに

STACK [(1)] は，数式自動採点システムの一つで，学習者が入力した文字列を，数式として捉えて採点をすることが可能である．現在，STACK は LMS である Moodle に対し，小テストを提供するプラグインとして組み込まれて動作するように構築されており，バックグラウンドでは数式処理システム Maxima が利用されている．Maxima の多様な数式評価の仕組みにより，STACK は入力された文字列に対し，多様な採点が可能になっている [(1)]．ただし，実際のテストの採点においては，正解とのマッチング状況を，正確に判別する必要が生じる．このため，人間の教員が記述式問題を採点する際に行うような，学習者が書き込んだ数式に対する多面的な評価とフィードバックを実現することは容易ではない．

一方，STACK では，PRT（Potential Response Tree）と呼ばれる，ツリー状に分岐した評価ルールを構築することが可能である．PRT を活用することで，解答を様々な観点から点検し，学習者の誤りをシステムで把握するための取り組みがなされてきた [(2)]．さらに，不正解になった問題を解きなおす状況において，解答内容が変遷し，正解に近づく様子を捉える試みも実施されており [(3)]，PRT の工夫により，学習者の様子を捉えることが可能になりつつある. 一方, このような分析は様々な視点から実施されうるものであり, 分析結果の有用性の訴求という観点からは, 多様なアプローチの可能性が存在する.

コンピュータと向き合って学びを深める体験の提供を試みる場合，重要な事柄の一つは，学習者のモチベーションを維持するという視点である．特に複数回のトライアルを通じ，次第に正解に近づいていくといった活動を提供する場合，試行錯誤を通じてやる気を維持し，また引き出すようにフィードバックが行われることが好ましい.

そこで，本稿では，モチベーションを考慮した学習者への働きかけに関する先行研究を参考に，好ましいフィードバック形態を検討し, STACK 上で評価を実施するための PRT を構築し，どのようなレスポンスが得られうるか，試行を通じて検討する.

2. ARCS モデルを参考にした数式自動採点フィードバック方略の提案

ARCS モデルは，インストラクショナルデザインの視点のもと，学習者のモチベーションに働きかけることに特化したアプローチとして誕生した [(4)]. ARCS モデルは，学習者の学習意欲に影響を及ぼす主要な要因を示したもので，注意（Attention），関連性（Relevance），自信（Confidence），満足感（Satisfaction）の 4 つの主分類枠から構成される．ここで，学習の自信を形作る方略として示された項目群の中に,「学習における個人的なコントロール」という内容を見いだすことができる．ここでは,「学習者が誤りの原因を見つけ，それらをどう修正すればよいかわかるような矯正的なフィードバックを与える」, といった内容が提示されている [(4)].

ARCS モデルの提唱する方略の中で, STACK によるフィードバックとの親和性が高い部分を検討すると，解答の中に，正解に到達するための解き方の要点が含まれているかを確認し，状況に応じて再考を促す，というアプローチが考えられる．すなわち，PRT により，解答について．解法として押さえるべきチェックポイントを設定して解答を点検すること

で，解答がチェックポイントをどれほど満たしているのかを評価することができれば，模範的な解き方と実際の解答との乖離状況を学習者へフィードバックすることができるものと期待される．

3. 題材の設定と数式自動採点フィードバック方略の実装

本稿では，取り組みの対象として，大学の微分・積分の学習コースのデータに着目する．先行する研究[(3)]において，データ収集が実施されており，収集済みの解答データをSTACK上で再評価することで，本稿で提案するフィードバック方略を適用した場合のレスポンスをシミュレーションする活動へと発展させることができるものと期待される．このアプローチは，学習者に対してリアルタイムにフィードバックを提供する形態とは異なるものの，提案手法の機能性の評価につなげられる可能性がある．ただし，過去の出題の中から，提案手法が適用可能な題材を選び出す必要も生じる．収集済みのデータは，学習者が一つの解答欄に一つの数式を書き込む形式となっている．本稿では，単一の式からなる解答についても，複数のチェックポイントで点検を行ってフィードバックを行うことができるよう，合成関数の微分に対する出題について例題として取り上げる．

STACKにおける採点では，PRTの設定を通じてどのような判定を経て結果を導出するかを定義することができる．図1に，ARCSモデルを考慮したレスポンスを行うためのPRTの実装例を示す．図1のノード1では，解答に，合成された関数が元の式の形で含まれているかを判別する．結果が真の場合はノード3へ，偽の場合はノード2へ移動する．ノード2は，解答をMaximaの関数で単純化した上で，合成された関数が含まれているかを判別する．結果が真の場合はノード3へ，偽の場合はノート4へ移動する．ノード3とノード4はどちらも，正解と解答が，数学的に等価であるか判別する．図2に，合成関数の微分について，正解となる数式をわざと展開して解答した場合のフィードバック結果を示す．この例題による試行では，PRTの評価を通じ，解答が正解と等価ではあるものの，合成関数の微分という意味では，模範的ではない解答であるとレスポンスすることが可能となっていることが確認できる．

4. 考察

ARCSモデルを考慮したPRTを利用することで，解答状況に対応するフィードバックが実施できることが確認できた．このアプローチはさらに大規模化することが可能であり，収集されたデータをもとに，提案手法がどのように機能するか，さらに分析を進めることが期待される．ただし，本稿で試みたフィードバックは，学習者の解答がチェックポイントを満たしているかの判別によって構成されている．学びが深まっているかを評価するという観点では，説明された解き方と，実際の解き方の乖離を判定するといった形で，教示と組み合わせた評価の枠組みとして発展させる必要があるものと考えられる．また，今回は，モチベーションに効果的に働きうるという方向性は打ち出したものの，本当にモチベーションが向上するのか，といった部分について検証を行うことができていない．これらは今後の課題である．

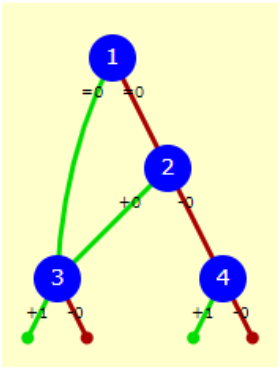


図1 ARCSモデルを考慮したレスポンスを行うためのPRTの実装例

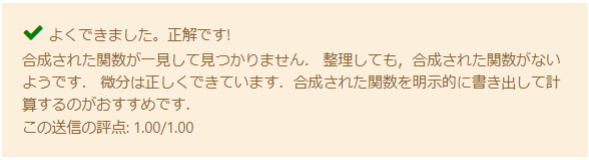


図2 PRTによるフィードバック実行例

5. おわりに

本稿では，数式自動採点システムSTACK上に構築された大学における数学のオンラインテストを題材に，ARCSモデルにもとづいたフィードバック方略を提案し，実際に適用可能な対象を考慮して検討を行い，PRTを設計して，フィードバックのモデルケースを対象にどのようなレスポンスが可能か試行した．次のステップとしては，収集済みの解答について，ARCSモデルを考慮したフィードバックの適用を試みる予定である．

参考文献

(1) STACK, https://stack-assessment.org/, 参照日, 2023年5月29日
(2) Yasuyuki Nakamura, et al.:"Automatic classification of incorrect answers to differentiation questions using Potential Response Tree", Proc. of Computer Aided Assessment and Feedback in Mathematics: Contributions to the International Meeting of the STACK Community 2021 , 8 pages （2021）
(3) 栗原朝陽，中村泰之:"数学オンラインテストにおける有向グラフを用いた解答過程の可視化と問題評価への適用", Proc. of 第47回教育システム情報学会全国大会, pp. 85-86 （2022）
(4) J. M. ケラー 著，鈴木克明 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）

履修申請漏れを防止する学習支援システムの提案
Proposal of Learning Support System to Prevent Omissions in Course Registration

森田颯[*1]、杉原大翔[*1]、林勇希[*1]、佃恵里[*1]、松川美恋[*1]、布江田友理[*2]
Hayato MORITA[*1*]、Yamato SUGIHRA[*1]、Yuki HAYASHI[*1]、Eri TSUKUDA[*1]、Miren MATSUKAWA[*1]、Yuri FUEDA[*2]
[*1] 保健医療学部　臨床工学科　森ノ宮医療大学
[*1]Department of Medical Engineering, Faculty of Health Sciences, Morinomiya University of Medical Science
[*2] 医療技術学部　臨床工学科　森ノ宮医療大学
[*2] Department of Medical Technology, Faculty of Health Sciences, Morinomiya University of Medical Science
Email: 2020bme062@s.morinomiya-u.ac.jp

日本の高等教育は「単位制」で各個人が履修調整を行う。本大学は学士取得と医療系国家資格受験に必要な科目の履修も必要である。現在のシステムでは単位取得状況の把握が困難で、履修漏れが示唆されるため履修科目一覧表を VBA にて作成し、教員 9 名と学生 209 名に対して評価を行った。全教員と 99%の学生が把握できると評価し、履修登録に活用する学生は 76%であった。履修漏れは確認不足が原因のため未然に防止することが必要である。
キーワード：履修登録，VBA，学習支援，単位制

１．はじめに

高校の卒業資格を得るためには、「単位制」と「学年制」の 2 種類の単位修得方法があり、多くの大学生が「学年制」を取り入れている高校を卒業している[1]。日本の高等教育機関は「単位制」であり、学生が自由に選択履修し、卒業までに卒業要件を満たす単位を修得することを求めている。その際には、必修科目、選択科目、単位数の上限を考えながら、受講する科目を選択していくため、理解できないまま履修登録を行い、卒業前になり、必修単位の不足や、卒業単位の不足の問題が生じる場合がある。本学科は、学士取得だけでなく、臨床工学技士国家試験受験資格を取得する必要があり、履修科目の選択は重要である。

現在、運用している学部システムは、各学期の履修講義の素点と評価、単位修得状況の確認が可能である。しかし、単位修得状況から科目分類ごとの修得済単位と履修中単位の確認はできるが、必須単位や選択単位、卒業要件に必要な単位の充足状況は不明である。そのため、本研究では、単位修得状況が把握できる履修科目一覧表を自動作成し、学生の履修登録を支援するシステムの構築を行う。

２．方法

本研究では、増田ら[2]の方法を参照し、エクセル VBA を用いて、学生ごとの単位修得状況がわかる一覧表作成方法を開発した。VBA は、Microsoft 社が開発・販売している Word や Excel などのアプリケーションソフトウェアで使用できるプログラミング言語である。当校に在学中は個人の端末に Office ソフトを無償でインストールして利用できるため、全学生が使用できるプログラミング言語を使用した。本作成方法の手順は、１．成績一覧表の作成、２．科目成績データの作成、３．プログラム作成、４．実行と内容確認とした。履修科目一覧表は、研究協力者（学生 209 名、教員 9 名）に配布し、履修状況の把握の可否および履修登録時の使用有無を Microsoft Forms を用いてアンケート評価した。

2.1. データ処理シート作成

列方向に、学籍番号、学生名、講義名、講義単位数、素点、総単位数を記載できるデータ処理シートを Excel のワークシートで作成した。科目は、2 群「教養科目群」、「学部共通科目群」と、「学科専門科目群」内の４分野「専門基礎分野」、「専門科目」、「専門特講」、「研究分野」に区分にし、区分ごとに単位数をまとめた。

2.2. 履修科目一覧表作成

学生手帳[3]に記載された履修科目一覧表と同一のものを Excel のワークシートで作成した。「１時間当たりの時間数」は、「単位履修」を示す「合」を記載できる列に変換した。

2.3. データ処理の手順

VBA（Visual Basic for Applications）を用いて、データ処理シートを基に履修科目一覧表を完成した。講義の素点が 60 点以上である科目は、「単位履修」

の列に「合」を示した。「教養科目群」、「学部共通科目群」、「専門基礎」、「専門科目」で未履修科目がある場合は「卒業不可」とし、全て履修できていて、「専門特講」、「研究分野」のみ未履修科目ある場合は「卒業見込み」とし、総合評価を示した履修科目一覧表を作成し、データ処理を終了した。

３．結果

当科は、必修 67 科目、選択 38 科目を設定し、卒業に必要な単位は必須 111 単位、選択 15 単位以上である。図１に履修科目一覧表例を示した。卒業単位が不足している科目分類を明確化するため、合計単位の背景色を明瞭化した。教員及び学生の評価を表１に示した。全教員が履修状況の把握と、履修指導に活用できると評価した。学生は、207 名が履修状況の把握ができ、158 名が履修登録時に使用すると評価した。

表 1 履修状況の把握

	可	不可
	人数（%）	人数（%）
教員	9 (100)	0 (0)
学生	207 (99.0)	2 (1.0)

表 2 履修登録時の活用

	活用する	活用したかもしれない	活用しない
	人数（%）	人数（%）	人数（%）
学生	158 (75.6)	50 (23.9)	1(0.5)

表 3 履修指導時の活用

	活用する	活用しない
	人数（%）	人数（%）
教員	9 (100)	0 (0)

表 4 配布希望時期(重複選択)

配布希望時期	教員	学生
	人数	人数
前期開始または前期履修登録時期	8	192
後期開始または後期履修登録時期	9	128
学生面談	5	46
保護者面談	5	-
その他	0	1

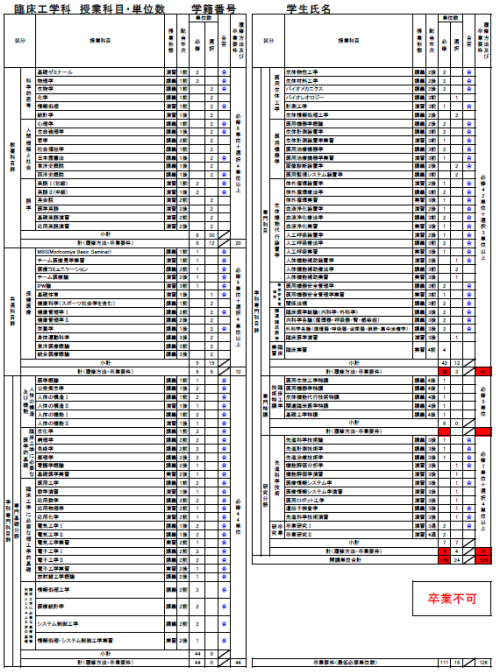


図１．履修科目一覧表例

４．考察

履修科目一覧表は、必須科目や選択科目の履修状況が把握でき、履修単位漏れの防止に繋がると考える。日本の高等教育における「単位制」は、学生が科目を選択できる自由度があるが、履修漏れは自己責任である。人間ならば誰でも間違いを起こすことを前提とし、未然に防ぐ対策が必要である。

当科は卒業年度に臨床工学技士国家試験を受験するため、臨床工学技士国家試験受験に必要な履修科目を理解し、履修する必要がある。2023 年度入学生から新カリキュラムとなり、2022 年度以前入学生のカリキュラムと比較し、科目名の変更や統合、科目の削除が生じる。履修科目は入学時のカリキュラムに準じるため、留年した旧カリキュラム生の履修は複雑となり、変更科目を理解し、履修に注意が必要となる。現在、履修済科目のみ表示し、「不可」科目を明瞭化していない。研究協力者より、「不可」科目が表示できると、視覚を利用して学生や保護者に注意を促せるという、意見があった。今後、「不可」科目を明瞭化するシステムへ発展させる。

本システムにより、正確な履修状況を理解し、履修単位漏れがなく、卒業および臨床工学技士国家試験受験資格の取得に役立つことを期待する。

参考文献

(1) 文部科学省．高等学校教育．“https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kaikaku/main8_a2.htm”　(参照 2023-05-28)
(2) 増田和文 加藤久登 齋藤啓太 片岡洋行、就実論叢 第 45 号、pp.353-366、2015
(3) 森ノ宮医療大学学生手帳 2023. P.66.「2020 年度以降入学履修科目一覧」

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ための授業設計

Course Design to Promote Critical Thinking Skills Focusing on Problem Solving Process by Documentary Video Viewing and Mutual Essay Review

仲林 清[*1]
Kiyoshi NAKABAYASHI[*1]
[*1] 熊本大学
[*1] Kumamoto University,
Email: knaka@net.it-chiba.ac.jp

あらまし：講義型の多人数授業で問題解決過程に着目した批判的思考を促すための授業設計を提案する．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，適宜紹介し，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」という観点から意識・分析させる．
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，理論と経験の対比，既有知識の活用

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)．本稿では，批判的思考の中でも，問題解決過程に着目した授業設計を提案する．

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」という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取り入れる形態が多く(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を産ま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ための授業設計・実践を行った(6)．本稿では，この結果を受けて，特に問題解決過程に着目して批判的思考を促進する設計を提案する．

3. 授業設計の方針と課題

本授業設計は，前述の批判的思考の３つの観点を包含し，「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」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．

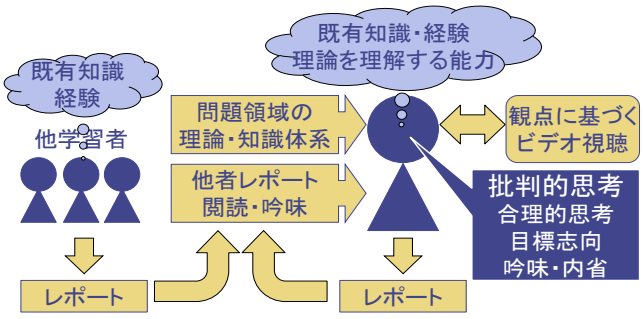


図 1 授業設計の枠組み

- **観点 1：規準に従う論理的・合理的思考**

対象問題領域として，「組織における問題解決」(7)，「企業のビジネスモデル」(8),(9)など，筆者が授業実践でこれまで扱ってきたものを取り上げる．これらの領域では，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：推論プロセスを意識的に吟味する内省的思考**

批判的思考において，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は非常に重要である(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を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的に振り返らせる．

- **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．

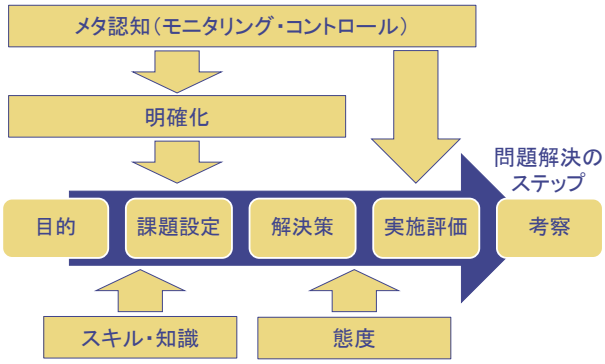


図 2　批判的思考と問題解決過程

Suica の開発・普及を題材とし，ネットワーク外部性を学習主題とする授業(9)に，上記のインフュージョンアプローチの介入を組み込んだ授業を実践した(6)．図 2 のような資料を用いて，問題解決過程と批判的思考の関係や，前記の 3 つの観点を説明し，レポート作成時にこれらを意識することを促した．この結果，他者と自分のレポートを比較吟味する内省的思考を促進する効果が見られた．学習主題であるネットワーク外部性の理論を意識した「規準に従う論理的・合理的思考」にもある程度効果が見られたが，問題解決過程に関する論理的・合理的思考や目標志向的思考には顕著な効果は見られなかった．

4.　問題解決過程に着目した授業設計

3 章で述べた授業実践では，Suica の開発・普及を扱ったドキュメンタリービデオを題材に用いている(9)．この中では，登場人物が Suica の開発・普及における技術課題や経営上の課題を解決する過程が描かれている．この過程は，図 2 に示したような一般的な問題解決過程に当てはめて，合理性や目標志向性を吟味・評価することが可能と考えられる．しかし，実践ではこれらについて明確な介入の効果は見られなかった．この原因として，問題解決過程に関する教示が不十分だったことが考えられる．批判的思考に関しては図 2 を用いて説明しているが，その中の問題解決過程自体は詳しく述べておらず，主人公の行動との対比についても「主人公の行動は合理的か不合理か？」，「主人公のやっていたことは，Suica の利便性と合っているか？」といった漠然とした問いかけになっている．

これを改善するために，問題解決過程の一般的な説明を追加するとともに，登場人物の行動を問題解決過程に対応付けたレポートを作成させることで，主人公の行動の合理性や目標志向性を考察させる，という方略が考えられる．問題解決過程は，図 2 のような「目的」，「課題設定」，「解決策」，「実施評価」といったステップに分かれており，登場人物の行動を分析してこのステップとの対応を考えさせる．また，各ステップでの登場人物の行動が合理性や目標志向性の面からどのように評価できるか，という観点を与える．例えば，合理性に関しては，「目的→課題設定→解決策」のつながりが論理的に一貫しているかという整合性や，技術的な課題がクリアされているかという実現可能性からの評価観点が考えられる．「文脈に応じて実行される目標志向性」に関しては，費用対効果の面から解決策が経営的に受け入れ可能か，組織体制面から解決策を実行することが可能か，といった観点が考えられる．

このようなドキュメンタリービデオの視聴で問題解決の思考過程を疑似的に体験させることは，現実の問題解決の場面での論理的思考，目標志向的思考の促進にもつながることが期待される．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 21K02781 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 (2011) 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．
(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評価”，教育システム情報学会研究報告，37(7), pp.89-96 (2023)
(7) 仲林 清：“組織における問題解決を主題とするビデオとオンラインレポートを活用した授業実践”，教育システム情報学会誌，Vol.32, No.2, pp.171-185 (2015)
(8) 仲林 清：“ビジネスモデルにおける IT の活用を主題とするビデオとオンラインレポートを活用した授業実践 ―コンビニエンスストアの事例を題材に―”，教育システム情報学会誌，34(2), pp.131-143 (2017)
(9) 仲林 清：“ネットワーク外部性を主題とするビデオとオンラインレポートを活用した授業の設計と試行評価”，教育システム情報学会研究報告，32(1), pp.39-46 (2017)

エビデンスに基づく政策形成に向けた自治体職員研修
Training of local government officials on evidence-based policymaking

松浦 義昭
Yoshiaki MATSUURA

金沢大学
Kanazawa University
Email: ebpmjapan@gmail.com

あらまし: 内閣官房及び内閣府と実践的な地域人材教育プログラムを共同開発．その教育研修の実践と評価を行っており，本研究はその一環としての取り組みである．本稿では，大阪府において 2019 年度から 2022 年度にかけて実施した府内の自治体職員を対象とする「ＲＥＳＡＳ（地域分析システム）等利活用研修会」から 2022 年度に焦点を当てた報告を行う．
キーワード：EBPM（エビデンスに基づく政策立案），自治体職員研修，データ活用教育，人材育成支援

1. はじめに

内閣官房及び内閣府と実践的な地域人材教育プログラムを共同開発．その教育研修の実践と評価を筆者は行っており，その成果を踏まえて産官学金連携の教育研修プログラムの開発･支援を実施している．

具体的には，内閣府専門委員として行政職員対象のデータの利活用に関する研修プログラムを企画，研修教材を開発．全国各地の自治体で行政職員を対象に政策立案のためのデータ活用研修の講師を担当し，研修効果の測定を行い，人材育成プログラムの開発・支援に努めてきた．

また，東京海上日動火災保険株式会社にて社員研修プログラム「地方創生を題材にした構想力強化研修」を同社と連携して企画， 研修教材を開発，講師を担当．これまで 5 年間累計 13 回の研修において，教育プログラムの実践と効果の測定，研修内容の改善を同社と連携して進めてきた．

また，教育機関で学生を対象に年間約 1,000 人，累計約 7,000 人を対象にデータ活用教育を実施し，その効果測定を行い，研究成果をまとめてきた．

東京一極集中を是正し，日本全体の活力を上げることを目的とした政策である地方創生の取り組みは，2020 年度に第二期を迎えている．取り組みの推進にあたり，国は地方公共団体に対して，情報面・人材面・財政面からの多様な支援を実施している．

政府が提供し，地方自治体や企業等において活用が行われている RESAS（地域経済分析システム）は，地方への情報支援，人材支援，財政支援を行う地方創生版・三本の矢の一つとして，情報支援を担う重要なシステムである．

今般，地方創生の実現に向けて地域課題の解決に際して自治体職員自らが政策課題を発見・解決する政策形成能力の向上・育成が急務となっており，特に，自治体職員に対する実践的な EBPM（Evidence-Based Policy Making：エビデンスに基づく政策立案）政策形成の研修の重要性が高まっている．

2. 研修設計

EBPM では，政策目標を明確に設定し，データ等を活用して，その政策効果を測定・検証し，改善へと繋げることになる．その際に，政策実施に必要な投入資源から政策効果までの因果関係を論理的に整理して表現するロジックモデルが有用である．

筆者は，内閣官房及び内閣府と実践的な地域人材教育プログラムを共同開発．その教育研修の実践と評価を行っており，その成果を論文として発表してきた．また，内閣府専門委員として，自治体で行政職員対象の地域データ活用研修をこれまで全国各地で実施してきた．

具体的には，データ利用状況やニーズを踏まえて行政職員対象の研修プログラムを企画，研修教材を開発. 政策立案に活かすデータ研修の講師を担当し，研修効果の測定を行い，地域人材育成プログラムの改善に努めてきた．

上記の研究活動を通して，地域活性化や地域課題の解決のために，①地域で必要とされるデータ活用人材の資質と育成のための教育プログラムの内容を明確化し，②地域課題の解決や地域活性化に取り組むことができる実践的な教育研修プログラムの構築と教材開発を行い，③地域において共通して利用可能なカリキュラムとして体系化し自治体の行政職員研修、企業団体の人材教育研修，教育機関の教職員研修・授業として提供を行っている．

本稿は，EBPM の視点を踏まえた自治体の現状に即した理念や教材・プログラムを念頭に，大阪府において 2022 年に実施した府内自治体職員を対象とした RESAS 利活用研修を取りまとめたものである．

具体的には，RESAS 及び e-Stat 等の統計データを利用して，自治体職員の職務と関連する地域課題の解決に向けて，必要な資源の投入から活動，政策効果までの一連の因果関係を論理的に整理して表現するロジックモデルを活用した実践的な研修モデルを試行・提起している．

3. 調査概要

RESAS 利活用研修を実施するにあたり，受講者を対象とした事前調査・事後調査・後日調査のアンケート調査を行っている．

事前調査は，受講者の職場における RESAS 及び e-Stat 等の各種統計データ活用の方針・体制・人材・効果，受講者自身のデータ利活用の現状および課題を明らかにすることを主たる目的としている．

事後調査は，受講者の研修全体への満足度，研修の難易度，教材・時間・内容・演習等の感想，研修内容の業務への活用可能性や研修効果等を明らかにすることを主たる目的としている．

なお，研修当日に受講者が取組んだ演習課題及び受講者が地域課題の解決に向けて必要な資源の投入から活動，政策効果までをロジックモデルに沿って執筆した企画提案書は研修会場で回収し，後日改めて筆者がコメント・フィードバック集を付けて全ての受講者に送付している．

後日調査は，研修 4 ヶ月後の受講者の関心や態度変容を明らかにすることを目的としている．

4. 調査結果

事後調査及び後日調査の主な結果は以下の通りである．まず事後調査では，2022 年 10 月 18 日に実施された RESAS 等利活用研修会の受講者である大阪府内の自治体職員 17 名を対象に研修後会場で質問紙を配布し回収した．回収率は 100％である．

はじめに，受講者の研修全体の満足度については「満足」「やや満足」「やや不満」「不満」の 5 段階で尋ねた．調査の結果，「満足」（64.71%）と最も多い割合を占めており，次点の「やや満足」（23.53%）と合わせると全体の 88.24%を占める結果が得られ，受講生の研修全体への満足度が高いことがわかる．

府内自治体に関連する RESAS 及び e-Stat 等の各種統計データを組入れた研修資料を作成している．資料の分かりやすさについて尋ねた結果，「満足」（52.94%），「やや満足」（47.06%）と満足度の高い資料を提供できたことが確かめられた．

さらに，研修内容が今後の業務に対して具体的にどのように活用できるかを自由記述で回答を求めた結果，15 件の肯定的な回答が得られた．

後日調査は，2023 年 2 月 17 日から 28 日までの 12 日間で実施した．研修会の受講者である大阪府内の自治体職員 17 名を対象に質問紙を配布し回収した．回収率は 100％である．

はじめに，研修で受講した内容を職場に持ち帰って他の職員と共有する方法の有無について尋ねた．

調査の結果，共有の方法が「ある」とする回答は全体の 76.47%を占めている．具体的には，資料供覧や職場ミーティングを通した共有が行われている．

研修講師から寄せられたコメント・フィードバック集は役立つと思うかを「非常にそう思う」「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」の 5 段階で尋ねた結果，「非常にそう思う」（41.18%），「そう思う」（58.82%）を合わせると全体の 100%を占める結果が得られ，受講者の成果物へのフィードバックの満足度が高いことがわかる．

受講者の研修受講後の変化に関して，地域の状況を示す統計データを収集することに，より関心を持つようになったかを尋ねた結果，「非常にそう思う」（52.94%），「そう思う」（35.29%）と，統計データの収集への関心を持つようになったことが確認できる．

さらに，地域の課題が生じる原因について，仮説をたてて考察することに，より関心を持つようになったかを尋ねた結果，「非常にそう思う」（47.06%），「そう思う」（41.18%），「どちらともいえない」（11.76%）の順となり，仮説をたて地域課題の原因を考察することへの関心が高まることが示された．

5. 今後の課題

内閣官房及び内閣府と実践的な地域人材教育プログラムを共同開発．その成果を踏まえて教育研修プログラムの開発支援を実施している．

具体的には，内閣府専門委員として行政職員対象のデータの利活用に関する研修プログラムを企画，研修教材を開発．全国各地の自治体で行政職員を対象に政策立案のためのデータ活用研修の講師を担当し，研修効果の測定を行い，地域人材育成プログラムの開発・支援に努めてきた．

今後，地方創生の実現に向けて地域活性化や地域課題の解決に向けた自治体職員の政策形成能力の向上・育成に資する実践的な地域人材育成プログラムの開発・支援を継続したいと考えている．

謝辞

本研究の一部は，JSPS 科研費（17K0117）による助成を受けている．

参考文献

(1) 内閣官房・内閣府総合サイト: https://www.chisou.go.jp/sousei/index.html（参照 2023.6.1）

(2) 内閣府地方創生カレッジ・ビデオライブラリ https://chihousousei-college.jp/talk.html （参照 2023.6.1）

(3) 大阪府総務部統計課「ＲＥＳＡＳ等利活用研修会」https://www.pref.osaka.lg.jp/toukei/data-analysis/r3resas.html（参照 2023.6.1）

(4) 科学研究費基盤研究（C）「RESAS（地域経済分析システム）を活用した教育プログラムの開発」（17K0117） https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-17K01117/ （参照 2023.6.1）

(5) 松浦義昭: “RESAS の教科書（共著書）”,日経 BP 社, 東京 (2016)

情報教育に関するデジタル社会への意識調査研究

金山　茂雄
Shigeo KANAYAMA
拓殖大学商学部
（拓殖大学経営経理研究所）
Faculty of Commerce , Takushoku University
(The Business Research Institute Takushoku University)
Email: skanaya@ner.takushoku-u.ac.jp

あらまし：ICT 利活用（情報活用能力）は、基礎力（コアと５つの基礎力）が含まれている。さらに５つの基礎力が社会人に求められる能力として位置づけられている。この研究は、今年度第２回研究会において発表しその続きと位置づけ、2019 年までの研究報告等の産業社会教育にも一歩踏み込んで、一つ目はその情報に対する実態調査を行った結果を別の視点から客観的に評価、検証する。二つ目は、社会にとって ICT は重要なインフラであり、個人にとっても同じである。科学技術の進歩の象徴であるインターネットが世の中に普及し、PC 利用と共に今も増加している。今日、PC 利用から携帯電話利用へ移行し、スマートフォンの使用がほとんどである。本研究報告は新たにインターネットの普及が何をもたらしたのか、インターネットの存在が生活にどのように影響しているのか。2021 年と今回（2023 年）実施した予備調査から、傾向を推察し、仮説を上げ、これらについて、検討・整理、分析を行い、考察した内容を報告する。
キーワード：学習者特性・行動分析　　連携型 MOT・産業教育　　ネット依存

１．はじめに

ＩＣＴ利活用、つまり情報活用能力を使うことである。その情報活用能力とは「収集、文責、整理・保管、表現、運用」である。この中には、基礎力（コアと５つの基礎力）が含まれている。さらに基盤力とは、「論理」と「数理」の力及び「ICT 基礎知識」のことである。この基盤力がコアで、「情報活用力」「ビジネスフレームワーク」「モチベーション」「コミュニケーション」が「５つの基礎力」として社会人に求められる能力として位置づけられている。この研究は 2019 年度第２回研究会において発表した。2017 年度の全国大会において発表した先行研究の「数理的処理や経営学などの研究で医療の人材育成、評価等」を参考に、研究会における前回までの研究報告の産業社会教育にも一歩踏み込んで検討、考察している。一つ目はその情報に対する実態調査を行った結果を別の視点から客観的に評価、検証する。二つ目は、社会にとって ICT は重要なインフラであり、個人に対しても同じである。科学技術の進歩は、新しい社会の創造を成し遂げた。その象徴であるインターネットが世界に普及し、

PC → 後の携帯電話 → スマートフォン

へ、変化している。本研究報告は新たに技術のインターネットの普及が何をもたらしたのか、インターネットの存在が生活にどのように影響しているのか。今回実施した予備調査から、傾向を推察し、仮説を上げ、これらについて、検討・整理、分析を行い、考察した内容を報告する。

２．インターネット依存調査と結果等

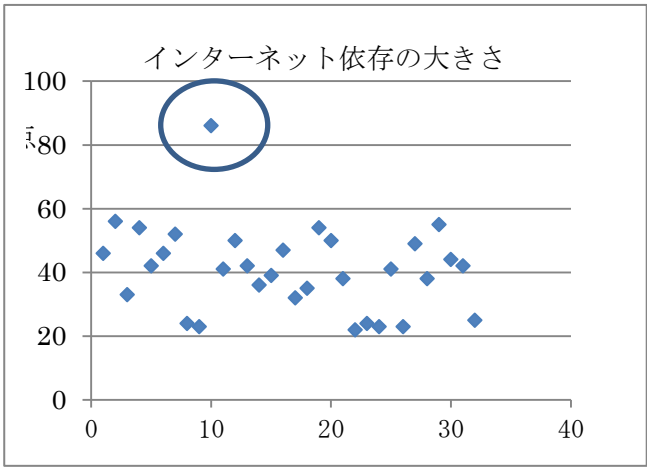
調査内容は「インターネット依存のチェック」として「インターネット依存の大きさ・生活への影響等のチェック 20 項目について「５段階」で答えてもらった。「全くない：１点、時々ある：３点、いつもある：５点」などの、質問項目・内容である。内容の一部は、

・インターネットで新しい仲間をつくることがありますか。→
・インターネットのために、仕事の能率や成果が下がったことがありますか。→

（残りの質問項目は、省略する）

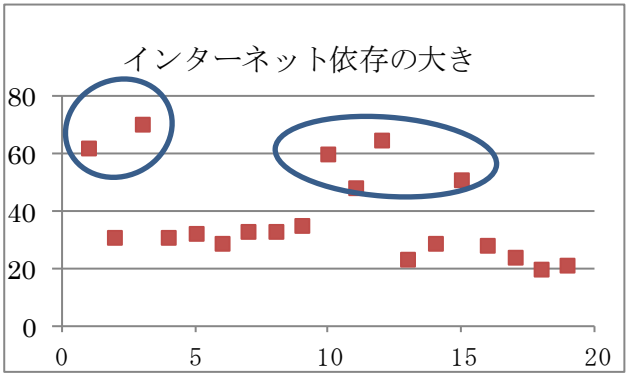
調査結果から、現代人は「平均的にオンラインを主としたオンラインユーザーである」、しかしそうでもない者いる。そうではない者は少数ではあるがインターネットが生活に重大な影響を与えていると考えている。

図１．インターネット依存チェック１



注）インターネット依存の調査結果の一部である。

図２．インターネット依存チェック２

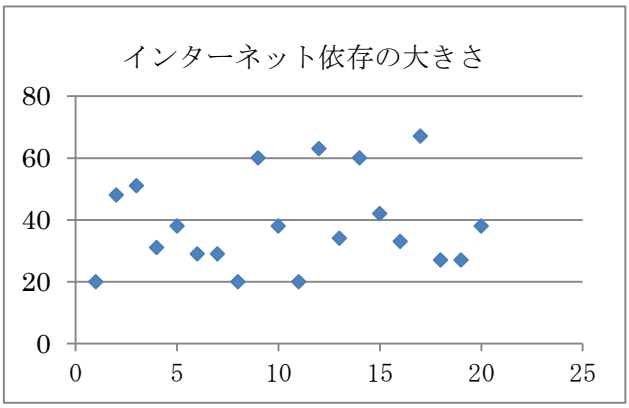


注）インターネット依存の調査結果の一部である。

2019 年の「インターネット依存のチェック」の実施は、インターネットの普及率の増加と世帯への PC 導入や携帯電話のインターネット機能の利用など、以前から問題視していた「依存症」への懸念である。また、新聞や TV ニュースなど、インターネット上のゲームアプリの利用、コミュニケーションに過度にのめり込んで、依存傾向にないのか、把握するためである。これらは、新聞と TV 等では深刻な問題としており、また社会的な問題に発展する可能性もある。そのための調査でもある。このインターネット依存度高いと、生活のリズムが変化し、例えば、健康、精神、学業、対人関係、そして家族・家庭で影響が出てくるのである。健康では、「視力低下、頭痛、遅刻、学習意欲低下、成績が落ちる」「眠れなくなる、切れやすい、すぐ怒る（怒りぽい）、けんかする」など、である。」

図３．では、３分の１は、依存度が高い、も。残りの３分の２は、「特に異常のあるオンラインユーザー」ではない。つまり、インターネットを主とした生活等ではないことが分かる。

図３．インターネット依存チェック２



注）インターネット依存の調査結果の一部である。

表．1　2019 年、2021 年及び 2023 年の比較表

実施年度	平均	全体からの割合（%）
2019	41.82	38.33
2021	47.34	57.69
2023	41.15	47.00
2019 からの増減	0.67	8.67

注）実施調査結果から比較表を作成した。

表．2　2019 年と 2023 年の比較表

2023 年度	平均	全体からの割合（%）	2019 年度の平均から比較（%）
A	36.38	50.00	86.99
B	46.76	44.80	111.81
C	40.31	46.20	96.39
平均	41.15	47.00	98.40

注）実施調査結果から比較表を作成した（A,B,C:大学）

３．今後の課題について

今回で５年目の依存関係の調査である。2019 年は思ったより依存度が高く・大きくなかった。しかし、生活の一部であると把握・認識できる。今後も調査を実施し、詳細に整理・検討・考察を試みたい。

小学校の保健室における個人情報の取り扱いについて

Handling of personal information in the elementary school infirmary

鐵 みゆき，山城 新吾
Miyuki KUROGANE, Shingo YAMASHIRO
徳島文理大学大学院，徳島文理大学
Guraduate School of Tokushima Bunri University, Tokushima Bunri University
Email: s200801@stu.bunri-u.ac.jp, yam@tokushima.bunri-u.ac.jp

あらまし：小学校の保健室では、児童・生徒の成績・家族関係・健康関連情報など多岐にわたる個人情報を取り扱っている。令和 5 年 4 月 1 日から施行された新個人情報保護法により、全国一律の規定が及ぶことから、前述の様々な個人情報を扱う学校保健室においても、必ず法定の手続きを経る必要がある。本発表では小学校保健室における個人情報保護の現状と問題点について整理を試みる。

キーワード：学校保健，個人情報保護，教職員研修

1. はじめに～新個人情報保護法の施行

個人情報保護法制はこれまで、国の行政機関を対象とした行政機関個人情報保護法（総務省所管）、独立行政法人などを対象とした独立行政法人等個人情報保護法（同左）、民間事業者を対象とした個人情報保護法（個人情報保護委員会所管）、と地方公共団体等を対象とした地方公共団体の定める個人情報保護条例（地方公共団体所管）の 4 つに分かれていたが、公民一元化（令和 5 年 4 月 1 日施行）が図られた。

この改正により、国の行政機関、独立行政法人等、民間事業者及び地方公共団体等においてこれまで別々の法律や条例により運用されてきた個人情報の取り扱いが、同一の新個人情報保護法によって運用されることになり、国の機関である個人情報保護委員会が全体を所管することになった。

これにより公立学校においても、全国一律の法規制が及ぶこととなり、地方公共団体ごとの個人情報保護条例の規定や運用の相違により保護や活用の水準が不均衡となることの是正が図られる。

2. 学校保健室が個人情報を扱う上で必要な手続き

これまで個人情報保護法制が改正・施行されるまでは、特に公立学校においては、地方公共団体の制定する条例毎に取り扱いが異なり、また仮に条例により規制がなされていても、条例上求められる取り扱いがなされていないことも少なくなかった。

しかし、令和 5 年 4 月 1 日から施行された新個人情報保護法により、全国一律の規定が及ぶことから、前述の様々な個人情報を扱う学校保健室においても、必ず法定の手続きを経る必要がある。具体的には病歴や、障害の有無などの要配慮情報の取得においては、個人情報の取得自体が禁止され、本人、保護者の同意を取ることが必要となる。

3. 学校保健室で扱う個人情報と記録媒体

学校保健室では、その職務の特性上、児童生徒の様々な個人情報を扱う。氏名、性別などの一般的、形式的な個人情報もあれば、持病や障害の有無など要配慮情報として、取り扱いに注意を要する個人情報もある。

小学校の保健室で扱う個人情報には、

1. 身体測定（身長・体重・視力・聴力）
2. 健康診断（内科・耳鼻科・眼科・尿検査・歯科）
3. 病気の既往歴・既往症・アレルギー
4. 障害の有無・内容（知的・発達・精神・身体）
5. 家庭状況・緊急連絡先
6. 児童生徒の通院先及び（病院等の）連絡先
7. 全学年の名簿

などが存在し、媒体としては、紙媒体あるいは、電子データのいずれかまたは双方がある。

4. 個人情報保護体制における問題点

筆者のひとりは臨時養護教諭として 2019 年～2023 年にわたり、3 つの県の 4 つの小学校で講師として勤務してきた。学校における個人情報保護の体制はそれぞれ自治体の方針あるいは校長、教頭などの管理職の判断なのかは不明であったが、大きく異なっていた。ある自治体の小学校では、児童の個人情報は、個人情報の利活用を重視し特に健康関連情報、家族関連情報について全ての教職員で情報を共有する体制が取られた一方、別の自治体ではできる限り限定して関連する教員に対してのみ情報を共有する体制が取られていた。

個人情報を保護する体制は、ある種の個人におけるプライバシー権の保護の要請に基づくものであり、ことさらに地域の特性を配慮することを求める必要のない事柄といえる。そのため、全国一律に画一的に決定されるべきではないかと疑問に思われたこと、さらには、個人情報の保護に関して個人情報の漏洩事件などがある一方、個人情報（紙媒体は学校保健室や職員室、電子データは養護教諭個人が管理する PC や、教育委員会等のサーバーやクラウド）が存在

はしていても、それらへのアクセスについて個人情報の保護体制が取られていない現状がある。

臨時養護教諭として勤務してきた筆者については、これまでどの小学校の採用時においても個人情報保護の研修（全体研修・職場内研修）を受けた経験がない。ある教員が校内で個人情報を紛失したときに、管理職・教育委員会の通知をもとに、事後的に学校内の職員全体に対して、職場内研修を受けたことはある。採用された時点で、個人情報保護に関する研修は実施されておらず、また教育委員会や校内で統一されたルールや物理的な保護体制が十分でない点について強い疑問を抱いた。学校によっては、全体として個人情報の利活用に重きを置き、個人情報の取扱いを体制として保護するのではなく、各教員の善意と良心に委ねている。

体系的な個人情報保護の研修が存在しておらず、講師など臨時的雇用の職員については、採用時などに改めて実施されることはない。同じの職務に就き、職責も同一である以上、まったく同一までとはいわなくても（長期雇用を前提としない内容については）同様の研修が行われるべきではないかと思う。

また、個人情報、特に要配慮情報などの取得において、法の規定する児童・保護者の同意を取得しておらず、学校保健室において扱う個人情報にアクセスできる教員に制限がかけられていないことがある。学校にもよるが、一般的には電子データの複製は管理職の許可を得なければならないとされていても、個人情報が紙である場合については学校保健室の取り扱う個人情報の写しを各教員が所持していることもある。

今後校務の効率化のためにデジタル化が次第に図られてきており、個人情報を漏洩した際には今までより大きな損害が生じる可能性があり、今後の学校保健室における個人情報の取り扱いを再検討すべき段階に至っているともいえる。学校により個人情報保護と利活用の判断が分かれる理由は、学校運営に関する事項として基準がなく管理職が決定する事項であると思われているのが一因である。個人情報保護法制などが成立した現在においては、保護と利活用の基準については、学校（長）に全ての裁量を与えるべき事柄なのか、それが相当なのか不相当なのか判断する基準や指針があってもいいのではないか。

5.　個人情報保護体制をどう整備するか

現在勤めている小学校は町立であり、町の教育委員会の出先機関との位置づけから、町の教育委員会（教育長）あるいは小学校（長）いずれかが、要配慮情報などの取得に関して、児童生徒・保護者の同意を得る必要があると思われる。しかし、これまで勤務したどの学校においても、これらの個人情報の取得理由、利用方法、保管方法などについて明らかにしたうえで、児童生徒・保護者の同意を取っていない。保健室での個人情報は、生命や身体の安全にもかかわってくる一方、障害の有無などセンシティブな情報もある。これらを保護しつつ、児童の生命や身体の安全を図ることが必要であり、危機管理体制ともリンクする。卒業後、書類やデータの保存期間などを見直す必要もある。基本学校を卒業した場合には、個人情報を持っている必要性はない。破棄か、児童・保護者の同意を得て中学へ情報を提供すべきである。

個人情報について必要な教職員にのみアクセスを認める一方で、そうでない職員に対しては、より具体的にどのような基準で決めていくか。保健室で扱う個人情報全てを一律に、一般的抽象的に判断するのは妥当ではない。児童生徒の個人情報の具体的なデータ毎に保護の要請の度合いは異なるし、また一方でそれらの利活用により得られる利益も異なるからである。

そこで、個人情報の具体的な保護について、保護の要請と利活用により得られる利益を比較衡量することにより、個人情報の個別データ毎に具体的に決すべきと考える。児童生徒の個人情報のうち、個人情報保護の要請の強いセンシティブな個人情報、具体的には外見では判断のつかない児童生徒の障害の有無（精神障害や、知的障害、発達障害など）については概ね個人情報保護の要請は高いのに対して、利活用を求められる程度はそれほど高くないものといえ、一般的には限定的に利活用すべきだとの価値判断になろう。

もっともこれは管理職、養護教諭、クラスの担任など限定した職員間で情報を共有できれば、生命身体に危険が及ぶ状態を十二分に回避することができる。（例：体内に心臓用ペースメーカーを入れているなどの身体障害があり、AED などの特定の機器の利用が致命的であること、禁忌とされる処置などについての情報など）

教員に対する研修も重要である。教職課程における大学内研修・入職時の研修（講師・教員問わず）・管理職研修・情報管理担当者研修・各教員の節目における研修など、改めて整理すべきである。

紙媒体については、鍵のかかるロッカー（整備されていない学校も未だに多い）や金庫などの設置、閲覧制限、養護教諭の管理する PC や教育委員会のサーバー、クラウドなどについてはユーザごとに適切な権限の付与、ヒトの育成とモノの整備にかかる適切な予算を計上する必要など、教職員個人の良識だけでは解決しない問題も多く、筆者なりに現在整理を進めているところである。

参考文献

(1) 情報処理学会:“個人情報保護法制の最新動向”, 情報処理特別号 2022 年 5 月号別刷 （2022）
(2) 北海道教育委員会:“教職員の不祥事防止のために（改定版）（一般職員用）11 個人情報の紛失等”, pp.154-161（1989）

連想漫画による著作権学習プログラムの設計と実践

Design and Practice of Copyright Learning Program Using Associative Cartoons

布施 泉[*1], 野々村 安紀子[*1]
Izumi FUSE[*1], Akiko NONOMURA[*1]
[*1] 北海道大学情報基盤センター
[*1]Information Initiative Center, Hokkaido University
Email: ifuse@iic.hokudai.ac.jp

あらまし: 本稿では，大学の一般教育の授業として実践している一齣漫画の連想連作による著作権学習プログラムのデザインについて報告する．一般に一齣漫画は，一枚絵とキャプションもしくはセリフといった文字情報で構成される著作物である．本年度は，学習者と教授者間でキャプションを媒介した著作物の連鎖創作を試みているが，一枚絵の創作には，AI による描画エンジンである Stable Diffusion を用いている．学習者に，このようにして作成された著作物の著作権について各自に検討させる中で，近年の AI 著作物の著作権の在り方についての議論の理解を深化させていくことを目指している．
キーワード: 著作権，一齣漫画，キャプション，連想，AI

1. はじめに

2023 年 5 月 30 日，内閣府で「AI と著作権の関係等について」という文書が公開された [(1)]．この文書では，現状の整理として，「AI 開発・学習段階」と「生成・利用段階」とに分けてまとめられている．

日本の著作権法では，平成 30 年改正により，著作権法第 30 条の 4 に「著作物に表現された思想又は感情の享受を目的としない利用」が著作権の権利制限規定として定められ，AI 開発・学習段階における情報解析の用途であれば，著作権者の許諾なく著作物の利用が可能であるとされている（著作権者の利益を不当に害する場合は除く）. 一方, 上記の文書では，AI を利用して生成された画像における著作権侵害の判断は，通常の著作物と同様であり，既存の著作物との類似性や依拠性の有無により，著作権侵害が認められ得ることを示している．

生成系 AI の技術的進展は目覚ましく，画像生成系では，2022 年 8 月に起きた Midjourney による AI 創作作品の受賞 [(2)] を契機に，AI 作品の著作権の在り方が議論されている．また，Stable Diffusion 等のオープンで精細な AI エンジンによる描画の仕組みが本格的に台頭し，私たちは，AI 技術を用いての創作者にもなり得る環境に置かれている．

著作権法は，著作者等の権利の保護と，これらの文化的所産の公正な利用のバランスを取り，文化の発展に寄与することを目的としている．AI 技術が目覚ましい過渡期の現在において，大学の一般教育として，著作権学習をどのように構成すべきかを検討する段階にきていると考える．

著者らは，以前より大学段階では，二次的著作物や編集著作物といった，より複雑な形態の著作物を学習対象に含めることが望ましいと考えてきた．単に著作物を利用するだけではなく，創作者としての意識が重要と考えるためである. 二次的著作物とは，「著作物を翻訳し、編曲し、若しくは変形し、又は脚色し、映画化し、その他翻案することにより創作した著作物」をいう（著作権法第 2 条 11）．このような二次的著作物を作成する権利も原著作物（元の著作物）の著作権者が有している．これまでの授業実践では，改変することを許諾された一齣漫画を用い，原著作物を改変させた作品が二次的著作物として認められるか否かを，学習者の作品を評価する中で行ってきた．本稿では，このような実践の過程に AI による画像生成を組み合わせ，著作権学習としてデザインした授業実践について報告する．

2. 連想漫画

本稿で扱う一齣漫画は，一枚の絵に，キャプションもしくはセリフ等の文字情報を有した著作物である．キャプションやセリフの長さや内容にも依存するが，一般には美術の著作物（一枚絵）と言語の著作物（キャプション・セリフ）を組み合わせた著作物と言える. 本実践は, 起点の一齣漫画から, 順次, キャプションもしくは一枚絵を一齣漫画の連なりの中で制作し，創作性の有無判断を行う学習デザインとした．具体的には以下の 1，2 の繰り返しの中で，各段階で著作物の創作性と著作権の所在を評価する．

1. 一枚絵にキャプションを付ける
2. キャプションから連想した一枚絵を創る

著作権学習としてのポイントを以下の通りである．

①まず，起点となる一枚絵は著作物である．それらに学習者各々がキャプション（文字情報）を付与した場合，それらは総体として新たな著作物（二次的著作物）となり得るかを実践の中で評価する．

②キャプションから連想して，次の一枚絵を創作した場合，それは何に対する二次的著作物となるか．例えば，①のキャプションのみを参照した場合と，①で絵も併せて参照した場合とでは，原著作物としての指定は変わり得るのか．

③各段階の描画で，生成系 AI の支援を得た作品を生成した場合，著作権はどのように考えられるのか

原著作物が美術の著作物と言語の著作物の複合体であり，片方を順次連想により入れ替えていく実践の中で AI エンジンを支援として用いたものである．

3.　実践例と学習者の評価結果

2023 年度の実践で起点となる一齣漫画は，ある政治漫画とした．米国の元大統領がコックに扮し，数か国の国のトップたちが，火にかけられた鍋の中で争っている様を見ながら泣いている図柄である．このような絵に対し，23 名程の学習者にキャプションを付与させた．①学習者によるキャプション例：流石に具材が悪すぎる／闇鍋／具材大暴れ／食材も買えないのに～どぉ～やって料理するんですかぁ～？②①を受け，描画系 AI エンジンによる作画とキャプション付与を第二著者が行った結果を図 1 に示す．

図 1 で，大きく二種類の系統で作成した連想漫画を示す．図 1 の左列は，昆虫料理→月面料理（学習者の「宇宙料理」キャプションからの連想）→月面でのクッキングロボによる料理（学習者の「レッツ無重力クッキング」キャプションからの連想）．図 1 の中央列は，女性生成鍋→マジシャンのマジックによる女性出現（学習者の「人体消失マジック」からの連想）→女神様への願い（学習者の「女神」キャプションからの連想）という流れである．図 1 の右には，各段階における作品の著作権をどのように考えるかを学習者に選択させた結果を示す．AI による描画作品を創った人の著作物，起点の原著作物を元にした二次的著作物，学生キャプションを元にした共同著作物（第二段階以降選択肢に入れている），AI システムの創作者の著作物，AI システムを使っているので著作物とは言えない，その他，から複数選択可でチェックさせた．図 1 の 3 段階の連想を繰り返した段階では，大まかには起点となる原著作物の寄与が軽くなり，AI 描画者の寄与が徐々に上がっている結果のように見受けられる．

4.　まとめ

本稿では，連想による一齣漫画の連鎖的制作過程を描画系 AI の支援を受けながら実施し，二次的著作物の理解を深める授業実践デザインを報告した．2023 年度は，あと数回，連想漫画制作を繰り返した後，学習者に全体傾向を示し，「表現上の本質的特徴」が失われない程度に新たな創作が加えられる翻案に該当するかについて改めて評価をさせるとともに，本稿冒頭で述べた AI 作品における著作権の現状について確認させることを予定している．

謝辞　本研究の一部は JSPS 科研費 19K21736 の助成により実施されている．

参考文献

(1) 内閣府:“ＡＩと著作権の関係等について”, https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/ai_team/3kai/shiryo.pdf, (2023)　2023 年 6 月 7 日閲覧
(2) Colorado State Fair: “2022 Fine Arts First, Second & Third” , https://coloradostatefair.com/wp-content/uploads/2022/08/2022-Fine-Arts-First-Second-Third.pdf, (2022)　2023 年 6 月 7 日閲覧

図 1 左と中央：連想漫画を三段階行った作品 2 種．上から順に第一，第二，第三段階とする．灰色背景は，学習者によるキャプション付与状況を示す．右に各段階で，学習者が感じる著作権の所在の分布を示す．

強調箇所と聞き手の注目の兼ね合いを意識させるプレゼンテーション推敲支援手法の提案

Proposal of Support Methods for Elaboration of Presentation with Conscious of Matching between a Presenter's Emphasis and Listeners' Attentions

大沼 亮[*1], 中山 祐貴[*2], 神長 裕明[*3], 宮寺 庸造[*4], 中村 勝一[*3]
Ryo Onuma[*1], Hiroki Nakayama[*2], Hiroaki Kaminaga[*3], Youzou Miyadera[*4], Shoichi Nakamura[*3]
[*1] 津田塾大学 学芸学部 情報科学科
[*1] Department of Computer Science, College of Liberal Arts, Tsuda University
[*2] 山形大学 地域教育文化学部
[*2] Faculty of Education, Art and Science, Yamagata University
[*3] 福島大学 共生システム理工学類
[*3] Department of Computer Science and Mathematics, Fukushima University
[*4] 東京学芸大学 教育学部
[*4]Faculty of Education, Tokyo Gakugei University
Email: r.onuma@tsuda.ac.jp, nakayama@e.yamagata-u.ac.jp,
{kami, nakamura}@sss.fukushima-u.ac.jp, miyadera@u-gakugei.ac.jp

あらまし: プレゼンテーション能力の育成を目指して様々な教育プログラムが実施されているが，作成者自身によるスライドの問題点把握・推敲は，未だ難しい．本研究では，聴衆の理解に影響を与える要素として「発表者が注目して欲しい箇所と聴衆が注目している箇所の兼ね合い」に着目し，それをトリガとしてスライド作成者自身によるプレゼンテーションの推敲を促す仕組みの開発を目指す．本稿では，プレゼンテーション推敲支援の枠組みを示し，強調箇所と聴衆反応の関係分析の概要について述べる．
キーワード: スライド構成特徴，聴衆視線，強調箇所と聴衆反応，プレゼンテーション推敲支援

1. はじめに

企画や作業成果を発表す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実施機会が増加しており，その能力育成が重要である．多くの教育機関においてプレゼンテーションに関する教育が試みられているが，殆どが初歩的な経験機会を与えるに止まっている．スライド作成者はスライド中の問題点を自ら把握して推敲を行うことが重要であるが，自身の発表の改善点を客観的に見つけることは難しい．

スライドを推敲する際には，聞き手がどこに注目しているかなど聴衆からの反応を意識して検討することが重要である．しかし，プレゼン実施時に把握できる聞き手の反応は限られる．また，リハーサル時に聞き手から得られるコメントも貴重であるが，記述内容に関するものが多く，「注目・反応」は把握し難い．

これに対して，プレゼンテーション推敲を目的としたコメント収集・蓄積システム[1,2]がいくつか存在するが，個別手作業でのコメント付与を前提とし，その管理・活用支援に主眼を置く情報共有サイドの試みが殆どで，聴衆からの反応を十分に活かせるものではない．一方，スライド推敲のための問題要因抽出を目的とするシステム[3]もいくつか存在するが，聴衆の反応を活かす推敲支援は行われていない．

本研究では，プレゼンテーションリハーサル時の聴衆の注目箇所と発表者がスライド上で強調して伝えたい箇所の差異等の兼ね合いを，発表者に理解可能な形で提示する仕組みを開発する．これにより，発表者自身が聴衆の反応を認識した上でスライドの推敲が可能になる新たな支援の実現を目指す．

2. 問題点と方針

本研究では，プレゼンテーションの推敲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）発表者が，客観的に自身のプレゼンテーション中の修正すべき箇所を見つけることは困難であること．

（問題点 2）聴衆からの意見や反応は，プレゼンテーションを改善する上で貴重なヒントであるが，時間等の制約から，意見や反応を十分に得ることは難しいこと．

（問題点 3）発表環境に応じて聞き手の反応に注意すべきであるが，困難であること．

これに対し，本研究では，まず，スライド構成的特徴分析に基づいたスライド上の強調箇所抽出手法と，聞き手の反応傾向抽出手法を開発する．次に，スライドの強調箇所と聞き手の反応傾向の兼ね合いを抽出する手法の開発する．

これらの手法を導入し，この「兼ね合い」を理解可能な形で提示するシステムを実装することにより，発表者による強調箇所と聞き手の注目箇所の兼ね合いを意識したプレゼンテーションスライド推敲を促す（図１）．

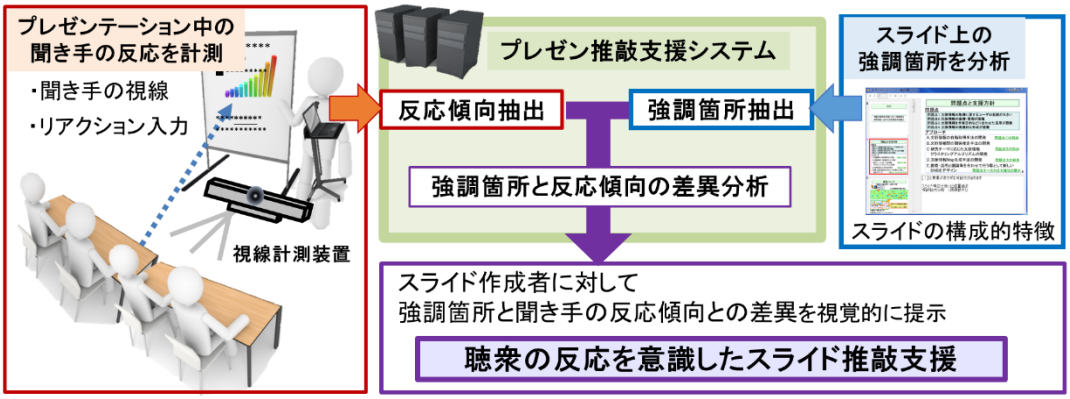


図 1　聴衆と発表者の注目箇所の兼ね合いを意識させるプレゼンテーションスライド推敲支援

表 1　強調箇所と聴衆反応に関する要素間の関係

スライド上の強調	聞き手の注目		無意識反応
強調不足	一致		視線が下に外れる
	不一致		
強調過多	一致	×	視線が横に外れる
	不一致		他の聴衆を見る
適度な強調	一致		発表者を見る
	不一致		

3.　強調箇所と聴衆反応の兼ね合いを意識させるプレゼンテーション推敲支援

3.1 構成的特徴の分析に基づいた強調箇所抽出

各スライド中の構成特徴（文章書式，記述階層構造，背景とスライドオブジェクトの構成等）の実際様態から典型的なものを抽出し，各スライド中の構成特徴の抽出方針を定める．その上で，構成特徴に基づいたスライド上の強調箇所抽出手法を開発する．

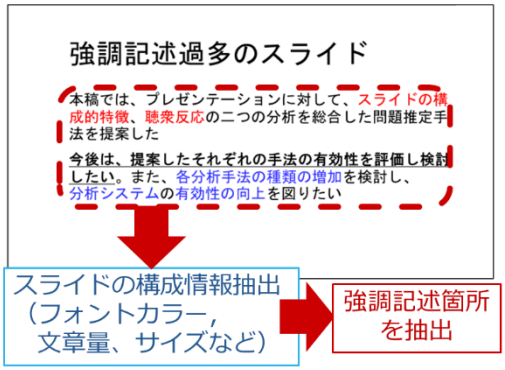


図 2 強調過多スライドの抽出

3.2 聞き手の反応傾向の抽出

まず，実際のプレゼンテーション実施時の聞き手の反応を丁寧に観察し，スライド視聴時の典型的な反応を発表（視聴）環境ごとに整理する動向を整備する．また，プレゼン視聴時の聞き手のリアクションの内，負担なく入力が行えるリアクションの特徴を精査する．

3.3 強調箇所と聴衆反応の兼ね合いの抽出

スライド上の強調箇所と聞き手が注目している箇所の一致状況を，スライド上の強調の過不足の状況毎に分析する．さらに，聞き手の無意識反応がこれらの一致状況とどのように対応して出現するのかについて分析する（表 1）．これらの分析に基づいて，発表者による強調箇所と聞き手の注目，および，無意識反応の間の関係についての指標を整備する．

4.　おわりに

本稿では，プレゼンテーションリハーサル時の聴衆の注目箇所と発表者がスライド上で強調して伝えたい箇所の差異等の兼ね合いを，発表者に理解可能な形で提示する支援の枠組みについて述べた．

今後は，実際のデータを用いた検証を重ね，スライドの強調箇所と聞き手の反応傾向の兼ね合いについて分析を進めたい．

参考文献

(1) 松下侑輝，森裕生，“ 画像処理を用いたプレゼンテーションの振り返りを支援するシステムの開発”，日本教育工学会研究報告集, Vol.2020, No.1, pp.21-27, 2020.
(2) 山田晏司，岡本竜，柏原昭博，“プレゼンテーション・リハーサル支援システムにおける議論支援ツールの構築 ～ バックレビュー支援を目的とした議論状況の保存・再現機能の評価 ～“，信学技報, vol. 119, no. 468, ET2019-95, pp. 109-114, 2020
(3) 羽山徹彩，難波英嗣，國藤進，“プレゼンテーションスライド情報の構造抽出”電子情報通信学会論文誌 Vol.J92-D, No.9, pp.1483-1494, 2009.

教える活動を通じた物理における制約理解を指向した Teachable Agent Module for Error-visualization の開発

Development of Teachable Agent Module for Error-visualization Oriented to Understanding Constraints in Physics Through Teaching Activities

荻田 将徳[*1], 前田 新太郎[*2], 相川 野々香[*1], 古池 謙人[*3], 東本 崇仁[*4]
Masataka OGITA[*1], Shintaro MAEDA[*2], Nonoka AIKAWA[*1], Kento KOIKE[*3], Takahito TOMOTO[*4]
[*1] 東京工芸大学大学院工学研究科
[*1]Graduate School of Engineering, Tokyo Polytechnic University
[*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] 京都大学学術情報メディアセンター
[*3]Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University
[*4] 千葉工業大学情報科学部
[*4]Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology
Email: m2265003@st.t-kougei.ac.jp

あらまし：学習において制約（ルール）を理解することは重要である．そのための手法として著者らはこれまで Teachable Agent Module for Error-visualization (TAME)を開発してきた．TAME ではこれまでに作問活動を題材として検証を行い，有用であることが示された．しかし，他の分野では同様に効果が見られるか検証は行われてこなかった．そこで本稿では，新たに物理を題材としてシステムの開発を行い，それに伴い必要な制約を作成した．
キーワード：Teachable Agent，Learning-by-teaching，誤りの可視化，制約，TAME

1. はじめに

学習において制約（ルール）を理解することは重要であり，十分に制約を理解できていない場合，基本問題や応用問題で躓くといった事象が起こりうる．例えば，初等物理における基本的概念である垂直抗力を理解していない場合，物体が接している面から反作用の力を記述することは困難である．

そこで，制約の理解を指向した研究として TAME（Teachable Agent Module for Error-visualization）がある(1)．TAME では，他者に物事を教示することによる学び（Leaning by teaching）(2)に着目した．ほかにも TAME では，教示活動を行う上で必要不可欠な教えられる側の存在を担保する Teachable Agent(3)，誤りに気付かせる誤りの可視化(4)など，複数の手法を用いて制約の理解を促している．

これまで TAME では，題材として作問活動における効果の検証が行われてきた．しかし，他分野において TAME が有用か検証はされていない．

そこで本研究では，物理を題材として TAME が実現可能であるか検討を行う．検討するにあたり，筆者らはこれまでに物理版 TAME に必要な制約の検討や，制約に基づく制約条件について考えてきた．本稿では，作成した制約を基に開発したシステムについて，手法や概要を記す．

2. 関連研究：作問を対象とした TAME

これまでの TAME では作問活動を題材として扱っている．作問 TAME では，学習者が行う活動として，問題を解く活動に加えて教える活動を行う．問題を解く活動では，学習者は教師型エージェントに解答の正誤判定をしてもらう．正答時は教える活動に移行し，学習者は生徒型エージェントの解答に対して，どの制約が誤っている等の指摘を行う．それに対して生徒型エージェントは，選択された制約に沿った解答の修正を行う．また，これらの制約は既存の学習支援システム“モンサクン”(4)における制約構造を用いてシステムの作成を行っている．

これらの活動を通し，作問活動において TAME は一定の効果があることがわかっている．

3. 提案システム

3.1 概要

本稿では，物理を題材とした TAME について，開発したシステムを基に説明を行う．手法として，既存の TAME 同様に問題を解く活動と教える活動の二種類の活動を用意し，それぞれを解答フェーズ，教えるフェーズとする．解答フェーズで正答した後に，教えるフェーズに移行する．教えるフェーズでは，生徒型エージェントの生成した誤答に対して，制約の誤りを指摘し，エージェントを正解に導くことで教示していることを認識する．

3.2 解答フェーズと制約の取得

本システムでは学習者が最初に行う活動として，

問題を解く活動を行う．問題を解く活動では表示されている図形に対して力の記入を行う．力の記入方法は物体に存在する作用点に対して力の強さ(1〜3)と力の向き（上下左右）を指定し，力の描画を行う．必要な矢印の記入を終えたら解答を行う（図 1)．

解答を行った際，システムからのフィードバックとして，教師型エージェントから正解，不正解のフィードバックが返ってくる．学習者が問題を正解した際は，教えるフェーズに移行し，誤答だった場合，再度問題を解く流れになる．

もし誤答した場合は，システム内で誤答履歴を記録しておく．これは学習者の間違った制約に基づいた誤答を教えるフェーズで生成するためである．

また，この際システム内では，表 1 に含まれる 4 つの制約ごとに正誤判定を行っている．

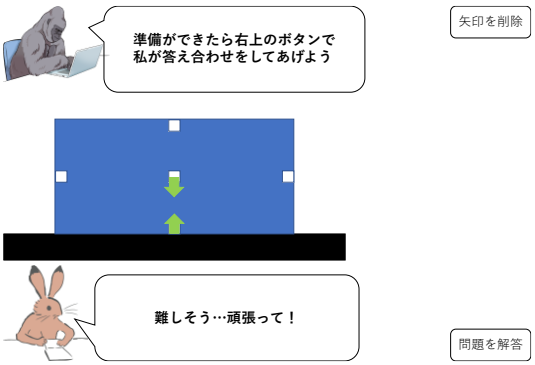


図 1 解答入力後の画像

3.3 教えるフェーズ

次に教えるフェーズでは，学習者は生徒型エージェントが解いた問題に対して，制約を用いて誤りを指摘する．生徒型エージェントが解いた問題として生成される図形の例として，図 2 のような図形が提示される．これは学習者が解答フェーズにて反作用以外の制約を誤って解答し，その後正答にたどり着いたものである．図 2 では反作用の制約のみ満たされており，これに対して学習者が“重力”の制約が誤っていると指摘すると，重力の制約条件である“物体に含まれる重量が中心から下向きの矢印として表現しているか判断”を満たした描画を生徒型エージェントは行う（図 3)．他にも指摘する制約が存在した場合，指摘を続け，全ての指摘を終えたら解答を行い，教師型エージェントが正誤判定を行う．

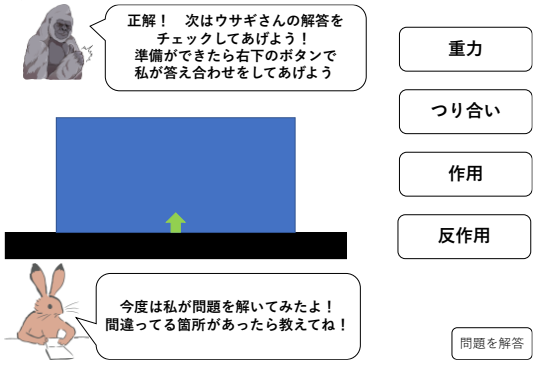


図 2 教えるフェーズ初期画面

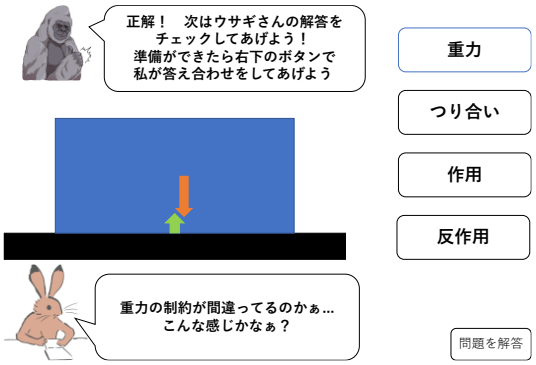


図 3 制約選択時の画面

表 1 制約

制約名	制約条件
重力	物体に含まれる重量が中心から下向きの矢印として表現しているか判断
つり合い	垂直，水平方向の力の総和が 0 になっているか判断（静止物体の場合）
作用	物体がほかの物体に影響を与えている力を記述しているか判断
反作用	作用が影響を及ぼしている物体から反対向きの力が記述しているか判断

4. おわりに

本稿では，先行研究の TAME における題材である，作問学習の領域以外でも TAME の手法を活用できるか思案するため，“物理”の領域においてシステムの開発，及びシステムにおける制約の設定を行った．

今後の課題として，実際に評価実験を行い，結果に応じて他分野でも TAME を用いることが可能であるか分析していくことに加え，より教える活動において実感を持って学習者が教える活動を行っていけるようにシステムを改善していくことがあげられる．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP22K12322，JP21H03565，JP20H01730 の助成による．

参考文献

(1) 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（D），Vol.J106-D，No.2，pp.110-122 （2023）
(2) L. Fiorella and R.E. Mayer: “The relative benefits of learning by teaching and teaching expectancy,” Contemporary Educational Psychology, Vol.38, No.4, pp.281-288 (2013)
(3) G. Biswas, K. Leelawong, D. Schwartz, N. Vye, and T.T.A.G. at Vanderbilt: “Learning by teaching: A new agent paradigm for edu cational software,” Applied Artificial Intelligence, Vol.19, No.3-4, pp.363-392 （2005）
(4) T. Hirashima, T. Horiguchi, A. Kashihara, and J. Toyoda: “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）
(5) 山元翔，神戸健寛，吉田祐太，前田一誠，平嶋宗:“教室授業との融合を目的とした単文統合型作問学習支援システムモンサクン Touch の開発と実践利用”，信学論（D），Vol.J96-D, No.10, pp.2440-2451 （2013）

誤りの可視化フィードバックに対する発話プロトコルを用いた分析方法の提案と分析結果の報告

Proposed Analysis Method Using Thinking Aloud Protocol Analysis and Error Visualization System Results of Analysis on Feedback

中村 祐希人[*1]，東本 崇仁[*2]
Yukito NAKAMURA[*1], Takahito TOMOTO[*2]
[*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] 千葉工業大学情報科学部
[*2] Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology
Email: s2381034hr@s.chibakoudai.jp

あらまし：自身の解答の振り返り支援として誤りの可視化が存在する．本研究ではこれまで本研究室で開発されてきた誤りの可視化システムのフィードバックが学習者に正しく伝わるのかを調査するために発話プロトコル分析を用いた分析方法を提案し，実際に調査した．その結果，一部のフィードバック内容について，学習者が適切に認識できていないことが判明したため，その結果を報告する．
キーワード：適応的支援，リフレクション支援，発話プロトコル分析，Error-based Simulation

1. はじめに

学習者が誤った解答をした場合，自身の解答を振り返ることは重要である．学習者に自身の解答の振り返りを促す方法として，誤りの可視化という支援方法がある．しかし，著者らの所属する研究室で開発してきた誤りの可視化システムにおいては学習者が適切に誤りを振り返らない場合も存在した．そこで，本研究では，誤りの可視化システムのフィードバックについて，発話プロトコル分析を用いた分析方法を提案し，実際に調査し，その結果を報告する．

2. 誤りの可視化

誤りの可視化とは，学習者が自身の解答では誤りであると内発的に気づかせるための支援方法[(1)]である．学習者が誤った解答をした際，学習者の誤答に基づいた結果を見せることで，学習者に自身の解答では誤りであると気づかせている．誤りの可視化の具体例を図 1 に示す．図 1 は，「物体が床に静止している」という問題の例である．学習者はこの問題においてしばしば垂直抗力の存在を理解していない．このような学習者に対して，誤りの可視化システムは「重力しか働いてないとしたときの振る舞い」をフィードバックする．垂直抗力が存在しない場合，地面があるにもかかわらず自由落下するため，学習者は自らの誤答に気づき，振り返ることになる．

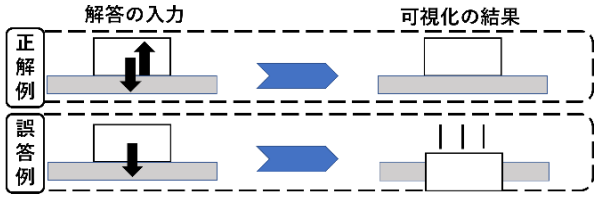


図 1 誤りの可視化具体例

誤りの可視化が効果的に働くためには，顕在性，もっともらしさ，示唆性という 3 つの要素が重要である[(1)]．顕在性とは，生成されたおかしな挙動と正しい挙動の差の程度を示している．もっともらしさとは，生成された挙動がどれだけ自分の解を反映しているかという妥当性を示している．示唆性とは，顕在化された誤りが，学習者が修正すべき点を適切に示唆しているかどうかを示したものである．

3. 分析方法の提案

本研究では，誤りの可視化システムのフィードバックが学習者にどのように伝わっているかについて発話プロトコル分析を用いた分析方法を提案する．発話プロトコル分析とは，被験者が課題を遂行中に頭に浮かんだ言葉や考えたことをそのまま即座に口に出し，それを動画などで記録する手法である[(4)]．本研究では収集した発話をカテゴライズし，顕在性などの 3 つの指標に対する認識を評価する．

3.1 分析方法

分析の概要を図 2 に示す．本分析は，(1):フィードバック後の発話の収集，(2):収集した発話への属性の付与．(3):付与した属性の組み合わせから顕在性，もっともらしさ，示唆性の 3 つに分類．(4):顕在性，もっともらしさ，示唆性について適切性の評価，の 4 つの手順からなる．以降詳細に説明する．

(1)まず，実験の過程で得られた発話のうち，フィードバック後の発話のみを収集し，分析対象とする．これは誤りの可視化フィードバックに対する認識を得ることを主としているためである．本来，フィードバック前の発話も分析には有益であると想定されるが，複雑になるため今回は除外した．次に，発話から，顕在性，もっともらしさ，示唆性に対する部分を同定するために，(2)発話に属性を付与する．顕

在性とは,「誤答に基づく生成された振る舞い（フィードバック）と「正しい振る舞い」の差であるため,「フィードバック」と「正しい振舞い」の 2 つの属性を導入する．また，もっともらしさとは「自分の解答」に基づいた「フィードバック」についての妥当性であるため,「自分の解答」と「フィードバック」の 2 つの属性を導入する. 最後に,「示唆性」とは「自分の解答」と「正しい解答に向けての修正」についての差分の洞察であるため,「自分の解答」と「修正」の 2 つの属性を導入する．以上重複を除く 4 つの属性「フィードバック」「正しい振る舞い」「自分の解答」「修正」を導入する．(2)では発話のうち，上記の属性に該当するものを検出し，属性を付与する．また，同様に(3)では付与された二つの属性を持つ発話の組み合わせから,「顕在性」「もっともらしさ」「示唆性」に関する発話を収集する．たとえば，発話(A)に「フィードバック」，発話(B)に「正しい振舞い」の属性が付与されており，二つの発話が同じフィードバック中の発話である場合，発話(A)(B)の組み合わせを「顕在性」に関する発話とする. 最後に，(4)「顕在性」,「もっともらしさ」,「示唆性」に分類された発話について，正誤を評価する．これは，学習者が行った各発話がシステムの可視化が意図した内容に沿っているかにより付与する．

以上の手順により，各フィードバックごとに「顕在性」「もっともらしさ」「示唆性」が「正しい（高い)」「誤っている（低い)」「言及がない」に分類することが可能である．その後，複数の被験者の発話プロトコルから特定のフィードバックについて，3 つの指標のうちのどれかについての「言及がない」あるいは「誤っている（低い)」場合，その可視化フィードバックの方法は問題があると予想される．

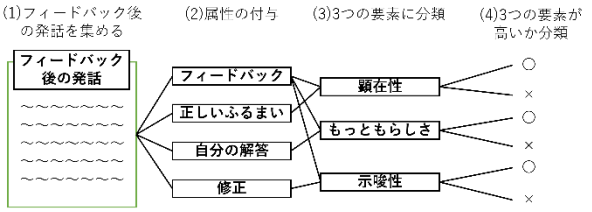


図 2 分析方法

4. 評価実験

本実験では工学部学生 11 名を対象に提案した分析手法を用いた調査を行った．実験では誤りの可視化を用いた場合の数システム[2]と EBPP システム[3]の 2 つを使用した．場合の数システムは，場合の数の文章問題の解き方を支援したものである. EBPP システムは，システムが学習者の入力した誤った解答に対して,「あなたの入力した解答は提示された問題ではなく，この問題を解いていることになる」と学習者の解答に基づいた問題設定を学習者にフィードバックとして提示するものである．以上の二つのシステムを対象に 3 つの指標について分析を行った．

結果について紙面の都合で一部報告する．現状は時間の都合で 11 名中 4 名しか終わっておらず, 各フィードバックごとの集計はできていない. 現状では，被験者ごとに収集しており，EBPP の問題 2 における結果が表 1 のようになっている．詳細な分析は今後行う予定であるが，高低の比率で考えると，顕在性は比較的高いが，もっともらしさや，特に示唆性については低い結果となったといえる．今後は各フィードバックごとに分析結果を収集し，どのフィードバックにおいて低い結果が出ているかを明らかにする．さらに，実際の発話を質的に分析し，どの点が原因であるかを明らかにすることを予定している．

表 1 被験者ごとの分析結果

		A	B	C	D
全フィードバック数		8	8	4	2
顕在性	高	6	2	1	0
	低	2	0	1	0
もっともらしさ	高	1	2	0	0
	低	4	3	0	1
示唆性	高	1	0	0	0
	低	5	4	3	1

5. おわりに

本稿では，誤りの可視化システムを対象に，顕在性，もっともらしさ，示唆性の 3 つの指標についての発話プロトコル分析を用いた分析方法を提案した．現時点では分析の途中であるが，結果として，顕在性は比較的高いが，もっともらしさや特に示唆性に問題があることが分かった．今後は，フィードバックごとに集計を行い，問題が発生しているフィードバックを特定する．さらに，実際の発話プロトコルを質的に分析し，どのようにフィードバックが学習者に受け止められているかを明らかにする．

また，その後，問題のある点を改善したシステムを開発し，結果が改善されたかを分析することで，本手法の妥当性を明らかにする．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP22K12322，JP21H03565，JP20H01730 の助成による．

参考文献

(1) 平嶋宗, 堀口知也: “「誤りからの学習」を指向した誤り可視化の試み”, 教育システム情報学会誌, Vol.21, No.3, pp.178-186 （2004)
(2) 白戸晟真, 東本崇仁: “問題解決過程の可視化による場合の数学習支援システム”, 電子情報通信学会技術研究報告(ET), Vol.121, No.406, pp.25-30, （2022)
(3) 相川野々香, 齊藤寛, 古池謙人, 東本崇仁: 力学における学習者の誤りに基づいた問題提示（Error-based Problem Posing）システムの開発, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J106-D, No. 2, pp. 144-155, （2023)
(4) 加藤隆: “認知インターフェース”, オーム社出版局（2002)

機械学習による振り返り記述内容の分類と生成系 AI を用いた学びの「振り返りプロンプト」の生成方法の提案

Proposal of a Generating Method of Reflective Prompts by Using a Machine Learning Model to Classify Written Reflections and the Generative AI

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]Center for Information Communications and Technology, Tokyo Gakugei University
Email: r199003w@st.u-gakugei.ac.jp

あらまし：学習者の学びの振り返りの支援のために，筆者らは，機械学習により学びの振り返りの記述を学びの振り返りの段階ごとに分類し，分類結果に応じて学びの振り返りを促す「振り返りプロンプト」を提示し学びの振り返りを支援する取組を行ってきた．しかし，提示される振り返りプロンプトは定型的なもので学習者の学びの振り返りの文脈を考慮できていなかったため，振り返り記述内容の文脈を考慮した振り返りプロンプトの生成を検討していた．そこで，本研究では，振り返りプロンプト生成方法の開発を目的に，機械学習による振り返り記述内容の分類と生成系 AI を組み合わせて，学びの振り返りの文脈に応じた振り返りプロンプトを生成することを目指す．本論文では，その方法の提案について述べる．
キーワード：学びの振り返り，学びの振り返りの記述，振り返りプロンプト，教師あり学習，生成系 AI

1. はじめに

学習者は，資質・能力を身に付けることに向けて粘り強い取組を行いながら，自らの学習状況を把握して学習を調整しようとすることが重要とされ，学びを振り返りながら学習に取組むことが求められている(1)．学びの振り返りにおいては，学習活動の感想や事実を想い起こすだけになる場合もあるため，学習者一人一人の学びの振り返りの状況を把握して適切に学びの振り返りを支援しながら，学習状況の把握や学習の調整を促すことが重要になる．この学びの振り返りの支援のために，筆者らは，機械学習により学びの振り返りの記述（以下，振り返り記述内容）を学びの振り返りの段階ごとに分類し，分類結果に応じて学びの振り返りを促す「振り返りプロンプト」を提示する取組を行ってきた(2)．

しかし，提示する振り返りプロンプトは，学びの振り返りの段階に応じた定型的なもので，学習者の学びの振り返りの文脈を考慮できておらず，学習者にとって突飛な振り返りプロンプトになってしまい，必ずしも学びの振り返りを誘発させるものにならない場面が見受けられていた．このため，振り返り記述内容の文脈を考慮した振り返りプロンプトの生成を検討してきていたが，実現に至ってなかった．

一方，近年，大規模言語モデルを持つ生成系 AI が注目されている(3)．生成系 AI は，入力した文章の意図を汲み取って様々な文章生成を行えるため，振り返り記述内容が表す学びの文脈を捉えられると期待される．つまり，機械学習による振り返り記述内容の分類結果と振り返り記述内容に基づき，生成系 AI で振り返りプロンプトを生成することができれば，学習者の学びの振り返りの段階を踏まえつつ，学習者が振り返った学びの文脈を考慮した，振り返りプロンプトを生成できると期待される．

そこで，本研究では，学びの振り返りの支援のための振り返りプロンプト生成方法の開発を目的に，機械学習による振り返り記述内容の分類と生成系 AI を組み合わせることで，学びの振り返りの文脈に応じた振り返りプロンプトを生成することを目指す．本論文では，その方法の提案について述べる．

2. 機械学習による振り返り記述内容の分類と生成系 AI を組み合わせた学びの振り返りの支援

2.1 機械学習を用いた振り返り記述内容の分類

筆者らは，振り返り記述内容から学びの振り返りの状況を把握するために学びの振り返りの段階ごとに振り返り記述内容が表す学びの振り返りの状況を分類する機械学習モデルを構築し，その分類結果に応じて**表 1** の振り返りプロンプトを提示する仕組みを開発してきている(2)． たとえば，事実の想起の段階に分類された場合，「その中で考えたことや大切だと思ったことは何ですか？」という振り返りプロンプトを段階に応じて定型的に提示する．

表 1 学びの振り返りの段階ごとの振り返りプロンプト(2)

段階	振り返りプロンプト
事実の想起	その中で考えたことや大切だと思ったことは何ですか？
気づきを伴う振り返り	今後の活動にどう生かしていきたいですか？
教訓に至る振り返り	（振り返りプロンプトは提示しない）

2.2 生成系 AI

生成系 AI の 1 つである Chat Completions は GPT-3 を言語モデルとして，会話をするように文書生成／修正，翻訳等のタスクを行え， Chat API を介して利用することができる(3). API にリクエストする際に，行わせたいタスクの情報を与えることで意図した文章を生成させられる．このとき，生成させたい文章の元となる例文を与えながらタスクを行わせることで，文脈とともに例文を踏まえた文章を生成させられる．また，temperature（生成する文章のオリジナリティ性），presence_penalty（新しいトピックに関する語句の使用）や frequency_penalty（同じ単語の出現頻度）等のパラメータを調整することで，生成させる文章をより意図したものにすることができる(4).

2.3 振り返り記述内容の分類と生成系 AI を用いた学びの振り返りを促すプロンプトの生成

上記の生成系 AI を用いた振り返りプロンプトの生成のために，生成系 AI へ「次の振り返り記述内容に基づいて～するような文章を作成してください」

というタスクで振り返りプロンプトを生成させると，その記述の文脈を捉え，その記述のトピックを掘り下げたり，考えを広げさせたりする文章を生成できると考えられる．しかし，それは振り返り記述内容が表す学びの振り返りの段階を踏まえたものでなく，その段階に応じて振り返りプロンプトにならないことが懸念され，生成系 AI に行わせるタスクの内容を工夫する必要があると考えられる．

そこで，本研究では，機械学習による分類結果に応じて，生成系 AI へ与える生成タスクの内容を変化させながらタスクを行わせることで，学びの振り返りの状況に加えて，学びの振り返りの記述の文脈を踏まえた振り返りプロンプトの生成を試みる．

具体的には，まず，機械学習を用い学びの振り返りの段階ごとに振り返り記述内容を分類する（**図１−①**）．次に，「学びの振り返りの段階ごとに生成系 AI に覚えさせる振り返りプロンプトの例文」，「振り返り記述内容の原文」と「学びの振り返りを促すプロンプトの生成タスク」を情報として含む「機械学習の分類結果ごとに定めた生成系 AI への生成タスク内容」を与えることで（**図１− ②**），学びの振り返りの段階と振り返り記述内容の文脈に応じた振り返りプロンプトの生成を目指す（**図１− ③**）．

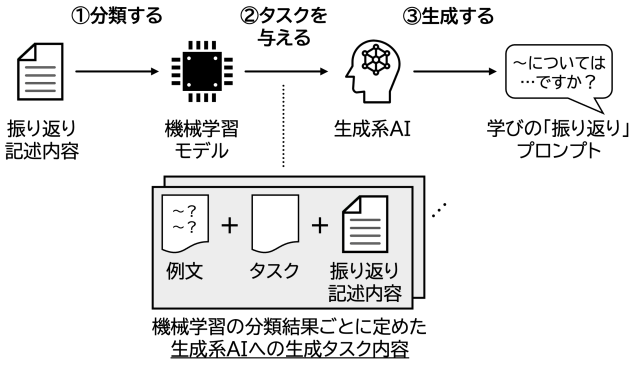


図１　振り返り記述内容の分類と生成系 AI を用いた学びの「振り返りプロンプト」の生成方法の概念図

3. 機械学習による振り返り記述内容の分類と生成系 AI を用いた学びの「振り返りプロンプト」の生成方法の提案

本生成方法では，学びの振り返りの段階ごとの振り返りプロンプトの例文を作成し（3.1），学びの振り返りの段階と振り返り記述内容の文脈に応じた学びの振り返りプロンプトを生成するための生成系 AI へあたえる生成タスクの内容を定めた（3.2）．

3.1 「振り返りプロンプト」の例文の作成

学びの振り返りの段階と振り返り記述内容の文脈に応じた振り返りプロンプトを生成するにあたり，**表１**の振り返りプロンプトに基づいたいくつかのバリエーションになるように，振り返りプロンプトの例文を作成した（**表２**）．

3.2 「振り返りプロンプト」生成タスクの作成

Chat Completions では，｛"role":"user", "content":"タスクとして与える情報"｝の情報からなるタスクを１つ以上与えることで，生成タスクを実行させられる．またその際，パラメータの値を設定することで，生成する文章の具合を調整することができる．

本研究では，学びの振り返りの段階と振り返り記述内容の文脈に応じた振り返りプロンプトを生成するため，まず，機械学習の分類結果に応じて**表２**の例文を生成系 AI に覚えさせるタスクを行わせる．次に，振り返り記述内容の原文とともに「次の文章の文脈に基づいて、覚えた質問文の例を修正して、質問文のみを出力してください」というタスクを行わせることとした．このとき，学習者の学びの振り返りの文脈に従えるよう，パラメータをそれぞれ temperature は 0.2，presence_penalty は -2.0，frequency_penalty は 2.0 に設定し，振り返りプロンプトが複数生成されないこと，振り返りプロンプトは 100 文字以内となるように制約をかけることとした．具体的な生成系 AI への振り返りプロンプトの生成タスクの内容は，**表３**のとおりである．

表２　学びの振り返りの段階ごとに生成系 AI に覚えさせる「振り返りプロンプト」の例文

段階	振り返りプロンプトの例文
事実の想起	・その中で、あなたなりに気づいたことや大切だと思ったことは何ですか？ ・その中で、あなたなりに考えたことや気づいたことは何ですか？ ・その中で、あなたなりに気になったことや考えてみたいと思ったことは何ですか？
気づきを伴う振り返り	・今回の学びを踏まえて、あなたはこれからどのように学びに取り組んでいきたいと思いますか？ ・今回の学びを踏まえて、あなたはこれからどのように学びを進めていきたいと思いますか？ ・今回の学びを踏まえて、あなたの次の学びにどのように取り組んでいきたいと思いますか？ ・今回の学びを踏まえてあなたの次の学にどのようにつなげていきたいと思いますか？

表3　生成系 AI への「振り返りプロンプト」の生成タスクの内容

{"role": "user", "content": "以下の質問文の例を覚えて、次の指示を待ってください。: **事実の想起／気づきを伴う振り返り段階に応じた「振り返り」プロンプトの例文**"},

{"role": "user", "content": "次の文章の文脈に基づいて、覚えた質問文の例を修正して、質問文のみを出力してください。そして修正した質問文を 100 文字以内で1つだけ出力してください。文字数は質問文に表示しないでください。: **振り返り記述内容の原文**"}

4. おわりに

本論文では，機械学習による振り返り記述内容の分類と生成系 AI を用いた学びの振り返りプロンプトの生成方法の提案について述べた．今後は，生成された振り返りプロンプトの検証とそれを用いた学びの振り返りの支援の有効性を検証していく．

謝　辞

本研究の一部は，科研費（23K02681）の助成を受けた．

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〈高等学校 情報〉”，東洋館出版社，東京（2021）
(2) 丸山浩平，森本康彦: “機械学習を活用した振り返り記述内容の自動分類による学びの振り返り支援の取組み”，日本教育工学会 2022 年秋季（第 41 回）全国大会講演論文集，pp.155-156（2022）
(3) Open AI: “Documentation- Chat Completion”, https://platform.openai.com/docs/guides/chat (参照日:2023.6.7)（2022）
(4) Open AI: “API Reference - Chat”, https://platform.openai.com/docs/api-reference/chat (参照日:2023.6.7)（2022）

顔情報を用いた授業活動の自動セグメンテーションの試み

An Attempt at Automatic Segmentation of Class Activity Using Facial Information

宮田 真宏[*1], 山田 徹志[*2], 大森 隆司[*2]
Masahiro MIYATA[*1], Tetsuji TAMADA[*2], Takashi Omori[*2]
[*1] 武蔵野大学
[*1] Musashino University
[*2] 玉川大学
[*2] Tamagawa University
Email: ma-miyata@musashino-u.ac.jp

あらまし:本研究ではこれまで,教室空間にカメラなどのセンシング機器を設置し授業中の様子を計測し,その結果を分析して教員にフィードバックする振り返り支援システムを開発してきた.そこでは講義場面などの特定の場面に対して AI 技術を適用することで子どもたちの授業参加が推定できることを示した.また,授業中に子どもたちが取る行動は授業活動ごとに異なるため,授業参加を示す行動はそれぞれ異なることがわかってきた.これを踏まえて本研究では,個々の活動場面における授業参加度の推定のような行動解釈をする前に,授業活動を自動分類することが必要であると考えた.そこで本発表では,自動分類のための特徴量として顔の検出数に着目し,これを用いた授業内活動の自動分類の可能性を示し,今後の展開について議論する.
キーワード:人工知能の教育的応用,教員支援,広域計測

1. はじめに

本研究ではこれまで,日々教員が行う授業の振り返りを AI 技術により支援することを目的とした支援システムを開発してきた[1].そこでは教室の前後に 4K 解像度のステレオカメラを各 1 台ずつ設置し,授業映像を記録した.映像の分析には,顔認識 AI[2]を用いて子ども達の顔の特徴量を抽出し,三角法により個々の子どもの教室内の位置と向きの情報に変換した上で,講義場面における個々の子どもの授業への参加状態を推定してきた[3].

一方,教員が子どもに対して行う授業は講義だけでなく,アクティブラーニングなどの多様な活動が導入されている.そのため,現在の 1 回の授業には異なる複数の活動が含まれ,それぞれの活動で子ども達が取る行動は異なる.AI などを活用した個別最適化の対応を子どもに取るためには個々の授業活動に対応する分析が必要であるが,その前提となる授業活動の自動分類手法は現時点では未確立である.

そこで本発表では,この授業活動を自動分類するための手法として,顔認識 AI により授業映像より認識された顔の検出数を用いる手法を提案する.そしてその評価として,人手による活動記述と比較することで,提案手法の可能性を示す.

2. 行動計測

行動計測には,LUXONIS 社の OAK-D OpenCV DepthAI カメラ(PoE 版)を使用した.映像は,カラー画像を 4K 解像度(3840×2160)とし,視差画像を HD 解像度(1280×720)とした上で 15fps でこれらを同期計測した.本カメラは教室の前方に設置してある黒板の両端上部から子ども達の方向を向けて 2 台と,概ねそれぞれの前方カメラの正面にある教室後方の壁から教室の正面方向に 2 台の合計 4 台を設置した(図 1).

本稿で分析に使用したデータは,2022 年 10 月 17 日に玉川学園小学部にて行われた小学 2 年生 31 名の算数の授業(46 分 32 秒)の映像である.

3. 顔の検出数と授業活動との関係

本研究では多くの子どもたちが授業中に取る行動は,教員の指示からその意図を読み取り,それに対応するものであると考えた.そして子ども達は教員が説明している場面であれば教員の方向を向き,ノートを取る場面であれば黒板とノートを一定の時間毎に繰り返し見ると考えられ,グループワークであればグループのメンバーの方を向くと考えられる.とするならば,このような子ども達の取る行動は教

図 1 教室内の 4 方向からの授業計測,
および顔認識 AI の検出例

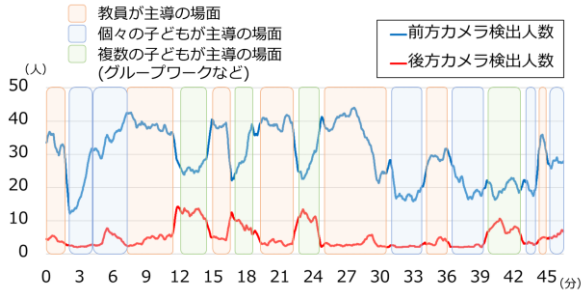


図２　教室の前方／後方カメラ(各 2 台)における顔の合計検出数と授業活動

室中に設置した 4 台の各カメラに映る顔の数として現れると考えた．

そこで分析には，それぞれのカメラ映像に顔認識 AI を適用して得られたフレーム毎の顔の検出数を特徴量として採用した．そしてカメラを教室の前方グループと後方グループの 2 つに分けて，それぞれの合計検出人数を算出した．その後，前後 1.5 秒分のデータに対して中央値フィルターを取り，1 秒当たり 1 つのデータに間引いた後に，30 秒幅の移動平均処理をした（図 2）．図 2 は横軸に時刻を縦軸に顔の検出数を取ったものである．図中の青線は前方カメラの検出数を，赤線は後方カメラの検出数をそれぞれ示している．実際に授業中で起こっていた場面を教員が主導して説明や問いかけをしている場面，個々の子どもが板書の筆記や問題を解くなどの作業をしている場面，子どもが複数人でグループワークをしている場面をそれぞれ図中の橙色，水色，黄緑色の枠で示した．

図 2 の橙色の枠内では前方カメラの検出数が多く，後方カメラの検出数が少ない傾向があった．水色の枠内では前方カメラの検出数は橙色の枠内より少ないが後方カメラの検出数は変化しない傾向があった．また黄緑色の枠内では，前方カメラの検出数は中程度であるが，後方カメラの検出数は他の枠内よりも多かった．これより，授業中の子ども達の顔の向き，ひいては前方カメラと後方カメラの顔の検出数はその瞬間の授業活動を反映すると考えられる．

これを踏まえて図 3 にこのデータに対して機械学習手法のクラスタリング手法の一つである K-means 法を適用して 3 つのクラスに分類した結果を示す．図 3 の横軸には前方カメラの検出数を，縦軸に後方カメラの検出数を取り各クラスの分類結果を散布図で示した．図 3 の各点は授業内の各時刻に対応し，その軌道はその時系列を示している．図 3 の結果は，概ね人手により解釈された場面の分類と一致していたことから K-means 法を用いることで場面の自動的な分類の可能性を示す結果であると言える．一方で，本稿で示した結果は他のクラスや科目においても同様に分類できるかについては疑問が残る．この点については今後，計測のサンプルを増やしての検証が必要である．

なお，本稿で示した結果は教室中央に座っている

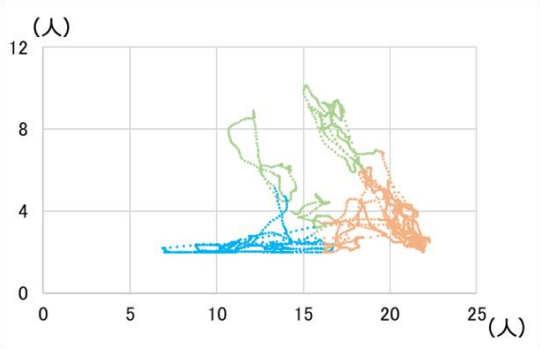


図３　K-means 法による授業活動の自動分類の例

子どもを中心に，複数のカメラで重複して検出・カウントしたデータによる分析である．このような検出法が結果に及ぼす影響の評価は今後の課題である．

4.　まとめ

本稿では，教室の前方と後方にカメラを各 2 台設置して教室全体の授業映像を記録し，顔認識 AI を用いて映像から認識される顔の検出数を数え，そこから授業活動の大きなパターンを分類できる可能性が示された．その検出数を用いて機械学習手法の一つである K-means 法により場面分類を試みた所，人手による場面分類と類似する結果を得た．一方で，人手による解釈において違和感の残る分類がされている箇所も残っている．その点については確率分布に従った分類手法などによる評価も必要と考えるが，今後の課題とする．

本手法で同様に計測した中学 2 年生の授業においても同様に分類できることを示唆する結果が得られた．これより，分析手法としてもある程度の妥当性があると考える．今後はより多くの授業のデータを収集し，さらなる妥当性の検証をする．

本研究は，科研費 若手研究 22K13762，基盤研究(B)19H01718，NEC バイオメトリクス研究所との共同研究，及びキヤノン財団からの研究支援により実施された．支援に感謝する．また本研究は，玉川大学研究倫理委員会及び保護者の承認のもと実施された．

参考文献

(1) 宮田真宏, 山田徹志, 大森隆司: “顔情報を用いた授業中の子どもの特性リフレクションシステムの開発”, 教育システム情報学会 2021 年度第 2 回研究会, Vol.32, No.2, pp.6-13 （2021）

(2) Takamoto et al. “An Efficient Method of Training Small Models for Regression Problems with Knowledge Distillation”, 2020 IEEE Conference on Multimedia Information Processing and Retrieval (MIPR), pp.67-72 （2020）

(3) Mayuko Maruyama, Masahiro Miyata, Tetsuji Yamada, Takeshi Aihara, Takashi Omori, “Estimating children's classroom participation using machine learning methods”, NCSP2023,（2023）

ベクトルを対象とした操作の要求により 半主体的な試行錯誤を促すシステムの提案

Proposal for a System that Encourages Semi-Active Trial-and-Error by Requiring Operations on Vectors

十文字 智人[*1], 相川 野々香[*1], 東本 崇仁[*2]
Tomohito JUMONJI[*1], Nonoka AIKAWA[*1], Takahito TOMOTO[*2]
[*1] 東京工芸大学大学院工学研究科
[*1] Graduate School of Engineering, Tokyo Polytechnic University
[*2] 千葉工業大学情報科学部
[*2] Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology
Email: tomhito067@gmail.com

あらまし：学習において，主体的な学びと解答の振り返りは重要である．しかし，従来の授業において，それらを行うことが難しい環境となっている．解答の振り返りを行わせる手法として，学習者の解答をもとにした事象を提示する「誤りの可視化」というものが存在する．しかし，学習者によっては，提示された事象をみるだけで，振り返りが行われない可能性があった．本稿では，システム側から明示的に学習者に対し，操作を要求することで，主体的な振り返りを促す手法を提案する．
キーワード：誤りの可視化，数学．ベクトル

1. はじめに

学習において，自分から進んで学習を行い，自身の解答を振り返ることが重要である．しかし，従来の授業は，一対多の関係で実施されることが多く，学習者が誤った解答をした場合でも，個々の学習者に合わせたフィードバックが困難である．そのため，従来の授業では，学習者は受け身の学習になってしまい，自身の解答の振り返りが困難になっている．上記の場合，学習者は，自身がどのような誤りをしているのか，振り返らない危険性があり，似た誤りをする可能性がある．そのため，学習者が自ら学習を行い，試行錯誤できる環境が必要である．

学習者に試行錯誤を促す手法として誤りの可視化というものがある[(1)(2)]．これは学習者の誤った仮説にしたがった事象を学習者に示し，自身の誤りに気付かせることで，学習者に認知的葛藤を生起させ試行錯誤を促す手法である．しかし，これまでの誤りの可視化を用いた研究では事象を提示するまでにとどまっており，学習者によっては，事象から正誤判断のみを行うような受動的な学習となっていた．そこで本研究では，数学におけるベクトルの合成を対象に，誤りの可視化を用いた学習にくわえ，システム側で操作の要求を行う手法を提案する．操作の要求を行うことで，学習者は必ず操作活動を行うため，自身の解答の振り返りを行うことができる．

2. 誤りの可視化を用いた研究

これまで誤りの可視化を用いた手法として，「Error-based Simulation (EBS)」[(1)(2)]というものが研究されてきた．EBS は物理における力学を対象として，学習者の誤った仮説にしたがった事象を学習者に示し，自身の誤りに気付かせることで，学習者に認知的葛藤を生起させ試行錯誤を促す手法である．

また，黒川らの研究[(3)(4)] では，数学における線形代数を対象として，学習者の立てた方程式から図形を生成することで誤りの可視化を行うという学習支援を行った．この研究では対象とする範囲が数学における線形代数であるため，事象ではなく図形と提示している．ゆえに，EBS と比較して学習者への誤りの示唆が難しい．これを解決するため，提示された図形は学習者の立てた方程式の制約にしたがい，操作できる．これにより，自身の解答の誤りに気付き，試行錯誤を行うことができる．

3. 提案手法

前章で挙げた黒川ら[(3)(4)]の学習支援では，システム側で学習者の解答にしたがい生成された図形を提示するだけにとどまっていた．そのため，学習者によっては，図形により正誤判断を行うだけの受動的な学習になる可能性があった．このような手法では，学習者は提示された図形を見るだけで終わってしまい，振り返りを行わないまま次の学習に進んでしまう可能性があった．そのため，学習者に振り返りを促すための具体的な活動が必要であると考える．

そこで本稿では，学習者に対し，システムで操作を要求することで，学習者に活動をさせ，半主体的に振り返りを行わせる学習支援を提案する．本研究では，学習者に操作を要求する方法として，操作指標を提示する．操作指標とは，対象となる問題において，その問題において，学ぶべき法則・知識を一定の活動としてモデル化したものである．これを操作目標として提示することで学習者は操作指標に沿って操作を行うという半主体的な活動を行いながら，学ぶべき法則・知識の理解を深めることができる．

4.　提案システム

システム画面を図 1 に示す．本研究では，数学におけるベクトルの合成を対象として提案手法を用いたシステムを開発した．ベクトルの合成には 2 つのベクトルから 1 つのベクトルが合成した場合，その 3 つのベクトルは三角形の関係性になるという法則がある．そのため，提示する操作指標は三角形となる．図 1 を例とする場合，正答は$\overrightarrow{AC}$=$\overrightarrow{AB}$+$\overrightarrow{BC}$となるため, $\overrightarrow{AC}$,$\overrightarrow{AB}$,$\overrightarrow{BC}$の 3 つのベクトルにより形成できる三角形が操作指標として提示される．学習者はこの操作指標に沿って学習者の解答にしたがい生成されたベクトルを操作する．本研究では対象とする範囲を数学のベクトルの合成に制限することで，学習者に提示する操作指標を 1 つに絞り，システム側で操作指標の提示を提示することを可能としている．

また，本システムでは，はじめに問題文と正しい解答をした場合に形成できる三角形を操作指標として提示するため，正しい解答をした際に生成されるベクトル（EBS における正しい事象）をシステム側では提示しない．これにより，これまでの誤りの可視化を用いたシステムにあった学習者が正しい事象と絵合わせを行う可能性を下げる利点がある．

図 1 を用いて本システムの流れを説明する. まず，学習者はシステム側から与えられた問題文と，操作指標（正しい解答）をもとに解答を行う．学習者は入力フォームから空欄が空いた方程式と空欄に合う記号を入力することで解答する．その後，図構築ボタンを押すことで，学習者の解答にしたがい生成されたベクトルと形成できる三角形を操作指標として学習者に提示する．具体例を用いて説明する．図 1 のベクトルの加算の問題では正しい解答が$\overrightarrow{AC} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC}$となるところ学習者は$\overrightarrow{AC} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{CB}$と解答をしている．この状態で図構築を行った場合，学習者の解答にしたがい，$\overrightarrow{AB}$, $\overrightarrow{CB}$, $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{CB}$が生成され, 学習者の解答にしたがった操作指標では$\overrightarrow{AB}$, $\overrightarrow{CB}$, $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{CB}$の 3 つのベクトルにより形成できる三角形が操作指標として提示される．次に，学習者はシステム側で生成されたうちの 1 つのベクトルを指定する．これにより，学習者に自身が現在どのベクトルを操作しているのか意識させることで，学習者が図形だけをみて操作を行うことを防ぐことができる．

続いて，図 2 のように，学習者は選択したベクトルを「学習者の解答にしたがった操作指標」,「正しい解答にしたがった操作指標」の順で重ねるように操作を行う．これにより，学習者は自身の解答と正しい解答におけるベクトルの関係性の差異を認識できる．学習者はこの操作を生成された 3 つベクトルで行い，三角形を形成する．学習者の解答によっては,「正しい解答にしたがった操作指標」では存在しないベクトルが生成される場合があり，三角形を形成できない可能性がある．これにより，学習者は自身の解答や，生成されたベクトルの関係性がどのようにおかしいのかを認識できる．また，これまでの誤りの可視化を用いた学習支援システムで問題であった学習者が提示されたフィードバックを観察せず次の解答へ移るという点についても解決している．

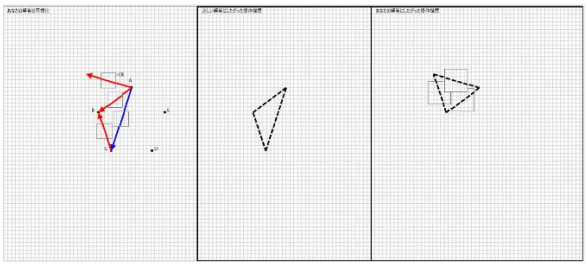


図 1　提案システム画面

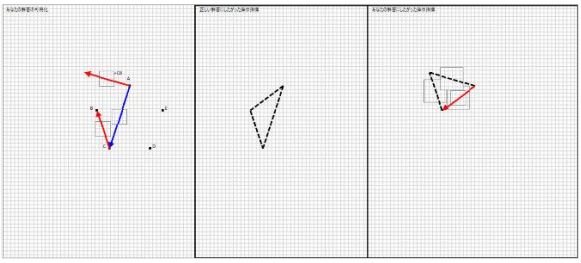


図 2 ベクトル操作後の画面

5.　おわりに

本研究では，数学におけるベクトルの合成を対象に操作指標を用いた半主体的な誤りの可視化学習を検討し，システムに実装した．今後の課題として，評価実験を行い，学習効果の検証をすることが挙げられる．また，本研究では数学におけるベクトルの合成に範囲を制限することで学習者に操作指標の提示を可能にし，システム側でサポートを行えたが，他の単元や問題でもこの手法が適用可能かを検討していく必要がある．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費，JP21H03565，JP22K12322 の助成による．

参考文献

(1) 堀口知也，平嶋宗: 誤りの修正を支援するシミュレーション環境誤り原因の示唆性を考慮した Error-Based Simulation の制御，人工知能学会論文誌, Vol. 14, No. 4 SP-C, pp. 462-472 （2002）
(2) 平嶋宗，堀口知也: 「誤りからの学習」を指向した誤り可視化の試み，教育システム情報学会誌, Vol. 21, No. 3, pp. 178-186 （2004）
(3) 黒川魁，東本崇仁，堀口知也，平嶋宗: 軌跡を題材とした数学の表現変換と能動的誤りの発見支援機能を有する学習支援システムの開発と評価，電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J101-D, No. 6, pp. 864-873 （2018）
(4) 黒川魁，東本崇仁，堀口知也，平嶋宗: 軌跡を題材とした作図インターフェースと図から記号文への変換フィードバック機能を有する学習支援システムの開発，人工知能学会先進的学習科学と工学研究会, Vol. 84, pp. 9-14 （2018）

コードの洗練活動を促すコード共有型プログラミング学習プラットフォームにおける静的な評価指標の検討

Investigation of Static Quality Indicators for A Code-Sharing Programming Learning Platform Promoting Code Refinement Activities

前田 新太郎[*1]，古池 謙人[*2]，東本 崇仁[*3]
Shintaro MAEDA[*1], Kento KOIKE[*2], Takahito TOMOTO[*2]
[*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] 京都大学学術情報メディアセンター
[*2]Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University
[*3] 千葉工業大学情報科学部
[*3]Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology
Email: front4.shintaro@gmail.com

あらまし: コードの洗練活動を促すコード共有型プログラミング学習プラットフォームはこれまでの評価から一定の学習効果が示唆された．しかしながら，評価指標の妥当性について検証したところ，コードの構造を評価する観点では課題が指摘された．そこで本研究では，コード品質に関するカテゴリを用いた静的な評価指標の実装を検討する．
キーワード：コードの洗練活動，仮想ロボットプログラミング，静的な評価指標

1. はじめに

プログラミング学習では，コードの洗練活動が重要だと考える．コードの洗練活動を促す方法の一つとして，教授者が提示する良いコードの例から学ぶような，他者のコードから学ぶ方法があげられる．一方，このような既存の学習方法は，学習者自身のレベルと学習対象の他者のコードのレベルに大きな差が生じる場合，学習に繋がらない恐れがある．

本研究ではこれまで，学習者の記述したコードベースに，少し良い他者のコードを共有する制御機能を搭載したコード共有型プログラミング学習プラットフォームを開発してきた[(1)]．開発したシステムは，評価から一定の学習効果が示唆された一方，プログラミング熟達者による評価指標の妥当性を検証したところ，システムによるコードの構造の評価について，課題が存在することが示唆された[(2)]．

そこで本研究では，新たな評価指標として静的な評価指標の検討を行う．

2. コード共有型プログラミング学習プラットフォーム

他者からの学びを促すためには，学習者のコードと他者のコードが同じ学習題材であることが望ましい．本研究では，仮想ロボットプログラミングを用いて共通化を試みる．本学習題材は，ロボットに対して「畑に移動し，種を植え，作物を収穫する」プログラミングを行う農作物収穫ゲームを備える．

他者のコードから学ぶ際には，共有されたコードがどのような観点から優れているかを認識することが重要だと考えた．本研究では，前述した学習題材の課題設計に沿って，「収穫数」「コスト」「合計スコア」の 3 つを指標とした評価指標を提案した．収穫数は作物をどのぐらい収穫できたかを表す．コストはロボットの行動コストを表す．合計スコアは，収穫数からコストを引いたスコアである．これにより，作物を多く収穫する（生産性の高い）コードなど，コードの評価の認識を容易にすることが可能となる．

他者からの学びを促すためには，学習者のレベルに近いコードが共有されることが望ましいと考える．本研究では，ランキングを用いた学習者のレベルに近いコードのみ共有を制御する機能を提案した．具体的には，前述した評価指標のスコアを用いてすべての学習者をランク付けし，そのランクに近いコードのみ閲覧できるコード共有制御機能である．レベル差の少ない良いコードから学べるため，学習を阻害せずに段階的なコードの洗練活動につながる．

3. 現状の評価指標における問題点

提案した評価指標について，実際に実験参加者が作成したコードと評価指標によるスコアを一緒にプログラミング熟達者に提示し，妥当性を検証してきた[(2)]．一部，コードと評価について一定の妥当性が示唆されたが，コードの構造に関する評価の必要性が示唆された．そこで本研究では，学習者の記述したコードの構造を直接評価する静的な評価指標の検討を行う．

4. 静的な評価指標の検討

4.1 概要

静的な評価指標を実現する概念の一つとして，リファクタリングがあげられる．ここでのリファクタリングとは，コードが持つある機能の内容を変更せ

ずに，コードの構造をより良いものへ洗練する活動であると考える．Keuning らは，教育的観点からリファクタリングの重要性を述べており，Stegeman らが設計したコード品質に関する評価基準 (3) を基に，リファクタリングに特化した，コード品質のモデルを設計した (4)．本評価は，コードのコメントやインデントに関する評価は含まれず，コードのアルゴリズムと構造に着目している．本研究では，本モデルを元に，静的な評価指標の導入と設計を試みる．

4.2 コード品質のモデル

Keuning らが提案したコード品質のモデルを表 1 に示す．まずカテゴリとして，「Flow」「Idiom」「Expressions」「Decomposition」「Modularization」の 5 つを提案している． Flow はコードの構造や流れに関する問題点を評価する．例えば，if などの条件分岐が複数回呼び出されることでネストが深くなるコードや処理が複数回繰り返されているコードがあげられる． Idiom はコードの構造に関連する問題点を評価する．例えば，配列を用いて記述できる処理を，複数の if を用いて記述しているコードがあげられる．Expressions は式の表現に関連する問題点を評価する．例えば，意図的に分割できそうな式を分割せずに宣言しているコードがあげられる．Decomposition は，コードのアルゴリズムにおける分割に関連する問題点を評価する．例えば，一つの関数内で長大な処理を記述したコードがあげられる．最後に Modularization はモジュール化に関連する問題点を評価する．例えば，目的が明確でないクラスが記述されたコードがあげられる．

本研究では，これらのカテゴリを静的な評価指標と定め，それぞれの評価指標を開発したシステムにおいてどのように適応するかを検討する．

4.3 コード品質のカテゴリを基にしたシステム実装の検討

Flow はネストが深いほど，良くないコードとして評価する．本システムでは，独自のロボットの関数として，作物の成長度を取得する GetGrowhLevel 関数や，前面の状態（畑や空き地など）を取得する GetFrontPanel 関数など用意しているため，初学者がネストの深いコードを生成する可能性は高い．よって，学習者が記述したコードからネストの深さを探索し，スコアとして算出する仕組みを検討中である．また，条件分岐の数に基づいたコードの複雑性を表す循環的複雑度による評価の実装を検討している．

Decomposition について本研究では，メイン関数あるいは学習者が作成した関数において，長大な処理を検出することで評価の実現を試みる．具体的には，学習者の記述したコードから関数を検出し，その関数の中で記述されている関数の数をカウントする．その数が多くなるに連れて，Decomposition の評価を加算する．対して，適切な関数の分割に対する評価も検討しているが，学習者があらゆるケースで関数化の実行を行ってしまうと，一切の影響を受けずに良い評価であるとシステムは評価してしまうため，それを防ぐ手法の検討が要求される．

表 1 Keuning らによるコード品質のカテゴリ

カテゴリ	内容
Flow	ネストやパス，コードの重複，到達不可能なコードなど
Idiom	不適切な制御構造，不適切なライブラリ関数の利用
Expressions	複雑な式や不適切なデータ型の使用
Decomposition	メソッド内での長大な処理の記述，
Modularization	目的が不明確なクラスやメソッドの記述

上記の問題点を解消する評価方法として Modularization があげられる．これは，ある関数が明確な目的を持っているかどうかを評価する．つまり，前述した“あらゆるケースで関数化”を実行した関数は，その関数は目的があきらかではないため，Modularization を用いて適切に評価を行うことが可能となる．しかしながら，現状のシステムでは学習者が記述したコードに対して，システムがどのような機能を持つかを解釈できる仕組みは実現できていない．よって，機能を解釈できるような仕組みを提案することが今後の課題としてあげられる．

現状では，配列の操作や式の記述を学習者に促す課題設計にはできていない．よって，Idiom と Expressions について，システム実装は未検討である．本研究では，既存の課題設計の拡張を検討している．

5. おわりに

本稿では，コード共有型プログラミング学習プラットフォームにおける静的な評価指標の導入を検討した．今後の課題として，これまでの実験参加者学習者が記述したコードを参照し，具体例をベースに検討することが挙げられる．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP22K12322，JP21H03565，JP20H01730 の助成による．

参考文献

(1) 前田新太郎， 茂木誠拓， 古池謙人， 東本崇仁: “仮想ロボットプログラミングを用いたコード共有プラットフォームの開発と評価”，教育システム情報学会誌, Vol.40, No.3, in press（2023）

(2) 前田新太郎， 茂木誠拓， 古池謙人， 東本崇仁: “プログラミングを対象とした競争型知識共有プラットフォームにおける評価指標の妥当性検証”，人工知能学会研究会資料 先進的学習科学と工学研究会, pp.12-17（2021）

(3) Stegeman, M., Barendsen, E. and Smetsers, S.:“Towards an empirically validated model for assessment of code quality”, Proceedings of the 14th Koli Calling international conference on computing education research, pp.99-108 （2014）

(4) Keuning, H., Heeren, B. and Jeuring, J.:“Code Quality Issues in Student Programs”, ITiCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, pp. 110–115 （2017）

初等教育における理科の学習支援アプリケーションとゲーミフィケーション

Learning Support System of Science in Elementary Education and Gamification

中桐 斉之[*1], 向坂 幸雄[*2]
Yukio SAKISAKA[*1], Nariyuki NAKAGIRI[*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@nakamura-u.ac.jp

あらまし：GIGA スクール構想によって一般的な端末となったタブレット端末を含む携帯端末を用いた初等教育における学習支援として、ユーザの生き物への認知を向上させることを目的とし、ゲーミフィケーションを利用した携帯端末上で動作する学習支援システムを提案する。システムとしては、アプリケーションは、べんきょう・おみせ・ずかんの 3 つの画面から成り、ユーザは，ずかんの項目を集めることを目標とする。べんきょうをすることでコインを得られ、おみせでコインとずかんの一項目の生き物を交換できるとし，ゲーミフィケーションの要素を取り入れることで，繰り返し学習の促進を行うとともにモチベーションの維持を目指した.
キーワード：携帯端末，ゲーミフィケーション，初等教育，理科教育

1. はじめに

GIGA スクール構想によって、これまでにも増して学校教育の場に ICT が導入されることになり、学校教育において 1 人 1 台端末の環境が整備されてきている。また、2020 年の COVID-19 の全国的な感染拡大により戦後の教育史上例を見ない長期にわたる全国的な休校措置が実施され、その間の学修支援デバイスとして、小学校教育においてもタブレット端末に注目が集まり、急速に普及が進んだ(1)。

タブレット端末等の携帯端末における学習では、わからないところを繰り返し学習できるという特徴があり、学習時間の増加によって知識理解が深まるなどの特性が、従来の学習よりも高い効果を得ることができると示唆されているが(2)、学習のモチベーション維持が難しいなどの問題がある。しかし、この問題に対しては、近年ゲーミフィケーションが教育システムにも導入され、これを導入することでモチベーションの維持が可能となることが明らかになってきている(3,4)。

一方、中教審は 2021 年 1 月の答申「令和の日本型学校教育」の構築を目指しての中で、「これからの学校教育を支える基盤的なツールとして， ICT は必要不可欠なものであり 1 人 1 台の端末環境を生かし，端末を日常的に活用していく必要がある。」としながらも「児童生徒が ICT を「文房具」として自由な発想で活用できるようにし「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた 授業改善に生かしていくべきである。」としており，画一的なドリル型学習のデバイスとして終始することが無いように求めている(5)。このような中で児童が自ら意欲をもって学びを発展させ、取り組める要素を組み込んだ学習コンテンツの開発が期待されている。

2. 研究目的

本研究では，小学校第 3 学年理科における「身の回りの生物」に関する単元を対象とした，ゲーミフィケーションを組み込んだ携帯端末用のいきもの図鑑という学習支援システムを構築し、このシステムを通じて、ユーザのモチベーションの維持をはかるとともに，生物多様性の理解の第一歩への主体的な学びの姿勢の形成を支援することを目指すこととした。

3. システムの構築

著者らはこれまでにユーザのモチベーションを維持・向上させる新しいシステムとしてゲーミフィケーションを取り入れた携帯端末学習支援システムの構築を行ってきた(1,3,4)。本システムもこのシステムを発展させ，小学校学習指導要領の第 3 学年理科の身の回りの生物に関する学習単元を対象に，携帯端末を用いた学習支援システムを構築した。

具体的には, iOS 13.0 対応の iPhone を対象とし，Xcode14.1, swift 4.2 を用いて，スマートフォン用のアプリケーション(以下アプリ)としてシステムを実装する．内部で扱うデータベース上の情報では、当該単元が第 3 学年理科の最初で扱われることが多いことを踏まえ、小学校学習指導要領国語の第 2 学年までの学習漢字のみを使用することとした.

アプリは，トップ，べんきょう・おみせ・ずかんの 4 つの画面から成り，トップ画面には学習回数，平均正解率，所持コイン数，図鑑収集率，が数字およびグラフで表示される. また, 初回起動時のほか,

トップ画面（図1左）のチュートリアルボタンをタップするとチュートリアル画像が表示され，アプリの使用方法を確認することができる．

トップ画面からべんきょうを選択すると勉強画面（図1右）へ遷移する.はじめるボタンをタップすると問題画面に移動し，ユーザは問題に対する4つの選択肢から解答を1つ選択することができる.解答をタップすると，その解答に対して〇と×と説明が表示され，ユーザは正解するとコインを1枚得ることができる，10回解答を行った後，成績表示画面へと遷移する．成績表示画面では正解数が表示され，獲得したコイン数が表示される．

成績表示画面かトップ画面からおみせを選ぶとおみせ画面へ移動し，べんきょう画面で得たコインと図鑑のカードを交換できる.『こうかんする』ボタンをタップするとコインを消費して，ずかん画面の項目のカードを一つアンロックでき，入手したカードのせいぶつのイラストが表示される．

トップからずかんをタップするとずかん画面に遷移し，今までおみせで手に入れたせいぶつのカードが図鑑項目として表示され，これをタップすることで，イラストと説明が表示される．ユーザがまだ手に入れていないカードの場所は鍵のイラストが表示される．また画面の上部にはずかんの収集率が表示され，現時点で全体の何%のカードを入手したかが確認できる．

また，いずれのアプリも画面右下にマスコットが表示されており，正解数に応じてユーザをはげましたり，褒めたりするセリフが表示される．

小学校第3学年では､1つ目の学習項目として「生物はいろ、形、大きさなど、姿に違いがあること。また､周辺の環境と関わって生きていること｡」が挙げられており，小学校学習指導要領解説においても具体的な対象植物として,学校での栽培植物に加え,校庭など身近な場所に生息する野草としてキク科の植物が挙げられている．環境との関わりでは，昆虫との関わりが良くわかるアブラナ科，ミカン科などが挙げられており，これらを食草とする昆虫との関連性に注目するよう促している．環境との関わりが良くわかる動物として，身近な昆虫やダンゴムシのような節足動物が挙げられている．これらを踏まえて、身近な動植物を選定し，ずかんのカードを整備することとした。

4.　アプリの課題と今後の展望

本報告では，携帯端末を用いて，初等教育における理科の学習支援を目的にし，ゲーミフィケーションによるモチベーションの維持向上を組み込んだシステムを提案した．本システムには、ゲーミフィケーションの要素として，ポイント，可視化，アンロックとコレクションが含まれており，これらの要素のよって，可視化やポイントの要素を含めることでモチベーションを維持する効果があることが分かっており[5]本アプリにおいても同様の効果が期待できる.しかしながら,コレクションの要素については,まだ不明な点があるため、コレクションの要素を含むアプリ（アプリA）とコレクションの要素を含まないバージョンのアプリ（アプリB）の二種類を作成し，比較実験を行うなどすることで、効果を検証していく予定である．

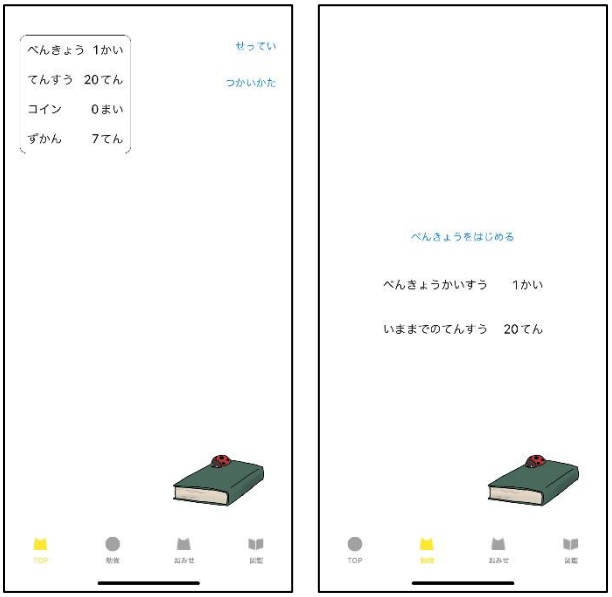


図1 トップ画面（左）とべんきょう画面（右）

参考文献

(1) 向坂幸雄, 中桐斉之:“ICT 機器を活用した理科指導法ーいきもの図鑑からの身の回りの生き物への関心と理解を育むー”, 第46回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.61-62 （2021）

(2) 富永敦子, 向後千春 :“e ラーニングに関する実践的研究の進展と課題”, 教育心理学と実践活動, 53, pp.156-165 (2014).

(3) 中桐斉之, 寺尾明日実, 向坂幸雄:“ゲーミフィケーションを用いた携帯端末用環境学習支援システムの開発”, 第 44 回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.409-410 （2019）

(4) 中桐斉之, 寺尾明日実, 向坂幸雄:“ゲーミフィケーションを用いた携帯端末学習支援システム:生物多様性教育の学習支援”, 第82回全国大会講演論文集, 情報処理学会, pp.253-254 （2020）

(5) 中央教育審議会:“「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）”, https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/079/sonota/1412985_00002.htm（参照 2023.6.6）

(6) 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, 33-40 (2023).

振り返りの支援・共有ツール”Reflect”を活用した振り返り能力の向上
ー教員による介入と ChatGPT を活用した AI コーチー

Instruction for Enhancing Reflection Ability Utilizing “Reflect”
-Teacher Intervention and AI Coaching Powered by ChatGPT-

若林 隆久[*1], 杉谷 賢一[*2], 合田 美子[*2]
Takahisa WAKABAYASHI[*1], Kenichi SUGITANI[*2], Yoshiko GODA[*2]
[*1] 高崎経済大学
[*1]Takasaki City University of Economics
[*2] 熊本大学
[*2]Kumamoto University
Email: wakabayashi@tcue.ac.jp

あらまし：本研究では，2023 年 2 月から ChatGPT を活用した AI コーチを実装している振り返りの支援・共有ツールである Reflect を活用して、学習者が（1）日常的に自身の経験を振り返り学びを引き出すようになったり（日常での自発的な振り返り）や（2）より質の高い振り返りができるようになったりする（振り返りの技能の向上）ための学習支援の方法を明らかにする．
キーワード：**リフレクション**，経験学習，メタ認知，AI コーチ，ChatGPT

1. はじめに

ジョン・デューイ [(1)]，ドナルド・A・ショーン [(2)]，デイヴィッド・コルブ [(3)]，などに代表される一連の研究において，学習や成長における振り返りや経験学習の重要性が指摘されてきた．自発的な振り返りを促したり，上手な振り返りができるようにしたりするための学習支援はひとつの重要なトピックとなっている [(4)]．

活用できる技術やツールの発達に伴い，振り返りや経験学習に関する学習を支援する方法にもより幅広い可能性が生じてきている．そこで、本研究では，新たに登場してきた技術やツールを活用しながら，（1）日常での自発的な振り返りを促したり，（2）振り返りの技能を向上させたりする学習支援の方法を明らかにすることを目指す．

2. 対象と教育実践上の課題

2.1 対象

本研究の対象は，地方に位置する A 大学のひとつの演習（B ゼミ）の受講生である．各学年 10 人強が定員の必修の科目であり，2 年生後期の開講から卒業まで継続してひとつのゼミを受講することになる．B ゼミでは，前期は 3 年生と 4 年生が，後期は 2 年生と 3 年生が，2 学年合同でゼミを実施している．

2.2 教育実践上の課題

B ゼミでは，毎週の教室での対面の授業内でも，Slack や Google Classroom などのツールを用いた非同期型のリアクション・ペーパーや課題においても，振り返りや相互コメントを実施していた．その中で，（1）日常的に自身の経験を振り返り学びを引き出すようになること（日常での自発的な振り返り）や（2）より質の高い振り返りができるようになること（振り返りの技能の向上）が課題として浮き彫りになってきた．

3. 振り返りの支援・共有ツール”Reflect”

上記のような背景のもと，B ゼミでは 2022 年度後期から Reflect（https://reflect.page/）という振り返りの支援・共有ツールを導入した．Reflect は、もともとビジネス向けに経験学習を促すこととマネジメントの支援をすることを目的として開発されたウェブ上のアプリケーションである．Reflect では，投稿する際には，その日の「コンディション（やる気，達成度，体調の 3 項目）」について 1 から 6 の 6 点尺度で自己評価し、その日の「できごと」「学び」「アクション」を記述する．このうち、「コンディション」と「できごと」は必須項目である．同じチームのメンバーが投稿した振り返りは，タイムライン（TL）上に投稿順に表示される形で共有される．同じチーム内の投稿に対して，コメントしたり，「いいね」を付けたり，投稿内「できごと」「学び」「アクション」をクリップしたりできる．また，振り返りのコツが記載された Weekly メールが 12 週にわたって届き TL の最上部にも表示される、過去に自分がクリップした投稿内容 が TL の最上部に表示され学びが定着したかどうかを「はい／いいえ」で回答できる、リマインドメールやハイライトメールを自分で設定できる（チームの管理者による設定も可能）、「チーム分析」のタブでチームの振り返りやチーム内の個人のコンディションのトレンドをグラフ化して一覧できる、といった様々な機能が用意されている．さらに，2023 年 2 月からは ChatGPT を活用した AI コーチを実装しており、AI コーチからアドバイスを受けたり、AI コーチとの対話で学びを深めたりできるように

なっている．

Reflect を教育実践に導入することで，投稿のフォーマットという足場架けがある中で，任意の自身の経験から学びを引き出す練習ができる．また，投稿の共有や学習者間の相互作用により，他者の観察学習やモチベーションの向上が期待できる．

一方，このようなツールを用意しても，学習者が適切に活用し効果を上げられるかや，そもそも十分に活用してくれるかといった点は大きな課題となる．そこで，本研究では，2022 年度後期に実施した Study 1 と，2023 年度前期に実施した Study 2 に基づいて，学習者が Reflect という振り返りの支援・共有ツールを十分かつ適切に活用して，（1）日常的に自身の経験を振り返り学びを引き出すようになり，（2）より質の高い振り返りができるようになるための学習支援の方法を明らかにする．

4.　調査

4.1 Study 1

2022 年度後期（9 月～2 月）に実施した Study 1 では，4 年生 12 人のチームと，2 年生 11 人と 3 年生 12 人からなる 23 人のチームの 2 つのチームを対象として，Reflect を活用した教育実践を行った．4 年生 12 人のチームに対してはほとんど介入を行わない一方で、2・3 年生 23 人のチームに対しては 4 から 5 週おきに教室での授業において Reflect の活用方法や意義について話し合いをするなどの介入を行い、結果を比較した．

4.2 Study 2

2023 年度前期（4 月～8 月）に実施した Study 2 では，3・4 年生 23 人のチーム（Study 1 の 2・3 年生のチームと同一メンバー）に対して，ChatGPT を活用した AI コーチを 3 週間ごとに「なし→あり→なし→あり」と変化させる ABAB デザインの教育実践を行い，AI コーチの有無による影響を調べた．

4.3 材料

本研究および教育実践における学習目標である（1）日常的に自身の経験を振り返り学びを引き出すようになること（日常での自発的な振り返り）と（2）より質の高い振り返りができるようになること（振り返りの技能の向上）のそれぞれについては，下記のように測定を行った．

（1）日常での自発的な振り返りについては，Reflect における「振り返りの総回数」や「ノルマとしてや課された回数を超えた振り返りの回数」などで億呈した．なお，Study 1 および Study 2 のそれぞれにおいて，30 回の投稿をノルマとして示した．

（2）振り返りの技能の向上については，Reflect の「投稿における文字数」や「できごと，学び，アクションのうちどの項目を書いているか」で測定した．

これらの他に，Study 1 および Study 2 のそれぞれで，学習者の Reflect 上での行動や，ヒアリングやリアクション・ペーパーへの回答を通じた定性的なデータも収集した．

また，Study 2 では学習者本人に対する振り返りの能力やメタ認知に関する事前・事後の質問紙調査を実施した．

5.　結論

上記の調査研究の結果から，他のツールと同様に単に Reflect を用意するだけでは，すべての学習者が十分かつ適切に Reflect を活用しないことが明らかになった．これは ChatGPT を活用した AI コーチについても同様であった．AI コーチによる効果は部分的には見られたものの，AI コーチを効果的に活用するための学習支援や、そもそも AI コーチを活用してもらうための学習支援が必要であることが明らかになった．

参考文献

(1) Dewey, John:“Learning and Experience”, The Macmillan Company, New York （1938）
(2) Schon, Donald A.:“The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action”, Basic Books, New York （1983）
(3) Kolb, David A.:“Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development”, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. （1984）
(4) 大島純，千代西尾祐司編:“主体的・対話的で深い学びに導く学習科学ガイドブック”，北大路書房，東京（2019）

VR 型及び従来型操船シミュレータにおける状況認識および意思決定に関する学習効果の違いについて

Differences in Situation Recognition and Learning Effect in VR Type and Conventional Ship Maneuvering Simulators

西村 和真[*1], 平野 学志[*2], 堀口 知也[*3]
Kazuma NISHIMURA, Takashi HIRANO, Tomoya HORIGUCHI
神戸大学大学院海事科学研究科
Maritime Sciences, Kobe University Graduate School
Email: 1927040w@gsuite.kobe-u.ac.jp

あらまし：本研究では，今後，海技教育訓練での活用が期待される VR シミュレータが既存手法の一つであるデスクトップシミュレータと比較して，どのような優位性や欠点を持つかを明らかにすることを目的とする．本稿では，小型船舶を操縦する際の状況認識および意思決定に関する学習効果について，従来のデスクトップディスプレイ（DD）とヘッドマウントディスプレイ（HMD）を比較した．被験者はそれぞれの装置で衝突判断(文脈のある状況での観察)および制動距離の制御(文脈のある状況での操作)を行った．実験直後には，酔いと臨場感に関するアンケートを実施した．その結果,制動制御においては､HMD の方が DD に比べて、回数を重ねた際のパフォーマンスの伸びが良く、学習効果が高いことが確認された。
キーワード：バーチャルリアリティ，操船シミュレータ，立体視，文脈，状況認識，臨場感，酔い

1. 背景

近年，人工環境を提示するデバイスとしてヘッドマウントディスプレイ(HMD）を用いたバーチャルリアリティ(VR)の利活用および研究開発が，幅広い分野で進んでいる．MET（海技教育訓練）においても，HMD というデバイス 1 つで高い臨場感のシミュレーションの環境構築が可能であることや，時間や場所を問わずに利用可能な柔軟性があるといった利点を持ち，新たなトレーニング技術の 1 つとして VR の利用・導入が進められている．ただし，先行して VR が利用されてきた他分野に比べてシステムの長期的なメリットや有効性，そしてその応用については，海事分野ではまだ十分に理解されていない．本研究では今後 MET においてより利活用が進むと予測される VR 型のシミュレータが，既存手法の 1 つであるデスクトップシミュレータに比べて，どの様な優位性や欠点を持つかを明らかにすることを目的とする．

2. DD と HMD の視覚的・認知的特性の違いについて

三次元空間で行なわれる立体視は，絵画的手がかりなどの単眼視要因，両眼視差や輻輳運動の両眼視要因によって引き起こされ，HMD では DD で利用できない両眼視要因を用いることができる．立体視に関する両眼視要因と単眼視要因の各手がかりの有効性は視対象までの距離によって異なる．例えば，行動空間（2m~30m）までは，両眼視差が有効に働くが，眺望空間（30m~5000m）においては距離が遠くなるにつれ，その有効性は低下していく(1)．

また，操船者は，時々刻々と変化する状況において状況認識と意思決定を行い，最終的な衝突回避行動を実行する．状況認識とは，時間と空間内での環境中の要素の知覚，それらの意味の理解，そして近い将来におけるそれらの状態の予測のことである．意思決定とは，それらの状況認識をもとに，判断を下す過程のことである．デバイスの違いが衝突回避判断に関する状況認識および意思決定に与える影響は，入力値を DD または HMD を通した視覚情報として，それぞれの出力値を比較することにより検討できると考えられる．

本研究では，操船シミュレータの再生機能を用いて共通の航海映像を提示し，(1)被験者に衝突の有無を判断させる衝突判断実験（操船操作は行わない），および(2)被験者に衝突回避のための減速操作を行わせる制動制御実験（操船操作は行う）を実施した．そして，衝突判断実験の結果より状況認識について，また制動制御実験の結果より意思決定について分析した．

3. 関連研究

DD と HMD を用いた操船シミュレータの先行研究として，指定した航路を辿る操船行動について(2)，また，状況認識の観点から衝突の有無の判断について(3)の検証実験が行われた．ここでは DD/HMD ともに同等のパフォーマンスを示し，HMD 利用時は臨場感と主観的な酔いを DD 利用時よりも高く感じた．

4. 研究目的

関連研究(3)においては相手船が両眼視差の有効性が低い眺望空間（40m~120m）を航行するシミュレーションであったが，相手船がより近い距離に存在する際の状況認識については考慮されてない．そこで，本研究では視認する距離を個人空間(0m～2m)、行動空間(2m～30m)の範囲に設定し，DD（図 1 左図）と HMD（図 1 右図）を用いて課題を遂行する際にデバイスの性質の違いが与える影響を，状況認識および意思決定の観点から評価することを目的とする．

図 1 DD(左図)，　HMD（右図）　使用イメージ

5.　研究方法

実験では、航行する自船と自船の前方に静止している他船との状況認識および意思決定について以下の 2 つの実験を行う.

①衝突判断(文脈のある状況での観察):自船が一定速度で停止状態の相手船に近づいている。そして、ある時点でエンジンを停止して減速を開始するとき、最終的に自船が他船に衝突するか/ちょうど静止するか/手前で止まるかを判断する。

②制動制御(文脈のある状況での操作):自船が一定速度で停止状態の相手船に近づいているとき、一定の距離(他船まで 30m)になる時点以降にエンジンを停止して減速を開始し、相手船と距離 0 でちょうど静止するようにエンジン停止のタイミングを決める。これを DD と HMD のデバイスで実施する. 各シナリオの直後に酔いの指標である SSQ, 臨場感の指標である IPQ の 2 つのアンケートを行った.

6.　結果

状況認識および意思決定の評価指標として, 各シナリオにおける回答の正誤および誤差を比較した.

衝突判断実験について, デバイス, 速度, 加速度ごとに、被験者の回答の正誤を集計し、それぞれのデバイスについてマクネマー検定を行った。

制動制御実験について､デバイス, 速度, 加速度ごとに、自船と他船の距離の絶対値を集計した.これに対して速度、デバイス、練習回数の、3 要因で、3 要因分散分析を行った. SSQ と IPQ の分析にはウィルコクソンの符号付順位検定を用いた.

衝突判断実験でデバイス間における有意差は認められなかった. 制動制御実験では, 表 1,2 よりデバイス（要因 A）と練習回数（要因 C）の交互作用が有意であり, 練習回数の C=8（8 回目）においてのみ HMD 優位の有意差（$p < .05$）が認められた（表 1）. また, 要因 A（デバイス）の各水準における練習回数（要因 C）の効果については、A=2（HMD）においてのみ練習回数による有意差（練習回数が増えるほどずれが小さい）が認められ（$p < .01$）, Holm 法による多重比較の結果, 複数の練習回数間において有意差が認められた（表 2）. さらに SSQ と IPQ について, どちらも HMD においてスコアが高く有意差が認められた.

表 1　　3 要因分散分析・下位検定(要因 A: デバイス　要因 C:練習回数)

S.V	SS	df	MS	F
A at C1	32.1889	1	32.1889	2.96 (ns)
sxA at C1	119.4298	11	10.8573	
A at C2	3.1417	1	3.1417	0.21 (ns)
sxA at C2	163.2341	11	14.8395	
A at C3	17.7112	1	17.7112	1.82 (ns)
sxA at C3	107.0366	11	9.7306	
A at C4	2.4976	1	2.4976	0.74(ns)
sxA at C4	37.1057	11	3.3732	
A at C5	5.3847	1	5.3847	1.21 (ns)
sxA at C5	48.7850	11	4.4332	
A at C6	13.0305	1	13.0305	1.13(ns)
sxA at C6	126.3512	11	13.6435	
A at C7	6.9689	1	6.9689	0.67(ns)
sxA at C7	113.5705	11	10.3579	
A at C8	23.9863	1	23.9863	7.10*
sxA at C8	37.1222	11	3.3747	
C at A1	89.2390	7	12.7556	1.72(ns)
sxC at A1	569.4971	77	7.3961	
C at A2	387.7827	7	55.3975	6.83 (**)
sxC at A2	624.6782	77	8.1127	

表 2　　Holm 法による多重比較（C(練習回数)）

(MSe= 8.1127, * p<.05)				
C1	=	C2	n.s.	(alpha'= 0.0167)
C1	>	C3	*	(alpha'= 0.0024)
C1	=	C4	n.s.	(alpha'= 0.0029)
C1	>	C5	*	(alpha'= 0.0019)
C1	>	C6	*	(alpha'= 0.0020)
C1	>	C7	*	(alpha'= 0.0023)
C1	>	C8	*	(alpha'= 0.0018)
C2	=	C3	n.s.	(alpha'= 0.0026)
C2	=	C4	n.s.	(alpha'= 0.0033)
C2	>	C5	*	(alpha'= 0.0021)
C2	>	C6	*	(alpha'= 0.0022)
C2	=	C7	n.s.	(alpha'= 0.0025)
C2	>	C8	*	(alpha'= 0.0019)
C3	=	C4	n.s.	(alpha'= 0.0100)
C3	=	C5	n.s.	(alpha'= 0.0045)
C3	=	C6	n.s.	(alpha'= 0.0056)
C3	=	C7	n.s.	(alpha'= 0.0500)
C3	=	C8	n.s.	(alpha'= 0.0036)
C4	=	C5	n.s.	(alpha'= 0.0031)
C4	=	C6	n.s.	(alpha'= 0.0042)
C4	=	C7	n.s.	(alpha'= 0.0083)
C4	=	C8	n.s.	(alpha'= 0.0028)
C5	=	C6	n.s.	(alpha'= 0.0250)
C5	=	C7	n.s.	(alpha'= 0.0050)
C5	=	C8	n.s.	(alpha'= 0.0125)
C6	=	C7	n.s.	(alpha'= 0.0071)
C6	=	C8	n.s.	(alpha'= 0.0063)
C7	=	C8	n.s.	(alpha'= 0.0038)

7.　考察

制動制御においては、HMD の方が DD に比べて、回数を重ねた際のパフォーマンスの伸びが良く、学習効果が高いことが確認された。また HMD は DD に比べて酔いやすく、臨場感を感じやすいデバイスであることが分かった。ただし、酔いについては、状況認識の全体的なパフォーマンスに影響を与えるほどではないことも明らかとなった.

以上より、ブレーキを踏むなど操作を必要とする過程において、VR 型操船シミュレータは、デメリットが少なく、学習効果が高いというメリットをもつ可能性が示唆された。したがって、VR 型操船シミュレータの導入を進めていくことは合理的なのではないかと考える

参考文献

(1) Cutting, J.E. and Vishton, P.M. (1995). Perceiving layout and knowing distances: The interaction, relative potency, and contextual use of different information about depth. In Epstein, W. and Rogers, S.(Eds.) Perception of Space and Motion. 69-117. Academic Press.

(2) Bassano, C. et al. (2019). Evaluation of a Virtual Reality System for Ship Handling Simulations. In Proc. of VISIGRAPP2019. 62-73.

(3) 平野学志 (2022). VR 型及び従来型操船シミュレータにおける文脈の有無が状況認識に与える影響に関する研究. 教育システム情報学会.The 47th Annual Conference of JSiSE.

アロマテラピーの手法を学ぶ VR 教材

VR Contents to learn the Method of Aromatherapy

三代澤 凪
Nagisa Miyosawa
山岸 芳夫
Yoshio Yamagishi

新潟工科大学
Niigata Institute of Technology
Email: 202011220@cc.niit.ac.jp

あらまし：現代の社会を生きる人々は、ストレスの自力コントロールを迫られる局面が多い。よって人々のストレスを解消・コントロールする方法・コンテンツがこれまでも数多く提案されている。本研究ではその方策としてのアロマテラピーに着目し、アロマテラピーに用いる道具の使い方や対象物の作り方を、VR を用いて実践的に学ぶことができる教材を作成する。
キーワード：VR 教材、アロマテラピー、スキル学習

1. はじめに

現代の社会はストレス社会といわれ、現代社会を生きる人の半数以上が何かしらのストレスを抱えている。このため、自律神経失調症などの心の病にかかる人が多くなっている。それを防ぐために、現代人にはストレスを解消・コントロールする必要がある。

そこで我々は、ストレスを解消・コントロールする方法の 1 つであるアロマテラピーに着目した。アロマテラピーで用いる道具の使い方、石鹸などの作成物の作り方を間違えると道具の破損や、かぶれなどの身体の異常を引き起こす可能性があるため、取り扱いには最低限のスキルと知識が必要となる。しかし、紙媒体や動画教材だけではスキルと知識の獲得に繋がりにくいと考えられる。

しかし近年では xR(VR、AR、MR など…)技術が急速に進歩しており、動画教材だけでは会得が難しい、肉体的反復練習が必要な技術・知識の獲得を目的とする VR シミュレーションが注目されている。

VR であればアロマオイルなどの消耗品は必要なく、気軽に体験型の学習が可能になる。よって我々は、VR を用いてハンズオンで肉体的反復練習が可能なアロマテラピー実践の教材を作ろうと考えた。

2. アロマテラピーについて

アロマテラピーとは、植物から抽出した香り成分である「精油(エッセンシャルオイル)」を使って、美と健康に役立てていく自然療法である[(1)]。

香りを嗅いだとき、香りの化学情報が鼻の中の嗅上皮で電気信号に変換され、大脳辺縁系に届く。他の感覚は通常大脳新皮質で認識されるが、嗅覚だけは直接大脳辺縁系に届くのである。これは嗅覚が最も原始的な感覚であることを意味しており、香りが過去の記憶を想起させる、いわゆるプルースト効果もこれが原因となっている。

このように、香りの情報は自律神経系や内分泌系、免疫系などのバランスを整え、ホメオスタシス(恒常性)の働きに大きく関わる視床下部にも伝わるため、香りは心身を整えるのにとても重要なファクターを務める。

アロマテラピーの目的は
・心と身体のリラックスやリフレッシュを促す
・心と身体の健康を保ち、豊かな毎日を過ごす
・心と身体のバランスを整え、本来の美しさを引き出す
の 3 つを目的としている。

3. 先行研究

アロマテラピーの教育は医療・看護系教育機関で行われることがあるが、教育実践の報告はあまり例を見ない。その数少ない例として、Giang は PBL（プロジェクト型学習）でアロマワックスの製造を中学一年生（日本では小学六年生にあたる）が学ぶ取り組みを紹介している[(2)]。この取り組みの中では実際にアロマワックスの材料を学校側が用意していて、生徒はそれらを使って現実の世界でアロマワックスを精製している。しかし、PBL という枠組みを用いてはいるものの、この取り組みでは紙媒体の教材やカード、黒板などが用いられているだけで、ICT を利用した教育は特段行われていないようだった。

また、Chiu&Liu はアロマテラピー教育に反転授業を用いた事例を報告している[(3)]。反転授業は事前に予め学生が自ら教科の内容を学習し、授業時間では教員は質問を受けるだけで、通常の授業のように自ら教えることはしない。その授業前の予習の段階で e-Learning が用いられることが多いのだが、彼らは動画でアロマテラピーを学ぶことができるコンテンツを作成し反転授業で使用した。その結果、反転授業のクラスの方が通常授業よりも有意に事後テストの成績の上昇が認められた。

このように、VR を用いたアロマテラピーの教材は皆無と言って良く、本研究の独自性は極めて高いと言えよう。

4.　システム概要

4.1　開発・動作環境

本教材は 3D モデルを Blender で作成し、システムは Unity 及び C#を用いて開発する。Head Mounted Display(以下 HMD)は Oculus Quest2 を用いる。

・Blender

Blender(図 1)は Windows や MacOS、Linux などで動作する、オープンソースの統合型 CG 制作ソフトウェアである。モデリングをはじめ、アニメーション制作やレンダリング、モーショングラフィックスやシミュレーションなどを行えるため、近年では 3DCG 制作、2D アニメーション制作、VFX、動画編集などに使われている。

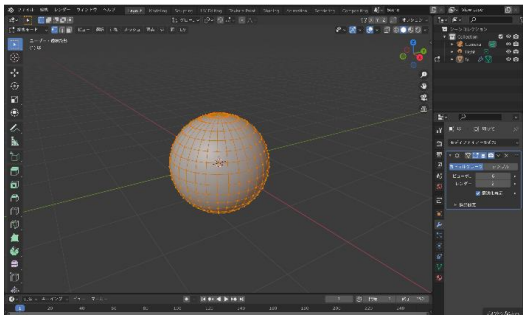


図 1　Blender 動作画面

現段階ではアロマテラピーに用いる道具などのオブジェクトや、流れる水などのアニメーションの制作に用いる予定である。

・Unity

Unity は Unity Technologies が開発、販売をしている、IDE(総合開発環境)を内蔵するゲームエンジンであり、3D ゲームや VR コンテンツの開発に使われている。本研究でも Unity を用いて教材を開発する。

・Oculus Quest2

Oculus Quest2(図 2)は Meta の一部門の Facebook Technologies が開発した HMD である。

図 2　Oculus Quest2 本体画像

4.2　システム内容

本研究で開発する教材は学習者と教材のみで完結する独学支援教材とする。現状では教材学習の流れは以下のように考えている。

①精油を液体で希釈する際に必要となる濃度計算の学習と、それを踏まえた実践練習(VR 空間内の精油瓶を持ち、傾けて精油を液体に目的の濃度になるように垂らし、その後攪拌棒で混ぜる。という動作を学習者に体験させる)。

②アロマテラピーを楽しむコンテンツのうち、

・対象物(お湯やタオル)に精油を垂らしてアロマテラピーを楽しむ方法

・対象物に精油を混ぜ、消耗品(アロマスプレー、トリートメント、石鹸など)を作成してアロマテラピーを楽しむ方法

に注目し、VR 空間上で実際に対象物を作成させる。

これらの他に、余裕があれば VR 空間内にアロマテラピーで用いる道具を置き、実際に手を取って確認できる空間や、アロマテラピーに関する深い知識を得られる空間をステージ内に配置して学習できるようにする。また、全体を通して希釈液体の容量や垂らした精油の滴数など、説明や VR 空間上での実践練習において確認が必要な数値は、常に表示しておく。(例:希釈液体の容量なら、液体が入っているビーカー付近に液体の容量の表示をする)

5.　終わりに

本システムは開発中であり、今後はシステムの完成を目指して実装を進めていく。システムの完成後は協力者を募り評価実験を行い、システムの教育効果や有効性などを検証していく。これによりシステムを改善し、より効果の高いものに改善していく予定である。

また、可能であれば Unity に対応している、VR 匂いデバイスを用いて実際に香りを発生させて、教材の臨場感を高めてみたいと考える。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 21K02786 の助成を受けたものです。

参考文献

(1) AEAJ,"アロマテラピーとは", （公社） 日本アロマ環境協会 | アロマを楽しむ | アロマテラピーとは (aromakankyo.or.jp) (Retrieved June.4,2023)

(2) Giang, N., N. Project-Based Learning on the Topic of Aromatic Wax Production, Journal of Education and e-Learning Research, Vol. 8, No. 4, 395-407, 2021

(3) Chiu, C. W., & Liu, C. H. (2022). Effectiveness of flipped teaching on the knowledge and self-efficacy of nursing personnel in aromatherapy: a quasi-experimental design.

VR を用いた弓道学習支援システム

VR Contents to support Learning Kyūdō Technique

山本　侑人
Yuto Yamamoto
山岸　芳夫
Yoshio Yamagishi

新潟工科大学
Niigata Institute of Technology
Email: 202011237@cc.niit.ac.jp

あらまし：弓道には一連の正しいとされる所作があり、それに沿って振る舞うことが出来るかが非常に重要となる。しかし弓道の一連の動作は顔の向きを崩さずに行うことが多く、自分の姿勢や動きを客観的に見ることが難しい。そのため正しい動きができているか確認することが困難となる。そこで、本研究では VR を用いて自分の動きや姿勢を確認しながら一連の動作を学習できるようなコンテンツを制作し、効果を検証する。
キーワード：VR, 弓道, 教材

1.　はじめに

現在 x R 技術が進歩してきており、この技術の教育への応用が注目されている。また、弓道では射法八節と呼ばれる一連の所作があり、厳密にそれに従うことが要求される。しかし、この動作の中では頭部の動きも決められていて、練習者が鏡を使って自分の動きを見ながら動作を修正するようなことは困難である。よって、練習者がフィードバックを得るためには、他の人に見てもらうか、動画を撮って後程見るか、という方法しかない。動画を撮る場合は一人でも可能だが、フィードバックがリアルタイムに得られないため学習効率が悪くなる。これが弓道練習の大きな問題である。そこで本研究では、VR を用いて自分の動きや手本となる動きを同時に見ながら自分の動きをリアルタイムに修正して練習することが出来るシステムの構築を目指す。

2.　先行研究

本研究の先行研究として挙げられるのは、西本らによる「HMD を用いた VR 型弓道学習支援システム」である[1]。この研究の問題意識はまさに本研究と一致しており、VR を用いて顔の向きと姿勢を崩さずに射法八節を学ぶことが出来るシステムの構築を目指している。

このシステムでは HMD に外部のカメラで撮影した自分の映像と、経験者による手本動画、そして経験者の動きをモーションキャプチャーで捉えて 3D ボーンモデルに反映させた教示情報の 3 種類の情報を表示することが出来る。自分の映像を表示する場合は鏡で見るのと同じ感覚で練習することが出来る。教示情報の 3D ボーンモデルは様々な角度から見ることが出来、ポーズの確認に役立てることが出来るが、頭の向きが分からないため、HMD の機能を使って頭の向きを取得し、頭が正しい方向を向いていない場合はどの方向に向ければよいか指示メッセージが表示される。

検証実験の協力者が少なかったため、本システムの教育効果が十分に検証されているとは言えないものの、大きな学習効果を見せた被験者もおり、この取り組みは一定の成功を収めたと言える。ただし、このシステムは同時に一つの情報しか HMD に表示できず、複数の情報を同時に表示した方が分かりやすいのではないか、という指摘が協力者からなされた、ということであった。

これらを踏まえ本研究では、

・教示情報に頭の向きの情報を反映させる
・複数の情報を同時に HMD に表示させる

といった改善を行い、より教育効果の高いシステムの構築を目指す。

3.　開発及び動作環境

本システムでは Head Mounted Display（HMD）は Oculas Quest2（図 1）を用いる。また、開発及び動作環境には Unity と Blender を使用し、モーションキャプチャーには SONY mocopi を用いる（図 2）。

図 1　Oculas Quest2

図 2　SONY mocopi

Oculas Quest2 は、Facebook Technologies が開発したバーチャル・リアリティヘッドセットである(2)。本システムでは教示情報、自己状態、手本動画の３つの情報を表示するために用いる。

Unity は、Unity Technologies が開発したゲームエンジンである(3)。主に C#を用いたプログラミングでコンテンツの開発が可能である。2D と 3D ゲームの開発ができる。PC やモバイル、家庭用ゲーム機といった様々なプラットフォームに対応している。また、VR 機器向けのコンテンツ開発にも対応している。本システムでは基盤となる VR ワールドの構築に利用する。

Blender は、Blender Foundation が開発した３DCG および２D アニメーション制作、VFX 向けデジタル合成、動画編集ソフトウェアである(4)。本システム開発においては３DCG の３D モデリングで教示情報のモデリングを行う。

mocopi は SONY が開発したモバイルモーションキャプチャーである(5)。システムは両手首、両足首、腰、頭の６カ所に設置するセンサーから成り、Bluetooth によりスマートフォンなどに接続が可能でリアルタイムにモーションの取得が可能である。キャプチャースーツなどの大がかりなデバイスなしで、なおかつ Kinect のような赤外線映像によるキャプチャーよりも精度の高いモーションキャプチャーが可能である。特に我々が注目したのは頭のセンサーで、これのおかげで頭の向きが取得可能となっており、本システムにおいて非常に有用であると期待できる。

4.　システム概要

本システムは HMD とコントローラを用いて開発する。先行研究同様外部カメラで学習者を撮影し、学習者は HMD を装着することで、今の自分の姿勢や動きをリアルタイムで確認することができる（自己状態）。また、動きの手本となる動画（手本動画）や、モーションキャプチャーを用いた３D ボーンモデルのアニメーション（教示情報）の情報を HMD に表示する。この三つの情報を学習者がコントローラで操作し、HMD に表示したい情報を学習者が選べるようなインターフェースを作成する。同時に三つの情報を見たり、一つを選んで見たりすることも可能にしようと考えている。なお、mocopi を使えば頭の向きの情報も取得できるため、先行研究と異なり教示情報の画面で文字情報により頭の向きを指示する必要はなくなると考えられる。

さらに、もう一つの案として、学習者に mocopi を装着してリアルタイムにモーションデータを取得し、教示情報と重ねて表示する手法を考えている。この場合、より経験者と自分との違いが把握しやすくなると考えられる。

5.　効果の検証

本システムの開発後に教育効果と有用性の検証を行う。しかし本システムは運動スキルの修得が目標であり、ペーパーテストによる検証は適当ではないと考えられる。よって本研究の検証実験では、弓道未経験者を実験参加者に選び、実際に本システムを用いて十分に所作を把握した、と参加者自身が実感するまで学習を行わせる。そしてその後に HMD を装着せずに一連の動作を行わせ、それを経験者が見て正しく身についているか判断する形を取る。mocopi を身につけさせて学習を行う場合は、自動でリアルタイムに達成度を評価する機能の実装も可能と思われる。

6.　終わりに

本システムは開発中であり、今後はシステム完成を目指して実装を進めていく。システムの完成後は検証実験を行い、参加者からフィードバックを得て改善を行う予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 21K02786 の助成を受けたものです。

参考文献

(1) 西本林太郎、岡本勝、松原行宏、岩根典之：“HMD を用いた VR 型弓道学習支援システム”,教育システム情報学会,2017 年度学生研究発表会（2017）
(2) Meta Quest 2: https://www.meta.com/jp/quest/products/quest-2/?gclid=CjwKCAjwsvujBhAXEiwA_UXnALspsMGswT4xtjo5Mc7KzctujeYvQwNaWz7gMGOTud6lxIysEAXAPhoCAiQQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds 2023 年 6 月 5 日閲覧
(3) Unity: https://unity.com/ja 2023 年 6 月 5 日閲覧
(4) Blender: https://blender.jp/　2023 年 6 月 5 日閲覧
(5) mocopi: https://www.sony.jp/mocopi/ 2023 年 6 月 5 日閲覧

体感デバイスを融合させた安全学習を仮想空間で支援するVRExLabの開発

Development of VRExLab to support safety learning in virtual space

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：これまで時間や場所に限定されずに web アプリ形式の実験支援システムの開発・運用を行ってきた．しかし，実験に関する安全教育については支援ができておらず，実験装置の操作ミスが生じた場合，緊急停止といったとっさの行動に遅れが生じる．特に高電圧や大電流を扱う設備では感電などをすると大きな事故につながってしまう．そこで本研究では，事前に学習者に対して擬似体験を通して実験の安全教育を行えるような支援システムの開発を行う．
キーワード：**ユーザーインターフェース(仮想空間(VR))**，**デバイス活用(IoT)**，**安全教育**

1.　はじめに

近年の教育現場では，対面授業や遠隔授業など授業環境が多様化されてきている．実験実習では，実際に実験室で実験を取組み，実験後は検討考察といった意見交換をすることで知識の定着を目指している．しかし放課後の活動も学習者毎に異なり，実験について振り返りや意見交換をする時間を設けることが難しくなってきている．筆者らはこのような学習者たちを支援するための web アプリ形式の実験支援システムの開発を行ってきた(1)．このシステムにより，従来のように計測後の学習者同士の意見交換や相談が，場所や時間に限定されず行えるようになった．一方で，工学系大学や高専の学生は，将来エンジニアとして活躍することが多い．学生実験も危険な装置を扱う必要があり，安全に対する知識が必要となる．しかし，安全教育に向けた教材は，購入やメンテナンスなどに資金を要し，設置場所が必要となる．また，実験時間は大半が測定で占めてしまい，安全に関する事柄は，実験に関わる注意喚起程度である．

そこで，本研究では学習者たちに安全に対する知識を学び，実験に反映させることができるよう事前学習ができる支援するシステムの開発を行う．

2.　現在の学生実験の状況と安全教育

本校電気工学分野の学生実験では，実験に関するガイダンスと実験指導書を配布している．ガイダンスや実験指導書には，学習者に対して，実験時の危険性や実験装置の操作方法について説明をしているが，いくつか問題点もある．

●　実験初回のガイダンス

実験日初回には，実験ガイダンスが行われる．このガイダンスでは，実験全体に関する説明・実験レポートに関する説明・実験室内に関する説明・電源操作に関する説明が主に行われる．この電源操作に関する説明では，全実験で共通する回路結線後の電源投入時の安全確認作業や万が一感電事故が生じた場合の対処法について説明する．この時，学習者には電源投入時の安全確認作業の模擬体験をさせている．しかし，感電事故に対する対処法については口頭の説明になるため，学習者は実験の危険性について実感が湧かないまま実験に取り組むことになる．

●　実験指導書

実験では，実験日初回のガイダンスで実験指導書を配布する．翌週からこの実験指導書をもとに，学習者は実験装置の配線作業を行い，測定をする．実験手順についても，指導書に沿って学習者は測定を行う．この手順内で実験装置の操作方法など注意すべき点が記載されている．学習者は事前に指導書を読み込み，その手順や注意点などを十分に理解してから実験に取組むことが理想である．しかし実際には，学習者は実験を開始してから指導書を読み始めることが多い．そのため，実験装置の操作ミスが生じた場合には気づきが遅くなり，緊急停止といったとっさの行動に遅れが生じている．また，実験装置を運転する際に生じる正常音と異常音の違いも，学習者の経験不足から聞き分けが出来ず，測定が進まないことも多い．

そこで，これらの問題点を改善するため，事前に学習者に対して擬似体験を通して実験の安全教育を行えるような支援システムの開発を行う．

3.　学生実験レポートのテレワークを支援するレポート指導システム

先に述べてきた問題点を改善するため，これまで開発してきた支援システムを基に開発を行う．この指導システムは，図 1 の様に統合管理システム，クラウドサーバー，web アプリ「e-実験ノート」で構成

する．統合管理システムとクラウドサーバーでは，学習支援ツールの開発やリアルタイムでユーザー認証情報などの収集を可能にする．また e-実験ノートは，学習者が実験に取り組むために必要な情報を表示させる．web アプリ形式にすることで，学習者は時間や場所，端末を気にすることなく利用できる．

4.　先行研究

先行研究として，仮想空間と体感デバイスを融合させた安全学習環境の提案をした(2)．安全学習環境は，電気工作物による感電や火災の事故につながらないよう仮想空間上に操作の体験が行えるようになっている．特に感電事故を体験させるために，弱感電を体験させることができる安全教育の基本的な仕組みづくりを行った．しかし，専用のシステムが必要となるため，時間や場所が限定されていた．

そこで，これまで筆者らが開発してきた環境と融合させ，シンプルな体感デバイスを追加することで学習者は仮想空間上で実験に関する実験装置の操作を通して安全学習を行えるようにする．

5.　体感デバイスを融合させた安全学習を仮想空間で支援する VRExLab

学生実験では問題点を改善するため，図 2 のような支援システムを開発する．本システムは，従来の統合管理システムとクラウドサーバーの他に，仮想実験室 VRExLab，体感デバイスシステムで構成する．学習者は，遠隔授業が増えデバイス端末の活用機会も増えている．本システムでも，デバイス端末を活用し VR 空間で安全学習をさせる．次に，本システムの詳細について説明する．

5.1　システム構成

web アプリ上で実験装置を操作できる空間とその空間上で操作した情報を取得し蓄積する環境が必要となる．今回は，3D 表示された実験装置を操作できる VR 空間の実験室 VRExLab と微弱電流や異音など実験の安全学習を体感させる体感デバイス，VRExLab の開発や作業データと web アプリとの連携をさせるため統合管理システムで構成する．

5.2　VR 空間の実験室 VRExLab と安全教育

学習者には実験指導書が配布されるが，事前に実験内容を十分に把握してないことや初めて扱う実験装置もある．実験装置の操作手順も手探りの状態で実験に取り掛かるため，実験手順を間違えると誤動作につながり，実験工程に支障をきたす．そこで，VR 空間の実験室 VRExLab 内では，3D による実験装置が表示され，実験装置の配線や操作を擬似体験できる．この時，体感デバイスからは実験装置の動作音や誤動作したような異音，危険行為を行った場合に感電感覚といった聴覚や触覚を体験させる．これにより，危険な操作や誤操作による実験装置の誤動作といった実際の実験装置では体験できないことを VR 空間と体感デバイスにより擬似体験させることで，学習者は危険な行為をより理解できる．

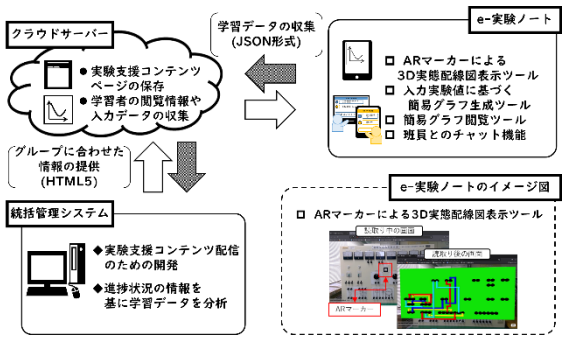


図 1　学生実験レポートのテレワークを支援するレポート指導システムの構成

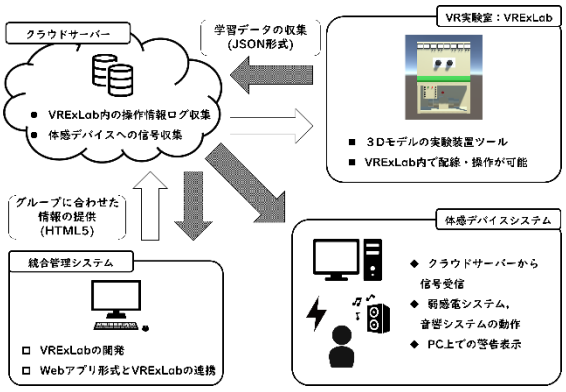


図 2　本システムの構成

6.　おわりに

本研究では，体感デバイスを融合させた安全学習を仮想空間で支援する VRExLab の開発について説明した．まず，学生実験では実験指導書に書かれている注意事項を読むだけでは，十分な安全教育ができてないことが分かった．この問題点を改善するため，学習者が事前に実験装置の操作や手順，注意事項を理解させ安全に取り組みができるように支援するシステムについて説明をした．特徴としては，VR 空間の実験室 VRExLab とそこで操作できる 3D 実験装置とこの VR 空間と連携させた体感デバイスにより，実験を擬似体験することができる．この時，実験装置の操作ミスなどで異常事態になった場合，体感デバイスから聴覚や触覚から体験させることができる．今後は，VRExLab および体感デバイスの連携をさせ，システムの構築を行う．

参考文献

(1)　稲守栄，千田和範:“学生実験レポートのテレワークを支援するレポート指導システムの開発”，第 46 回全国大会講演論文集, pp153-154(2022)
(2)　伊勢祐亮，千田和範:“危険予測能力を確保させるための安全教育用疑似体験システムの開発”,教育システム情報学会北海道地区 2020 年度学生研究会論文集,pp23-24(2020)

大人と子供が共に楽しめる役割取得能力トレーニングアプリの開発と評価
—「遊び」と「コミュニケーション」の検討—
Development and evaluation of a role-taking ability training app for adults and children to enjoy together
－Examination of "play" and "communication” －

本間　優子*1
Yuko HONMA*1
*1 新潟青陵大学
*1Niigata Seiryo University
Email: hyuko@n-seiryo.ac.jp

あらまし：本研究はゲーミフィケーション機能を付与した役割取得能力トレーニングアプリ「こころえほん あかペン」（幼児から小学校低学年向け），「こころえほん Jr. ゲーム」（小学校中・高学年向け）を改良し，大人と子供が共に楽しみ，コミュニケーションを促進することを目的とした新たな機能を実装し，評価実験を行った。ゲームの持つ特徴により，大人と子供のコミュニケーションの相違が明らかとなった。
キーワード：役割取得能力，デジタル絵本，アプリ，親子，遊び，ゲーム，コミュニケーション

１．はじめに

役割取得能力とは，自分の考えや気持ちと同等に相手の立場に立つ能力であり，適応的な人間関係を築く上で不可欠な能力である。筆者は幼児から小学校低学年向け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」（本間・阿部・株田，2021），小学校中・高学年向け「こころえほん Jr.」（本間，2020a）を開発し，評価実験により設計の適切さを示した。これらのアプリをベースにより一層，子供たちが主体的に楽しんでトレーニングを行うことを意図し，ゲーミフィケーション機能（回答に対する評価として丸つけ機能および，トレーニング後の「遊び」として神経衰弱ゲーム）を追加した「こころえほん あかペン」，「こころえほん Jr.ゲーム」を開発し評価実験を行い，その効果および改善点を検討している（本間，2020b,c;2021a,b）。本研究ではこれらのアプリを改良し，子供だけではなく，大人と子供が一緒にトレーニングを楽しむことができる機能を追加し，評価実験を行うことを目的とした。

２．方法

2.1. 新たな開発内容の実装

「まちがい探し」ゲームの実装　神経衰弱ゲームは男児には好評だったが，女児の中には「難しい」とゲームの途中であきらめてしまうケースもあった（本間, 2021a, b）。記憶力が必要で時間制限があり，難易度が次第に高まるゲームだけではなく，ゆっくりと落ち着いて取り組むことができ，トレーニングでありながらも大人（親や先生）と一緒に楽しむことができるゲームが必要であると考え，トレーニング課題で用いられている挿絵で「まちがい探し」を作成し，実装した（図１，２）。「こころえほん あかペン」では，計 15 種類のまちがい探しを楽しむことができ，１つの課題で１～3 個，ランダムにまちがいがあり，正解をタップすると丸が出る仕様である。「こころえほん Jr. ゲーム」も同様の仕様だが，まちがい探しは計 8 種類で 1 つの課題で 5 個ずつまちがいがある。正解数については，ログ化がなされる。

図１「こころえほんあかペン」のまちがい探し

図２「こころえほん Jr. ゲーム」のまちがい探し

神経衰弱ゲームのログ化の実装

ログ化を実装し進歩をわかりやすく視覚化することで，子供が大人に褒めてもらいやすくなり，達成感や満足感を得やすくすることを意図して設計した。ポイントとして，神経衰弱ゲームのトップ画，そしてトップ画の右上のトランプマーク「きろく」をタップすると「保管庫（ログが半年間蓄積される）」に遷移し，双方でログの視覚化がなされる。これにより，トップ画では前回の結果をすぐ参照でき，保管庫では半年間ログが蓄積されることで，長期的に子供の成長を記録することができるようにした。

2.2. 評価実験

2.2.1. 対象者

家庭での実践では親子 1 組（6 歳 5 ヶ月女児と母親），小学校通級指導教室では 1 組（小学 3 年生の男児と通級指導教室の女性教諭），計 2 組であった。

2.2.2. 手続き

親子については幼児であるため「こころえほん あかペン」（計 4 課題），通級での使用については，小学校中学年以上であったため，「こころえほん Jr. ゲーム」（計 4 課題）と対応するワークシートを用いて週 1 回 1 課題のトレーニング実践を計 4 回行った。

毎回のトレーニング後，「神経衰弱ゲーム」もしくは「まちがい探し」を選択し（両方でも可），自由に遊ぶ時間を設けた。

2.2.3.　評価方法

役割取得能力の効果評価　荒木（1988）の木のぼり課題を実施し，トレーニングによる役割取得能力の発達段階の促進について評価を行った。

社会生活全般への効果評価　6 歳女児については S-M 社会生活能力検査，小 3 男児についてはソーシャルスキル尺度（上野・岡田，2006）を保護者，通級指導教室担当教諭がそれぞれ実施した。

遊びの評価　計 4 回のトレーニング終了後，子供と大人に「まちがい探し」と「神経衰弱ゲーム」について，以下の質問項目への回答を求めた（5 段階評定，括弧内が大人版に対する設問）。質問 1. ゲームはどのくらい面白かったですか？（ゲームはどれくらい面白かった／面白そうでしたか？）質問 2. 使い方は簡単でしたか？（操作は簡単でしたか？／簡単そうでしたか？）質問 3. 家の人（または先生）と楽しめましたか？（親子／先生と児童で楽しめましたか？）質問 4. 親子（または先生と）で協力しながらゲームを進められましたか？（親子／先生と児童で協力しながらゲームを進められましたか？）さらに，子供については質問 5 のみ，大人については質問 5〜8 について理由も含めて回答を求めた。質問 5. どちらのゲームが面白かったですか？質問 6. どちらのゲームで会話が盛り上がりましたか？質問 7. どちらのゲームが協力しながら進められましたか？質問 8.「まちがいさがし」と「神経衰弱ゲーム」の違いについて感じたことを教えて下さい。

3. 結果と考察

3.1. 役割取得能力と社会生活全般に対する効果

役割取得能力の発達段階は 6 歳女児は段階 0B から 1 に促進し，小 3 男児は段階 2 から段階 2 と発達段階の促進は示されなかったが，父親の心情理解について介入前は「(約束を) やぶられた」から，介入後は「悲しい気持ちになる」とより心情理解ができるようになり，変化が示された。社会生活全般に関する評価については，6 歳女児は，社会生活指数が 91 から 97 に上昇し，移動，集団参加，自己統制に促進が示された。小 3 男児については，セルフコントロールスキル，仲間関係スキルに促進が示された。

3.2. 遊びとコミュニケーションについて

3.2.1.　遊びの評価－面白さ，操作性，コミュニケーションについて－

遊びについて評価するため，質問 1 から 4 について検討した（図 3 から 6）。図 3,4 より，幼児（6 歳女児）と母親による実践の場合，「まちがい探し」の方が面白く操作も簡単で，親子で楽しむことができていた。児童（小 3 男児）と通級指導教室担当教諭での実践については，どちらのゲームでも楽しんで協力して進められているということが示された。

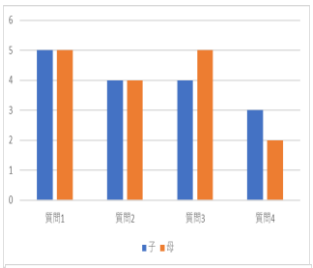


図３親子のまちがい探しの評価

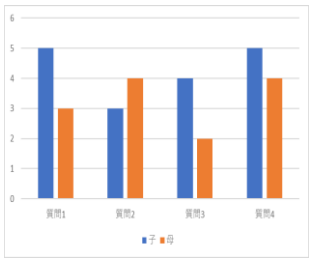


図４親子の神経衰弱の評価

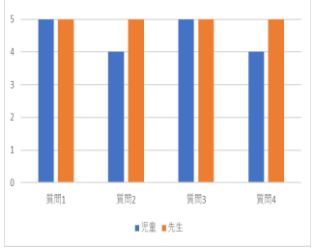


図５児童と先生のまちがい探しの評価

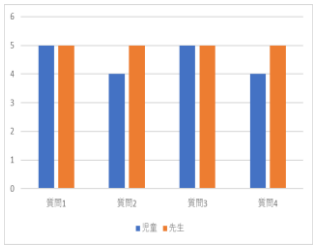


図６児童と先生の神経衰弱の評価

3.2.2.「まちがい探し」,「神経衰弱ゲーム」の比較

質問 5 については,「まちがい探しの方が面白かった」が 3 名であり（6 歳女児：「簡単な回と難しい回があり，楽しかった/母親：「自分なりに早く回答できるようになり達成感を感じていた」，小 3 男児：「まちがい探しの方が簡単だった」),先生からは「神経衰弱ゲーム」の方が面白そうに見えた（「どれだけ短時間でできるか，チャレンジしていた」）という回答が得られた。表 2 より，質問 6（会話）の理由として，母親より「イラストも楽しみながら，一緒に間違いを探して楽しめました。視覚のみで楽しめるゲームはストレスが少なく，親も遊びやすかったです」，先生からは，「神経衰弱より双方向型の会話だったから」という回答が得られ，質問 7（協力）の理由では両者より「共に教えあうことができた」という回答が得られた。用いるゲームによりコミュニケーションの相違があることが示され，大人と子供のコミュニケーションを促進するゲームとして,「まちがい探し」の設計の有効性が示唆された。

表 2　ゲームの違いによる会話やコミュニケーションの相違

	質問項目
回答者	質問6.どちらのゲームで会話が盛り上がりましたか？
家庭（母親）	まちがい探し
学校（先生）	まちがい探し
	質問7.どちらのゲームで協力しながらゲームを進められましたか？
家庭（母親）	まちがい探し
学校（先生）	まちがい探し
	質問8.まちがい探しと神経衰弱ゲームの違いについて，教えて下さい。
家庭（母親）	トレーニングで少し疲れた後、あまりストレスを感じずに遊べるのがまちがい探しで、脳の別の機能を使って新鮮な気持ちで取り組めるのが神経衰弱でした。
学校（先生）	神経衰弱は，一人でゲームをしている感覚に近い。
	質問9.最後に，感想を自由に教えて下さい。
家庭（母親）	まちがい探しはトレーニングの続きのような感覚で遊べていたようです。イラストが同じ点も良かったです。
学校（先生）	毎回，「あー遅い」と言っていて，自己肯定感が低いと感じた（神経衰弱で）

付記　本研究は中山隼雄科学技術文化財団の助成を受け行なわれた。

応答志向型読み聞かせセンシング教材の開発
－IoT 教育利活用－

Development of Response-oriented Story-telling Sensing Materials
-IoT Education Utilization-

神谷 勇毅[*1]，みやざき 美栄[*2]，田中 裕子[*3]
Yuki KAMIYA[*1], Mie MIYAZAKI[*2], Yuko TANAKA[*3]
[*1] 岐阜市立女子短期大学
[*1]Gifu City Women's College
[*2] 鈴鹿大学短期大学部
[*2]Suzuka Junior College
[*3] ユマニテク短期大学
[*3]Humanitec Junior College
Email: kamiya@gifu-cwc.ac.jp

あらまし：筆者らはこれまでに ICT 保育利活用に関わる研究を重ねてきた．その中でも特に，幼児に対して日常的な保育の中で ICT を利活用し Society5.0 保育を探ることに主眼を置いている．本稿は，筆者らが開発した ICT 保育教材である電子紙芝居からの発展教材として位置付けている応答志向型読み聞かせセンシング教材の開発について報告する．
キーワード：ICT 保育利活用，Society5.0，電子紙芝居，センシング教材

1. はじめに

GIGA スクール構想の進展と共に，教育においての ICT 利活用は日進月歩で発展している．この現代において小学校以上の教育現場と比較した時，幼児教育の中での ICT 利活用，特に幼児を対象とする保育の中での ICT 利活用は十分に進んでいない．これについては，賛否様々な意見があることは承知している．その一方で，近年では ICT の利活用を行うための研究 (1) も様々進められている．本稿は，幼児教育に対しての ICT 利活用として筆者らが開発した電子紙芝居とその発展教材である応答志向型読み聞かせセンシング教材の報告を行う．

2. 電子紙芝居

筆者らは Microsoft PowerPoint を使った電子紙芝居（図 1）の開発を保育者養成校で開講される情報学演習の中で学生に教育し，現場園の協力を得て実践（図 2）を重ねその可能性を長年探ってきた (2) (3)．

電子絵本，電子紙芝居を作成するアプリケーションが見られるが，それらの多くが有償であり，高価である．筆者らが PowerPoint を採用した理由は，何よりも一般的なアプリケーションであり，保育者も日常的に使うため，使用時の戸惑いも少なく，導入のハードルが低いであろうというところにある．

電子紙芝居は，PowerPoint のアニメーションを駆使し，登場人物が動く，場面が変わる，音が鳴るといったことを大画面で見ることが出来るのが魅力の 1 つである．半面，作成者以外の者が読み聞かせで活用する場合は，事前に入念な練習が欠かせないデメリットもある．アニメーションのタイミングは，作成者であれば分かっている．しかし，作成者以外は，アニメーションがどのタイミングで出るかが分からず，読み進めるペースにアニメーションが合わなくなるといったことに繋がる．結果として読み聞かせで電子紙芝居を活用することの意義が薄まることが懸念事項である．そのため，他者が作成した電子紙芝居を活用した読み聞かせの機会においては，事前に入念な練習，準備が欠かせない．

図 1 電子紙芝居の一例

図 2 現場園での読み聞かせ実践の様子

3.　電子紙芝居の課題と追加教材

これまでに開発してきた電子紙芝居であるが，研究，実践を様々重ねていく中で解決すべき課題を筆者らは見出した．

3.1 電子紙芝居の課題

2 章で述べたように，アニメーションにより登場人物が動くなど動的な教材であることが電子紙芝居の魅力の 1 つだと筆者らは評価している．しかし，視聴する側である幼児の姿勢としては，既存の紙芝居，絵本を使う読み聞かせと同じく，見る，聞くという姿勢から変わらないことが課題である．Society5.0 時代の保育において, ICT 保育教材としての提案という面では，単に視聴に終始するだけの教材であり，既存の紙芝居，絵本を使った読み聞かせと何ら変わり無い．ICT 利活用ならではの新たな保育，教育実現ために追加教材が必要だと考えた．

3.2 追加教材

課題の解決のために筆者らはセンサを活用した追加教材を開発することにした．具体的には，加速度センサを用い，例えば杖の造形物に加速度センサを取り付ける．電子紙芝居の中で魔法使いが魔法をかける場面で，幼児が杖造形を振るとその動きを感知し，次の場面へ移行するなどを構想した．このように，電子紙芝居の場面に合わせた追加教材を用意することで，物語の中に登場する者になりきり体験を通しての発達を促す教材は価値があると考えている．

4.　応答志向型読み聞かせセンシング教材

筆者らが開発を目指した追加教材は，応答志向型読み聞かせセンシング教材とも言える．Society5.0 で挙げられるものの 1 つであるセンサを活用した次世代型教材の開発にあたり使用するセンサには BBC micro:bit（図 3）を採用した．micro:bit は，コンパクトな本体（51.6 ㎜×42 ㎜）に加速度，コンパス，照度など複数のセンサが搭載されていることがその採用理由である．

現在のところ, 動きを感知する加速度センサと PC とを bluetooth で接続を行い，ゆさぶられたことを感知した時に PC キーボード Enter を押した動作として PC へ渡し, PowerPoint スライドで設定した次のアニメーションへ移行する仕組みまでは完成している．このプログラムが妥当かどうかの検証までは至っていない．今後の課題として，現状の開発教材は，動きの強弱関係なしに動きを全て感知してしまっているため，動きの強弱による感知調整が必要だと考えている．同時に，幼児の身体に装着した状態での使用の可能性，造形の作成についても取り付けるだけでは無く，着脱自在にすることで，1 台 2 台程度の機材で柔軟に対応が出来るような教材提案を目指す．同時に，使用対象者が幼児であり，振るなどという動作を行う観点から，安全面の配慮はもちろん，耐久面の試行も欠かせない．

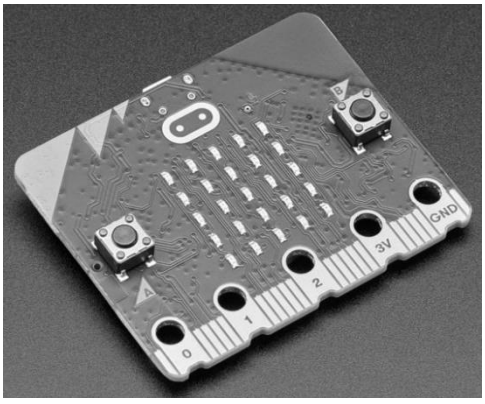


図 3 BBC micro:bit

5.　まとめ

これまでの電子紙芝居に対しての追加教材として筆者らは，新たに応答志向型読み聞かせセンシング教材の開発，提案を行った．センシング教材は，今後の ICT 教育利活用のスタイルを変える可能性だけでは無く，その先にあると筆者らが予測する IoT（Internet of Things）教育利活用への扉を開いたと考える．内閣府が公表している Society5.0 [(4)] においても IoT で全ての人とモノが繋がるとされ，センサ，センシングにも光が当たっている．センサの教育利活用は, 未だ事例も少なく [(5)] 挑戦する価値が高い領域だと考えている．同時に，筆者らがターゲットとする幼児教育以外の学習段階においても応用の利く柔軟な可能性を持つ分野でもあろう. 今後の活動は，加速度センサ以外のセンサにも着目し，様々な学習場面で活用することが出来る超スマート社会においての超スマート教材への開発に結び付けていきたい．

本研究は JSPS 科研費 22K02454 の助成を受け実施している．

参考文献

(1) 糟谷咲子, 芳賀高洋: “幼児を対象としたプログラミング実践の課題についての一考察　－幼児教育・保育への ICT 活用の観点から－”, 岐阜聖徳学園大学教育実践科学研究センター紀要 = Studies in educational research and training, Center for Educational Research and Training, Gifu Shotoku Gakuen University 19 pp.49-56（2020）
(2) 神谷勇毅:“ICT 活用技能を備える保育者養成：保育者養成校における情報学演習授業の取り組み”, 日本教育工学会研究報告集 = Research report of JSET Conferences 18 (3), pp.77-80 （2018）
(3) 神谷勇毅:“次代保育者に対する ICT 教育活用実践技能養成 : 2020 年の「先」を見る情報学演習”, 異文化間情報ネクサス研究会, I'nexus (1), pp.37-41（2018）
(4) 内閣府:“Society5.0” https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/（2023 年 5 月 24 日確認）
(5) 岡田崇, 牧野義樹, 丹康雄:“スマートハウス向けクラウド型サービス検証基盤の教育活用”, 電子情報通信学会技術研究報告. ASN, 知的環境とセンサネットワーク 113 (328), pp.43-44 （2013）

ローコード開発プラットフォームを用いた トレーニングデータフィードバックシステムの構築

A Training Data Feedback System with a Low-code Development Platform

加納 聖士[*1]，和田 智仁[*2]
Masashi KANO[*1], Tomohito Wada[*2]
[*1] 鹿屋体育大学大学院体育学研究科
[*1]Graduate School of Physical Education, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya
[*2] 鹿屋体育大学
[*2]National Institute of Fitness and Sports in Kanoya
Email: wada@nifs-k.ac.jp

あらまし：スポーツのトレーニングにおいては様々なデータが取得され利用されている．これらのデータをより一層活用することを目的として，トレーニングデータのフィードバックシステムを構築した．システムにはローコード開発プラットフォームの Microsoft Power Apps を用い，Excel に集約していたトレーニングに関するデータを SharePoint リストにエクスポートしてデータソースとして使用した．これによって利用者は 3 万件を超える競泳のトレーニングデータやレースデータから自身が必要なものを選択し，表やグラフ等で表示できるようになった．ローコード開発プラットフォームを採用することによって，アプリケーション開発経験のない者がおよそ 3 カ月で実用的なシステムを構築することができた．
キーワード：**アプリケーション開発**，aPaaS, Microsoft Power Apps，競泳

1. はじめに

競技スポーツにおいては，活動の成果として様々なデータが生成・取得されている．試合が行われると，その結果や記録などがデータとなり，さらに試合やパフォーマンスの分析を目的とした詳細データが収集されることも多い．また，試合に限らず日々のトレーニングにおいても様々な目的で測定やテストが行われ，データが生じている．例えば，鹿屋体育大学水泳部においては，トレーニング強度の決定やトレーニング後の泳速－血中乳酸濃度の関係を評価するためにラクテートカーブテスト(1)を，無酸素性作業閾値のトレーニングスピードの推定のため T2000(2)と呼ばれるテストを定期的に実施している．また，トレーニングと各種の評価を兼ねて，特定のプロトコルに則ったインターバルトレーニング（ゴールセット，スピードテスト）とその測定も定期的に実施している(3)．

競泳の公式なレースに関しては，日本水泳連盟が結果をデータベース化しており，Web や有償サービスを通じて誰でも簡便にアクセスできる状況にある．また，一部の大会では，レース映像とレース分析データを選手にフィードバックするといった取り組みも行われている(4)．

一方で，日々のトレーニングで収集されるデータについては，レースデータのようには整理されていない．鹿屋体育大学水泳部のトレーニングデータおよびテストデータ（以下，トレーニングデータとする）に関しては，マネージャーが結果を表にまとめたものを印刷してプールサイドに掲示したり，PDF データとして選手に送信したりといったことを行っている．しかし，この方法では，選手が自身のデータを利用する際には改めて集計や分析を行う必要があることから，データの活用が難しいと考えられる．選手やコーチがこれらのトレーニングデータを一層活用し，競技力向上に役立てていくためには，データに簡単にアクセスし，利用できるような仕組みが必要となる．

トレーニングデータは，日々，チームが練習するプールで生じ，チームによって利用されるものである．そのためトレーニングデータの種類はチームによって異なり，またコーチやチームの方針で変更されていく．そのため，あらゆるチームで使えるような汎用的なシステムを構築することは困難であるとも考えられる．トレーニングの目的に応じたデータの提供を柔軟かつ継続的に実施するためには，それぞれのチームにおいてカスタマイズ可能なシステムであることが望ましいと言える．

現在はローコード開発プラットフォームと呼ばれるアプリケーション開発環境が利用できるようになった．この環境では，アプリケーション開発に高度なプログラミングスキルが要求されず，専門的な知識がなくとも，迅速にアプリケーションが構築できるとされている．そこで，本研究ではローコード開発プラットフォームの一つである Microsoft Power Apps を利用し，チームで収集されるトレーニングデータを，チームの選手にフィードバックするためのシステムを開発することとした．

2. フィードバックデータについて

選手へのフィードバックを行うデータは，4 種類のトレーニングデータ，およびレースデータとした（表１）．データは 2001 年以降で，構築時に入手可

能なものとし，構築開始時点のトレーニングデータの合計が約 16,000 件，レースデータは約 14,000 件であった．これらのデータは従来，様々な形でコンピュータ等に保存されていたものである．これらを正規化などの処理を施しつつ，一旦 Excel のテーブルとしてまとめた．

表 1　システムに登録済みのデータ(2023.5 現在)

データ種別	生成頻度	データ数
カーブテスト	3 回/年	3,426
T2000	3 回/年	1,491
ゴールセット	2 回/月	6,747
スピードテスト	3 回/年	4,655
レース結果	随時	14,148

3.　システム実装

アプリは Power Apps のキャンバスアプリとして実装した．トレーニングデータとレースデータについては検討の結果，SharePoint リストとして保持することとした．

アプリのトップ画面はメニュー表示とし，ここで参照したいデータを選択するとデータ検索画面に遷移し（図 1），ここで絞り込みの検索ができる．検索画面では，選手名，性別，種目，実施年などで検索を行うと，結果が右側にリストとして表示される．リストから任意のデータを選択することでデータの詳細が表示される（図 2）．データ詳細画面においては，視覚的に推移を認識できるように折れ線グラフを用いて表示するようにした．

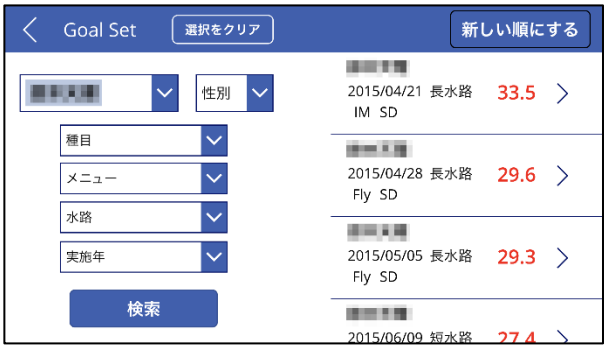


図 1 データ検索画面（ゴールセット）

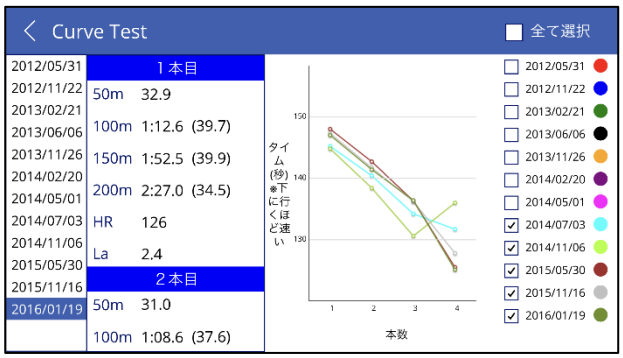


図 2 データ詳細表示画面（カーブテスト）

競泳においては，泳タイムが短いほど競技成績が良く，タイムのグラフ表示の際には軸を反転する（上に行くほど小さい数字とする）ことが多い．そこで本システムにおいても軸の反転を試みたが，現段階では軸の反転ができない仕様であったため断念した．

4.　ローコード開発プラットフォームによるアプリ開発

本システムは，アプリケーション開発経験のない者が，データの整理に係る時間を除けば，およそ 3 カ月程度で構築することができた．

構築に際しては，主に Web の情報を参考としたものの，若干の困難もあった．特に SharePoint リスト上の大量データの取り扱いについては，Power Apps 上の制限等もあり，解決に時間を要した．また，機能を作り込んでいく過程で，データソースと連携したメニューを作成したり，データ選択によりダイナミックに表示を変えたりといったことを実現する際にも苦労があった．グラフの重ね合わせや，チェックボックスによる表示・非表示に関しては，データの読み取りに関わる重要な部分であると考え，調査や試行錯誤の末に実現することができた．

現在，構築したアプリは選手に公開し，スマートフォンの Power App アプリから使用してもらっている．アプリの操作も快適に行うことができ，検索などの処理に対するサーバーの反応も速い．選手は操作に迷うことなく利用しており，評判もよいことから，使い勝手のよい実用的なシステムを構築できたと考えている．

5.　今後の課題

現在のシステムでは，個人のデータを表示する機能のみを実現している．今後は，複数人のデータを表示し比較できるように機能拡張を行っていきたいと考えている．また，今回のシステムではデータ入力の実装は行っていない．データを Excel で管理して SharePoint リストにエクスポートする現在の方式と，入力フォームを使ってリストを増やしていく方式とどちらが使い勝手がよいか検証しつつ，データの更新方法を検討したい．

参考文献

(1) 荻田太:“水泳中の無酸素性エネルギー供給動態”，水泳水中運動科学, No.2, pp.47-56 （1999）
(2) 田中孝夫:“無酸素性作業閾値のトレーニングスピードの推測”，スポーツパフォーマンス研究，Vol.1, pp.65-73 （2009）
(3) 加納聖士,成田健造,萬久博敏,和田智仁:“競泳におけるインターバルトレーニング記録と 100m 泳記録の関係～ゴールセットとスピードテストの計測記録に着目して～”,日本水泳・水中運動学会，2022 年次大会
(4) 林勇樹,松井健:“競泳映像フィードバック手法の変遷”，追手門学院大学スポーツ研究センター紀要，No.6, pp.37-45 (2021)

GoogleForms を活用した教育支援システムの開発

A Development and implementation of educational support system using Google Forms

田中 雅章
Masaaki TANAKA
愛知医療学院短期大学
Aichi Medical College for Physical and Occupational Therapy
Email: tanaka@yuai.ac.jp

あらまし：これまで Web を活用した教育支援システムを開発した。コロナ禍で大学のリモート授業に対応できるようにシステムを強化改善した。システム開発環境であるプラットフォームは Google のクラウドサービスを利用した。具体的には Google Workspace の Google Form と Google Spreadsheet を組み合わせである。これまで開発したシステムは、相互評価、リフレクション(デジタル大福帳)、入学前学習自動採点、健康管理、授業評価の 5 システムである。これらはリアルタイム処理であり、システム内で完結している。

以前はデータ入力用のデバイスとして PC を利用する事が多かった。近年は家庭におけるパソコンの所有率の減少傾向にあり、所有率がほぼ 100%のスマートフォンをデータ入力デバイスに活用する事で、柔軟性のあるシステム運用をすることができた。

キーワード：リフレクション活動，モバイル提出，自動受付，振り返り活動

1. はじめに

コロナ禍による流行は大学の授業に多大なる影響を与えた。これまでの対面授業から授業時間の短縮やリモート授業が行われた。旧来の対面授業が実施されていた時は、紙媒体によるリフレクション活動を活発に行っていた。しかし、非常事態宣言の発令により通常の対面授業が不可能になり、紙媒体によるリフレクション活動が実施できなくなった。そのため、学生の理解度に合わせて授業内容を軌道修正しながら授業を進める運用は不可能になった。

学生のスマートフォンを入力端末として、教育支援システムを開発実装した。紙媒体ツールをデジタル化することによってメリットが得られた。紙カードの配布と回収が不要になり教員の負担が軽減された。提出の制限がなくなり、記入欄が増えたため、より深い振り返り活動ができるようになった。デジタル化されたデータを統計的に解析することで学生の学習行動が明らかにすることが可能である。

2. システム開発のプラットフォーム

教育支援システムの開発環境の概要を図 1 システム開発環境の概要に示す。

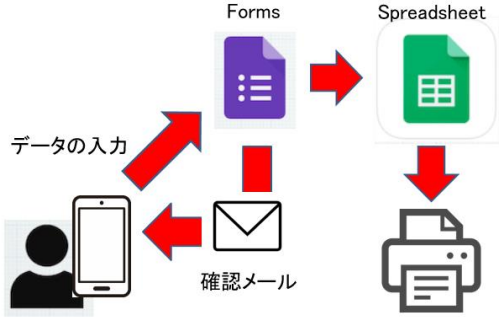


図1 システム開発環境の概要

実装したシステムの基本プラットフォームを説明する。Google FormsはWeb経由でスマホ等からデータを受け取る。同時に学生へは入力内容の確認メール、管理者へは提出通知メールが届く。Google Formsで受け取ったデータは、連携されたGoogle Spreadsheetに加えられる。ただ、Google Formsに形式チェック機能はあるものの論理チェックまでは実装できないため、2%程度の入力ミスが生じる。そのため、「フォームの回答」シートに入力されたデータに対して論理チェック等の関数の追加が必要になる。データ入力後はエラーデータの確認、エラーデータの修正作業の必要である。システムへデータの入力があると管理者へ通知メールが届く。円滑に運用するためには、1日に1回は入力データのチェック作業を行っている。

3. 学生による相互評価システム

模擬指導は、受講者同士、互いに教師役と生徒役になる。教師役の学習者は、生徒役となる学習者の前に立ち 5 分程度の模擬指導を基本とする。模擬指導の実施時に相互評価活動を行っているが、評価作業の負荷を軽減するために相互評価システムを実装した。

評価入力作業において旧来の紙媒体による方法ではなく、スマートフォンからの入力は評価入力や事後処理を大幅に改善することができた。評価作業において、生徒役の評価の入力作業がラジオボタンの選択だけですむようになり、評価作業時間の短縮と作業負荷が軽減できた。

評価活動は、作業が慣れてくると発表後 3 分程度で入力作業が完了できる。さらに 3 分程度あれば収

集された評価データを集計・分析・印刷後、評価を発表者へフィードバックすることも可能である。発表者の記憶が鮮明なうちに評価サマリーを返却できることは，より充実したリフレクション活動が期待できる。相互評価のリアルタイム処理の様子を図 2 相互評価の様子に示す。

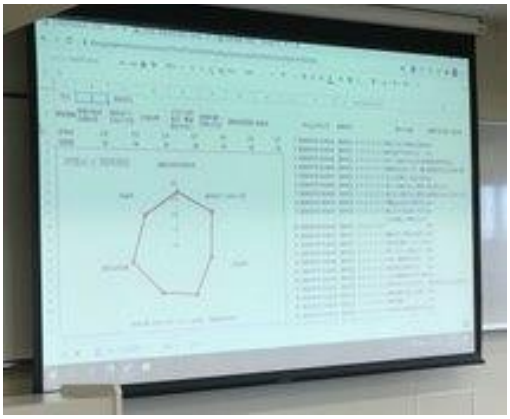


図2 相互評価の様子

相互評価システムの利点は匿名性が保障できる。紙媒体では，筆跡から評価者が特定されてしまう恐れがあった。そのため，評価活動後の人間関係を損なう恐れから，忌憚のない意見が少なかった。しかし，匿名性が確実に保障さるため，忌憚のない意見が見られるようになった。事後アンケートからも，改善点の指摘がしやすくなったとの回答が得られた。

また、相互評価だけでなく評価する学生の学習行動の解析ができるようになった。評価ログデータを統計的に解析することで学生の相互評価のコメント文字数、点数の変化、提出時刻から評価行動が真剣に取り組んでいるのか、そうでないのかが分析できた。

4. リフレクションシステム

リフレクションの歴史をたどるとアメリカではミニット・ペーパーと呼ばれるツールがある。日本では三重大学教育学部の織田教授が提唱したコミュニュケーションカードである。大福帳へ記入するために受講態度が良くなるきっかけをもたらすと言われている。記入する行動は振り返り活動となり、講義内容がただの記憶から知識へと熟成させる。

リフレクションシステムは手書きの感覚やカードとしての存在感が失われるという欠点がある。しかし、コメントの保存や分析が容易である。何よりも毎回の授業で配布・回収する教員の負担が解消された。さらに貴重な授業の 10 分を使って記入する必要もなくなった。

学生がリフレクションシステムにアクセスしコメントを提出時に入力ミスがなければ、5 秒程度でデータが更新される。さらに学生は自分のスマートフォンから、自分のコメントをいつでも閲覧できるようになった。

これにより、学生は自宅や外出先でも提出あるいは閲覧が可能になった。その結果、学生と教員間のコミュニケーションが紙媒体の時よりも円滑になったといえる。リ図 2 にフレクションの学生画面を示す。

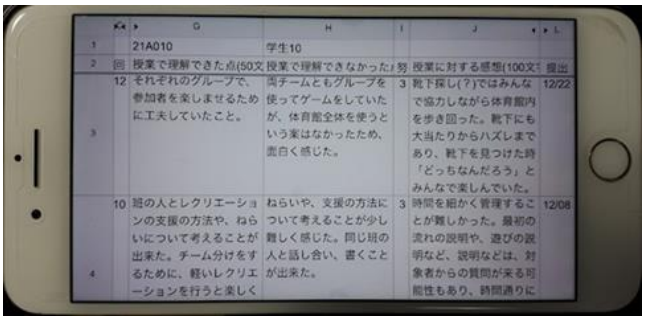


図2 リフレクションの学生画面

また、リフレクションだけでなく提出する学生の学習行動の解析ができるようになった。リフレクションログデータを統計的に解析することでコメントの文字数、提出時刻から期限までに提出する学習習慣が身についているのか、そうでないのかが分析できた。

5. コロナ禍で開発したシステム

コロナ禍になり急遽開発したのが、入学前学習自動採点、健康管理、授業評価の 3 つである。

入学前学習自動採点は、入学前教育が対面で実施不可能になったために開発した。まず、教材を宅配で送付し自宅学習を行う。確認テストの回答はスマホから提出する。提出されたテスト内容はシステムで自動採点し、回答が間違っている場合は事前に準備されたコメントを追加する。学生ごとに印刷した結果に担当教員がコメントを手書きで記入する。これを学生の自宅へ送付することで、学生との信頼関係を培うことができた。

健康管理は、学生の日々の健康状態を自動収集する。毎 24 時に〆切が自動更新さる。健康管理者はリアルタイムで学生の異常報告や未報告が一覧で確認できる。毎日、12 時ごろに問題のある学生のみ、電話連絡を取る運用である。その結果、システムの導入前と比べ、安否確認作業の効率が格段に改善された。また、臨地実習期間中でも学生の健康管理状況が把握できるようになった。

授業評価は、学生の授業評価をリアルタイムで科目別に集計する。特に 3 年生は学習期間のほとんどが臨地実習で登校する機会が少ない。臨地実習中でも授業評価が可能になったことで授業評価の精度が向上した。

6. まとめ

コロナ禍でも既存のツールを活用することで様々な工夫をしながら、円滑な教育活動を継続する取り組みを行ったと言える。

協働的な学びの中で個別最適な学びを見える化するための タンジブル型ビジュアルプログラミングツールの開発

Development of Tangible Visual Programming Tool to Visualize Individualized Optimal Learning in Collaborative Learning Environment

千田 和範[*1]，稲守 栄[*1]
Kazunori CHIDA[*1], Sakae INAMORI[*1]
[*1] 釧路工業高等専門学校
[*1] National Institute of Technology, Kushiro College
Email: chida@kushiro-ct.ac.jp

あらまし： Society5.0 時代に求められる人材として，様々な情報を活用できる技術者が求められている．その人材育成の一つとして，中学校の技術分野での利用を前提に UML ベースのブロックから機器を直接制御できるツールを開発し協働学習を行って成果を上げてきたが，個の学習状況は不透明であった．そこで本研究では協働学習で個の学習過程を見える化し最適化を図るための改良について報告する．
キーワード：**中学校**，**ビジュアルプログラミング**，**QR**，**UML**，**タンジブルデバイス**，**メカトロニクス**

1. はじめに

最近, Society5.0 時代に求められる人材育成に向けて，様々な情報を活用できる技術者が求められており，プログラミング的思考とプログラミングスキルの獲得が重要となる．そこで中学校のプログラミング学習の際，初心者は課題解決のアルゴリズム検討において，気軽に討論できない環境がプログラム学習の難しさに影響を与えていることが分かっている．そこで我々はプログラミングを意識させること無しに問題解決に用いたモデリング図から直接メカトロニクス機器を操作できるタンジブル型のビジュアルプログラミングツールを開発にこれまで取り組んできた．この取り組みでは参加する生徒が色々話し合いながらアルゴリズムを検討し実現させていることから，一定の成果があったと考えられる．しかしアルゴリズムの検討に個々の生徒がどの程度寄与しているかは測定することができなかった．そのため見かけ上検討しているように見えていても，実際には問題解決が得意な生徒に作業をまかせてしまっていることも考えられる．

そこで本研究では協働学習における個の活動を見える化するために，これまで開発してきたタンジブル型のビジュアルプログラミングツールをベースにして, 新しいアルゴリズム学習システムを開発する．

2. UML タンジブルブロックを用いたアルゴリズム学習システムの基本構成

本システムでタンジブルブロック化する統一モデリング言語（UML）とは，システム設計の際，図を用いて視覚的に表現する手法である．中学校ではこの UML のフローチャートやアクティビティ図を基にプログラミング教育がなされている(2)．この UML には様々な図記号があるが，本研究では同期・非同期制御が必要な場合にはアクティビティ図，それ以外にはフローチャートをブロックとして用いている．

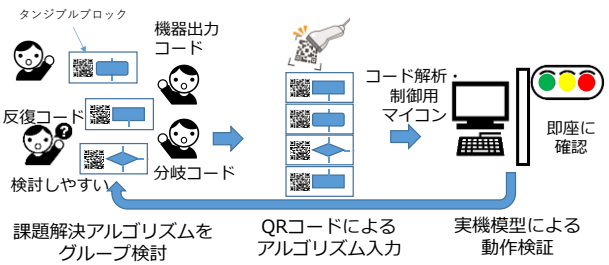


図 1. 協働学習型機器制御アルゴリズム実習システム

アクティビティ図では文献(2)に示されている 6 種類の記号と条件式，フローチャートでは処理と判断をタンジブルブロック化しビジュアルプログラミングに用いるものとする. これらのブロック（以下，UML ブロック）をビジュアルプログラミングに用いる際に，処理の内容や分岐の条件式などは，問題解決の難易度を調整するためにあらかじめ決定しておく必要がある. 本システムで実際に定義した UML タンジブルブロックの概要ならびにみえる化を行うための改良については次章以降で示す.

グループ検討では機器を制御するために UML タンジブルブロックを組み合わせて，与えられた課題を解決するアルゴリズムを実現する．各 UML ブロックは内部処理命令を QR コード化したものが図 2 の様に貼付けられている．ここでは例として信号機の赤信号部分切り替え処理を示している．まず QR コードリーダが接続された解析制御用マイコンの Raspberry Pi にコードが取り込まれる. 取り込まれたブロックの内容はプログラムコードに変換され google 社の Firebase に図 3 の様に蓄積される．なお内部処理命令は振返り学習で図示するために，文献(3)の記法を基本とした．UML ブロックとして実現している処理ブロックは，課題の難易度を不用意に上げてしまわない様に，例えば「照明 LED 1 を点灯させる」といった機器制御のみに限定した. さらに,

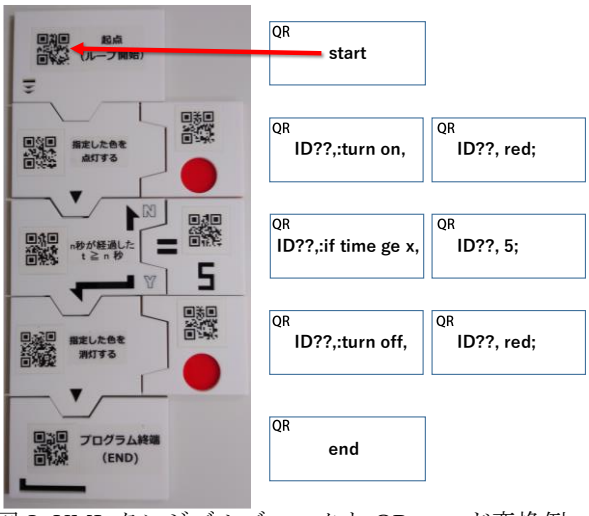


図 2. UML タンジブルブロックと QR コード変換例

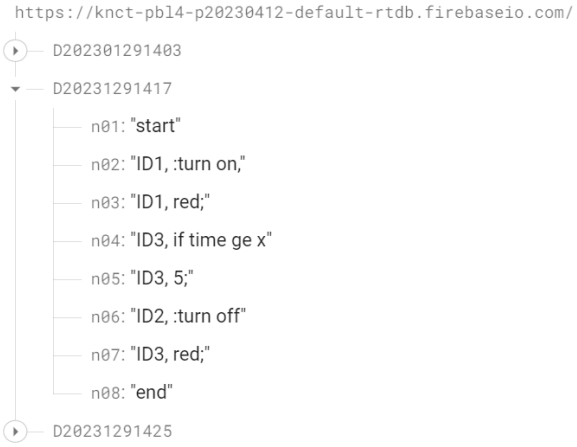


図３．プログラムコードの格納状況（Firebase）

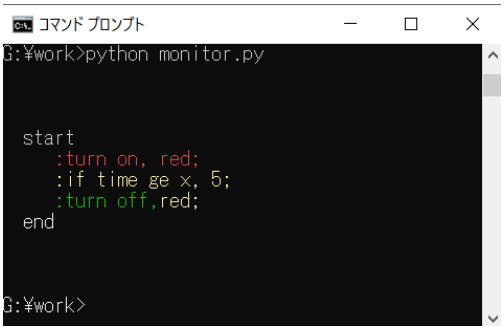


図 4. テキストベースの見える化

例えば「１０秒間点滅させる」等の様に一つのブロックに複数の制御処理が設定できるため，課題の難易度を簡単に調整できる．並行処理を行う場合はアクティビティ図の並行処理に割り当てる．ただし，解析制御用マイコン単独で実現すると実装が複雑になるため並行処理で指定された処理は全て解析制御マイコンに接続された下位の機器制御ユニットに任せるものとする．

3. タンジブルブロックを基にした個別学習の見える化

タンジブルブロックを用いた協働学習では，グループの生徒同士が検討し，ブロックを組み合わせて機器制御アルゴリズムを実現する．実現したアルゴリズムを QR コードから読み取り，機器を制御することで機器の動作からアルゴリズムを検証することができる．協働学習の結果としてアルゴリズムを学ぶことが出来るが，どの生徒の考えが支配的だったのか，試行錯誤で個々の生徒がどの様に関わっていたのかを検証することが困難だったため，個々の学生指導を行う仕組みを検討する必要があった．そこでプログラムコードを記述した QR コードに担当生徒を識別する ID の追加を図２右の様に行った．学生はタンジブルブロックを配置するときには自分に配布されたブロックを用いるものとする．制御用マイコンは QR コードを読み取ると即座に Firebase の Realtime Database にデータを蓄積していく．図３は Realtime Database に蓄積された状態を表す．それぞれのコードは日付時刻のノードの下に保存されていく．これによってアルゴリズムの変遷も追跡できるようになる．実際の機器制御は実行用 QR コードが読み込まれた時点で最新のプログラムコードを読み出し実行していくことになる．見える化は機器制御とは別に Realtime database からプログラムコードを読み出し，ID 番号に応じた色分けをして簡易的に表示した．この方法により，例えば図 4 の様に３人の生徒がどの部分を担当したのか判別できるようになる．ここでは図の ID1 が赤色，ID2 が緑色，ID3 が黄色で表示されている．アルゴリズムの改良ごとに見える化されたデータを集め，それらを比較することで個別な最適の学びを考えるための指標となることが期待できる．また GUI ベースの見える化ツールも検討中である．

4. まとめ

本研究では,UML で記述したアルゴリズムを基に直接機器を制御することが可能なタンジブル型ビジュアルプログラミングツールを用いて協働学習する際に，個々がどの様に関わっているかを可視化する仕組みについて開発した．今後は地域の中学校出前授業にて実際に使用し，見える化データの収集を検討している．

謝辞

本研究の一部は科学研究費基盤研究（C）課題番号 22K02904 の助成を受けたものである．ここに記して謝意を表す

参考文献

1) 千田和範他:“タンジブル型プログラミングツールを用いた中学生向け協働学習型機器制御アルゴリズム実習システムの開発”,教育システム情報学会第 45 回全国大会論文集, pp.81-82（2020）
2) 教育図書編:“D 編 2.3 設計を図で表す方法を知ろう”, New 技術・家庭 技術分野，教育図書，p.222-231 (2021)
3) PlantUML アクティビティ図（新構文）
https://plantuml.com/ja/activity-diagram-beta

ロボットを用いたプログラミング教育における協調学習支援の提案

Proposal of Cooperative Learning Support Strategies for Programming Education Using Robots

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，ロボットを用いたプログラミング教育において高い学習者の達成感を得ることができた学習方法について紹介するとともに，今後の方針を示す．
キーワード：プログラミング教育，ロボット教材，協調学習，プログラミング課題

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)(2)]．また対面授業を前提に，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きた[(3)]．

本論では，プログラミング教育において学習者の達成感を高める様々な課題を試行錯誤してきたことについて紹介し，今後の協調学習の方針を提案する．

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 左に教材の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[(4)]．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．いっぽうロボットのプログラム作成は，これまでの実習における学生のコメントから，プログラムが 20 ステップ以上になると操作が面倒になると言われてきた．そこでこれに対応するために，ロボットを PC に接続してプログラム作成の支援をしたり，PC からプログラムを実行させたりすることもできるようにしている．

2.2 PC によるプログラムの作成支援

ロボットには，PC 間でデータを授受したりロボットを制御したりするために，データの授受や指定番地からのプログラムの出力や実行といった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 からロボットを操作することができるようになる．図 1 右はその様子を示している．

PC 側のシステムは．ロボットにコマンドを送るほか，コマンドを利用してプログラムの送信を実現している．また，ロボットの実行プログラムは，機械語のみに対応しているので，アセンブリ言語によるプログラムと機械語への変換機能は PC 側のシステムで行っている．

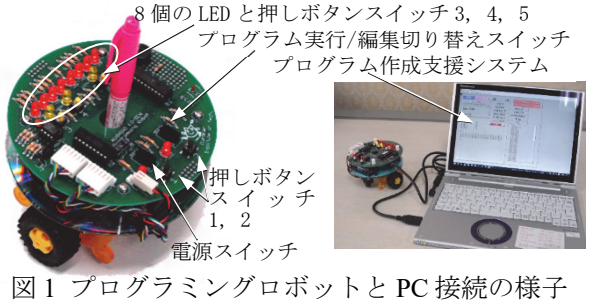


図 1 プログラミングロボットと PC 接続の様子

3.　これまでの利用実績と今後の課題

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．2018 年度は履修者が 18 名とやや少なめだが，2019 年度以降は 21-23 名が履修している．2018，2019，2022 年度は対面のみで行い，2020，2021 年度が対面とオンラインを併用した授業として実施した．

各年度とも，個人による個別学習とグループによる協調学習を連携して授業を構成している．グループ構成メンバーは 3-4 名とした．2018, 2019 年度は，グループ毎に貸し出した PC（2018 年度は PC5 台 5 グループ，2019 年度は PC9 台 6 グループ）を使用した．2020 年度からは，インストールなしで使用できるプログラム作成支援システムを開発して，学生自身の PC が使用できるようにした．なお，ロボット

は学生毎に同じものを毎回使用している．

2020，2021 年度は，オンラインを念頭に授業を構成する必要があったため，対面時は個別学習によるロボット操作と個人 PC の環境設定に焦点をあて，残りはウェブ会議システムを用いたオンラインでの授業として構成した．

2022 年度は，当初オンラインの授業も想定していたが結果的に対面の授業になった．

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った．最終的に，発表会と相互評価を行い，本実践を振り返ることとしている．なお，作品形式は，以下の節で述べるように，年度により異なるものを設定し，学習者の理解関心がどのように関係するかについても検証を進めている．

3.2 課題の設定と学習者の満足度

グループによる作品制作は，分担した課題を完成させることによる個別学習と統合による協調学習によって，プログラミングの知識を深め達成感を高めるっことを期待している．これまでの結果から，どの学習者も共同で作品を完成させたことで達成感を高めることができたことは認められたが，プログラミングにおける試行錯誤の量は学習者ごとに大きな差があった．表 1 にこれまでに設定した課題と変遷を示す．各年度における問題の解消を目指して，次年度の課題の計画を行ってきた．

3.3 センサを用いた課題

2020 年度までは，共同でロボットに絵を描かせたりダンスをさせたりを行ってきた．これらの課題では，プログラムの起動後に位置や方向を修正することが難しかったため，起動から時間が進むにつれ初めの方向のずれが徐々に積算され拡大するため，初期位置と方向やロボットごとのタイミングの調整に繰り返し試行錯誤を行っていた．

ロボットの 2021 年度後期は，ロボットの位置や方向を調整できるようにするために，光センサを利用できるようにした．また課題としてボールとセンサの利用を必須とした．しかし，光センサはボールや障害物の感知に使用され，初期位置と方向の誤差が積算されることによる衝突の回避に使用することがなかったため，多くのグループがその調整に苦労していた．図 2 左に作品の例を示す．2022 年度は，ロボットのセンサ取り付けを容易にして，ライントレースといったロボットの位置を修正するプログラムが容易に使用できるようにした．センサの取り付けの様子と 2022 年度の作品の例を図 2 右に示す．2022 年度の各グループは，作品の完成までの試行錯誤で苦労をしていたが，全作品で起動から終了まで完走させることができている．そのため学習者の満足度は非常に高かった．いっぽう学習者の作成したプログラムのレベル差が大きいことが判明し，各学習者の状態の取得方法と知識向上を実現する適切な課題の開発の必要性が明らかになっている．

表 1 各年度の課題

年度	授業形態	課　題	問題と改良
2018	対面	各学生のプログラムを 1 台のロボットに統合して図形描画	
2019	対面	複数のロボットを用いた図形描画	ロボット同士の衝突を回避するための試行錯誤が多くなった
2020	対面とオンライン	複数のロボットを用いた図形描画	オンラインであることと衝突を避けるため，透明セルに個別に書いた図形を重ねて表示
2021	対面とオンライン	複数のロボットを用いた，図形描画および「ピタゴラスイッチ」	長距離を移動出せて図形を描くことによる誤差の積算を軽減させるために，センサを用意
2022	対面	複数のロボットを用いた「ピタゴラスイッチ」の実現	センサの取り付けを容易にした，またセンサの反応範囲を安定化させた

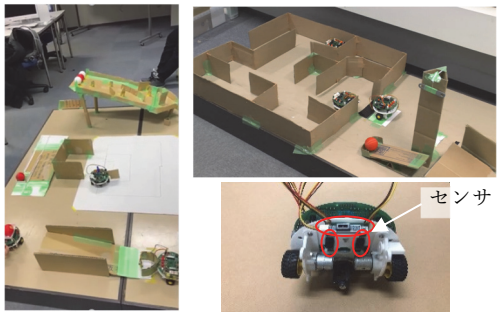


図 2　2021(左), 2022 年度の作品とセンサ取り付け

4.　おわりに

本研究では，ロボット教材を用いた個別学習と協調学習を組み合わせたプログラミング教育において，学習者の達成感を高める様々な課題を設定し試行錯誤してきたことについて紹介した．いずれの課題においても学習者の達成感を高めることは実現することができた．いっぽう学習者間におけるプログラムに関する学習の度合いには大きな差があり，更なる課題設定の工夫と学習者の学習の状況を分析する方法の開発が求められている．2023 年度は，学習者の状況把握のために，ロボットにプログラムを転送する度に PC にログを保存し授業終了後に moodle を介して提出させる．また，協調学習において 2 人で行う指定課題の後，3，4 人の自由課題に移るようにして作業量が偏らないよう工夫する予定である．

本研究の一部は，科学研究費基盤研究(B)(19H01727)および (B)(22H03597)を受け推進している．

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) 野口孝文，梶原秀一，千田和範，稲守栄: “ロボットを用いた初心者のためのプログラミング教材の開発", FIT2014 第 13 回情報科学技術フォーラム，筑波，pp.269-270（第 4 分冊) (2014)
(3) 布施泉，野口孝文，梶原秀一，千田和範，稲守栄: “ロボット教材を用いた個別学習を連携した協調学習”，教育システム情報学会研究会報告，pp.89-96 (2019)
(4) 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)

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
Practice of programming with contents for university students

松下 孝太郎[*1], 山本 光[*2]
Kotaro MATSUSHITA[*1], Ko YAMAMOTO[*2]
[*1] 東京情報大学
[*1] Tokyo University of Information Sciences
[*2] 横浜国立大学
[*2] Yokohama National University
Email: matusita@rsch.tuis.ac.jp, yamamoto-ko-zf@ynu.ac.jp

あらまし: 今日において，スマートフォンは必要不可欠なものとなっており，写真や動画の撮影にも多く利用されている. 筆者らは, 小学校を想定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. これは，スマートフォンを日常的に利用している大学生に対しても有効である可能性がある．本稿では，コンテンツ利用プログラミングを大学生に対して行った手順，結果および考察について述べる.
キーワード: プログラミング，スクラッチ，コンテンツ，画像，動画

1. はじめに

今日の AI をはじめとする情報関連技術の進展はめざましく，我が国でもこれらに対応する人材の育成が重要視されている. 小学校では 2020 年度からプログラミング教育の必須化が開始された．さらに，2021 年度からは中学校の技術家庭科におけるプログラミングに関する内容の拡充，2022 年度からは高校におけるプログラミングを含む情報 I の必須化が開始された(1)．さらに，大学入学共通試験における「情報」において，プログラミングに関する出題も予定されている．将来，IT 関連分野の職に従事しない場合でも，AI などに関する技術を使用することが増えていくことが推察されるため，プログラミングの知識や経験があることは有意である.

日常生活における情報関連機器では，スマートフォンがコミュニケーションをとるだけでなく，趣味や娯楽においても必要不可欠なものとなっている．内閣府の令和 4 年度青少年のインターネット利用環境実態調査(2)によると，スマートフォンの利用率は小学生で 59.5%，中学生で 86.6%，高校生で 97.3% である. 特に, 若年層を中心に写真撮影や動画撮影，それらの編集や SNS への投稿など，スマートフォンを画像や動画関連に利用する場合が多い.

このような状況を鑑み，さらにプログラミングに対する興味の喚起などの観点から，筆者らは小学生や小学校教諭を主な対象に想定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)．一方，大学生は現在のプログラミング教育の完全実施前であり，十分な教育を受けていない場合がある．さらに，プログラミングに対する苦手意識や興味が無い場合があるため，大学生に対してもコンテンツ利用プログラミングを実施する意義があると考えられる.

本稿では，ビジュアルプログラミング言語のスクラッチにより，コンテンツ利用プログラミングを大学生に対して行った手順，結果および考察について述べる.

2. コンテンツ利用プログラミング

画像や動画などのコンテンツを利用したプログラミングは，これらのファイル形式をサポートしている様々なプログラミング言語で行うことができる.

図 1 に，コンテンツ利用プログラミングを行う手順を示す.

まず，写真やイラストなどの画像，動画，音声およびこれらが融合したコンテンツを取得し，プログラミング言語の開発環境に読み込む．プログラミング言語では，利用できるコンテンツのファイル形式に制約がある．従って，利用できるがそのままの形式では読みない場合は，読み込めるファイル形式に変換して読み込む(4).

次に，プログラミンを行い，コンテンツの配置，加工，統合，表示などを行う．また，必要に応じてインタラクションの設定を行う.

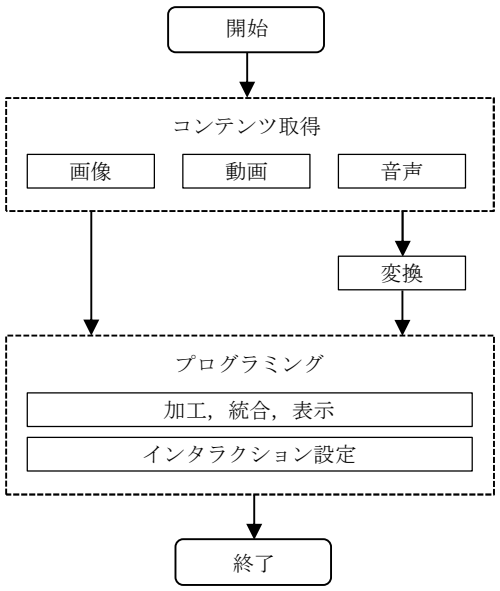


図 1 コンテンツ利用プログラミングの手順

3.　大学生に対する導入

東京情報大学総合情報学部の 1 年生，卒業研究配属の 3 年生および 4 年生に対してスクラッチによるコンテンツ利用プログラミングを実施した．

スクラッチはプログラミングの経験がなくても比較的容易で扱いやすいこと，開発画面上のステージで結果が視覚的に確認しやすいことから選択した．

スクラッチで利用するコンテンツとして，1 年生は写真，3 年生および 4 年生は動画を各自のスマートフォンにより取得した．大学生に対する導入は以下に示す手順により行った．

なお，スクラッチプログラミングの解説では筆者らの書籍[5],[6]により行い，それらは実践中も適宜自由に参照できるようにした．

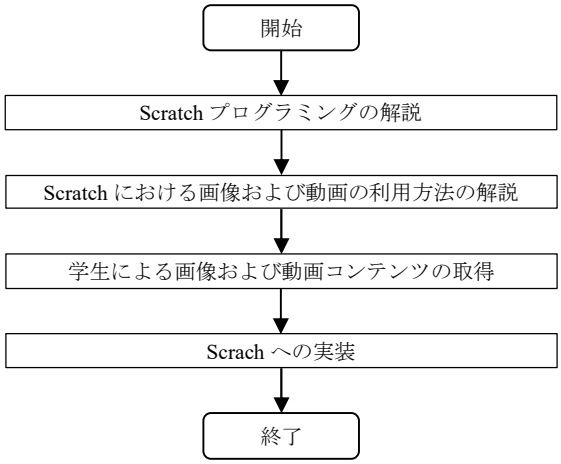


図 2 大学生に対する導入手順

4.　結果と考察

4.1 結果

コンテンツを利用して学生がスクラッチへ実装した例として，横浜山手西洋館案内を図 3 および図 4 に示す．

ステージの背景には西洋館周辺の地図が配置されている．地図上に配置してある位置マークをマウスでクリックあるいはタップすると，その位置にある西洋館の外観の動画が数秒表示される．

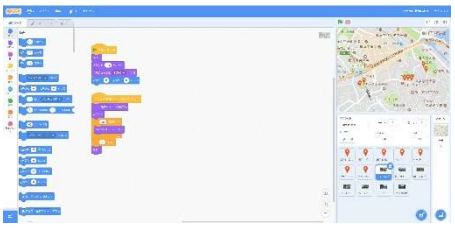
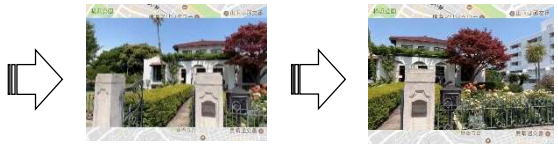


図 3 スクラッチ開発画面

（a）位置マーククリック　（b）動画再生開始



（c）動画再生中　　（d）動画再生終了

図 4 プログラム実行画面

また，実践終了後にインタビュー形式のアンケート調査を行った．意見として多かったものには次のものがあった．

・素材を集めるのが楽しい．
・オリジナルなものが作れるのが良い．
・素材を集めるのが面倒である．
・素材を使わない場合と比べて作成が難しい．

4.2 考察

実践では，コンテンツの取得からスクラッチへの実装まで概ね問題なくできていた．これは，手順に沿った解説をしたこと，スクラッチが扱いやすい言語であること，関連書籍を適宜参照できるようにしたことが考えられる．

また，アンケート調査の結果から，素材を利用した場合の方が良く楽しくできたと考える学生が居る一方，素材集め自体が面倒と考える学生が居た．素材の収集が，プログラミングで使用するという授業的な目的であることも影響していると考えられる．

5.　おわりに

本稿では，コンテンツ利用プログラミングの大学生に対する実践について述べた．プログラミングに関しては概ね問題なくできた．実践後の調査では素材の収集に関して相反するが意見が見受けられた．

今後，プログラミング自体に対する興味による分析や，コンテンツ利用プログラミングのニーズの調査などを検討している．

参考文献

(1) 学習指導要領改訂に関するスケジュール，https://www.mext.go.jp/content/20201023_mxt_sigakugy_1420538_00002_004.pdf（2023 年 5 月 20 日確認）
(2) 令和4年度青少年のインターネット利用環境実態調査，https://www8.cao.go.jp/youth/kankyou/internet_torikumi/tyousa/r04/net-jittai/pdf/sokuhou.pdf（2023 年 5 月 20 日確認）
(3) 松下孝太郎，山本光:“教育におけるコンテンツ利用プログラミング －スクラッチプログラミングにおける画像や動画の利用－”，教育システム情報学会研究報告，vol.36，no.6，pp.63-66，(2022)
(4) 松下孝太郎，山本光:“親子で楽しむプログラミング第 23 回”，良書案内, Vol.214, p2, (2022)
(5) 松下孝太郎，山本光:“親子でかんたんスクラッチプログラミングの図鑑【Scratch3.0 対応版】”，技術評論社, (2019)
(6) 松下孝太郎，山本光:“スクラッチプログラミング事例大全集”，技術評論社, (2020)

プログラムトレース課題を自動生成するシステムを用いたトレース学習の実現可能性に関する調査

Investigation of Feasibility of Trace Learning by Learning Support System Capable of Automatically Generating Program Trace Exercise

茂木 誠拓[*1], 立岩 佑一郎[*2], 東本 崇仁[*3], 赤倉 貴子[*4]
Tomohiro MOGI[*1], Yuichiro TATEIWA[*2], Takahito TOMOTO[*3], Takako AKAKURA[*4]
[*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] 名古屋工業大学大学院工学研究科
[*2]Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology
[*3] 千葉工業大学情報科学部
[*3]Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology
[*4] 東京理科大学工学部
[*4]Faculty of Engineering, Tokyo University of Science
Email: tomo1238hi@gmail.com

あらまし：デバッガを用いることで，実行結果のみを用いた通常のプログラミング学習より効果的な学習を行うことが可能であるが，デバッガを使いこなすことは初学者にとって難しく，トレース学習を実現することも難しい．そこで，トレース課題の自動生成システムを用いることで，デバッグが演習化・可視化され，容易にトレース学習を行えるのではと考えた．本稿では，トレース課題自動生成システムを用いたトレース学習の実現可能性に関する調査の一環として，自動生成が問題なく行われていることを確認する．
キーワード：プログラムトレース課題，自動生成，トレース学習，プログラミング学習

1. はじめに

近年，プログラミング学習は盛んであり，一般的には教授者が課題を提示し，その課題に対応するプログラムを作成するという流れで行われることが多い．しかし，もし誤ったプログラムを作成してしまった場合に，学習者自身で論理エラーの原因を発見し修正することは容易ではない．プログラミング学習における学習者の活動を図 1 に示す．

通常のプログラミング学習において，学習者は作成したプログラムを実行することで①実行結果を観察し，次に②実行結果と予想される結果（正解）との差分を認識する．もし実行結果が異なっている場合には，③プログラムを振り返り修正することになるが，実行結果のみの観察でプログラムを正しく修正することは難しい．

そこで，デバッガを用いて学習者のコードをトレースする高度なプログラミング学習（トレース学習）が効果的であると考えられる．この場合通常のプログラミング学習の流れに加え，デバッガを用いて生成された①’実行過程や局所的な結果を観察し，②’予想される実行過程や局所的な結果との差分を認識する．このようにデバッガを用いることで実行結果のみの観察に比べプログラムの修正が容易となり，より効果的な学習を行うことが可能となる．しかしデバッガを効果的に用いるためにも習熟が必要なため，特に初学者が実際にこのような学習を行うことは難しい．

よって本研究では，プログラムトレース課題が自動生成可能な学習支援システム（以下，自動生成システム）[(1)]に着目した．自動生成システムを用いて学習者の作成したプログラムをトレース課題にすることで，①’が演習化され，②’が可視化されるため，デバッガを用いた高度なプログラミング学習を簡単に実現することができる．

本稿では，トレース学習の実現可能性に関する調査の一環として，自動生成システムによる自動生成が問題なく行われていることを確認した．

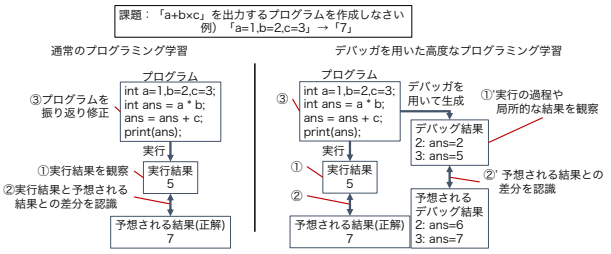


図 1 プログラミング学習における学習者の活動

2. トレース課題の自動生成システム

本章では，プログラムトレース課題およびその自動生成システムについて説明する．

プログラムトレース課題とは，学習者にプログラムを提示し「どの行がどの順番で実行されるのか」や「変数の値や出力・条件分岐など」を解答させる

ものであり，フィードバック可能な学習支援システム（以下，旧システム）が開発されている(2)．しかし旧システムは，あらかじめシステム作成者が問題及びフィードバックを作成したものしか扱うことができず，学習者の作成したプログラムに対するトレース学習のツールとして使うことはできない．そこで著者らはプログラムトレース課題が自動生成可能なシステムに着目した．自動生成システムでは，プログラムを解析することですぐに，そのプログラムに対応したトレース課題に取り組むことができる．

自動生成システムにおける学習の流れについて説明する（図 2）．学習者はまず，(I)の「プログラム登録」ボタンを押すことでプログラムを登録する画面に遷移する．次に「タイトル」と「プログラム」というテキストボックスにそれぞれ内容を記入し，(II)の「登録」ボタンを押すことによってトレース課題が自動生成される．そして(III)の「演習」ボタンを押すことで，トレース課題に取り組む画面に遷移する．トレース画面ではまず，どの部分が実行されるかを考えクリックする．例えば，図 2 の例における「i=1」が初めに実行されると考えクリックすると，(IV)のように「i に入る値は？」と聞かれるため，キーボードを用いて解答する．このように自動生成システムでは①’実行過程や局所的な結果の観察を演習化している．また自動生成システムでは，正しくトレースした場合の標準出力や変数の値を「正しい状況」として表示する機能や，もし学習者の回答通りにトレースされた場合の標準出力や変数の値を「あなたの状況」として表示する機能を持っている．これらのフィードバックによって変数の値が可視化することで②’予想される実行過程や局所的な結果との差分を認識することを支援している．

したがって自動生成システムを用いることで，学習者の作成したプログラムに対するトレース学習が実現できると言える．

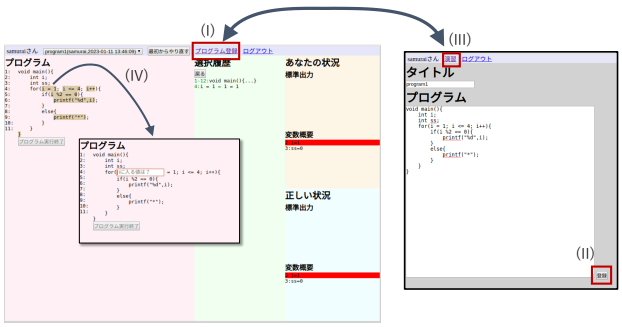


図 2 自動生成システムのインタフェース

3. 評価実験

自動生成システムで問題なくトレース課題が生成できていることを確認するため，旧システムを用いた評価実験（以下，旧実験）の結果と比較する．

被験者は大学 4 年生 5 名で，40 分間の事前・事後テストと 60 分間のシステム利用，終了後にアンケートの回答を行わせた．事前・事後テストでは，4 種類のテストを実施したが，紙面の都合上，本稿では一部のみ紹介する．各テストでは，5 つの問題を出題し，正解を 1 点として 5 点満点で評価した．システムには，旧実験で使用したものと同様の問題をあらかじめ読み込ませ，学習者にはトレースの部分のみを行わせた．

表 1 にトレーステストの結果を示す．トレーステストとは，学習者にプログラムを与え，実行順序と変数の変化を記述させるテストで，表内の数字は平均点，括弧内の数字は標準偏差を表している．また，cohen’s d の効果量とその目安も記載している．結果として，新システムを用いた実験（以下，新実験）では，事前の平均点が 0.80 点，事後の平均点が 2.20 点と 1.40 点の上昇が見られ，効果量は 1.43 と高い学習効果が確認できた．この結果は旧実験 1~3 と比較しても遜色なく，自動生成システムで旧システムと同等のトレース課題が生成できていると言える．

表 1 トレーステストの結果

	事前	事後	差	効果量(d)
旧実験 1 N=80	0.33 (0.78)	1.12 (1.17)	0.90	0.91(大)
旧実験 2 N=66	1.05 (1.16)	1.77 (1.51)	0.72	0.54(中)
旧実験 3 N=54	0.82 (0.82)	2.30 (1.08)	1.48	1.55(大)
新実験 N=5	0.80 (0.75)	2.20 (1.17)	1.40	1.43(大)

4. おわりに

本稿では，プログラムトレース課題を自動生成するシステムを用いたトレース学習の実現可能性について検討し，評価実験を行った．結果として，自動生成システムでも通常のトレース課題と同等以上の効果がみられたことから，自動生成システムでトレース学習が可能であることが示唆された．

今後の課題として，実際に学習者の作成したプログラムからトレース課題が自動生成できることの確認や，それを用いた評価実験などが挙げられる．

謝辞

本研究の一部は科研費・基盤研究(C)(22K12322)，基盤研究(B)(21H03565)，基盤研究(B)(20H01730)の助成による．

参考文献

(1) 立岩 佑一郎，茂木 誠拓，東本 崇仁，赤倉 貴子: “プログラムトレース課題の新規導入容易な学習支援システムの開発”，情報処理学会研究報告(CLE)，Vol.39，pp.1-7 (2023)
(2) 東本 崇仁，赤倉 貴子: 提案するプログラムトレース課題のための学習支援システムの開発とその実践，電子情報通信学会論文誌 D，Vol.101，No.6，pp.810-819 (2018)

模索痕跡の分析に基づいたコンパイルエラーに表出しない躓きの推定の試み

An Attempt to Estimate Impasses Not Appearing in Compilation Errors Based on the Analysis of Exploratory Traces

川崎 満広[*1]，大波 奨[*1]，大沼 亮[*2]，中山 祐貴[*3]，神長 裕明[*1]，宮寺 庸造[*4]，中村 勝一[*1]
Mitsuhiro KAWASAKI[1], Sho ONAMI[1], Ryo ONUMA[*2], Hiroki NAKAYAMA[*3], Hiroaki KAMINAGA[*1], Youzou MIYADERA[*4], 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] 津田塾大学 学芸学部 情報科学科
[*2] Department of Computer Science, College of Liberal Arts, Tsuda University
[*3] 山形大学 地域教育文化学部
[*3] Faculty of Education, Art and Science, Yamagata University
[*4] 東京学芸大学 教育学部
[*4]Faculty of Education, Tokyo Gakugei University
Email: {kawasaki,onami}@cs.sss.fukushima-u.ac.jp, nakayama@e.yamagata-u.ac.jp, r.onuma@tsuda.ac.jp, {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における的確な指導のためには，学習者の行き詰り等の状況を上手く把握することが重要であるが，多数の学習者に少数の教授者で対応する制約下では，容易ではない．本研究では，プログラミング演習における学習者による模索（ソースコード中のある部分を書いたり消したりする様子）に注目し，その分析に基づいて行き詰まりを自動推定する手法の開発を目指す．本稿では，行き詰まり把握支援の概要を示し，コーディング過程における模索痕跡の抽出について述べる．
キーワード：模索痕跡，インデント整形，エリア分割，ロジック構成

1. はじめに

近年，大学はもとより，小学校から高校まで多くの教育機関でプログラミング教育が実施され，支援ニーズが高まっている．的確な指導のためには，学習者の行き詰り等の状況を把握することが重要である．しかし，プログラミング演習では一般に，多数の学習者に対して，少数の教員と TA で対応する必要があるため，個々の学習者の行き詰まりの把握には限界がある．

これに対して，プログラミング演習における学習状況の把握を支援するシステム(1)やプログラミング演習者の行き詰り自動検出(2)などが報告されている．これらは，クラス全体の状況と個々の学生の状況の把握を視野に入れた実践的な取り組みである．しかし，コンパイルエラーの分析による状況提示の割合が大きく，コンパイルエラーとして表出し難いロジック構成面の行き詰りの把握には対応していない．また，論理面のエラーを対象として行き詰まり箇所を特定する手法が報告されているが，現状では対応可能な行き詰まりが限定的である．

本研究では，プログラミング演習中の学習者によるコンパイル履歴とソースコード間の距離推移の分析に基づいて，コンパイルエラーとして表出しないロジック構成面の行き詰りを推定する手法を開発する．特に，模索痕跡の分析に基づいて，行き詰まりが生じている要素をあわせて抽出する．これにより，教授者によるプログラミング演習中の行き詰まりの把握に対する新たな支援の可能性を示す．

2. 問題点と方針

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，主に以下の 2 つに焦点を当てる．

（問題点 1）少数の教授者が多数の学習者それぞれの行き詰りを把握することには限界がある．

（問題点 2）教授者は，コンパイルエラーとして表出しない行き詰まりと，その要素を把握することが困難である．

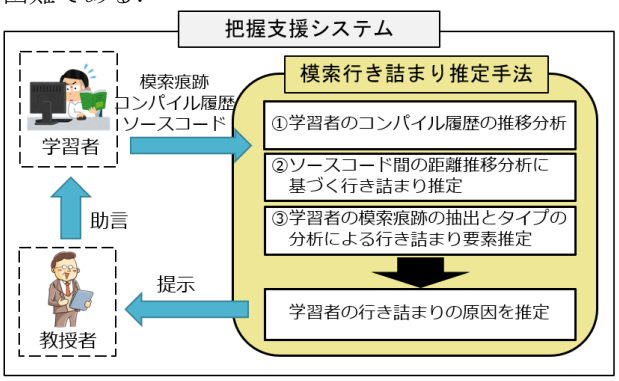


図 1 支援システムの概要

2.2 方針

本研究では，学習者のコンパイル履歴と，ソースコード間の距離推移分析に基づいてロジック構成面の行き詰りを推定する．あわせて，学習者の模索痕跡の分析に基づいて行き詰まりの要素を抽出する手法を開発する（問題点 2 への対応）．

その上で，学習者のコーディング作業を監視し，その分析に基づいて行き詰りが疑われる学習者をその要因と共に教授者に提示するシステムを開発する（問題点 1 への対応）．

3.　コーディング過程における模索痕跡

3.1 模索痕跡

本研究では，学習者がソースコード中の特定の箇所について，「書いたり消したり」を繰り返す行為を模索と呼ぶ．また，この書いたり消したりした箇所とその履歴を模索痕跡と呼ぶ．

3.2 模索のタイプ

研究の第一段階として，以下のタイプに焦点をあてる．

1) ループ骨格：ループの全体像を形作れず，処理部分で模索が行われているタイプ．
2) 条件分岐骨格：条件分岐の全体像を形作れず，処理部分で模索が行われているタイプ．
3) 動作確認
   - 3-1) ループ制御：ループの土台となる，初期化式，継続条件式，変化式などの模索が行われているタイプ．
   - 3-2) 分岐制御：条件分岐の土台となる，分岐条件式で模索しているタイプ．
   - 3-3) 出力確認：変数の動きがイメージできず，標準出力関数などで模索しているタイプ．
4) その他：上記以外の模索．

4.　ロジック構成面の行き詰まりの推定

4.1 行き詰まり要素の推定手順

学習者の行き詰まりを以下の手順で推定する．

1) 学習者のコンパイル履歴の推移分析による 1 次候補の抽出
2) ソースコード間の類似度推移分析に基づくロジック構成面の行き詰まり推定
3) 学習者の模索痕跡の抽出とタイプの分析による行き詰まり要素推定

4.2 ソースコードのエリア分割

エディタ上で書かれたソースコードに変更が加わる度にローカル履歴として保存・蓄積をする．その上で，蓄積されたソースコード間にどの要素で差分が認められるかを判定するために，ソースコードをいくつかのエリアに分割をする．この際，初学者はインデントを効かせてプログラムを書くことに慣れていないため，制御構造等のエリアが不明瞭であることがある．そこで，ソースコードをテンプレート化するためにインデント整形を施す．インデント整形とは，インデントの階層レベルを構造に合わせて自動的に調整し，改行や括弧の位置をルールに則って統一するものである．これにより，エリアの分割の精度を確保する．

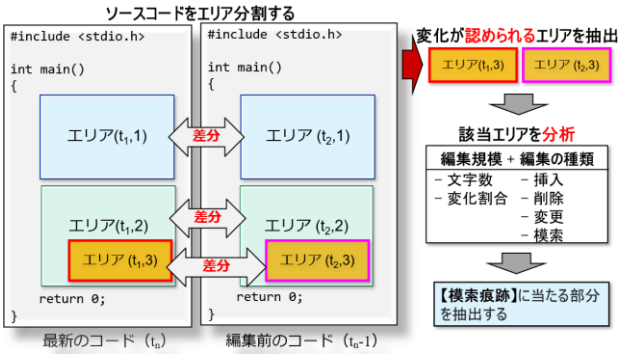


図 2 模索痕跡の抽出

エリアの分割は 2 段階で実施する．まず，中括弧で囲まれている箇所をひとつのエリアとする．次に，予約語とその予約語より高いレベルのインデントを持つ行を同じエリアとする．

4.3 エリアの差分抽出

蓄積された最新のソースコード t_n と編集前のソースコード t_n-1 の差分を抽出し，データベースに蓄積する（図 2）．この際，以下の情報を抽出する．

1) 変更前後の文字（文字列）
2) 1)が変更前後どちらかを示す記号
3) 変更のあった行番号

4.4 模索痕跡の抽出

差分が認められたエリアに対して，タイプミスや単なる書き換えを模索痕跡の要素として抽出することを避けるために，編集規模と編集の種類を分析する．これを基に，模索痕跡が抽出されたエリアを模索箇所として抽出する．

4.5 模索タイプの分析

模索箇所の中でより多く模索が行われている行に注目する．その行が構造を形作る行か構造の処理命令に関する行かを判別することで，その模索のタイプを推定する．この模索タイプとロジック構成面の行き詰まり推定の結果をあわせて分析することで，行き詰まり要素を推定する．

5.　おわりに

本稿では，行き詰まり把握支援の概要とコーディング過程における模索痕跡の抽出について述べた．

今後は，プロトタイプシステムを実際のプログラミング演習に適用した実験を重ね，提案手法の有効性検証と改善を進めたい．

参考文献

(1) 加藤利康，石川孝，“プログラミング演習のための授業支援システムにおける学習状況把握機能の実現”，情報処理学会論文誌, Vol.55, No.8, pp.1918-1930, (2014).
(2) 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つまずきの自動検出”，情報処理学会研究報告,研究報告コンピュータと教育, Vol. 2020-CE-154, No.4, pp.1-8, (2020).

PISA 2022 サンプル問題を利用したアルゴリズミックシンキング評価のための予備的研究

Preliminary Study for Evaluating Algorithmic Thinking using PISA 2022 Example Exercises

内田 保雄[*1], 井田 志乃[*2], 西田 若葉[*1]
Wakaba NISHIDA[*1], Shino IDA[*2], Yasuo UCHIDA[*1]
[*1] 宮崎産業経営大学
[*1]Miyazaki Sangyo-keiei University
[*2] 宮崎公立大学
[*2]Miyazaki Municipal University
Email: uchida@mail.miyasankei-u.ac.jp

あらまし：PISA2022 のサンプル問題の解答作業を通じて，数学的リテラシーを中心としたコンピュテーショナルシンキング評価の意図を体験する授業を実施した．そして，評価の中心となる対象であるアルゴリズミックシンキングの要素が問題から推認できるかどうかを尋ねるアンケートを行った．その結果，問題意図に対する肯定的回答が 6 割から 7 割を占めた．これにより，アルゴリズミックシンキング評価尺度構築のためのヒントが示された．
キーワード：PISA 2022，アルゴリズミックシンキング，コンピュテーショナルシンキング，評価尺度

1. はじめに

平成30年3月に告示された高等学校学習指導要領では，各教科等の目標及び内容が，育成を目指す資質・能力の三つの柱（「知識及び技能」，「思考力，判断力，表現力等」，「学びに向かう力，人間性等」）に沿って再整理され，各教科等でどのような資質・能力の育成を目指すのかが明確化された．これにより，教師が「子供たちにどのような力が身に付いたか」という学習の成果を的確に捉え，主体的・対話的で深い学びの視点からの授業改善を図る，いわゆる「指導と評価の一体化」が実現されやすくなることが期待される，としている．そして，「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」高等学校情報が国立教育政策研究所教育課程研究センターにより提案がなされているところである[(1)]．しかしながら，具体的な評価尺度については未だ十分な状況にあるとはいえない．そこで，「情報 I」の内容のまとまりのうちの「(3) コンピュータとプログラミング」を中心として，アルゴリズミックシンキング評価のための予備的研究として，PISA2022 サンプル問題[(2)]を利用した具体的な評価尺度の分析を試みることにした．

PISA は，生徒の学習到達度及び学校教育の成果について国際的な比較調査を行うことを目的としており，15 歳児を対象として，読解力，数学的リテラシー，科学リテラシーの 3 領域において共通問題により 2000 年から行われてきた，OECD（経済協力開発機構）による国際調査である．単に知識の量を問うのではなく，それまでに身に付けてきた知識や技能を，実生活の様々な場面で直面する課題にどの程度活用できるかを測ることをねらいとしている．したがって，前述の指導要領における観点別学習状況の評価のうち，「知識及び技能」と「思考力，判断力，表現力等」を測定する工夫が盛り込まれた問題となっていると考えられる．なお，PISA2022（当初予定より 1 年延期）では，数学的リテラシーを中心に調査が行われ，2023 年に公表予定である．とりわけ，PISA2022 では，数学に適用される「Computational thinking」[(3)]（計算論的思考）の重要性が強調されている．そこで本研究では，PISA2022 のサンプル問題のうち「Example 4: Tiling」に焦点を当て，コンピュテーショナルシンキングのうちのアルゴリズミックシンキング評価との関係性について考察することを目的とする．

2. 先行研究

渡邊[(4)]は，「不確実性とデータ」領域に注目し，PISA2003 と PISA2012 および PISA2015 の分析を行った結果，確率・統計に関する「不確実性とデータ」における部分的な変化を捉え，その部分的な変化は，確率・統計に関する領域が新設された現行の学習指導要領の成果の現れとも考えられる，と指摘している．

深澤[(5)]は，PISA2021 数学のフレーワークの内容を分析したところ，学校教育における統計の重要性がますます高くなっていることがわかり，そこで示される数学フレーワークは，高等学校での学びを含めた学校教育における数学及びデータサイエンスの学びの参考になるであろう，と述べている．

3. 研究方法

3.1 PISA2022 サンプル問題の概要

「タイル貼り」を話題とした問題であり，次の 5 問から構成されている．

問題 1/5：推論・幾何学的表現・類推，問題 2/5：指示書（手順書），問題 3/5：座標の指定，問題 4/5：図形の記号化，問題 5/5：類推

3.2 授業実践

PISA2022 サンプル問題は英語で記述されているため筆者が翻訳した問題文を使用した．また，正式な解答方法はオンラインであるが，今回は紙媒体の解答用紙を準備した．

筆者が所属する大学の 3 年次生を対象とした教職課程科目「情報科教育法」の第 1 回から第 3 回の授業時に行った以下のアンケート結果より，PISA2022 のサンプル問題の評価尺度について分析する．

なお，アンケートのアンケートの(i)と(ii)については，アンケート結果の使用目的と匿名を配慮した利用形態の旨をアンケート内と口頭で伝えたうえで実施した．さらに，(iii)ではアンケート結果が成績等に影響しないことも説明した．

(i) 事前アンケート：回答者属性や過去のプログラミング経験などに関する質問

(ii) CT 尺度アンケート：質問項目[6]に準じた

(iii) PISA2022 問題アンケート：CT 概念の要素[7]を参考に筆者が作成

PISA2022 問題アンケートの前に，実際に解答作業を課した．ただし，あくまでも後日の授業活用のために課したことを伝え，また，問題は翻訳したものであり解答方法も異なることを知らせたうえで実施した．PISA2022 のサンプル問題は筆者が翻訳したものを用い，紙媒体の解答用紙へ記入する流れとした．

なお，アンケートには反映されていないが，受講者 14 名のうち 12 名は商業科との併修であり，情報科専願は 2 名のみである．

3.3 アンケート結果

各アンケート結果の概要は以下のとおりである．

(i) 事前アンケート

高校での所属学科は，普通科 29%に対して，商業系の学科が 64%となっている．プログラミングに関するイメージで最も強いものは何かという質問では，「難しそう」が 57%，「学習に時間がかかりそう」と「将来役立ちそう」とが各 14%であった．大学入学前のプログラミング経験については，57%が未経験である．また，大学入学後のプログラミング経験については，14%が未経験である．したがって，プログラミング経験が全くない受講者が一定数存在している．

(ii) CT 尺度アンケート

CT 尺度アンケートについては，アルゴリズミックシンキングに関する項目から抜粋して示す．

「問題を解決するための手立てをすぐに考えることができる」という質問については，肯定的回答と否定的回答が概ね半々であった．「自分は数学独特の考え方に関心がある」「自分は数学的事象を理解できる方だと思う」など数学に関連する質問に対しては，概ね 6 割から 7 割が否定的回答であった．

(iii) PISA2022 問題アンケート

PISA2022 のプログラミングに関するサンプル問題における，アルゴリズミックシンキング評価の観点からの質問項目について抜粋して示す．

能力「抽象化」（問題を抽象化して理解する能力）については，肯定的回答が約 7 割であった．能力「分解」（物事を分解して理解する能力），能力「アルゴリズム的思考」（やるべきことを順序立てて考える能力），能力「評価」（最良の方法かどうかを評価・分析する能力），能力「一般化」（方法を他に置き換えて一般化する能力）のいずれについても，肯定的回答が約 6 割であった．

4. まとめ

教職課程科目「情報科教育法」の受講者を対象に，PISA2022 サンプル問題の解答作業を課し，その結果から PISA2022 サンプル問題に含まれるアルゴリズミックシンキング評価のための分析を試みた．受講者自身による主観的評価では，6 割以上の受講者がアルゴリズミックシンキングの要素が評価されていると推認した．今後は，アルゴリズミックシンキング評価のためのより客観的な尺度を考案し，「指導と評価の一体化」のための学習評価の基準を探っていくことが課題となる．

参考文献

(1) 国立教育政策研究所教育課程研究センター: “「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_jjouho.pdf （2021）

(2) OECD: “PISA 2022 MATHEMATICS FRAMEWORK”, https://pisa2022-maths.oecd.org/

(3) Wing, J. M.: “Computational Thinking”, Commun. ACM, 49(3), pp.33–35 （2006）

(4) 渡邊耕二:“日本の生徒が持つ PISA 数学的リテラシーの特徴の変化に関する研究 ―「不確実性とデータ」領域に注目した PISA2003 と PISA2012 および PISA2015 の分析から―”，全国数学教育学会誌数学教育学研究，第 26 巻，第 1 号，pp.1-12 （2020）

(5) 深澤弘美: “PISA2021 数学のフレーワーク”，第 17 回統計教育の方法論ワークショップ・理数系教員授業力向上研修会レジュメ （2020）

(6) 權名津卓未, 大西義浩:“小学校におけるコンピュテーショナルシンキングに関する調査分析と授業実践”，科学教育研究センター紀要，Vol.1[2022]，pp.1-10 （2022）

(7) Selby, C. and Woollard, J.: “Computational thinking: the developing definition”, Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education, (E-prints) 6pp. （2013）

経営学部ゼミナールにおける Java プログラミング教育

Java 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 MINDSTORMS EV3 を用いた Java 言語の教育実践について，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述べる．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，質問紙調査を実施した時期および 5 年間の変化の状況などを踏まえて言及する．Java 言語のプログラミング教育が，全ての学年で特にコンピュータ習熟度の点において学習効果を上げていたことや，明らかに Java 言語の習熟度が上がった学年もあったことなどが分かった．
キーワード：LEGO MINDSTORMS EV3，LeJos，Java 言語，プログラミング教育，質問紙調査

1. 緒言

LEGO MINDSTORMS を使ったプログラミング教育は大学でも多く行われている [(1) - (2)]．筆者は 2011 年度入学生より経営学部でゼミナールを担当し，そこで LEGO MINDSTORMS ロボットを Java 言語で動作させる LeJos を用いたプログラミング教育を実施し，一定の成果を得た [(3)]．さらに，2016 年度入学生(Y16)以降，2017 年度入学生(Y17)，2018 年度入学生(Y18)，2019 年度入学生(Y19)および 2020 入学生(Y20)を対象として実施した [(4)]．本研究ではこの 5 年間の教育における質問紙による調査結果について述べる．

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．これらは少人数のゼミナールであり，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．ただしコロナ禍の影響で，2020 年度および 2021 年度の春学期は対面によるゼミナールが一部できなかった．

「基礎演習 1」(Y19 および 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，これを用いて入門者向けである GUI の EV3 ソフトウェアでブロックによる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．完成プログラムは 30 ブロックから 60 ブロック位となり，繰り返し機能を使う学生もいた．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 および 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 言語の基礎について学習を行い，次に LEGO MINDSTORMS EV3 向けの Java 言語ツール LeJos による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 Java プログラムを作成した．完成プログラムは 130 行から 300 行位で，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．Y16 から Y20 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

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 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 [(5)] 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．

検定結果だが，同一年度内では以下の項目および時期の比較において有意水準 5%で有意となった．

◎ Y16：PC 習熟度 T1-T3，授業評価 T2-T4
◎ Y17：PC 習熟度 T1-T2
◎ Y18：PC 習熟度 T1-T2，PC 学習意欲 T1-T3
◎ Y19：PC 習熟度 T1-T2，T1-T3 および T1-T4
◎ Y20：PC 習熟度 T1-T4，T2-T4 および T3-T4

同一時期内では以下の項目および年度間の比較において有意水準 5%で有意となった．

◎ PC 習熟度：Y17-Y20 の T3
◎ PC 不安感：Y18-Y19 の T1，Y16-Y20 の T1, T2, T3，Y18-Y20 の T1, T2, T3, T4
◎ PC 学習意欲：Y16-Y18 の T1，Y16-Y19 の T1, Y17-Y20 の T3, Y18-Y20 の T1, T3, T4, Y19-Y20 の T1, T2, T3, T4
◎ 授業評価：Y16-Y20 の T4，Y17-Y20 の T4

3.3 考察

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．

図 1 より同一年度間では，全学年で PC 習熟度が T1 とそれ以降の間で向上している．このことから，EV3 ソフトウェアを用いた今回のプログラミング教育の導入を，PC 習熟度の観点から見て順調に行うことが出来たと思われる．学部改組後の Y18 以降では，T3 以前と T4 間で PC 習熟度が向上しており，難易度が高い Java 言語も習熟した学生が多い．

図 2 より同一期間内では，PC 不安感の減少傾向が Y18 以前と Y19 以降で差が出ている．PC 学習意欲および授業評価については，各学年間でコロナ禍の影響や学生の性格等といった個々の事情が大きく影響していると思われる．詳細は全国大会で発表する．

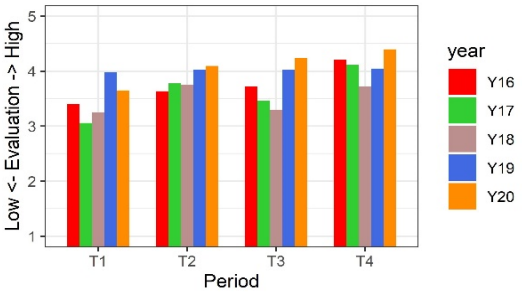


図 1 習熟度自己評価の平均値

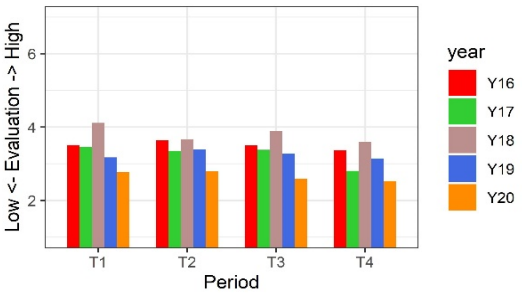


図 2 コンピュータへの不安感の平均値

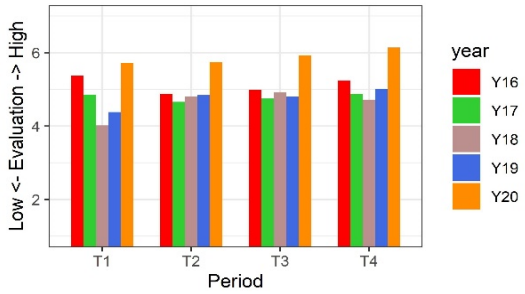


図 3 学習意欲の平均値

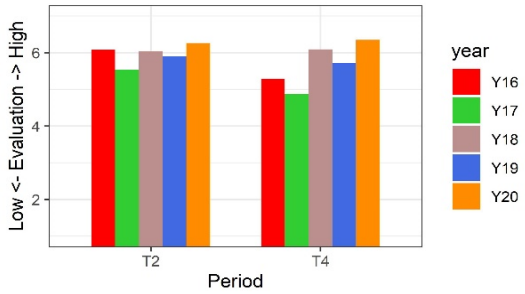


図 4 授業評価の平均値

4. 結言および謝辞

本研究では，Java 言語を含めたプログラミング教育が全ての学年で学習効果を上げていることや，Y18 以前と Y19 以降の学生における Java プログラミングへの意識の差がはっきりと表れたことが分かった．2021 年度入学生より LEGO SPIKE PRIME による Python 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．

最後に，追手門学院大学経営学部の中西通雄教授から多大なる協力を得たことに感謝する．

参考文献

(1) 野口孝文，布施泉，千田和範，稲森栄: "IoT 機能を持つロボットを用いた協調学習環境"，教育システム情報学会誌, Vol. 37, No. 2, pp.106-119 (2020)
(2) Özgen Korkmaz: "The Effect of Scratch- and Lego Mindstorms Ev3-Based Programming Activities on Academic Achievement, Problem-Solving Skills and Logical-Mathematical Thinking Skills of Students", Malaysian Online J. of Educational Science, Vol. 4, Issue 3, pp.73-88 (2016)
(3) 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導入教育の効果および分析 -LEGO MINDSTORMS を利用したプログラミング教育-"，日本行動計量学会第 44 回年次大会抄録集，Vol. 19, No. 2, pp. 210-213 (2016)
(4) 中野統英，原田章: "近年の経営学部ゼミナールにおけるプログラミング教育システムの効果および分析 -LEGO MINDSTORMS EV3 ソフトウェアおよび JAVA によるプログラミング教育 -"，日本行動計量学会第 50 回年次大会抄録集，pp.118-121 (2022)
(5) 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 (2022), https://www.i-repository.net/contents/outemon/ir/105/105131204.pdf

調査項目の拡張しやすさを考慮したソースコード解析システムの構築

Implementation of a Source Code Analysis System Considering the Ease of Expansion of Survey Items.

小方 亮人[*1], 香川 考司[*2]
Ryoto OGATA[*1], Koji KAGAWA[*2]
[*1] 香川大学大学院創発科学研究科
[*1]Graduate School of Science for Creative Emergence, Kagawa University
[*2] 香川大学創造工学部
[*2]Faculty of Engineering and Design, Kagawa University
Email: s23g353@kagawa-u.ac.jp

あらまし：本研究ではブラウザ上の入力フォームに入力された C 言語のソースコードに対して解析を行い、構文解析を通過したプログラムに対して問題点を指摘するシステムを構築した。主に初学者が間違いやすい項目に対して調査を行う。解析には Haskell を用い、調査項目の拡張性が期待できる。
キーワード：Haskell, 構文解析, プログラミング学習支援

1. はじめに

プログラミング学習者がソースコードを記述する際に犯す問題点には様々な種類がある。エラーを指摘するシステムを構築した時点でその全ての点を網羅することは不可能であり、システムを運用していくにつれてエラーの調査項目を増やす必要がある。そのため、エラー指摘システムには新しく調査したい調査項目ができた時に容易にシステムに組み込むことができる拡張性が求められる。本研究では Haskell を用いることで、構文解析を通過した C 言語のソースコードに対して初心者が犯しやすい間違いやコードの複雑化につながる問題点を指摘するシステムを構築する。

2. 先行研究

島川の研究 [1] は C 言語を初めて学ぶ学習者によくある間違いに対して理解の容易なエラーメッセージを表示しエラーの修正を補助する機能を持つ。これにより簡易な質問数が減少することで学習効率の向上や指導者の負担軽減を図っている。しかしこのシステムで利用している C-Helper [2]が実装に用いている Java では構文解析結果である構文木を扱う際に Visitor パターンというデザインパターンを用いる必要があるため、調査できる項目の拡張性に優れていない。この問題点に対して Haskell を用いて解決を試みた研究が木村の研究 [3] である。木村の研究はソースコードのエラー箇所をハイライトすることで教育者の添削を支援するものである。しかし教育者に対しての支援を目的として構築されたシステムであるため、即座にミスのフィードバックを示すことができない等の学習者のプログラミング学習を支援する上での課題点が存在する。そこで本研究では、学習者のソースコードのエラーを即座に特定し、エラー改善の方針を示すことが可能なシステムを構築することを目的とする。また、実装に Haskell を用いることで調査項目の拡張性に優れたシステムを目指す。

3. システムの概要

本研究のシステムは、入力された C 言語のソースコード中の間違っている可能性の高い箇所の指摘を行う。ブラウザ上のテキストエリアの入力フォームに入力されたソースコードを文字列として受け取り、Haskell のライブラリである language-c-quote によって構文解析を行う。その解析結果から初学者が間違いを起こしやすい if 文などの情報を抜き出し、間違っている可能性の高い記述をしていないか調査を行う。問題がある箇所の行番号とその内容やエラーの修正方針を HTML 形式で解析結果を表示するページに出力する。以下に本研究のシステム概要図 (図 1) を示す。

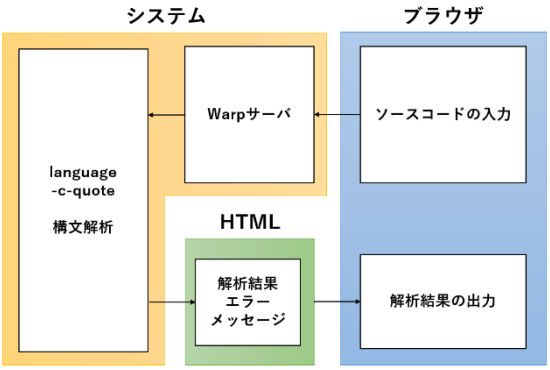


図 1 システム概要図

4. システムの実装

本研究では Haskell とそのライブラリである language-c-quote を用いてシステムの実装を行う。

Haskell には参照透過性や静的型付けといった関数型言語に多く採用されている機能に加え、パターンマッチングや型推論、Datatype-generic programming などの特徴的な機能がある。これらの機能を組み合わせることで構文木のようなデータ型を扱う際に、命令型言語に比べてより簡潔かつ容易に関数を実装できることが期待される。language-c-quote は C 言語の構文解析を行う Haskell のライブラリであり、解析結果が扱いやすいため新しく調査項目を増やす際に容易にプログラムに追加することができると考えた。また、Web ベースで実装を行うことでシステムのインストールを不要とし、利用者側と開発側が双方ともにシステム導入に関する負担が軽減されることを目指した。

本システムで調査できる現在の項目は、インデントが規定のルールと異なっているミス、printf と scanf の受け取る引数の数が間違っているミス、if 文の条件式が関係演算子による式ではなく代入式になっているミス、関数名が他の関数と重複しているミス、返却値が int 型の関数に return が記述されていないミスがある。主に C 言語を学び始めたばかりの学習者が間違いやすい項目の調査の実装を優先的に行った。解析結果の出力表示では入力されたソースコードと、ソースコードの問題がある行番号の色を変更し、他の行に比べて目立つように表示しているためエラーのある箇所を視覚的に理解することができる。以下にソースコードの入力画面 (図 2) と解析結果の表示画面 (図 3) を示す。それぞれの画面はクリックひとつで即座にページの遷移を行うことができるため、利用者に速やかにフィードバックを示すことができる。

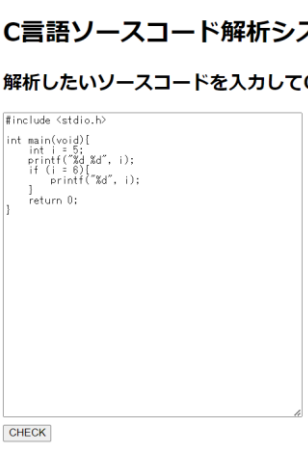


図 2　ソースコード入力画面

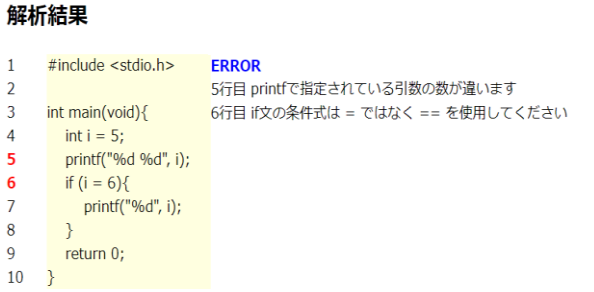


図 3　解析結果表示画面

5.　まとめ

本研究では、プログラミング初学者向けのソースコード解析システムの構築を行った。インデントのミス等の初学者が犯しがちなミスや問題点に対して調査を行う機能を Web ベースシステムで実装した。また、ソースコードの構文解析結果から Haskell によって調査したい箇所を抜き出すことで調査を行っているため、Haskell の知識さえあれば調査項目を容易に拡張することが可能である。

しかし、現状で調査することが可能な項目の数は少なく調査対象の追加が求められる。特に、初学者が正しく使用することが難しい for 文や、宣言した変数の型と異なる型の値を代入しているミスといった項目の実装を考えている。他にも無駄な if 文や意味のない代入のような、コンパイラでは検査することができないソースコードの冗長な部分の調査を行うことでソースコードの簡潔化や学習者のプログラミングスキルを上達させる支援ができると考えている。また Haskell の知識が必要なことから、調査項目の拡張についての評価実験を行うことが困難であったため拡張しやすさに関する評価は筆者の主観的なものでしかない。そのため実際に Haskell を学ぶ講義で追加する調査項目のコードを記述する課題を出したり、知識がなくても調査のイメージをつかめるように分かりやすさを重視したビジュアルプログラミングを利用したりといった方法で解決を図る必要がある。また、Web ベースでのシステム実装を行ったが、Web ベースである利点を活かせていない課題点も存在する。例えば掲示板のような学習者間でコミュニケーションを行える機能や、他のシステムで利用しているソースコードを本システムと送受信するような仕組みを実装するといった別の Web ベースシステムとの連携が考えられる。

参考文献

(1) 島川大輝, 香川考司:“C-Helper を用いた Web ベースの C 言語開発環境の構築”, 教育システム情報学会第 40 回全国大会 (JSiSE2015) 講演論文, A3-1, 2015.
(2) サイボウズ・ラボユース, Kota Uchida:“C-Helper GitHub”, https://github.com/uchan-nos/c-helper (閲覧日：2023 年 5 月)
(3) 木村光星, 香川考司:“構文解析を用いた C 言語指導コメント支援システムの構築”, 教育システム情報学会 (JSiSE) 2018 年度 第 4 回研究会, 2018.

MDD によるプログラム教材による小学生向けワークショップの実践と評価: -2021 年度と 2022 年度の比較-

Practice and evaluation of a workshop for primary school students using MDD-based programming - Comparing with Y2021 and Y2022 -

TRAN NGOC THAO[*1]，香山　瑞恵[*1]，舘　伸幸[*1]，永井　孝[*2]
THAO NGOC TRAN[*1], Mizue KAYAMA[*2], Nobuyuki TACHI[*2], Takashi NAGAI[*3]
[*1] 信州大学大学院
[*1]Graduate School of Science & Technology, Shinshu University
[*2] ものつくり大学
[*2]Institute of Technology

あらまし： 本研究は，モデル駆動開発(Model Driven Development ．以下 MDD[(1)])を活用したプログラミング学習教材を用いることにより，学習者のプログラミング的思考を育成することを目的とする．本稿では, MDD によるプログラム教材を使用した小学生向けワークショップの実践とその評価について述べる．ここでは, 2021 年度の実践と 2022 年度の実践を比較し, 教材利用時の課題と効果, 改善点を明らかにし，2023 年度に向けた提案を示す.
キーワード：**プログラミング教育**，**モデル駆動開発**，MDD，UML

1. はじめに

小学校プログラミング教育の手引[(2)]では，プログラミング的思考を育成することが求められており，コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を育成することが中核とされている．これに関し，本研究では，MDD の考え方を教育に応用することで，小学生（高学年）を対象としてプログラミング的思考力を育成することを目指してきた．MDD は，UML（Unified Modeling Language）などの標準表記法を用いて対象物の動作モデルを設計する開発手法であり，専門的なソフトウェア開発現場でも広く活用されている．

丸山らは，2021 年度に実施した取り組み（小学生向け MDD ワークショップ，以下ワークショップ）について，内容と評価結果を報告した[(3)]．本稿では，それらをふまえ，2022 年度に実施した同様のワークショップついて，その成果を分析・評価する．そして，2021 年度と 2022 年度の 2 か年分の実践結果を考察し, 2023 年度のワークショップの改善案を提案する．

2. 利用教材

利用教材は，モデル設計ツール SRPS[(4)] と，小型走行体（以下ロボット）である．ロボットは Micro:bit[(4)]と，走行用モーターやライン検出用の光学センサを備えている．生徒は, SRPS でモデル図を作成する．実行ファイルはモデル図から自動生成され，これをロボットに転送して動作させることで，作成したモデル図を検証する．

3. 演習内容

2022 年度のワークショップには小学生 5-6 年生の 17 名が参加した．また, 情報系学部生と大学院生 9 名が小学生のサポートを担当した（以下サポート学生）．ワークショップの演習課題は 2021 年度，2022 年度共に 6 種（E1～E6）である[(3)]．E1 はタッチセンサ押下により，ロボットを前進させる．E2 は E1 の内容に加えて，黒線検知により，ロボットを止める．E3 と E4 は．黒線に沿って円周をそれぞれ右回りと左回りで外周させる．E5 は E3 と E4 の応用課題であり，黒い自由曲線に沿って前進させる．E6 は E 発展課題であり，4 人 1 チームとしてロボットの通信機能を使ってリレー動作をさせる．2021 年度は全 6 種の課題を実施した．実施結果に基づき，2022 年度は E5 と E6 の作業時間を増やす方針とし, E3 と E4 は早めに E5 を終えた 17 名中 11 名の受講者のみが取り組んだ．

4. 評価

受講者の取組の様子を第三者目線で評価するため，サポート学生に対して質問紙調査を実施した．その中では，ワークショップで受講生が取り組んだ各課題について，Task（課題内容理解度），Solution（解法の導き），Model（モデル図の作成），

Execution（ロボット動作）の4項目について問うた. 回答はそれぞれ,「受講生が自力で解決」(3点),「サポートが必要」(2点),「理解できなかった」(1点)の3段階で評価し，平均値を求めて評価数値とした（以下，数値）. 図1に2021年度，図2に2022年度の調査結果を示す. 縦軸は課題番号，横軸は課題の作業項目である. 2022年度は，サポート学生9名中7名の有効回答を得た. この7名が担当していた受講者13名について考察する. このうち，E3とE4については，課題に取り組んだ受講者11名分のデータを解析対象とした.

5. 考察・次年度への提案

図1と図2において，評価対象受講生の25%以下が理解できなかった項目を黒色で示す. 2021年度では数値が2.5以下のもの，2022年度では数値が2.4以下の項目が該当する.

Taskについては，全課題で高い数値であった. 小学5-6年生にとってE1～E6の課題内容は理解できる難易度であったと考えられる.

Solutionについては，2022年度のE3の数値は改善された. 一方でE5とE6は引き続き数値が低かった. E3の数値が改善された理由は，E5を終えた受講者のみがE3を実施したためであると考える. E5とE6の数値は2021年度同様に低く，作業時間数を増やした方策は効果的でなかったと考えられる.

Modelについては，E3の数値が改善された. 理由はSolutionと同様と考えられる.

Executionについては，両年度でE1の数値が低い. これはワークショップ最初の課題であるため，実動作環境への不慣れが原因と考えられる.

次に，2022年度に試行した，E3とE4以前にE5を優先的に実施したことの影響を検証した. 図3に結果を示す. 濃色がE5を終えてE3とE4に取り組めた生徒，淡色はE5を完遂できなかった生徒を示す. 図2にも示したように両群ともSolutionの数値が低いが，それに加えE5を完遂できなかった生徒は，Executionの数値が低いことがわかった. このことから，E5の成績不振は，Solutionの困難度に加え，複雑な課題に対する実際の動作の検証にとまどうことも一因であると推測される.

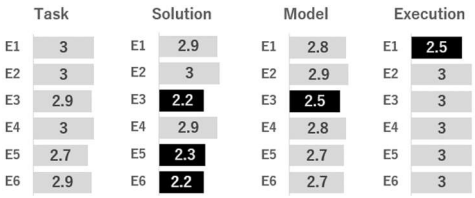


図1　2021年度のアンケート結果

図2　2022年度のアンケート結果

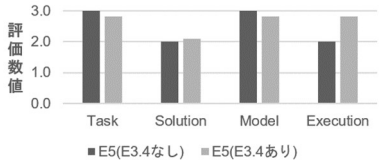


図3 2022年度のE5結果分類

以上の考察をふまえ，2023年度ワークショップへの改善案として，次を提案する. E1に関し，演習を行う前にロボットを触らせて，演習開始前の実動作環境への習熟度向上を計る. E5に関し，例示を増やすなど解説の改善を行う. また，複雑な要件に対して，実動作はどうであるべきかについての，テストに近い考え方を教える内容を追加する. 以上施策による改善ののち，次にE6についての分析を行う.

6. おわりに

本稿は，2021年度と2022年度の小学生向けワークショップの内容と，その評価結果を述べた. また，その評価結果に基づいて，2023年度の方針を考察した. 改善案の着実な実行を目指す.

参考文献

(1) Object Managenment Group, Inc : “UML (Unified Modeling Language)” , http:/www.uml.org/ (2023年5月26日確認)
(2) 文部科学省：“小学校プログラミング教育の手引き” https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm (2023年5月26日確認)
(3) 丸山凌凱他. " MDD を利用したプログラミング教材による小学生向けワークショップの実践と評価" 第47回教育システム情報学会全国大会(p.311~312)
(4) 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." 情報処理学会論文誌デジタルプラクティス (TDP) 4.2 (2023): 85-97.

内省を促す課題が統計リテラシーを向上する効果

Effect of tasks that encourage self-reflection to improve statistical literacy

安部 健太[*1] [*2]
Kenta ABE[*1] [*2]
[*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] 帝京大学
[*2]Teikyo University
Email: kenta.abe@main.teikyo-u.ac.jp

あらまし：本研究では，平岡（2017）を参考に，統計解析手法（言語情報）の情報を参照しながら，「あてはまる事例」と「あてはまらない事例」に対する正誤判断を行い，あてはまらない場合にはあてはまらない理由を答える練習を繰り返すことで，統計解析手法の選択に適用できるようになるか，検討することを目的とした．分析の結果，条件間に有意な差は認められず，期待された効果は得られなかった．本研究の課題を踏まえ，今後の展望を整理した．
キーワード：統計リテラシー，言語情報，知的技能，内省

1. はじめに

統計情報を常に提示されるデジタル時代において，統計リテラシーの学習の必要性が広く強調されてきた．統計的リテラシーついて Gal（2004; 訳は筆者による）は，「①さまざまな状況で遭遇する可能性のある統計情報，データ関連の議論，または確率的現象を解釈し批判的に評価する人々の能力．②情報の意味の理解，情報の意味についての意見，または与えられた結論の受け入れ可能性に関する懸念など，統計情報に対する反応などについて議論または伝達する能力.」と定義している．

統計リテラシーの測定方法には，統計的推論を測る多肢選択肢式のテスト（Garfield, 2003），批判的思考能力の一環として統計的推論を測るテスト（Royalty,1995），統計リテラシーに関する自由記述に基づくルーブリック評価（青山，2011;Watson&Callingham, 2003）などが挙げられる．これらの測定方法は統計リテラシーの知識要素を測る尺度である．

ところで平岡（2017）は，学習目標の言語情報を応用して知的技能として練習させるために，選択肢を用いた正誤判断を活用することを提案している．「単に正誤判断をするだけでなく，誤りの場合はその理由を書かせる指示を出ことで，多様な状況に対して正誤判断をすることが言語情報を応用する機会となり，知的技能の練習となる」ことが期待された．

平岡（2017）のように正誤判断と理由記述を求める方法は，前述の統計リテラシーの測定方法に共通しているが，能力テストとして扱っている点が異なる．青山（2003）は，家庭でのテレビゲームと暴力経験に関する調査結果を呈示し，設問（「『テレビゲームで遊ぶ時間が長くなると，暴力経験を引き起こすことにつながる』というように思えます．そう言えると思いますか，思いませんか？またそう判断した理由も答えてください.」）を呈示した．青山（2003）は，設問に対する参加者の回答に基づき，統計リテラシーの階層レベルを検討している．

そこで本研究では，平岡（2017）を参考に，統計リテラシーの知識要素を測る練習課題の中で正誤判断と理由記述を求め，統計リテラシー向上の効果を検討した．平岡（2017）や青山（2003）のように内省を促す課題は，認識的準備活動を導入した伏木田ら（2020）でも指摘されているが，より簡単に学習機会をつくる事例として設計した．

2. 目的

統計解析手法（言語情報）の情報を参照しながら，「あてはまる事例」と「あてはまらない事例」に対する正誤判断を行い，あてはまらない場合にはあてはまらない理由を答える練習を繰り返すことで，統計解析手法の選択に適用できるようになるか，検討することを目的とした．

3. 方法

3.1 対象科目

対象科目のねらいは「表計算ツール Microsoft Excel を用いた実習をとおして，データ分析の操作を修得すること」であった．具体的な学習内容には，記述統計（たとえば整理，要約，代表値など）と推測統計（たとえば相関，回帰，比較の手法など）を含む．数学的な理解の修得は到達目標に含めず，ツールを利用して目的の分析ができること，得られた結果を

解釈できること目標とした.

3.2 参加者

参加者は筆者が授業を担当している統計解析科目（2 クラス）を履修した都内の私立大学生であった. クラスごとに実験群（34 名: 男性 29 名，女性 5 名）と対照群（27 名: 男性 18 名，女性 9 名）に振り分けた．この人数は，分析対象とした課題の記入漏れが生じた 14 名（実験群 5 名，対照群 9 名）を除いた人数であった.

3.3 練習課題と条件の差異

練習課題は LMS のテスト機能を利用した，参加者には複数回の受験を許可し，正解した場合のみ正解フィードバックを与えた.

参加者には,「安部理論に基づいて作成した e ラーニング教材の効果を確かめるため，A 組の学習者には理論ベースの教材，B 組の学習者には経験ベースの教材のグループを割り当てて実験を行い，事後テスト（50 点満点）の点数を得た．理論ベースの教材を用いた学習者が経験ベースの教材を用いた学習者と比べて高得点を得たかどうかを調べたい．この研究にもっとも適した統計手法は何か.」という質問文を呈示し, もっとも適した統計手法の選択を求めた. 実験群の参加者には, 続けて「なぜ適していないか」を簡潔に説明させた（統制群の処理はなし）. なお参加者は，本研究の練習課題以外にも，同様の LMS のテスト機能を利用した課題（多肢選択課題）に取り組む機会があった.

3.4 手続き

2022 年 12 月中旬に，比較の手法をテーマとした授業（第 8 回，第 9 回）を実施した．第 8 回までに練習課題を LMS に呈示し，参加者に取り組むように教示した．第 9 回のあとで，授業外課題として比較の手法をテーマとした課題に取り組ませた.

4. 結果

4.1 条件間の課題得点の差異

練習課題で取り上げた比較の手法の課題（40 点満点）の平均評定値は, 実験群は $M = 27.26$（$SD = 10.68$）, 対照群は $M = 26.55$（$SD = 13.18$）だった．別のテーマの（記述統計）の課題（25 点満点）の平均評定値は，実験群は $M = 17.04$（$SD = 7.20$），対照群は $M = 16.48$（$SD = 7.30$）だった．条件間の差異を調べるため，独立した t 検定を実施したところ，どちらの課題も統計的な有意差は認められなかった（比較の手法: t（59）$= 0.23$, $p = .82$）; 記述統計: t（59）$= 0.29$, $p = .77$）.

4.2 参加者のコメント

練習課題の提出後に感想を書いた 9 名（実験群：1 名；対照群 7 名）のテキストデータを用いて，連取課題に対する具体的なコメントを拾い上げた.

対照群の参加者は,「データ分析手法の全体像がイメージしやすくなったので良かったです」「分析手法の選択がわかりやすかった」など，分析手法の選択に関して言及していた.

実験群の参加者は 1 名に限られるが,「分析の手法を色々と知れました」という分析手法の選択に関するコメントのほか,「ロジスティック回帰やアソシエーション分析なんかについても調べましたが，聞き馴染みのない関数を多用するらしく，なかなか困難そうです」など，授業で扱った内容以外にも言及していた.

4.3 練習課題の試行回数

本研究で扱った練習課題と, ほかの課題について, 参加者の試行回数を確認した．実験群の練習課題の試行回数は平均 1.97 回，ほかの課題の試行回数は平均 2.71 回（SD=0.52）だった．対照群の練習課題の試行回数は平均 3.85 回，ほかの課題の試行回数は平均 3.20 回（SD=0.39）だった.

5. 考察

単に正誤判断をするだけでなく，誤りの場合はその理由を書かせる指示を出すことで統計解析手法の選択を応用する機会となるか検討することを目的とした. 分析の結果, 条件間に有意な差は認められず, 期待された効果は認められなかった．深く考える練習機会になったことが示唆されるコメントが得られたものの，1 名に限られた.

実験群の練習課題への取り組み回数がほかの課題に比べて低く，期待された練習機会として機能しなかったと考える．また，本研究で対象とした統計解析科目は，選択科目として開講しており，学習者が求められている統計リテラシーのレベルにギャップがあったことも影響しているかもしれない．今後の展望として，学習者のニーズによる違いを考慮する必要性があると考えている.

参考文献

(1) 青山和裕: 「知の創造」の視点からの統計的リテラシーの階層に対する再検討: 批判的解釈との位置づけの明確化をねらいとして，科学教育研究, 35, 2, pp.101-110（2011）
(2) Gal, I.:Statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking, pp47-78（2004）
(3) Garfield, J. B.: Assessing statistical reasoning. Statistics Education Research Journal, 2, 1, pp.22-38（2003）
(4) 平岡斉士:言語情報のテストをやめて、知的技能のテストをやろう，日本教育工学会第 33 回全国大会発表論文集，pp481-482（2017）
(5) 伏木田稚子・大浦弘樹・吉川遼:認識的準備活動を導入した統計の基礎を扱う反転授業の実践と評価，日本教育工学会論文誌, 44, 2, pp237-251（2020）
(6) Royalty, J.; The generalizability of critical thinking: Paranormal beliefs versus statistical reasoning. The Journal of Genetic Psychology, 156, 4, pp477-488（1995）
(7) Watson, J., & Callingham, R.: Statistical literacy: A complex hierarchical construct. Statistics Education Research Journal, 2, 2, pp3-46（2003）

小学校高学年向け UML モデリング演習において 積極的な足場作りが必要と思われる生徒が作成したライントレース課題のモデル図の特徴

Characteristics of student-generated model diagrams likely to require active scaffolding in upper-elementary model-based exercises

小川裕也[*1], TRAN NGOC THAO[*2], 香山 瑞恵[*3], 舘 伸幸[*4], 小形 真平[*5], 野瀬 裕昭[*6], 永井 孝[*7],
Yuya OGAWA[*1], Thao Ngoc TRAN[*2], Mizue KAYAMA[*3], Nobuyuki TACHI[*4], Shinpei OGATA[*5],
Hiroaki NOSE[*6], Takashi NAGAI[*7]
[*1,*2,*3,*4,*5] 信州大学大学院 , [*6] 長野県工科短期大学校, [*7] ものつくり大学
[*1,*2,*3,*4,*5] Graduate School of Science & Technology, Shinshu University,
[*6] Nagano Prefectural Institute of Technology, [*7] Institute of Technologists

Email: 22w2021h@shinshu-u.ac.jp

あらまし：本研究の目標は，モデリング演習授業による生徒のモデリングの過程の傾向を調査し，モデリング授業の改善方法の提案である．本稿では，モデリングの操作回数または操作時間の多い生徒を補助が必要な生徒と定義した．生徒全員の操作経過を整理し,補助が必要な生徒やモデルの形成過程について検討した．

キーワード：モデリング学習，モデル駆動開発，プログラミング教育，統一モデリング言語

1. はじめに

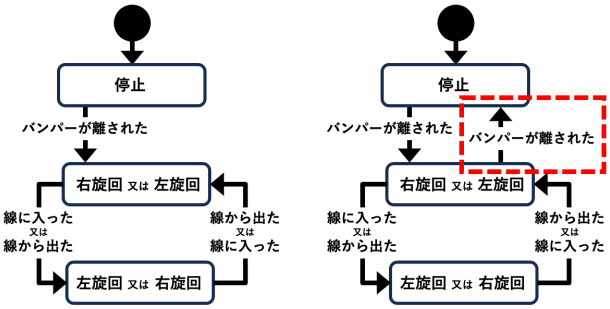
日本では，初等中等教育から情報教育の推進[(1)] がなされている．そこでは，プログラミング的思考が必要とされ，プログラミング的思考には抽象化の能力が必要である．抽象化の代表的な手段の 1 つとして，UML（Unified Modeling Language）などによりソフトウェアの構造や振る舞いを図的に表すモデリングがある．

そこで我々は，UML を用いたモデル駆動開発（Model Driven Development,以下 MDD）の学習環境として SRPS[(2)]の開発・運用を行ってきた．これまで，長野県内の中学校の技術科の授業や小学生向けのプログラミング学習イベントで試用を進め，情報教育において MDD が教育利用で利点があることを明らかにしてきた．[(2)]

MDD を用いた演習授業での課題の一つに理解度の低い生徒への対応が挙げられる．運用を行っている中学校では教員が教室内を見回り，補助が必要な生徒(以下，要補助生徒)に対して構造や記法のアドバイスを行っている．この状況では教員の負担が大きく,円滑な授業運用の妨げとなっている.そこで，対策として要補助となりそうな生徒を早期に自動的に発見する方策を考えた．これにより，生徒の進捗確認作業を軽減し，またトラブルの初期段階で発見することで，簡単なアドバイスで対応できるようになり，補助工数の削減が期待できる．本稿では，要補助生徒特有の動作などの傾向について検討する．

2. 分析対象

信州大学工学部では例年，小学高学年向け UML モデリング演習（以下、ひらとき[*1]）を実施している．2022 年 8 月のひらときにおいて，我々は MDD を使ったプログラミング教室を開催し，４つの課題の演習を行った．このうち，最も要補助生徒が多かった 3 番目の課題[(3)]について分析することにした．この課題では，ロボットが黒曲線上に沿って走行することを要求としている．図 1(a)に課題の要求を満たすような最低限の要素を持つモデル図(以下，最簡形モデル図)を示す．提出された 17 名分のモデリング過程のデータのうち破損のなかった 15 名分のデータを対象に分析を行った．



(a)最簡形モデル図　(b)汎用性の高いモデル図

図 1 .分析対象課題のモデル図

3. 分析手法

本稿では補助が必要な生徒のモデリングの過程で試行錯誤している様子に着目した．これは，生徒がモデリング中に補助が必要になった場合，指導者によるサポートがあったため，全ての生徒が最終的には要求を満たすモデル図を記述しているためである．

分析にあたっては,「総演習時間」,「総操作回数」,「最簡形モデル図に至るまでの操作時間」,「最簡形モデル図に至るまでの操作回数」の４つの項目に着目することとした．まず，要補助生徒は円滑な演習を行った生徒に比べ演習時間や操作回数が多い傾向が予想され，これら２項目が要補助生徒の検出のための実態を表しているのか検討を行った．

最簡形モデル図を記述するために要した時間の平均は，演習の最初の操作から最後に操作を行うまで

[*1] 日本学術振興会「ひらめき☆ときめきサイエンス」

の時間平均の 52%であった．この原因は，一部の生徒が最簡形モデル図を記述した後，より汎用性の高い動作のためにモデル図に追記を行ったことや，モデル図の配置調整を行い，可読性の高いモデル図へ磨きをかけていたためである．モデルへの追記の例として，図 1(a)のモデル図から図 1(b)のモデル図へのように「右旋回又は左旋回」→「停止」への遷移を追加するものがあげられる．以上のことから，単純な演習全体の時間(以下，総演習時間)や操作回数(以下，総操作回数)だけが，演習の困難さの実態を表しているわけではないと考えた．

そこで，本稿では，「総演習時間」，「総操作回数」，「最簡形モデル図に至るまでの操作時間」，「最簡形モデル図に至るまでの操作回数」の４項目のうち１つでも「第 3 四分位数＋四分位範囲×1.5」以上の値をもつ生徒を要補助生徒と定義した．

その後，生徒全員のモデル図の過程を列挙,整理をおこない要補助生徒のみにみられる特徴を抽出した．

4.　結果・考察

前述の分析を行った結果，図３のように，要補助生徒に該当したのは 4 名で，要補助生徒にのみにみられた特徴を２つ確認した．

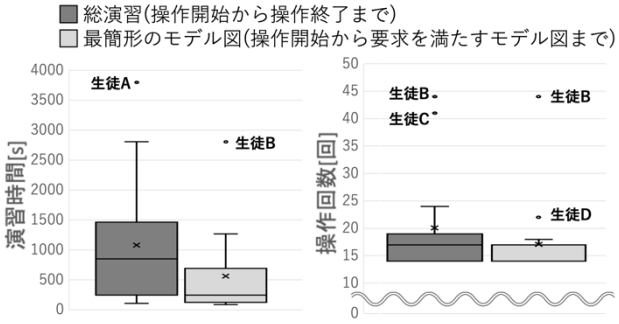


図 3.操作時間と操作回数の箱ひげ図

4.1　「要求を満たすため必要ない動作を含む」場合

モデル図の過程で要求を満たすためには必要ない「前進」を動作に持つ状態をモデル図中に記載していた生徒 3 名の全ては要補助生徒であった．生徒が前進状態を用いた要因として，「前進」の動作はこれ以前の２つの課題で使用していた動作であること，生徒への課題の要求説明資料に影響を受けたことが考えられる．説明資料では前進を用いずに要求を満たすことができると明示した上で，「・最初は停止，バンパーが離されたら前進，・黒い線に沿って くねくね道を進もう」という文を使って要求を説明されており，この説明文の影響を受け前進を用いた可能性が示唆される．

4.2　「一度経過したモデルに戻る」場合

あるモデル過程を経て，幾度かの操作をおこなったのち，同じモデル過程に戻ってくるような系列がみられた．この系列を持つ生徒 3 名全ては要補助生徒であった．図 4 は，操作系列のうち，生徒の 1 人のモデル図の経過を図示したものの一部で，一度経過したモデル図に戻っている様子が確認できる．

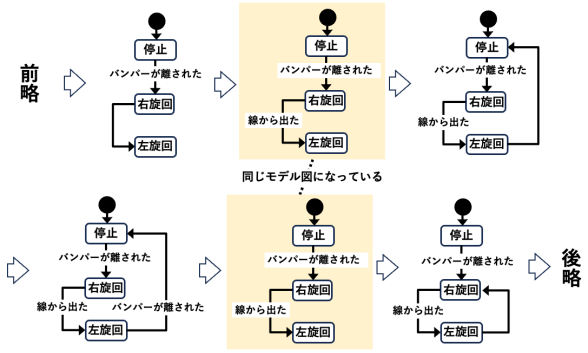


図 4.一度経過したモデルに戻る場合の例

また，この一度経過した状態に戻るまでの経路中のモデル図の過程には，図５のような円滑なモデリング過程にはないモデル図が複数存在しており，他の生徒との乖離の様子が確認できた．こういった乖離していた状況から，他の生徒と同じような状況に戻っているのは，指導者による助言を受けたことにより，生徒がモデルを元の状態に戻した可能性が示唆される．

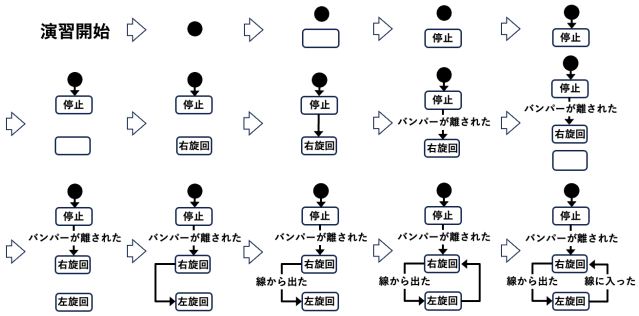


図 5.円滑なモデリングを行った過程

5.　終わりに

本稿では，モデリング授業において，「総演習時間」，「総操作回数」，「最簡形モデル図に至るまでの操作時間」，「最簡形モデル図に至るまでの操作回数」がそれぞれ極端に多い生徒を要補助生徒と定義した．これら要補助生徒のモデリング過程に関しては他の生徒にはない特徴が存在することが分かった．今回の分析では，「要求を満たすために必要のない動作を用いている」場合と，「一度経過したモデルに戻る」場合の 2 つが確認できた．今後は，こういった要補助生徒の特徴を自動検出できるようなアルゴリズムやソフトウェアの開発を行っていく．

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>(参照 2023-05-25)
(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,情報処理学会論文誌 デジタルプラクティス Vol.4 No.2 85-97 (2023)
(3)　TRAN NGOC THAO 他,MDD を利用したプログラム教材における 2021 年度と 2022 年度の小学生向けワークショップの実践と評価，第 48 回教育システム情報学会全国大会講演論文集，投稿中 (2023).

部品からの再構成を通した UML 学習支援

UML Learning Support Through Reconstruction from Parts

榎本 浩義[*1], 前田 一誠[*2], 平嶋 宗[*3]
Hiroyoshi Enomoto[*1], Kazushige MAEDA, Tsukasa HIRASHIMA[*2]
[*1] 弓削商船高等専門学校情報工学科
[*1]National Institute of Technology, Yuge College, Information Science and Technology Department
[*2] 環太平洋大学次世代教育学部
[*2]Faculty of Education for Future Generations, International Pacific University
[*3] 広島大学大学院先進理工系科学研究科
[*3]Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University
Email: enomoto@info.yuge.ac.jp

あらまし：統一モデリング言語(UML)は，システム設計を学ぶ上で必須の知識だが，初学者の教育は難しい. 本研究では, 部品からの再構成を通して UML の作成プロセスを支援する学習支援システムを開発し，授業で実践的に利用して学習効果を評価する．UML の典型的な学び方は，見本の UML を見せ，理解させ，同様に作ってみさせることだが，UML の読み取りは簡単ではない．本研究で開発するシステムは，見本の UML を分解し学習者に再構成させることにより，UML の構造を可視化・操作可能化して UML の読み取りを支援するとともに，作成した UML の即時的な診断・フィードバックを実現し，UML の作成を総合的に支援する．
キーワード：UML，再構成，学習支援システム

1. はじめに

本研究では，部品からの再構成を通して，UML の構造を可視化・操作可能化して支援するとともに，作成した UML の即時的な診断・フィードバックにより, UML 作成を総合的に支援する教育を開発する. 以下，再構成を通した UML 学習と，そのような学習を実現するシステムについて述べる.

2. 再構成を通した UML 学習

複雑化したシステムをわかりやすく記述する統一モデリング言語として登場したのが UML であるが，プログラミングを初めとして様々な知識が必要となるため，初学者の教育は難しいとされる [(1)]. UML の典型的な学び方は, 見本の UML を見せ, 理解させ, 同様に作ってみさせることだが，その読み取りは簡単ではなく，複雑な記述規則をもつため学習段階で多くの時間を要する [(2)]. また，モデリングの正解は複数あり得るため作った UML が正しいかの判断が難しい [(3)]，といった指摘がある.

再構成法は，学習対象を部品化し，学習者に再構成させる学習法であり，読み取りに有用なことが知られている [(4)]. 見本の UML を学ぶ方法として，見せて理解させるのではなく, UML を分解して部品化したものを再構成させれば，読み取りに有用と考えられる. 再構成法を用いた学習環境として，キットビルド概念マップ [(4)] がある. このシステムでは，学習対象の概念マップを作成し，それを分解して部品化し，学習者に再構成させる. 学習対象を構成する部品の可視化・操作可能化と，複数の正解があり得る概念マップにおける診断・フィードバック機能を実現しており，教育現場での実践利用を通じて，再構成は大学生にとっても簡単でなく，また，学習対象の読み取りに有用なことが確認されている. キットビルド概念マップで行える再構成のように，見本の UML を部品から再構成させれば，学習者の UML 理解を可視化・操作可能化して UML 作成プロセスを支援するとともに，作成した UML の即時的な診断, フィードバックを備えた学習環境を実現できる.

3. システムの設計

本研究の目的は，UML の部品からの組み立てを，即時的な診断，フィードバックを伴う形で，コンピュータ上で明示的に操作し再構成して完成形を作る演習として実現し, 教育現場での実践利用を通じて, UML 作成支援の学習効果を評価することである. そのために, (i) UML の再構成を明示的・操作的に行える学習環境の設計・開発, (ii) この課題を取り込んだ授業設計，(iii) 研究代表者が所属する高等専門学校（以下，高専）の授業における実践と評価，(iv) 他高専および高専以外の教育現場での実践，を行う.

図 1 に，UML の再構成演習の例を示す. UML モデリングの対象となるシステムは「システムの振る舞い」のように振る舞うとし，この振る舞いからユースケース図を作成することが演習のゴールとなる. まず(1)で教授者は完成形の UML を作成する. (2)で，作成した UML を分解し部品化して学習者に提供する. (3)で, 学習者は提供された部品を操作し，システムの振る舞いに合う UML になるように再構成する. ここでは教授者が作成した UML の部品を再構成するので，教授者の UML を学習者がどの程度理解しているかが表現されることになる. (3)では，関与の欠落，関与の誤りが計 4 箇所あるが，最後に

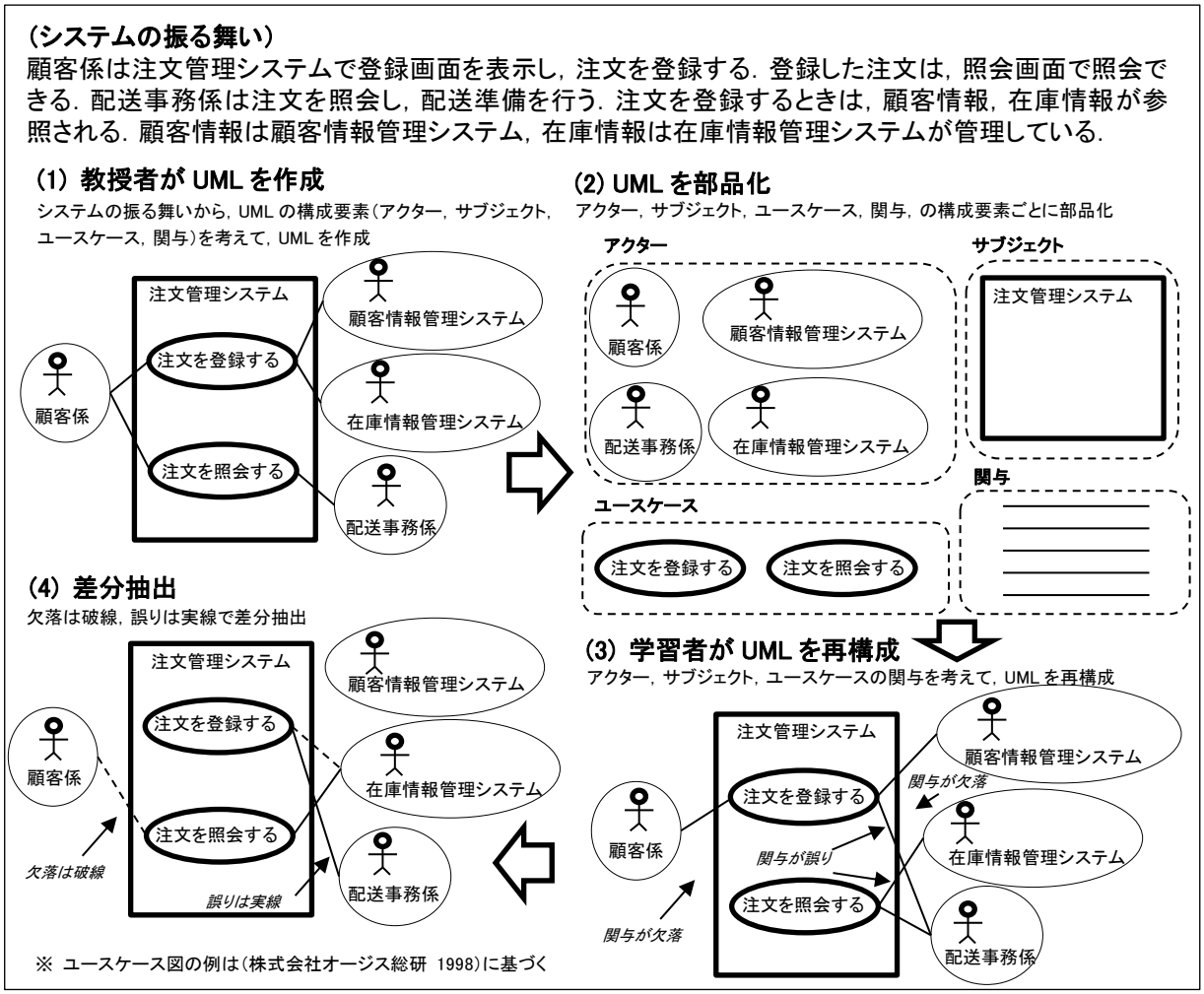


図 1 UML の再構成演習

(4)で，教授者の UML と，学習者が再構成した UML がシステムにより比較され，差分が抽出される．実線は再構成を誤っている箇所，破線は再構成できなかった欠落箇所である．これらの箇所は，システムにより診断された，学習者の UML 理解であり，その修正を促すことはフィードバックになる．

4.　今後の予定

今後，キットビルド概念マップシステムの機能拡張を行い，UML の部品からの組み立てが行えるようにする．開発したシステムは，教育現場での実践的な利用を通して，その教育効果を示していく予定である．

謝辞

本研究の一部は，JSPS 科研費（23K17019）の支援を受けている．

参考文献

(1) 長尾祐樹，鈴木裕利，藤吉弘亘，藤井隆司，石井成郎: “初心者用 UML の提案とその評価”，情報処理学会研究報告（2008）
(2) 大脇佑平，小飼敬，弘畑和秀: “教育向け UML 描画ツールの開発”，情報処理学会第 69 回全国大会（2007）
(3) 西畑瞬，高倉将希，岸本祐季，野口靖浩，小暮悟，近藤真，小西達裕: “UML クラス図の自然言語化に基づくクラス図自己レビュー支援環境の構築”，教育システム情報学会第 44 回全国大会（2019）
(4) 平嶋宗: “キットビルド概念マップの理論と活用―形成的評価・批判的思考・共同作業・FD の観点から―”，教育システム情報学会中国支部第 20 回研究発表会，（2021）
(5) 株式会社オージス総研: “ユースケース図の作成”,https://www.ogis-ri.co.jp/otc/hiroba/UMLTutorial/analysis/do_work/dowork1_1.html（1998）（参照 2022-09-15）

Slack を用いたネットワーク構築演習における学習者への指導サポート機能の実装

Implementation of Instructional Support Function for Learners in Networking Exercises using Slack

宮城 勝[*1]，吉原 和明[*2*3]，井口 信和[*2*3]
Masaru MIYAGI[*1], Kazuaki YOSHIHARA[*2*3], Nobukazu IGUCHI[*2*3]
[*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] Faculty of Informatics, Kindai University
[*3] 近畿大学情報学研究所
[*3] Cyber Informatics Research Institute, Kindai University
Email: iguchi@kindai.ac.jp

あらまし：大学をはじめとする高等教育機関では，オンライン授業が普及してきた．しかし，対面授業が要求される講義も数多くあり，その一つとしてネットワークの構築演習を実施する講義がある．しかし，学生が複数台のネットワーク機器を用意することは困難である．そこで，我々はこれまで，コミュニケーションツール Slack 上でネットワークの構築演習が実施可能なシステムを開発してきた．学習者は Slack 上で構築演習を実施し，指導者に対しては学習状況を Web ブラウザ上で提供してきた．しかし，指導者から学習者に対してメッセージを送信するためには，Web ブラウザとは別に Slack が必要となる．そこで，指導者用が学習状況を確認できる画面に，学習者へのメッセージ送信が可能な機能を追加した．これにより，指導者は学習状況と誤りコマンドを確認しながらメッセージを送信することで，学習者への指導サポートに役立てることが可能となる．
キーワード：ネットワーク，Slack，学習支援，仮想環境

1. はじめに

大学等の講義では，対面での講義に加えて，オンライン・オンデマンドを含む非対面での講義が普及してきた[(1)]．一部講義の中には実習を含む科目など，対面実施が要求されるものもある．その一つとして，ネットワークの構築演習を実施する講義がある[(2)]．本講義では，書籍などの座学での学習に加えて，実際のネットワーク機器（以下，実機）を用いた演習が実施される．しかし，本講義は実機を用いたハンズオンでの演習が要求され，学生自身が複数の実機を用意することは負担が大きくなることから，非対面での実施は困難である．

場所にとらわれずに演習可能な方法として，仮想環境を用いたネットワークの構築演習がある．しかし，仮想環境のみを用いた演習では，学生間もしくは学生と指導者間でのコミュニケーションを取ることが難しい．

そこで，本研究ではコミュニケーションツール Slack と仮想環境を活用し，非対面でネットワークの構築演習が可能となるシステム（以下，本システム）を開発している．本システムは，Slack のチャンネル上にネットワークコマンドを送信し，仮想環境上のネットワーク機器を操作することで構築演習を実施する．

本システムでは，Slack のチャット機能を活用することにより，学習者はオンライン上でのコミュニケーションが可能となる．これにより，学習者は Slack を通して，意見交換や質問を行いながら，リアルタイムで演習を進めることができる．また，指導者へ学習状況確認用の Web ページを提供することにより，進捗が芳しくない学習者への重点的な指導に役立てることが可能となる．

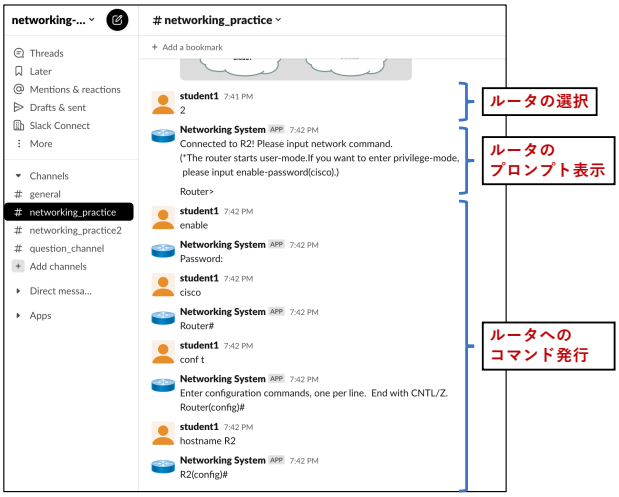


図 1 Slack 上でのコマンド発行の様子

これまでに，学習者と指導者が演習の課題状況を確認できる機能を実装してきた[(3)]．しかし，本機能は，学習者の課題状況を確認することに限定されて

おり，指導者側からメッセージを送ることはできなかった．そこで，指導者が学習状況確認ページ上から，学習者に対して直接メッセージを送信できる機能を追加実装する．

本稿では，これまで実装してきた機能に加え，指導者が Web ブラウザ上で，学習者に対してメッセージ送信が可能となる指導サポート機能の実装について述べる．本機能の実装により，指導者が学習状況を確認しサポートが必要な学習者に対して，メッセージを送信することが可能となる．

2.　ネットワーク構築演習システム

2.1 システム概要

本システムでは，学習者が演習を実施するためのインタフェースに Slack, 指導者が学習状況を確認するためのインタフェースに Web ブラウザを使用する．本システムは，事前学習機能，ネットワーク構築演習機能，学習状況把握機能，指導サポート機能から構成される．今回新たに実装した機能は，指導サポート機能である．

事前学習機能は，ネットワークの構築に必要な知識を Slack のチャンネル上で学習するための機能である．ネットワーク構築演習機能は，事前学習機能での学習知識を活かして仮想ネットワーク機器に対してコマンドを発行し，ネットワークの構築演習を実施するための機能である．学習状況把握機能は，演習中に学習者と指導者が演習の状況を確認するための機能である．指導サポート機能については，次章で詳しく述べる．

2.2 Slack 上での構築演習

学習者が Slack 上で構築演習を実施する様子を図 1 に示す．図中では，student1 が学習者であり，Networking System が本システムのアプリケーション（以下，Networking System）である．ルータからのコマンドの実行結果，トポロジ図，および課題の説明文等は Networking System から送信される．

学習者はコマンドを発行したいルータを番号で指定する．図中では，R2 へ接続するために，2 を送信する．そして，学習者は Networking System からプロンプトを受信した後で，コマンドの発行が可能となる．図中の例では，ルータのホスト名を変更するコマンドを発行している．図で示したように，コマンドを Slack のチャンネル上に送信することで，ネットワークの構築演習が実施可能である．

3.　指導サポート機能

本機能は，指導者が学習状況確認ページ上で，学習者へメッセージの送信が可能となる機能である．図 2 に本機能の動作例を示す．

指導者は学習状況の一覧表に隣接するメッセージ入力部より，学習者に対して直接メッセージを送信できる．手順は以下の通りである．

(i).　プルダウンメニューより学習者を選択
(ii).　メッセージの入力
(iii).　メッセージ送信ボタンの押下

図 2 指導サポート機能の動作例

指導者は，手順(i)を行うことにより，メッセージを送信したい学習者を選択できる．そして，手順(ii)を行うことにより，学習者に対して送信したいメッセージを入力する．手順(iii)で，送信ボタンを押下することにより，Slack 上で学習する学生に対してメッセージが送信される．また，手順(i)で学習者を選択し，「学習状況の送信」ボタンを押下することで，学習者の Slack に現時点での学習状況を送信できる．

本機能の実装により，指導者は学習者の学習状況や誤りコマンドを確認しながらメッセージ送信が可能なため，学習者への指導をサポートすることが可能となる．

4.　まとめ

本研究では，コミュニケーションツール Slack と仮想環境を活用し，非対面でネットワークの構築演習が可能となるシステムを開発してきた. 本稿では，指導サポート機能の実装について述べた．本機能の実装により，指導者が学習状況を確認しながらサポートが必要な学習者に対して，メッセージを送信することが可能となる．

今後の予定として，利用評価実験の実施を予定している．実験は，非対面でのネットワーク構築演習が実機を用いた演習と同じ学習効果が得られるかの確認を目的に，情報系学部の大学生・大学院生を対象に実施する予定である．

参考文献

(1)　三島和宏 : 実機ルータを用いたネットワーク実践演習の支援 : 教育研究支援プロジェクトによる「情報テクノロジー輪講 II」「ネットワーク構築演習」の支援報告(教育研究支援プロジェクト報告)，青山インフォメーション・サイエンス，　Vol. 41, No. 1, pp. 68-69 (2013).
(2)　総務省 : 大学等における令和 4 年度後期の授業の実施方針等に関する調査の結果について，入手先<https://www.mext.go.jp/content/20221129-mxt_kouhou01-000004520_2.pdf >(参照　2023-5-28).
(3)　宮城勝，吉原和明，井口信和 : Slack を用いて学習状況の可視化を可能とするネットワーク演習支援システムの提案, インターネットと運用技術シンポジウム論文集，Vol.2022，pp.96-97(2022).

分散サーバ上におけるコンテナ間通信による ネットワーク構築演習システムの開発

Development of a Network Construction Training System Based on Inter-Container Communication on Destributed Servers

菅家 悠希[*1)], 吉原 和明[*2,*3)], 井口 信和[*2*3)]
Yuki SUGAYA[*1], 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] Faculty of Informatics, Kindai University
[*3] 近畿大学情報学研究所
[*3] Cyber Informatics Research Institute, Kindai University
Email: iguchi@kindai.ac.jp

あらまし：仮想化技術の普及に伴い，ネットワーク機器を仮想化することで，仮想的なネットワーク(以下，仮想ネットワーク)を構築することが可能となった．仮想ネットワークは教育分野に活用可能で，ネットワークの構築学習が実施可能である．しかし，仮想的なネットワーク機器(以下，仮想機器)を用いた演習を実施する時に，学習者の数が想定を超えるとサーバの負荷が増大し，仮想ネットワークの性能が低下することが問題となる．本研究では，Kubernetes を用いて構築した分散サーバ上で仮想ネットワークを管理し，新たに CNI(Container Network Interface) プラグインを実装することで，分散サーバ上で仮想ネットワークの構築が可能なネットワーク構築演習システムを開発した．本システムにより，学習者数の増減に柔軟に対応可能となり，仮想ネットワークを安定して稼働させることが可能となる．
キーワード：ネットワーク，仮想化技術，Kubernetes，コンテナ技術，インフラ

1. はじめに

総務省の調査によると，仮想化技術の普及が進んでいる[1]．これに伴い，仮想ネットワークの利用が多様化している．例えば教育現場では，仮想ネットワークを活用して，ネットワーク構築学習が可能なシステムが開発されている[2]．しかし，仮想ネットワークは, 有用な技術である一方で課題も存在する．想定を超える学習者が仮想ネットワークを同時に利用した時に，サーバへの負荷が増大し，仮想ネットワークの性能が低下することが問題となる．

この問題を解決するため，本研究では Kubernetes を用いて分散サーバを構築し，その上に仮想機器としてコンテナを分散配置して，各サーバの負荷を軽減することとした．分散配置されたコンテナ間の通信を実現するために，新たに CNI プラグインを実装することで，仮想ネットワークの構築を可能とするネットワーク構築演習システムを開発した．本システムでは分散サーバ間で仮想機器を配置することにより，学習者数の増減に柔軟に対応可能となり，仮想ネットワークを安定して稼働させることが可能となる．

2. 研究内容

本システムは，コンテナ化されたアプリケーションを容易に管理可能なツールである Kubernetes を用いて仮想機器を分散管理する．

本システムの構成を図 1 に示す．本システムは，

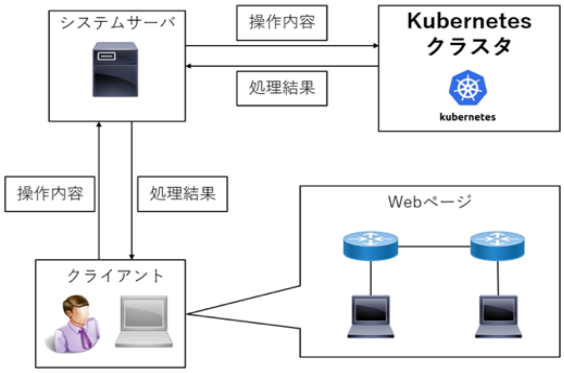


図 1 システム構成

クライアントとシステムサーバ，そして Kubernetes クラスタから構成される．本システムでは学習者はクライアントの Web ページに実装されている GUI を通じてネットワークトポロジの作成等の操作が可能である．

2.1 ネットワーク構築支援 GUI

本システムは，学習者が直感的にネットワークを構築できるように，クライアントにネットワーク構築支援 GUI を実装している. 図 2 に示すように, GUI の左側には利用可能な仮想機器の一覧が表示されており，これらを画面中央のネットワークトポロジ領域にドラッグ&ドロップすることで仮想機器の追加ができる．GUI の上部に配置された結線ボタンでは仮想機器間の結線が可能である．また，ネットワークトポロジ送信ボタンにより作成したトポロジがサ

ーバに送信され，Kubernetes クラスタ上に仮想機器が生成される．さらに，GUI の右側にはコンソールがあり，学習者がコマンドを入力しネットワーク設定をすることが可能である．

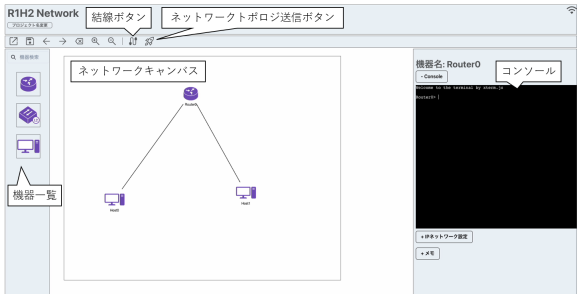


図 2 ネットワーク構築支援 GUI

2.2 ネットワーク構築機能

ユーザがネットワーク構築支援GUIで作成したネットワークを Kubernetes クラスタ上で構築する機能を実装した．仮想機器であるコンテナ間を接続する手法として，Linux Bridge を用いて接続したローカル通信がある．しかし，本システムは分散サーバ上でコンテナを管理するため，サーバをまたがるコンテナ間接続にこの手法は使えない．そこで本システムでは，Kubernetes 上で構築された仮想ネットワークに適用するための L2-VPN を活用した新たな CNI プラグインを開発し，コンテナ間の接続を実現した．これにより，複数台のサーバをまたがる仮想ネットワークにおける仮想機器間の疎通が可能となる．

2.3 課題演習機能

本システムでは構築した仮想ネットワークを用いて課題演習が可能である．図 3 に本システムが提供する課題選択用の画面を示す．課題選択用の画面には課題名とその内容が表示され，画面の下部の演習読み込みボタンを押下することで，該当するネットワークトポロジが読み込まれ，課題演習を実施可能である．学習者は読み込まれたトポロジを基にネットワーク構築支援GUIを通じてネットワーク構築学習ができる．図 3 では IP アドレス設定演習の概要が表示されている．

図 3 課題選択画面

3. 実験

本システムがネットワーク構築演習において，正しく動作するかを検証するために，情報系の大学生・大学院生 5 人に対して，図 3 の IP アドレス設定演習を用いて実験演習を実施した．本システムで構築した仮想ネットワークの動作を検証するために，構築したネットワークにおいて ping コマンドと traceroute コマンドを用いて，機器間の疎通及び経路を確認した．利用者が構築したネットワークの例を図 4 に示す．図 4 の h1 から h2 へのコマンド実行結果を図 5 に示す．

結果から，利用者が演習内容通りのネットワークを正しく構築できたことが確認できた．また，学習者が構築したネットワークが複数のサーバに分散されて配置され，正しくネットワーク構築機能が動作することが確認できた．

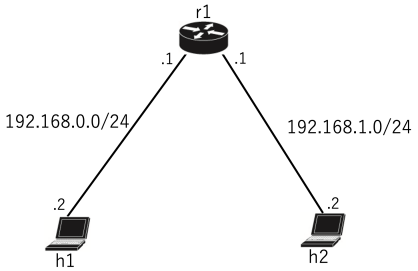


図 4 利用者が構築したネットワーク

```
root@h1e:/# ping -c 1 192.168.1.2
PING 192.168.1.2 (192.168.1.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.1.2: icmp_seq=1 ttl=63 time=1.21 ms

--- 192.168.1.2 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.213/1.213/1.213/0.000 ms
root@h1e:/# traceroute 192.168.1.2
traceroute to 192.168.1.2 (192.168.1.2), 30 hops max, 60 byte packets
 1  192.168.0.1 (192.168.0.1)  0.534 ms  0.456 ms  0.479 ms
 2  192.168.1.2 (192.168.1.2)  0.772 ms  0.743 ms  0.783 ms
root@h1e:/#
```

図 5 疎通および経路の結果

4. まとめ

本研究では，学習者にネットワーク構築演習を提供する時に課題となる，サーバ負荷の問題を解決することを目的として，新たに CNI プラグインを実装することで，Kubernetes を用いて分散サーバ上で仮想ネットワークを管理するシステムを開発した．本機能によって，サーバ台数を増減させることで，学習者数の増減に柔軟に対応可能となり，仮想ネットワークを安定して稼働させることができる．

参考文献

(1) 情報通信技術分科会．総務省 情報通信審議会: ＩＰネットワーク設備委員会: 第三次報告（案）－IoT の普及に対応した電気通信設備に係る技術的条件－, 総務省 情報通信審議会, 情報通信技術分科会, (オンライン), 入手先 (https://www.soumu.go.jp/main_content/000674158.pdf), (参照 2023-05-21)

(2) 井口信和: 仮想ルータを活用したネットワーク構築演習支援システムの開発，情報処理学会論文誌，Vol.52 No.3 pp.1412-1423(2011).

攻防戦型演習を可能とするネットワークセキュリティ学習システムの評価

Evaluation of a Network Security Learning System that enables Offensive and Defensive Battle Exercise

寺西 弘登[*1], 井口 信和[*2*3]
Hiroto TERANISHI[*1], 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] Faculty of Informatics, Kindai University
[*3] 近畿大学情報学研究所
[*3] Cyber Informatics Research Institute, Kindai University
Email: iguchi@kindai.ac.jp

あらまし：年々サイバー攻撃の報告件数は増加しており，対策の難易度も上昇している．本研究では，サイバー攻撃に関して攻撃側と防御側の両視点からセキュリティ演習が実施可能な環境の提供を目的に，攻防戦型演習を可能とするネットワークセキュリティ学習システムを開発している．本稿では，本システムを用いて演習を円滑に取り組めるかについて確認することを目的に，性能評価実験を実施した．また，本システムを用いた場合に，座学と比較してネットワークセキュリティ学習を支援できるかについて確認することを目的に，利用評価実験を実施した．
キーワード：ネットワークセキュリティ，学習システム，攻防戦

1. はじめに

令和 4 年に警察庁が実施した 372 社の民間企業，行政機関等における調査結果によると，ペネトレーションテストを導入していないと回答した組織は 50%であった[1]．原因としてセキュリティ技術者不足がある．この原因の解消には，各組織がネットワークセキュリティ教育を実施し，セキュリティ技術者の早期養成が必要とされる．

年々サイバー攻撃が増加し，手口も巧妙化することで対策の難易度が上昇している．こうした現状を改善するために，サイバー攻撃に対して防御視点だけでなく，攻撃視点からも攻撃の性質やプロセスを学習し，対策に活かすことが重要である[2].

そこで本研究では，サイバー攻撃に対して攻撃側と防御側の両視点からネットワークセキュリティ演習が実施可能な環境の提供を目的に，攻防戦型演習を可能とするネットワークセキュリティ学習システムを開発してきた[3]．本システムでは，学習者は 2 人 1 組になり，攻防戦形式で，DoS 攻撃，ARP Spoofing 攻撃，不正侵入攻撃及び SQL インジェクション攻撃のセキュリティ演習を仮想ネットワーク上の仮想機器を用いて取り組む．仮想ネットワークを活用するため，実運用されているネットワークに影響を与えず，実践的な演習を実施可能である．本稿では，本システムを用いて演習を円滑に取り組めるかを確認した．また，本システムを利用した学習と座学による学習のグループに分け，事前・事後テストの点数差を比較し，システムを利用した場合の学習効果を評価した．

2. 先行研究

本システムの先行研究として，湯川らの研究がある[2]．この研究では，Web ブラウザ上で攻防戦型ネットワークセキュリティ演習が可能となっている．しかし，Web ブラウザ上の GUI の描画に Flash を用いており，このシステムは 2020 年末に Flash のサービスが終了したことで利用ができなくなった．また，全ての機能を 1 つのサーバで管理しており，保守や開発のハードルが高くなる問題があった．本研究ではこれらの問題を解決するために，新たな設計で開発した[3]．まず，GUI の描画に PixiJS を用いた．そして，コンポーネント設計を採用することで，機能の追加や再利用を容易にした．加えて通信サーバを実装し，負荷分散によって多数のユーザの演習に対応可能とした．

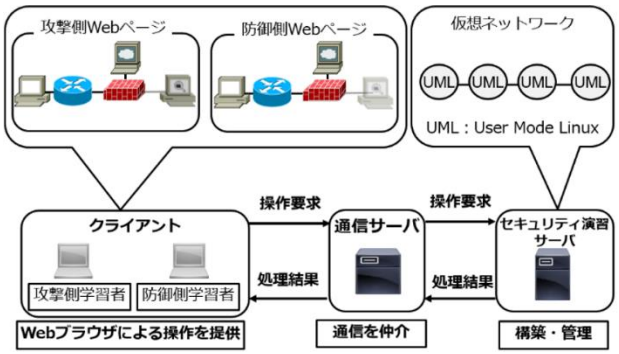


図 1 システム構成図

3. 研究内容

3.1 システム概要

本システムのシステム構成を図 1 に示す．本シス

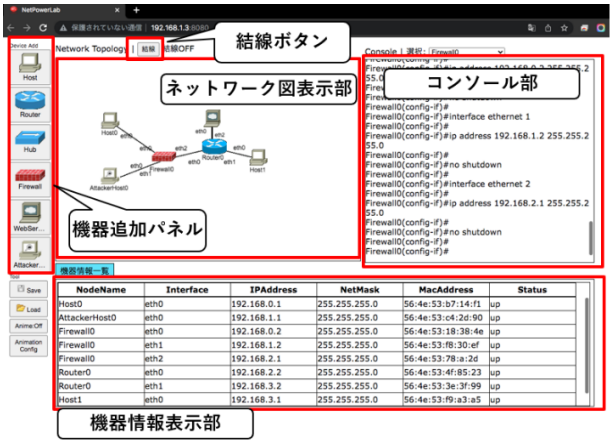


図 2 ネットワークセキュリティ演習画面

テムは，セキュリティ演習サーバ，通信サーバ及びクライアントから構成されている．セキュリティ演習サーバは，アクセスしているユーザの管理と，学習者が User Mode Linux を用いて複数の仮想マシンの作成を可能とする機能を提供する．作成した仮想マシンはホストやネットワーク機器(以下，仮想機器)として動作させる．複数の仮想機器を相互接続させることで，仮想的にネットワークの構築を可能とする．通信サーバは，セキュリティ演習サーバとクライアント間の通信を仲介する．クライアントは，学習者が Web ブラウザ上で GUI によって仮想機器の配置や設定が可能となる機能を提供する．

3.2 攻防戦型ネットワークセキュリティ演習機能

本システムの演習画面を図 2 に示す．本システムでは，学習者が 2 人 1 組で攻撃側と防御側に分かれ，DoS 攻撃演習，ARP Spoofing 攻撃演習，不正侵入攻撃演習及び SQL インジェクション攻撃演習が実施可能である．それぞれの演習実施前に，事前学習ページで本システムの利用方法と攻撃方法及び防御方法を学習する．その後で防御側が仮想ネットワークを構築する．利用可能な機器は Host，Router，Hub，Firewall 及び WebServer である．次に攻撃側は，攻撃用ホストを用いて攻撃を開始する．防御側は，攻撃に対して対策を施す．2 人 1 組でのネットワークセキュリティ演習は，防御側がランダムに実施される攻撃の種類を特定して対策するため，実践的なネットワークセキュリティ学習が可能である．また攻撃側は，実際に攻撃を体験することで攻撃の性質やプロセスを学習することが可能となる．

4. 実験

4.1 性能評価実験

想定する演習のネットワーク規模に対応可能であることを確認するために，想定する演習の最大規模のネットワーク構築時における最大 CPU 使用率とメモリの使用量を 10 回計測した．想定する最大規模は，Host，Router，Firewall，Hub をそれぞれ 10 台，攻撃用ホスト，WebServer をそれぞれ 1 台とした．通信サーバとセキュリティ演習サーバは VirtualBox 上の仮想マシンで起動する．仮想マシンのスペックは CPU(2 コア) : AMD Ryzen5 4600G with Radeon Graphics 3.70GHz, Mem : 10GB, OS : Ubuntu 20.04 LTS である．計測結果を表 1 に示す．本システムが想定する最大のネットワーク規模に対応可能であることが確認できた．

表 1 計測項目とその結果

計測項目	平均	標準偏差
最大 CPU 使用率	40.1%	2.8%
メモリ使用量	1.78GB	0.06GB

表 2 事前・事後テストの結果

	事前テスト		事後テスト	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
本システム	11.2	2.39	14.4	0.89
座学	10.4	2.40	11.4	1.14

4.2 利用評価実験

本システムを用いた場合の学習効果を確認するために，情報学を専攻する学生 10 名を対象として利用評価実験をした．実験対象者は，本システムで学ぶグループと座学で学ぶグループに分割し，学習に取り組んでもらった．それぞれの学習の前後にテストを設けた．2 グループにおけるテストの点数差から学習効果を評価した．

事前・事後テストは，基本・応用情報技術者試験を基に作成した．事後テストは，事前テストと同レベルの別の問題を用いた．問題数は 15 問であり，1 問 1 点として点数をつけた．また，事前テストの解答を知らせずに，事後テストを実施した．実験結果を表 2 に示す．本システムを用いたグループは平均点が 3.2 点上昇し，座学のグループは平均点が 1 点上昇した．したがって，本システムを用いて学習した場合に点数の上昇幅が大きくなることを確認した．

5. おわりに

本研究では，攻撃側と防御側の両視点からネットワークセキュリティ演習が実施可能な環境の提供を目的として，攻防戦型演習を可能とするネットワークセキュリティ学習システムを開発した．そして，本システムを利用した場合の学習効果を評価した．

参考文献

(1) 警察庁サイバー警察局サイバー企画課 : 不正アクセス行為対策等の実態調査，入手先 <https://www.npa.go.jp/bureau/cyber/pdf/R4countermeasures.pdf>(参照 2023-05-26).
(2) 湯川誠人，谷口義明，井口信和 : “攻防戦型ネットワークセキュリティ学習支援システム”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J103-D，No.8，pp.591-602(2020).
(3) 寺西弘登，井口信和:“攻防戦型演習を可能とするネットワークセキュリティ学習システムにおける SQL インジェクション攻撃演習機能の追加”,情報処理学会第 85 回全国大会講演論文集,No 4, pp.903-904(2023).

情報システムの企画からリリースまでの開発技術と汎用的能力の修得をめざす PBL 型授業の実践事例

Practice of a PBL-style course where students aim to master skills of planning to deployment on information system development and generic skills

水谷 晃三[*1], 眞坂 美江子[*1], 古川 文人[*1*2], 小島 一晃[*2]
Kozo MIZUTANI[*1], Mikeo MASAKA[*2], Fumihito FURUKAWA[*1], Kazuaki KOJIMA[*1]
[*1] 帝京大学理工学部情報電子工学科
[*1] Department of Information and Electronic Engineering, School of Science and Engineering, Teikyo University
[*2] 帝京大学ラーニングテクノロジー開発室
[*2]Learning Technology Laboratory, Teikyo University
Email: mizutani@ics.teikyo-u.ac.jp

あらまし: 情報システム開発を通じて，開発のための能力と汎用的能力の修得を目指す PBL（Project Based Learning）型の教育はさまざまに行われているが，プロジェクトを構成する学生の能力の差などが原因となり，作業負荷が特定の学生に集中して，消極的な学生のプロジェクトへの貢献が不十分になったりするなど，教育上の課題が残っている．PBL における諸問題に対し，筆者らは共有型リーダシップの概念の導入や汎用的能力のルーブリックの活用によってこれらの改善を試みた．本稿では，本手法による情報システム開発の PBL 型授業の概要とこれまでの実践結果について述べる．
キーワード： PBL，共有型リーダシップ，汎用的能力，情報システム開発

1. はじめに

実際の情報システム開発と同様の開発プロジェクトを経験することにより，開発のための能力と汎用的能力の修得を目指す PBL（Project Based Learning）型の教育がさまざまに行われている．経団連が会員企業に対して行ったアンケートでも，日本の大学に求められる教育プログラム面の改革として「課題解決型教育プログラム（PBL 等）の充実」が他の項目と比べて最も多い回答となっており(1)，本手法による教育を受けた学生への人材ニーズが高まっている．

筆者らは，情報システムの開発について企画からシステムのリリースまでの一連の工程を経験することと，各工程で必要となる知識・技術の修得，さらにはその経験を通じた汎用的能力の修得を目指した PBL 型授業を行っている．本授業の授業設計においては PBL 型授業で生じやすいいくつかの課題を解決・改善する方策を導入している．本稿ではこれらの方策と 5 年間の実践の結果について述べる．

2. 授業設計

2.1 PBL の概要

本 PBL 科目は情報系学科における 3 年次の学生を対象とした情報システムの開発プロジェクトを遂行する授業である．通年科目（前期・後期の 2 コマ×各 15 回，うち計 4 回は進捗／成果発表会を実施）であり，各チームに RFP を提供し，システムの企画，要件定義，設計，実装，テスト，リリースまでの各工程を行う．1 チーム 3 名を基準（最大 6 名）として構成し，チームの構成員は前提科目の成績を踏まえてあらかじめ教員が決定する．

RFP は実用途を想定したテーマを複数用意しておき，各チームで検討のうえ 1 つのテーマを選択する．RFP には，システム化の背景，システム化要件（機能要件，非機能要件）などが記載されているのみであり，各機能に関わる業務シナリオやイベントフローなどは原則記載されていない．したがって，プロジェクトでは RFP 記載の内容からシステム化の方針を決めて企画書を作成し，業務シナリオなど検討して要件定義書としてまとめ，それをもとに基本設計へと工程を進めていく．

各授業回ではチームごとに教員との進捗報告会を行う．報告会では進捗確認だけでなく，成果物のレビューや進行上の諸課題への対処方法などの指導を行う．それ以外については各種の承認を除き教員が直接指導することはなく，システムの完成を目指してすべてのタスクをチームで進めていく．

図 1 にプロジェクト成果物およびプロジェクト管理成果物の一覧を示す．ある程度テンプレート化されているものもあるが，企画書，要件定義書，設計書，システムプログラム，テスト仕様書兼報告書，およびプロジェクト管理成果物は，ほぼすべてをチームで作成する．プロジェクトにおけるタスク管理には Redmine を，構成管理には Git を用いている．

2.2 共有型リーダシップの適用

PBL においては，チーム内の学生の能力の差などが要因となり，作業負荷が特定の学生に集中したり，

消極的な学生のプロジェクトへの貢献が不十分になったりしてプロジェクトの遅延が生じやすい．とりわけ後者については教育効果の面でも好ましくない．この状況を改善するため，本 PBL は共有型リーダシップによるプロジェクト管理としている．共有型リーダシップのプロジェクトではメンバがそれぞれ異なる役割のリーダとなって関わることでより効果的なプロジェクトの遂行が可能になるとされている(2)．本 PBL では，PMBOK に記載の 10 の管理タスクの一部をメンバがそれぞれリーダとして担当する．例えば，タイム管理担当者は Redmine 上でのタスクチケットの管理や遅延タスクの周知とこの解消のためのチームへの働きかけなどを主に行う．このようにすることで各人の責任感や積極性の向上を図る．

2.3 汎用的能力の育成

専門的な知識に加え,「学士力」や「社会人基礎力」などに示されるような分野に関わらず身に付けておくべき能力の育成が求められている．筆者らも「汎用的能力」を定義して，その評価のためのルーブリックやチェックリストを整備してこれを活用した授業を学科として推進している(3)．

プロジェクトでの活動を通じた汎用的能力の効果的な育成を目指して，本 PBL では，①各人の作業週報に「身に付けたい力」を記入する欄を設ける，②成果発表会における相互評価を汎用的能力チェックリストによって行うようにしている．例えば①については，1 週間分の活動計画を週報に事前記載する際に，その活動の中で重視したいと思う「身に付けたい力」を汎用的能力の項目から選んで記入する．次週の報告の際，1 週間前に記入した内容を踏まえて自己評価することで振返りを促し，改善を意識づけることでこの能力の効果的な修得を図っている．

2.4 成績評価の方法

PBL では評価対象となる成果物がチームで作成されたものであるため，実際の作業状況を踏まえた学生ごとの公平な評価が難しい．チームごとにその中で相対的に評価することは比較的容易だが，チームを超えた全体で評価を行おうとすると，開発しているシステムの難易度はさまざまであり適切に評価することには工夫が必要である．とりわけ本科目は JABEE 認定コースの必須科目であり，各学生が学習到達目標を達成することが求められている．そこで本 PBL では，成果物ベースのチームごとの評価よりも，リーダとして担当した管理タスクのプロジェクト管理成果物，作業週報，Redmine 上で入力された作業実績，授業最終回の振返りワークシートなどの個人別の成果を重視する評価を行うようにしている．

3. 授業の実施状況および考察

前述の PBL を 2022 年度までに 5 年間実施した．図2に5年間の履修者の最終成績の傾向をまとめる．5 年間の実施のなかで成績が年々向上しており，2022 年度では B 評価以上の取得者が 8 割以上となった．この傾向は，開発工程や各種設計文書の記載内容を見直して作業負荷を低減させるなどの変更によるものと考えられる．しかし，この変更は全チームに関わる変更であるため成績の向上につながりにくい(チーム別に相対的に評価しているため)．一方，2.4 で述べた個人評価に関わる成果物についてはほぼ変更していない．そうであるにも関わらず成績が向上する傾向となったのは，作業負荷の低減が個人の活動を促進する効果として機能したものと考えられる．今後この点についての詳細な分析を行い授業の改善を進めていく必要がある．このほか，履修者の増加にともなう対応やタスク管理の徹底などが今後の課題となっている．

［プロジェクト成果物］
- プロジェクト計画書
- システム企画書
- 要件定義書
- 基本設計書
- 詳細設計書
- テスト計画書
- システムプログラム一式
- テスト仕様および報告
  - 単体テスト結果報告書
  - システムテスト仕様書兼報告書
  - 故障処理票

［プロジェクト管理成果物］
- 進捗報告書
- ガントチャート
- チケット一覧
- 課題管理表

図 1 最終的なプロジェクト成果物一覧

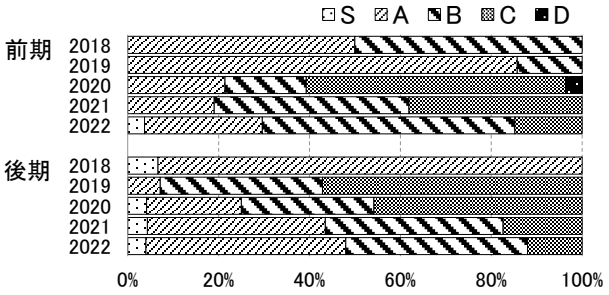


図 2　過去 5 年間の履修者の最終成績の傾向

4. おわりに

本稿では情報システムの企画からリリースまでの開発技術と汎用的能力の修得をめざす PBL 型授業の実践事例を述べた．共有型リーダシップによるプロジェクト管理や汎用的能力の修得のための施策について説明した．

参考文献

(1) 採用と大学改革への期待に関するアンケート結果，(社)日本経済団体連合会，https://www.keidanren.or.jp/policy/2022/004.html（2023 年 5 月 31 日アクセス）

(2) Craig L. Pearce, Henry P. Sims Jr.: “Vertical Versus Shared Leadership as Predictors of the Effectiveness of Change Management Teams: An Examination of Aversive, Directive, Transactional, Transformational, and Empowering Leader Behaviors”, Group Dynamics: Theory, Research, and Practice, Vol. 6, No. 2, pp.172-197, (2002)

(3) 渡辺博芳, 荒井正之, 佐々木 茂, 盛 拓生, 古川文人, 水谷晃三, 眞坂美江子, 塩野目剛亮, 高井久美子, 有本泰子 : “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, Vol.2019，pp.30-37 (2019)

プレスクール支援のためのデジタル教材制作

Production of digital teaching materials for preschool support

篭谷 隆弘
Takahiro KAGOYA
仁愛大学人間生活学部子ども教育学科
Faculty of Human Life, Department of Child Education, Jin-ai University
Email: kagoya@jindai.ac.jp

あらまし：外国出身の小学校就学前の園児とその保護者を支援するプレスクールにおいて，学習活動を支援するためのデジタル教材の内製を行った．福井県越前市の市民グループ「プレスクールさくら」では，令和 4 年度 9 月から 3 月に 9 組の親子を対象に毎月 1 回 2 時間程度，就学前に必要となる知識・技能について様々なテーマを設定し支援を行った．令和 5 年度後半にも同様に計画しているが，今年度からはデジタル教材をプレスクール内および自宅などでの学習活動に利用してもらうことを計画している．このデジタル教材については，OSS のコンテンツフレームワークである H5P を用いてインタラクティブなコンテンツとすることで，園児が興味関心をもちつつ容易に学習を進められることを目指している．
キーワード：プレスクール，デジタル教材, H5P

1. はじめに

1.1 「プレスクールさくら」による就学前支援

福井県越前市では，その総人口に対する外国人市民の割合が約５％と，福井県内においても突出した割合となっている．さらに市内の製造業事業所が所在する地区においては，小学校児童における外国人市民の割合がさらに多い状況である．市では「越前市多文化共生推進プラン」(1)を策定するなどし，様々な施策を実施してきている．生活支援の特に教育に関連する支援として，就学済みの児童生徒に対する学習支援はもとより，「多様な言語による学校入学時の就学案内や就学援助制度の情報提供」を行っている．

このような状況の中，小学校入学を控えた保育園児・幼稚園児とその保護者等は，多くの複雑な入学に際しての情報を前に困惑することも多い．保護者の出身国の学校制度との違いから，必要となる準備物の確認，将来の進学に向けての計画などが必要となる．園児においても，名前の記載や応答，筆記具の持ち方，文字の読み書きなどを含む様々な入学前に備えるべき知識や技能がある．

このような親子に対し，草の根的な支援活動を行うため，令和 4 年度後期に，地域子ども食堂運営者，小学校教師経験者，日本語教師，大学生らでつくる市民グループ「プレスクールさくら」が開校した．（筆者もボランティアで参加している．）その後 9 月より 3 月まで毎月 1 回のペースで，各回 2 時間程度実施した．各回のテーマ・学習内容は「あいさつ」「学校生活」「座り方」「健康観察」「体調」「ひらがな」「数字」「指示語」「そうじ」「箸の持ち方」と多岐にわたる内容で行った．

親子での参加となるが，各回の前半は親子一緒にその回の学習内容に取り組み，後半は親と園児に分かれ，親は主に学校制度に関する説明や質疑応答，園児はカードを用いたゲームなどを中心に行った．

1.2 プレスクールにおけるデジタル教材活用の計画

ICT（情報通信技術）の発達に伴い，PC やタブレット・スマートフォンを媒体とするデジタル教材が，様々な教育の場面で活用されている．これまでプレスクールさくらでは，説明資料の提示や，実際に就学する小学校での学校生活の様子を撮影した動画を参加者に提示するなどのメディアの利用は行ってはいるが，個人毎に利用できるようなデジタル教材はこれまで提供してこなかった．令和 5 年度の運営を計画するにあたり，毎月の学習活動の一部に，タブレット端末を用いたデジタル教材を利用するとともに，同内容を自宅の PC やスマートフォンでも利用できるような環境を提供することを計画した．

1.3 H5P インタラクティブコンテンツ

H5P(2)は，フリーなオープンソースシステムのコンテンツ共有フレームワークとして開発され，LMS（学習管理システム）である Moodle(3)や CMS（コンテンツ管理システム）である WordPress(4)などとともに利用されている．筆者はこれまで，小学校での国語や算数，理科や社会などの科目での利用を想定した H5P の教材を例示したり(5)，VR ツアーの機能を用いた地域学習教材の内製(6)を通じて，そのインタラクティブ性を容易に実現できることを確認してきた．また，外国人市民の生活支援のため「やさしい日本語」で学ぶ教材サイトの制作なども行ってきた．

プレスクールにおけるデジタル教材としても，同様に H5P を用いるとともに，WordPress を CMS として利用することで，Web サイト上に教材を構築することとする．

2.　教材コンテンツの制作

2.1 デジタル教材化する内容の計画

これまでに実施してきたプレスクールでの学習内容やカードゲームをベースに，デジタル教材化する内容の計画を行った．

- *教科，時計（時刻），文房具，持ち物，行事，体の部位*

これらは，言葉を中心に学習をすすめるものであるが，絵や音声とともに提示し，一致する読みを選択する簡単なクイズのような形とする．

- *あいさつ，体調*

それぞれの状況を示す絵と，その状況でどのような行動をとればいいか，何を言えばいいのかを対応づける．

- *一日の生活の流れ*

市内の小学校での一日の様子（登校・挨拶・授業・給食・休み時間・下校）を記録した動画を中心に，各場面の説明と，簡単な選択肢によるクイズを行う．

- *ひらがな，数字*

文字と，それを用いた単語や絵との対応を行えるようにする．

2.2 デジタルコンテンツの編集

一般的なモノ・コトを示す絵については，フリー素材のイラスト用いる．既存のイラストが存在しないようなモノ・コトについては，別途協力者に作成を依頼する。日本語音声・英語音声については，合成音声により作成する．令和 4 年度プレスクールには，1 組の親子がナイジェリア出身で英語を母語とし，その他の親子 8 組は全て，ブラジル出身でポルトガル語を母語としていた．令和 5 年度の参加者は現時点で未定であるが，昨年度同様にほとんどがブラジル出身者となることが予想されている．そこでコンテンツには，ブラジル出身者の協力を得て録音した音声を用いる．しかし将来的にはベトナム出身者などへの対応も計画している．

H5P は，様々なインタラクティブコンテンツを，コンテンツタイプを指定し，そこに文字列や画像や音声や動画などの素材を割り当てていく形で作成することができる．今回用いる主なコンテンツタイプとしては，Dialog Cards, Drag and Drop, Drag the Words, Find Multiple Hotspots, Flashcards, Image Hotspots, Fill in the Blank, Memory Game などの利用を予定している．

一日の生活の流れについては，Interactive Video を用いることで，動画の途中に停止ポイントをおき状況の説明と，簡単なクイズを設けることができる．

2.3 Web サイトの構築

各コンテンツをテーマ別ページに分類して配置して提供する．また保護者などへの解説や様々な文書資料を提供するために，Web サイトは CMS である WordPress を用いて構築する．H5P は WordPress のプラグインとして機能し，作成した各コンテンツ毎に割り当てられるショートコードを各ページに記載することで，ショートコート部分にコンテンツが表示されることとなる．Web サイト上の H5P コンテンツは，その埋め込みコードを取得できるようにするため，他のサイトに iframe を用いて埋め込むことも可能となる．

3.　まとめと今後の課題

外国出身の小学校就学前の園児とその保護者を支援するプレスクールにおいて，学習活動を支援するためのデジタル教材の内製について述べた．今後制作した教材は，小学校教師経験者，日本語教師らの監修を受ける予定である．また，本稿では制作を主な研究内容としているが，今年度後期においては実際に，プレスクール参加者を対象に教材を体験してもらい，その使用感や学習内容の理解について評価を行う予定である．

また将来は，教材の利用はプレスクールでとどまらず，市内の幼稚園・保育園，小学校の低学年などに対しても提供を計画しており，外国人市民の生活の支援となることを目指している．

謝辞

本研究は，JSPS 科研費 JP19K12280 の助成および福井県「未来協働プラットフォームふくい」の助成を受けており，関係各位に感謝します．

参考文献

(1) 福井県越前市: “越前市多文化共生推進プラン”，　平成 31 年 3 月
(2) H5P, https://h5p.org, (2023 年 5 月参照)
(3) Moodle, https://moodle.org, (2023 年 5 月参照)
(4) WordPress, https://wordpress.prg, (2023 年 5 月参照)
(5) 篭谷隆弘：H5P 教材の例示と共有のための Web サイト構築，教育システム情報学会第 43 回全国大会講演論文集，pp.51-52 (2018)
(6) 篭谷隆弘：H5P 教材の例示と共有のための Web サイト構築，教育システム情報学会第 47 回全国大会講演論文集，pp.29-30 (2022)

先行オーガナイザが複数テキスト統合に与える影響

Effects of Advance Organizer on Multiple Text Integration

高山 嘉宏，山崎 治
Yoshihiro TAKAYAMA, Osamu YAMAZAKI
千葉工業大学院情報科学研究科
Graduate School of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology
Email: s2281027ap@s.chibakoudai.jp

あらまし：複数テキスト読解時に，テキストの前に先行オーガナイザとして要約を付帯することが複数テキストの統合的な理解を向上させるかどうか明らかにする実験を行った．実施に際し，期待通りの結果は得られなかった．しかし，実験で行った 4 課題のうちの 1 つである理解度テストにおいて，直接確率法による有意確率を求めたところ，有意差が認められた．次回以降の実験では，より詳細な分析を行うため，思考発話課題やアンケートによる読解力，テキストへの関心度の調査を行う項目を追加し，研究を進めていく．

キーワード：複数テキスト，テキスト統合，先行オーガナイザ

1. はじめに

Web 技術の進化により出版物の形が多様化し，正確な情報を 1 つのソースから得るということは難化している．こうした情報氾濫社会において，我々は複数の文献を参照し，ある問題や課題に対して自身の中で一貫した理解を得ることが求められている．特に，新たな知識を得る場合には，複数の文献を参照した上で，必要な情報・正確な情報を適切に抽出する必要がある．このような背景のもと，複数のテキストからの統合的な理解に目を向けた研究が多く行われている(1)．

テキスト理解の過程では，文章中の情報における命題的なつながりをしめす「テキストベース」と読み手の既有知識とテキストが統合・精緻化された「状況モデル」という表象が作られるとされる．大河内・深谷(2)は，複数テキストの統合的理解の過程と表象の関係に着目し，先に読んだ情報を利用した推論や疑問に対する解答生成が，複数テキストに対する統合的な表象の形成に貢献することを実験的に検討した．

他方，テキストからの学習に関する教授法として，Ausbel(3)が提唱した「先行オーガナイザー(Advance Organizer：以降，AO と略)」の利用が行われている．AO を用いた学習では，テキスト読解の前に，テキストの内容に関する要約をあらかじめ提示する．この手続きで用いられている「要約」が AO に相当する．AO の提示により，続くテキストで示される情報の抽象的な枠組みや構造が先行的に理解されることで，続くテキストの読解の支援になると考えられる．

ここでは，複数テキストの統合的な理解に対する AO を用いた支援の可能性に着目する．複数テキスト読解では，テキストの関係性が重要であるが，本研究では，情報を互いに補完し合う「相補的な関係にあるテキスト」を取り上げる．AO が後続のテキストに対する枠組みや構造を与えるものであるとした場合，複数テキストに対する AO の提示パタンがいくつか考えらえる．そのうちの 1 つは，個々のテキストに対応する AO をそれぞれのテキストに先行して提示するパタンである．このパタンでは，個々のテキスト中の情報が，AO に示された構造に基づき整理されることで，それぞれのテキストの理解が促進され，統合的な理解を円滑にすると考えられる．もう 1 つのパタンは，複数のテキストをまとめた内容に対応する AO を，すべてのテキストに先行して提示するパタンである．このパタンでは，統合的な理解として形成されるであろう情報の構造が示されることで，個々のテキストを全体的な構造の中に位置づけながら読み進めることが可能になると考えられる．

このように，複数テキストの読解に対する AO の利用については，その提示の仕方により，統合的な理解に対する影響が異なることが予想される．そこで，本研究では，複数テキスト読解により効果的な AO の提示方法を検討していく．効果的な AO の提示方法が明らかになることで，多様な情報が混在する状況において，よりよい学び方を知る手がかりを得られることが期待される．

2. 目的

複数テキスト読解における統合的な理解の形成に AO の提示の仕方が影響するかどうかを実験的に明らかにする．そこで，複数テキストの理解過程にアプローチした大河内・深谷(2)の実験方法を参考にし，2 つの相補的なテキストを用い，4 つの課題を課した実験をアンケート形式で実施した．AO の提示として，「個々のテキストに対する AO の提示」と「複数テキストをまとめた AO の提示」の 2 種類を行い，「AO を提示しない」条件を含めた 3 つの条件で実験を行うこととした．

3.　実験方法

3.1 実験計画

AO の提示法を要因とする 1 要因 3 水準参加者間計画で実施された．AO の提示法の要因では，AO なし群，各テキストの前にそれぞれの AO を提示する群（以降，個別 AO 群），複数テキストをまとめた AO を最初のテキストより前に提示する群（以降，統合 AO 群）の 3 群を設けた．

3.2 参加者

大学 3 年生，101 名を対象に，本研究の実験内容をあらかじめ説明し，同意を得たうえで実験を行った．群の振り分けは誕生月で行い，最終的に AO なし群に 39 名，個別 AO 群に 33 名，統合 AO 群に 29 名が割り当てられた．実験の報酬は，授業評価への反映という形で行った．

3.3 実験課題と手続き

利用したテキストおよび課題は，大河内・深谷(2)が用いたものを参考にして用意された．テキストは肝臓および肝がんについて説明するものを利用した．また，課題は，単語分類課題，単語関連性評定課題，要約課題，理解度テストの 4 つであった．単語分類課題と単語関連性評定課題については回答時の負担を考え，大河内・深谷の実験課題から設問数を少なくするなどの変更を行った．また，これらのテキストおよび課題はすべて Google フォーム上のアンケート形式で提示・回答受付をするようにした．

実験の流れは，大きくわけて「事前課題」「テキスト読解」「4 つの課題」から構成される．「事前課題」として，テキスト出現単語に関する既有知識の有無を評価するため，単語分類課題を実施した．続いて「テキスト読解」のフェーズでは提示される 2 つのテキストを順に読むよう指示した．個別 AO 群には，2 つのテキストのそれぞれの前に AO となる要約文が提示された．また，統合 AO 群には，2 つのテキストをまとめた要約文が AO として，テキストに先立ち提示された．利用した要約文については ChatGPT-3 を用いて作成された．「4 つの課題」はテキスト読解後に回答をするよう求め，Google フォーム上で選択もしくは記入することで回答してもらった．なお，課題を実施するときには，テキストを読み返さないよう前ページに戻ることを禁止した．

4.　結果

今回実施した 4 つの課題のうち，自由記述形式で行われた理解度テストに関する結果を示す．理解度テストは 2 問あり，テキスト 2 のみから回答可能な問 1 と 2 つのテキストを統合して回答が可能となる問 2 から構成された．

表 1 と表 2 に，各問いに対する点数の内訳を示す．大河内・深谷(2)と同様に，重要単語である「酸素」「肝動脈／門脈」が含まれているかにより，0 点（含まれていない）／1 点（一方のみ含まれている）／2 点（両方含まれている）の得点をつけることとした．

表 1 理解度テスト問 1 の結果（人）

	0 点	1 点	2 点
AO なし群	8 (20.5)	30 (76.9)	1 (2.6)
個別 AO 群	15 (45.5)	18 (54.5)	0 (0.0)
統合 AO 群	7 (24.1)	18 (62.1)	4 (13.8)

注）( )内は各群内の人数比率（%）を示している

表 2 理解度テスト問 2 の結果（人）

	0 点	1 点	2 点
AO なし群	28 (71.8)	6 (15.4)	5 (12.8)
個別 AO 群	26 (78.8)	6 (18.2)	1 (3.0)
統合 AO 群	21 (72.4)	5 (17.2)	3 (10.3)

注）( )内は各群内の人数比率（%）を示している

観測度数 5 以下のセルが含まれるため，フィッシャーの直接確率計算法により，有意確率を求めた．その結果，理解度テスト問 1 では有意差が認められた（問 1：p=.02，問 2：p=.69，ともに two-tailed）．

5.　考察

理解度テストの問 1 については，得点の分布に違いが見られた．下位検定は行えないものの，各群の得点に対する人数比率をみると，AO なし群と比較して個別 AO 群では 0 点の回答が増えたと考えられる．特に，個別 AO 群の問 1 に対する回答では「わからない」という回答が，他の群とくらべて多かった．AO を含めると 4 つのテキストが提示されたことにより課題が複雑化してしまった可能性や，群分けにおいてテキスト内容への関心度や基本的な読解能力に偏りが生じていた可能性も指摘される．今後の課題として，テキストの内容に対する興味関心度合いを問うアンケートや，テキスト読解の基本能力を確認する設問を作成するべきだと考える．

また，問 1 の結果では，AO なし群と比較して統合 AO 群において，2 点の回答が増加した傾向も見られる． 複数テキストの読解において，それらをまとめた要約を AO として提示することで，共通の（要約の情報から構成される）テキストベースに関連づけながら情報を整理することができた可能性が指摘される．これを確認するために，今後，4 つの課題において，学習者がテキスト理解のどの段階にいるのか確認する思考発話課題を追加し，その分析を行うべきだと考える．

参考文献

(1) 小林敬一: “複数テキストの批判的統合”, 教育心理学研究, Vol.58, (4), pp.503-516 (2010).
(2) 大河内裕子，深谷裕子:“複数テキストはいかに統合的に理解されるか：読解中の活動に注目して”，日本認知科学会編 認知科学, vol14, (4), pp.575-587 (2007)
(3) David P. Ausbel:“In Defense of Advance Organizers: A Reply to the Critics”, Review of Educational Research, Vol.48, No.2, pp.251-257 （1978）

プロジェクト型学習円滑化支援を目的とした ロールプレイ教材の概念実証結果

Proof-of-concept results of the role-playing educational material to support project-based learning

白澤 秀剛[*1]
Hidetaka SHIRASAWA[*1]
[*1] 東海大学
[*1]Tokai University
Email: sirasawa@tokai-u.jp

あらまし：プロジェクト型学習は様々な良い学習効果がある一方で，グループ編成やコミュニケーション能力によって学習効果に差が生まれるという問題が報告されている．プロジェクト型学習では授業時間の制約などにより，プロジェクトを円滑に進めるためのプロジェクトマネジメントやメンバー内のコミュニケーションスキルを学習してからプロジェクトを開始することが難しい場合がある．そこで，1 回の授業回の中でプロジェクトの開始から終結までを体験でき，目標設定，作業分担，不安解消のピアサポートを体験的に学習することを可能とするロールプレイ教材を開発した．この教材を用いて，プロジェクト型で研究を進める理工系大学生，大学院生を対象として，実際の授業を模擬した概念実証実験を実施して，プロジェクト型学習への支援効果があるかどうかを検証した．検証結果から，今後のサポートスキル上達を予期する体感が得られ，プロジェクト型学習の支援として成立することを示す結果を得た．
キーワード：プロジェクト型学習，アクティブラーニング，ピアサポート，コーピングスキル

1. はじめに

プロジェクト型学習は社会の様々な課題をテーマとして複数人のグループで協働学習を行い，基礎知識を実践で活かす方法を習得したり，問題解決のための手順や能力を習得したりすることを目的としている．多くの成果が報告されている一方で，共通するいくつかの問題点が指摘されている．グループ編成の際に打ち解けられるチームとそうでないチームが出来てしまい取り組み姿勢に格差が生じることや[(1)]，グループ内に能力の高い学生がいるかどうかで学習効果に差が生じる[(2)]などの報告がある．業務における本物のプロジェクトにおいてもメンバー個々の知識量や興味関心によってコミュニケーションギャップが生じることが指摘されている[(3)]．プロジェクト型学習にはコミュニケーションスキルの訓練という側面がある[(1)]ことは否定しないが，コミュニケーションスキルが不十分なために主眼となる学習に影響が出るのは本末転倒と言える．プロジェクト型学習のカリキュラムには，PMBOK や P2M で採用されているフレームワークを部分的に使用している報告も見られるが[(4)]，まだ少数のようである．つまり，多くのプロジェクト型学習では，プロジェクトの進行やプロジェクト内のコミュニケーションスキルを身につける間も無く本題のプロジェクトに放り込まれて OJT 的にプロジェクトを実施することになっていると考えられる．

そこで，１コマの授業内で実施可能で，プロジェクト型学習を支援するためのロールプレイ教材を開発した．予備実験を 5 回実施し，いずれも 60 分以内で実施できることが確認できたことに加え，自身のコミュニケーションスキルに対する認識が変化する様子が観察された[(5)]．今回は，プロジェクトの進め方やプロジェクト内コミュニケーションに関する講義をした上でロールプレイ教材による実習を行う形式で，実際の授業を模擬した概念実証試験を行った結果について報告する．

2. ロールプレイ教材

特定の専門知識を必要とせず，かつ訓練という意識から離れて自発的な発言を促すことを狙い，教材のテーマは今どきの学生に比較的馴染みのあるファンタジー世界のプロジェクトとした．教材名は「Project 勇者」と名付けた．

2.1 教材の基本システム

教材の全体的な流れは次のようになっている．

(1) 目的の設定（倒すボスモンスターの選択）
(2) 必要作業の洗い出し（必要な必殺武器の組み合わせを選択し，手に入れるための作業を決定する）
(3) 必要なメンバーの選択（キャラクターの選択）
(4) 作業分担・行動・不安や想定外の発生を一定回数繰り返す
(5) 最終結果の判定（ボスとの戦闘）

主要な作業の(4)はボードゲームにおける「デッキ構築型」と呼ばれるシステムを採用している．自分の行動を示すカードの山札（デッキと呼ぶ）から４枚の手札を引き，そこで出た行動を実行できるというものである．手札の例は図１に示す．

2.2 不安カードによるコーピングスキル獲得訓練

1回の作業（1ターン）を完了するごとにネガティブカードの山札から1枚を取り，自分のデッキに加えなければならない．そのため，不安カードが増えることによって自分の行動が阻害されていく．セルフサポートカードは自分の持つ不安カードに対して，ピアサポートカードは仲間の持つ不安カードに対して，不安を解消するための行動や声がけをすることで不安カードをデッキから除去できる．ただし，不安解消行動や言葉がけはプレイ中のメンバー全員が納得できる場合にのみ解消でき，納得できない場合には言い直しを要求できるルールとしている．この部分によってストレスコーピングスキルが訓練されるように設計している．

図１　手札の例

3.　実験及び結果

実験は公募に応募したA大学の学部４年生５名，修士１年生１名，修士２年生３名の計９名を２グループに分けて実施した．実験は本番の授業を想定して，プロジェクト進行の基本手順とプロジェクトメンバー内で不安を解消するためのコミュニケーション方法を講義した上で，ロールプレイ教材による実習を行った．いずれの参加者も研究活動以外のプロジェクト経験は「なし」とのことであった．

3.1 事前・事後アンケート結果

事前アンケート結果を表１に事後アンケート結果を表２に示す．参加前は不安の解消については自信がない参加者がほとんどであったが，実験終了後にいずれの参加者からも今後のサポートスキル上達を予期する回答を得た．

3.2 自由記述回答

Project勇者の研修としての感想とどんな学びがあったかについて自由記述回答を求めた．被験者が研修の目的を理解できており，不安に対するサポートの重要性が理解できたことが窺える．

3.3 倫理承認

本実験は東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を受けて実施したものである．

4.　まとめと今後

今回の実証実験結果から，本教材を用いた導入授業によりプロジェクト型学習支援効果が見込めることが明らかになった．今後，今回の被験者の追跡調査を行い，実際のプロジェクト型作業に転移したかどうかについて検証する．

表１　サポート行動に対する自己効力感

質問項目	そう思わない	あまりそう思わない	ややそう思う	そう思う
自分が不安を感じた場合に自分で不安を解消することができる	7	1	1	0
不安を感じていそうなプロジェクトメンバーに適切なアドバイスができる	7	1	1	0

表２　サポートスキル訓練の自己評価

質問項目	全くそう思わない	少しそう思う	そう思う	とてもそう思う
今後セルフサポートは今までよりも上手くできそうですか？	0	2	6	1
今後ピアサポートは今までよりも上手くできそうですか？	0	3	4	2

表３　自由記述回答（抜粋）

サポートの仕方を学ぶ機会が少ないのでこういった機会はとても良いものだと感じた．
私も日頃不安を感じることがあるが，その感情に対してどのような行動をとれば良いのか少し知ることができた．
問題や不安を明確化し、発言することの必要性を学んだ．

謝辞

「Project 勇者」は株式会社 Yspace，株式会社ホロスエンターテインメント，東海大学の３者共同研究にて開発しているものです．開発アドバイスや実験実施に関しては Yspace 岩崎祥大氏，ホロスエンターテインメント鮫島伸一氏にご協力いただきました．ここに感謝を申し上げます．

参考文献

(1) 山口泰史:“大学教育における PBL の実践と地域課題解決への貢献”，産学連携学，Vol. 16，No. 2，pp.1-10（2020）
(2) 二宮省悟，今井基次，濱田輝一，永崎孝之：“PBL の教育効果 PBL 実施前後の試験結果とアンケート調査によるグルーピングの分析”, 理学療法学 Supplement, Vol. 34 Suppl.，No. 2(2007)
(3) Project Management Institute: “A Guide to the Project Management Body of Knowledge PMBOK® Guide”, Project Management Institute (2021)
(4) 玉木欽也，新目真紀，鄭周華：“P2M を適用したプロジェクト型学習とアクティブラーニングを融合したオンライン・グループワーク演習方法の実証と今後の研究課題”, 国際 P2M 学会研究発表大会予稿集, 春季, pp.96-115（2021）
(5) 白澤秀剛: “プロジェクト型学習円滑化支援を目的としたロールプレイ教材開発の試み”,JSiSE Research Report,Vol.37,No.5(2023)

災害看護研修におけるコンピテンシーに基づいた e ラーニング設計の事例

A Case Study of E-learning Design for Competency-based Disaster Nursing Training

宮崎誠[*1]，堀内美由紀[*2]，渡辺博芳[*3]，眞坂美江子[*4]
Makoto MIYAZAKI*1, Miyuki HORIUCHI*1, Hiroyoshi WATANABE*1, Mieko MASAKA*1
[*1] 帝京大学ラーニングテクノロジー開発室
[*1]Learning Technology Laboratory, Teikyo University
[*2] 奈良学園大学保健医療学部
[*2]Faculty of Heath Science, Naragakuen University
[*3] 電気通信大学共通教育部
[*3]The University of Electro-Communications
[*4] 帝京大学理工学部
[*4]Faculty of Science and Engineering, Teikyo University
Email:miyazaki@lt-lab.teikyo-u.ac.jp

あらまし：奈良県看護協会の 2022 年度災害支援ナースのためのフォローアップにおいて，本研究にて開発した災害看護初動教材やルーブリック自己評価システムなどを導入し，e ラーニングによる研修の事前学習を実施した. e ラーニング教材は, コンピテンシー毎に学習モジュールが作成されており, 受講者は, 災害看護コンピテンシーを用いて自己評価や振り返りを行うなど，コンピテンシーに基づいた学習が可能である．一方，研修の実施によって得られたフィードバックからは，e ラーニングが受講者の自己学習に任せざるを得なかった研修の実施方法における課題が明らかとなった.
キーワード：コンピテンシー，災害看護，災害支援ナース，研修設計

1. はじめに

大規模自然災害が発生した際，日本看護協会の要請によって全国各地から災害支援ナースが被災地に赴き，看護支援活動が行われる．そのため，いつ起こるか分からない大規模自然災害に備え，都道府県看護協会では災害支援ナースの養成のために災害看護研修を行っている．例えば，奈良県看護協会における災害看護研修では，災害支援ナースへの登録に必要な「初期研修」と「災害支援ナースのためのフォローアップ」がどちらも 2 日間の日程で実施されている．「災害支援ナースのためのフォローアップ」は，災害発生時における派遣に応じる看護職に求められる災害看護活動の基本となる知識の確認やそれらの応用，情報の更新を目的としている．

これまでに第 2 著者を中心に災害時における看護の備えとして「何を」「どのように」学ぶべきか，その方策（学習事項）と方略（学習方法）を示すことを目的に研究を進め，奈良県看護協会の協力も得ながら，災害派遣ナースに求められる資質や能力を，臨床看護師の災害初動に着目したコンピテンシーとしてまとめ, 教材開発などを行ってきた [(1) (2)]．2022 年度奈良県看護協会の災害支援ナースのためのフォローアップでは，本研究にて開発した e ラーニング教材が採用され, 事前学習を e ラーニングで実施し，その後，演習に焦点をあてた対面研修 1 日という構成で実施された．本稿では，ここで導入した e ラーニング教材の開発について述べる．

2. 災害看護におけるコンピテンシーの開発

災害看護に関するコンピテンシーとして提唱されている代表的なものに国際看護師協会(ICN)と兵庫県立大学(HPU)のものがある．しかしながら, いずれも我々が対象とする国内の臨床看護師が災害初動において求められる能力として，必ずしも十分ではない．そこで ICN と HPU コンピテンシーをもとに，国際基準に沿いかつ，国内の臨床看護師の実情にあった災害初動における臨床看護師のコンピテンシー（以下，災害看護コンピテンシー）の開発に取り組んできた．ICN 災害看護コンピテンシーの大幅改定においても災害看護コンピテンシーの検証を行い，その整合性を確認した [(3)]．開発したコンピテンシーは，ibstpi®のコンピテンシー開発プロセスに従い抽出・開発しており，63 の行動記述，9 つのコンピテンシー，3 つの領域により構成している．

3. e ラーニング教材の開発

開発した e ラーニング教材は，コンピテンシー毎に学習モジュールを配置し，自己評価活動を取り入れるなど，コンピテンシーに基づき開発を行った．

3.1 e ラーニング教材の構造

Moodle 上に研修用コースを作成した．開発した e ラーニング教材の構造を図 1 に示す．受講者は図中の矢印に沿って，自己学習により受講するが「コンピテンシーの自己評価」および「コンピテンシー1〜9 の学習モジュール」は，どれから受講しても良い．学習モジュールをコンピテンシー毎に配置すること

で，学習をコンピテンシーベースで進めることができるよう設計を意図している．

3.2 コンピテンシーの自己評価

我々は，ルーブリック自己評価システムを開発し，学生の汎用的能力の育成に活用してきた[4]．ルーブリック自己評価システムは，ibstpi®のコンピテンシー標準の 3 層構造にも対応している．策定した災害看護コンピテンシーもこれに準拠して開発されていることから，ルーブリック自己評価システムを活用し，災害看護コンピテンシーの自己評価活動を学習の前後に実施している．

3.3 受講結果の対面研修での活用

事後テストを実施する代わりに知識に関する学習内容の修得状況を学習モジュール毎の確認テストで行っている．学習モジュール毎にテストすることでその学習モジュールに該当するコンピテンシーの修得状況を把握することが可能である．一方，ルーブリック自己評価システムによるコンピテンシーの振り返りは，領域毎に行い，受講者全体の自己評価結果の集計・可視化する．これに加え，e ラーニング実施による修了証を発行したいという要望があり，PDF の修了証を発行する外部ツールを開発し，導入した．

4. 開発した教材による研修の実践

e ラーニングによる学習は 2022 年 12 月から 2023 年 2 月第 1 週まで期間を設け，対面研修は 2023 年 2 月 8 日に実施した．e ラーニングで学習に取り組んだ受講者は 22 名，医療従事者として働いている看護士である．受講者のうち 6 名が対面研修後のアンケートに回答した．図 2 に各コンピテンシーの学習モジュールとして配置した教材による学習内容と学習前後に行ったコンピテンシーの自己評価に関するアンケート結果を示す．アンケートに回答した受講生は少ないながら得られた回答からは，各コンピテンシーにある学習内容が適切だったと回答した受講生は 5 名であり，コンピテンシーに基づいた学習モジュールは，学習内容と整合していたことが確認できた．また，学習前後の自己評価が役に立ったと回答した受講生が多かったことは，災害看護コンピテンシーを用いた自己評価が有用であり，自己評価を実施したルーブリック自己評価システムの利用も特に問題なく機能したことを示している．

5. おわりに

奈良県看護協会による災害支援ナースのためのフォローアップにて e ラーニングによる研修を実施し，本研究にて開発した災害看護初動教材やルーブリック自己評価システムを導入できたことで，アンケートや受講者や講師へのインタビューなどから今後の改善にむけたフィードバックが得られた．フィードバックでは，受講者の e ラーニングによる学習の進捗については，学習期間を設け，自己学習に任せるだけではなかなか進まないという意見もあり，例えば，ブレンディッドラーニングや研修会場に集合した上で e ラーニングに取り組むなど，実施方法についても検討する必要があると考える．

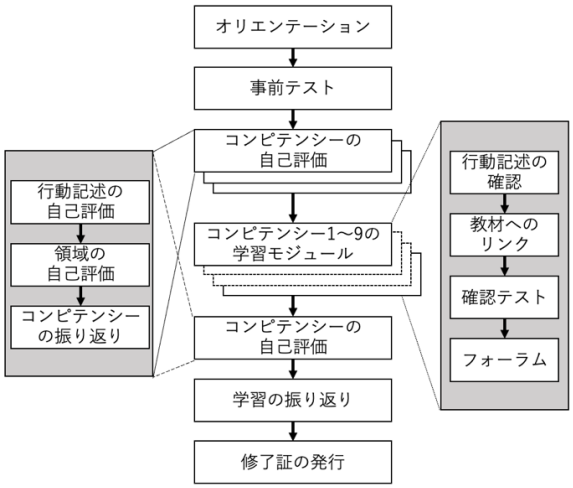


図 1 災害看護初動コースの構造

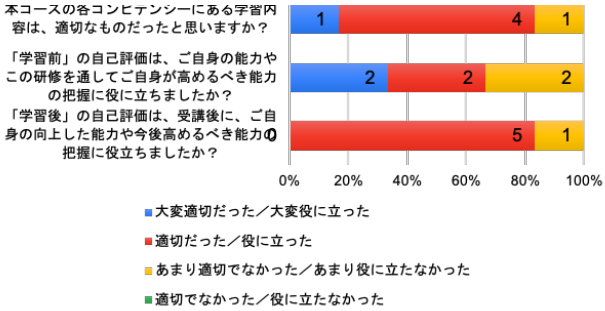


図 2 学習内容，自己評価に関するアンケート結果

謝辞

本研究は JSPS 科研費 20K03075, 20K11147, 17K12805 の助成を受けたものです．

参考文献

(1) 堀内美由紀，松葉龍一，宮崎誠: “学習目標の明確化を目的とした災害初動における臨床看護師に求められるコンピテンシーに関する一考察”，第 11 回日本医療教授システム学会 総会・学術集会 （2019）
(2) 宮崎誠，渡辺博芳，眞坂美江子，高井久美子，堀内美由紀: “災害看護研修におけるルーブリック自己評価システムの活用”，大学 ICT 推進協議会 2022 年度年次大会論文集, pp.354-355 （2022）
(3) 堀内美由紀，清水佐知子，松葉龍一，宮崎誠: “ICN 災害看護コンピテンシーVer.2 を用いた災害初動看護コンピテンシー評価項目の検証”，第 13 回日本医療教授システム学会学術集会，那覇（2021）
(4) Miyazaki, M., Watanabe, H., Masaka, M. and Takai, K.:“ Developing a Generic Skill Assessment System Using Rubric and Checklists”, Proc. 29th International Conference on Computers in Education (ICCE2021), pp.191-200 （2021）

e ラーニングとオンライン演習を組み合わせた医療研修プログラムの開発に向けたプロトタイプの試行と評価

Trial and Evaluation of a prototype for the Development of a Medical Training Program Combining e-Learning and Online Exercises

杉浦 真由美[*1], 堀場 文彰[*2], 佐久間 寛之[*3], 稲熊 容子[*2], 阿部 かおり[*3], 村山 裕子[*3], 大越 拓郎[*3]
齋藤 利和[*4], 大槻 眞嗣[*2]
Mayumi SUGIURA[*1], Fumiaki HORIBA[*2], Hiroshi SAKUMA[*3], Yoko INAGUMA[*2], Kaori ABE[*3]
Yuko MURAYAMA[*3], Takuro OHKOSHI[*3], Toshikazu SAITO[*4], Masatsugu OHTSUKI[*2]
[*1] 北海道大学大学院教育推進機構
[*1] Institute for the Advancement of Graduate Education, Hokkaido University
[*2] 藤田医科大学
[*2] Fujita Health University
[*3] 国立病院機構さいがた医療センター
[*3] National Hospital Organization Saigata Medical Center
[*4] 社会医療法人博友会平岸病院
[*4] Social Medical Corporation Hakuyukai, Hiragishi Hospital
Email: msugiura@open-ed.hokudai.ac.jp

あらまし: アルコール依存症の診療・支援にかかわる医療者を対象とした教育研修プログラム開発の前段階として，e ラーニングの試行ならびに演習のトライアルを実施した．その結果，プロトタイプの段階でマクロデザインを可視化できたとともに，教育研修全体の方略の適切性および改善点が抽出できた．
キーワード: 医療研修プログラム，e ラーニング，オンライン教育研修，プロトタイプ，Moodle

1. はじめに

オンラインを中心とした教育が推進される中，精神科医療分野においても，実践的な知識やスキルが習得できるオンライン教育研修プログラムの開発が喫緊の課題となっている．一方, e ラーニングなどの教材作成後にイメージと異なる，運用がうまくいかないといった事態は回避したい．それゆえ，システマティックにプログラムを設計する必要がある．

e ラーニングの設計において不可欠なタスクとして，プロトタイピングがある(1)．プロトタイピングは，e ラーニングの要素を取り入れるときのモデル的な部分を仮に考えてみるプロセスである．仮の教材であるプロトタイプを作成して試行することにより, 全体的な方略やアイデアの適切性が検討できる．

そこで，本研究では，アルコール依存症の診療・支援にかかわる医療者を対象とした教育研修プログラム開発の前段階として，e ラーニングの試行ならびに演習のトライアルを行い，プログラム開発の示唆を得ることを目的とする．なお，本研究では，e ラーニングとオンライン演習を組み合わせた教育研修の試行を「プロトタイプ」と定義する．

2. プロトタイプの概要

2.1 教育研修全体の方略

本研究で試行する教育研修プログラムは，アルコール依存症の診療・支援にかかわる人材育成を目的としている. 研修は 16 時間（e ラーニング 10 時間，演習 6 時間）で，フルオンラインにて実施する．受講者は, 事前学習において学習目標を確認したのち，e ラーニングで講義コンテンツの視聴と確認テストに取り組み，同期型のオンライン演習では，学んだ知識を活用するためのケーススタディに参加する．

2.2 学習支援システム

学習支援システム（LMS）には，Moodle Workspace を用いる．LMS に事前学習教材と確認テストを設置し，プログラム全体の方略に近い形式を再現した．

2.3 e ラーニングの要素

プロトタイプの動画コンテンツは，ニーズ調査(2)に基づき,「アルコール依存症を持つ方にみられやすい心理的な一面を理解する」「アルコール依存症の家族支援」など 5 単元とした．コンテンツの再生時間は，4 分 47 秒〜42 分 51 秒（平均 23 分 12 秒）で，各単元に選択式の確認テストを設けた（図 1）．

2.4 オンライン演習

トライアルにおけるオンライン演習（Zoom）は 3 時間で，ワークの内容は 2 事例のケーススタディである．演習におけるワークの流れを，表 1 に示す．演習の補助教材として, シナリオベースの動画 2 本，個人ワークシート（Word），グループワークシート（Google スライド）を作成した．

2.5 説明文書作成

アルコール依存症の診療・支援にかかわる教育研修において LMS を用いた実践は初の試みである．受講者が LMS の操作に慣れてないことを想定し，LMS のログイン方法, 受講の流れを文書で案内した．

図1　LMS（Moodle）の1単元のイメージ

表1　演習におけるワークの流れ

ワークの流れ	時間
1．ケース紹介：個人ワーク ・ 動画視聴：メモをとりながら視聴 ・ 個人ワーク：自身の意見をまとめる	10
2．問題の明確化：グループワーク ・ 個人ワークシートの共有 ・ 事実を整理し，「問題」「原因」を考える	15
3．提案 ・ 改善策，具体的な対応，ふさわしい行動など話し合う	15
4．まとめ	5

2.6 アンケート作成

アンケートは，プロトタイプを評価するためのものである．設問は，事前学習（理解度，難易度，量，学習時間），演習（理解度，難易度，時間），LMS（操作性，了見性）など，プロトタイプ全般について尋ねる項目で構成し，Google フォームに設定した．

3.　プロトタイプの試行と評価

3.1 対象と実施期間

対象は，精神科に在籍中，かつアルコール依存症の医療・支援に従事したことがない，あるいは従事した期間が短いという条件で募集したところ，医師4名，看護師5名，心理士4名，作業療法士2名，精神保健福祉士3名，計18名から協力を得た．事前学習の期間は2023年5月23日～6月3日であり，演習は6月4日に実施した．演習終了後，アンケートの協力を依頼した．いずれの参加者も，期日までに e ラーニングを受講していた．なお，協力者の1名は，自己都合により演習を欠席した．

3.2 アンケートによる評価

事後アンケートの回答者は16名（回答率:94.1%）であった．

事前学習の理解度は「80～100%」10名（62.5%），「60～79%」6名（37.5%），難易度は「ちょうどよい」12名（75.0%），「やや難しい」3名（18.8%），「やや易しい」1名（6.3%），量は「ちょうどよい」13名（81.3%）であった．1単元の学習時間の平均は「1時間以上1時間半未満」8名（50.0%），「1時間未満」7名（43.8%），「1時間半以上2時間未満」1名（6.3%）であった．自由記述では「脳の変化に関する資料が難しかったが，ビデオと合わせて学習すると理解できた」「単元によって難易度が違った」などの意見が伺えた．

演習の理解度は「80～100%」12名（75.0%），「60～79%」3名（18.8%），「40～59%」1名（6.3%），難易度は「ちょうどよい」14名（87.5%），「やや難しい」2名（12.5%），時間は「ちょうどよい」10名（62.5%），「やや長い」5名（31.3%），「やや短い」1名（6.3%）であった．自由記述では「オンラインで受けられる方が移動もなく受講しやすい」「パソコンの操作が不慣れなのでワークシートの使い方などが分かりづらかった」などの意見が伺えた．

LMS の操作性は「簡単だった」「やや簡単だった」10名（62.5%），「やや難しかった」3名（18.8%），画面の了見性は「見やすかった」「やや見やすかった」12名（75.0%），「見づらかった」1名（6.3%）であった．自由記述では「取り組む順番が明確で，受講したかしていないかがひと目でわかることは受講する上で進めやすかった」「確認テストを繰り返し解くことで理解が深まった」などの意見が伺えた．

4.　考察

アルコール依存症の診療・支援にかかわる医療者を対象とした教育研修プログラム開発の前段階として，e ラーニングの試行ならびに演習のトライアルを実施した．その結果，プロトタイプの段階でマクロデザインの可視化，ならびに，全体的な方略の適切性および改善点が抽出できた．本研究で得られた示唆を適用することにより，受講者にとって最適なプログラムを開発することが今後の課題と考える．

付記：本研究は，厚生労働科学研究費補助金（障害者政策総合研究事業）の助成を受けている．

参考文献

(1) 鄭仁星，久保田賢一，鈴木克明: “最適モデルによるインストラクショナルデザイン―ブレンド型 e ラーニングの効果的な手法―”，東京電機大学出版局，東京　(2008)
(2) 佐久間寛之，齋藤利和，大槻眞嗣，杉浦真由美，堀場文彰，稲熊容子，太田充彦，村山裕子，阿部かおり，大越拓郎: “アルコール依存症研修に対するニーズおよび依存症医療者に必要な資質に関するエキスパート調査”，第34回九州アルコール関連問題学会（2023）

読解対象文の難易度を考慮した読解問題自動生成手法

Difficulty-Controllable Reading Comprehension Question Generation Considering Levels of Reading Passages

富川 雄斗 *1，宇都 雅輝 *1
Yuto Tomikawa*1, Masaki Uto*1
*1 電気通信大学
*1The University of Electro-Communications
Email: {tomikawa, uto}@ai.lab.uec.ac.jp

あらまし： 近年，学習者の読解力にあった難易度の読解問題を深層学習を用いて自動生成する読解問題自動生成手法が提案されている．しかし，既存手法では，問題生成の元になる読解対象文の難易度を考慮していないという課題がある．そこで，本研究では，読解対象文の難易度も考慮した問題生成技術を開発する．具体的には，問題の難易度とともに読解対象文の難易度も推定できる項目反応理論モデルを開発し，それにより得られる難易度値に基づいて学習者の読解力にあった難易度の読解対象文選定と問題生成を行う方法を提案する．

キーワード： 読解問題，問題生成，深層学習，言語モデル，項目反応理論，言語生成

1 はじめに

読解力育成のためには，学習者に様々な読解文を与え，それに関連する多様な読解問題に取り組ませる学習支援が有効といえる．しかし，人手で多様な読解問題を作成することは時間的・費用的コストが高いという問題がある．この問題を解決するために，深層学習を用いた読解問題自動生成技術が近年注目を集めている．

問題生成技術を学習支援に利用する場合，単に問題を生成するだけでなく，学習者の読解力に応じた難易度の問題を生成することが重要である．このような生成を目指し，近年では，難易度を調整可能な読解問題生成技術も提案されている．例えば，鈴木・宇都 [1] は，項目反応理論（Item Response Theory: IRT）に基づいて推定された問題難易度と読解対象文を入力として，問題と答えを生成する深層学習ベースの問題生成手法を提案している．このような既存手法は，生成する問題と答えの難易度調整のみを目的としているが，実際には読解対象文の難易度も問題の難易度に影響すると考えられる．例えば，難易度の低い読解対象文から難易度の高い問題を生成することは，難易度の高い読解対象文から難易度の高い問題を生成する場合に比べて困難と予想できる．また，効果的な学習のためには，各学習者のレベルに合った難易度の読解対象文を与えることも重要といえる．

そこで本研究では，読解対象文の難易度も考慮した問題生成技術を開発する．具体的には，まず，問題の難易度とともに読解対象文の難易度を推定するために，IRT モデルの一つである Rasch モデルを階層ベイズ化した新たなモデルを開発する．さらに，提案 IRT モデルを用いて推定した読解対象文の難易度を基に学習者の能力値にあった難易度の読解対象文を選定し，その文章に基づいた適切な難易度の問題を生成する方法を提案する．

2 従来手法

本研究では，鈴木・宇都 [1] が開発した難易度調整可能な読解問題生成技術を基礎技術として利用する．この手法では，次の手順で問題生成モデルを構築する．

1. 読解対象文とそれに関する問題文および答えで構成されるデータセット（例：SQuAD データセット）を用い，各問題に対する学習者の正誤反応データを得る．なお，既存手法では，人間の学習者を QA（Question Answering）システムで代用している．
2. 得られた正誤反応データに，基礎的な IRT モデルの一つである Rasch モデルを適用し，各問題の難易度を推定する．
3. SQuAD データセット内の読解対象文と IRT で推定した問題難易度を入力とし，問題と答えを生成するように深層学習モデルを訓練する．なお，深層学習モデルには BERT と GPT-2 を用いており，答えの抽出には BERT を，問題文生成には GPT-2 を使用している．

以上で訓練されたモデルに任意の読解対象文と所望の難易度を入力することで，難易度調整可能な問題生成を実現している．

3 提案手法

1 章で述べたように，本研究の目標は，読解対象文の難易度を考慮した問題生成技術の開発である．これを実現するために，まず，問題の難易度とともに読解対象文の難易度も推定できる IRT モデルを提案する．

3.1 読解対象文の難易度推定のための IRT モデル

本研究では，読解対象文と問題の難易度を推定できる IRT モデルとして，Rasch モデルを階層ベイズ化した次式のモデルを提案する．

$$P_{ij}^{(r)} = \frac{1}{1+\exp(-(\theta_j - b_i))} \tag{1}$$

$$\theta_j \sim \mathcal{N}(0,1),\quad b_i \sim \mathcal{N}(b_i^{(r)}, \sigma),\quad b_i^{(r)} \sim \mathcal{N}(0,1) \tag{2}$$

ここで，θ_j は学習者 j の能力，b_i は問題 i の難易度，$b_i^{(r)}$ は問題 i に対応する読解対象文 r の難易度を表す．また，σ はハイパーパラメータである．提案モデルのグラ

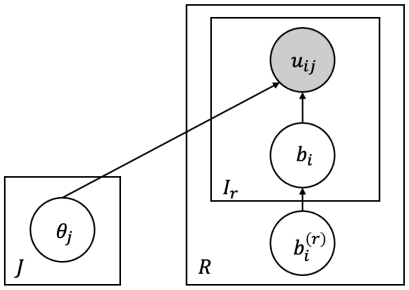


図 1　読解対象文の難易度を考慮した IRT モデル．J は学習者数，R は読解対象文数，I_r は r 番目の読解対象文に対応する問題数を表す．

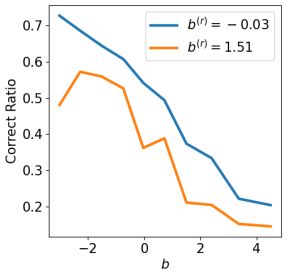


図 2　QA システムの正答率

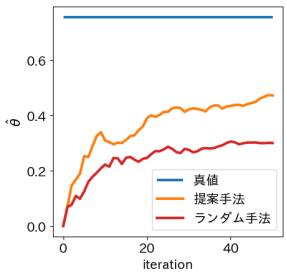


図 3　適応的出題の結果

フィカルモデルを図 1 に示す．

このモデルを用いることで，各問題への学習者の正誤反応データの集合から，各問題の難易度 b_i と各読解対象文の難易度 $b_i^{(r)}$ を推定できる．なお，パラメータ推定には，No-U-turn サンプラに基づくマルコフ連鎖モンテカルロ法を用いる．

3.2　学習者の能力に合った読解対象文選定と問題生成

本研究では，提案 IRT モデルを用いて推定した読解対象文の難易度を基に，学習者の能力値に合った読解対象文を選定した上で，適切な難易度の問題生成を行う方法を提案する．先行研究 [2] より，効果的な学習のためには，学習者が 50% の確率で正答できる難易度の問題の出題が有効とされている．したがって，本研究では，学習者が 50% の確率で正答できる難易度になるように，読解対象文の選定と問題の生成を行う．

提案 IRT モデルでは，$b = \theta$ のときに学習者の正答確率が 0.5 となる．また，式 (2) より，b は $b^{(r)}$ を平均とする正規分布に従うため，$b^{(r)} = b = \theta$ の読解対象文を利用することで適切な難易度の問題生成が期待できる．以上より，本研究では，$b^{(r)} = \theta$ となる読解対象文を選択し，問題難易度として $b = \theta$ を指定して問題生成を行う．ただし，実際の学習環境において学習者の能力値 θ が事前に測定されている機会は少ない．そこで本研究では，適応型テストの枠組みで，θ の推定と能力推定値 $\hat{\theta}$ に応じた読解対象文選定と問題生成を行う手法を提案する．

提案手法では，まず，2 章で説明した鈴木・宇都と同様の手法で，難易度調整可能な問題生成のための深層学習モデルを訓練する．ただし，問題難易度の推定には提案 IRT モデルを利用する．その後，訓練された問題生成モデルを利用して，以下の手順で適応的な読解対象文選定と問題生成を行う．1) 学習者の能力値の初期値を $\hat{\theta} = 0.0$ とする．2) $\hat{\theta}$ に近い難易度 $b^{(r)}$ の読解対象文を選定する．3) 選定した難易度の読解対象文と問題の難易度 $b = \hat{\theta}$ を所与として，訓練済み問題生成モデルで問題文と答えを生成する．4) 生成した問題を学習者に出題し，正誤反応データ u を取得する．5) これまでに出題した問題の難易度 $\boldsymbol{b}$ と正誤反応データ $\boldsymbol{u}$ から学習者の能力推定値 $\hat{\theta}$ を更新する．6) 手順 2〜5 を繰り返す．以上の手順により，学習者の能力値に応じた難易度の読解対象文の選定と問題の生成が実現できる．

4　実データ実験

ここでは，実データ実験を通して，適切な難易度の読解対象文を選定することの重要性を示す．本実験では，難易度に差がある読解対象文から多様な難易度の問題を生成し，それらの問題に対する QA システムの正答率に基づいて，読解対象文の難易度差によって生成される問題の難易度に差が生じるかを評価した．図 2 に実験結果を示す．図の横軸は問題の難易度，縦軸は QA システムの正答率，青線は $b^{(r)} = -0.03$, 橙線は $b^{(r)} = 1.51$ の読解対象文から生成した問題を表す．図から，読解対象文の難易度が高いほど指定する問題の難易度によらず正答率が低くなる傾向が確認できる．このことは，読解対象文の難易度が生成される問題の難易度に影響を与えることを示しており，適切な難易度の問題生成のためには読解対象文の選択が重要であることを示唆している．

次に，適応的出題の性能を評価する実験を行った．ここでは，読解対象文の選定方法として，提案手法による適応的選定とランダムな難易度での選定の 2 種類を比較した．なお，生成する問題の難易度はともに $b = \hat{\theta}$ とした．各手法で推定された能力値 $\hat{\theta}$ の推移を図 3 に示す．図の横軸は問題出題数，縦軸は $\hat{\theta}$，青線は θ の真値，橙線は提案手法で得られた $\hat{\theta}$，緑線はランダム手法で得られた $\hat{\theta}$ を表す．この結果より，提案手法では，学習者の真の能力値がより高精度に推定されたことがわかる．このことから，提案手法は学習者の真の能力値により適した難易度の読解対象文選定と問題生成が可能といえる．

5　まとめ

本研究では，読解対象文の難易度を考慮した読解問題自動生成手法を開発した．今後の課題として，人間の評価者を用いた実験などが挙げられる．

参考文献

[1] 鈴木彩香，宇都雅輝: Transformer モデルを用いた難易度調節機能付き読解問題自動生成手法, 日本行動計量学会大会抄録集，pp.126-129，2022.

[2] M. Ueno and Y. Miyazawa: IRT-based adaptive hints to scaffold learning in programming, IEEE Transactions on Learning Technologies, vol.11, no.4, pp.415-428, 2018.

来園者を対象とした熊本市動植物園マップアプリの開発とその評価

Development and Evaluation of Kumamoto City Zoological and Botanical Gardens Map App for Visitors

佐藤 錬 Ren SATO
青木 千能 Chino AOKI
宇都宮 美咲 Misaki UTSUNOMIYA
西村 天眞 Takamasa NISHIMURA
渡邊 隼人 Hayato WATANABE
飯村 伊智郎 Ichiro IIMURA
熊本県立大学総合管理学部
Faculty of Administrative Studies, Prefectural University of Kumamoto
Email: {r-sato, c-aoki, m-utsunomiya, t-nishimura,h-watanabe, iiimura}@ilab.pu-kumamoto.ac.jp

あらまし：本研究では，熊本市動植物園来園者の道案内及び動物紹介の満足度向上を指向し，マップ機能及び AR ボードラリー機能，図鑑機能を搭載したスマホ向けアプリを開発した．来園者の方々に本アプリを実際に体験していただき，「動植物園内の案内に対する満足度を向上させるアプリであったか」，「AR を用いた本アプリは動植物園内での体験に付加価値を与えることができたか」の 2 つの観点を中心にアンケート調査を実施し評価した．
キーワード：動植物園，マップ，AR，図鑑，コレクション

1. はじめに

熊本市動植物園（以下，動植物園）は，昭和 44 年（1969 年）に水前寺から江津湖湖畔へ移転し，開園した．動植物園は，今後の施設整備計画や事業運営についての方針を定めるための計画目標であるマスタープランを 2020 年 3 月に策定した(1)．このマスタープランに記載されている動植物園の施設に関する満足度のデータにより，動物ガイド・教室の項目で普通，やや不満，大変不満が全体の約 6 割を占めていることが分かる．このことから，約 6 割の来園者のガイドに対する満足度を改善する必要があると考える．また，AR マップアプリを活用した先行研究として，C. Wakefield らによる社会的教育施設に AR を用いた研究(2)がある．彼らの先行研究では，AR 機能を有するアプリを社会的教育施設に導入したことによって，どの年代においても「観光時に新たな価値を得ることができた」という意見が最も多く得られたことが示されており，AR はその施設に付加価値を与えられるということが分かる．以上のことから，本研究では，来園者を対象とした AR を用いた動植物園マップアプリを開発し，本施設での経験に付加価値を与えることで，来園者の道案内及び動物ガイドの満足度向上を目的とした．

2. 開発したアプリ「AZOOR」の概要

本研究は，動植物園のご協力のもとで行った．来園者の道案内及び動物紹介の満足度向上を図るため，マップ機能，AR ボードラリー機能，図鑑機能，これら 3 つの機能をスマートフォン向けアプリとして実装した．ここで，ボードラリーとは，動植物園に設置されてある看板を巡ることから，スタンプラリーをヒントに筆者らが考えた造語である．なお，その看板が AR のマーカーとして機能する．本アプリは，来園者全員を対象としており，子どもが使用することも考慮し，実装の際は小学校 6 年生までに習う漢字を使用するものとして設計した．AR やボードラリーを実装することにより，本アプリを使うことに興味を抱かせるように工夫した．また，動植物園職員の方々との打合せや園内での検証を重ね，来園者が本アプリをより安全にかつ効果的に使えるよう，マップを静止画にすることで歩きスマホの点に配慮した．

なお，図 1 は本アプリに搭載した 3 つの機能の画面例であり，図 2 は動植物園職員の方と園内での機能検証を行った際の様子である．

2.1 マップ機能

1 つ目のマップ機能では，簡易的な動植物園ガイドを提供する．その方法として，まず動植物園にて飼育されているすべての動物を見て回ることができるコースを用意し，それを 17 個の個別のコースに分割した．それら個別のコースを順番に回ることによって，効率的に動植物園内のすべての動物を見て回ることを可能にした．

2.2 AR ボードラリー機能

2 つ目の AR ボードラリー機能では，動植物園に設置されている動物の看板を本アプリに実装したカメラで読み込むと，その看板に対応した動物の情報，具体的には，その動物の 3D モデルによるアニメーション，豆知識や絶滅危惧種レベルが画面に表示される．その後，「登録する」ボタンをタップすると，後述する図鑑機能の図鑑に登録される．また，「動画を見る」もしくは「画像を見る」ボタンをタップすると，動植物園公式 Twitter アカウントでツイートされているその動物の動画や画像を見ることも可能である．

なお，評価実験の際は，被験者に対する負荷軽減

を目的として，後述する図鑑機能の図鑑に掲載されている合計 92 種の動物のうち，23 種の動物に限定して本機能を実装している．

2.3 図鑑機能

3 つ目の図鑑機能では，動植物園に看板が設置されている合計 92 種の動物の情報を見ることが可能である．具体的には，AR ボードラリー機能で述べた情報と同様の情報を見ることができ，動植物園来園後の振り返りを行うことが可能である．これにより，動物に対する興味・関心を高められることが期待される．なお，AR ボードラリー機能にて AR マーカーである看板を読み込んでいない動物については，本図鑑において，動物の画像にはシルエットが表示され，名前には「？」が表示されるようにした．

マップ機能　AR ボードラリー機能　図鑑機能

図 1 開発したアプリ「AZOOR」の画面例

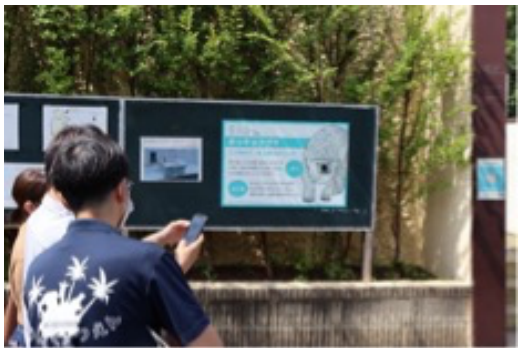


図 2 動植物園職員の方と園内での機能検証の様子

3. アンケートによる評価および考察

本アプリの評価を目的とし，2022 年 9 月 8 日から 9 月 28 日のうちの 6 日間を実験日とし，動植物園の来園者の方々を対象に，開発したアプリを体験していただいた．その後，アプリを体験いただいた 45 名を対象に，「動植物園内ガイドの満足度を向上させるアプリか」，「AR を用いた本アプリは動植物園に付加価値を与えたか」の 2 つの観点を中心としたアンケート調査を実施した．その結果を踏まえ，本アプリが動植物園において来園者の道案内及び動物ガイドの満足度向上の一助となるかを評価した．

まず，「動植物園内ガイドの満足度を向上させるアプリか」の観点について，約 78%の被験者から，本アプリのマップ機能は動植物園ガイドに役立ったと思うという回答を得た．次に，「AR を用いた本アプリは動植物園に付加価値を与えたか」の観点については，図 3 に示す通り，約 89%の被験者から，動植物園に付加価値を与えると思うという回答を得た．本アプリの AR ボードラリー機能については，「看板を読み取ると絵や説明が出てきて，看板を探すのも楽しかった」や「動物を読み取ってコレクションするのが楽しかった」というご意見をいただいた．図鑑機能については，「動物の豆知識を知れるところが面白かった」や「スタンプラリーのようでとても楽しめました」等のご意見をいただいた．以上のことから，本アプリは AR を活用したことによって，動植物園に付加価値を与えることが示唆された．

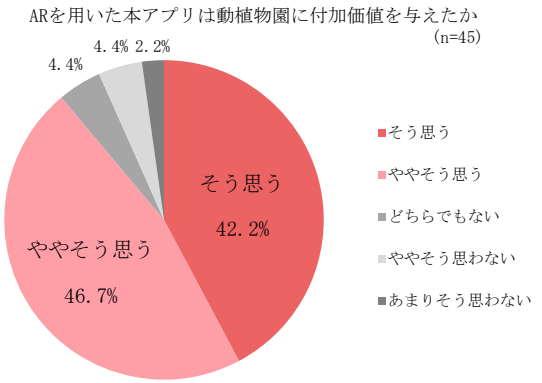


図 3 「AR を用いた本アプリは動植物園に付加価値を与えたか」の質問項目に対するアンケート結果

4. おわりに

本研究では，動植物園マップアプリを開発し，それによって，動植物園来園者の道案内及び動物ガイドの満足度向上の一助になり得たかを評価した．その結果，本アプリが動植物園来園者の道案内及び動物ガイドの一助になり得ることが示唆された．

今後はアンケートにより明らかになった課題をもとに，コンテンツの拡充や改善を図っていきたいと考えている．

謝辞　本研究は令和 3 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．熊本市動植物園の徳島様をはじめとした関係者の方々においては，本アプリを開発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) 熊本市動植物園: “熊本市動植物園マスタープラン”，入手先〈https://www.ezooko.jp/kiji/pub/detail.aspx?c_id=3&id=541〉（参照 2021-09-30）
(2) C. Wakefield, A. Simons, and D. John: “Can Augmented Reality enhance to a greater visitor satisfaction of historical landmarks?”, Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage (GCH 2019), pp.69-72（2019）

雅楽の初級者のための龍笛の合奏練習支援システムの提案と構築

Proposal and Development of an Ensemble Practice Support System for Ryuteki for Gagaku Beginners

植野　泰史[*1]，曽我　真人[*2]
Yasushi UENO[*1], Masato SOGA[*2]
[*1] 和歌山大学大学院システム工学研究科
[*1] Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University
[*2] 和歌山大学システム工学部
[*2] Faculty of Systems Engineering, Wakayama University
Email: s236034@wakayama-u.ac.jp

あらまし：日本の伝統音楽である雅楽では，オーケストラとは異なり，テンポが明確に定まっていないことや指揮者がいないことなどから，個人練習を十分に行った初級者の人でも合奏の練習でつまずいてしまうことが多い．本研究では，雅楽で用いられる楽器である龍笛の初級者の人がつまずくことなく合奏練習に参加することができるよう，個人練習だけでは身に着けることの難しい雅楽の合奏技術を習得できるような学習支援システムの提案・構築を行い，システムの有用性についての検証を行う．
キーワード：雅楽，龍笛，学習支援システム　，音声情報処理

1.　研究背景

1.1 雅楽・龍笛とは

図 1　龍笛

雅楽とは, 奈良時代ごろにアジア諸国から伝来し，平安時代に現在の形態に確立された日本の伝統音楽である. そこで用いられる楽器の一つである龍笛は，竹で作られた横笛で，合奏においては，音域の広さを生かして，音域の狭い篳篥が奏でる主旋律のサポートである副旋律・ハーモニーの役割をする(図 1).

1.2 合奏におけるオーケストラとの違い

雅楽の合奏と西洋音楽のオーケストラにおける合奏の違いは大きく 2 点ある．

1 つ目は，テンポが明確に定まっていないことである．オーケストラなどの西洋音楽では，譜面に楽曲のテンポが書かれており，そのテンポに合わせて一定の速度で進行することがほとんどであるが，雅楽ではそのような指示がされておらず，テンポの進行は演奏者の裁量に任せられるため，正しいタイミングで演奏するのが難しい．また，楽曲の序盤は遅いテンポから始まり，演奏が進むごとに徐々にテンポが速くなっていくことから，西洋音楽よりも拍の感覚がとりづらいといえる．

2 つ目は，指揮者がいないことである．楽曲全体の指示を行う人がいないため，演奏者が全員で拍の感覚を共有しながら演奏を行っていく必要がある．そのような状態であるから，演奏を間違えるなどで演奏箇所を見失ってしまうと，改めて演奏に戻るのは難しい．

雅楽という音楽は合奏音楽であるため，個人練習が十分に行えただけでは十分に演奏が上達したとはいえず，合奏練習に参加し，周りの演奏者と息を合わせて演奏することができてはじめて十分に演奏が上達したといえる．講師の手本や決まったテンポの拍に合わせて練習を行う個人練習と違い，指揮者のいない中で不安定なテンポで進行する合奏全体の音を聞きながら演奏を行うため演奏の難易度が高い．そのため，初級者の人が合奏練習に参加しても，拍の感覚や曲の流れを掴むことが難しく，演奏についていけなくなってしまうことが多い．

2.　研究目的

本研究では，雅楽の初級者の人が合奏練習につまずくことなく参加できるよう，個人練習だけでは習得することが難しい拍の感覚や楽曲の流れを掴むといった合奏を行う上で必要になるスキルを習得できるような学習支援システムの提案・構築を行い，システムの有用性について検証を行うことを目的としている．具体的には，雅楽を初めて習う人が最初に練習することが多い「平調　越殿楽」という楽曲を用いて，合奏の音源を聞きながら拍の感覚をつかむ練習と合奏音源に合わせて龍笛を演奏する練習を行うシステムの 2 種類のシステムの構築を行い，初級者が実際の合奏練習に参加せずとも合奏を行う上で必要なスキルを身に着けることができるようにする．

本研究で構築する学習支援システムは，越殿楽の

個人練習をある程度行えた人が合奏練習に初めて参加するための準備として利用することを想定しており，龍笛を一度も練習したことがない人が練習するという用途については本システムでは考えていない．

3.　関連研究

オーケストラをはじめとした西洋音楽を対象に合奏支援を行う研究についてはこれまでに多く行われてきた．その中でも高津らの研究(1)では，指揮者不在の環境であっても演奏の指示を出せるように，タブレット端末上に仮想指揮者を表示し，各パートに合わせてテンポや音の強弱の指示を行うことで，演奏者にとって演奏のしやすい環境を構築している．

しかし，雅楽においては合奏時に指揮者がいないことが前提の音楽であり，演奏者自身で演奏についての判断を行いながら演奏することが重要となる．最終的にはシステムによる支援なしで合奏に参加できるようになることを目的としていることから，指揮者のような演奏の指示をその場で行うものを用意するのではなく，演奏における注意点について事前に指導を行うことで，合奏練習に実際に参加した時に周りと合わせて演奏が行えるようになることを目指すシステムを構築することとする．

4.　提案システム

4.1 初級者が身につけるべきスキル

合奏練習に参加するまでに身に着けるべきこととして，大きく 2 点のスキルがある．

1 つ目は，合奏時のテンポの感覚や楽曲の流れを掴むスキルである．熟練者の人がテンポを掴み，タイミングを合わせて演奏するために，演奏中に注意深く聞いているパートや演奏箇所について知り，演奏を聞きながら拍のタイミングを掴めるようにすることが求められる．本システムでは，その技術を習得できるよう，演奏時の注意点を表示しつつ，拍のタイミングを掴む練習を実装することでこのスキルを身に着けることとしている．

2 つ目は，唱歌を頭の中で歌いながら演奏を行うことである．唱歌とは，楽曲の練習を行う前に曲の流れを掴むために行う練習で，楽器を用いずに拍に合わせて膝を叩きながら唱歌を歌うというものである．熟練者は合奏の演奏を行う際には，周りとタイミングを合わせるために，頭の中で唱歌を歌いながら演奏のアウトプットを行っている．しかし，初級者の人が最初から周りと合わせて唱歌を歌いながら演奏をすることは困難であるため，本システムでは，そのスキルを段階的に習得することを目指している．

4.2 テンポの感覚をつかむ練習

前節で述べた拍の感覚やテンポのタイミングを掴む練習を行うシステムとして，次のようなものを提案する．

システムを起動すると，図 2 のような画面が表示される．左側に表示されているのが龍笛の譜面，右上には現在の演奏箇所を示す赤線と唱歌を表示し，右下には拍を合わせるために注意すべきポイントを表示させる．練習を開始すると合奏の音源が流れるため，流れる音源の拍に合わせてタイミングよくボタンを押し，正しい時間にボタンが押されているかどうかでテンポの感覚がつかめているかの判定を行う．画面上では，演奏が進むごとに赤い線が右へ移動し，数字や唱歌の文字と赤い線が重なるタイミングでボタンを押せていれば正解となる．この練習を行うことで，合奏を聞きながら楽曲の流れや拍のタイミングを掴むことができるようになると考える．

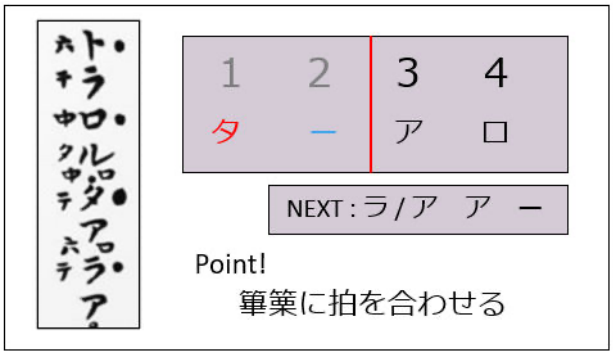


図 2　練習画面のインターフェース図

4.3 龍笛を用いた演奏練習

唱歌を頭の中で歌いながら演奏を行う練習として，実際に龍笛を用いて合奏の音源と合わせて演奏の練習を行うシステムを提案する．4.2 節での練習で用いたものと同様のインターフェースを用いて，合奏音源に合わせて龍笛の演奏を行ってもらう．4.1 節で述べたように，初級者が最初から唱歌を歌いながら演奏することは難しいため，本システムでは，合奏と唱歌を合わせた音源，演奏時の注意点を強調して聞きやすくした音源，そして編集を行っていない生の合奏音源の 3 種類を順番に使用しながら練習を行っていく．そうすることで，徐々にヒントを減らしながら合奏の練習を進めていき，最終的には合奏を行う上で必要なスキルを身に着けていくことを目指すものとなっている．

5.　今後の展望

雅楽の初級者が合奏練習を円滑に行えるようにするための合奏練習支援システムについて提案を行った．今回提案したシステムについて，現在はまだ構想段階のものであるため，本研究の今後の予定としては，順次システムの構築を行い，本システムを利用することで合奏技術の向上が見込めるかについて検証を行いたいと考えている．本研究は科研費課題番号 17H01996 の支援を受けて推進した．

参考文献

(1)　高津良介，牧宥作，井上智雄，岡田謙一「演奏者別の仮想指揮者による合奏支援」，情報処理学会論文誌デジタルコンテンツ（DCON）4 (1), 19-25,（2016-02-18）

追尾空撮シミュレータによるドローンの操縦スキル学習支援

Drone piloting skill learning support Using a tracking aerial photography simulator

松本 隆誠，曽我 真人
Ryusei MATSUMOTO, Masato SOGA
和歌山大学システム工学部
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University
Email: s246269@wakayama-u.ac.jp

あらまし：近年ドローンが一般的になってきているが，ドローンによる事故も多数発生している．また，ドローンの使用方法として，動く対象を追尾しながら撮影を行うことがあるが難易度が高く練習が必要となる．しかし，練習を行うには練習に適した広い場所を用意しなければならないため気軽に練習をすることができない．本研究では，気軽にいつでも練習が行えるように，仮想空間上で追尾空撮の練習ができるシステムの実装とその評価を行う．
キーワード：ドローン，スキル学習支援，シミュレータ，仮想現実

1. はじめに

近年ドローンが身近なものとなり，ドローンを用いた空撮映像を目にすることも多くなってきている．一方で，ドローンの特徴として，知識や経験が無くてもある程度ある程度飛ばすことができてしまうということがあるため，それが原因で操縦者のスキル不足による事故も多く発生している．

操作ミスが起こる原因には，ドローンの操作方法にあると考えられる．例えば，コントローラで前進を入力した場合，ドローンは操縦者から見て前方に動くのではなく，ドローンの正面方向に移動する．そのため，操縦者とドローンの向いている方向が異なる場合には，方向感覚が分からなくなり，操作ミスに繋がりやすい．

また，ドローンの使用方法の一つとして動く対象を追尾しながら撮影することがある．これは，ただドローンを飛ばす場合や，景色などの空撮と比べると，比較的近くから動く対象をカメラに収める必要があり，難易度が高く，練習が必要となる．

しかし，追尾空撮のトレーニングを実機で行おうとすると様々な問題があり，練習できる場面が限られてしまう．

2. 関連研究

通常ドローンを操作する際には，直接ドローンを見るか，ドローンの一人称視点を見ることによって，ドローンの周りの状況を把握するが，一人称視点ではドローンの周りの状況を把握することが難しく，障害物に衝突してしまう可能性が高くなる．

(1)では自分が操作する主ドローン以外に，主ドローンを自動で追尾する副ドローンがあり，副ドローンからの三人称視点によって，周囲の状況を把握できるようにしている．

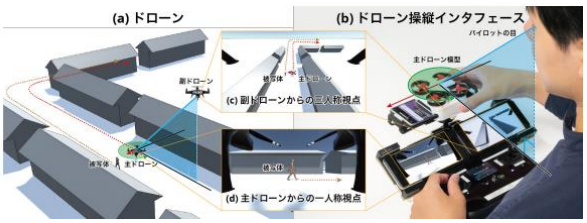


図 1 イメージと操縦インターフェース

3. 研究の目的

1 で述べたように，追尾空撮は通常の空撮などと比べて，難易度が高く事故を起こさないためにも，練習が必要である．しかし，様々な問題があることから，気軽に練習を行うことができない．そのため，時間や場所を選ばずに練習が出来るように，仮想空間上でドローンの追尾空撮に必要なスキルを習得できるシステムを作成しようと考えた．

今回制作するシステムでは追尾空撮の練習を行うとともに，追尾空撮以外の通常の飛行にも必要な，ドローンの方向感覚を掴むための練習にもなると考えている．

4. システム概要

今回制作システムでは，追尾空撮において特に難しい対象の周りを回るように動きながら対象をカメラに収め続ける動きの練習を行う．

4.1 開発環境

開発にはゲーミングノート PC，ソフトウェアは，Unity と Visual Studio を用いた．

4.2 画面の説明

図 2 は本研究で制作したシステムの画面のイメージ図である．2 つの画面から構成されており，上の画面は操縦者視点，下の画面はドローンの一人称視点である．また画面中央の球体は撮影をする対象物であり，一定の速度で直進し続けている．

画面中央付近の「left」はドローンの通過目標点の

方向，下部の「10」は通過目標点が更新される残り回数を表している．

通過目標点は前後左右の 4 か所のいずれかが指定される．この場面では left が指定されているため，対象物の進行方向に対して左方向が通過目標点となっている．

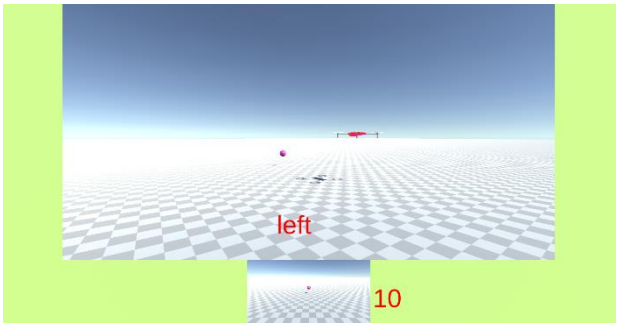


図 2 システムのイメージ図

4.3 正しく撮影できていない場合

ドローンと対象物の距離が適切でない場合や，対象物がドローンのカメラから外れた場合には正しく撮影できていない状態としている．その場合には，図 3 のように画面中央付近に距離が遠いことを表す「far」や対象物がドローン視点の右側に外れていることを表す「→」が表示される．

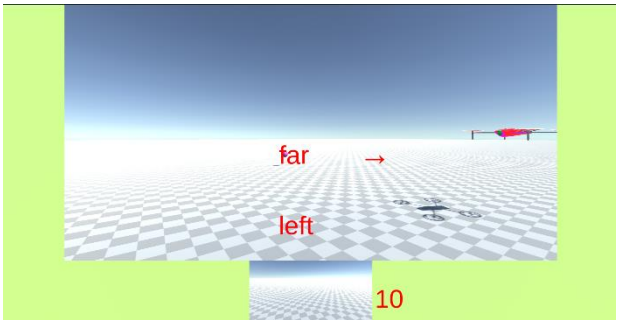


図 3 正しく撮影できていない場合

4.4 練習方法

指定された通過目標点まで，適当な距離を保ちつつドローン視点に対象物を収めながら移動する．通過目標点で，正しく撮影できていれば通過目標点が別の場所に更新されるので，これを 10 回繰り返す．終了後，正しく対象物を収められていた時間の割合や，終了までにかかった時間から計算されたスコアが表示される．

4.5 本システムの特徴

初心者にとってドローンの移動方向の感覚を掴むのは難しいため，感覚を早く掴めるようにするために，ドローンは加速や減速をせずに等速的な移動をするようにしてある．

また，初心者でも追尾空撮の感覚を早く掴めるように，3 つの機能のオンオフを切り替えられるようになっている．

- 入力遅延
- ドローン視点の表示・非表示
- 対象物が画面から出たことを知らせる矢印

5. 検証実験

本研究では被験者を，本システムを使って練習を行う実験群と，ドローンの開発・販売を行っている DJI の DJI フライトシミュレータを使って練習を行う統制群とに分けて被験者実験を行った．

初めに実機のドローンを 7 分程度飛ばし，ドローンの基本操作を覚えてもらう．その後事前テストを行う．その後実験群と統制群に分けて 20 分間の練習を行い，事後テストを行う．

事前・事後テストでは、歩く被写体の周りを反時計回り，時計回りで一周回る撮影をそれぞれ 1 回ずつ行った．

撮影した映像を元にスキルの上達具合の比較を行った．

表 1 検証結果

項目	実験群	統制群
割合	-6.06%	+7.03%
カメラ調整	+0.8	+1.5
距離感	+1.67	+1.67
操縦のスムーズさ	+2.00	+2.67

割合は正しく撮影できていた時間の割合，残りの 3 項目は操縦時の意識に対する評価で，反時計回り・時計周りのそれぞれで 5 段階評価を行ない，上昇値の合計の平均を求めたものである．

割合以外の項目については上昇しているが，統制群を下回る結果となった．

6. まとめ

本研究では，仮想空間上で動く対象の周りを回るように動きながら対象をカメラに収め続ける動きの練習をするためのシステムを制作した．

また，本システムは，初心者が速く操縦の感覚を掴むことができるように，初めは優しい練習から徐々に実機での操縦に近い状態で練習することができるようになっている．

実験群が統制群を下回ったことに関して，本システムのドローンの移動速度遅が実機のものと比べて遅く操作感が異なっていたことが大きな原因になっていると考えられる．

本研究の一部は科研費課題番号 17H01996 の支援を受けて推進した．

参考文献

(1) 天間遼太郎，高嶋和毅，末田航，藤田和之，北村喜文: “空間連動する 2 つのカメラ視点を用いたドローン操縦インターフェースの拡張” http://www.interaction-ipsj.org/proceedings/2019/data/pdf/INT19012.pdf[アクセス日: 2022 年 2 月 6 日]

(2) DJI フライトシミュレータ https://www.dji.com/jp/simulator [アクセス日: 2022 年 2 月 6 日]

MR 環境における文字入力手法の創出

Creation of text entry method in MR environment

若狭 成宗，曽我 真人
Hidetoshi WAKASA, Masato SOGA
和歌山大学システム工学部システム工学科
Faculty of Systems Engineering Wakayama University
Email: s246319@wakayama-u.ac.jp

あらまし：本研究では MR 環境における より効率的な文字入力方法を創出することを目的とした．この目的を達成するためのアプローチとしてハンドトラッキング，ジェスチャ入力，3 次元キーボード，直接キーボードを触ることで入力する形式の４つを組み合わせたシステムを検証した．ユーザーによる検証の結果，本システムの課題が浮き彫りになった．
キーワード：MR，**ハンドトラッキング**，**ジェスチャ入力**，VR，**文字入力**

1. はじめに

近年，AR/VR 市場ではエンターテイメント分野以外に，不動産や観光業での活用の他，訓練や教育での活用が広がっており，今後も市場規模が拡大すると見られている．従来は主に VR デバイスの普及が進んでいたが，近年では VR 以外にも AR や MR といった技術に対応するためのデバイスも普及してきている．市場の拡大に伴い，使用用途が増え，その分追加で必要な機能も求められる．これについては文字入力システムも該当し，使用用途に応じて，適切な文字入力システムを提供することが必要である．

そこで，本研究では MR デバイスでの利用を見据え，場所，状況に縛られない入力手法として MR 環境における より効率的な文字入力手法の創出を目的とする．この目的を実現する為のアプローチとして，本研究ではハンドトラッキング，ジェスチャ入力，３次元キーボードの他，キーボードを触ることで入力する形式の 4 つを組み合わせたシステムを構築した．

2. システム概要

本システムは Meta Quest2 のみを用いる．これは Meta 社によって開発，発売されている VR デバイスであり，Passthrough API を用いることによりモノクロではあるが，MR 体験をすることができる．

本システムでは利用者が仮想キーボード上で指をつまむと入力が開始され，つまみの終了と共に入力も終了する．この間に入力された座標データを解析することで，利用者が入力しようとしている文字，単語を推定する．入力する座標データは人差指の先を基準としており，手の位置，形状の認識はハンドトラッキングを用いている．ジェスチャ入力のアルゴリズムについては Zhai らによる SHARK2(1)を 3 次元に適応するように書き換えたものを用いている．キーボードに関しては奥行方向にキーボードを湾曲させている 3 次元キーボードを採用している．

図 1 ジェスチャ入力直後

3. 評価実験

20 代の男性 5 名で本システムを用いて実験を行った．実験ではシステムを起動後 15 分から 25 分程度システムの使い方に慣れてもらい，その後，英語フレーズ３つを 1 セッションとして 4 セッション分入力を行ってもらい WPM(Words Per Minute)を測定した．その後 SUS(System Usability Scale)アンケートと独自のアンケートを用い，システムのユーザビリティに関する評価と本システムを構成する各機能についての調査を行った．独自アンケートに関して以下にまとめる．

表 1 独自アンケート

[1]	VR や MR などのコンテンツを利用した経験はありますか？/どのくらいの頻度で行いますか？
[2]	ジェスチャ入力の経験はありますか？/どのくらいの頻度で使っていますか？
[3]	今回体験したジェスチャ入力について良いと思った点はどこですか？

[4]	今回体験したジェスチャ入力について良いと思った点はどこですか？
[5]	今回体験した 3 次元キーボードについて良いと思った点はどこですか？
[6]	今回体験した 3 次元キーボードについて悪いと思った点はどこですか？
[7]	今回体験した Passthrough 機能（透過機能）による視認性についてどう思いますか？
[8]	本システムに関して，感想・改善点をご記入ください

3.1 実験結果

被験者 A-E における SUS 評価結果，及び問題ごとの WPM 測定結果を以下に示す．

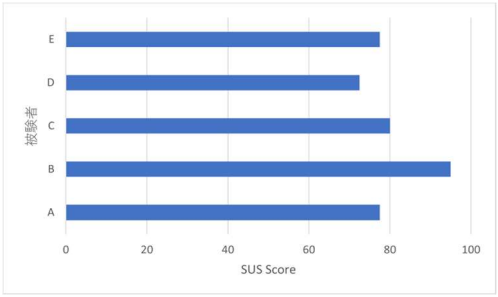


図 2 SUS 評価結果

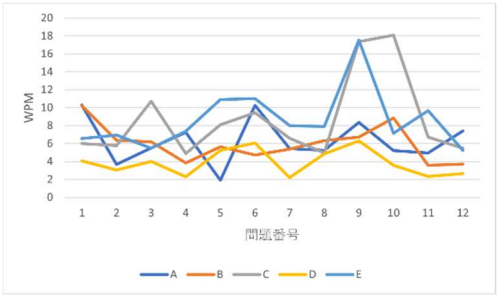


図 3 問題ごとの WPM 測定結果

SUS アンケートの結果は平均 80.5，中央値 77.5 となった．この SUS 評価の平均を Bangor らによる SUS 評価と満足度尺度との関連を取りまとめたものと比較すると，acceptability ranges（受容性評価）で acceptable，grade scale（学校の評価制度）で B，adjective ratings（形容詞評価）で Excellent の評価であった．また，問題ごとに WPM を測定したところ平均して 6.7 となった．今回，問題番号 4,11,12 にはジェスチャ入力に登録されていない単語が登録されている．これらを除外すると，WPM の平均は 7.2 となった．システムの使用感に関するアンケート結果では[3], [4]のジェスチャ入力に関する質問で「慣れると速そう」などの肯定的な意見がある一方，誤認識の多さや，キーボードと問題文及び入力フォームの画面との位置関係による入力し難さを指摘する意見があった．[5], [6]の 3 次元キーボードに関する質問ではキーボードの位置を調節できることが評価された一方，キーボードの奥行がつかみにくい点が指摘された．[8]の質問では誤入力に関する指摘の他，キーボードの挙動の改善案として，キーに触れた状態を分かりやすくするため，触れた際に音を出したり，触れた際のキーの色変化をより大きくしたりする事を提案された．

3.2 考察

本システムの検証の結果，特に誤入力に関して課題があると感じた．誤入力の原因の一つとしては，入力中の座標データを人差指の指先の座標を基準に収集した点が悪いと考えられる．本システムにおけるピンチ動作の判断には僅かながら遊びが存在している．これにより，指のつまみが終了する直前の遊びの部分でも座標を収集してしまい，軌跡の最後の部分が乱れる．軌跡が長い単語，つまりは文字数が多い単語などでは影響は受けにくいが文字数の少ない単語においては重大なずれとなる可能性が考えられる．また，仮想物体とのインタラクションでは，物理的に支えがないため，ユーザーは手を安定させる事が難しく，直線で構成された軌跡を入力しにくい．よって，スマホやタブレットでのジェスチャ入力よりも乱れた軌跡になりやすい事も原因として考えられる．前者においては座標データの収集を人差し指と親指の中間地点にすることで，ピンチ動作に遊びがあっても座標データが大きく変化しないように，後者においては，柳原(2)が指摘しているようにジェスチャ入力が乱れることを前提に単語候補ごとの軌跡を流線的な軌跡にする必要があると考える．

4. まとめ

本研究では，MR 環境における より効率的な文字入力の創出を目的としてシステムを構築した．構築したシステムに対する SUS 評価はおおむね良かったものの，誤入力が多い問題や，操作性の観点からの入力難度の高さなど改善されるべき点が多くみられた．したがって今後，構築したシステムのアルゴリズムを見直し，よりユーザーに寄り添ったシステムにする必要がある．

参考文献

(1) Per-Ola Kristensson, Shumin Zhai:“SHARK2:A large Vocabulary shorthand writing system for pen-based computers”, https://www.researchgate.net/publication/228875756_SHARK2A_large_Vocabulary_shorthand_writing_system_for_pen-based_computers
(2) 柳原 直貴, 志築 文太郎: “立体キーボードを用いた VR 向け文字入力手法”, https://www.iplab.cs.tsukuba.ac.jp/paper/master/yanagihara_master.pdf
(3) Aaron Bangor, Philip Kortum, James Miller:“Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale”, https://uxpajournal.org/determining-what-individual-sus-scores-mean-adding-an-adjective-rating-scale/

ウォーキング習慣定着のための健康イベントの考案
－生活習慣病予防における大学生向け実践教育－

Planning Health Events to Establish the Habit of Walking
-Practical education for university students in the prevention of lifestyle-related diseases-

杉野 菜月[*1]，真嶋 由貴惠[*2]，桝田 聖子[*2]
Natsuki SUGINO[*1], Yukie MAJIMA[*2], Seiko MASUDA[*2]
[*1] 大阪府立大学　現代システム科学域
[*1]Colledge of Sustainable System Sciences, 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: sea00127@st.osakafu-u.ac.jp

あらまし：日常的なウォーキングは，生活習慣病の発症リスクの低下・うつ病に関するメンタルヘルスのスコアの改善など多くの効果があるが，統計的には全世代が目標歩数をクリアしていない．本研究では，生活習慣病予防における実践教育のひとつとして大学生のウォーキング習慣定着を目的とし，ウォークラリーというゲーム系健康イベントプログラムを考案した．これにより，ウォーキングに対する意識変化と歩数増加等の効果が期待できる．
キーワード：ウォーキング，大学生，健康イベント，ウォークラリー，ガニェの 9 教授事象

1. はじめに

定期的なウォーキングは，血圧・体脂肪率・肥満度・コレステロール値・うつ病に関するメンタルヘルスのスコア等の改善[(1)]や生活習慣病予防に繋がる．

「健康日本 21」[(2)]では，健康であるための目標歩数が男性は 9,200 歩，女性は 8,300 歩であると定義されている．しかし，中原ら[(3)]が行った調査によると，大学生の平均歩数は，男性が 6,331.8 歩，女性が 5,669.3 歩であり，20～60 代の各年代の平均歩数よりも少ない[(4)]ことから，大学生のウォーキング習慣には課題があるといえる．

そこで本研究では，生活習慣病予防における実践教育の一環として大学生のウォーキング習慣の定着を図るため，ゲーム系要素を取り入れたウォークラリーという健康イベントプログラムを企画・提案する．ウォークラリーとは，ウォーキングコース中にある複数のチェックポイントでスタンプを獲得しながら進むウォーキングである．本稿では，ウォークラリーに用いるウォーキングコースを検討するにあたり，プレ実践を行い，その結果に基づいて本実践での歩くコースの設定と検証方法について検討する．

2. プレ実践

ウォークラリーのウォーキングコースの検討にあたり，ウォーキングの有効性の評価をするために，複数のコースを設定し，プレ実践を行う．

2.1 対象者および実施日

対象者は，研究同意の得られた男子大学生 5 名（20～22 歳）とし，2023 年 1 月 11～12 日のうち都合の良い 1 日とする．

2.2 ウォーキングコース

大阪公立大学中百舌鳥キャンパスの構内を実践場所とし，初級コース（約 2,600 歩），上級コース（約 6,000 歩）の 2 コースを用意する．プレ実践では，対象者の歩くコースをランダムに割り振る（表 1）．

2.3 評価方法

評価は，通常時とプレ実践日の歩数の増減および「健康日本 21」で定義されている目標歩数との比較で行う．ここで，通常時（2022 年 12 月）の 1 日平均歩数を α，プレ実践日の歩数を β とする．

2.4 結果と考察

1 日平均歩数（α）は，5 名とも目標歩数の 9,200 歩を達成していなかった．しかし，プレ実践日の歩数（β）は 3 名が目標歩数を達成し，2 名は目標歩数を達成しなかったものの，α は超えていた（表 1）．これより，初級・上級コースの，ウォーキングコースとしての適切性が示された．しかし，習慣化するにはコースの設定のみでは不十分という対象者からの意見もあった．

表 1 プレ実践対象者の歩数比較（N=5）

対象者	A	B	C	D	E
コース	上級	上級	上級	初級	初級
α（歩）	5,938	4,757	8,814	3,922	6,671
β（歩）	18,817	7,620	17,094	10,088	8,404

3. 本実践の提案

プレ実践の結果から，適切なウォーキングコースを設定することは，歩数の増加とその感覚を対象者に示すことが示唆された．そこで本実践として，健康イベント「中百舌鳥キャンパスウォークラリー」を企画・提案する．本健康イベントは，プレ実践と同

様に大学構内で実施する．この場所は甲子園球場12個分の広さがあり，普段の授業では訪れないエリアが多い．そこで，普段行かないエリアをウォーキングコースに入れることで，キャンパスの新たな一面を見ることができる点をウォーキングの動機付けとする．

3.1 対象者

対象者は，研究同意の得られた，1 ヶ月の平均歩数が目標歩数に達していない，運動習慣者以外の大学生30名程度とする．ここで，運動習慣者とは，週に2回以上，1回30分以上の運動を，1年以上継続している者[(2)]のことを指す．普段運動をせず，目標歩数以下の大学生が，健康イベントの介入によって，目標歩数を超えることができるかどうかを検証する．

3.2 ウォーキングコース

前の月の1日平均歩数と目標歩数との差によって選択できるように，初級コース（約2,600歩），中級コース（約4,500歩），上級コース（約6,000歩）の3 コースを用意する．初級コースと上級コースは，プレ実践と同じである．

3.3 評価方法

本実践前後の歩数とアンケートによるメンタルヘルス[(5)]，行動変容時期の比較で行う．歩数は毎日対象者のスマートフォンで計測してもらう．行動変容はProchaska のステージモデル[(6)]の無関心期，関心期，準備期，実行期，維持期を用いる．

3.4 本実践の流れ

本実践は，図1で示すように手順Ⅰ～Ⅵの順で実施する．健康イベントへの参加は2回（ⅡとⅣ）を予定している．ただし，対象者に必ず1回は参加してもらうため初回の実施日は指定する．2 回目は対象者が望むタイミングで実施する．また，歩数のデータ収集（ⅢとⅤ）は，それぞれⅡとⅣの実施後 2 週間行い，介入の影響を確認する．

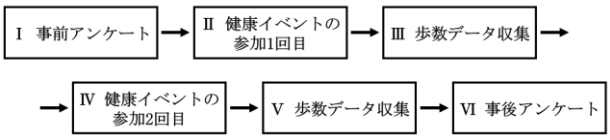


図1 本実践の流れ

3.5 本実践で用いる健康イベント

本健康イベント「中百舌鳥キャンパスウォークラリー」は，ガニェの9教授事象[(7)]に基づいて企画・開発した（表2）．山下ら[(8)]によると，対象者へ活動データをリアルタイムにフィードバックするシステムは，健康意識を高め，身体機能の改善に有効であると示唆されている．ウォークラリーでチェックポイントに到着したらスタンプをリアルタイムで獲得できるようなゲーム系要素は，対象者のモチベーション維持に繋がると考える．例えば，各チェックポイントに設置したQR コードを読み込むと，そのチェックポイントのスタンプが付与される仕組みなどを考える．習慣化を促進するために，毎日24時でリセットし，同じQR コードであっても1日に1回スタンプを取得できるような仕様も考えている．

表2 健康イベントの流れ

	実施内容	ガニェの9教授事象
1	自身の歩数の確認	学習者の注意喚起
2	目標歩数の告知	授業目標の告知
3	事前アンケート	前提条件
4	ウォーキング知識獲得	新しい事項の提示
5	中百舌鳥キャンパスウォークラリーの説明	学習指針
6	中百舌鳥キャンパスウォークラリーに参加	練習の機会
7	チェックポイントにてスタンプ付与	フィードバック
8	事後アンケート	学習成果の評価
9	介入後もウォーキング習慣維持を促進	保持と転移の増強

4. まとめ

本研究では，大学生を対象にゲーム系要素を取り入れたウォーキング習慣定着のための健康イベントを，ウォーキングコースの適切性を検証するプレ実践の結果をもとに考案した．今後，本実践にて効果検証を行う予定である．

参考文献

(1) Sarah Hanson and Andy Jones:“Is there evidence that walking groups have health benefits? A systematic review and meta-analysis”, Br J Sports Med, pp.710-715 (2015), https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4453623/ (2023年1月20日確認)
(2) 厚生労働省:“身体活動・運動”，健康日本 21, https://www.mhlw.go.jp/www1/topics/kenko21_11/b2.html#A23 (2023年1月20日確認)
(3) 中原雄一, 池田孝博:“コロナ禍における大学新入生の歩数と精神的健康度の実態”，大学体育スポーツ学研究, No.19, pp.94-99 (2022)
(4) 厚生労働省:“令和元年国民健康・栄養調査結果の概要”, p.26 (2019), https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000687163.pdf (2023年1月20日確認)
(5) 日本成人病予防協会:“メンタルヘルスとは”，https://www.japa.org/mental_health/ (2023年2月3日確認)
(6) 国立がん研究センターがん対策研究所:“Prochaska の行動変容ステージについて”，https://www.ncc.go.jp/jp/icc/cancer-info/project/kinen-nurse/behavsci2.html (2023年1月22日確認)
(7) SUNLIGHT HUMAN TDMC:“ガニェの9教授事象とは”，用語解説 (2020), https://www.slhtdmc.co.jp/labo/bid/gagne9events/ (2023年1月22日確認)
(8) 山下知子, 山下和彦, 清水裕子, 山田憲嗣:“ICT を用いた高齢者の歩行に着目した健康支援の大規模追跡研究”，生体医工学 Annual56 (Abstract), (2018), https://cir.nii.ac.jp/crid/1390564238024157824 (2023年1月26日確認)

津波避難疑似体験 VR において 想定と異なる津波到達時間が避難行動に与える影響

Influence of Tsunami Arrival Time Different from Assumption on Evacuation Behaviors in VR Simulator of Tsunami Evacuation

大江 海斗[*1], 谷岡 樹[*1], 光原 弘幸[*2], 獅々堀 正幹[*2]
Kaito OE[*1], Itsuki TANIOKA[*1], Hiroyuki MITSUHARA[*2], Masami SHISHIBORI[*2]
[*1] 徳島大学大学院創成科学研究科
[*1]Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Tokushima University
[*2] 徳島大学大学院社会産業理工学研究部
[*2]Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima University
Email: c612235054@tokushima-u.ac.jp

あらまし：災害疑似体験 VR が盛んに研究開発されており，防災教育のひとつとして期待されている．本研究では，3D 都市モデルを活用した津波避難疑似体験 VR を開発し，想定と異なる津波到達時間が避難行動に与える影響を調査した．調査の結果，想定よりも早く津波が到達した場合，被験者は周囲の状況把握に努め，少しでも情報を得ようとする傾向があるものの，避難行動中に混乱や恐怖を感じやすいことがわかった．避難疑似体験 VR における想定の取り扱いについて今後さらなる検討が必要である．
キーワード：津波到達時間，避難訓練，想定外，防災教育，HMD，VR

1. はじめに

世界中で多くの災害が発生している．災害はいつ発生するか予想できないため，災害に備えることが重要である．主な災害への備えとして避難訓練が挙げられ, 学校や地域などで定期的に実施されている．しかし，従来の避難訓練は，ただ指示に従って避難するのみで，参加者自身が考えて避難することを促進できていない．このような背景から，著者らのグループではリアリティと訓練効果の向上をめざし，デジタルコンテンツや拡張現実を用いる ICT 活用型避難訓練に取り組んできた[(1)(2)]．また，近年，仮想現実（Virtual Reality : VR）の発展・普及に伴い，VR 活用型避難訓練も多く研究開発されている[(3)]．

本研究では，津波避難疑似体験 VR における津波到達のタイミングについて着目した．津波避難の三原則のひとつとして“想定にとらわれるな”がある[(4)]．想定内外によって被験者の避難行動にどのような差が生じるかを明らかにするため，津波避難疑似体験 VR を開発し，評価実験を行った．

2. 津波避難疑似体験 VR

開発環境として Unity, 没入型 HMD(Head-Mounted Display)として Meta (Oculus) quest2 を採用し，津波避難疑似体験 VR システムを開発した．

2.1 3D 都市モデル

本 VR システムでは，国土交通省主導のプロジェクト PLATEAU の 3D 都市モデルを使用し，南海トラフ巨大地震による甚大な津波被害が予想される静岡県沼津市を 3D 仮想空間化した．HMD 上での描画負荷軽減のために, PLATAEU の緻密な 3D 都市モデルを次のように最適化している．

(1) オブジェクト形式の変換

国際標準 CityGML 形式の 3D 都市モデルを Unity に読み込ませるために，FME Desktop を使用し FBX 形式へ変換する．

(2) テクスチャの変換

テクスチャデータを低圧縮率の TIFF (Tag Image File Format) 形式から高圧縮率の JPEG (Joint Photographic Experts Group)形式へ変換する．

(3) 描画データの削減

3D モデル最適化ツール Symplygon を使用しポリゴンを削減する．また，テクスチャを 1 枚の画像にまとめるマテリアルベイキングも実施する．

(4) 遮蔽物の非表示

3D 都市モデルは広大なため, 視界内のオブジェクトのみを描画するオクルージョンカリングを使用し, 描画負荷を軽減する．

2.2 津波表現

描画負荷軽減のために，津波は簡易 3DCG の水面をスクリプトで制御（x, z 軸方向の平行移動）することで表現している．水面が波打つように動いているため，実装は単純だが，迫ってくる津波のように見える．

3. 評価実験

本 VR システムを用いて巨大地震発生後の津波避難を疑似体験させる比較実験を行った．

3.1 実験設定

被験者である大学生 18 名にはあらかじめ静岡県沼津市のハザードマップ（HM）を確認させた後, HM から読み取った津波到達時間を事前アンケートで回答させた．回答の津波到達時間が均等になるよう，被験者を以下の 2 グループに分割した．

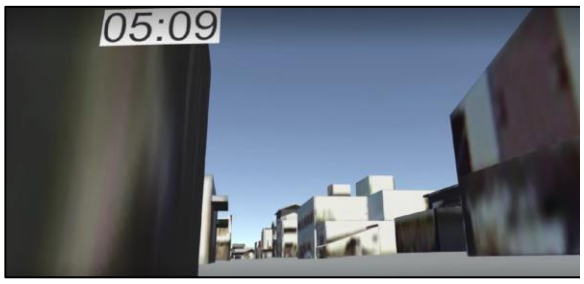


図 1　津波避難疑似体験中の画面

- グループ A：想定通り（地震発生から 9 分後）に津波が到達する
- グループ B：想定よりも早く（地震発生から 6 分後）津波が到達する

被験者は HMD を装着し，津波避難を疑似体験した．今回の実験では，現実との齟齬を生じさせないために，以下の状況を設定した．

I. 早朝の沼津の街を散歩している
II. ちょうど 5 時になるため，港にある 5 時開店のカフェに朝食を食べに行こうとしている
III. 早朝のため周囲の建物には入れない，という状況をメッセージで通知した後に緊急地震速報を鳴らし，地震を発生させた．そして，
IV. 落下してきた瓦礫に頭をぶつけ，5 分間気を失っていた

という状況を音声で通知した．状況 IV から津波が被験者に到達するまでの行動可能時間を計測するとともに，画面（被験者の視界）を録画した．視界左上には時間が表示されており，被験者は時間を意識して避難できるようになっていた（図 1）．

津波到達後，被験者は事後アンケートに回答した．

3.2 結果と考察

(1) 行動可能時間

グループごとの行動可能時間を表 1 に示す．津波到達時間の差（3 分）が行動可能時間に反映されており，一方のグループがより早く避難を開始するといった行動は見られなかった．

(2) アンケート

訓練中の感情について 5 段階リッカート尺度で尋ねた事後アンケートの平均値と標準偏差を表 2 に示す．すべての項目においてグループ B の平均値が A を上回った．想定よりも早く津波を到達させることが被験者の感情により大きく影響したといえる．この要因として，グループ B には開始直後から津波の音が聞こえていたことが考えられる．また，状況 IV の場所には，海や川の位置を示唆する看板を設置していたが，録画画面を確認したところ，グループ B の被験者には看板を注視してから避難を開始する傾向がみられた．しかし，t 検定による有意差は確認されなかった．事後アンケートで，今回の津波避難疑似体験 VR で得た教訓を箇条書きさせたところ，教訓の平均数はグループ A が 1.6，B が 2.6 となっていた．想定よりも早く津波を到達させることが避難疑似体験（訓練）の効果を向上させる可能性がある．また，避難を 5 段階で自己採点させたところ，平均値はグループ A が 2.9，B が 3.0 となった．B の被験者 1 名（自己採点 4 点）は自己採点の理由として「おそらく津波に飲まれるまでにできることはやり尽くしたから」と回答した．この回答は，津波到達時間が想定を超える（早く到達する）と，避難時間が短くなり，できることが限られると感じさせたことを示唆している．

表 1　行動可能時間（秒）

グループ	最短	最長	平均(標準偏差)
A	396	1086	772.6 (252.33)
B	347	852	600.7 (180.78)

表 2　事後アンケートの平均値と標準偏差

グループ	混乱	恐怖感	緊迫感
A	3.7 (0.94)	4.0 (0.82)	3.9 (0.87)
B	4.4 (0.68)	4.6 (0.50)	4.3 (0.67)

以上のことから，想定よりも早く津波が到達した場合，被験者は周囲の状況把握に努め，少しでも情報を得ようとする傾向があるものの，避難行動中には混乱や恐怖を感じやすいことがわかった．また，避難疑似体験（訓練）VR における想定の取り扱いがその効果を向上させる一方で，被験者の自己効力感を低下させ，避難（または避難訓練）しても無駄だという意識をもたせてしまう可能性があるため，今後さらなる検討が必要である．

4.　おわりに

本稿では，津波避難疑似体験 VR における津波到達時間による避難行動について，比較実験の結果と考察を述べた．今後は，アンケートで指摘された「永遠に走れることに現実とのギャップを感じた」，「VR で酔ってしまった」などを改善しながら，本 VR システムを避難訓練に有効活用できるようにしていく．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18H01054，徳島大学理工学部令和 4 年度先端理工学教育研究プロジェクト(No.2022-01)ならびに徳島大学令和4年度研究クラスター(No. 2202007)の支援を受けた．

参考文献

(1) Mitsuhara, et al., “Web-based System for Designing Game-based Evacuation Drills”, Procedia Comput. Sci., Vol.72, pp.277-184 (2015)
(2) Mitsuhara, H., et al.: “Expressing disaster situations for evacuation training using markerless augmented reality”, Procedia Comput. Sci., Vol.192, pp.2105-2114 (2021)
(3) Rahouti, A., et al.: “Prototyping and validating a non-immersive virtual reality serious game for healthcare fire safety training”, Fire Technol., Vol.57, pp.3041-3078(2021)
(4) 内閣府:特集 津波防災の推進について, https://www.bousai.go.jp/kohou/kouhoubousai/h27/80/special_01.html

生体情報を用いた学習中における学習者の感情隠蔽状態の推定及びフィードバック生成

Development of estimation method for Learner's emotional concealment during learning Using Biometric Information and Feedback Model

篠原　洸一[*1]，村松　慶一[*2]，松居　辰則[*3]
Koichi SHINOHARA[*1], Keiichi MURAMATSU[*2], Tatsunori MATSUI[*3]
[*1] 早稲田大学　人間科学部
[*1]School of Human Science, Waseda University
[*2] 早稲田大学　グローバルエデュケーションセンター
[*2]Global Education Center, Waseda University
[*3] 早稲田大学人間科学学術院
[*3]Faculty of Human Science, Waseda University
Email: koichis9911@toki.waseda.jp

あらまし：教授・学習過程において学習者の心的状況を理解することは重要であるが，学習者はネガティブな感情を意図的に表出しないことがある．本研究では，このようなネガティブな感情を意図的に表出しないことを感情隠蔽と呼び，学習者の生体情報，特に学習者の表情から推定することを検討した．また，感情隠蔽状態を生体情報の時系列データから感情隠蔽の定量化を行い，それを異常値として検出することを試みた．さらに，異常値として推定された感情隠蔽状態を用いてフィードバックモデルを作成することを試みている．
キーワード：生体情報，感情隠蔽，内省報告，表情，Open Face，フィードバック

1. はじめに

コミュニケーションにおいて，相手の発話内容を理解することができないことは日常的に起きうることである．しかし，その状態を解消しないままに会話を継続することは結果的にコミュニケーションの質の低下につながることになる．教授学習過程は教授者と学習者のコミュニケーションとして捉えることができるため，同様のことは学習時においても起きうることである．特に，教授者と学習者という非対称な関係，あるいは学習環境における学習者自身への他者からの評価を鑑みて，学習者は教授者の発話内容が理解できない等のネガティブな感情を意識的に表出しないことがしばしば起きうる(1)．このような状態が継続することは結果的に学習の質の低下につながることになる．本研究ではネガティブな感情を意識的に表出しない行為を感情隠蔽(2)と呼ぶこととする．すなわち，感情隠蔽とは自身のネガティブな感情を認識しながらもその感情を意識的に表出しないことと定義する．このような感情隠蔽状態を本研究では生体情報を用いて推定することができるのではないかと考えた．さらに生体情報から感情隠蔽の定量化をし，異常値として検出することを試行している. この感情隠蔽状態を異常値として検知し，その結果を用いてフィードバックモデルを作成することを試みている. この問題を解決することにより，学習者が隠蔽していた感情を推定することにより，教師が学習者の心的状況をより正確に把握することができ，結果的により質の高い学習が実現できることが期待される．

2. 学習中の感情隠蔽状態と生体情報に関する予備的検討（実験 1）

感情隠蔽は生体情報から得られるのか，もし得られたとしたら，学習中においてどのような反応があるのかということを調査する実験を行なった．具体的には，学習者に本研究での感情隠蔽の定義，実験中に撮影を行うこと，2 回授業を受けてもらい，1 度目はネガティブな感情が生じたら感情隠蔽を行ってもらい，2 度目は通常通りに受けてもらうという教示を与え，こちらが提示した前半は簡単で後半にかけて内容が難しくなっている 25 分程度のオンデマンドコンテンツを視聴している学習者の生体情報を取得した．また，学習中において，感情隠蔽があったのか，あった場合どの時間帯に起きたのかという内省報告を学習者が 2 回オンデマンドコンテンツを見てもらった後に，記録映像を見ながら求めた．取得した生体情報と学習者の内省報告から，感情隠蔽時と平常時において，学習中の呼吸と脈波において違いがあることが示唆された，また，撮影した記録映像を視聴した際に，学習者の表情の違いも示唆された．

3. 学習中における感情隠蔽状態と通常時の学習者の表情に関する検討および分析（実験 2）

実験 1 で得られた生体情報に加えて，表情にも違いがあった．そこで実験 2 では，表情に注目をして分析を行なった．実験 1 と同様の教授を与え，学習中において，感情隠蔽があったのか，あった場合ど

の時間帯に起きたのかという内省報告を学習者が 2 回オンデマンドコンテンツを見てもらった後に，記録映像を見ながら求めた．Open Face[3]という顔認識に特化したディープラーニングを用いて分析を行なった．さらに今回の分析に用いたのは，この Open Face から出力される Action Unit[4]の強度を数値化したものを対象に分析を行なった．その結果，Action Unit2,9,10,12,17,23 の 6 種類で，感情隠蔽時と平常時において差異が示唆された．この 6 種類の Action Unit を組み合わせてみると考えているような顔ができ，学習者全員で，口周りに何かしらの共通性があるということが示唆された．

4. 感情隠蔽の定量化および分析（実験 3）

実験 2 で得られた Action Unit の強度の時系列データにおいて異常値を示す時区間と感情隠蔽の関係があるものと仮定し異常値検出[5]の手法を適用した．分析は 1,2,3,4,5,10,15,20 秒間隔で異常値検出を行なった．結果的に，どの秒数間隔でも異常値を検出することはできたが，実際に学習者の内省報告からあった感情隠蔽時区間と有意な関係性を導くことはできなかった．

5. 学習中における感情隠蔽状態と通常時の学習者の顔の特徴点に関する検討および分析（実験 4）

実験 3 の考察から，Action Unit の時系列データにおいて異常値を示す時区間と感情隠蔽の有意な関係性を導くことはできなかった．実験 1 と 2 と同じ教示を与え，学習中において，感情隠蔽があったのか，あった場合どの時間帯に起きたのかという内省報告を学習者が 2 回オンデマンドコンテンツを見てもらった後に，記録映像を見ながら求めた．Open Face から出力される顔のランドマーク推定（顔の特徴点）67 個に着目し，追加実験，再分析をおこなった．その結果，学習者の口周りにおいて感情隠蔽時と平常時で違いがあることが示された．さらに，学習者の内政報告からあった感情隠蔽軸間の顔の特徴点の数値が，上がって下がるということを繰り返していることが示唆された．このことから，感情隠蔽状態と微表情[6]には関係があるのではと考える．

6. 感情隠蔽状態推定を用いたフィードバックモデルの検討

実験 4 の結果を用いて，感情隠蔽状態を異常値として検知し，それに基づいて教授者に対するフィードバックモデルを作成することを検討した．フィードバックを作成することによって，教授者が学習者に対して，学習してほしい内容を正確に伝えるようになることができ，学習効果の向上につながると考える．図 1 のように，感情隠蔽状態推定結果を用いた対教授者フィードバックモデルを作成する．まず，学習者に授業を受けてもらう．この際に，学習者の表情を撮影する．その後，学習者に対して授業に関する①レビューシート（感想）課題を行う．授業中に撮影した学習者の表情を Open Face で分析し，②感情隠蔽状態を推定する．この①と②の結果を教授者に示す．そこから教授者は学習者に対してフィードバックが必要かそうでないのかということを判断するというフィードバックモデルになっている．このフィードバックを行うことにより，教授者が学習者に対して伝えたいこと，学習してほしいことを正確に伝えることができ，学習効果の向上につながると考える．また，学習者自身に対して，①と②の結果を示すというフィードバックモデルも作成できるのではないかと考える．学習者自身で推定された結果を用いて自主的に学ぶことができるフィードバックモデルに応用することが可能であると考える．

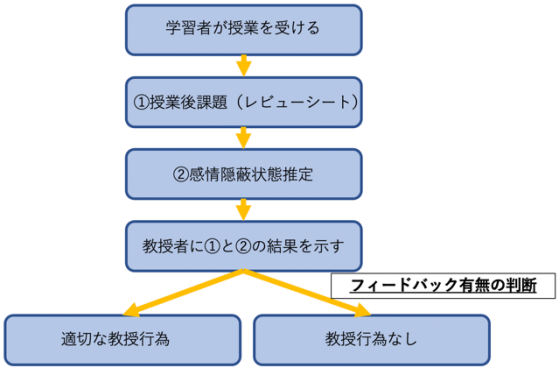


図 1 教授者用フィードバックモデル

7. まとめと今後の課題

本研究では，学習者の生体情報を用いて感情隠蔽状態を推定し，その結果を用いてフィードバック生成を行うことを目的としている．現在実験 3 まで進行しており，感情隠蔽と学習者の表情に関係があることが示唆された．また，実験 4 を実行中であり，被験者数を増やし，感情隠蔽状態の顔の特徴点の一般化を試みている．

今後の課題は，学習者の感情隠蔽状態を定量化し推定する手法を開発すること，開発した推定手法を基に，フィードバックモデルを作成することが挙げられる．

参考文献

(1) 神藤貴昭:“学習コミュニティにおける「ネガティブ感情」の意味”,立命館教職教育研究(特別号) pp.~91--100（2016）
(2) James J. Gross:“Handbook of Emotional Regulation”, Guilford Press（2015）
(3) Tadas Baltrusaitis, Amir Zadeh, Yao Chong Lim, Louis-Philippe Morency, “Openface 2.0: Facial behavior analysis toolkit” 13th IEEE international conference on automatic face & gesture recognition, 59-66（2018）
(4) 萱谷勇太，大谷まゆ，中島悠太，竹村治雄:“コメディドラマにおける字幕と表情を用いた笑い予測”，人工知能学会全国大会論文集第 33 回全国大会,（2019）
(5) 堀口祐樹，小島一晃，松居辰則:“e-learning における学習時の潜在的な意識変化の抽出”,2008 年度人工知能学会全国大会（第 22 回）論文集,（2008）
(6) P.Ekman and W. V. Frisen, 工藤力（訳）:“表情分析入門”，誠信書房,（1987）

数学オンラインテストにおける解答の推移の三次元可視化と分析

3D visualization and analysis of transition of answers to an online mathematics test

高田 知樹[*1], 中村 泰之[*2]
Tomoki TAKADA[*1], Yasuyuki NAKAMURA[*2]
[*1] 名古屋大学情報学部
[*1]School of Informatics, Nagoya University
[*2] 名古屋大学大学院情報学研究科
[*2]Graduate School of Informatics, Nagoya University
Email: takada.tomoki.j7@s.mail.nagoya-u.ac.jp

あらまし：本研究では, 数式自動採点システム STACK を用いて行われた講義における解答データをもとに解答の推移の三次元可視化及びその自動化と, それに基づく分析を行った. この講義において学生は, 正答に至るまで何度でも再解答できるようになっている. そこで, STACK のポテンシャル・レスポンス・ツリーという機能を用いて, 学生の誤答をその原因ごとに分類することで, 学生一人一人について, 正答に至るまでにどのように解答が推移したのか, その時間変化の様子を三次元の折れ線グラフに可視化した. このグラフから, 学生らがどのような誤答を経由して最終的な解答に辿り着いたのかや, 「誤答 A をした学生は誤答 B に至りやすい」などそれぞれの誤答の関連性などの情報が得られる. また, 解答が正答に近付いたり遠ざかったりする様子から「悩み度」という指標を設定し, 最初の解答での正答率との相関関係を分析することで問題の難易度推定や特徴の抽出等に役立てられるのではないかと考えた.

キーワード：数式自動採点システム, STACK, 三次元可視化

1. はじめに

ここ数年, 新型コロナウイルスの感染拡大の影響もあり, オンライン学習やオンラインテストの需要は大きく上昇している.

従来のオンラインテストの解答形式に多く採用されていた多肢選択式や正誤判定式では, 当てずっぽうによる正答を防ぐことができず, 学生の能力に対する正しい評価が難しかった. 数学のオンラインテストシステムに着目した際に, 数式で解答させる解答形式を採用することで, 学生の解答に適切な評価を与えることを可能としているのが, 数式自動採点システムの STACK [(1)] である. また, STACK には, 入力された解答を分類し解答の学生に適切なフィードバックを与えることができるポテンシャル・レスポンス・ツリー [(2)] という機能が存在する.そこで今回の研究では, ポテンシャル・レスポンス・ツリーによる誤答の分類結果と学生の解答の時間推移に着目し, 三次元の折れ線グラフへの可視化を行い, 誤答同士の関係性に重きを置いた分析を行った. また, 新たに指標を設定し, 各問題に対して, 新たな観点から特徴等の分析を行った.

2. STACK について

STACK は英国バーミンガム大学の Christopher Sangwin 氏らが開発した, 数学のオンラインテストシステムであり, 数式処理システムとしてオープンソースである Maxima を利用することでその正誤評価を行うことが可能となっている. また解答に対して, あらかじめ想定される解答を設定しておくことで, その誤答に対するフィードバックを表示する機能をポテンシャル・レスポンス・ツリーという. このポテンシャル・レスポンス・ツリーの各ノードにおいて, 入力された解答があらかじめ設定した評価基準と一致しているかどうか判定を行うことで, それぞれの誤答に対して最適なフィードバックを行うことを可能にしている.

3. 解答過程の可視化

3.1 データの内容

分析の対象とするデータは, 数学Ⅲ程度の微積分の問題に対する学生の解答データである. STACK では解答ごとに解答内容や提出時間などの情報が記録されている.

3.2 可視化方法

誰が・どのような順番で・どのような解答をしたのかを直感的に理解し分析をスムーズに行うため, 三次元折れ線グラフに可視化した.また, 選択したデータを瞬時に可視化するプログラムを作成, 可視化過程を自動化した.

作成したグラフにおいて, Attempt 軸は「その問題における何回目の解答か」, Students 軸は「解答者の番号」, Type of Error 軸は「ポテンシャル・レスポンス・ツリーによる誤答の分類結果」を示している.Type of Error の値は, 最小値が 0 (正答), 最大値が 6 (原因不明の誤答)となっており, この値が大きくなるほど正答から遠ざかっており, 理解度が低いことによる誤答であるということを示している.

4.　分析方法

作成したグラフに基づいて，誤答の推移に着目した分析を行う．グラフにおいて，解答が推移していく中で，正答から遠ざかった，すなわち Type of Error の値が増加した一人当たりの平均回数を新たに「悩み度」という指標として設定し，問題ごとに算出する．また，問題の難易度を示す指標となる正答率を算出する．ただし，STACK では正答に至るまで複数回解答を提出できるため，今回は「最初の解答での正答率」を問題ごとに算出し，悩み度との相関関係を調べる．

5.　分析結果

5.1 グラフの分析

$$\int \frac{x}{(x+3)^4}\,dx$$

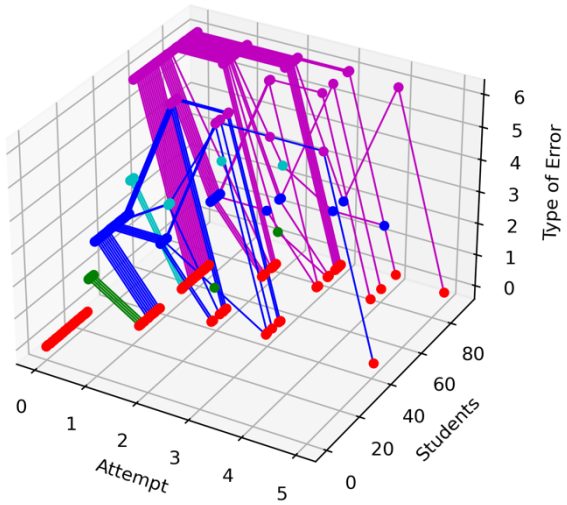


図 1：解答過程を表した三次元グラフ

0 (赤)：正答
1 (緑)：積分定数忘れ
2 (青)：部分積分の原始関数のミス
3 (水)：合成関数の微分の逆数のかけ忘れ
6 (紫)：原因不明の誤答

不定積分の問題であるため，数人の学生に積分定数の入力忘れによる誤答が見られた.これは単純なケアレスミスであるため，この誤答をした全員がその次の解答で正答している．また，部分積分のミスによる誤答が多く，また，その誤答の後にすぐに正答にたどり着いているのではなく，解答数が多くなり，他の誤答を経由している学生が多くみられるため，ただのケアレスミスではなく部分積分の数学的理解が足りていない・すっかり解き方を忘れてしまっている学生が多いと考えられる．

5.2 悩み度と最初の解答での正答率

図 2 は，悩み度と正答率に関する，問題の分布を表したものである．青い点線は近似曲線となっている．この近似曲線から逸脱している 2 つの問題 5-9 と 7-1 について分析を行う．

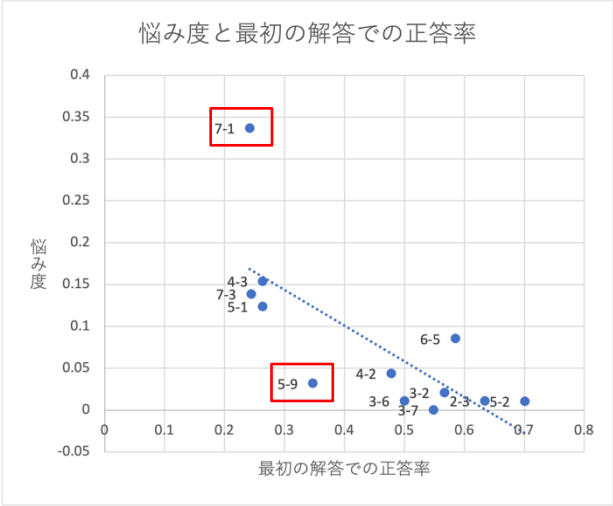


図 2：問題の悩み度と正答率の関係

問題 5-9 は，悩み度，正答率は共に低くなっている．これは，比較的難易度は低く，迷った学生は少なかったが，積分の問題群の 1 問目だったために，積分定数を忘れるというケアレスミスによる誤答が他の問題よりも多くなり，正答率が低くなったことが原因であると考えられる．

問題 7-1 は，指定された方法以外で入力してしまったことによる，オンラインテスト特有の誤答である数式入力ミス(3)の割合が非常に高いことが原因で，悩み度が圧倒的に高くなってしまっていると考えられる．この数式入力ミスは，ポテンシャル・レスポンス・ツリーの作成者も予測できないものが多く，適切なフィードバックを送ることが難しくなっている．

6.　まとめと考察

誤答分析において，数式オンラインテスト特有の数式入力ミスが多く見られた．数式入力ミスは，学生の数学の能力を正確に測る上でノイズとなるため，この改善が，今後オンラインテストがさらに普及していくための課題であると考えた．また，各問題で算出した，最初の解答での正答率と「悩み度」には強い負の相関関係があり，それを分布図に起こすことでケアレスミスや，数式入力ミスが発生しやすい問題を発見することができた．新たに設定した指標「悩み度」は，平均解答回数や学生の能力値等，他の指標との相関関係を調べることで，様々な活用方法があるのではないかと考える．

参考文献

(1) STACK｜The University of Edinburgh "https://www.ed.ac.uk/maths/stack" , 参照 2023-2-6
(2) 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)
(3) 樋口三郎:“従来型と数学オンラインテストによる事前事後テスト結果の数式入力ミスを考慮した分析(数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究)”，京都大学数理解析研究所，数理解析研究所講究録，第 2067 巻， pp.152-155 （2018）

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 Heel Strike 検出アルゴリズムの基礎的検討

A Basic Study on Heel Strike Detection Algorithm in Walking Motion Based on Force Plate Data

立花 柾樹[*1], 香山 瑞恵[*1], 舘 伸幸[*1]
Masaki TACHIBANA[*1], Mizue KAYAMA[*1], Nobuyuki TACHI [*1]
[*1] 信州大学
[*1] Shinshu University
Email: 19t2094d@shinshu-u.ac.jp

あらまし：本研究では歩行解析からフレイル現象(加齢とともに環境因子に対する脆弱性が高まった状態)を推定する可能性を検討している．ここでは，歩行周期に着目する．その準備段階として，歩行周期解析に必要な Heel Strike 検出アルゴリズムの開発を行った．結果として提案アルゴリズムは関連論文アルゴリズムに比べて有意に精度が高かった．今後は新たなデータ，特に高齢者のデータに対して検証を行う．
キーワード：フレイル，Heel Strike，アルゴリズム，Force Plate

1. はじめに

高齢化社会である日本において，健康寿命の延伸が課題として挙げられる．本研究では歩行解析からフレイル現象を推定する可能性を検討している．ここでは，歩行周期に着目する．歩行周期の解析を行うには，その始まりである踵接地(以下 HS: Heel Strike)を検出する必要がある．これまでに加速度センサのみを用いた HS の検出に関する 15 のアルゴリズムを比較した関連論文によると，現在利用可能なアルゴリズムが歩行の遅い人，特に神経疾患の患者には適用できない可能性がある(1)と述べられている．

2. 本研究の目的

本研究の目的は，歩行速度の遅い高齢者にも適用可能な加速度センサを用いた HS 検出アルゴリズムの開発である．以下に示す RQ に答えることで本研究の目的を達成する．

RQ1. モーションキャプチャ(以下 MC)データにおいて HS 検出精度の高いアルゴリズムは何か
RQ1.1. FP から検出した HS を正解とした場合，提案アルゴリズム(以下 提案 Algo)と関連論文アルゴリズム(以下 関連 Algo)の HS 検出精度はどちらが高いか
RQ1.2. 提案 Algo と関連 Algo の HS 検出精度に有意差はあるか
RQ2. 高時間分解能慣性センサ計測データの HS 検出に，RQ1 で得たアルゴリズムを適用するにはどのような改良が必要か

3. 解析アルゴリズム

歩行速度の変化に堅牢であると述べられている W.Zijlstra ら(2)のアルゴリズムを関連 Algo として引用した．このアルゴリズムは「2 Hz でローパスフィルタ処理された進行方向加速度のゼロクロッシングに先行する 20 Hz でローパスフィルタ処理された進行方向加速度のピーク」とされている．「最大値ピーク」を検出する場合(以下 関連 Algo_M) と「最大値と同等のピーク」を検出する場合(以下 関連 Algo_P)の 2 パターンの関連 Algo を検証する．

提案 Algo は「4Hz でローパスフィルタ処理された進行方向加速度のゼロクロッシングに先行する 47 Hz でローパスフィルタ処理された進行方向加速度 1.4 m/s²以上の極大値」とした．

4. RQ1

4.1 解析対象データ

被験者は歩行に介助を必要としない 20 代健常者男性 2 名とした. モーションキャプチャ(以下, MC. Vicon)を用いて，背面腰部の両側上前腸骨棘に配置した 2 つのマーカー(LPSI, RPSI)から歩行時の位置データ(x, y, z 座標)を 100 Hz で取得した．体幹中心位置を算出するために LPSI, RPSI の平均値を利用した．加速度データによる比較を行うために，これらのデータを 2 回微分した．

4 枚のフォースプレート(以下, FP. AMTI AccuGait)を用いて，HS のタイミングを 1000 Hz で取得した（図 1 参照）．今回は 1 人 10 歩行実施したため，2 人で計 80 データを収集した．そのうち，75 データを解析対象とした．

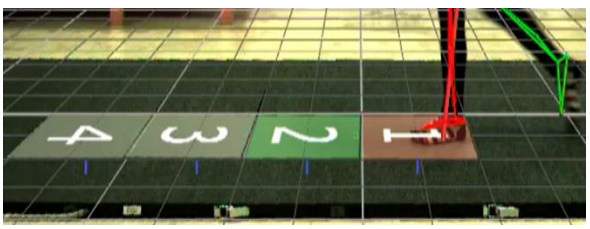


図 1 実際に使用した FP

4.2 データ解析と結果 (RQ1.1)

MC データから算出した加速度データに提案アルゴリズム(以下 提案 Algo)・関連論文アルゴリズム(以下 関連 Algo_M, 関連 Algo_P)をそれぞれ適用し，HS の予測フレームを取得した．一方，FP データから取得した HS を正解フレームとした．それぞれのアルゴリズムでの予測フレームと正解フレームの誤差について二乗平均平方根誤差(以下 RMSE)を用いて精度を比較した．

各アルゴリズムの RMSE は関連 Algo_M:30.2，関連 Algo_P:28.8，提案 Algo:12.1 であった.これより，関連 Algo よりも提案 Algo の精度が高いことが分かる．また関連論文 Algo_M は 2 データでの HS を検出できなかった．

4.3 データ解析と結果(RQ1.2)

RQ1.1 で比較したアルゴリズムの HS 検出精度に有意差があるか予測フレームと正解フレームの絶対値誤差を用いて検証した．今回の検定は多重比較であるのでボンフェロー二補正を行った．有意水準 5 %でマンホイットニーの U 検定を行った結果，関連 Algo2 種と提案 Algo では代表値に統計的に有意な差があることが確認された．

4.4 考察

RQ1 の分析により，図 2 のように HS は進行方向加速度が急激に低下する直前のピークから低下途中に存在すると考えられる．

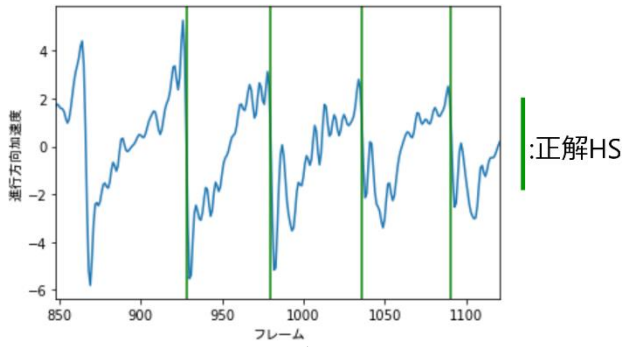


図 2 HS が存在する部分

5. RQ2

5.1 解析対象データ

被験者は歩行に介助を必要としない 20 代健常者男性 10 名，要介護レベル 3 以上で特別養護老人施設に通所している高齢者 15 名とした. 高時間分解能慣性センサは背面の腰部に固定し，歩行は 1 人 1 回実施した．この解析では，10 m 歩行のうち歩行安定区間とされる中央 4 m[(3)]を使用した．

5.2 データ解析

高時間分解能慣性センサ計測データに提案 Algo を適用した. 検出すべき HS の合計数は若者が 38 個，高齢者が 122 個である．高時間分解能慣性センサ計測データには FP データが含まれていないので，進行方向加速度が急激に低下する直前のピークから低下途中を検出できていない場合にエラーとした．

5.3 結果

提案 Algo を適用した結果, エラー率は若者データで 0/38，高齢者データで 27/122 であった．エラーは 2 種類に整理された．それらは，ゼロクロッシングのフレームが検出したい極大値のフレームよりも小さいことと，進行方向加速度が 1.4 m/s²未満である HS が存在することであった. これらのエラーを解消するために，提案 Algo を「4 Hz でローパスフィルタ処理された進行方向加速度のゼロクロッシングフレーム + サンプリング周波数/100 フレームに先行する 47 Hz でローパスフィルタ処理された進行方向加速度 0.8 m/s²以上の極大値」と改良した．これにより高齢者の全てのエラーは解消された．

5.4 考察

改良前のアルゴリズムでは，高齢者のみエラーが発生した．高齢者は歩行速度の変化が小さいので加速度の閾値を下げる必要があると考えられる．個人に適した閾値が設定可能になれば，アルゴリズムの汎用性が高まると考える．

6. おわりに

本稿では FP データと MC データを使用し HS の検出アルゴリズムの開発と FP データを有さない別のデータセット(高時間分解能慣性センサ計測データ)への適用を行った. RQ1 からは今回使用したデータセットにおいて，関連 Algo と比較し提案 Algo の HS 検出精度が有意に高いことが分かった．RQ2 では，提案 Algo を適用する際に，被験者ごとに閾値を設定しなければならないことが分かった．

今後の方針としては，個人に適した閾値の決定方法の検討と提案 Algo が未知のデータセットにおいても適用できるか，さらに適用できた場合には提案 Algo から作成した歩行周期の解析を行う．

参考文献

(1) Hirotaka Iijima, Masaki Takahashi: “State of the Field of waist-mounted sensor algorithm for gait events detection: A scoping review”, Gait & Posture, Vol.79, pp152-161 (2020)
(2) Wiebren Zijlstra, At L Hof: “Assessment of spatio-temporal gait parameters from trunk accelerations during human walking”, Gait & Posture, Vol.18, Issue2, pp1-10 (2003)
(3) Sugalya Amatachaya: “Influence of timing protocols and distance covered on the outcomes of the 10 -meter walk”, Physiotherapy Theory and Practice, An International Journal of Physical Therapy, Vol.36, Issue12 (2020)

ドローイングプロセスでのアウトライン描画段階における定量的特徴に関する基礎的検討
A Basic Study on Qualitative Characteristics of Outline Drawing Phase in Drawing Processes

浅井 雄大[*1], 香山 瑞恵[*1], 舘 伸幸[*1], 永井 孝[*2]
Yudai ASAI[*1], Mizue KAYAMA[*1], Nobuyuki TACHI[*1], Takashi NAGAI[*2]
[*1] 信州大学工学部
[*1] Faculty of Engineering, University of Shinshu
[*2] ものつくり大学
[*2]Institute of Technologists
Email: 19t2003a@shinshu-u.ac.jp

あらまし：本研究の目的は，ドローイング学習の成果に対する定量的評価指標の具体化である．先行研究では，蓄積した幾何的情報をもとにドローイングプロセスを評価するシステムを構築している．しかし，ドローイングにおいて重要であるアウトライン描画段階の評価指標については未検討である．本研究では，同段階の評価指標を探求する．本稿では，同段階における指導者と学習者の描き方の違いが，評価指標として利用可能かを検討する．
キーワード：ドローイング

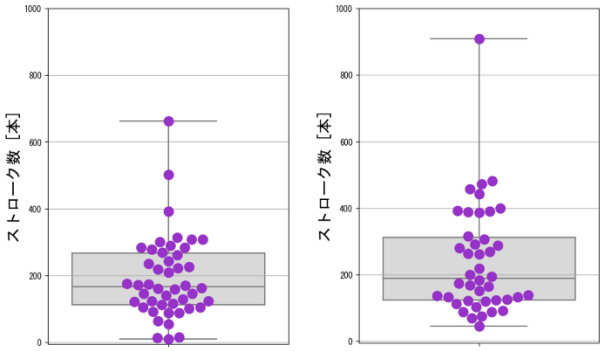
1. はじめに

ドローイングとは，ストロークと呼ばれる濃淡をもつ線を用いて，描画対象物(以下，モチーフ)の形状や質感を描画することである．ドローイングは美術教育における基礎的な技術として位置づけられ，美術入門者が最初に学ぶべき内容とされている[(1,2)]．本研究では，2010 年より，ドローイング学習支援システムを運用している．美術専門学校生を対象としたデジタルドローイングクラスで用いられているこのシステムには毎年約 20 名による 6 種のドローイングデータが蓄積されている．本稿では，これらのドローイングデータにおけるアウトライン描画段階（後述）での描き方に対する定量的特徴を検討する．本稿では，紙箱と紙袋をモチーフとしたドローイングの場合を対象に，同段階における指導者と学習者の描き方を比較し，その相違点が評価指標として利用可能かを考察する．ここでは以下の 2 つのリサーチクエスチョン(RQ)を設ける。

RQ1:指導者のストローク数は学習者より多いか.
RQ2:ストロークが現れる位置の移動距離には，指導者と学習者の間でどのような違いがあるのか.

2. アウトライン描画段階の定義

永井らの先行研究[(3)]では, 1 回のドローイングを行う過程(以下，ドローイングプロセス)は 3 つのフェーズに分けられることを示している．このうち，最初のフェーズでは，用紙に対するモチーフの構図や比率，モチーフの形状を決定する．本研究におけるアウトライン描画段階はこのフェーズを含む．終了タイミングを「1 番最初のトーンが描かれる時刻の前で，1 番最後に引かれたストロークが記録された瞬間」と定義する．以下，ドローイング開始 0 s から推定した時刻までを，アウトライン描画段階として解析を行う．



(a)紙箱　(b)紙袋
図 1 学習者のストローク数[本]

3. RQ1:ストローク数

RQ1 では，学習者と指導者のアウトライン描画段階のストローク数を比較する．ドローイング指導においては，2000 本以上のストロークを用いることが指導される．アウトライン描画段階での指導者のストローク数は紙箱で平均 369，紙袋で 541 である．

3.1 解析結果

学習者のストローク数を図 1 に示す．27 名の学習者による 105 データのうち，101 データでアウトライン描画段階におけるストローク数が指導者平均より少なかった．

3.2 考察

この結果から，今回，解析対象とした学習者においては，アウトライン描画段階でストローク数を増

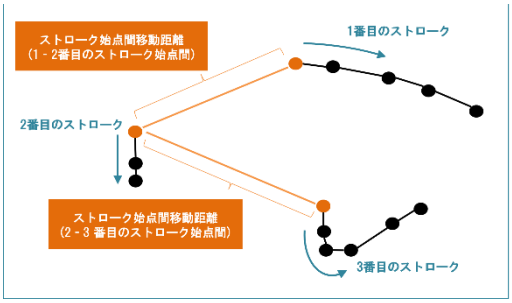
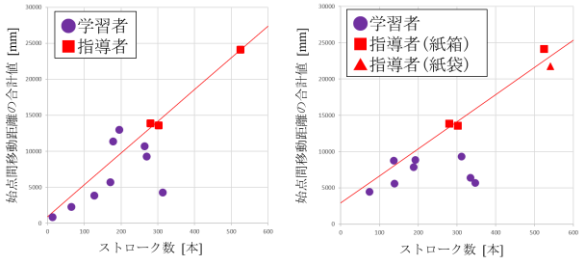


図 2 始点間移動距離の概念図



(a)紙箱　　(b)紙袋

図 3 ストローク数と始点間移動距離の合計値の関係（(a)紙箱と(b)紙袋．■と▲は指導者．）

やすような意識がない学習者が多かった．

4. RQ2

アウトライン描画段階では，常にモチーフの全体像を意識して描くように指導される．モチーフを観察して描くという作業を繰り返すドローイングにおいて，常にモチーフの全体像を見ながら描くと，ストロークが常に全体的に現れると考えた．RQ2 では，代表学習者 3 名と指導者のストローク開始位置に着目する．

4.1 始点間移動距離

ストロークを構成する座標群のうち，最初に計測された点をストローク始点とする．あるストロークの始点と，次に引かれるストロークの始点の距離(以下，始点間移動距離．図 2 参照)を，指導者と学習者で比較する．始点間移動距離の合計値が大きければ，用紙に対して広い範囲でストローク移動がなされていることになる．合計値が小さければ局所的な描画をしていることになる．

4.2 解析結果

どちらのモチーフにおいても，指導者のすべてのドローイングにおいて，始点間移動距離の合計値が学習者より大きかった．

4.3 考察

指導者の始点間移動距離の合計値がすべての学習者より大きくなったのは，指導者が常に画用紙を全体的に見てドローイングを行っており，ペンの移動量が大きいからであると考えられる．それに対して，学習者は局所的なドローイングに陥りがちである．

ここで，ストローク数と始点間移動距離の合計値とストローク数の関係を確認した(図 3 参照)．紙箱と紙袋の場合の相関係数はそれぞれ 0.84 と 0.75 となり，いずれも強い相関を示した．ストローク数が増加すると，必然的にストローク始点の数も増加する．指導者のため，始点間移動距離が大きくなると考えられる．図 3(a)の散布図の線形回帰直線から最も外れている学習者のドローイングに着目する．この紙箱ドローイングのプロセスでは，短いストロークをつなげてモチーフの形状を描画している様子が確認された．美術専門家によると，これは局所的な描画をしているという理由で指導対象となるドローイングであるという．

このように，局所的な描画をしているドローイングにおいては，ストローク数が指導者を上回っていても，始点間移動距離の合計値が指導者より小さいことがわかった．このことから，ストローク数に対して始点間移動距離の合計値が極端に小さいドローイングを参照することで，局所的な描画をしているドローイングを自動的に検出できるようになると考える．それにより，指導者はモチーフ全体を意識できていない指導対象となるドローイングを，学習者は自身が参考とすべきドローイングを容易に発見できるようになると考えられる．

5. おわりに

本研究の目的は，ドローイングにおけるアウトライン描画段階における評価指標を検討することである．そのために本稿ではまず，アウトライン描画段階を定義した．その後，同段階における指導内容にもとづき，2 つの RQ を設定し，指導者と学習者の描き方の違いを調査した．その結果，学習者のドローイングでの同段階におけるストローク数とストローク始点間移動距離の合計値は，指導者の値と差があることが確認でき，それらの評価指標としての利用可能性が示唆された．

今後は，データ数を増やして今回と同様の解析を行い，今回明らかになった違いが有意であるかを検証したい．また，見つかった相違点が成長指標として利用できるかを検討したい．

謝辞

遠隔ドローイング学習支援システムを 2012 年より導入いただき，ドローイングプロセスデータの収集にご協力いただいている日本外国語専門学校留学科海外芸術大学留学コースの教員と学生の皆様に感謝申し上げます．

参考文献

(1) 佐藤聖徳:“美術・デザイン系大学におけるデッサン指導の発展的試み”，静岡文化芸術大学研究紀要，4, pp.153-162 （2004）
(2) 関根英二:“美術体系の試み”，美術教育学会大学美術教科教育研究会報告, 6, pp.89-100 （1984）
(3) 永井孝，崎本貴之，香山瑞恵:“美術入門者に対するドローイングプロセスモデルによる学習支援ツールの検討”，人工知能学会第二種研究会資料，Vol.2017, No.23，pp.10-14 （2017）

対面とメタバースでのグループワークについての研究
Research on Face-To-Face and Metaverse Group Work

淺井　良輝，井上　明
Yoshiki ASAI, Akira INOUE
大阪工業大学ロボティクス&デザイン工学部システムデザイン工学科
Faculty of Robotics and Design, Osaka Institute of Technology
Email:919002@oit.ac.jp,akira.inoue@oit.ac.jp

あらまし：本研究ではグループワークを対面，オンライン，メタバース[(1)]の 3 つの環境で実施し，それぞれのグループワークとメタバースでの特徴を比較した．グループワークの特徴を検証するためにグループワークの心理的安全性について評価した．心理的安全性について t 検定を実施した結果，オンラインのグループワークがメタバースに代替できると分かった．しかし，メタバースは対面式グループワークよりも行いやすいとは言えない結果となった．
キーワード：メタバース，グループワーク，対面，オンライン，コミュニケーション

1.　はじめに

若者のコミュニケーション能力,対人関係能力など職業人としての基本的な能力の低下が多く指摘されている(2).こうした状況を打破するために学校現場ではグループワークを活用した対人コミュニケーション能力を向上させる取り組みが活発化している(3)．しかし,コロナウイルスの影響により複数人での会話は推奨されておらず,場所の確保など対面で実施することは簡単ではない.今回,メタバースに着目し，対面でのグループワークや Zoom などを使用したオンライン・グループワークとの違いや特徴について評価をおこなう．

2.　目的

本研究では,対面・オンラインでのグループワークとメタバースでのグループワークの特徴を検証するために,グループワーク参加者の心理的安全性を比較する．

3.　メタバース教室

本研究では, Blender, Unity, Cluster を用いてメタバース教室を開発した.開発したメタバース教室はメタバースのプラットフォームの一つである Cluster 上で使用可能である(Fig.1).

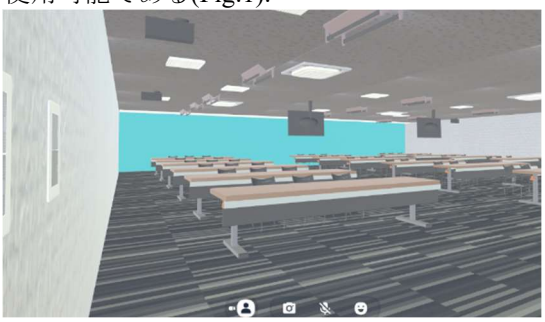


Fig.1 メタバース教室の画面

3.1 メタバース教室の概要

開発したメタバース教室は対面との比較を容易にするために,実際に授業が行われている教室を模倣している.また,グループワークで話し合いを促進させるために，活動の目的の明確化，参加者同士の交流などのゲーミフィケーション要素を取り入れた．

3.2 メタバース教室でのグループワーク

メタバースでのグループワークのテーマは,宇宙船が故障し月に不時着後,残されたアイテムの優先順位を話し合い決断することである．

メタバース教室には残されたアイテムがカードとして置かれており,それらのカードは Fig.2 のようにアバターを介して持つことができる.グループワークを行いメンバ間でアイテムの優先順位を決めた後,順位が書かれた場所にカードを置くことで課題に解答する．

Fig.2 カードを持つアバター

4.　実験

4.1 実験概要

対面, オンラインでのグループワークのテーマは,「砂漠からの脱出」とし，砂漠から脱出するために必要なアイテムをメンバ間で決定する．対面でグループワークを実施した後に,メタバースでグループワークを行うグループ(18 名)とオンライン(Zoom)で

グループワークを実施した後に,メタバースでグループワークを行うグループ(9 名)の計 27 名に実験を行った.実験手順は，1)実験概要説明，2)対面もしくはオンラインでのグループワーク，3)メタバースでのグループワーク，4)自由記述式を含むアンケート，の順で行った.

まず被験者は,メタバースとは異なるテーマで対面もしくはオンラインでグループワークを行う.オンラインでは一般的なオンライン会議に合わせ，顔出しは任意とし,より日常のオンライン・コミュニケーションに近い状況とした.

メタバースでのグループワークは,PC や VR ゴーグルを用いて実施した.対面やオンラインとテーマは異なるが,制限時間は同じである.Fig.3 にメタバース教室でのグループワークの様子を示す.

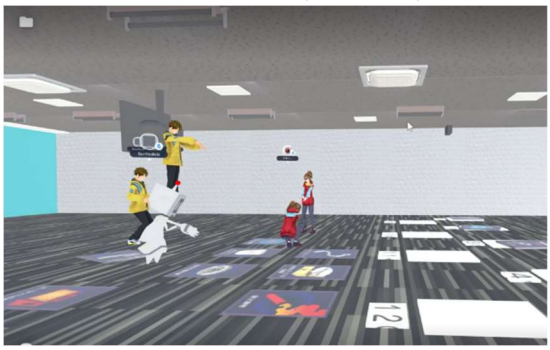


Fig.3　メタバースでのグループワークの様子

各被験者の対面,オンラインと比較した際のメタバースの心理的安全性と自由記述アンケート結果から,メタバースの特徴を検証した.

4.2 心理的安全性の評価

グループワークは人間関係を重要視していることから，グループワークの行いやすさはメンバ同士の関係性と考えられる．田場らの研究ではグループワーク中のメンバ同士の関係性を心理的安全性と捉えている(4)．

したがって本研究では，グループワークの行いやすさを心理的安全性と定義し，Edmondson，A の心理的安全尺度の 7 項目(反転項目:3 項目)を参考に，心理的安全性を評価した(5)．質問項目毎に点数を「あてはまる:5 点」～「あてはまらない:1 点」の 5 件法で求め，得点が高いほど心理的安全性が高いと評価した.

5.　結果

「対面・メタバース」と「オンライン・メタバース」を心理的安全性で評価した結果を Table.1 に示す.

Table.1　心理的安全性評価結果

対面・メタバース平均値(標準偏差)	オンライン・メタバース平均値(標準偏差)	p
3.03(0.74)	3.9(0.2)	**

** $p < 0.001$

対面・メタバース，および，オンライン・メタバースの心理的安全性について，t 検定を実施した結果,「対面・メタバース」と「オンライン・メタバース」の結果に有意差があることがわかった.

また,自由記述アンケート結果では，メタバースの肯定的意見として,「人の顔色やその場の空気間に流されることなく自分の意見が言えた」『「あれ」「これ」などを用いて実際の会話のように話しやすい』といった意見があった．その一方で,「対面より話すタイミングが合わず,意見が出にくかった」といったメタバースのデメリットについての意見があった．また,VR 酔いによる気持ち悪さを述べる意見が複数みられた.

6.　考察

心理的安全性の結果より,メタバースは対面のグループワークよりもオンライン・グループワークに代替しやすいと考えられる.また,自由記述式のアンケート結果から,メタバースはオンラインよりもグループワークを行いやすい可能性が高いが,対面よりも優位性が低いと考えられる.

理由としては,メタバースの特徴であるアバターの使用が原因と思われる.アバターによる没入効果により,現実感が得られる会話が可能になる一方で,VR 機器の不具合や操作の難しさがグループワークを行いにくくしたと考えられる.

7.　まとめ

メタバースでのグループワークは Zoom などのオンラインより実施しやすく,対面より行いにくいことが示唆された.また，メタバースでのグループワークの課題として，VR ゴーグルのタイムラグや VR 酔いなど，VR 機器に依存するグループワークのしにくさも明らかになった.

今後の課題として,VR 酔いなどの問題が解決できれば,よりメタバースでのグループワークは容易になると思われる.

参考文献

(1) 浅田恵佑，細井浩一: ” コミュニケーション支援環境としての仮想世界－メタバースを利用した居住者コミュニティ形成の可能性と課題－”,立命館大学アート・リサーチセンター, (2009)
(2) 文部科学省:コミュニケーション能力に関する指摘・調査等, https://onl.bz/cy7k7HL (参照 2023.02.05)
(3) 丹治光浩: “学校教育におけるグループワークの方法と課題” , (2013)
(4) 田場真理,石垣恭子: ”オンライン上グループワークにおける学習成果に繋がる学生の態度と認知の関係”,CIEC,(2021)
(5) Edmondson, Amy, “Psychological safety and learning behavior in work teams”, Administrative Science Quarterly, 44(2), (1999)

英語プレゼンテーション学習支援用 AI の開発

Development of AI for English Presentation Learning Support

藤島 美空[*1], 上野 春毅[*1], 中山 誠一[*2], 小松川 浩[*1]
Miku FUJISHIMA[*1], Haruki UENO[*1], Tomokazu NAKAYAMA[*2], Hiroshi KOMATSUGAWA[*1]
[*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
[*2] 実践女子大学
[*2] Jissen Women's University
Email: b2191970@photon.chitose.ac.jp

あらまし： 本研究では，公開性の高い音声認識や画像認識といった AI 技術を用いることで，手元のデバイスのみだけで実行可能な英語プレゼンテーション動画の評価のプログラムを作成した. 英語プレゼンテーションの評価観点として『発話内容』『無音となっている時間』『発表態度』『原稿を読んでいるか』『好印象を持つ表情をしているか』の 5 つの観点を定義し，それに基づいて評価を行った.
キーワード：AI, 学習支援

1. はじめに

近年， AI（人工知能）の技術が飛躍的に進歩し，教育分野における能力判断（評価）の自動化という新たな社会的革新をもたらそうとしている(1). 本研究では，大学初年次系の英語教育におけるプレゼンテーション能力養成を支援する AI 開発を目的とする．プレゼンテーションは発話や表情，視線といった要素が評価される．学生にとって上述の要素のトレーニングは，教員の評価を受けて改善を図るのが一般的である．しかし，教員の評価を常に受けられるとは限らず，自身を客観的に評価しながら自己トレーニングを行うことが求められる．一方で AI 技術の観点では，音声処理や画像処理などの精度が高まっており，学生の発話や表情，視線の情報を検出してプレゼンテーションを自動的に評価できる可能性がある．一例としてロボットを用いた研究(2)が行われており，身体的所作を Microsoft 社の Kinect で検出している．本研究チームでは，大学等の教育機関での運用を念頭に，特殊な機器を必要とせず広く普及しているデバイスであるスマートフォン等で利用できる公開性の高い技術を用いることを前提とする．

本研究では，教員の評価観点に沿ってプレゼンテーションの評価・学習支援を目指して、公開性の高い機械学習技術による自動的な評価の仕組み（AI）を開発する．本発表では，AI の肝要な部分である評価方法についてその設計と検証結果を報告する．

2. 概要

本研究で想定する授業の形態は，対面でのプレゼンテーションではなく，オンライン教育の普及により学生が手元のデバイスでプレゼンテーションを自ら撮影して動画として提出する形態とする．撮影されたプレゼンテーションの動画において, 学生の『発話内容』『無音』『発表態度』『カンニング』『表情』を自動で分析し，教員の評価基準に沿って評価を行う．

2.1 評価観点及び評価分類について

本研究では，撮影された英語プレゼンテーション動画（大学初年次相当）を，機械学習技術を用いることで自動的な評価を行う．今回対象とする教員の評価観点を表 1 に示す 5 観点で定義した.

表 1 評価観点

種類	評価の観点	説明
発話	発話内容	キーフレーズを話している
	無音	言葉に詰まっていない
振る舞い	発表態度	発表中，資料 (ポスター等) を使い説明をしている カメラを意識して発表している
	カンニング	カンニングペーパーを読んでいるような仕草が見られない
	表情	『笑顔』のような好印象を持つ表情をしている

また，上記の評価観点から判定される評価の段階は S ランク・A ランク・B ランク・C ランクの 4 段階とし，それぞれどの観点を満たしているとどの評価になるかまとめたものを表 2 に示す.

表 2 評価分類

評価ランク	条件
S	表情が『笑顔』のような好印象 原稿を読んでいない カメラを意識しながら資料の活用を行っている
A	原稿を読んでいない カメラを意識しながら資料の活用を行っている
B	原稿を読んでいる又はカメラの意識・資料の活用をあまり行っていない キーフレーズをあまり話していない
C	原稿を読んでいる又はカメラの意識・資料の活用を行っていない キーフレーズをあまり話していない 言葉に詰まっている時間が一定以上

2.2 評価 5 観点のロジック

発表者の発話

評価観点 1『発話内容』については，発話すべきフレーズ（以下キーフレーズ）を教員が設定し，それと発話の内容を比較し, 適合数に応じて得点化し，

8 割以上を 1，未満を 0 と評価した．そのため，まずはプレゼンテーション動画の音声を文章へと変換し，次に取得した文章をキーワードマッチングでキーフレーズの有無を判定して評価を行う．音声認識には Microsoft Azure の Speech to Text を用いた．評価観点 2『無音』ついては，言葉に詰まっているかどうか判定するため，音声が無音になっている時間を計測し，閾値に基づき無音を 1，それ以外を 0 で評価した．

発表者の振る舞い

発表者の振る舞いについては，MediaPipe を用いることで顔のキーポイントを検出し，顔の向きや視線の推定を行うことで各観点の評価を行った．評価観点 3『発表態度』については，推定した顔の向きから判定を行った．その判定は，推定した値と設定した閾値の差分の値に応じて 0~3 で評価した．閾値の設定は，教員による動画から模範となる顔の向きのデータを得て，そのデータが最大の評価となるようにした．評価観点 4『カンニング』については推定した顔の向きと視線の値を用い，カンニングを 1，それ以外を 0 と評価した．評価観点 5『表情』については，好印象を持つ表情をしているか判定するために FACS(Facial Action Coding System)で定義されている『AU(顔面の筋肉の動き)の組み合わせ』から『感情』へ変換する規則を用いた．今回はこの規則の中から『喜び(Happy)』に関する AU の検出を行い，その AU の値から判定を行い，好印象を持つ表情をしているものを 1，それ以外を 0 と評価した．

評価の算出

表 1 で定義した評価観点についてそれぞれ判定を行った結果から，表 2 で示した評価分類に基づいて評価の算出を行う．今回本研究で実装した評価アルゴリズムのフローチャートを図 1 に示す．

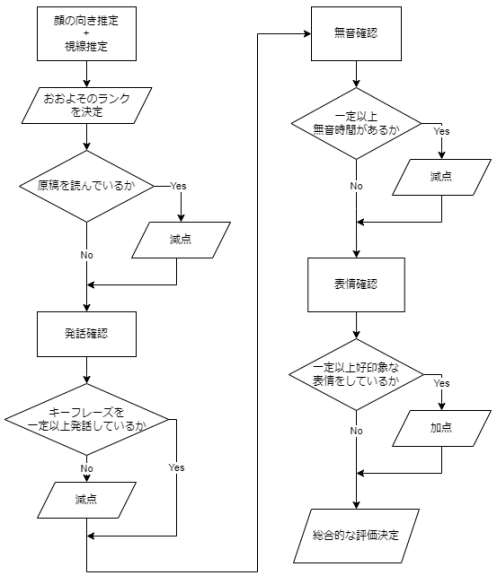


図 1　評価フローチャート

3.　検証

本研究で開発した自動評価プログラムに，実際に評価を付けた学生の動画を適用し，プログラム上での評価と教員の評価を比較する．プログラム内で判定された総合評価ごとに評価観点を満たした動画の数をまとめたものを表 4 に示す．また，2 つの評価の関係を示したものを表 3 に示す．

表 3 プログラムの評価ごとの評価観点の平均点

プログラムの評価	動画の本数	発話内容	無音	発表態度	カンニング	表情
S	10	0.4	0	2.5	0	0.4
A	12	0.5	0	2.16667	0.08333	0.5
B	48	0.25	0.04167	1.20833	0.02083	0.25
C	47	0.06383	0	0.62766	0.08511	0.06383

表 4 教員の評価と作成したプログラムの評価

		教員の評価			
		S	A	B	C
プログラムの評価	S	6	1	3	0
	A	7	3	2	0
	B	24	13	10	1
	C	18	16	13	0

4.　おわりに

本研究では，公開性の高い技術を用いることで教員の評価観点に沿ってプレゼンテーションを評価・学習を支援できることを目指して、機械学習技術による自動的な評価の仕組み（AI）を開発して検証した。検証の結果，開発した AI で判定した評価は実際の評価よりも全体的に低く判定されていることがわかった．要因として，評価観点の判定方法や評価分類のアルゴリズムにおける評価観点の比重，そして検証データが評価指標を定める以前に評価された動画であることが考えられる．

今後の展望として，評価観点方法の見直しと実用性の高いアプリ化が挙げられる．今回設定した閾値の妥当性は検証できていないため，より柔軟に評価を行うことができるように検討を進める．また，今回作成した自動評価プログラムを用いてアプリ化をする際，アプリ利用者に評価を行った際の指摘箇所（原稿を読んでいるような仕草等）を，動画あるいは画像形式で視覚的に表示することで，より実用性のある学習支援アプリになると考える．

参考文献

(1)宇都雅輝，“テスト理論と人工知能に基づくパフォーマンス評価の新技術”，教育システム情報学会誌，Vol.37, No.1, pp.8-18 (2020)
(2)後藤充裕，石野達也，稲澤佳祐，松村成宗，布引純史，柏原昭博，“プレゼンタ動作を再現・再構成するロボットプレゼンテーションシステム”，JSiSE 研究会研究報告，Vol.32, No.5, pp.121-128 (2018)

MR を用いたネットワーク学習教材の開発

Development of Network Instructional Materials using Mixed Reality

豊崎 駿佑[*1], 上野 春毅[*1], 山川 広人[*1], 深町 賢一[*1], 小松川 浩[*1]
Shunsuke TOYOSAKI[*1], Haruki UENO[*1], Hiroto YAMAKAWA[*1], Kenichi FUKAMACHI[*1], Hiroshi KOMATSUGAWA[*1]
[*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:b2191580@photon.chitose.ac.jp

あらまし：本研究では，高校情報 I における技能習得と知識理解をコルブの経験学習モデルに沿って展開する実習形式の授業設計を想定して MR 技術の現実空間と仮想環境を融合する特性を活用したネットワーク学習教材を開発した．開発した教材の有用性を検証するために，紙のワークシートと本教材で実際の実践環境に近い学びの体験をどの程度模擬体験できるか，気付きの差を比較した．

キーワード：MR，コルブの経験学習モデル，高校情報 I

1. はじめに

2022 年度から高等学校「情報 I」が共通必履修科目として開始された(1)．情報 I では，多様なコミュニケーションの実現，情報システムや多様なデータの活用について理解を深め技能を習得することが重要である．情報通信ネットワークとデータ活用の章では知識および技能の両面を身につけることが求められる．技能を身に付けるためには，身につけるべき学習内容を実際に経験し振り返り，知識や技能の両面を育成することが肝要である．この経験を通して知識を補強するプロセスとしてコルブの経験学習モデルがよく取り上げられる(2)．この経験学習モデルを情報通信ネットワークの学習単元に取り入れる一例として，家庭用 LAN の作図を行う演習の部分が想定される．演習は手軽に実施できる座学や紙，作図サイトなどを用いて行える可能性もあるが，より生徒の知識・技能を伸ばすには，自身の手を使い実践環境を通して経験することが必要だろう．しかし，高校の教室に光回線を引き，ネットワーク機器を購入する設備整備はコストパフォーマンス・教員への負担の面からみても容易ではない．

その一方で近年，現実空間と仮想空間を融合しリアルタイムで相互に影響を与える技術である MR(複合現実)の利活用が注目されている．例えば，トヨタは自動車整備作業に MR を導入し，配線などの情報を 3D で実車に重ね合わせて表示し，直感的に理解・操作できるシステムを開発した(3)．こうした技術を用いることができると仮定すると，上記のような経験学習モデルを要する実習に，現実世界での実習相当の内容を展開できる可能性が高い．

そこで本研究では，高校情報 I における技能習得と知識理解を経験学習モデルに沿って一体的に学習できる MR を活用したネットワーク学習教材の設計・構築を目指し，教育効果を明らかにすることとする．

2. 本研究での学習デザイン

本研究で想定する教材内容は家庭内 LAN 構築である．この学習に経験学習モデル（①具体的経験②省察的観察③抽象的概念化④能動的実験）を適用する．①では既習の知識を活かし家庭内 LAN 構築を行う．②では①の結果から正しく接続出来なかった点や表示されるエラー，通信できている点を見つけ原因や背景を探る．③では，②で思考したことを言語化し，他者と共有し意見を纏める．④では③をもとに①と同様のネットワーク構築を再度行う．

本稿では①を対象として，LAN 構築に MR を適用する．MR の空間認識機能を利用して現実空間を認識し，ネットワーク機器の機材を仮想環境に用意した．この際に，現実空間と仮想環境を融合できる特性を活かして，壁に光コンセント，机の上に ONU 等を設置できるようにした．これにより現実世界の机や壁に仮想的な機器を配置し，生徒自身がこれをまるで手で触れるように操作し，他者と共同し経験的に学べる環境でネットワークを構築できるにする．

3. 開発した学習教材

本システムでは，MR デバイスに HoloLens2，開発環境として Unity を用いた．

3.1 QR コードによるネットワーク機器表示

本システムでは，壁や机の任意の場所に仮想的な機器を設置できるようにする必要がある．機器の出現方法には「MixedMicrosoft.MixedReality.QR」を使用した．このパッケージの QR コード認識機能及びリアルタイム追跡機能で QR コード上にネットワーク機器を表示させることで任意の場所に設置を可能とした(図 1)．また，今回用意した機器は光コンセント，ONU，無線 LAN ルータ，光 Fiber ケーブル，LAN ケーブルの 5 つとした．

3.2 現実空間の机にネットワーク機器を設置する

Hololens2 の空間マッピング機能と Unity 上での

3DCG のネットワーク機器の構成要素である Rigidbody での「重力の使用」と Collider を設定することで現実空間の机の上や床の上に 3DCG のネットワーク機器を設置することを実現した(図 2).

3.3 正誤判定

今回開発した教材は，学習者がネットワーク機器をケーブルで接続して LAN 構築を行う内容とした．接続が正しく行われていることを判定して学習者に判定結果をフィードバックする．本システムの接続の正誤判定は次の 2 つで行われる．A)各ネットワーク機器の接続口 4 つにケーブルが挿されているか B)用意した解答とユーザーの回答を比較する．A)において，光コンセントの接続口・OUN の Fiber 接続口・ONU の UNI 接続口・wi-fi ルータの WAN 接続口の 4 つにケーブルが接続されている必要がある．4 つ未満の場合は，その時点で不正解となりメッセージが表示される．B)において，光コンセントの接続口・OUN の Fiber 接続口・ONU の UNI 接続口・wi-fi ルータの WAN 接続口の 4 つに正しい種類のケーブルの接続部が接続されているかを確認する．接続口が間違っていた場合とケーブルの種類が間違っていた場合にメッセージが表示される．A)・B)の両方が正しい場合，無線 LAN ルータの上に電波マークを表示，ONU と無線 LAN ルータの通知ライトを点灯，パケット通信の流れの 3 つの正解エフェクトが表示され，模擬的に通信ができていることを表す(図 3).

4. 検証評価

検証は，家庭内 LAN 構築を本システムで行った場合と紙のワークシートで行った場合での「気付き」「分かったこと」において，ア)実習環境に近い学びの体験が学習者にとってどう感じられるかの比較，イ)それぞれの個数の比較で行った．被験者は 14 人で，ネットワーク構築体験は 2 人 1 組で行った．

始めに，ア)紙のワークシートは「使用する機器の順番が分かった」「複数の機器を用いてインターネットに接続する必要があること」という意見があった．本システムでは「ONU や Wi-Fi ルータに接続口が複数あることが新しくわかった」「ケーブルにも種類があることがわかった・現実世界で見たことあった機器が，実は ONU や無線 LAN ルータであったということを形を見ることで知れた」という意見があった．次にイ)の個数の比較結果を表 1 で示す．この表から，紙のワークシートでは各ペア平均で 1.85 個であったが，本システムでは 6.28 個となっており，3.38 倍となっていた．本システムを使用すれば，従来の紙のワークシートでは生徒には見えづらい具体的経験からの理解や省察の材料が与えられる観点で，紙のワークシートより有用性が高い可能性が示唆された．

5. おわりに

本研究では，高校情報 I における技能習得と知識理解をコルブの経験学習モデルに沿って展開する実習形式の授業設計を想定して MR 技術の現実空間と仮想環境を融合する特性を活用したネットワーク学習教材を開発した．検証の結果から，従来の紙のワークシートより有用性が高い可能性が示唆された．しかし，ケーブルの柔軟性などの操作性や現状，同空間を複数人で同時に共有が出来ていない点において課題が残る．

図 1 QR コード上にネットワーク機器を表示

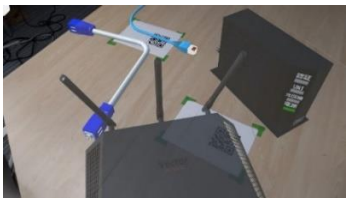


図 2 机の上に 3DCG のネットワーク機器を設置

図 3 正しくネットワーク構築されたとき

表 1 紙と MR で気づき分かったことの個数差

ペア	A	B	C	D	E	F	G
紙	1	2	2	4	1	1	2
MR	3	5	8	12	1	10	6

6. 参考文献

(1) 文部科学省：”高等学校学習指導要領情報科関係” https://www.mext.go.jp/content/000166115.pdf(　参　照 2023/2/6)
(2) Kolb,D.A.:”Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development”, Prentice Hall. (1984)
(3) Microsoft：”トヨタ自動車が全国の GR Garage に HoloLens2 を導入開始．自動車整備の働き方改革に Mixed Reality テクノロジを活用”, https://news.microsoft.com/ja-jp/2020/10/06/201006-toyota-motor-started-introducing-hololens-2-in-gr-garage-nationwide/(参照 2023/26)

CEFR 準拠 CDS 自動分類システムの精度改善を目的とした推定改良手法の提案

On Improving Precision of CEFR-Compliant CDS Classification System

里見 陸[*1]，宮崎 佳典[*1]，谷 誠司[*2]，安 志英[*3]，元 裕璟[*4]
Riku SATOMI[*1], Yoshinori MIYAZAKI[*1], Seiji TANI[*2], Jiyoung AN[*3], Yukyoung WON[*4]
[*1] 静岡大学
[*1]Shizuoka University
[*2] 常葉大学
[*2]Tokoha University
[*3] 群山大学
[*3]Kunsan University
[*4] 高麗大学
[*4]Korea University
Email: satomi.riku.21@shizuoka.ac.jp

あらまし：外国語の能力について世界の各言語で共通した参照枠である CEFR 内には，対象言語を用いて何ができるかを表す CDS が定義されている．本研究は機械学習による日本語文章の CDS 自動分類を行う既存システムに対してその精度改善を目的とする．習得レベルである文章の CEFR レベルを推定したのち，同一レベル内の文章を対象とした CDS 推定を適用した結果，適合率，再現率の調和平均値が有意に向上したことが観測された．
キーワード：CEFR，CDS，分類システム，日本語，機械学習

1. はじめに

CEFR とはヨーロッパ言語共通参照枠の略で，欧州の言語教育・学習の場で共有する枠組みとして，2001 年に欧州評議会が発表した(1)．欧州をはじめとする世界の各言語で実際に利用されており，現在，英語やヨーロッパ各国の言語を含め，多くの言語に対応している．CEFR には「読む，書く，話す，聞く」といった技能項目があるが，本研究では「読む」能力を対象とする．CEFR レベルは 難易度毎に A1，A2，B1，B2，C1，最高レベルの C2 に分けられているが，2017 年には CEFR を補完するものとして(2)が公開され，初学習者向けに，A1 レベルよりもさらに初級段階のレベルとして PreA1 レベルが追加された．

各 CEFR レベルは「その言語を使って何ができるか」という形で言語力を表す Can-Do Statement（以下 CDS）を複数用いて構成されており，PreA1 から C2 レベルまでの CDS は合計 38 個ある．ただし，CEFR レベルや CDS の中にはその言語を母語話者とする人にとっても難易度の高いものも存在し，本研究では B2 レベルに属する CDS の内の 1 つと，C1，C2 レベルに属する CDS を除いた計 34 個の CDS を研究対象とすることとしている．CDS は，CEFR レベルとは別に，それぞれが表す文章を読むのに必要な能力の種類によって 5 つの「下位尺度」のいずれかに属する．下位尺度が表す能力としては，「情報や要点を読み取る能力」，「手紙やメールを読む能力」等といったものがある．そのため，CDS は CEFR レベルと下位尺度の組み合わせで表現でき，文章の難易度と種類を内包した指標であると言える．

2. 本研究の目的

日本語教育へ CEFR を活用することに関して，日本語の CEFR 準拠テキストコーパスが作成されている例が管見の限りほとんど見受けられないことから，網羅的に研究されている事例は現時点において少ないと考えられる．これに対し，我々研究グループは日本語文章の CDS を自動推定するシステムの作成に取り組んでいる．特に本発表では，先行研究におけるシステムの推定手法に対して新たなアプローチを適用することでシステム推定精度の改善を目的としている．

3. 先行研究の推定手法

先行研究(3)では，PreA1 レベルの文章とそれ以外の文章には難易度や特徴に大きな差があると考えられたため，まず文章が PreA1 レベルかそれ以外の A1-B2 レベルの文章かを 2 値分類してからそれらに属する CDS のみを対象として CDS を推定するという手法を用いた．最新の先行研究(4)においても同様の手法を用いている（図 1）．

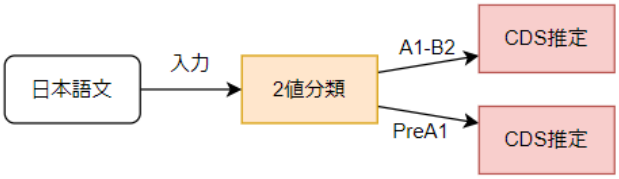


図 1 先行研究の推定手法

この際，2 値分類と，A1-B2 と推定された文章に対する CDS 推定には同じ特徴量が用いられているが，PreA1 と推定された文章に対する CDS 推定にはそれらとは異なった特徴量が用いられている．

推定精度の算出は，CEFR の知識を有する，外国にて日本語教育の経験がある 10 名から収集した CDS 情報付きの 555 例文を用いた 10 分割交差検定によって行う．教師データを用いて 2 値分類のモデル，並びに A1-B2 と推定された文章の CDS 推定のモデル，PreA1 と推定された文章の CDS 推定のモデルを作成し，それにテストデータを入力して，本来のテストデータに付与された CDS と推定された CDS を比較して精度を算出する．

テストデータの正解 CDS と推定された CDS から適合率と再現率を算出する．さらに，適合率と再現率の調和平均である F 値を算出し，これを最終的な精度として考えることとする．すると，先行研究[4]の推定手法における各値は表 1 のようになった．

表 1 先行研究の推定手法の精度

適合率	再現率	F 値
49.6%	71.2%	56.5%

4. 本研究の提案手法

先行研究の手法では，2 値分類と A1-B2 における CDS 推定に同じ特徴量を用いており，これは難易度を表す CEFR レベルと難易度と能力の種類を内包した CDS の推定に同じ特徴量を用いていることとなり，適切ではないと考えられる．また，先行研究の手法では PreA1 とそれ以外では難易度や特徴に大きな差があると考えられたため 2 値分類をする手法を取っていたが，A1 から B2 レベルに関しても，各レベル間には難易度や特徴には差があると考えられる．そこで，文章の CEFR レベルを推定した後，その CEFR レベルに属する CDS のみを対象とした推定をするという手法を提案する（図 2）．また，本発表では先行研究に対して推定手法を変更することによる精度の変化を得ることを目的とするため，CEFR レベルや CDS の推定には先行研究の手法における 2 値分類等と同じ特徴量を用いている．

その結果，10 分割交差検定による精度は表 2 のようになり，提案手法の精度は先行研究に比べて適合率は上がって再現率は下がり，F 値は上昇した．

表 2 提案手法の精度

適合率	再現率	F 値
73.1%	56.4%	63.6%

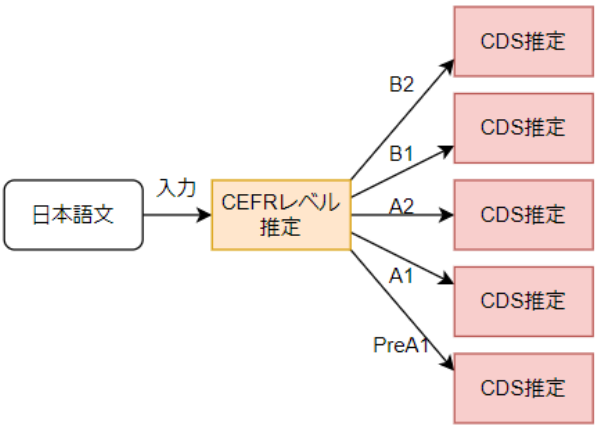


図 2 本研究の提案手法

5. まとめと今後の展望

本研究では，現在開発を行っている CEFR 準拠 CDS 自動分類システムに対し，先行研究の推定手法に対して新たなアルゴリズムを適用することで精度の改善を行うことができた．

また，本研究の提案手法では，先行研究の手法と精度を比較するため，CEFR レベルや下位尺度の推定，そして CEFR レベル毎の CDS の推定全てにおいて，参照する特徴量を同じものとしているが，やはり文章の難易度を表す CEFR レベルや種類を表す下位尺度の推定と，それらを合わせた指標である CDS の推定に同じ特徴量を用いることには疑問が残る．また，それぞれの推定により適した特徴量を適用することによってそれぞれの推定の精度を向上させることができると考えられるため，それらの推定により適した特徴量を考察し，適用することは今後の展望として挙げられる．

参考文献

(1) Council of Europe: Common European Framework of Reference for Languages: Learning, Teaching, Assessment, Cambridge University Press (2001)
(2) Council of Europe: Common European Framework of Reference for Languages: Learning, Teaching, Assessment Companion Volume with New Descriptors (2017)
(3) VUONG HONG DUC “CEFR Companion Volume に対応した日本語例文自動分類支援 Web アプリケーションの改良” (2021)
(4) CAO HOAI GIANG, 宮崎 佳典, 谷 誠司, 安 志英, 元 裕璟, CEFR に対応した日本語例文自動分類システムの BERT 適用による精度改善の試み, 韓國日本學會第 102 回國際學術大會 (2021)

対話の不確実性に鑑みた学習支援環境の設計初期検討
－対話型 AI の API 活用試行－

A Discussion for Surmounting AI Hallucination in Learning Support Systems
-Trial Use of Generative AI-

松浦 健二[*1]，矢代 涼[*2]，竹内 寛典[*1]
Kenji MATSUURA[*1], Ryo YASHIRO[*2], Hironori TAKEUCHI[*1]
[*1] 徳島大学情報センター
[*1]Center for AIT, Tokushima University
[*2] 徳島大学理工学部
[*2]Faculty of Science and Technology, Tokushima University
Email: ma2@tokushima-u.ac.jp

あらまし：インターネットの膨大な情報に基づいて生成される対話型生成 AI の学習支援活用は，オープンエンドな環境とみなせる．ただし，虚偽や古い情報，矛盾等を含む場合もあり，その学習支援における活用方法の事例を早期集積と共有の必要がある．本稿では，生成された対話内容の不確実性に鑑みて，語句の置換やマスキング等の簡易手法を適用した汎用的学習支援のためのシステム試行段階での経験的な知見を速報することで今後の方向性の議論に繋げる．
キーワード：生成 AI，API，AI Hallucination

1. はじめに

2023 年は生成 AI によるイノベーションが注目され，OpenAI 社や Microsoft 社，Google 社等によるプロダクトは世界中で大きな潮流を生み出している．本稿執筆時点でも，日々新機能，新サービス，新計画が報道され，大学や自治体等の組織の方針策定，政策上の戦略決定と規制等がその開発に先んじることが難しいほどの加速で拡大傾向を示している．生成対話を信憑性の吟味なく人間の学習に使えるかというと現時点での生成 AI の想定される仕組み上問題があるが，少なくともメタな層の学習でも，実務レベルでも，今後大きく影響を受ける分野として教育・学習分野があり，関係者が意識高く捉えていく必要がある．そこで，高等教育を含む学校教育や，技能訓練，社内教育，リカレント・リメディアル・リスキリング等で，その適性の検討と，活用の適否事例蓄積が急がれる．

AI の一般社会への実践投入という広義での捉え方では，例えば家電製品等にも導入されてきたが，2017 年の Transformer モデル(1)以降 5 年ほどでの研究開発の進捗の間，生成 AI が契約約款に基づく一般サービス化，あるいは OS やブラウザへの組込み機能化されるに至っている．極言すれば，プログラマの世界にあった高度な技術開発に対し，今や自然言語インタフェースや簡単な API を通じて，直接的に誰もが生成 AI を活用できる状況である．ただし，入力時の機密情報の取扱い，出力を利用する際の虚偽等を含む不確実性や著作権の課題についてサービス側の記載や利用組織での記載もあり，不確実性等に十分注意した適切な活用が求められる．

以上の議論から，体系的研究を今後展開としつつも，待ったなしの教育現場やその学習支援システム研究に照らして，本稿では生成 AI 活用の知見を共有すべく初期試行・検討を報告する．

2. 生成 AI 活用検討

2.1 生成 AI と LLM

生成 AI では，その定義や特徴に関して他 AI との比較により齟齬の軽減が図れる．例えば Python 等言語環境での機械学習のコード実装や，表計算ソフトでのソルバー利用といったこれまでの AI 活用と，現在注目されている大規模言語モデル(LLM: Large Language Model)に基づく生成 AI 活用との比較議論はその特徴把握に一定貢献する．現時点では，生成 AI を Transformer モデルの発展であり LLM 適用とすると齟齬を生じないと思われる．また，DALL・E2 (https://openai.com/product/dall-e-2)のようにテキストではないメディア生成等の応用については現時点での対象外である．

個々のサービスでその利用規約，生成コンテンツの取扱い，研究での利用等に関して，約款の他にポリシが公開されている場合には，それらを熟読して利用する必要がある．例えば, OpenAI 社ではコンテンツ利用ポリシだけでなく，共有・公開に関するポリシーの中で研究面の方針も示され，研究活用時にはこれらを読んだ上での適切な活用が求められる (https://openai.com/policies/sharing-publication-policy).

2.2 思考過程と出力

現・生成 AI の学習支援への貢献の可能性検討を試みる．ただし，人間の思考プロセスと生成 AI のレスポンス導出プロセスは異なると考えられる．事象毎に人間一人一人の内部評価関数が異なっている部分があることからも, 生成 AI の導出過程が人間内部過程の一般化と同様とは考えにくい．また，固有対

象のファインチューニング等を経た場合も，思考プロセスの異同の議論ではない．レスポンスの判別しにくさにおける AI と人間との差を明らかにするのは難しいが，その出力の特徴を捉えて応用した学習支援活用は可能と考えている．人間の内部プロセスのモデル化は，本学会等でも多数優れた研究があるが，反対にその差異を考慮しない道具としてのアプローチも多数ある．

2.3 一般的活用シナリオ

日本ディープラーニング協会が，「生成 AI の利用ガイドライン」[2]を公開した際，大別して３つの方向性が示されていた．下記(1)〜(5)のうちの(1)(4)(5)に相当する．この公開後も，ローカル環境にセットアップし検証可能な Meta 社による LLaMA モデル[3](https://github.com/facebookresearch/llama)や，OS への機能組込みが Microsoft 社から発表される[4]などもあり，本稿執筆時点では概ね下記のように大別できる．

(1) 対話活用(検索統合含む)
(2) OS・ブラウザ・文書ソフト等機能活用
(3) ローカルインストール活用
(4) API 活用の統合環境活用
(5) 生成 AI 自体の研究開発

教育・学習での活用を捉える際には，(1)や(2)での対話的シナリオが典型的実践となるが，学習支援システム研究としては(4)により生成 AI を組込む設計への研究上の関心が高まると思われる．

3. 環境設計

3.1 フレームワーク

前節(4)については，学習者と直接の UI を介すフロントソフトウェアに対して，バックエンドの生成 AI があり，その API に対して中継する機構を設ける構成で一般化設計可能と考えている．テキスト対話を念頭にすると，同(1)(2)の実践的側面も有する．図 1 はそのシステム構成のモデル図である．

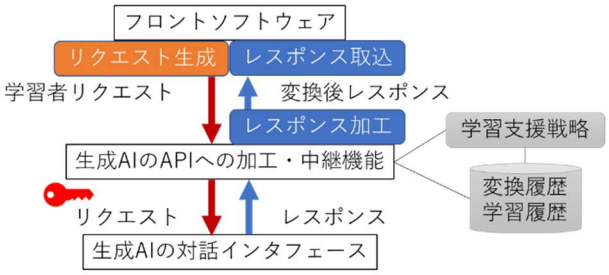


図 1 システム構成図

3.2 フロントエンド

ユーザに対するフロントには，代表的なものではブラウザがあるが，Office 系文書，コード開発環境等も想定される．Copilot[4]の環境では直接的な組込みインタフェースが想定されるが，学習支援の環境設計上は，中継処理を設け，その入出力を制御する形での実現は柔軟性が高い．したがって，API 鍵はこの中継機能実装で利用する．中継機能は，フロントと一体化も分離実装も可能である．戻ってきたレスポンスは，取り込む際に加工処理が必要になる．活用時には，生成 AI のコンテンツ利用明示が必要な場合はそれを明示するなどの適切な対応も行う．

3.3 API 利用中継機能

学習支援の中心的な制御機構である．この機能を Office 等では VBA で直接ファイル内に設けることも可能であるが，汎化のためプライベートなウェブ中継機構を設けることも有用である．この場合，学習戦略モジュールや履歴 DB の具備も容易になる．

3.4 ケーススタディ

(case1)スライド作成時の初期作業軽減と参考シナリオ利用を目的に，スライド編集時の支援実装を試みている．表紙スライド内のシェイプから他の生成ページへのテキストシェイプへの初期割り当ての検証であるが，文献[5]のような応用も検討可である．

(case2)いわゆる AI Hallucination の課題に対して，学習者がその不確実さに対しての吟味を学習に活用する．そこでは，学習支援戦略に沿った類型化の下で，例えば，特徴語を学習支援のために穴抜きや置換・位置変更等の手法が応用可能である．

(case3)問題アイテム集を事前定義し，生成 AI と学習者の出力と対比させるといった方向性も典型的応用である．例えば定積分問題などの数学分野でも，プロンプト次第で解導出過程が含まれるため，答えではなく答え方として，その導出過程を学習に応用できる．ただし，現時点ではドメインの適不適については経験的に判断していく段階である．

4. おわりに

本稿執筆時点では，学習の具体的なドメインを設定せずに環境評価の段階として汎用的なシステム設計を試みている．特に環境面での抽象的な設計指針と試行シナリオ 3 種を述べたが，このような枠組みでは戦略部分や履歴保存等は従来の学習支援システム設計の知見が活用できると考えている．

参考文献

(1) Ashish, V., et al., "Attention is all you need." Advances in neural information processing systems 30 (2017).
(2) 日本ディープラーニング協会(2023 年 5 月参照) “生成 AI の利用ガイドライン”, https://www.jdla.org/document/
(3) Touvron, H., et al., “LLaMA: Open and Efficient Foundation Language Models”, arXiv preprint arXiv: 2302.13971. (2023) https://arxiv.org/abs/2302.13971v1
(4) Microsoft blog (2023 年 5 月参照) ” Bringing the power of AI to Windows 11 – unlocking a new era of productivity for customers and developers with Windows Copilot and Dev Home”, https://blogs.windows.com/windowsdeveloper/2023/05/23
(5) 松浦健二, 仁木啓司, 後藤田中, 金西計英, 矢野米雄: スライド教材の編集課題による教育・学習支援環境の試作, 電子情報通信学会論文誌(D), Vol.J91-D, No.2, pp.259-268, 2008 年.

短答記述式問題データセットに対するフィードバック生成手法の検討

A Feedback Generation Approach for Short Answer Question Datasets

PHAN Huy Thanh[*1]，谷 文[*1]，太田 光一[*1]，長谷川 忍[*1]
Huy Thanh PHAN[*1], Wen GU[*1], Koichi OTA[*1], Shinobu HASEGAWA[*1]
[*1] 北陸先端科学技術大学院大学
[*1]Japan Advanced Institute of Science and Technology
Email: hasegawa@jaist.ac.jp

あらまし：本稿では短答記述式問題データセットを対象としたフィードバックの生成手法を提案する．適応的なフィードバックを実現するため，本研究では自動採点手法，類似正解文選択手法，差分フィードバック生成手法を組み合わせたフィードバックシステムを開発している．これにより，ドメイン知識を持たない短答記述式データセットのみでも学習者の支援に利用可能なフィードバックの実現が期待できる．
キーワード：短答記述式問題，データセット，フィードバック生成

1. はじめに

本文から指定された考え方や解釈を比較的短い文章で解答する短答記述式問題は様々な試験において利用されている．特に，大規模試験への適用時の採点の時間的・経済的コストの高さに対応するため，様々な自動採点手法が提案されている[(1)(2)(3)]．近年，採点精度は非常に高くなっており，実環境での運用が期待されている．一方で，自動採点手法のアウトプットは一般に得点のみであり，学習者毎にどのように修正すればよいのかについて自動的にフィードバックを行うことは想定されていない．

こうしたフィードバックを実現するためには，大別すると，学習者の解答と教員のフィードバックをセットにしたデータセットを利用する方法と，本文等をドメイン知識として学習者の解答と教員の採点結果からフィードバックを生成するアプローチが考えられる[(4)]．しかしながら，前者については現時点で公開されているデータセットは限られており，後者についても問題文は本文の著作権の関係で公開されていないことが多い．そこで，本研究では学習者の解答と教員の採点結果を組とするデータセットから修正フィードバックを生成する手法について検討する．

2. 対象データセット

本研究では，大学受験予備校や教育関連会社において行われたテストの記述問題の解答に対し，理化学研究所において採点アノテーションを付与した理研記述問題採点データセット[(5)]を利用した．このデータセットでは，50 字程度の解答テキストに加えて，採点根拠のアノテーション（採点基準と照らし得点の根拠になるテキストに 1，それ以外に 0 をつけたもの），全体得点，項目得点（採点基準毎の得点）から構成され，JSON 形式で格納されている．また，参考情報として，問題文，解答・解説はあるが本文は含まれていない. 問題は 17 問あり, 1 問につき 500～2,000 件のデータが含まれている．

3. フィードバックデザイン

図 1 に本研究で対象とする問題例と模範解答，解答例とその得点を示す．解答例を見てわかる通り，同じ得点でも解答の内容には多様性がある．そのため，全ての学習者にフィードバックとして模範解答を示すよりも，それぞれの学習者の解答の文脈を考慮したフィードバックが行えることが望ましい．

問 傍線部「こうした緊張したスタンスこそが饒舌な西洋文化を導いてきた」とあるが，それはどういうことか．句読点とも七〇字以内で説明せよ．

模範解答	他人を自分とは異質な考え方をもつ人間と見なす西洋では，自分の意見に同意を得るために，言葉を尽くして他人を説得する技術が培われたということ．
解答 13点	A. 西洋人は、他人は自分とは別の考え方をしていると考えるので、相手に自分の考え方を説明し、同意してもらうために説得に努めるということ。
	B. 西洋は他人を異人と見なし、自分の考えを相手に理解させ受け入れらせようと言葉で対決する姿勢が説得という西洋文芸の本質を生みだしたということ。
	C. 西洋は民族や言語や文化の異なる国が多く雑居しているため他人の考え方と自分の考え方が違うと思い、相手を説得して同意させようということ。
解答 8点	D. 西洋人は基本的に他人は異人と見なすため、自分の考えに他人を同意させる必要があるから西洋文化の基底には「対決」のスタンスがあるということ。
	E. 相手は自分とは別の考え方をしている「異人」なのだから、自分の考えを説明する必要があるという考え方が西洋文化の基底になっているということ。
	F. 様々な民族など、文化の違う国の人々に自らの考えを伝えるにはきちんと説得をする必要があり、言葉を必須としてきた為、意思が強く表れる文化になった。

図 1 問題例，模範解答，解答例[(5)]

本研究では上記のような観点から，以下のアプローチでフィードバックを生成する．

(1) 対象解答文から自動採点手法により得点を予測
(2) （予測得点が低い場合）データセット中の高得点群の解答の中で意味的類似度が最も高い類似正解文を選択
(3) 類似正解文に含まれて，対象解答文に含まれな

い差分フィードバックを生成

4. フィードバックシステム

フィードバックシステムは図 2 に示す通り，複数のモジュールを組み合わせて実現される．各モジュールの概要は以下の通りである．

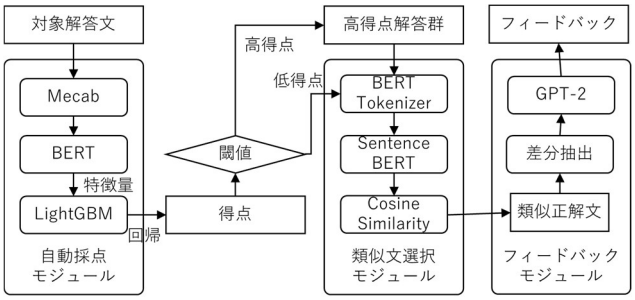


図 2 フィードバックシステムの概要

4.1 自動採点モジュール

入力された対象解答文に対して，Mecab[6]による形態素解析，記号や句読点の削除などの前処理を行った後，日本語事前学習済みの BERT モデル[7]を利用して文脈的特徴量を抽出する．データセットの解答文の BERT 特徴量と得点から LightGBM[8]による回帰予測モデルを構築し，このモデルを適用することで自動採点を行う．

4.2 類似正解文選択モジュール

対象解答文の予測得点が低い場合，対象解答を BertJapaneseTokenizer により Sentence BERT Japanese モデル[9]の形式に変換する．その後，対象解答文とデータセット内の高得点群解答の間のコサイン類似度を計算し，最も類似度の高い高得点群解答を類似正解文として選択する

表 1 に図 1 で示した解答を利用した類似正解文選択のシミュレーション結果を示す．低得点群(D, E, F)に対する模範解答と高得点群(A, B, C)のコサイン類似度を比較すると，(大きな差ではないが)模範解答は最も類似度が低く，最も類似度の高い類似正解文もそれぞれ異なっていることがわかる．

表 1 類似正解文選択のシミュレーション結果

	模範	A	B	C
D	0.9121	0.9432	**0.9479**	0.9296
E	0.9073	**0.9583**	0.9398	0.9367
F	0.9050	0.9272	0.9318	**0.9384**

4.3 フィードバック生成モジュール

前節で選択された類似正解文は対象解答文に近い表現に加えて，より高い得点を得るために必要な内容が含まれている．現在開発中であるが，差分要素を日本語で事前学習した GPT-2[10]を利用して，表 2 に示すような形で学習者にフィードバックする予定である．

表 2 フィードバック生成例

D	「相手への説得」の観点
E	「相手の同意と説得」の観点
F	「相手を同意させる」の観点

5. おわりに

本研究では，ドメイン知識(本文やフィードバック情報)を持たない短答記述式データセットを対象として，学習者の解答内容を考慮した改善フィードバックを生成するシステムを開発した．現時点では各モジュールに対する Fine Tuning を行っていないため，それらを実施して個別モジュールについての評価を行う予定である．なお，フィードバックの妥当性に関する客観的な指標の検討も課題の一つである．また，低得点群の対象解答文ではフィードバックのポイントが複数になる可能性が高いため，重要度を設定して段階的なフィードバックを生成できる手法についても検討したい．

謝辞

本研究では，国立情報学研究所の IDR データセット提供サービスにより国立研究開発法人理化学研究所から提供を受けた「理研記述問題データセット」を利用した．

参考文献

(1) T. Mizumoto et al., “Analytic Score Prediction and Justification Identification in Automated Short Answer Scoring,” in Proceedings of the Fourteenth Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications, pp. 316–325, (2019).
(2) S. Takano and O. Ichikawa, “Automatic scoring of short answers using justification cues estimated by BERT,” in Proceedings of the 17th Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications (BEA 2022), pp. 8–13, (2022).
(3) 内田優斗, 宇都雅輝: “受験者の能力を考慮した深層学習ベース短答記述式問題自動採点手法,” 教育システム情報学会誌 Vol. 38, No. 3, pp.218-228, (2021).
(4) G. Deeva, et al., “A review of automated feedback systems for learners: Classification framework, challenges and opportunities,” Comput Educ, vol. 162, 104094, (2021)
(5) 理化学研究所（2020）：理研記述問題採点データセット．国立情報学研究所情報学研究データレポジトリ．データセット：https://doi.org/10.32130/rdata.3.1
(6) https://github.com/SamuraiT/mecab-python3 (2023.6.7 アクセス)
(7) https://github.com/cl-tohoku/bert-japanese (2023.6.7 アクセス).
(8) https://github.com/microsoft/LightGBM (2023.6.7 アクセス)
(9) https://github.com/colorfulscoop/sbert-ja (2023.6.7 アクセス)
(10) https://github.com/rinnakk/japanese-pretrained-models (2023.6.7 アクセス)

仮想電気分解実験における部分的な情報提示を用いた学習支援システム

Learning support system using partial information presentation in virtual electrolysis experiments

沖田 康弘[*1], 岡本 勝[*1], 松原 行宏[*1], 毛利 考佑[*1]
Yasuhiro OKITA[*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: mh67005@e.hiroshima-cu.ac.jp

あらまし:本研究では,各電極での原理を正しく対応付けて学習するための部分的な情報提示を提案する.従来のシステムでは 2 か所同時に可視化されたイオンが動くことで原理の見落としをする可能性が存在したが,片方のみの電極を表示させることで見落としを防ぎ原理を対応付けて確認することができる.検証実験により,部分的な情報提示を行うことで各電極での原理を対応付けて確認することができた.
キーワード:化学教育,電気分解,学習支援,仮想実験,情報提示

1. はじめに

高校化学の学習指導要領では,実験を行うことを通して化学の基本的な概念や原理,法則の理解を測ることが重要視されている (1).しかし,実際の実験では化学反応における現象しか確認することができず,原理を直接目で見て確認することはできない.

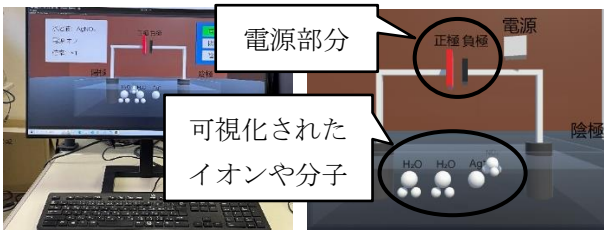
このような問題を解決するために,我々はイオンの可視化に着目し,実験を通して原理について学習可能な仮想電気分解実験環境を開発した (2).水溶液中に電子やイオンを可視化させることで,電気分解反応における原理について確認できる.しかし,検証実験で行ったテストによると陽極と陰極で発生した物質を逆で答え,どちらの電極で発生した物質なのかを対応付けられなかった人が存在した.

そこで,本研究では陽極,陰極のみをそれぞれ表示させることで各電極での原理を正しく対応付けて学習するための部分的な情報提示を提案する.両電極での原理を同時に確認していた従来のシステムに対し,片方のみの電極を表示させることで陽極,陰極で起こる原理を確実に対応付けて確認することができる.また,2 か所で行われているイオンの動きを同時に見るよりも片方の電極のみを表示させることで起きている原理の見落としを防ぐことができる.

2. 提案システム

図 1 にシステムの外観及び仮想電気分解環境を示す.学習者はディスプレイを見ながらキーボードを操作することで学習を進めていく.ディスプレイには VR 空間内に生成された仮想電気分解環境の映像が表示され,操作を行うことで電気分解における原理について確認することができる.

仮想電気分解環境は電源部分,導線,炭素棒,水槽,水溶液,可視化されたイオンや分子で構成される.中央に電源を表すオブジェクトが存在し,電源部分から導線を通して繋がっている炭素棒が電極を表している.水槽の中には水溶液を表すオブジェクトが入っており,存在するイオンに従って水溶液の色が異なる.水溶液内部には電気分解の原理を確認するために必要な陽イオンや陰イオン,水分子が可視化されており,これらが各電極に引き付けられることで電気分解における原理について確認することができる.また,可視化されたイオンが引き付けられると同時にイオン反応式が書かれているテキストを表示することで,イオンの動きとイオン反応式を対応付けながら電気分解における原理を確認できる.

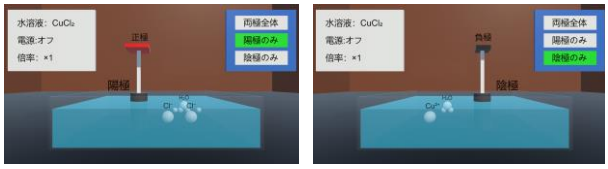


(a)システムの外観　　(b)仮想電気分解環境
図 1 システムの外観及び仮想電気分解環境

図 2 に陽極のみ,陰極のみの電極を表示した仮想電気分解環境を示す.陽極のみ電極を表示する場合,電源部分のうち原理の確認に必要な正極のみを表示しており,正極から導線を通して繋がっている炭素棒が陽極を表している.陰極のみ電極を表示する場合,電源部分のうち原理の確認に必要な負極のみを表示しており,負極から導線を通して繋がっている炭素棒が陰極を表している.また,画面上にある右上の青いパネルは現在表示されている電極の状態を表しており,学習者が電極の状態を切り替えると表示されている電極の名前が緑色に変化する.左上の白いパネルは現在表示されている水溶液の種類と電源の状態,イオンの速度倍率を表しており,水溶液の種類が変更されると表示されている水溶液の名前に変化する.電気分解の原理を確認する際,学習者は自分に適したイオンの速度を調節することができ,初期速度から変化した速度が倍率として表示される.

表示されている電極が片方のみのとき，その電極の原理を確認するために必要なイオンや電子のみを表示させることで両電極を表示させるときに比べ見落としを防ぐことができる．実際の電気分解では電極が 1 つだと反応が起こらないが，VR 空間では実際の現象とは関係なく学習者に学ばせたい情報のみを提示することができる．これにより，各電極で起こる原理を対応付けて学ばせるために片方のみの電極を表示させることで他の情報による影響を受けることなく各電極での原理を確認することができる．

学習者はまず両電極が表示されている状態で電気分解の原理を確認する．その後，陽極のみ，陰極のみが表示された状態に切り替えることで，各電極で起こる原理を集中して確認する. 原理を確認する際，倍率を変更することで学習者の適した速度でイオンの動きを確認できる．また，リセットボタンを押すことで電気分解における原理を何度も再確認することができる．各電極の原理を十分に理解できたと感じたら，次の水溶液に切り替え同様の流れで電気分解の原理を確認する．このように，学習者は部分的に表示された電極の原理を繰り返し確認することで陽極, 陰極で起こる原理を対応付けて学習していく．



(a)陽極のみ　　(b)陰極のみ

図 2 片方のみ電極を表示した仮想電気分解環境

3. 検証実験

検証実験では，部分的な情報提示を行うことで陽極，陰極で発生した物質を対応付けて確認することができるのかを検証する．まず，事前アンケートを行い，その後，提案システムを用いて電気分解における原理に関する学習を行った．最後に事後アンケートとテストを行うことで実験は終了した．事前アンケートは化学に対する意識を確認する質問を行った．事後アンケートは，各電極での原理に関する質問を行い，部分的な情報提示が適切であったかを評価した．テストは 9 種類の水溶液について陽極と陰極で発生した物質を答える問題で，全 18 問の 18 満点である．被験者は高校生のときに化学を履修していたことを確認した大学生 6 人(A-F)とした．

表 1 に事前アンケートの内容と結果を示す. また，図 3 に実験後のテスト結果を示す．図 3 より，被験者 6 名のうち 2 名は 18 問中 14 問, 3 名は 18 問中 18 問正解しており，提案システムを用いた学習の後に発生した物質を答えることができていた．特に，14 問以上正解している被験者 B-F の 5 名は，陽極と陰極を対応付けて答えることができていた．被験者 B-F は化学が好きな人やセンター試験で使用していたことから，化学に関する前提知識をもっていたため電気分解における原理について理解しながら学習することができたのだと考えられる．一方で，被験者 A は化学が嫌いでセンター試験でも使用していないことから，化学に関する前提知識がほとんどないため電気分解における原理ついて理解できないことが多かったからと考えられる．このことから，前提知識に差がある場合，部分的な情報提示のみでは不十分なことがあるため他の情報を提示することで学習を支援する必要があると感じた．

事後アンケートは 5 段階評価(5:肯定的-1:否定的)とし，自由記入欄を設けた．質問「陽極，陰極のみに分けることで各電極に関するイオン反応式が印象付けやすくなったか」の平均値が 4.0 であることから集中して原理を確認することができたと考えられる．自由記入欄の意見として「問題を解くときイオンの動きをイメージすることが多かった」ということから，部分的な情報提示により各電極の原理を確認することが印象に残りやすかったと考えられる．

表 1 事前アンケートの内容と結果

	A	B	C	D	E	F
化学は好きか	×	○	○	○	×	×
電気分解は好きか	×	△	△	○	×	×
センター試験で化学を使用したか	×	×	○	×	○	○

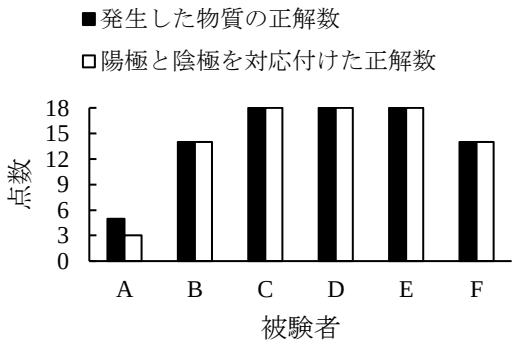


図 3 実験後のテスト結果

4. おわりに

本研究では，各電極での原理を正しく対応付けて学習するための部分的な情報提示を提案した．検証実験から，部分的な情報提示により各電極で発生した物質を対応付けて答えたことを確認した．今後の課題として，前提知識の差を埋めるために他の情報を提示することで学習を支援することが挙げられる．

参考文献

(1) 文部科学省: “高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編”, 実数出版株式会社, pp. 96-112 （2018）
(2) 沖田康弘, 岡本勝, 松原行宏, 毛利考佑: “HMD を用いたイオンの可視化による仮想電気分解実験環境”, 第 47 回教育システム情報学会 全国大会, pp. 157-158 （2022）

ペン型ポインターと HMD を用いた鉛直投げ上げシステム

Vertical throw-up system using a pen-shaped pointer and HMD

村上　拓真[*1]，松原　行宏[*1]，岡本　勝[*1]，毛利　考佑[*1]
Takuma MURAKAMI[*1], Yukihiro MATSUBARA[*2], Masaru OKAMOTO[*2], Kousuke MOURI
[*1] 広島市立大学大学院情報学研究科
[*1] Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University
Email: mi67017@e.hiroshima-cu.ac.jp

あらまし：本稿ではペン型ポインターと HMD を用いた鉛直投げ上げを行うシステムを提案した．提案システムではボールを掴んで投げ上げを行う動作はペン型ポインターを用いて体験することができ，ボールが投げ上がる様子は HMD を用いて確認することができる．検証実験では，ボールを掴んで投げ上げた時 HMD の有無においてどちらが学習に有用であるかについて，被験者のプレテストやポストテストによる正答数やアンケートなどから評価した．

キーワード：HMD，落下運動，バーチャルリアリティ，物理

1.　はじめに

「理科嫌い」や「理科離れ」という言葉が登場してから 20 年以上経過している[1]．理科嫌いという言葉の中でその原因としては実験や観察の時間がないことによる関心の減少，教師の言っている内容が分からなくて授業が難しく感じる，数学が苦手であるため理科の計算が分からなくなり理科が嫌いになることが挙げられる．岩根らは力覚提示装置を用いた落下運動の学習向け仮想実験環境の構築を行った[2]．その結果，興味，自然さ，リアリティがあるなどの評価が得られた．このシステムはディスプレイ上でシステムが動いているのを学習者が俯瞰的に見ている．

そこで本研究では，ペン型ポインターと HMD を用いた鉛直投げ上げシステムと力覚提示装置を用いた鉛直投げ上げシステムを構築した．本システムを用いることにより，学習者は公式を学ぶことができるかを確認することと，二つのシステムの内どちらが学習に有効であるかを比較することを目的とする．

2.　提案システム

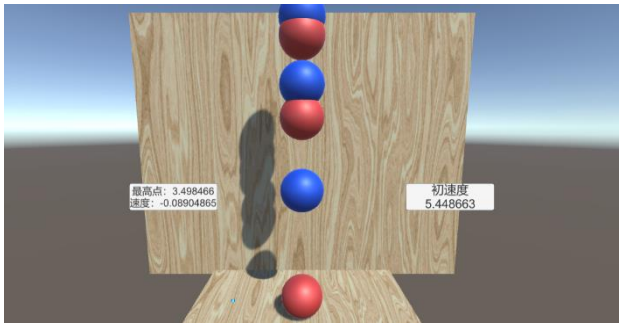
提案システムの外観を図 1 に示す．図 1(a)にペン型ポインターを装着した図を示す．ペン型ポインターのスタイラスはディスプレイ上にあるポインターと対応しており，スタイラスを動かすとポインターも動きボールを掴んで投げることができる．図 1(b)にペン型ポインターと HMD を装着した図を示す．頭に HMD を被り，右手にペン型ポインターのスタイラス，左手にコントローラーを持つことでボールを掴んで投げ上げたり表示された軌跡を動かしたりできる．図 2 にボールを掴んで投げ上げるシステムの画面を示し，図 3 に公式の画面と軌跡を操作する画面を示す．図 2(a)ではペン型ポインターのみを用いた時のシステム画面を示している．学習者はペン型のポインターをボールに近づけスタイラスに付随しているボタンを押すとボールを掴むことができる．そして投げ上げの際にボタンを離すとボールの初速度が図 2(a)の右側の UI に表示され，図 2(a)のような軌跡が表示される．これにより学習者自身がどの程度の力で投げ上げたのかを確認することができる．そして，ボールが最高点に近づくと図 2(a)の左側の UI に最高点の位置とその時の速度が表示される．これにより学習者は最高点の時，速度が 0 であることが自身の目で確認することができる．次に図 2(b)ではペン型ポインターと HMD を用いた時のシステムの画面を示している．学習者がボールを掴んで投げる動作は図 2(a)のシステムと同じ動作を行うとボールが投げ上がる．また，図 2(b)の左右の UI に表示される値は学習者が投げ上げた初速度と最高点の位置と速度が表示される．

(a)　ペン型ポインターを装着　　(b)　ペン型ポインターと HMD を装着

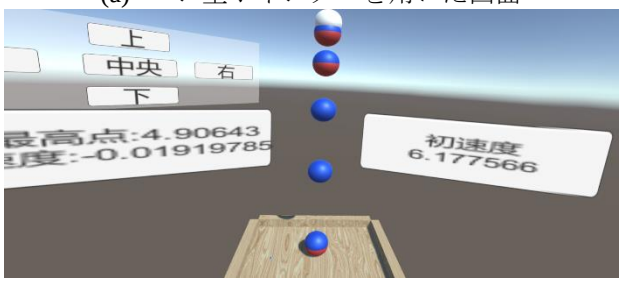
図 1　システムの外観

図 2(a)において軌跡や公式を操作するにはキーボードを操作する必要がある．キーボードの上下キーを押すと表示された軌跡の内の一つが黒色に変わり，それと対応した式と答えが表示される．そして，スペースキーを押すと図 3(a)と図 3(b)のような公式と公式で用いた変数が何であるかを示す画面が表示される．これにより公式が分からなくても覚えることができる．また，ボールを投げ上げた際にボールが

画面外に行くことがあるため，その問題を解決するためにキーボードの”w”と”s”キーを押すとカメラが上下に移動するようにした．次に図 2(b)において軌跡や公式を操作するには学習者が左手に持っているコントローラーを操作する必要がある．システム画面には図 3(c)のような軌跡を操作する画面があり，学習者はその画面にコントローラーから照射されるレーザーを画面に当たるように動かしトリガーを引くと軌跡を操作することができる．また，コントローラーにあるボタンを押すことで図 3(a)と図 3(b)のような公式が表示される．

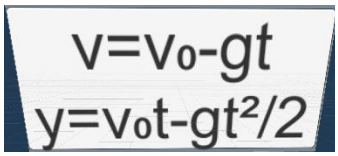


(a)　ペン型ポインターを用いた画面

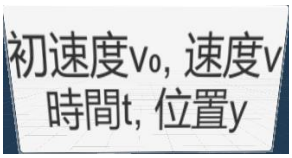


(b)　ペン型ポインターと HMD を用いた画面

図 2　システム画面



(a)　公式画面



(b)　変数画面

(c)　上下左右中央ボタン

図 3　公式画面と軌跡操作画面

3.　鉛直投げ上げの実験

実験ではシステムを動かすことで公式が覚えることができるかの確認, 問題を解くことによって HMD の有無による問題の正答数の比較を行い，どちらが学習に有効であるかを考える．そして，ペン型ポインターの操作性やシステムに関するアンケートを行った．被験者は 6 名とした．図 4 に被験者が解いたプレテストとポストテストの正答数を示す．問題の内容として公式を使って位置や速度，時間，最高点を求める問題を 5 題計 7 問出題した．また図 4 の被験者 A,B,C は HMD を用いないシステムを使った時の正答数であり，被験者 D,E,F は HMD を用いたシステムを使った時の正答数である．図 4 からほとんどの被験者が 5 点以上であることが分かる．解答を見るとポストテストでは被験者全員が公式を使って問題を解くことが確認できた．これによりこのシステムで公式を学ぶことができると考えられる. また，被験者 C,D,E,のプレテストの点数が高いことは 3 名の被験者は初めから公式を覚えていたことが原因である．そして，被験者 C,D,E,F の点数が同じや下がっていたのは約分のミスや符号を反対にして計算したことによるケアレスミスがあり答えが間違っていたため点数が同じや下がっていたことが解答欄から確認できた.

また，アンケート結果ではペン型ポインターでボールを投げ上げる動作は簡単であったなどの肯定的な意見が得られた．他にもシステムに関するアンケートでは苦手の人の手助けになりそうという答えや，鉛直投げ上げの式が理解できている人はシステムから得られたことは少ないと回答した人もいた.

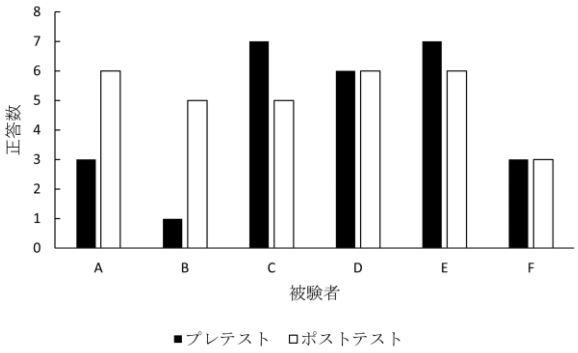


図 4　問題の正答数

4.　おわりに

本研究ではペン型ポインターと HMD を用いた鉛直投げ上げ仮想実験環境を提案した．実験を行うことで問題が解けるようになり苦手な人の助けになったこと，理解していた人には得られるものが少ないことが確認された．今後の課題として，HMD の有無においてどちらが学習において有用かが比較できていないので被験者を増やしたり，期間を開けて抜き打ちテストを行い，その結果で比較を行ったりする.

参考文献

(1)　長沼祥太郎 : 理科離れの動向に関する一考察―実態および原因に焦点を当てて―, 科学教育研究, Vol. 39, No. 2, pp. 114-123　(2015)

(2)　岩根典之，平山貴美子，松原行宏 : 反力デバイスを用いた落下運動の学習向け仮想実験環境の構築, 日本教育工学会論文誌，Vol. 30, No. 4, pp. 315-322　(2007)

AR を用いた協調的作問学習支援システムの設計・開発

Development of Collaborative Learning Environment for Problem-posing Using Augmented Reality

小代 翔大[*1], 山元 翔[*2], 平嶋 宗[*3]
Shota KOSHIRO[*1], Sho YAMAMOTO[*2], Tsukasa HIRASHIMA[*3]
[*1] 近畿大学理工学部
[*1]Faculty 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
[*3] 広島大学大学院先進理工系科学研究科
[*3]Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University
Email: s.koshiro@kindai.ac.jp

あらまし: 作問学習は有用な演習であることが知られている一方で, 作成された問題の診断が困難である. また, 作問学習支援システム「モンサクン」は作成された問題の自動診断を実現しているが, 協調学習的に作問しようとする場合, 様々なカードを扱う空間がタブレットやコンピュータ上に制限されるという問題がある. そこで本研究では Augmented Reality の技術を用いることで, 現実の空間で行った作問の結果を, 仮想空間で診断することで, カードの交換を協調的に行う作問学習を実現した. 本稿ではこのシステムの設計と開発について報告する.
キーワード: Augmented Reality, 協調学習, 作問, 算数文章題

1. はじめに

算数文章題の作問学習支援システムに「モンサクン」があり, 学習者が作成した問題の自動診断が行えることで, 学習者の試行錯誤的な作問学習を実現している(1). システムは学習者が算数文章題の構造の理解を促すことを確認しており, 個別の学習支援, および授業に組み込んでの一斉学習において効果を示している.

ここで, 学習者同士が共同で課題に取り組みながら適切にインタラクションをとることで学習を促進する協調学習が, 学習方法の一つとして知られている(2). 作問学習において協調学習を適用する例としては, 作成された問題を共同学習者が評価するという方法が主である(3). これは作成された問題の成立条件を, 学習者間のインタラクションによって学習するという形態の協調学習といえる.

これに対して本研究では, 問題を作るという活動自体を協調的に行うことで, より問題の成立条件についての理解を深めることを目的としている. 本稿ではこのシステムの設計と開発, および予定している試験的評価について報告する.

2. 作問学習支援システム「モンサクン」

2.1 算数文章題のモデル(1)

図１にモンサクンで作成される問題の一例を示す. 本研究で取り扱う１回の演算で計算できる算数文章題は, 数量の存在を表す存在文２つと, それらの数量の関係を表す関係文１つで成立している. また, それぞれの文は, 量, オブジェクト, 述語で構成されており, １つの数量概念を表している. これを単文カードと呼ぶ. この時, 述語は数量概念が存在を表すか, 関係を表すかを規定している. また, 図１の例は合併の物語だが, 他に増加などの物語も存在する.

算数文章題が成立するためには, これらの要素が特定の条件を満たす必要がある. 例えば, 存在文は２つ, 関係文が１つ必要である（三文構成の制約）などである. つまり, 学習者が学習すべきはこれらの制約条件であり, 自動診断に基づく試行錯誤を通じて, この制約条件の理解を深める.

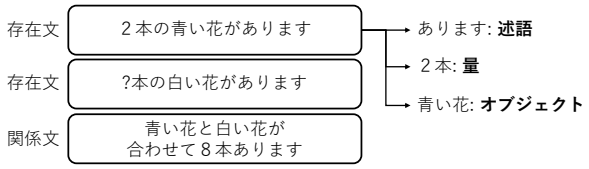


図１ 単文統合型の算数文章題の例

2.2 協調学習への拡張

協調学習において重要なのは, 共同学習者が共同で課題に取り組み, インタラクションを通じて知識を構築するという点である. したがって問題が成立する制約を, 学習者が共同で作問学習をする過程を経て理解するようなインタラクションを設計する必要がある. よって次のような演習を提案する.

学習の目標としては, より少ないカードの交換により, 作成可能な問題を全て作成することである. その上で準備として, ４つの問題が作成できる単文カード１２枚を用意する. これらを２名の学習者でシャッフルし, ６枚ずつに分ける. これらのカードは相手にも見える形で共有する.

手続きとしてはシンプルであり, 一回一回, お互

いのカード1枚を交換する．もしカードを交換して問題が作成できるようになったと考えた場合は，そのカードを提示する．正解していれば，そのカードを除くが，誤っていれば手順を増やす．これを繰り返し，4つすべての問題を作成できれば終了である．この活動において求められるのは，相手が問題を成立させられるようなカードを予測し，手渡すことである．よって相手の手持ちのカードセットと，自身のカード1枚をそれぞれ比較することで，作問できるパターンを予測することになる．また，このパターン予測はお互いに適切である必要がある．一方が適切なカードを渡したとしても，そのカードで作成できる問題のカードを交換してしまうと，問題は作成できない．よって相互成立しうる問題を予測し，最短の交換回数を踏まえてカードを交換する必要がある．このことから，制約条件のシミュレーションを行う必要があり，制約条件の理解に寄与するインタラクションを含んだ課題であるといえる．

3.　協調学習型作問学習支援システム

提案システムのインターフェースを図2に示す．提案演習を従来のモンサクンで実現しようとすると，タブレットの画面に収まらないカード数であり，交換という操作も複雑になる．そこで本研究では拡張現実感（AR）を用いることで，現実世界の協調的作問と，仮想世界での診断を実現した．

本システムでは，現実世界において紙のカードを用いて先に述べた協調的な作問活動を行う．そして，成立する問題を見出し，回答する時は，文章題が成立するように左から順番に3枚の単文カードを並べる．その後右側の「よみとる」ボタンを押すとシステムがカードを認識する．認識したカードの枚数は画面上に表示され，3枚読み取れていると「けってい」ボタンを押して診断することができる(図1上)．

なお，学習者が交換したカードを意識し，またログを保存する関係から，現実世界で交換したカードは，一度システムで認識する（図1下）．自分のカードを左，相手のカードを右に配置し，「よみとる」ボタンを押すことでカードを認識し，「けってい」ボタンで交換を実行する．これによりシステム内部でも，お互いの持つカードの情報が保持される．

図2 システムインターフェース

また本システムではARとOCRを用いたことにより，マーカーのない文字だけの単文カードが使用可能である．よって現場教員にとってのオーサリングと診断・フィードバックの負荷を低減しつつ，学習者らは自身のペースで作問学習を進められる枠組みにもなっている．

なお，システムの診断とフィードバックには2タイプあり，一つ目は従来の作問結果の診断であり，これは従来同様である．二つ目は協調学習の診断とフィードバックであり，スコアとして実装している．現在は仮に100点を満点として，カードの交換，診断の誤りの上限を15回と設定した．その上で，診断において誤り，あるいはカードの交換をすると，その回数の1.7乗を減点とした．

4.　試験的評価

実験参加者は6名の大学生3組である．今回提案する演習は新規なものであるため，(a) 制約を予測する必要のある演習になっているか，(b) 小学生にとって適切な課題であるかを確認することを目的とした．

用意した1組4題（12枚）のカードセットは難易度順に3パターンあり，この3回を試験的評価として実施してもらった．課題は算数文章題の難易度順に，「順思考の合併」「順思考の増加」「逆思考の増加」で作問可能なカードセットとなっている．

手順としては，まず演習やシステムの操作方法について説明した．その後，演習を3回行い，最後にアンケートに回答してもらった．当日はこの結果について報告する．

5.　まとめ

本研究では，作問学習支援システム「モンサクン」を協調学習支援システムに拡張した．本システムは現実空間で協調的に行なった作問の結果を，仮想空間で自動診断をすることができる枠組みを提案している．よって従来より柔軟な協調的作問が実現可能であり，ARを用いることで，小学生にとってインタラクションのしやすい紙による作問とシステムによる診断も実現している．

参考文献

(1) 山元翔，神戸健寛，吉田裕太，前田一誠，平嶋宗:“教室授業との融合を目的とした単文統合型作問学習支援システムモンサクンTouchの開発と実践利用”，電子情報通信学会論文誌，第J96-D巻，第10号，pp. 2440-2451　(2013)

(2) Koschmann, T.:“Paradigm shifts and instructional technology: An introduction. CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm”, Vol. 116, pp. 1-23 (1996).

(3) 高木正則，若林俊郎，勅使河原可海:“学習者が協調的に作問可能なWBTシステム「CollabTest」の小学生への適用と評価”，日本教育工学会論文誌，33巻，Suppl.号, pp.125-128　(2009)

数理モデルを応用した戦術学習支援システム設計の検討

Study of designing a tactical learning system by mathematical modeling

竹内　寛典[*1]，小野　健太郎[*1]，松浦　健二[*1]，上田　哲史[*1]
Hironori TAKEUCHI[*1], Kentaro ONO[*1], Kenji MATSUURA[*1], Tetsushi UETA[*1]
[*1] 徳島大学大学院創成科学研究科
[*1]Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Tokushima University
Email: takeuchi.hironori@tokushima-u.ac.jp

あらまし：サッカーやバスケットボール等のチームスポーツでは，統計量やトラッキングデータに基づくデータ分析が盛んに行われている．その中では，チームスポーツの戦術や動き方を評価する様々な手法が提案されている．それらの多くはチーム戦術に対する評価指標として一定の有用性が確認されているが，主に試合状況の事後評価にとどまり，指導者やプレイヤの理解促進にどの程度有用であるかは明らかとなっていない．そこで，本研究では，チーム戦術の学習支援を目的として，チームの動き方を説明する数理モデルを実装した学習支援環境を提案する．本稿では，数理モデルとして攻守圧場モデルを採用し，パラメータ設定および各種評価に向けたシステム設計の初期構想を述べる．
キーワード：フィールドスポーツ，戦術学習，学習支援

1. はじめに

近年，対戦型チームスポーツにおける統計的なデータ分析の高度化が進んでいる．データ計測技術とモデル化技術の急激な進歩を背景に，統計量に基づいたデータ分析の有用性は大きく向上した．サッカーやバスケットボール等のプロスポーツでは，スタッツに基づいて試合やプレイヤのデータ分析が日常的に行われ，指導者，プレイヤ問わず理解を促進する上で不可欠な存在となっている．

これに相まって，GPS や加速度センサを用いてプレイヤの位置情報や動きの時系列データ，いわゆるトラッキングデータの活用も進んでいる．トラッキングデータは，主にチーム戦術の説明や動き方の評価に活用され，俯瞰的に選手の状況を可視化する取り組みが行われている．例えば，観点を用いたボロノイ領域分割を利用してコート上の選手位置を元に優勢領域を指標化が行われている[(1)]．より実践に近い解釈を得るため，プレイヤの位置情報のみで単純化した領域の可視化だけではなく，重心や加速度などの運動モデルを用いた手法も提案[(2)]され，ゲーム状況を客観的に評価する指標となっている．また，チームスポーツの試合を数理モデルとして解釈する研究もおこなわれている[(3)]．チーム内，チーム間連携をダイナミカルシステムと捉え，チーム間の距離を制御パラメータと見立てて，数理モデル化を行っている．そこでは，チーム間の駆け引きは守備側の圧力により発生すると考え，チームの集合，拡散を評価可能にしている．これら取り組みは，ゲーム状況を説明する評価指標として，いずれも一定効果が確認されているものの，状況の事後評価にとどまり，指導者，プレイヤ理解の促進に，どの程度有用であるかは明らかとなっていない．

そこで，本研究では，これら数理モデル化された評価指標を援用して，チーム戦術を対象とした学習支援システムを設計する．本稿では，チームスポーツとしてバスケットボール，数理モデルとして攻守圧場モデルを選択し，実装における初期の設計構想を述べる．

2. 搭載する数理モデル（攻守圧場モデル）

本稿では，戦術学習の指標として，フィールドに対する圧場をプレイヤの離散的集合を連続的な場とみなす攻守圧場モデル[(3)]を採用する．これは，プレイヤがコート上に与える圧場を正規分布で表現したものである．プレイヤ i が与える圧場は，個人圧場 *IP* (Individual Pressure field) として以下のように定義している．

$$IP_i(x,y,r) = exp\left(\frac{-(L/r)^2}{2}\right)$$

ここで (x, y) は，一定間隔で区分したコート上の座標を表し，パラメータ L は，プレイヤ位置からコート上の点 (x, y) までの距離を表す．パラメータ r はプレイヤが両腕を水平に伸ばした姿勢における両手間の長さであり，プレイヤ位置からの圧場編曲点となる．また，これらの総和をチーム圧場 *TP*（Team Pressure field）として，以下のように定義している．

$$TP(x,y,r) = \sum_{i=1}^{N} IP_i(x,y,r)$$

プレイヤの位置が近づくに従って，他プレイヤが突破する可能性が次第に低くなるよう定式化されており，プレイヤによる圧力がかかる領域を直観的に把握することが出来る(図 1). 学習システムの実装においては，これらで算出された圧場領域を着色して可視化するとともに，数値表示を実装する．各コート上に与えられた数値情報を参照可能なインタフェースを実装する．

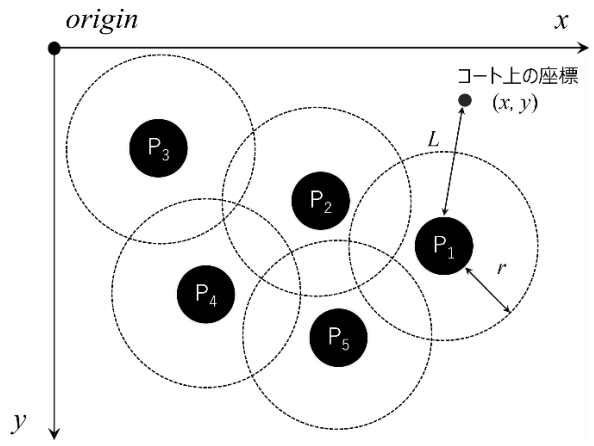


図 1 攻守圧場モデルの圧場イメージ

3. 戦術学習の支援設計

3.1 VR 空間を活用した戦術学習環境

システム化においては，先行研究にて二次元・三次元の空間認知変換促進を目的として開発された WebVR による学習支援環境[4]を拡張する. 本環境では，プレイヤは三次元の仮想空間上に 3D オブジェクトとして表現され，二次元平面で表現されたコート上にマッピングされている．マウス操作で選手の位置やカメラ向きを自由に操作することが可能である．これに対して圧場モデルを実装し，試行錯誤を行える学習支援環境として提供する．

3.2 プレイヤの「向き」を意識した拡張

攻守圧場モデルの可視化は，守備側の圧力を意識した戦術学習において有効に作用することが期待できる．しかし，この数理モデルは直交座標系の数理モデルであり攻守圧場領域は常に正円を描くことになる．フィールドスポーツの実践を三次元空間で考えたとき，前後左右の空間が同一圧力となることは直観的ではない．圧場による議論をより実践的な戦術説明へと昇華させるためには，三次元空間に内在される要素で補正することが望ましい．そこで，個人圧場モデルに「向き」の概念を追加し，以下のように定義する．

$$IP_i(x,y,r,\theta) = W_\theta \times exp\left(\frac{-(L/r)^2}{2}\right)$$

$$W_\theta = \begin{cases} 1.0 & 0° \le \theta < 60° \\ 0.5 & 60° \le \theta < 120° \\ 0.1 & 120° \le \theta < 180° \end{cases}$$

個人圧場 IP の算出において, 起点となるプレイヤ向きを踏まえ，正面側は高圧力，背面側を低圧力となるよう値調整を行う．プレイヤ正面向きと，相対するプレイヤが成す角度を θ とした場合に，プレイヤの向きに応じて向き補正 W を乗算する．このような優勢領域の補正には，ボロノイ領域の加速度を用いた運動モデル[2]があるが，本学習では静的なプレイヤ位置関係に基づいて議論を行うことを想定する．そのため，今回は視覚情報に基づく状況判断を評価することを目的に設計[5]を行い，プレイヤの視野に基づいて値を設定する．プレイヤの背面や側面スペースの活用などの議論が行えるよう設計する．

3.3 プレイヤのプロファイル変更機能

実践的な戦術議論とするためには，圧場の占める領域は重要な要素となる. パラメータ r をはじめとして，個々のプレイヤパラメータは動的に設定可能であることが望ましい． WebVR 環境への実装の際には，プレイヤのプロファイル変更機能を実装し，3D オブジェクトのスケール変更を行う他, 圧場算出を動的に行えるよう実装する．プレイヤ向きや高さを変更可能なインタフェースを用意し，プレイヤ個別に圧場領域の算出を行う (図 2).

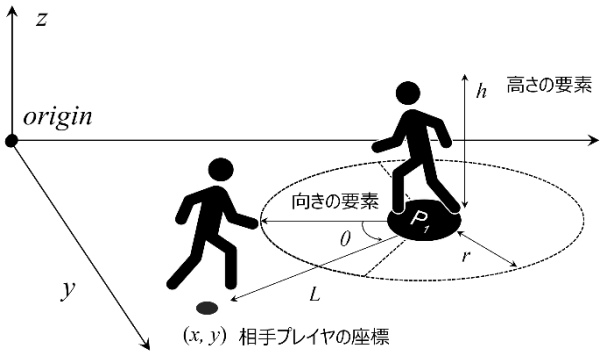


図 2 攻守圧場モデルの実装イメージ

4. おわりに

数理モデルを応用した戦術学習支援環境の設計方針について述べた. 今後, これらのシステムの実装と，利用における評価を行う予定である．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 22K12314 の助成を受けたものです.

参考文献

(1) 藤村光, 杉原厚吉: “優勢領域に基づいたスポーツチームワークの定量的評価”,電子情報通信学会論文誌, Vol.87(3), pp.818-828（2004）
(2) 瀧剛志, 長谷川純一:“チームスポーツにおける集団行動解析のための特徴量とその応用”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.81(8), pp.1802-1811（1988）
(3) 横山慶子, 山本裕二:“ボールゲームにおけるチーム内連携のダイナミクスー6 人制フィールドホッケーによる検証ー”, 認知科学, Vol.18, pp.284-298（2011）
(4) 石橋遼樹 ほか. “チームスポーツの俯瞰視点とプレイヤー視点に着目した戦術学習支援環境”, 教育システム情報学会（2021）
(5) 竹内寛典, 松浦健二:“チーム戦術想起のための認知促進手法に関する一検討”, 電子情報通信学会(2022)

教員による指導ポリシーを反映させた生成系 AI による個別最適化教育の実践と評価

Practice and Evaluation of Individualized Optimized Education by Generative AI Reflecting Teaching Policies by Teachers

二瓶 裕之，西牧 可織，米田 龍大
Hiroyuki NIHEI, Kaori NISHIMAKI, Ryuta YONETA
北海道医療大学　情報センター
Hoku-Iryo-u Network Information Center, Health Sciences University of Hokkaido

あらまし：内製化してきた本学の教育支援システムに、Chat GPT や DALL E 等の生成系 AI を組み込むことで、生成系 AI の革新的な技術を活用しながら個別最適化教育を実践し、教育改善効果を検証した。
キーワード：個別最適化、生成系 AI、Chat GPT、DALL E、組み込み

1. はじめに

人工知能(AI)などデジタルを活用した個別最適化教育の実践 [(1)] が進むなかで注目を集めているのが Chat GPT や DALL E 等の生成系 AI である。生成系 AI がもたらす革新的技術は、個別最適化教育も大きく前進させると期待されている一方、普及が急速であることから、大学教育の現場では、生成系 AI とどのように向き合うべきかが大きな課題となっている。

このような中、本学は、DX 推進計画を策定して数理データサイエンス AI 教育プログラム(MDASH)を実施してきたが [(2)]、特徴は、中小規模ながらも多様な AI を学内で内製化し、それを、教育プログラムの中で活用しながら個別最適化を図ってきた点である。そのため、AI の技術を教育に活用することの理解や認識は学内でも醸成されてきた。

そこで、今回、内製化してきた本学の教育支援システムに、さらに、生成系 AI を組み込むことで、生成系 AI の革新的な技術を活用しながら個別最適化教育を実践し、それによる教育改善効果を検証することとした。定めたリサーチクエスチョンは、「生成系 AI を組み込んだ教育支援システムを通して実践した個別最適化教育は、学生に対して、どのような効果をもたらすのかを明らかにする」である。

2. 教育支援システム

個別最適化したのは課題のフィードバックに対してである。鍵は、教員が定めた指導方針（ポリシー）を生成系 AI に反映させたうえで、生成系 AI がポリシーに従って個別最適化したフィードバックをする点である。生成系 AI を組み込んだ教育支援システムは、課題をクラスタリングするプロセス、生成系 AI からのレスポンスを受け取るプロセス、学生へフィードバックを提示するプロセスの３つからなる。

課題をクラスタリングするプロセスの目的は、指導方針を策定することである。このプロセスでは、まず、課題を読み込んで分かち書きなどをした後に、Doc2Vec によりテキストを 200 次元のベクトルに分散表現した。さらに、200 次元のベクトルを、t-SNE により 2 次元ベクトルへと次元削減したうえで、k-means 法により課題をクラスタリングした。また、クラスターの中心部近傍に位置する学生の課題を numpy.argmin 関数により特定して、これらの課題を教員が読むことで、教員の手によりクラスターごとなどに指導方針を定められるようにした。

生成系 AI からのレスポンスを受け取るプロセスの目的は、API によるオプトアウトである。まず、教員の定めた指導方針をプロンプトに変換して、学生の課題ともに、生成系 AI へ API を経由してプロンプトを送信した。生成系 AI のモデルとして使用したのは、CHAT モデルの’GPT-4’、IMAGE モデルの’DALL E2’であり、各々、openai.ChatCompletion.create と openai.Image.create によりレスポンスを受け取った。このように、API を利用してオプトアウトすることで、大学外の組織が運用する生成系 AI に学生の学修データを学習させないようにした。

学生へフィードバックを提示するプロセスの目的は、自動的に情報を送りつけるのではなく、学生の要求に応じて情報を提供することである。生成系 AI からのレスポンスは学生 ID と紐づけしてデータベースに登録し、データベースへは ODBC で Windows ASP から接続できるようにした。そのうえで、ASP で作成した教育支援システムに学生がログインすることで、生成系 AI からのレスポンスを基に個別最適化したフィードバックを閲覧できるようにした。

3. 実践した授業科目

本システムを活用した授業科目は MDASH を構成する「情報処理演習」であり、今回は、本年度前期に開講した４学部で実施し、履修者はあわせて 400 名近い人数となる。「情報処理演習」で実施した理由は、AI により個別最適化したフィードバックを学生が単に受けるのではなく、AI の仕組みや革新性、そ

して、特に、AI の欠点や留意事項を学んだうえで、批判的観点も持って AI からのフィードバックを受けられるようにするためである。

本システムにより学生へ個別最適化したフィードバックをしたのは、医療分野における AI 活用について調査した結果を、各々、レポートとプレゼンテーションスライドにまとめる２回分の課題である。１回目の目的は、学生が一度提出したレポートに対して、個別最適化したフィードバックによりレポートを改善できることである。ここでは、教員が定める指導方針としてルーブリック評価表などもプロンプトに変換した。２回目の目的は、学生の発表原稿に基づいて、スライドデザインの発想やヒントを提供することである。ここでは、図、イラストレーションなどを使いながら発表原稿の内容を視覚的に表現することなどの方針もプロンプトに変換した。

さらに、学生に対して、アンケート調査を実施した。ここでは、フィードバックの有効性と信頼性、そして、今後も続けたほうが良いかなどを問うた。

4.　結果と考察

アンケート結果より、１回目のフィードバックの有効性は高いとされ、今後も続けてほしいという意見が多かった。信頼性についても高いとの評価があったが、有効性と比較すると低く評価された。図１には､自由記載の意見をクラスタリングしたうえで､クラスターごとの意見を CHAT モデル’GPT-4’により要約した結果も示した。

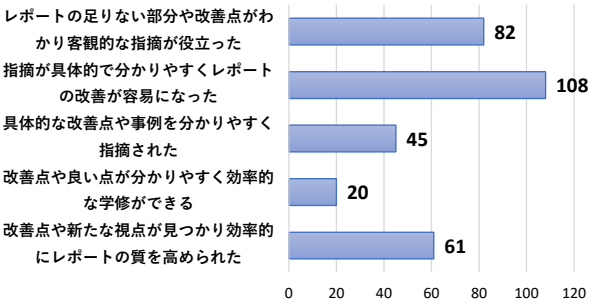


図１　自由記載の意見 (*n*=316)

一方、少数ではあったが正確性に対する疑問として､「自分ではレポートに書いてあったことが、書いていないと指摘された」などの意見もあった。

図２では、全履修者（約 300 名）について、フィードバック前・後（青・橙）におけるレポートの分量（文字数）の変化をヒストグラムで表した。縦軸は学生数である。文字数は、フィードバックの効果を評価する１つの指標でしかないが、フィードバック後に文字数が 400 字程度増えていることがわかる。

２回目のフィードバックに対しては、図３の結果にもあるように、プレゼンテーションでの図や色の使い方の参考になったなどの意見があった一方で、自由記載の意見には、生成系 AI が提示したスライドでは内容が伝わりにくいなどの意見も多かった。

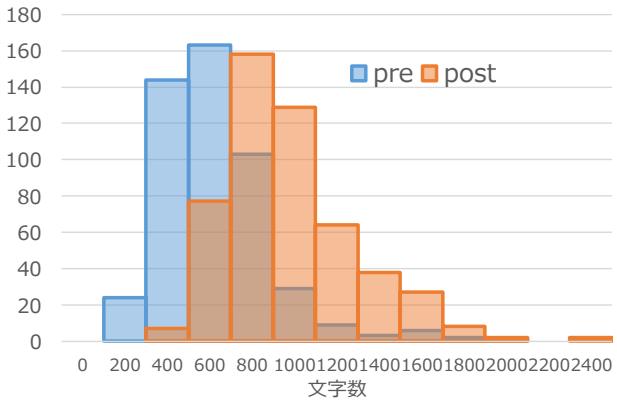


図２　フィードバック前・後（pre/post）（青・橙）におけるレポート文字数のヒストグラム（学生数）

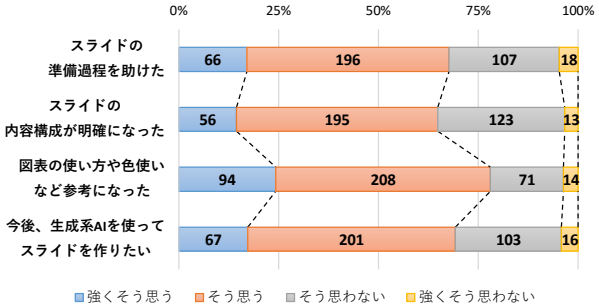


図３　アンケート結果 (*n*=387)

5.　まとめ

教員による指導ポリシーを反映させた生成系 AI により実施した個別最適化教育の中で、レポートのフィードバックについては、信頼性よりも有効性が高く、今後も続けてほしいなど前向きな回答が多かった。文字数だけで全ては評価されないが、フィードバックによるレポートの改善も一定の効果があったものと考える。比較すると、プレゼンテーションに対するフィードバックの効果は高くなかったが、これは、生成系 AI に対して教員が定めたポリシーが十分ではなかったことなども要因の１つになったと考える。

少なくとも、今回、300 名以上の学生に対して個別最適化したフィードバックができる仕組みを作ることができ、生成系 AI の可能性も見えてきたと考える。自身の課題に対するフィードバックであったからこそ、AI のレスポンスに対する批判的な観点も持ちやすく、このことが AI の活用スキルの醸成にもつながるのではないかとの期待もあり、今後も生成系 AI による個別最適化教育の検証を重ねたい。

参考文献

(1)　稲垣忠,三浦隆志,佐藤和紀, 他: “探究と個別最適な学びをつなぐ学習環境の構築と評価”,教育メディア研究,Vol.29,No.2,pp.43-55(2023)

(2)　二瓶 裕之, 西牧 可織:“医療系大学における数理データサイエンス AI 教育（リテラシーレベルプラス）の実践と検証”, 教育システム情報学会誌, Vol. 40, No. 2, pp. 173-178(2023)

学習パートナーロボットを用いた適応的な相補的教え合いシステム
Adaptive Reciprocal Teaching with Learning Partner Robot

佐藤 孝史[*1], 柏原 昭博[*2]
Takafumi SATO[*1], Akihiro KASHIHARA[*2]
[*1*2] 電気通信大学 情報理工学研究科 情報学専攻
[*1*2]Department of Informatics, Graduate School of Informatics and Engineering,
The University of Electro-Communications
Email: t.sato@uec.ac.jp

あらまし：本研究では，英文法を題材として学習者とパートナーロボットが，お互いに教え合いながら知識を補う相補的教え合いを行うことで，自己効力感を構成する 4 つの要素の獲得を目的としたシステムを開発した．本稿では，学習パートナーロボットとの相補的教え合い支援の枠組みと，今後実施予定のケーススタディについて述べる．
キーワード：相補的教え合い，学習支援ロボット，自己効力感，第二言語学習

1. はじめに

英語学習では，英語コミュニケーションの体験を積む対話的な活動として，英文読み合いが行われている．しかし，学習者間の英文読み合いは，心理的抵抗感や自己効力感の低さから，必ずしも効果的に行われない．これに対して，筆者らの研究では，ロボットとの英文読み合いシステムを提案し，学習者の心理的抵抗感を軽減することで効果的な英文読み合いを行えることを確認した(1)．

本研究では，ロボットとの英文読み合いを通じて，学習者の自己効力感の向上を試みる．自己効力感は①達成経験，②代理経験，③言語的説得，④生理的・情動的喚起という 4 つの構成要素に分解でき，これらを獲得することで自己効力感を向上させることができると考えられる(2)．その一つの方法として，英語コミュニケーションにおける文法誤りを学習相手との間で教え合うことは効果的と考えられる．具体的には，①学習相手からの教授により学習者が発話できるようになる，②学習者の教授により学習相手が発話できるようになる，③学習相手から励ましの言葉を受ける，④学習者が積極的に英文読み合いに取り組むことで，自己効力感の向上が期待できる．

そこで，本研究では，英文法の誤りを教え合う活動として相補的教え合いに着目した．相補的教え合いとは，複数の学習者間で，その知識を活用できている学習者が教授するということをお互いに行う活動である．

本研究の目的は，学習者が英文法を使ったときに正しく扱えているという認識を得るとともに，自己効力感を構成する 4 つの要素を獲得し，自己効力感を向上させることである．そのために，空欄のある英文を読み合いの題材として，ロボットを用いた相補的教え合い支援システムを提案する．ロボットを用いる理由は，コミュニケーションパートナーとして学習者の不得意単元を教授でき，なおかつ学習者が得意単元を教授する相手にもなり得るからである．

2. 相補的教え合い支援システム

2.1 支援の枠組み

提案する相補的教え合い支援の枠組みを図 1 に示す．本システムで行うインタラクションでは，学習者とロボットが一文ずつ英文を読み合う．このとき，どちらか一方が発話する英文に一ヶ所，空欄が空いており，補って発話する必要がある．本システムは以下の手順で，相補的教え合い支援を行う．

手順 1．事前筆記・発話テスト
手順 2．学習者が空欄形式の英文を発話する英文読み合い（インタラクション A）
手順 3．ロボットから学習者への教授
手順 4．ロボットが空欄形式の英文を発話する英文読み合い（インタラクション B）
手順 5．学習者からロボットへの教授
手順 6．事後筆記・発話テスト

手順 1 では，学習者にとっての得意・不得意単元を英文法の単元ごとに把握し，その結果に応じてロボットの得意・不得意単元を設定する．このとき，筆記テストは学習者が該当する知識を持っているかの確認，発話テストはその場ですぐに発話できるか確認することを意図している．手順 2 では，学習者が不得意単元に関して空欄形式の英文を発話し，ロボットがもう片方の英文を発話する．手順 3 では，

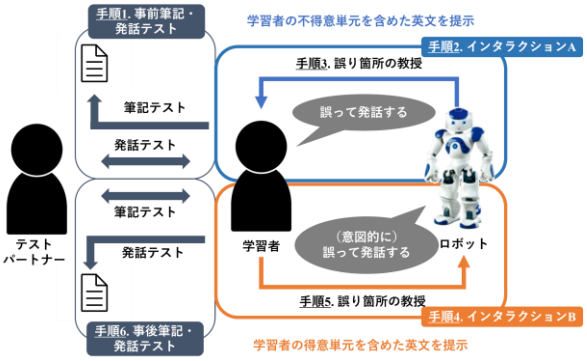


図 1　相補的教え合い支援の枠組み

手順 2 で期待される学習者の誤りに対して，ロボットが正しい発話を教授する．ここで，学習者が正しく発話できることによる達成経験の獲得を期待している．手順 4 では，ロボットが学習者の得意単元に関して空欄形式の英文を発話し，学習者がもう片方の英文を発話する．手順 5 では，手順 4 で期待されるロボットの誤りに対して，学習者が正しい発話を教授することを想定している．ここで，ロボットが正しく発話できるようになる過程を学習者が見ることで代理経験を得ることを期待している．また，手順 2〜5 でロボットが学習者に励ましの言葉を投げかけることによる言語的説得，学習パートナーロボットと相補的教え合いを行うことによる生理的・情動的喚起を学習者が得ることを期待している．手順 6 では，学習者がどの程度文法知識を正しく扱えるようになったか把握するため，手順 1 と同様の形式で筆記・発話テストを行う．

2.2 システム構成

提案するシステムの枠組みを図 2 に示す．モニター上で開始の指示がサーバーに送られるとインタラクションが始まり，サーバー側ではロボットの発話や動作の指示，モニター上に英文や回答の表示を行う．また，サーバー側で学習者の音声データを取得し，Google の音声認識(3)にデータを渡すことで発話の分析を行っている．

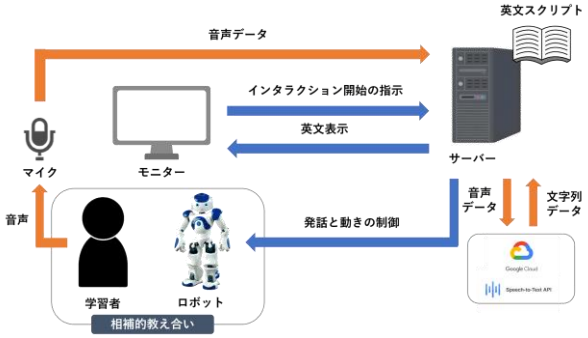


図 2　システムの枠組み

3.　ケーススタディ

提案システムを用いて，ロボットとの相補的教え合いによる自己効力感向上を調査する目的でケーススタディを行う予定である．具体的には，以下の 5 つの仮説について検証を行う．

H1：相補的教え合いを行うことにより，コミュニケーションの中で英文法知識を正しく扱えるようになる．
H2：ロボットの教授により学習者が正しく発話できるようになることで，達成経験を得る．
H3：学習者の教授によりロボットが正しく発話できるようになることで，代理経験を得る．
H4：ロボットが学習者に能力があることを伝えることで言語的説得を得る．
H5：相補的教え合いを行うことにより，生理的・情動的喚起を得る。

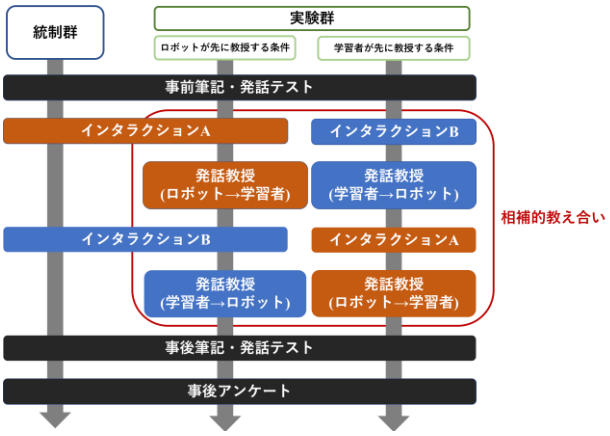


図 3　実験計画の手順

仮説を検証するため，相補的教え合いを行う群(実験群)と相補的教え合いを行わない群(統制群)の 2 群間による被験者間実験を行う予定である．実験群では順序効果を考慮するため，学習者が最初にロボットに教える条件と，最初にロボットから教わる条件の 2 条件に分けて行う．予定しているケーススタディの手順を図 3 に示す．

本実験では，現在形，3 人称単数，過去形，現在進行形，受動態，助動詞の 6 つを英文法の単元として扱う．初めに行う事前筆記・発話テストでの正解数に応じて，学習者ごとにより得意な単元を 2 つ，より不得意な単元を 2 つずつ選び，インタラクション A・B で扱う英文を設定する．インタラクション A では，学習者の不得意単元を含む英文をシステムが選択し，学習者に空欄部分を発話させて誤りを促すことでロボットから教わる機会を設ける．また，インタラクション B では，学習者の得意単元を含む英文をシステムが選択し，ロボットが意図的に誤ることで学習者に教授する機会を設ける．

4.　まとめ

本研究では，英語コミュニケーションにおいて文法を正しく扱えることによる自己効力感向上を目的として，学習者とロボットがお互いに教授し合う，相補的教え合い支援システムを提案した．今後ケーススタディを実施し，本システムが英文法活用に対する自己効力感向上に効果的であるか調査する．

謝辞

本研究の一部は，JSPS 科研費 23H03505 の助成を受けた．

参考文献

(1) 足立祥啓，柏原昭博:効果的な英文読み合いを行う学習パートナーロボットのデザインと評価，教育システム情報学会第 4 回研究会,Vol.33,No.4,pp.85-92,2018
(2) Bandura, A. Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. Psychological Review 1977, Vol. 84, No. 2, 191-215.
(3) Speech-to-text: https://cloud.google.com/speech-to-text

模倣学習エージェントによるゲーム戦略学習

Game Strategy Learning with Imitation Learning Agents

植野　雅之[*1]，高見　友幸[*1]
UENO Masayuki[*1], TAKAMI Tomoyuki[*1]
[*1] 大阪電気通信大学 総合情報学部
[*1] Osaka Electro Communication University, Faculty of Informatics
Email: ueno@osakac.ac.jp

あらまし: 人間の学習者がある状況のとき，どのような振る舞いをするかを機械学習させることにより，人間と同じように振る舞うエージェントとして利用することが可能である．このような模倣学習エージェントは，様々な教育的な利用が考えられる．また，模倣学習エージェントがどのように盤面を評価しているかについて，XAI 技術を用いて可視化することにより，自分や他者が持つ戦略の学習に利用することができる．
キーワード：模倣学習エージェント，ゲーム戦略学習，XAI，局所説明

1. 序

本研究の構想では，機械学習を用いて，人間の学習者の振る舞いを模倣する能力を持つ教育エージェント「模倣学習エージェント」（図１）を構築し，学習者にとって自分を振り返る教育的な意味での一種の「鏡」として機能させることを目指している．さらに模倣学習エージェントが持つ情報を抽出することにより，様々な支援が可能になる可能性がある．相手が必要な学習，例えば，討論，外国語会話，スポーツなどの対戦，ボードゲームなどの対局，教師教育などの学習においては，このような教育エージェントを用意することで，体験的・対話的な学習に用いることができると考えられる．

本研究では，将棋・リバーシなどの論理的ボードゲームの戦術・戦略的スキルの学習を扱う．

2. 棋譜からの学習による模倣学習エージェントの構築

チェスや将棋における模倣学習については，(1)(2)などにあるように先行研究が存在する．技術的には大量のデータを必要とする深層学習において，敵対的生成ネットワーク（Generative Adversarial Network：GAN）と呼ばれる技術を用いて，サンプルに類似する偽のデータを生成する生成ネットワークとその真偽を判定する判別ネットワークを競合させて学習をおこなうことで少数のサンプルからの学習を可能にしている．この棋譜の各手と生成ネットワークにより偽の手を生成したものを判別ネットワークによりその真偽を見分ける競合状態で両者のネットワークの学習を繰り返すことで実現している．

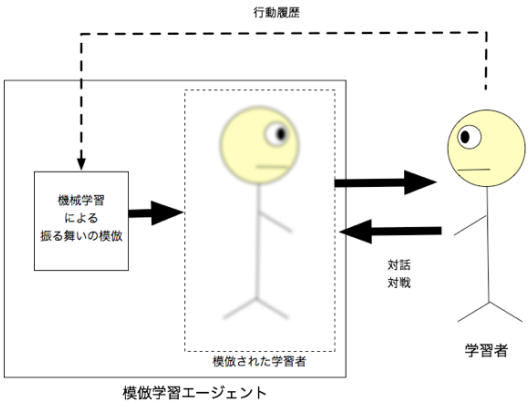


図 1 模倣学習エージェント

このような模倣学習は，逆強化学習という形でも研究が進められている．

3. 説明可能な AI による支援

説明可能な AI(XAI: eXplainable AI)は，機械学習などによって学習した内容を説明することを可能にする技術である．「説明」の方式としては様々なものが考えられるが，ここでは特に関連する局所説明（Local Explanations）を取り扱う．局所説明は，個々の予測結果の判断理由を理解することを目的とする説明で，与えられる一つ一つの事例に対する予測過程を説明するものである．例えば，画像認識においては，ある画像を認識したとき，その画像のどの部分が大きく影響したかなどを示すなどである．

具体的な XAI 技術の実装としては，LIME(Local Interpretable Model-agnostic Explanations)[(2)]などが有名である．LIME は局所説明をおこなうためのモデル不問型の実装で，説明対象データを摂動させて，近傍データを生成し，対象 AI に入力した結果をもとに解釈可能なモデルを獲得するという手法である．例えば，画像などを対象にする場合には，画像をセグメントと呼ばれる領域に分割することで，各セグメントの寄与度を算出するといった処理をおこなうことで局所説明を生成することができる．

模倣学習エージェントが学習した内容に対してこのような説明可能な AI を適用することで非常に効果的な支援を行える可能性がある．例えば，ある盤

面状況に対して，ある手を指す場合，その局所説明を用いることで盤面のどの部分を気にしてその手を打ったのかなどを示すことが可能となる．図3のように盤面のどの部分に応答したかということを示すことができれば，他者から得た模倣学習エージェントとの比較といったことから事後での研究なども非常におこないやすくなる可能性がある．

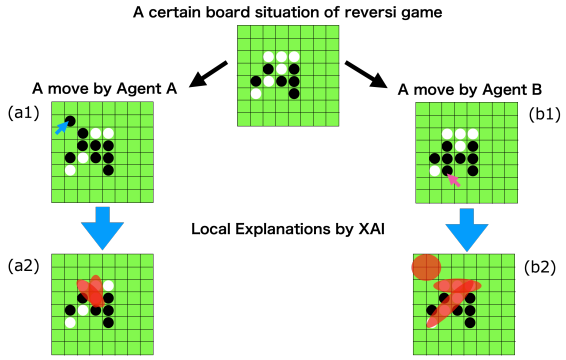


図 2 戦略の可視化による支援

4. 模倣学習エージェントの構築と LIME の適用結果

模倣学習エージェントの構築では，被験者との対戦結果の棋譜を蓄積し，逆強化学習アルゴリズム GAIL により模倣学習をおこなった．この模倣学習エージェントに対してモデル不問型で局所説明を得ることができる XAI 技術である LIME アルゴリズムを，図 5 左の盤面状態の白手番で F6 に打つ場合に適用したところ，図 5 右の局所説明が得られた（盤面情報はデジタルだが，これを画像として扱って入力している）．なお，図上で赤がプラスの影響がある部分，青がマイナスの影響がある部分となっている．

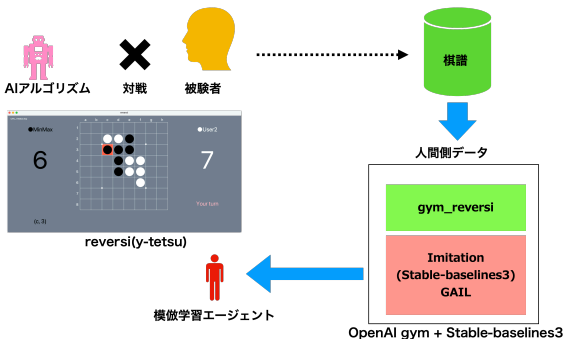


図 3 模倣学習エージェントの構築

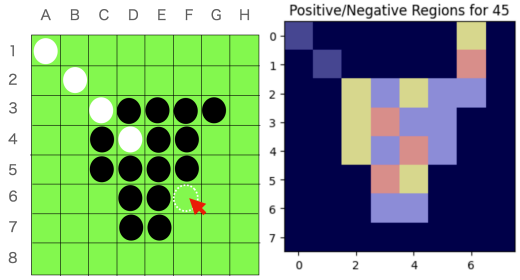


図 4 盤面状態（左）と F6 に打つ場合の局所説明（右）

5. 結論と展望

リバーシゲームにおいて，棋譜を収集して，これから逆強化学習をおこなうことにより模倣学習エージェントを実装した．また，この模倣学習エージェントが特定の盤面状況に対して，どのような評価をおこなっているかを可視化することができた．これにより単に模倣学習エージェントとの自己対戦が可能になるだけでなく，自分がどのような盤面に対してどのように評価するかという「戦略」について，可視化がおこなえるようになった．これは，自分の戦略というこれまで不可視であったものを可視化する手段として AI 技術を利用するということである．この可視化により自分の対戦を振り返る場合でも，より深い意味で評価し，内省をおこなうことが可能になった．これは AI 技術の新たな教育的利用の方法といえるのではないだろうか．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP19K12260 の助成を受けたものです．

参考文献

(1) Chidambaram, M. and Qi, Y.: Style Transfer Generative Adversarial Networks: Learning to Play Chess Differently, arXiv preprint arXiv:1702.06762 (2017).
(2) Shanchuan Wan and Tomoyuki Kaneko. Style Transfer in Playing Shogi Based on Generative Adversarial Networks. GPW 2017, pp. 138-143(2017)
(3) 植野，和田，高見，模倣学習エージェントからの説明可能な AI 技術による支援機能の可能性，ゲーム学会第 20 回全国大会論文集,2021
(4) 植野，高見，模倣学習エージェントの性能評価について，ゲーム学会第 21 回研究報告,2022
(5) Ueno,M., Wada,S., Takami T., The Education Environment for Strategy using the Imitation Learning Agent that Mimics the Behavior of Human Player , Proc. of 2019 IEEE 8th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) , DOI: 10.1109/GCCE46687.2019.9015289
(6) Ueno,M., Wada,S., Takami T., A Virtual Play Environment and Game Strategy Analysis System Using Imitation Learning Agents, Proc. of 2020 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) , DOI: 10.1109/GCCE50665.2020.9291746
(7) Ueno,M., Takami T., Construction of an Imitation Learning Agent Using Game Records of Unspecified Players, Proc. of 2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) , DOI: 10.1109/GCCE53005.2021.9622055
(8) Ueno,M., Takami T., Learning Support by Visualizing Game Strategies From Imitation Learning Agents, Proc. of 2022 IEEE 11th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) , DOI: 10.1109/GCCE56475.2022.10014419

2 画像同時表示可能な重心位置算出アプリケーションの開発

Development of center of gravity position calculation application capable of displaying two images

上田 秀治[*1], 有吉 航基[*1], 林 亜遊[*2], 西 恵理[*1]
Shuji UEDA[*1], Kouki ARIYOSHI[*1], Ayu HAYASHI[*2], Eri NISHI[*1]
[*1] 摂南大学
[*1]Setsunan University
[*2] 大阪医療福祉専門学校
[*2]Osaka College of Medical and Welfare
Email: shuji.ueda@edu.setsunan.ac.jp, eri.nishi@ele.setsunan.ac.jp

あらまし：介護従事者が高齢者に対して介助やリハビリを行う際には，重心位置に対する理解が必要不可欠である．本研究では，身体の各部位の中心位置をタップすることで身体全体のおおよその重心位置を算出するアプリケーションを開発した．医療系専門学生 14 名と一般理系大学生 12 名を対象とし，本アプリケーションを用いた学習の前後に 10 種類の画像を提示し各画像における身体全体の重心位置を回答させた結果，学習後に回答した重心位置がより身体全体のおおよその重心位置に近づき有意な差が認められた．
キーワード：**アプリケーション開発**，**デバイス活用**，**学習支援**

1. はじめに

我が国において，高齢者の割合が増加傾向にあり，2022 年の調査(1)においては日本の人口の約 3 割が 65 歳以上の高齢者であると報告されている．高齢者が安心して生活するためには，介護従事者によるサポートが重要であり，特に介助やリハビリを行う際には重心位置に対する理解が必要不可欠である(2)．

本研究では，身体の各部位の中心位置をタップすることで身体全体のおおよその重心位置（以下，推定重心位置）を算出するアプリケーションを開発することを目的とした．また，本アプリケーションを用いた学習の前後において，提示した画像における身体全体の重心位置を回答させ，学習効果について検討した．

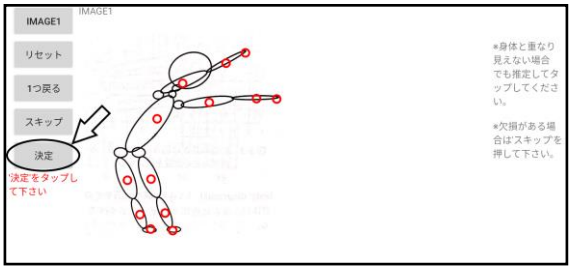
2. 重心位置算出アプリケーション

本アプリケーションは，Google 社が提供する「Android Studio」を用いて開発を行った．

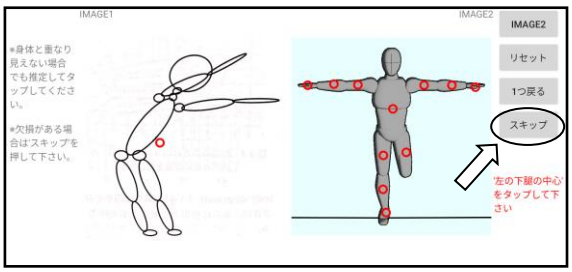
開発したアプリケーションは①重心位置算出機能，②中心線の表示機能，③支持基底面の表示機能，④物体保持時の重心位置再算出機能，⑤練習問題機能の 5 つの機能を有している．

図 1 に①重心位置算出機能の一例を示す．本機能では，身体の 13 個の部位（頭部と体幹，両上腕部，両前腕部，両手部，両大腿部，両下腿部，両足部）の中心位置をそれぞれタップし決定ボタンをタップすることで，推定重心位置が算出される．さらに，1 つめの画像の推定重心位置を算出後，端末内に保存された任意の画像を選択し，各画像を左右に並べて表示することができる．また，部位の選択時に表示されるスキップボタンをタップすることで，該当部位を欠損しているとみなして推定重心位置の算出から除外することも可能である．

図 2 に④物体保持時の重心位置再算出機能の一例を示す．本機能では重心位置算出機能によって算出された推定重心位置に対して，手に物体を保持させ



(a) 各部位の選択時



(b) 部位の選択除外時

図 1 重心位置算出機能の一例

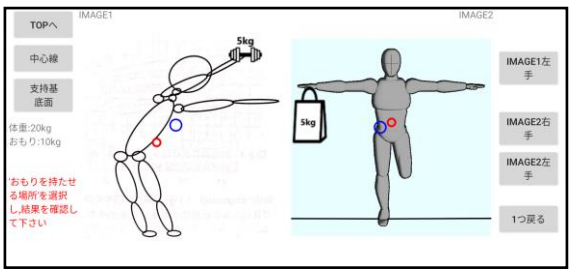


図 2 物体保持時の重心位置再算出機能の一例

た際の推定重心位置を再度算出し，画面上に異なる色で追加して表示される．

図3に⑤練習問題機能の一例を示す．本機能では，表示された画像の推定重心位置を4つの選択肢の中から1つ選択することで正誤が判定される．

3.　学習効果および使用感の検証

本アプリケーションの学習効果および使用感の検証のために，医療系専門学生14名，一般理系大学生12名を対象に実験を実施した．被験者には，本アプリケーションを用いた学習の前後に，10種類の画像を提示し各画像における身体全体の重心位置を回答させた．10種類の画像は，学習前後共に同じ画像を提示した．回答後，使用感に関するアンケートに回答してもらった．

図4に学習前後に回答した各重心位置と推定重心位置との誤差を示す．両群共に，学習後の誤差が学習前と比較して小さくなっており，有意な差が認められた．また，一般理系大学生の学習前の誤差において，医療系専門学生と比較して小さくなっており，有意な差が認められた．

図5に全被験者における本アプリケーションの各機能の使用感についての評価を示す．いずれの機能においてもとても良い，良いと回答された割合が70～90%程度となった．また，練習問題の機能において操作が分かりにくいとの意見が挙げられたが，内容については好意的な評価が多く得られた．

4.　考察およびまとめ

本研究では，身体の各体節の中心位置をタップすることで身体全体のおおよその重心位置を算出するアプリケーションを開発し，学習の前後に重心位置に関する問題を出題した後，使用感についてアンケートを実施した．その結果，両群共に学習後に回答した重心位置がより正答に近づき有意な差が認められ，本アプリケーションに学習効果があることが示唆された．また，一般理系大学生の学習前の誤差において，医療系専門学生と比較して小さくなっており，有意な差が認められた．これは，一般理系大学生は医療系専門学生と比較して，物理学をはじめとする力学に関する学習を行う機会が多く，重心位置に対する元々の理解が高かったと考えられる．

使用感に関するアンケートではいずれの機能においても好意的な意見が多く得られた．このことから，本アプリケーションを用いて重心位置の把握をすることにより，学習意欲の向上および継続的な学習にも有用であると考えられる．

今後は，本アプリケーションの各機能について充実を図るとともに，学習意欲に関する調査および長期的な利用に伴う学習効果について検証を行う予定である．

本研究における実験は，摂南大学「人を対象とする研究倫理委員会」の承認を得て行われた．

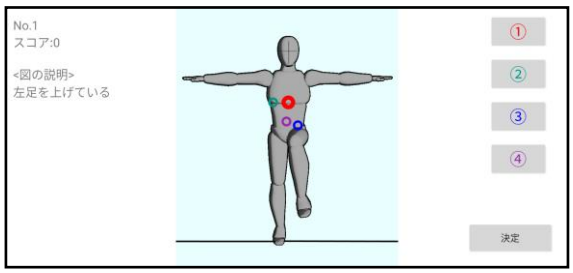


図3 練習問題機能の一例

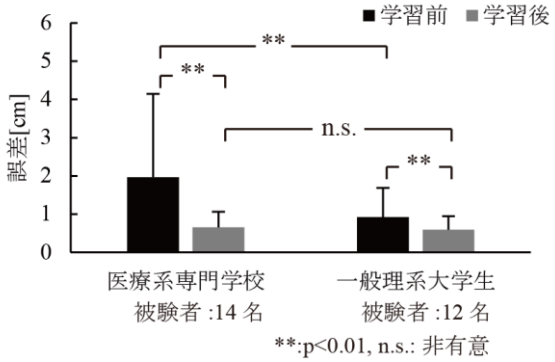


図4 回答した重心位置と推定重心位置との誤差

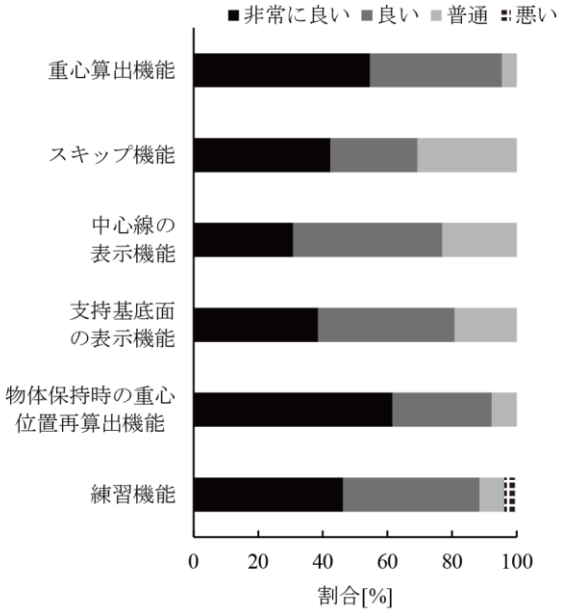


図5 各機能における使用感の評価

参考文献

(1) 総務省統計局:“統計トピックス No.132 統計からみた我が国の高齢者－「敬老の日」にちなんで－” (2022)
(2) 黒澤実姫, 村田朋恵, 佐々木聡也, 八木一正:““介護物理”の講義を受けた学生の介護に関する意識分析”, 岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要, Vol.11, pp.9-21 （2012）

空間図形の ICT 学習による小学 6 年生の視線特徴の変化

Changes in Sixth Graders' Gaze Characteristics through ICT Learning of Spatial Figures

近藤 竜生[*1]，黒田 恭史[*2]，田邊 宏樹[*1]
Tatsuki KONDO[*1], Yasufumi KURODA[*2], Hiroki C. TANABE[*1]
[*1] 名古屋大学大学院情報学研究科
[*1]Graduate School of Informatics, Nagoya University
[*2] 京都教育大学
[*2]Kyoto University of Education
Email: kondo.tatsuki.r6@s.mail.nagoya-u.ac.jp

あらまし：空間認知能力は，計算能力といった数学の諸能力や STEM 教育と関連することが分かっており，極めて重要な能力の一つである．近年，インタビュー調査等に加えて，視線などの計測を通して空間図形の認識や頭の中での操作を行っている際の思考過程および認知処理過程の分析が行われている．本稿では，小学 6 年生を対象に，ICT 学習による空間図形課題を解く際の視線の使い方の変化を分析する．
キーワード：視線，空間認知能力，ICT 学習

1. はじめに

空間認知能力の向上は，計算能力や数学的推論といった数学の諸能力だけでなく，STEM 教育分野に関する能力の向上にも寄与する(1)．このことから，空間認知能力の向上は，教育において極めて重要な役割を持つといえる．近年では ICT 学習が注目を集めており，空間図形の単元においても効果があるとされている．しかし，ICT 学習が思考過程に及ぼす影響や ICT 学習の何が効果を発揮しているのかについては未だ明らかでないことも多い(2)．

これまでインタビュー調査等をもとに学習者の思考過程を捉えてきたが，最近ではこれらに加えて，学習者の視線を計測することで，課題の成績や難易度の差による思考過程や認知処理過程の違いを抽出できるようになった(3)．ICT 学習前後の視線を分析すれば，ICT 学習の何が効果を発揮しているのかの一端を明らかにできる．

本稿の目的は，小学 6 年生を対象に，ICT 学習前後における立方体の展開図課題時の視線特徴の変化を明らかにすることである．本実験では視線の計測に加え，脳活動も同時に計測しているが，本稿では視線の結果について報告する．

2. 視線と脳活動の同時計測実験

2.1 実験概要

実験参加者は，京都教育大学附属桃山小学校の小学 6 年生 9 名(男性 3 名，女性 6 名)であった．視線の計測には Tobii Pro Nano (Tobii AB, Danderyd, Sweden)を，脳活動の計測には Spectratech OEG-16 (スペクトラテック，東京)を用いた．ただし，女性 1 名は視線データに欠陥が見られたため，視線の分析から除外した．実験では，GeoGebra を用いて立方体の展開図を開閉したり回転させたりして観察する ICT 学習と，その前後に PsychoPy を用いた展開図と立方体の異同を答える展開図課題をパソコンで行わせた．展開図課題の制限時間は 1 問 10 秒で，課題の難易度は Low, Middle, High Difficulty（LD, MD, HD）の 3 段階であった．本研究は名古屋大学および京都教育大学の倫理審査委員会において承認を受けた．実験データ取得方法，実験データ活用などについて説明を受け，本人とその保護者が同意書に署名した後，実験が開始された．

2.2 分析方法

視線の分析には，Tobii Pro Lab (Tobii AB, Danderyd, Sweden)を用いた．まず，展開図課題時の課題解決過程において特に重要とされる面を特定するため，各興味関心領域（AOI）の注視割合を分析した．AOI は，F が書かれた立方体の面の cube_F と展開図の面の net_F，○，I，R のいずれかが書かれた立方体の面の cube_OIR と展開図の面の net_OIR，net_F と net_OIR を面に沿って最短でつないだときに通る面の net_between，それ以外の立方体の面の cube_other と展開図の面の net_other，展開図および立方体の周辺部の periphery の 8 領域とした（図 1）．各 AOI を何秒間注視していたのかを算出し，その課題全体の注視時間で割ることで，課題ごとの各 AOI の注視割合を求めた．統計解析には R-4.1.3 を用い，有意水準は 5%とした．

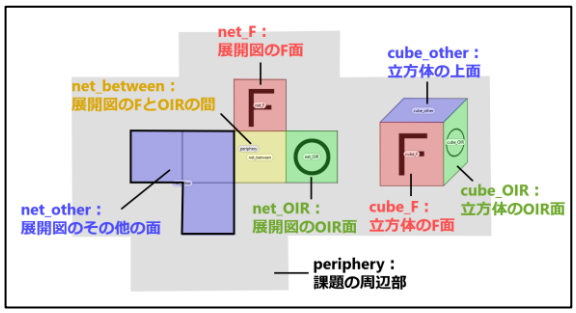


図 1　展開図課題における 8 つの AOI

3. 結果

3.1 所要時間と正答率

表1に学習前後の各難易度の所要時間と正答率を示した．すべての難易度において，学習後のほうが所要時間は短く，正答率は高かった．シャピロ・ウィルク検定の結果，所要時間，正答率ともにデータの正規性が認められた．所要時間について二要因分散分析を行った結果，学習前後（学習前，学習後）の主効果 ($F(1,8) = 16.90, p < .01$)，難易度（LD, MD, HD）の主効果 ($F(1,8) = 7.84, p < .01$) は認められたが，交互作用はなかった．事後検定の結果，全ての難易度において，学習後の所要時間のほうが有意に短かった．次に正答率について二要因分散分析を行った結果，難易度の主効果のみ有意傾向 ($F(1,8) = 3.10, p = .07$) が見られたが，学習前後の主効果，交互作用は認められなかった．事後検定の結果，MD のみ学習後の正答率のほうが学習前よりも有意に高かった ($p = .03$).

表1 学習前後の各難易度の所要時間と正答率(N=9)

難易度	所要時間（秒）		正答率（%）	
	学習前	学習後	学習前	学習後
LD	6.7	5.3	68.9	80.0
MD	7.1	5.8	57.8	74.4
HD	7.7	6.8	56.7	56.7
All	7.2	6.0	61.1	70.4

3.2 各 AOI の平均注視割合

学習前後，各難易度，各 AOI の平均注視割合と，課題全体(All)の平均注視割合を図3に示した．すべての難易度で，net_between の注視割合が最も高く，課題全体の 38~51%を占めた．また，学習後の net_between の注視割合のほうが学習前よりも高かった．平均注視割合に対して三要因分散分析を行った結果，二次の交互作用は認められず，学習前後と難易度，難易度と AOI に一次の交互作用が見られた．学習前後と AOI では見られなかった．事後検定の結果，LD のみ学習後の net_between の注視割合のほうが有意に高かった ($p = .01$).

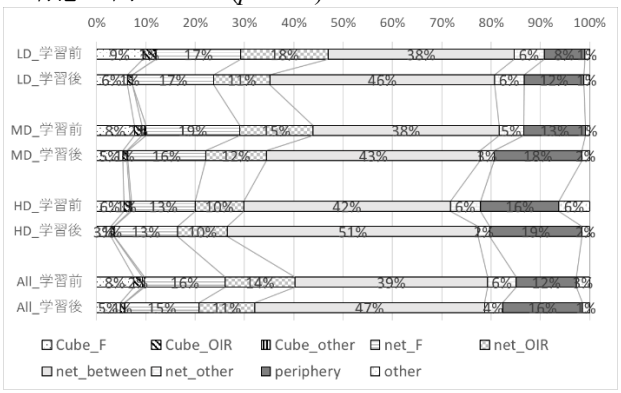


図3 学習前後の各難易度の注視割合(N=8)

4. 考察

学習後のほうが，所要時間が短く正答率が向上したことから，ICT 学習の効果があったと考えられる．ただし，学習前の正答率を見ると，MD と HD でほとんど変わらないのに対し，学習後には MD のみ有意に高くなっていた．このことから，今回の ICT 学習では中難易度（MD）の課題は解けるようになるが，難易度が高すぎる（HD）課題を解けるようになるまでは至らなかったことが伺える．しかし所要時間はすべての難易度で学習後のほうが有意に短くなったことから，ICT 学習によって展開図を頭の中で速く組み立てられるようになったことが推察される．

注視割合の結果を見ると net_between が 38~51%を占め，さらに学習前より後のほうが高くなっていたことから，課題を解く上では展開図の F や○，I，R といった記号が書かれた面ではなく記号と記号の間の面を見ることが重要であることが示唆された．ここで興味深いのは，事後のインタビュー調査の結果と視線の結果の齟齬である．展開図を組み立てる際に「記号の面に注目した」と答えた児童らの方が記号と記号の間の面の注視割合が高く，「記号と記号の間の面に注目した」と答えた児童らの方が記号の書かれた面の注視割合が高かった．加えて，「記号の面を見た」と答えた児童らの方が正答率は高く，所要時間も短かった．このことは，思考過程を分析する上での視線計測の有用性を示すものである．

5. 結語

本稿では，ICT 学習前後における立方体の展開図課題時の視線の特徴変化について分析した。結果のまとめは以下の通りである．

① 学習前後を比較すると，所要時間は短くなり，正答率は向上し，展開図を組み立てる際は，記号と記号の間の面の注視割合が増加した．

② インタビュー調査を踏まえると，児童の主観的な思考過程と視線の結果の間に齟齬があった．

ICT 学習によって，記号と記号の間の面に注目して展開図を組み立てるようになった結果，展開図を頭の中で速く組み立てられるようになったと考えられる．また，インタビュー調査と視線の結果との間に齟齬が生じていたことから，AOI の注視割合の分析だけでは表れない思考過程の特徴があると推察される．よって今後は AOI 間の視線移動の推移過程など，より詳細な分析を行うことにより，空間図形問題を解く際の思考過程を明らかにしていきたい．

参考文献

(1) Wai, J., Lubinski, D., and Benbow, C.P.: “Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance.”, Journal of Educational Psychology, 101(4), pp.817–835 (2009).

(2) Habler, B., Major, L., and Hennessy, S. “Tablet use in schools: a critical review of the evidence for learning outcomes”, Journal of Computer Assisted Learning, Vol.32, pp.139-156 (2016).

(3) 近藤竜生，岡本尚子，黒田恭史，田邊宏樹：“メンタルローテーション課題における視線移動と脳活動の探索的検討”，JSiSE Research Report，Vol. 37，No.1，pp.1-8 (2022).

リアルワールドにおける日常の学習ログを用いた学習習慣マイニング

Learning Habits Mining Using Daily Learning Logs in Real World

許 嘉瑜[*1], 堀越 泉[*2], マジュンダール リトジット[*2], 緒方 広明[*2]
Chia-Yu HSU[*1], Izumi HORIKOSHI[*2], Rwitajit MAJUMDAR[*2], Hiroaki OGATA[*2]
[*1] 京都大学情報学研究科
[*1] Graduate School of Informatics, Kyoto University
[*2] 京都大学学術情報メディアセンター
[*2] Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University
Email: hsu.chiayu.25t@st.kyoto-u.ac.jp

あらまし：日本では，GIGA スクール構想の下，様々な学習ログが蓄積されている．この背景を踏まえ，本研究では「学習習慣マイニング」を提案する．提案のワークフローに基づき，学習者の日常の学習ログにより，学習習慣のタイプと段階を見いだし，学習者の英語の読書習慣を育成するための支援の具体例を提示した．本研究は，「学習習慣マイニング」を多様な学習コンテクストに適用し，ユビキタス学習環境において学習者に学習習慣に関する適切な支援を可能にすると期待する．
キーワード：学習習慣，日常の学習ログ，リアルワールドデータ，ラーニングアナリティクス

1. はじめに

日本では，GIGA スクール構想の下，ユビキタス学習環境が実現され，学習がいつでもどこでもできるようになっている(1). これにより, 様々な学習ログが蓄積され，これらのログデータにより，学習者の独自の学習行動も明らかにできると考えられている(2). 例えば，これまでの筆者らの研究では，日常の学習における様々な学習ツールのログデータを横断して分析し，学習者の自己調整学習戦略を抽出できる可能性を示した(3). しかし, 学習習慣の抽出やデータ駆動型の支援については，まだあまり着目されていない.

そこで本研究は,「学習習慣マイニング」という概念を提案する.「学習習慣マイニング」とは，学習者の日常の学習ログにより，学習習慣のタイプと段階を見いだし，それを習慣化させ，学習者を支援することを目指す手法である．先行研究は学習習慣が学習者の学力に影響を及ぼすと指摘してきた．特に，学習者の生涯学習に対して，学習習慣を身につけることはより重要である(4). したがって, 本研究は,「学習習慣マイニング」を通じて，データに基づく学習習慣の育成ができると期待する．これを踏まえて，以下の三つのリサーチクエスチョンを立てた.

RQ1: 学習者の日常の学習ログにより，どのような学習習慣を抽出できるか？
RQ2: 学習者がどのように学習習慣を形成するか？
RQ3: どのような介入を用いて学習習慣の育成を支援できるか？

2. 「学習習慣マイニング」のワークフロー

前述の通り，本研究は，学習習慣の抽出や育成を目的にし,「学習習慣マイニング」のワークフローを提案する．図１はそれを構成する三つのステップを示す．これらのうち，ステップ１は既に検証し，報告している(5),(6)．さらに，ステップ２は着手しており，これらを元にステップ３を実践する.

ステップ１：日常の学習ログにより学習習慣のタイプの抽出 (RQ1)

まず，このステップでは，学習ログの時系列データに対してスライディングウィンドウを適用し，ウィンドウサイズによって,「短期的な学習習慣」と「長期的な学習習慣」を抽出する.「短期的な学習習慣」は学習者が朝と夜のどちらに勉強するパターンであるかを意味し,「長期的な学習習慣」が学習を長期的に継続させるか終盤に詰め込んで学習するかというパターンを示す．前者を抽出する際には，ウィンドウサイズは週毎に設定される. 例えば, これまでに，数学の小テスト前の一週間の学習ログから，朝型タイプと夜型タイプの学習習慣を抽出した(5). 一方, 後者に対しては，ウィンドウサイズを試験直前や夏休みなど特定の長期間に設定する．例えば，数学の試験直前の三週間の学習ログに対して，継続的に学習タイプと詰め込んで学習タイプの習慣を解明した(6).

ステップ２：習慣化する過程における学習習慣の段階の検出 (RQ2)

次に，学習習慣の習慣化する過程におけるその段階を検出する．習慣化する過程には，前熟考期（Precontemplation）・熟考期（Contemplation）・準備期（Preparation）・実行期（Action）・維持期（Maintenance）という五つの段階がある(7). 学習習慣の段階は, その学習習慣タイプが一定期間内に抽出された頻度によって決まる．例えば，ある学習習慣のタイプが四ヶ月連続で繰り返して起こる場合は，その学習習慣が維持期の段階に至り，習慣化してきたと見なす．こ

れに関しては，数学の小テスト前の一週間の学習の仕方について，学習習慣の形成過程を解明の可能性を指摘している(5).

ステップ３：学習習慣のタイプと段階に基づき習慣化を目指す介入の提案 (RQ3)

最後に，特定された学習習慣のタイプと段階に対して，学習習慣を習慣化するための介入を提案する．具体的には，ある学習習慣のタイプを育成するため，習慣化が成立したことを示す維持期の段階に至るまで，フィードバックを行う．フィードバックは学習ダッシュボードを通じて行われ，学習者の習慣に対して段階ごとに学習者が意思決定を行うことを支援する．例えば，数学の小テストの学習習慣について，習慣のタイプと形成段階に対するフィードバックを提案している(5).

3.　ワークフローの適用例

これまでの研究は，提案のワークフローに基づき，数学の学習習慣の抽出と育成を着目してきた(5),(6)．本稿では，さらに英語の絵本の読書習慣に対するデータ駆動型支援の具体例を提示する．

ステップ１：まず，日常の学習ログから，学習活動が行われた時間帯によって，学習習慣タイプを抽出した．その結果，図１中に示したように，朝型学習タイプ（図 1.a）や夜型学習タイプ（図 1.b）の学び方が存在することを明らかにした．

ステップ２：次に，夜型学習タイプに対して，習慣化までの段階を月毎に検出した（図 1.c）．その結果，ある学習者がこの学習習慣を身につけることを検討し，準備し，実際に行動したが，維持する（＝習慣化に至る）ことはできなかったことがわかった．

ステップ３：最後に，この分析をもとに習慣化を促す介入を考えた．具体的には，この学習習慣が実行期にとまっているということを特定したので，維持期に至るため，「来月は毎週読みましょう！」という具体的な指示をこの学習者に提案することが考えられる．

4.　結論・今後の課題

本研究では学習習慣を育成するため「学習習慣マイニング」を提案した．さらに適用例として，そのワークフローに基づき学習者の英語の読書習慣を支援する例を提示した．

本研究の「学習習慣マイニング」のワークフローは多様な学習コンテクストに適用できると期待される．これにより，ユビキタス学習環境において学習習慣を身につける支援ができると考える．

参考文献

(1) The Government of Japan:“Japan’s giga school program equips students for digital society” [Online] Available: https://www.japantimes.co.jp/2021/03/22/special-supplements/japans-giga-school-program-equips-students-digital-society/ (2021).
(2) Isha, S. and Wibawarta, B.:“The impact of the COVID-19 pandemic on elementary school education in Japan”, International Journal of Educational Research Open, 4, 100239. (2023)
(3) Hsu, C.-Y., Horikoshi, I., Li, H., Majumdar, R., and Ogata, H.:“Extracting Students’ Self-Regulation Strategies in an Online Extensive Reading Environment using the Experience API (xAPI)”, Proceedings of 30th International Conference on Computers in Education, 326-331. (2022)
(4) Ricker, G., Koziarski, M., and Walters, A.:“Student Clickstream Data: Does Time of Day Matter?”, Journal of Online Learning Research, 6(2), 155-170. (2020)
(5) Hsu, C.-Y., Otgonbaarat, M., Horikoshi, I., Li, H., Majumdar, R., and Ogata, H.:“Chronotypes of Learning Habits and Performance in Weekly Math Learning of Junior High School”, Proceedings of 31th International Conference on Computers in Education. (2023)
(6) Hsu, C.-Y., Horikoshi, I., Li, H., Majumdar, R., and Ogata, H.:“Supporting “time awareness” in self-regulated learning: How do students allocate time during exam preparation?”, Smart Learning Environments, 10(1), 21. (2023)
(7) Grimley, D., Prochaska, J. O., Velicer, W. F., Blais, L. M., and DiClemente, C. C.:“The transtheoretical model of change”, Changing the self: Philosophies, techniques, and experiences, 201-227. (1994)

謝辞

本研究はNEDO JPNP20006及びJSPS科研費 JP22K20246, JP22H03902，JP23H00505 の助成を受けたものです．

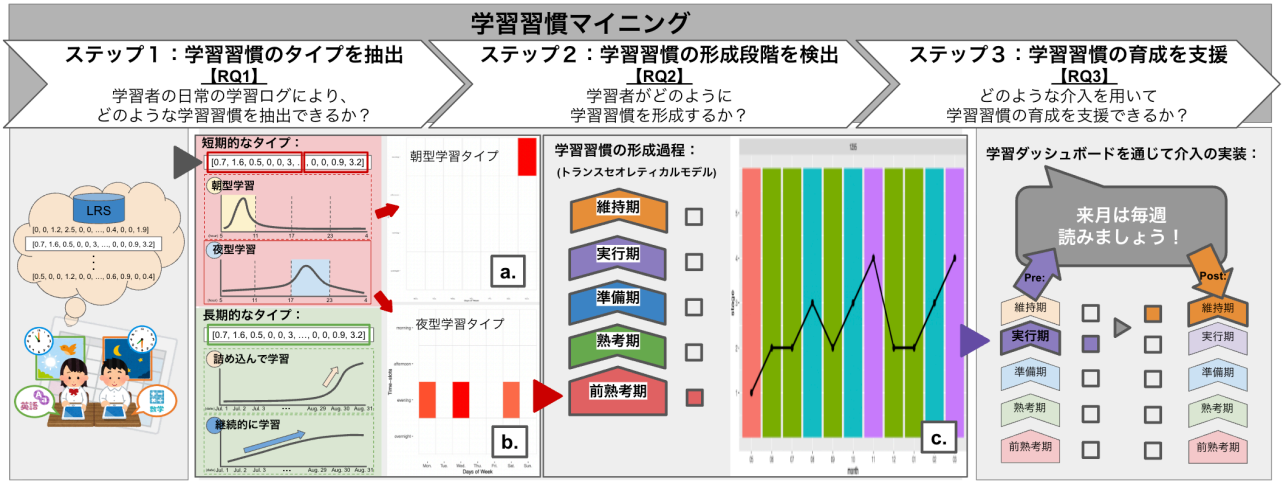


図１「学習習慣マイニング」のワークフローとその適用例

日常的なログデータに基づいた授業展開自動作成システム

A system that automatically generates instructional patterns from daily data

中村 航平[*1]，堀越 泉[*2]，緒方 広明[*2]
Kohei Nakamura[*1], Izumi Horikoshi[*2], Hiroaki Ogata[*2]
[*1] 京都大学大学院情報学研究科
[*1] Graduate School of Informatics, Kyoto University
[*2] 京都大学学術情報メディアセンター
[*2]Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University
Email: nakamura.kohei.42r@st.kyoto-u.ac.jp

あらまし：質の高い教育を実現するためには，データに基づいて授業実践や授業改善を行うことが必要である．従来は，データ収集の際にビデオや指導記録などが利用されていた．しかし，データの収集コストの問題があり，日々の授業をデータとして収集することは困難だった．本研究では，日常的に利用されているログデータを使った授業展開作成システムを提案する．
キーワード：Teaching Analytics，Instructional patterns，　LEAF，xAPI

1.　はじめに

データに基づいて授業を改善することは，質の高い教育を実現するためには重要である．授業改善のために，指導記録[1]やビデオ等のデジタルデバイス[2]から得られるデータが利用されてきた．しかし，これらの方法は，データ収集のコストがかかり，データ分析に時間を要することから，教師が日常的に指導改善に利用できないという問題も指摘されている．そこで近年，ICT ツールから得られる教師のログデータを用いたデータ分析が注目されている [3]．ログデータを使い効果的な指導に関する知見を自動的に抽出することができれば，日常的な教師の振り返りや，授業改善に役立つことが期待できる．

本研究では ICT ツールから得られるログデータに着目し，教師の振り返りや授業改善を促すための知見を抽出し，効果的な指導方法を教師にフィードバックするシステムを提案する．リサーチクエッションは下記の通りである．

RQ1　どのようにログデータから授業展開を自動的に抽出できるのか【データ抽出手法の開発】

RQ2　授業展開ごとの子供の反応はどのように変化するのか【授業展開の効果検証】

RQ3　ログデータから効果的な授業展開を提案できるのか【授業展開作成システム】

2.　LEAF システム

LEAF システム は教育ビッグデータの活用支援を目的として作成された[4]．主に，Learning management system(LMS)である Moodle と E-book reader である BookRoll，及びデータ駆動型の教育を実現するための分析ツールのログパレで構成されている(図 1)．各システムで収集されたログデータは LRS で xAPI というフォーマットで保存される．

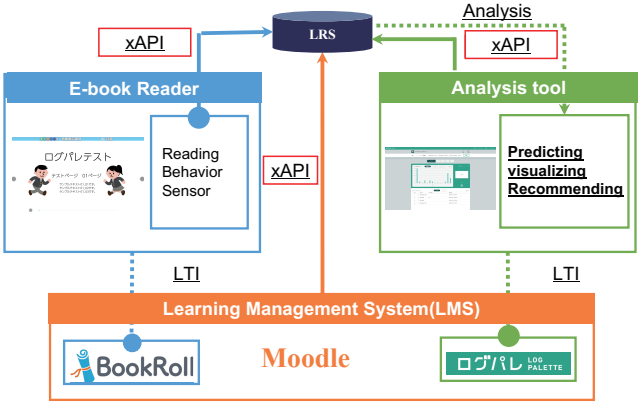


図 1 LEAF システムの概要図

xAPI は，アクター(actor)，動詞(verb)，目的(object)の最小限の単位を基礎として構成されている．本提案では LEAF システム内に既に収集されている xAPI Statements を利用し，指導に関する知見の抽出を行う．そして，得られた知見から最適な授業を提案するシステムを考案する．このように既存システムから得られたログデータを使った提案を行うことにより，実際の教室の学びに即したより実践的な授業を教師に提案することができる．

3.　授業展開自動作成システムの概要

LEAF システム内での実装を踏まえ，先に述べたリサーチクエッションに答える形で，授業提案システムの概要を述べる．

3.1 ログデータから授業展開を自動抽出する手法 (RQ1)

図 2(ア)の通り，LEAF システムから得られた xAPI データを可視化する手法を開発した[5]．この手法を用いたダッシュボードから，教師が利用したツールによって子供の反応が異なることがわかった．また，

教師は同じ教材で，同じツールを利用して授業を行っても，異なる使い方をしていることが明らかになった．以上のことから，LEAF システム内のツールにおいても，教材ごとに効果的なツールや，あまり効果のないツールがあるということが推察される．

3.2 抽出した授業展開の効果検証（RQ2）

図 2(イ)の通り，図 2(ア)で自動抽出された子供のログデータと教師のログデータを使って効果検証を行う．具体的にはまず，授業中のある時間を境にした生徒のログ数の変化を特定する．そして変化の前後を介入前と介入後に分割する．ログが増える前のトレンドを反事実として，介入が行われた後のログの変化を事実として捉える．反事実と事実のグラフが「離れているほど」介入の効果があると判断し，どれだけ離れているのかを定量的に評価する．このようにすることで，介入の効果を自動的に測定し，効果検証を図ることができると考えられる．

3.3 効果的な授業展開提案システム(RQ3)

図 2 の(ア)及び(イ)から得られた知見をもとにして，図 2(ウ)の通り，効果的な授業展開を提案するシステムを開発する．その際に，教材の類似性及び生徒の類似性に着目し，「何を教える」際には「どのようなツールを利用するべき」なのかに関する知見を活用する．従って，両者の知見に共通する教材及び学生のレベルに着目することで，効果検証がなされた指導展開が教える内容に基づいて自動的にフィードバックすることができると考えられる．既存データを用いてこのような指導モデルの作成を行うことで，教員の授業支援が可能になるだろう．

4. 結論と今後の展望

本研究では，日常的に収集された LEAF システム内のログデータを利用して，授業の振り返りや授業改善に活かせるシステムの考案を行なった．その結果，既存システムで収集されたログデータを利用することにより，授業展開作成システムが開発可能であることが示唆された．

今後の展望としては，より実践的で質の高い教育に貢献するため，LA の研究者及び実証校の教員と協働しながら，開発を進めていく予定である．

参考文献

(1) Wang, A., Chai, C. S., & Hairon, S.:“Exploring the impact of teacher experience on questioning techniques in a knowledge building classroom”, Journal of Computers in Education,4(1), 27-42.(2017)
(2) Lo, C. K., & Chen, G.:“ Improving experienced mathematics teachers’ classroom talk: A visual learning analytics approach to professional development”, Sustainability (Basel, Switzerland),13(15), 8610. (2021)
(3) Hoyos, A. A. C., & Velasquez, J. D.:“Teaching analytics: Current challenges and future development ”, IEEE-RITA,15(1),1-9. (2020)
(4) Ogata, H., Majumdar, R., Akçapınar, G., et al.: “Beyond Learning Analytics: Framework for Technology-Enhanced Evidence-Based Education and Learning”,in Proceedings of the 26th International Conference on Computers in Education, 486-489. (2018)
(5) Nakamura,K.,Horikoshi,I.,Ogata,H.:“ Teaching Analytics across Multiple Systems: A Case Study at a Junior High School in Japan”,in Proceedings of 30th International Conference on Computers in Education,702-704.(2022)

謝辞

本研究は NEDO JPNP20006 および JSPS 科研費 JP22K20246、JP23H00505 の助成を受けたものです。

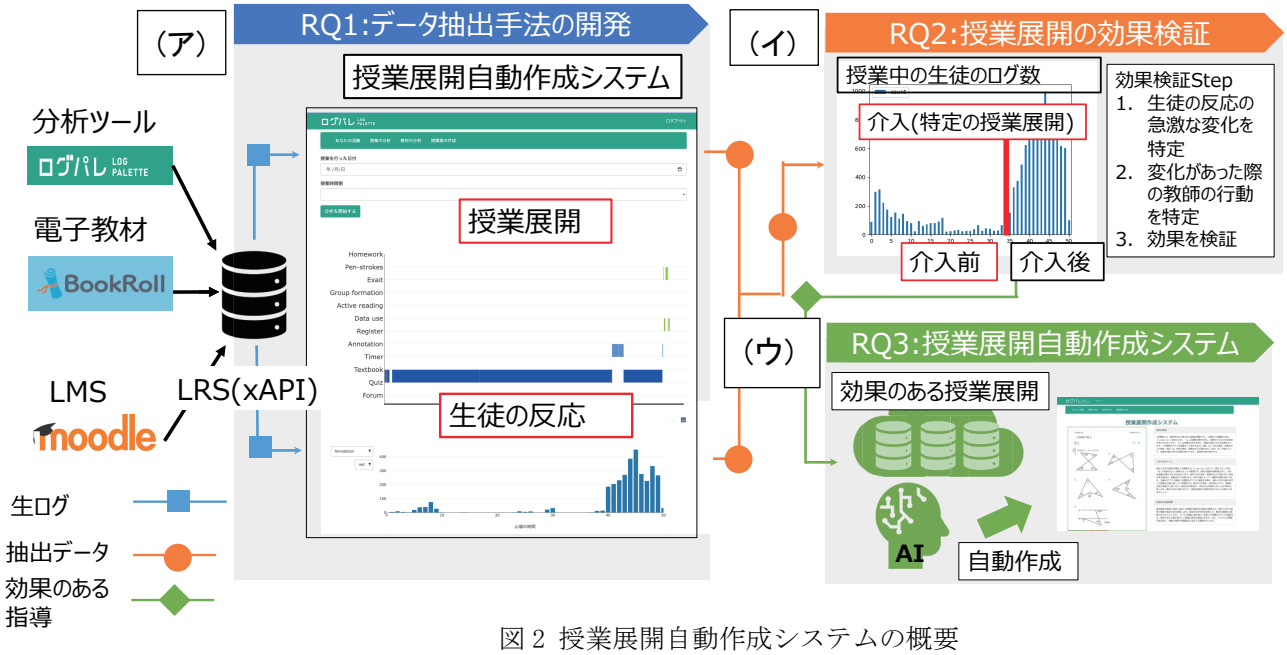


図 2 授業展開自動作成システムの概要

テキストマイニングを使用した医療教育に向けて
－認知症当事者の「困りごと」に基づくデータを用いた分析－

Toward Medical Education Using Text Mining
- Analyze a Database of Daily Living Challenges reported by people with dementia-

時田　真美乃 [*1]，上村　智子[*2]
Mamino TOKITA[*1], Tomoko KAMIMURA[*2]
[*1] 慶應義塾大学
[*1]Keio University
[*2] 信州大学
[*2]Shinshu University
Email: mamino.tokita.shinshu@gmail.com

あらまし：医療現場において，多くの患者の状態を客観的に把握する手段として，言語化された患者のデータを共有知として現場で持つことは非常に重要であり，その技術を将来の医師や看護師が持つことは大事である．そのため本研究では，まず医療教育において，医療に関連するデータを使用したテキストマイニングを用いた教育を考えた．その上で，認知症を事例とし，テキストマイニングツールを使用して，認知症当事者の「困りごと」に基づくデータである認知症当事者ナレッジライブラリー（認知症未来共創ハブ）をテキストマイニングの教育のデータとして使用することの有効性を示すことを目的とした．技術は認知負荷も考慮したものとした．結果として，テキストマイニングの主要分析である，共起ネットワーク，対応分析，クラスター分析それぞれについて，医療教育につながる知見を得られる結果を抽出することができた．このことから医療に関連するオープンデータを教材とすることの可能性を述べた．

キーワード：医療者教育，スキル学習，テキストマイニング，認知症， 認知負荷

1.　はじめに

令和 4 年度版高齢者白書[(1)]によると，75 歳以上人口は，令和 36 年まで増加すると推定され，それに伴い，認知症高齢者数も増加傾向があると予測されている．また，認知症は全ての人がかかりうる病でありながらも，その特性から進行するとケアが難しい疾患の 1 つといわれている．そのため，認知症ケアを対象とした医療従事者の正しい理解を伴う教育は今後さらに重要になると予測される．従来の認知特性にそもそも個人差があることもふまえると，症状の程度にも個人差があり，ケアする側には医学的な基本知識を持ちながらも，それぞれの認知的状況に寄り添う視点が必要である．

医療現場において，認知症のケア従事者が，当事者が語る言葉を重視しそれを分析する力が必要となる．そのような「現場」の客観的な理解に，言語化された多くのデータを共有知として現場で持つことは重要であり，認知負荷を考慮した上で，その技術をケア従事者が持つことは大事である．共有された知識の活用は，ケア従事者の深い知識の習得や自己効力感の向上にもつながる[(2)]．多くの文書の客観的な把握に役立つ技術としてテキストマイニングの技術があり，これを医療教育で行うことは重要である．

2.　研究目的

2.1 背景

医療系大学においても，一般的な数理データサイエンス教育を施す大学もあるとされる[(3)(4)]．一方で，テキストマイニングのような現場の状況を把握するスキルについては，一般的なデータを題材にするのではなく，医療教育では，医療に関係するデータを用いた教育カリキュラムにすることは，その後の医療現場での経験や，近年の直接の実習が難しい状況からは，必要性が高いと考えるが[(5)]，そのような教育はまだ多くの大学で積極的には行われていない．

2.2 本研究の目的

本研究の目的は，医療教育において，医療に関連するデータを使用したテキストマイニングを用いた教育をすることが有効かについて示すことである．それを大きな目的とした上で，この論文における研究範囲は認知症の分野とし，次の 2 つを確認することを目的とした．

（1） 認知症当事者ナレッジライブラリー[(6)]（認知症未来共創ハブ）のナラティブデータを活用し，テキストマイニングの基本的な結果の抽出が可能かを確認する．

（2） 上記（1）で抽出した項目について，医療教育の目的につながる知見が得られるかを確認する．

3.　研究方法

3.1 テキストマイニングツール

テキストマイニングツールは，KH Coder [(7)]を使用

することとした．ツールの教材としての適切性としては，一般的な計量テキスト分析が可能である点，学習者が自宅であっても，フリーソフトウェアでインストールも容易である点，を考慮した．

3.2 分析方法

分析法については，分析対象ファイルとして読み込み，出現頻度の高い語や語と語の結びつき，内容の類似した群を見つけることを実施し，その上で主なデータマイニングを使用することとした．ツールの主要機能という観点からは，著者が，開発者の主催する，データマイニング講座を受講した上で，主要な分析を実施して結果が抽出されるかを確認する．その結果，主要機能分析の内容は，共起ネットワーク分析，クラスター分析，対応分析の 3 つの分析とした．また，医療教育の観点からは，これらの分析結果について，当事者の状況を把握することにつながる知見が得られるかを確認することとした．

4. 結果

結果については,「2.2」における（1）については，共起ネットワーク分析から，頻出語の“忘れる”“感じる”“難しい”“自分”における周辺語の関連性が抽出された（図 1）．次に，この認知症当事者ナレッジライブラリーにある生活分類との対応分析について行ったところ，図 2 の結果が得られ，各頻出語がそれぞれの生活分類に関連していることが確認された．また，クラスター分析を行ったところ，生活分類に近い分類で 10 個のクラスターがその主な特徴語と共に抽出されることが確認された（表 1）．

次に「2.2」における（2）については， これらの結果は，認知症当事者が困り事ついてのデータ分析として主に 2 つの知見につながる結果であった． 1 点目はもともと分類されていた生活分類について横断的に存在する当事者のニーズを確認することができた．このことはテキストマイニングを実施して初めて得られる結果であるといえる．2 点目は，新たにクラスターに分類することで，生活場面と一致するカテゴリーまたは重複するカテゴリーを確認することができ，テキストマイニングの基本的な機能を使用して，当事者のニーズを新たに体系的に得られることが確認された．

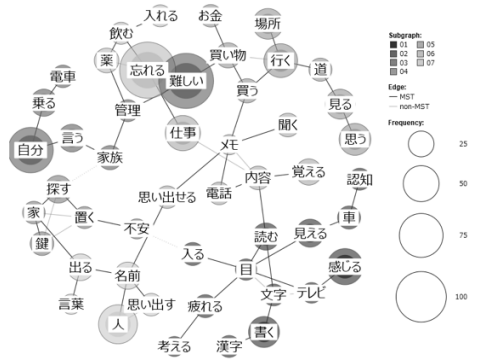


図 1 文書分析による共起ネットワーク

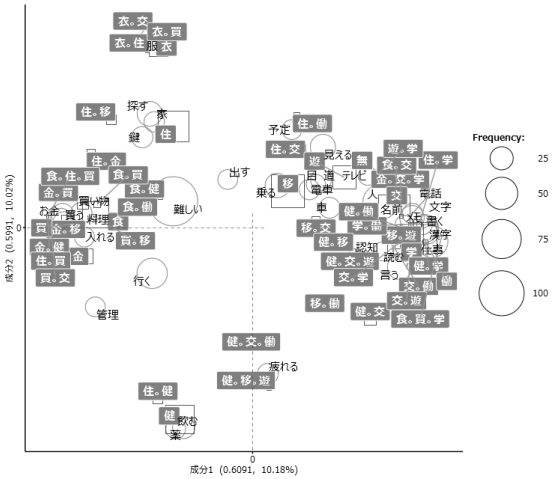


図 2 生活分類と抽出語の対応分析

表 1 クラスター分析のまとめ

クラスター	件数	主な特徴語
1	89	忘れる、飲む
2	96	難しい、買い物、管理
3	39	感じる、テレビ、痛み
4	22	みえる、車、動く
5	60	人、名前、認知、思いだす
6	25	乗る、電車、駅
7	37	仕事、自分、時間
8	14	服、着る、着替え
9	21	分かる、置く、鍵、薬
10	342	行く、書く、場所、思う

5. おわりに

本研究により，医療教育としてテキストマイニングを行う際に，実際の生のデータを活用できることを示すことができた．一方で本研究は一例であり，今後は既存のカリキュラム全体の見直しに合わせて医療教育の実践の中で確認する必要がある．

参考文献

(1) 内閣府，令和 4 年度版高齢者白書，https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2022/zenbun/04pdf_index.html
(2) Yoko Takeuchi, Mayumi Kato, Tatsuru Kitamura, Daisuke Toda, Yoshimi Taniguchi, Miho Shogenji, Hiromasa Tsujiguchi: “Development of Professional Care Program for Nurses in Dementia Wards and Its Educational Effects”, American Journal of Alzheimer’s Disease & Other Dementias, 35, pp.1-14 (2020)
(3) 李慧瑛, 下髙原理恵, 峰和治, 田松裕一, 緒方重光: “医学系文献データベース情報を使った テキストマイニングの将来展望”, 情報と科学と技術,70(19), pp.515-521 (2020)
(4) 二瓶裕介, 西牧可織: “医療系大学における数理データサイエンス AI 教育”, JSISE, Research Report, 36, no.6, pp.67-71 (2022)
(5) 駒澤伸泰: “医学部におけるデータサイエンス・AI 教育への提言”, 医学教育，52(4), pp.348 (2021)
(6) 堀田聰子（代表）, https://designing-for-dementia.jp/database/
(7) 樋口耕一（代表）, https://khcoder.net/

学士課程から始める急性期人工呼吸器ケア学習 WEB アプリの開発

Web Application Development for Learning Acute Ventilator Care in the Bachelor of Nursing Program

-

二本柳　圭[*1]，寺島　修[*2]，森廣　浩一郎[*3]，
Kei NIHONYANAGI [*1], Osamu TERASHIMA[*2], Koichiro MORIHIRO[*1]
[*1] 富山県立大学　看護学部看護学科
[*1]Faculty of Nursing / Department of Nursing, Toyama Prefectural University
[*2] 富山県立大学　工学部機械システム工学科
[*2]Faculty of Engineering Department of Mechanical Systems Engineering of Engineering /, Toyama Prefectural University
[*3] 兵庫教育大学　大学院学校教育研究科
[*3] Department of School Educational Methodology Gradutate School of Education Hyogo University of Teacher Education
Email: nihonyanagi39@pu-toyama.ac.jp

あらまし : 現在、危機的状況下にある急性呼吸不全状態の患者に使用する人工呼吸器も自動運転が可能となっている．本研究では，進化した人工呼吸器を安全に不安なく利用するための医療従事者の育成を学士課程から取り組み，永続的な経験的学修ができるよう教育システムの開発を目的としている。まず初期段階として，看護学士課程の学生を対象とした教材、急性期人工呼吸器ケア学習の WEB アプリケーション（WEB アプリ）を開発した．これによるモバイルラーニング開始にあたり，課題と改善点，①操作手順を可視化したガイディングによるユーザビリティの向上，②自己学習履歴の活用方法，③視覚弱者に配慮したアクセシビリティが明らかになったのでここに報告する．
キーワード : 急性期人工呼吸器ケア，学士課程，WEB アプリ開発，モバイルラーニング

1.　はじめに

人工呼吸器は，大きく二つの機種に分けられる．一つは，患者自身が人工呼吸器を装着できるように機能が簡略化されているもの．主に慢性的な病気や在宅療養の場で使用する．もう一つは，危機的な状況下にある重症患者を対象とする救命救急，集中治療室などで使用する．

後者の，生命維持装置でもある急性期人工呼吸器は，特に 2000 年以降，人工知能による自動化が促進し、次のことができるようになっている．①患者の呼吸データログを受け取り，適切な呼吸管理，リハビリテーション手順を実行する．②異常を感知した場合，予防的なメンテナンス対応，リモートアップデートで未然に人工呼吸器の故障点検や安全性に関わるデータ修正を行う．

このような高度な急性期人工呼吸器を扱う医療従事者は，専門的な知識と経験が必要とされている．

また，日々進化が速い人工呼吸器の学習をすることに苦手意識を持つも人も多い．そのため，新型コロナウイルス（Covid19）が流行する前から，世界的に学士課程から人工呼吸器ケアに関する教育が重要視されていた．今回経験したようなパンデミックや災害時には，普段から人工呼吸器に接していない医療従事者も活用できることが望ましい．

これらから，我々は，基礎教育の段階から応用可能な知識として，呼吸の生理状態，人工呼吸器のメカニズムを理解したうえでの患者の呼吸管理が重要であり，適切な教育モデルの教材による自己学習の促進に着眼した．これらの取り組みは，今日の自動車の自動運転と同じように，医療従事者が不安なく使用できることが患者の救命，安全，安心，安楽な医療を提供できることにつながると考える．

本研究では，人工呼吸器に関連する基礎医学，基礎看護学を学んだ看護学生のレジネスに準拠した急性期人工呼吸器ケア学習 WEB アプリを開発した.この教材による学習を展開するにあたって,今後の課題と改善点を明らかにする．

1.1 用語の操作的定義

応用可能な知識：急性期人工呼吸器ケアを行うにあたって必要な基礎知識，学士課程のコアコンピテンシーに基づく，基礎医学，基礎看護学の復習内容から発展した急性期人工呼吸器ケアの内容

2.　WEB アプリの設計

WEB アプリは, ブラウザー上で安定した動作環境に適した「Laravel」というプラットフォームを利用した．また，認証とセキュリティ，ユーザー登録，CSRF：Cross-Site Request Forgery 保護を提供するために，MVC：Model-View-Controller のアーキテクチャを採用した．データベースには MySQL を使用した．図 1 に示すように，学習者は ID 登録をすれば, モバイルラーニングが可能になるよう設計した．

3.　学習の提供方法.

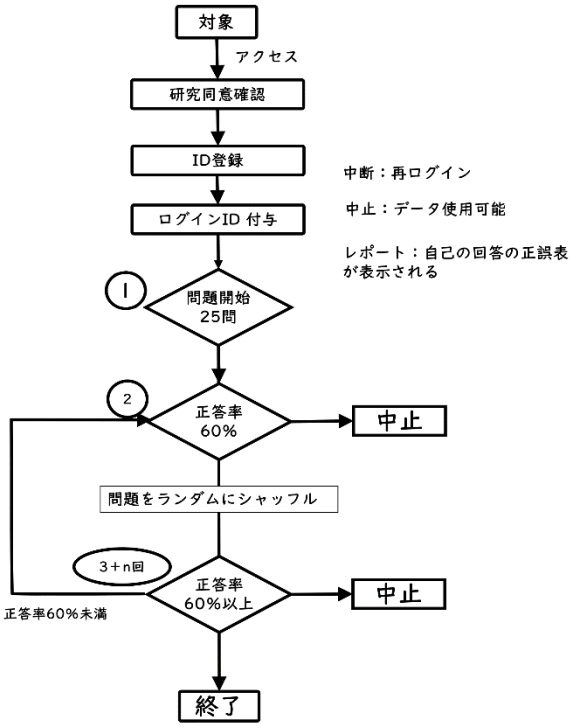


図 1　WEB アプリの全体フロー図

3.1 問題形式

問題は WEB アプリ上で展開しやすく、ゲーム性も加えた内容とした．複数の選択肢から正解を選ぶ問題形式，「多肢択解」方式での出題とした．設問の語尾を「正しいのはどれか」に統一した．これは，既存の知識と前後の学習問題の知識に接続されることを[1]意図した．また，学習者が自然言語検索機能を利用することも想定し，問題の「問い」は専門的な知識であることを前提にした．問題に使用する図はパズルにした．

3.2 問題内容の基準設定

学習内容は『看護学教育モデル・コア・カリキュラム～「学士課程においてコアとなる看護実践能力」の修得を目指した学修目標～』(文部科学省)，「看護学士課程教育におけるコアコンピテンシーと卒業時到達目標」(一般社団法人　日本看護系大学協議会)，看護師国家試験出題基準，看護師国家試験過去問題を参考にして，人工呼吸器ケアの核となる学習項目を大項目として 5 つに集約し，問題の作成を行った（図 2，図 3）．

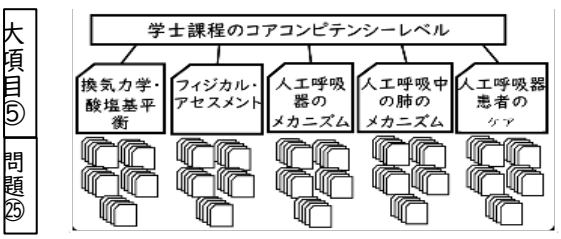


図 2　問題の構成図

3.3 出題ロジック

5 大項目に対して各問題，合計 25 問題を用意した．正答率を 60%以上に到達するまで，複数回行われるように設定した．問題は正答した問題も含めてランダムとした（図 1．図 4）

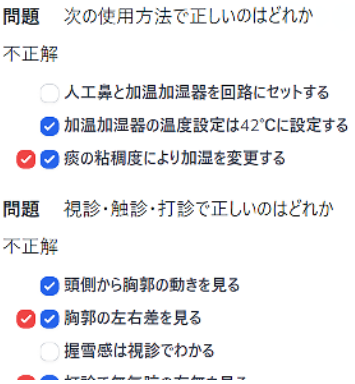


図 3　問題及び解答レポート（抜粋）

図 4　自己学習履歴画面（赤字は正答率 60%未満）

4.　まとめと今後の課題

学習者のユーザビリティでは，操作手順が一方向，シンプルになると誘導が不要で，学習に移行しやすい．通常のアンケートや外国語学習のアプリケーションでは，問題を 1 つずつ提示する方法が採用されている．今回，我々が開発した WEB アプリは，問題数が 2－5 問程度，一画面に表示される形式になっており，問題同士の関係性を想起できるような作問を採用した（図 3）

一方で，上記方法は，学習者を適切に誘導できているかが定かではない．さらに，回答をするときに自己学習履歴を閲覧しながら入力する可能性がある．学習履歴を参照しながら学習することによって，満足度や定着感にどの程度影響が出るのかを知る必要がある．これは，今後プレテストを繰り返し，学習を適切に誘導する設計を加える．さらに学生の学習満足度や学習履歴上の時系列データとともに比較していくことが必要であると考えている．最後に，現在，レポートで正答と誤答を赤青表示でしている部分は，○×表示に加えて弱者に配慮した配色によるアクセシビリティの向上も目指していく必要があると考える．

本研究は JSPS 科研費 D21K107711 の助成で行われている．

参考文献

Sawyer, R. K., “The Cambridge Handbook of the Learning Sciences”, Cambridge University Press, New York,　(2022)

ソーシャルワーク実習における実習日誌の考察文章作成支援システムの開発と形成的評価

Development and formative evaluation of a system to support the writing of reflective texts for practice diary in social work practice.

坂本 毅啓[*1], 佐藤 貴之[*1], 中原 大介[*2]
Takeharu SAKAMOTO[*1], Takayuki SATO[*1]
[*1] 北九州市立大学
[*1]The University of Kitakyushu
[*2] 福山平成大学
[*2] Fukuyama Heisei University
Email: s-takeharu@kitakyu-u.ac.jp

あらまし：社会福祉士養成教育におけるソーシャルワーク実習で作成する実習日誌考察欄の文章作成を支援するシステムを，Google Apps Script で作成をし，形成的評価を行った．その結果，初学者で書き慣れていないと助かる，実習経験と専門的知識を結び付けることができる等の専門性の獲得に有効である等の評価が示された．一方でスマートフォンでは文字入力が煩わしい，作成された文章に違和感がある等の改善点が示された．
キーワード：福祉教育，ソーシャルワーク実習，実習記録，形成的評価

1. はじめに

2020 年からの新型コロナウィルス感染症（COVID-19）の感染拡大の影響から，ソーシャルワーク教育（福祉専門職教育）においても ICT の活用が推進されてきた．これに伴い福祉臨床現場で学ぶソーシャルワーク実習でも実習記録の電子化が進みつつある[1].

このような状況の中，筆者らは実習記録の ICT 活用について検討を行った上で，e ポートフォリオとして必要とされる機能について整理を行った．さらに，先述したようなシステムの登場も踏まえ，実習日誌に含まれる実践の考察欄に記述する文章の作成を，Web フォームの質問に応える形で必要事項を入力することで，自動的に考察文を生成するシステムを構想した[2]. 本研究では，構想したこのシステムを開発し，協力者にモニタリングをしてもらい，教材として評価を行った結果について報告する．その上で，ソーシャルワーカーとしての専門性を高めることに寄与できるシステムであることを目指す.

2. 実習記録の教育目的と意義

実習指導において,「実習記録ノート」(実習記録)の内容と方法について理解することが教育目的に掲げられており[3]，あわせて実習記録を活用して指導を進めることも求められている[4].「実習指導ガイドライン」には，実習記録の意義・書き方・取り扱いについて理解することを目的として挙げている[5].

実習記録を書く意義は，①「支援活動の内容と結果（影響・成果）を資料として蓄積すること」[6]を目的とした「対人援助専門職としての活動を支えるスキル」[7]の獲得，②実習前・中・後におけるコミュニケーションツール[8]として活用，以上 2 点を挙げることができる.

本稿で着目したのは，この実習記録の 1 つである日々の実習経験とその振り返りを記録する実習日誌に含まれる考察欄である．この考察欄は「対人援助専門職としての活動を支えるスキルの獲得」に不可欠なものであり，同時に実習期間中に実習生が最も悩みながら記入に時間がかかる実習課題である.

3. 研究の目的と方法

3.1 研究目的

本研究は実習生が取り組む上で苦労しやすい実習日誌の考察欄の文章作成について，対話型で回答を入力していくことで，専門性を踏まえた考察文を作成することが可能なシステムの紹介と，モニタリングの結果，そして今後の改善点や教材としての有効性について示すことにある.

3.2 研究方法

実習日誌の考察欄に記入する文章(以下, 考察文)として必要な要件，留意点，教科書等に記載されている文章を参考に，考察文全体の骨格を作成した.

●考察文全体の骨格

【いつ】,【場所】において【何があった】. その時，私は【何を思った】. そこで私は【何をした】. その結果，【どうなった】. この経験について，私は今日の実習目標である「【実習目標】」に基づいて考えると，【どう考えた】. 何故ならば，【考えた理由】. さらに【どう考える】. これは【専門用語】に基づいて考えた場合，今回の経験からの気付きは【専門的な学び】. この気付きから，今後の実習では【どのように活かしていくか】.

この骨格の【　　】の箇所を対話型の入力フォー

ムを用いて学習者が入力をすることにした．入力したデータを基に考察分を構成し，完成した考察分を出力する流れとした．検討した結果，Google 社の Google フォームと Google Apps Script(GAS)を用いて作成することにした．システムは作成された考察分を学習者が指定したメールアドレスへメール本文として送信することにした．学習者はメールで受け取った考察文を基に，実習日誌へ清書をする使い方を想定した．

作成したシステムをモニタリングする協力者をソーシャルワーク教育学習者に対して縁故法で募った．システム試用後に基本属性，感想，改善点について Web アンケートで回答を求めた．モニタリング期間は 2023 年 3 月 30 日から 5 月 14 日までとした．

分析方法は，自由記述回答の内容を基に分析者が意味内容の解釈を行い，分類・整理を行った．

4.　研究結果

4.1 回答者の属性

回答数及び有効回答は 14 人，平均年齢は 34.7±10.9 歳であり，学生が 3 人，社会人学生が 11 人，（内，実務経験者が 7 人）であった．全体としては初学者と対人援助職のベテランが混在したと言える．

4.2 試用した感想

積極的評価に該当する感想は,「授業で学んだことと実習での出来事を結び付けることができた」,「支援に関する理論と実際の現場での行動が結びつきやすい」,「自分でどのように書いたらいいのだろうと悩んだ部分が, 文章化されて書きやすくなっていた」という意見であった．逆に消極的評価に該当する感想は,「完成された文章を読んでみてパズルを当てはめたような文章」,「携帯だと文字をうつのがめんどくさい」といった意見であった．数の上では積極的評価に該当する感想の方が多かった（比率, 12 : 2）．全体的に，実習生が実習日誌の考察文を作成する上で有効なシステムであると感じたと言える．

4.3 システムの改善点

改善点としては，文章の「接続がおかしいところがあるのでそこが改善されれば良い」や「もう少し違和感のない文章になれば良い」といった出力結果に対する指摘が見られた．次に「何をどう打ち込めば良いのか分からず戸惑う部分があった」,「記載例にできる限り沿った回答を誘導すると良いのでは」といった入力方法に関する指摘があった．入力方法という点では「全部記述式なので何択かから選択する方法を一部取り入れることで，初心者でも書きやすくなる」という提案もあった．

システム上，入力内容をそのまま定型文に埋め込んで出力しているため，実習生が入力方法に慣れ，一部に語句選択できる機能を追加することで，より自然な形での出力結果になっていくと考えられる．また「ガイドライン的な機能の方が強い」という指摘の通り，本システムが想定していた機能性は持たせることができていたと言える．

5.　考察

実習日誌の考察文の作成支援システムを作成し，モニタリング結果から有効である可能性が示された．AI に文章を自動生成させることとの違いは，学習者の頭の中でバラバラに散らばっているイメージや言葉を，作成支援システムがどのようにまとめて文章化すれば良いのかを例示してくれるという点にある．実習が開始されて間もない段階，まだ実習日誌に書き慣れていない段階の学習者が最初の 1 週間程度利用することで，考察文としての「形」が分かってくるのではないかと考えられる．また日々の実習目標や学ぶべき専門性（知識・技術）を意識して実習に取り組む姿勢を涵養することにも繋がると考えられる．今回はソーシャルワーク教育での活用であったが，同じような対人援助専門職である介護福祉士，保育士等でも同じように横展開的に活用できると考えられる．また留学生によるシステムの活用も有効であると考えられる．

今回紹介したシステムは，体験した内容と専門性を結び付けて文章化するイメージをつかみ，自ら考えるソーシャルワーカーを育てるという目標を達成する可能性を十分に持っていると考えられる．今後は，実際の実習期間中の本格的運用とその成果分析をすることが課題である．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 19K02977 の助成を受けたものである．

参考文献

(1) 日本ソーシャルワーク教育学校連盟編: “「平常時の社会福祉士養成課程における ICT 活用方法の検証に関する調査研究事業」実施報告書”, 日本ソーシャルワーク教育学校連盟, 東京（2023）
(2) 坂本毅啓, 佐藤貴之, 中原大介: “ソーシャルワーク実習における実習記録の ICT 活用の検討”, 教育システム情報学会第 47 回全国大会, pp.161-162 （2022）
(3) 厚生労働省社会・援護局福祉基盤課福祉人材確保対策室: “社会福祉士養成課程のカリキュラム”, (2020)
(4) 文部科学省高等教育局長, 厚生労働省社会・援護局長: “大学等において開講する社会福祉に関する科目の確認に係る指針”, (2020)
(5) 一般社団法人日本社会福祉士養成校協会実習教育委員会:“相談援助実習・実習指導ガイドラインおよび評価表”, (2013)
(6) 一般社団法人日本社会福祉士養成校協会編: “相談援助実習指導・現場実習教育テキスト　第２版”, 中央法規, 東京 （2015）
(7) 社団法人日本社会福祉士養成校協会監修, 白澤政和・米本秀仁編集: “社会福祉士　相談援助実習”, 中央法規, 東京（2009）
(8) 岡本榮一・小池将文・竹内一夫・宮崎昭夫・山本圭介編: “三訂　福祉実習ハンドブック”, 中央法規出版, 東京（2003）

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

Development of Gamified Learning Materials on Human Anatomy Models Using VR and Web AR

古堅　裕章[*1,*2]，合田　美子[*2,*3]
Hiroaki FURUGEN，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：楽しく主体的に学べることを目的に「体験型脱出ゲームの要素を用いた解剖模型学習」の開発および授業実践を行ってきた。COVID-19 などのパンデミックによるソーシャルディスタンスを確保した対面授業や遠隔授業においても，立体的な人体の構造と機能を系統的に結び付けた学習を行うために，3D モデル化した人体解剖模型学習用ゲーム教材の開発を行うこととした．検討の結果，VR と Web AR を併用する形での開発となったので，その利点と実践の方向性について報告する．
キーワード：看護教育，解剖生理学，　VR，Web AR，ゲーミフィケーション

1.　はじめに

第 5 次指定規則改正にて，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「アクティブラーニングなどによる主体的学習の促進」が追記され，臨床判断能力の基盤となる解剖生理学などの専門基礎科目教育の充実が求められている(1)．その背景には，多くの看護学生・看護師が解剖生理学を苦手としてきたという実情がある．

モチベーション（学習意欲）を高める手法の一つにゲーミフィケーションがある．筆者は「体験型脱出ゲーム」が，構造的と内容の２つのゲーミフィケーション [2)]をバランスよく授業に取り込めるゲームであると考え，謎解きの物語に看護師の臨床判断を組み込み，解剖生理学の知識をもとにアセスメントし看護実践を行い脱出するゲーム設計の「脱出ゲームを用いた解剖模型学習」[3)]を実践してきた．

2019 年度のアンケート結果では，「楽しさ」を中心とした基本的心理欲求（自律感，有能感，関係性）の満足感を提供し「苦手意識の改善」と「学習意欲の向上」をもたらす可能性が示唆された(3)．しかし，2020 年度からは，対面実施でのソーシャルディスタンス確保や会話をしないグループワーク [4)] などの COVID-19 対策を余儀なくされ，自律感や関係性の減少や，授業内容と関係のない会話を抑制するためのゲーム要素の追加などの問題が生じており，感染状況に影響されない自由度の高い解剖学教材とゲーム要素の検討という点が課題となっていた．

そのため本研究では，人体解剖模型の 3D モデル化を行い，ソーシャルディスタンスが必要な対面授業にも遠隔授業にも対応できる人体解剖模型学習用ゲーム教材の開発を行うこととした．

2.　看護学生に必要な解剖学の 3D モデルとは

看護師がフィジカルアセスメント（患者の身体情報を得る手技）を行う上では，身体のランドマーク（身体表面から認識できる骨や筋肉）をもとに内部にある臓器の位置関係を把握し，各臓器の構造上のつながりと生理学的つながりを認識することが必要不可欠である．しかしながら，解剖生理学の教科書で用いられる平面図は，初学者が学びやすいように簡素化された図や展開図を用いているため，実際に身体内にある臓器の形やつながりと必ずしも一致していない．そのため，平面上の知識を正しい立体構造の知識に置き換えるために解剖模型等を用いた演習が重要となる．一方で，人体解剖模型は医学部で使用されているものと同様であり詳細に作られたものが多い．このギャップが正しい立体構造の認識を妨げている要因となっていると筆者は考えており，「脱出ゲームを用いた解剖模型学習」では，詳細な構造理解よりも，立体的な人体の構造（解剖学）と機能（生理学）を系統的に結び付けることを優先して設計し演習を行ってきた．この基本方針に沿って 3D モデルを作成した。

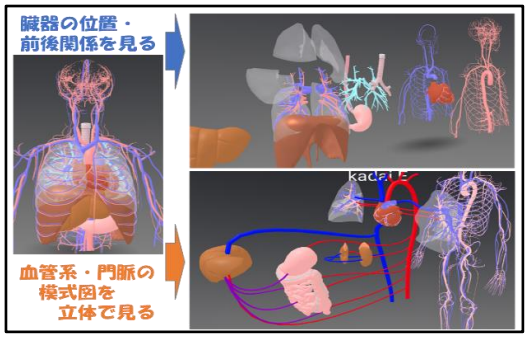


図 1．解剖模型の 3D モデル（単純閲覧モード）

3.　実物の解剖模型の欠点を補う 3D モデル

実際の解剖模型は直接触れるという利点があるが，実物であるがゆえにもともとの構造以上に分解することができない．そのため，見せたい部分・見たい部分が見にくいという問題が発生し，口頭や文章での補足説明が必要となる．3D モデル化にあたり，実物の欠点を克服する形での作成を試みた．

各臓器は密集して配置されているため（図 1 左），位置・前後関係・つながりが認識しにくいという問題がある．図 1 右上のように，モーションをつけて循環器・呼吸器・消化器系の各臓器を離すことで学習者が認識しやすくなる．また，図 1 右下は同じ 3D モデルに血管系・門脈系の模式図を合わせたものである．教科書等に記載されている簡易的な血管走行図を立体図につけることで，平面から立体への認識の置き換えを補助する役割がある．厳密な血管走行の 3D モデルも一番右側に配置しており，各自の学習進度に合わせた段階的な学習を可能にしている．

解剖生理学の教科書では初学者が認識しやすい，上から見た横断面（図 2 右手前）での説明がされているのに対し，CT/MRI 画像は足元から見た画像（図 2 右奥）であるため，左右が反転しており初学者の混乱を招いている．こちらも図 2 左から右へのモーションで，教科書の横断面、CT/MRI の横断面を同時に提示することで理解を促している．さらに，VR または AR で表示（図 2 右）を行うことで，仰臥位の患者を手術する医師の視点に立つことできるため，CT/MRI 画像がなぜ足元から見た図を採用しているかの理由を直感的に把握できる．

このように口頭説明や文章でなく，3D モデルとそのアニメーションによる直感的認識は，自分自身で学んでいる感覚（自律性）を得やすく，自律性はゲームにおける没入感にとっても重要な要素である．

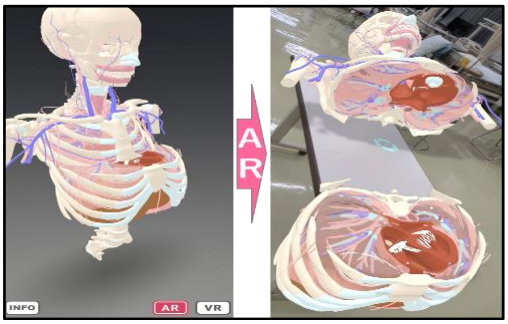


図２．Web AR の単純閲覧（左）と AR モード（右）

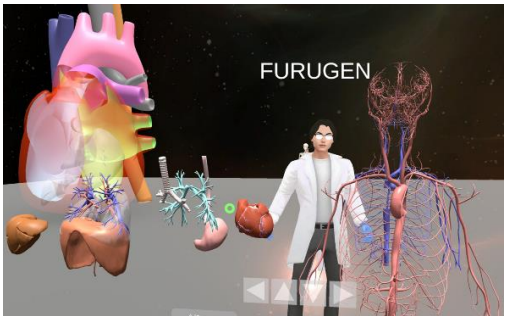


図 3．VR を利用したメタバース空間での授業

4.　開発過程と VR と Web AR の併用について

立体的な人体の構造と機能の学習が目的であるため，開発当初は VR 専用デバイスのみの使用を想定し，各臓器の立体視の効果とアバターを用いたメタバース空間でのインタラクティブな遠隔授業の可能性に着目していた（図３）．しかしながら，当該授業では解剖模型毎に学習課題（謎解き形式のテスト）を実施する完全習得学習方式を用いていることから，回答の際の VR における入力作業の難しさや VR 酔い等による装着時間の問題に対応する必要があった．

そこで学生のスマートフォン等の機材 BYOD（Bring Your Own Device）を活用し，VR 向けに作成した 3D モデルを様々な用途・場面（単純閲覧・AR・VR）に応じて使い分けられる方法として「Web AR」も併用する方針に切り替えた．①単純閲覧モード（図１，図 2 左）は，画面上で 3D モデルをタップし，回転・拡大し閲覧できるモードである．そのまま別のブラウザタブに移れるため，同じブラウザベースで作成した学習課題（謎解き形式のテスト）にスムーズに回答可能．しかし，2D 閲覧のため立体視はできず没入感に乏しい．②AR モード（図 2 右）は，外部カメラが映し出す現実の世界に 3D モデルを重ね合わせ，カメラを動かしながら多方面から閲覧できるモードである．位置合わせの精度が不十分であり，現状では人体に重ね合わせての学習は難しく，人物の隣に投影し比較学習する形での利用となる．③VR モードは，性能が VR 専用デバイスに劣り，没入体験に乏しいため本研究では使用しない．

上記のように、VR 専用機材を用いたメタバース空間での学習と BYOD での①単純閲覧および②AR モードの長所を使い分けることで「対面でも遠隔でも実施可能な人体解剖模型学習用ゲーム教材」となりうると考えている．今後は実際に授業を行い，学生の反応・習熟度をもとに教材の評価を行っていく．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 22K10674 の助成を受けたものです．VR および Web AR の制作はレノボ・ジャパン合同会社 大和研究所 CSW チームと共同で行っております．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) KAPP,K.M., BLAIR,L.,and MESCH,R: The gamification of learning and instruction field-book：Ideas into practice. New York, NY:John Wiley & Sons, (2013)
(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) 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)

クラスタリングを用いた模擬授業の分類と その可視化に基づく振り返り支援システムの開発

Development of a Reflection Support System Based on Classification and Visualization of Simulated Lessons Using Clustering

山口 大成[*1], 萩原 浩平[*1], 丸山 浩平[*1], 森本 康彦[*1]
Taisei YAMAGUCHI[*1], Kohei HAGIWARA[*1], Kohei MARUYAMA[*1], Yasuhiko MORIMOTO[*1]
[*1] 東京学芸大学
[*1]Tokyo Gakugei University
Email: a201421m@st.u-gakugei.ac.jp

あらまし：一人一台の端末環境の整備に伴い，教員養成段階において ICT 活用指導力を養成することが求められる．学生が授業での ICT 活用について学ぶ際，多くの大学において模擬授業が実施される．ここで，近年注目される教育 AI を模擬授業での学びを支えるために活用できれば，より多くの気づきを得られるのではないかと考えた．そこで，筆者らはクラスタリングを用いた模擬授業の特徴の可視化による振り返り支援方法を提案した．本稿では，提案方法に基づく振り返り支援システムの開発について述べる．
キーワード：教員養成課程，模擬授業，教育 AI，クラスタリング，可視化，模擬授業の振り返り

1. はじめに

近年，一人一台の端末環境の整備に伴い，主体的・対話的で深い学びの実現に向けてこれまでの実践と ICT とを最適に組み合わせて有効に活用すること等の ICT の活用に向けた教員の資質・能力の向上が求められており，このために，大学における教員養成段階において ICT 活用指導力を養成したりしていくことが重要とされている(1)．

教員養成課程の学生が授業での ICT 活用について学ぶ際，多くの大学では学生による模擬授業が行われる．この模擬授業では，実施した模擬授業に対して仲間と相互評価し合ったり，模擬授業を通じて蓄積された学習指導案や撮影された模擬授業動画等の様々な学習記録を見返したりして振り返ることで，授業を計画，実践する上での改善点や大切だと思ったこと等に気づき，今後の授業設計や学習指導，教育実践に関する活動や自身の教員としての資質・能力の向上につながることが期待される．

一方，近年，先端技術等の AI の教育活用が注目されている(2)．その教育 AI の１つにいくつかの点で類似するデータをグループ化するクラスタリングがあり，類似性のないデータからの特徴の把握や，グループ間を比較した特徴の把握ができる利点がある．

ここで，クラスタリングを用いて，学生の実施した模擬授業を類似するタイプごとに分類し，その特徴を可視化できれば，学生が模擬授業全体の特徴を客観的に把握した上で振り返り，より多くの気づきを得られる１つの足掛かりになると期待される．

そこで，本研究では教員養成課程の学生が実施した模擬授業の客観的な振り返りを支援することを目的とする．筆者らは，クラスタリングを用いた模擬授業の分類を試み，その特徴の可視化による振り返り支援方法を提案した(3)．本稿では，提案方法に基づく振り返り支援システムの開発について述べる．

2. クラスタリングを用いた模擬授業の特徴の可視化による振り返り支援方法

クラスタリングを用いた模擬授業の特徴の可視化による振り返り支援方法(3)は，まず，学生は模擬授業を設計し，設計した授業を実施する（**図１－①**）．模擬授業後，実施した模擬授業の特徴量を数値化しデータセットを作成してクラスタリングを行い模擬授業の分類を行う（**図１－②，③**）．そして，学生は模擬授業の分類結果とその特徴の可視化を見ながら実施した模擬授業を振り返り，次の模擬授業に活かしていくものである（**図１－④**）．

本支援方法におけるクラスタリングによる模擬授業の分類に関し，これまでに筆者らは A 大学の「授業における ICT 活用」の講義において実施された模擬授業 42 件を「グループ活動の割合」,「個人活動の割合」,「前時との関連性」,「ICT 活用の段階」,「授業の上手さ」の５つの特徴量に基づき３つのクラスターに分類でき，各授業の特徴を見出だせる可能性を明らかにした．これを踏まえて，学生が新たに実施した模擬授業を数値化し，データセットに加えてクラスタリングして模擬授業を分類することで，自身の実施した模擬授業の特徴を可視化でき，学生の振り返りを支援できると考えられる．

なおこれまでは，手作業により，模擬授業を数値化しクラスタリングと可視化を行ってきたため，本提案方法の一連の流れを実現するための機能を有したシステムを開発することで，学生が模擬授業実施後すぐに，クラスタリングによる模擬授業分類結果

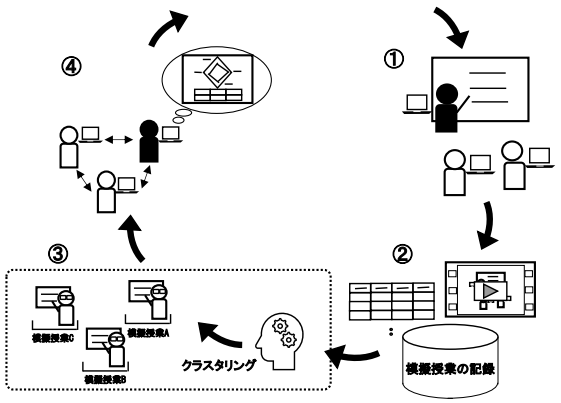


図１　模擬授業の特徴の可視化による振り返り支援方法の概念図

やその特徴の可視化を確認しながら実施した模擬授業の振り返りの支援ができると考えられる．さらに，実施した模擬授業の情報を継続的に蓄積し，各模擬授業の分類結果とその特徴の変化を可視化することで，これまで実施してきた模擬授業の傾向を踏まえた振り返りの支援ができると考えられる．

3.　模擬授業振り返り支援システムの開発

クラスタリングを用いた模擬授業の特徴の可視化による振り返り支援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．開発言語はクライアント側に HTML，CSS，JavaScript，サーバー側に PHP, Python, データベースに MySQL を用いた．

システムの機能として，以下の４つの機能に加え（3.1～3.4），学生複数名がグループになって模擬授業を協働して設計，また実施した模擬授業の振り返りが行えるよう「グループ機能」を開発した．

3.1 模擬授業に関する記録登録機能（機能１）

本機能では，学生は模擬授業の設計時や実施した模擬授業に関する記録（板書計画，学習指導案等）を登録できる．また登録した記録を閲覧できる．

3.2 模擬授業の特徴可視化機能（機能２）

本機能では，実施した模擬授業の特徴量を入力することで，システムが模擬授業分類のためのクラスタリングを行い，その結果と特徴を可視化する機能である．具体的には，主体的・対話的で深い学びの視点から，模擬授業全体における割合を示した「グループ活動」と「個人活動」，教員役による学びを促すための声かけや振る舞い，学習者に即した授業展開等といった「授業の上手さ」，前時までの学習内容や家庭学習等との繋がりの有無といった「学習の関連性」，学習者の学びを促すための ICT 活用という視点から，模擬授業でどのように ICT 活用がされたかといった「ICT 活用」の計５つに関して，模擬授業を実施した学生らで情報を登録することで，システムはクラスタリングをし，その特徴を可視化する．

3.3 自己評価登録機能（機能３）

本機能では，学生は実施した模擬授業に関する自己評価を登録できる．また同じグループの学生同士で登録された自己評価を閲覧できる．

3.4 実施した模擬授業の変容可視化機能（機能４）

本機能では，学生がこれまで実施した模擬授業の情報を継続的に蓄積し，各模擬授業の分類結果とその特徴の変化を可視化する．具体的には，「これまで実施した模擬授業の分類結果の内訳」を棒グラフで，「実施した模擬授業ごとの各特徴量の変化」を折れ線グラフで可視化する．

3.5 開発したシステムの利用の流れ

開発したシステムの利用の流れは次のとおりである．まず学生は，模擬授業の設計時に，設計途中の学習指導案等をシステムに登録する（**機能１**）．模擬授業の実施後，学生はシステムに実施した模擬授業に関する特徴量を入力し，システムはクラスタリングによる模擬授業の分類とその特徴の可視化を行う（**機能２**）（**図２**）．その後学生は，実施した模擬授業の特徴の可視化と，これまでに蓄積してきた学習記録を見ながら模擬授業を振り返り，システムに自己評価を登録する（**機能３**）．そして学生は，複数回の模擬授業実施後に，ダッシュボードを確認することで，今までに行ってきた模擬授業の傾向を確認して次の授業設計に活かしていく（**機能４**）（**図３**）．

図２　模擬授業の特徴可視化画面（**機能２**に対応）

図３　ダッシュボード画面（**機能４**に対応）

4.　おわりに

本稿では，教員養成課程の学生が実施した模擬授業の客観的な振り返りを支援することを目的とし，筆者らが提案したクラスタリングを用いた模擬授業の特徴の可視化による振り返り支援方法に基づくシステムの開発について述べた．今後，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

本研究の一部は，科研費（23K02681）の助成を受けた．

参考文献

(1) 中央教育審議会：“「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）”，https://www.mext.go.jp/content/20210126-mxt_syoto02-000012321_2-4.pdf（参照日 2023.6.7）（2021）
(2) 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）
(3) 村田雄太郎，山口大成，萩原浩平，森本康彦：“クラスタリングを用いた模擬授業の分類とその特徴の可視化による振り返り支援方法の提案”，日本教育工学会 2023 年春季全国大会講演論文集，pp.549-550（2023）

チャットボットを活用した学習者の理解状況に応じて知的技能を段階的に習得可能にする学習支援システムの開発

Developing a Learning Support System Enables Step-by-step Acquisition of Intellectual Skills based on Learner's Understanding Status Using Chatbots

天野　慧[*1, *2]
Kei Amano[*1, *2]
[*1] 熊本大学大学院教授システム学専攻, [*2] 株式会社グロービス
[*1]Graduate School of Instructional systems, Kumamoto University, [*2]Globis Corporation
Email: keiamano@kumamoto-u.ac.jp

あらまし：学校教育において最も重要な学習成果である知的技能を効果的に習得するためには，学習者の理解状況に応じて異なる学習活動に取り組ませる必要があるが，LMS で標準的に実装されているクイズでは学習者の状況に応じて動的に学習活動を提示することが難しい．そこで，本研究ではチャットボットの活用に着目して，学習者の理解状況にあわせて知的技能を段階的に習得可能にする学習支援システムを開発した．本稿ではシステムの設計と教育工学の専門家 2 名による形成的評価の結果について報告する．
キーワード：チャットボット，知的技能，インストラクショナルデザイン

1.　はじめに

知的技能とは，ルールや概念を未知の事例に応用する学習成果である．単に情報を再生させる「暗記」とは異なる，知識を応用するスキルであり，実社会の課題を解決していく上で有用な成果である．そのため，知的技能は学校で教えるものの中でも最も重要な学習成果である(1)とされる．

知的技能を効果的に習得するには，学習目標として最終的に習得を期待する能力に対して，その前提となるより基礎的な知的技能のスキル（知識の応用力）を学習者に身につけさせておく必要がある(2)．この知見を踏まえると，学習者が新しいことを学ぶ際には，その人の理解状況に応じたレベルで知識を応用する練習を行うことが有効であると考えられる．

LMS 等で標準的に実装されている知識の応用を練習させる活動としてクイズが挙げられる．しかしながら，クイズではある設問で誤答した場合に，より基礎的なスキルの習得を支援するために異なる種類の設問を提示するといった，学習者の理解に応じた動的な支援が難しい．この課題を解決するための方法の一つとして，チャットボットの活用が考えられる．チャットボットとは，テキスト等を通じたユーザーとの受け答えを自動で行う技術である．この技術を用いれば，学習者の回答に応じて，より基礎的なスキルを確認する練習問題を提示する等，学習者の理解に応じた動的な支援を行うことが期待できる．本研究では，チャットボットの活用に着目し，学習者の理解状況に応じて段階的に知的技能の習得を支援できるシステムを開発することとした．

2.　システムの開発

2.1 開発対象のコンテンツ

開発の対象となったのは，「学習目標を明確化するためのルールを応用して，学習目標の記述の妥当性を判断し，必要に応じて修正できる」という知的技能である．このテーマを事例にシステムを設計した．

2.2 システムの設計と開発

知的技能には下位分類があり，ある種類のスキルが別のタイプのスキル習得の前提となるといった階層関係にある(1)．たとえば，規則や原理等を事例に応用してその妥当性を判断したり，誤りを訂正したりする「ルール」の学習には，さまざまな事例をその特徴に応じて，複数のカテゴリーのうち，どのカテゴリーに属するかを分類させる「定義された概念」の学習が前提となる．さらに，「定義された概念」の学習には．さまざまな事例をある単一のカテゴリーに該当するかを判断させる「具体的な概念」の学習が前提となる．これらを踏まえ，図１のように３段階の知的技能の練習問題を設定した．たとえば，「ルール」の練習問題を出し，誤答の場合は「定義された概念」の問題を出題するといったように，理解状況に応じて，下位に配置されているタイプの設問を出題することを想定している．

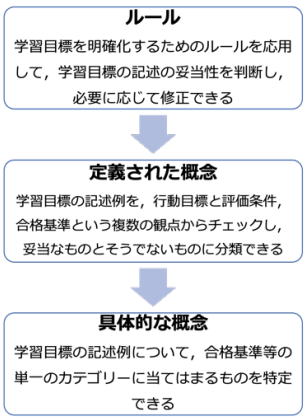


図１　3 段階の知的技能の練習問題

これらの設計に基づいて実装したチャットボットによる学習活動の流れを図２に示す．「ルール」「定義された概念」「具体的な概念」それぞれにおいて，その特性に応じた異なる練習問題（自由記述，複数選択，単一選択）を作成した．また，学習者の回答の結果に応じてより基礎的な知的技能が提示されるようにした．

2.3 開発環境

チャットボットの開発には，オープンソースのボット作成プラットフォームである Botpress[(3)] を用いた．学習者の回答の結果に応じてどのような練習問題を提示するかといった，チャットの遷移の設定には TypeScript を用いた．また，Botpress に標準実装されている NLU Engine を用いて学習者の自由記述による回答にもボットが対応できるようにした．開発時の動作検証には，2023 年 4 月にリリースされた Botpress12.30.8 を用いた．

3. 形成的評価

インストラクショナルデザインで修士号を持つ教育工学の専門家 2 名による形成的評価を行った．評価の際は，筆者が開発の意図及び目的を説明し，システムのデモンストレーションを行った．その後，評価者に自由に操作をしてもらい，有効であると思われる点と改善が必要な点について聴取した．それぞれについて代表的なコメントを表 1 に示す．

4. まとめと今後の課題

本研究では学習者の理解状況に応じて段階的に知的技能の習得を支援できるチャットボットを開発した．専門家評価の結果，知的技能の習得に対してより効果的な支援を提供することが期待できると確認できた．一方で，この新しい活動に慣れていない学習者にどう活動を提示するか，テキストでの学習に慣れていない学習者にどう対応するかといった操作性が課題となりうることも示された．これらの点を踏まえチャットボットを改善するとともに，学習者による形成的評価と改善を行うことで，よりよいシステムの開発につなげていきたい．

表１　専門家評価の結果

カテゴリー	代表的なコメント
有効な点	・通常のクイズと異なり，わからない部分にまで遡ることができるので、着実に身につけることができる ・学習者が自己評価しやすい．どのレベルで理解しているのか，抜けているのはどのあたりかを把握できる ・わからない部分を人に聞くと恥ずかしいと思う学習者は一定数いると思うが，このシステムでは気兼ねなく学習を進められる． ・対話的に進められるので，テストを受けているのとは異なる，気楽さや手軽さを感じられる
改善点	・慣れない学習方法なので，操作方法をわかりやすく伝える必要がある．回答の仕方自体もボットに聞けるとよい． ・文章を読むのが苦手な学習者は一定数存在．テキストだけではなく，画像で問題や解説を示す等の工夫も必要かもしれない．

参考文献

(1) ガニェ,R.M.，ウェイジャー, W.W.，ゴラス, K.C. &ケラー, J.M.（著）,鈴木克明，岩崎信（監訳）：“インストラクショナルデザインの原理”，北大路書房，京都（2007）
(2) 鈴木克明:“教材設計マニュアル”，北大路書房，京都（2002）
(3) Botpress: “the Generative AI platform for ChatGPT Chatbots” https://botpress.com/ (参照:2023.5.29)

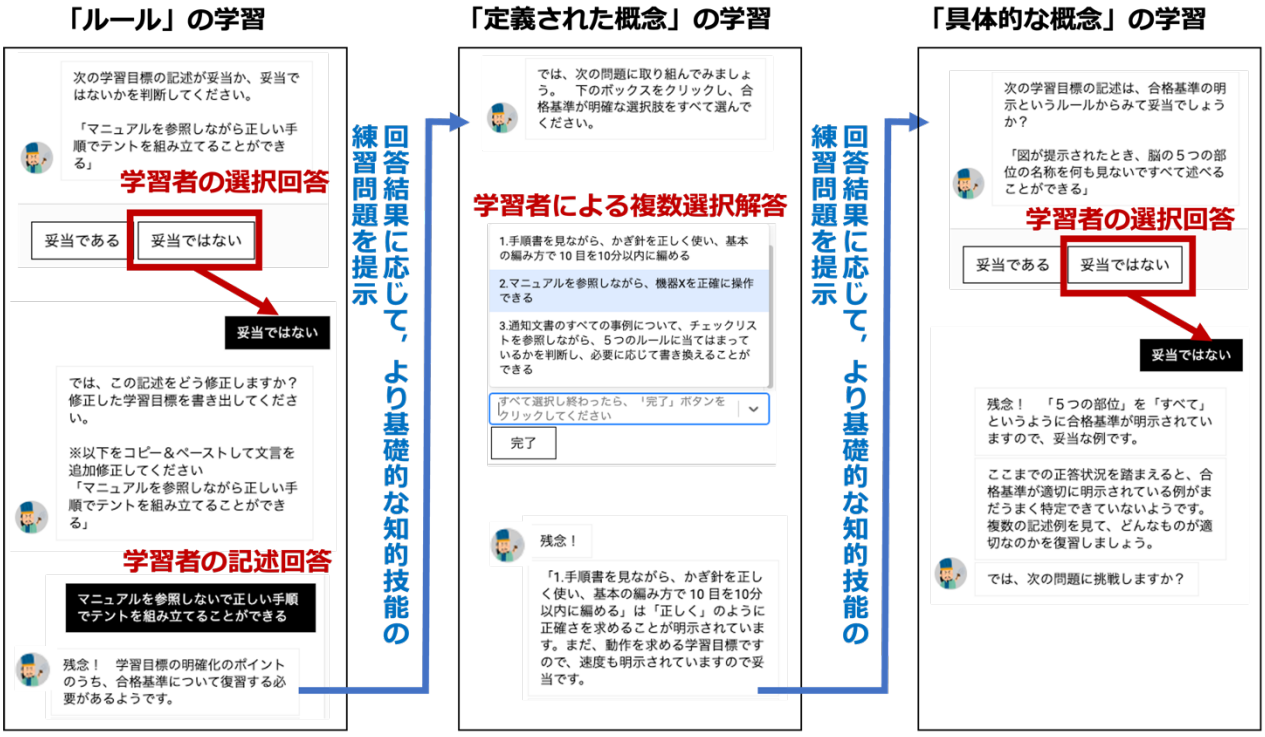


図２　チャットボットの動作イメージ

学習目標の再定義と教育方法の提案を含む改革提案の動向について：シャンクの 12 の認知プロセスを中心として

Trends of Educational Reform Proposals with Re-definition of Learning Objectives and Teaching Methodology: Focusing on Schank's 12 Cognitive Processes

鈴木克明
Katsuaki Suzuki
武蔵野大学響学開発センター
Center for the Development of Enhanced Learning, Musashino University
Email: katusuzu@musashino-u.ac.jp

あらまし：学習目標の再定義と教育方法の提案を含む改革提案の動向について、シャンクの 12 の認知プロセスを中心に報告する。シャンクはシナリオに基づく教育を設計するための GBS 理論を教育法としてモデル化した上で、学習目標を 3 領域（概念的・分析的・社会的プロセス）合計 12 の認知プロセスに整理し、それぞれのスキルを教える際の留意点をまとめた。その他の動向の概略もあわせて紹介した。

キーワード：インストラクショナルデザイン、学習目標、再定義、シャンク、認知プロセス

1. はじめに

生成系 AI が急速に発展・普及する中、教育の抜本的な改革への動きも活発化している。例えば、2001 年にデジタルネイティブの概念を提唱したプレンスキーは、近年、これまでの国語・算数・理科・社会（MESS と略称）に基づく教育（プラン A）に代替するプラン B として新しい 4 本柱（効果的な思考・行動・関係づくり・達成）に基づいたカリキュラムへの脱却を提案している [1]。OECD の Education 2030 においても、「現代の生徒が成長して、世界を切り拓いていくためには、どのような知識やスキル、態度及び価値が必要か」（学習目標）と「学校や授業の仕組みが、これらの知識やスキル、態度及び価値を効果的に育成していくことができるようにするためには、どのようにしたらよいか」（教育方法）の 2 つの大きな問いに対する回答を明らかにするための努力がなされ、エージェンシーを中核とした「学びの羅針盤」が示された [2]。本稿では、学習目標と教育方法をセットにして新しい方向性を模索してきた動きの一つとして、シャンクが提唱した 12 の認知プロセスを報告する。

2. シャンクが提唱した 12 の認知プロセス

シャンクはゴールベースシナリオ（GBS）理論の提唱者で、「失敗することによって学ぶ」ためには現実的な文脈で問題解決の当事者になったつもりで学ぶストーリーを中心としたカリキュラムの構築（教育方法）を 7 つの要素でモデル化した [3]。そのカリキュラムで身につけるべきスキル（学習目標）については、概念的プロセス、分析的プロセス、社会的プロセスの 3 領域でそれぞれ 4 つずつの 12 の認知プロセスとして提唱した。表 1 に、12 の認知プロセスとその育成のための教育方法をあわせて整理した [4]。

3. その他の動向と今後にむけて

シャンク以外の動向として注目したいものにはミネルバ大学や国際バカロレアなどの他に、以下が含まれる。今後、それぞれの取り組みの特徴や類似点などを学習成果の分類枠などを参照しながら精査していきたい。

・OECD のコンピテンシーフレームワーク [5]：職業人として職務に直結する技術的スキルに加えて職務横断型のコアコンピテンシーを実施関連（成果達成）・戦略的（将来計画）・対人的（関係づくり）の 3 領域で合計 15 個に整理し、助手相当から管理職までの 5 つのレベルでの行動指標を提案した（2014）

・経産省の人生 100 年時代の社会人基礎力 [6]：2006 年に発表した 3 能力 12 要素はその重要性を増しているとした一方で、ライフステージの各段階で活躍し続けるために求められる 3 つの視点（目的・学び・統合）と振り返りを加えて再定義したもの（2018）

参考文献

(1) プレンスキー（2020）カリキュラムの新しいパラダイム（第 5 章），ライゲルースほか（編著）．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，115-139.
(2) https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/OECD_LEARNING_COMPASS_2030_Concept_note_Japanese.pdf
(3) 根本淳子・鈴木克明（編著）ストーリー中心型カリキュラムの理論と実践：オンライン大学院の挑戦とその舞台裏．東信堂
(4) Schank, R. (2011). *Teaching minds: How cognitive science can save our schools*. Teachers College Press.
(5) https://www.oecd.org/careers/competency_framework_en.pdf
(6) 人生 100 年時代の社会人基礎力（経済産業省）https://www.meti.go.jp/policy/kisoryoku/

表1：12の認知プロセスとその教え方（シャンク、2011）[4)]

認知プロセス	教え方
概念的プロセス	
1. 予測する： 自分の行動の結果を予測し、実際の結果が一致しない場合（失敗した場合）には、学習する。	学生に様々なシナリオで次の展開について予測を立てるように指示する。過去のどの経験をもとに予測したか、また、その経験の「スクリプト」が現在のシナリオとどの程度類似しているかを明示的に話し合わせる。
2. モデリング:あるプロセスを意識的にモデル化し、それを設計、修正、シミュレートする。	学生が興味のある物理的な対象物や社会的なプロセスのモデルを作らせる。学生は、それがどのように機能するのか、なぜそのように機能するのか、そしてそれを改善する可能性はないのかを理解させる。
3. 実験する： 予測（#1）の後に来る学習。結果や間違いを分析し、それに応じて将来の行動を調整する。	学生が自然に気になることや興味を持つことを利用することが重要。仮説を立て（予測し）、その仮説を裏付ける／否定する証拠を集めさせる。その証拠を評価し、結論を導き出し、自分の経験や結論のデータベースに追加させる。
4.評価する：様々な次元で何かの価値を判断する。	言葉で好き嫌いを教えるのはとても難しい。しかし、ある物や出来事に繰り返し接することで、その物や出来事に対してポジティブで楽しい感情を抱くようになり、この潜在意識のプロセスに影響を与えることができるようになる。
分析的プロセス（証拠→仮説→仮説の検証）	
1. 診断する： どこで何を証拠として探すかを知り、証拠を重み付ける（推論）。	目の前にある特定の診断の対象領域に関する多くの知識が必要。どのような証拠を探すべきかを知り、過去の事例や経験と比較することが必要。
2. 計画を立てる:ゼロから計画を作成し、新しい/異なるニーズを満たすために以前の計画を修正。	プランニングは通常、古いプランを現在の状況に適応させ、試してみて、その効果について後で振り返ることを含む。単純な状況に対する単純なプランの分析から始め、その成功&失敗を基に、より複雑なプランを構築していく。
3. 因果関係: 原因や結果を理解し、知ること。	因果関係を判断するためには、ある分野での多くの知識が必要。また、経験や状況を分析することも必要。
4. 判断する：客観的である。証拠に基づく。判断の成否を記録するために、人や現実からのフィードバックを必要とする（次回に向けて学ぶため）。	簡単な判断から始め、その結果の証拠を集め、その有効性を分析することで、判断する方法を学ぶ。単純な判断のケースを基に、より複雑な判断を形成していく。判断は、根拠があり、証拠に基づくものでなければならない。自分たちに関連し、関心のある問題について判断するよう求める。例：あなたの周りで、偉大なリーダーは誰ですか？
社会的プロセス	
1. 影響力： 他者との相互作用を研究する。新しい行動を実践し、それに対するフィードバックを得る。	自分自身のケースを分析することで教える。その経験を話し合い、どの行動がなぜ成功／失敗したのかを分析してくれるメンターを介して教えるのが最も効果的。
2. チームワーク:自分の強みを活かして協力し、チームを助ける役割を担う方法を学ぶ。	他者と協力して活動し、チームとしての成功や失敗を分析することで身につく。そして、失敗につながった行動を減らし、成功につながった行動を増やすように工夫させる。
3. ネゴシエーション：取引をする。	学生が交渉する場面を見守り、ヒントやアドバイスをくれるメンターやコンサルタントに教わるのが一番効果的。そうでない場合は、過去の交渉の経験を振り返り、何がうまくいき、何がうまくいかなかったかを分析することで学ぶ。
4. 描写すること： 詳しく説明すること。何が起きているのか（いないのか）。	経験やコーチングを通して学ぶ。学生には、自分が熱中しているテーマについて、口頭や文章で説明するよう求めるのがよい。

注：Schank (2011)[4)]を要約して訳出した。

情報過不足課題としての概念マップ再構成の実験的評価

Experimental Evaluation of Concept Map Recomposition as an Information Excess and/or Insufficient Task

渡邉 弘大[*1], Aryo Pinandito[*2], 林 雄介[*1], 平嶋 宗[*1]
Kodai WATANABE[*1], Aryo PINANDITO[*2], Yusuke HAYASHI[*1], Tsukasa HIRASHIMA[*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 Engineering, Hiroshima University
[*2] ブラウィジャヤ大学コンピュータサイエンス学部
[*2]Faculty of Computer Science, Universitas Brawijaya
Email: m224171@hiroshima-u.ac.jp

あらまし：概念マップ再構成とは，教授者が作成した元となる概念マップを分解・部品化し，その部品の組立として概念マップを作成する方式であり，実践的利用を通して学習効果が認められている．従来の概念マップ再構成では必要十分な部品を用いていたが（情報完備課題），本研究では部品の過剰や欠落を伴うバグ入りの部品を用いた再構成を課題化した（情報過不足課題）．大学生・大学院生を対象とした実験的評価を実施したところ，テストの結果としては情報完備課題に対する情報過不足課題の優位性は示されなかったが，主観評価としては情報過不足課題がより読解の努力を要する課題となっていることを示唆する結果を得たので報告する．
キーワード：概念マップ，キットビルド概念マップ，過剰部品，欠落部品，読解学習

1. はじめに

キットビルド概念マップ（KB マップ）は概念マップを部品からの再構成として作成する枠組みである．この枠組みにおいて，教授者は元となる概念マップ（教師マップ）を作成し，それを分解・部品化して学習者に提供する（提供される部品群をキットと呼ぶ）．学習者は，その部品を使って概念マップを再構成する [(1)]．

従来の KB マップは全ての部品が再構成に利用可能であること，及び不足した部品は存在しないことを前提としてマップの再構成を行う課題となっていた．このことは，学習者の読解が提供された部品に対するものに限定され，本来の対象である教材等に対する読解が不十分なものになる懸念を孕んでいる．

そこで本研究では，学習者に提供する部品を必要十分なものから過不足のあるものとすることを提案する．このようなマップを再構成する際，学習者は不要部品に対応する正しい部品を考えることや，必要部品の欠落の検出・補完を行うことを求められる．したがって，提案手法は学習者に読解対象の内容を注意深く検討させ，より深い読解を行わせることが期待できる．

以上を踏まえ，本研究では(1) 学習者は提案手法を適用した演習（情報過不足課題）を学習活動として行えるか？，(2) 情報過不足課題が従来の KB マップによる演習（情報完備課題）よりも学習者の読解を深めるか？，というリサーチクエスチョンを設定し，実験的評価を通してその検証を試みた．

2. KB マップにおける情報過不足課題の設計

教授者は教材に対する適切な理解（従来の教師マップ）だけでなく，その教材に対する誤った理解までもある程度把握していると考えてよい．本研究では，この誤った理解までも含んだマップをバグ入り教師マップと呼び，これは正しいものとは異なる理解を表す過剰な部品と，理解の欠落となる欠落部品を表現したものとなる．バグ入り教師マップより生成される過剰部品を含み，一部の必要な部品を含まない（欠落部品）キットを従来のキット（完備キット）に対して過不足キットと呼ぶ．以下，過不足キットの用意方法について説明する．

2.1 過剰部品の追加

まず教師マップを作成する．この教師マップに対して「誤ノード」または「誤リンク」を新規作成し，過剰部品を追加する．現在の実装では，誤ノードについては，対応する正ノードと「誤ノード」というラベルのリンクを用いて結ぶことで追加する．図 1 では，「哺乳類」という正しいノードに対して「誤ノード」というラベルのリンクによって「爬虫類」というノードが結ばれており，これがバグ入り教師マップにおける誤ノードとなる．誤リンクは，通常のリンクと同様にノード間を結ぶ形で追加され，リンクラベルの最後で「(誤)」と指定することで特定できるようにしている．図 1 では，「一種でない (誤)」というリンクが追加されている．部品化に際しては，過剰部品と正しい部品の両方が部品化される．

2.2 欠落部品の追加

教師マップ上で欠落させるノードやリンクを指定することで，欠落部品を追加する．現在の実装では，欠落ノードは，対応する正しいノードに対して「欠落ノード」というラベルのリンクによって，ラベルを変数化したノードと結ぶことで指定する．図 1 で

は,「ノードA」というノードが欠落ノードに該当する．欠落リンクは，対応する正しいリンクが存在するノード間に，ラベルを変数化したリンクを接続することで指定する．図1では,「リンクA」というリンクが欠落リンクに該当する．部品化に際しては，欠落部品のみが部品化され，対応する正しい部品は部品化されない．図2は図1のバグ入り教師マップから作成された過不足キットとなる．欠落部品の変数部分はそのままにしているが，課題としては変数部分にラベルを補完することを求めている．

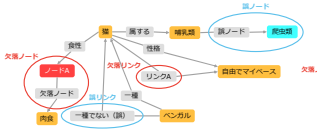


図1 バグ入り教師マップ

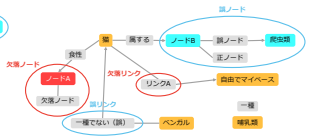


図2 過不足キット

3. 実験的評価

本研究では，情報系大学生・大学院生14名を2つの群に分け，(1) 事前説明・概念マップ再構成の練習，(2) 銀閣寺に関する教材の読解（教材を読むだけ），(3) テスト1（教材の参照不可，再認課題），(4) 概念マップ再構成（教材の参照可，情報過不足部分は群間で変更），(5) テスト2［内容・条件は(3)と同じ］，(6) アンケート，という手順で実験的評価を行った．

3.1 再構成活動の分析・テストとの関係分析

本実験で学習者が再構成したマップには，情報過不足課題で操作対象となる4種類の部品がそれぞれ2つずつ含まれている．これらの部品を含む命題（過不足命題）の正解数（4×2=8が上限）の平均値は6.857（*SD*=1.167）となった．これに対し，過不足がない命題（完備命題）の正解数（8が上限）の平均値は7.857（*SD*=0.363）であった．過不足命題の正解率は完備命題の正解率より低い値となっているものの，正解率自体は8割を超えていることから，情報過不足課題は概ね問題なく実施できたと判断できる．

また，本実験で実施したテストでは完備命題・過不足命題の両方について出題を行っており，マップとテストの対応づけが可能である．そこで本研究では対応づけの結果，過不足命題について，マップで正解できている（／いない）部分がテストでも正解できている（／いない），というケースが完備命題よりも有意に多い，という結果が得られれば従来のKBマップに対する提案手法の優位性を主張できると考え，両者の正解状況の集計を行った．集計の際は，正解状況について00（両方とも不正解），01（テストのみ正解），10（マップのみ正解），11（両方とも正解），という4種類のコードを用いた．その結果，それぞれのコードの数は完備命題が1，1，9，101，過不足命題が2，14，10，86，となった．フィッシャーの正確確率検定及び残差分析を行ったところ，01については過不足命題の方が，11については完備命題の方が有意に多く，00と10については有意差がないことが分かった．このことは提案手法の優位性を示す結果とはなっていない．

3.2 アンケートの分析

アンケートでは，情報過不足課題で操作対象となる4種類の部品について，それぞれ「部品に対する作業を伴う部分の再構成は，そのような作業を伴わない部分の再構成に比べて教材の内容に対する理解を深める上で効果的だったと思うか」をそれぞれ5件法で質問した．正確二項検定を行ったところ，過剰部品に対応する質問については肯定的な回答が半数以上であったものの，有意に多い結果とはならなかった．欠落部品に対応する質問については，肯定的な回答が有意に多く得られた．以上の結果は，学習者の主観という観点から提案手法の有効性を示唆するものになっていると言える．

3.3 考察

過不足命題の正解数に関する記述的分析の結果，平均値がある程度高い水準であったこと，及びアンケートで提案手法について肯定的な意見が多く得られたことから，情報過不足課題が実施可能なものであると判断でき，これが1つ目のリサーチクエスチョンの答えになっていると言える．

一方，2つ目のリサーチクエスチョンについては，再構成活動とテストとの関係分析において，本課題が従来の情報完備課題よりも有効であることを示すような結果は得られなかった．このような結果となった理由として，従来のような完備キットの再構成の際に学習者が行う思考の中に，情報過不足課題において学習者が行うことが期待される思考が包含されている可能性，が挙げられる．具体的に，学習者は完備キットの再構成を行う際，多数存在する部品の中から適切な組み合わせを選択するが，これは適切でない部品の判定，つまり情報過剰課題に対応する思考を行っていると言える．また，組立てる活動自体が関係の欠落を前提としており，情報不足課題に対応する思考であると考えることができる．しかしながら，主観的には意義の認められる活動となっているため，今後は実験条件の再検討を行った上でさらなる検証を行う予定である．

4. まとめと今後の課題

本研究では概念マップ再構成における情報過不足課題の学習効果を実験的に検証した．結果として，情報過不足課題が学習効果を持って実施可能であることが確認できたが，情報完備課題に対する学習効果の優位性は示されなかった．今後は，概念マップ再構成における情報完備課題と情報過不足課題の関係についてさらに検討・検証する予定である．

参考文献

(1) Hirashima, T., Yamasaki, K., Fukuda, H., and Funaoi, H.:“Framework of kit-build concept map for automatic diagnosis and its preliminary use”, RPTEL, Vol.10, No.17（2015）

意図的な試行錯誤を伴う課題への識別指数適用のための許容回答回数の導入

Discrimination Index with Allowable Response Number for Tasks with Intentional Trial and Error

岩井 健吾[*1]，松本 慎平[*2]，林 雄介[*3]，平嶋 宗[*3]
Kengo IWAI[*1], Shimpei MATSUMOTO[*2], Yusuke HAYASHI[*3], Tsukasa HIRASHIMA[*3]
[*1] 山陽女子短期大学人間生活学科
[*1]Department of Human Life Studies, Sanyo Women's College
[*2] 広島工業大学情報学部
[*2]Faculty of Applied Information Science, Hiroshima Institute of Technology
[*3] 広島大学大学院工学研究科
[*3]Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University
Email: iwai@sanyo.ac.jp

あらまし：テストや演習における個々の課題の適切さを測る指標として，該当課題の正誤とテストや演習全体における出来具合との関連の強さである識別指数の有用性が知られている．本稿では，この識別指数を，意図的な試行錯誤を伴う課題に対して適用することを目的として，同一課題に対する複数回の回答を許容する許容回答回数の導入の提案を行った．
キーワード：意図的な試行錯誤，組み立てることによる学習，識別指数，許容回答回数

1. はじめに

識別指数（Discrimination Index）は，課題の識別力（得点上位者と下位者を区別する指標）を示す値であり，試験や演習に用いられる課題の妥当性を判断する手段として用いられている(1)．この識別指標の計算には学習者の回答の正誤が用いられるが，複数回の回答を許す課題の場合の計算法は定式化されていなかった．意図的な試行錯誤自体が学習活動に含まれているような課題の場合にもこの識別指数を適用することが本研究の目的である．

本稿では，まず，識別指数について概説したうえで，意図的な試行錯誤自体が学習活動に含まれてくる課題として，算数文章題の組立課題の事例を概説する．そして，この算数文章題の組立課題に対して識別指数を適用するために許容回答回数の導入について述べる．

2. 識別指数

識別指数は，得点上位者と下位者を区別する指標である．この識別指数を用いることで課題の妥当性を判断できる．識別指数の計算法は，いくつかあるが，本稿では以下の計算法を用いた(2)．

$$DI = \frac{(A \times D) - (B \times C)}{\sqrt{(A+B) \times (C+D) \times (A+C) \times (B+D)}}$$

A：成績上位群 25%中の正答者数
B：成績上位群 25%中の誤答者数
C：成績下位群 25%中の正答者数
D：成績下位群 25%中の誤答者数

識別指数は，-1.0～1.0 の範囲となり，値が 1 に近いほど合計得点が高い被験者はその課題に正答する傾向が強く，逆に，合計得点が低い被験者はその課題に誤答する傾向が強いものになる．また，一般に，識別指数が 0,20 以上(あるいは 0.25 以上)であれば良問と判断される．この識別指数は，一般に回答が 1 回のみの課題を対象に適用されるが，本稿では，複数回の回答を許す課題に対しての適用を目指す．

3. 組み立てることによる学習

複数回の回答を許す課題の 1 つとして，組み立てることによる学習がある．学習対象を理解する際において，手続き的理解よりも関係的理解の方が優れているとされる(3)．この関係的理解を促進する上で組み立てることによる学習が有効な 1 つの方法となる．組み立てることによる学習は，学習対象となる構造を分解することによって部品を生成し，その部品を学習者に提供し，元の構造を組み立てさせる活動を学習者に行わせる．例えば，英文の並び替え問題は，組み立てることによる学習の一例として位置付けることができる．

このような組立課題においては，複数回の回答を許容して試行錯誤を行う演習形式が有効な学習方法の 1 つとなる．ただし，何も考えずにランダムに試行を行う無為的な試行錯誤ではなく，何かしら考えた上で試行を行う意図的な試行錯誤を学習者にさせることが重要になる．この意図的な試行錯誤を十分に学習者に行わせるためには，許容する回答回数（許容回答回数）の制限を設定する必要がある．許容回答回数を設定しなければ，学習者によっては学習につながらない無為的な試行錯誤が増加してしまう可能性がある．その一方で，許容回答回数が 1 回だけのような厳しい制限を設けてしまうと学習者の意図的な試行錯誤を妨げてしまう可能性がある．したがって，このような組立課題においては，適切な許容回答回数を設定することが重要であると考えられる．

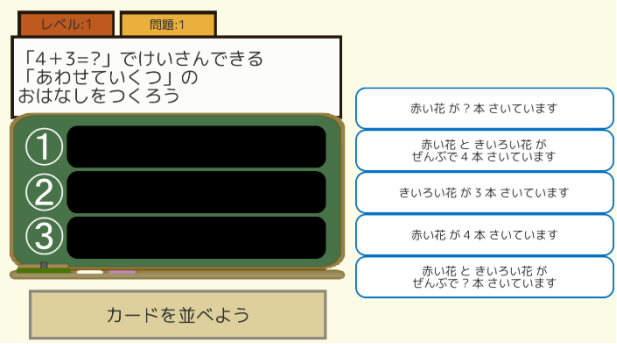


図 1 モンサクンのインターフェース

組立課題の一例として，算数文章題を対象とした単文統合型作問支援環境「モンサクン」が設計・開発されている．図 1 は，モンサクンのインターフェースであり，画面右側に配置された単文カードを左側の 3 つの黒色のカードホルダーに当てはめることで演習を行うものとなっている．また，3 つの単文カードを当てはめた後に診断ボタンを押すことで回答を行うことができ，この回答回数は正解するまで無制限に行うことが可能である．

このモンサクンでは，3 数量命題モデルによって定義された算数文章題の構造に基づいた部品が学習者に提供され，それを学習者が組み立てることで算数文章題の作問（構造の再構成）を行う学習環境となっている．解法を暗記するだけで解ける課題ではなく，複数の関係の理解が要求される課題となっており，試行錯誤を伴う課題となっている．また，小学生を対象としたモンサクンの過去の実践利用の結果から，学習者は算数文章題に含まれる関係を考慮しながら試行を行うことが明らかであり，意図的な試行錯誤を伴う学習課題であるといえる．その一方で，回答回数が非常に多い学習者も一定数存在することから意図的な試行錯誤だけではなく無為的な試行錯誤を含む可能性も示唆されている．これらのことから，組立課題の一例であるモンサクンを対象に適切な許容回答回数を設定することには意義があると考えられる．

4.　許容回答回数を用いた識別指数

3 章にて述べた通り，モンサクンの組立課題では，正解するまで学習者に回答を許容するものとなっている．この形式の場合，正解したかどうか（正しい組み合わせを作成できたかどうか）を正誤判定の基準にしてしまうと全てが正解となってしまうため，直接識別指数の分析を実施することができないものとなっている．そこで，本稿では，許容回答回数を導入することで正誤判定を行った．正解できたかどうかではなく，何回までに正解できたかどうかで正誤判定を行う形にした．このような形で正誤判定を実施するために，許容回答回数閾値の導入を行った．設定した許容回答回数閾値以下であれば正答，大きければ誤答という形で正誤判定を行うようにした．例えば，許容回答回数閾値が 3 の場合は，3 回以下であれば正答，4 回以上であれば誤答という形で正誤判定を行い，得点化を行う形となる．このようにすることで設定した許容回答回数閾値に対する識別指数の計算することが可能となる．また，設定可能な回答回数閾値は複数あり得るが，本稿では，1 から 10 までの回答回数閾値の設定を行い，その中で識別力が最大となるものを最終的な許容回答回数の候補として扱うことにした．つまり，識別力の観点から組立課題における妥当な許容回答回数を推定することが可能となる．その一方で，設定した許容回答回数が意図的な試行錯誤を最大化し，無為的な試行錯誤を最小化するかどうかに関しては別途データに基づいて検証を行う必要があり，これに関しては今後の課題としている．

5.　本提案手法に基づくデータ分析

2020 年度に公立小学校において小学生 1 年生から 6 年生を対象にモンサクンの実践利用が実施され，その実践利用で得たログデータに対して識別指数を用いた分析を実施した[4],[5]．本分析では，特に，識別力が最大となる許容回答回数閾値に着目して分析および考察を行った．さらに識別指数だけではなく，正答率の影響を受けにくい I-T 相関係数(Item-Total Correlation Coefficient)も併せて分析を実施した．詳細な結果および考察については当日報告を行うものとする．

6.　おわりに

本稿では，通常，1 回の回答のみを許容する課題に適用される識別指数を，許容回答回数を導入することによって，複数回の回答を許容する課題に対しても適用できるように拡張を行った．本手法に基づいて識別力の観点から適切な許容回答回数をエビデンスベースで推定することが可能となった．その一方で，その推定値が学習の文脈でどれだけ妥当かどうかの検証は，今後の課題とする．

参考文献

(1) 赤根　敦, 伊藤　圭, 林　篤裕, 椎名久美子, 大澤公一, 柳井　晴夫, 田栗　正章: “識別指数による総合試験問題の項目分析”，大学入試センター研究紀要, No.35, pp.19-47　(2006)
(2) 新井　正一, 小林　龍徳:“診療放射線技師国家試験における問題難易度の識別指数に基づいた評価の試み”，純真学園大学雑誌, 第 11 号, pp.91-98　(2021)
(3) Skemp, R. :“新しい学習理論にもとづく算数教育－小学校の数学－(平林一榮監訳)”，新曜社,（1992）
(4) 村上　太希, 松本　慎平, 岩井　健吾, 林　雄介, 平嶋　宗: “作問学習システム「モンサクン」における学習ログデータ分析－識別指数を用いた学習課題の評価－”，教育システム情報学会 2021 年度学生研究発表会, pp.149-150　(2021)
(5) 岩井　健吾, 松本　慎平, 林　雄介, 平嶋　宗: “難易度と識別指数を用いた単文統合型作問課題の分析”，第 47 回教育システム情報学会全国大会, pp.89-90　(2022)

プログラミング課題の文章問題を対象とした問題解決過程のモデル化と学習支援環境の提案

Modeling of Problem-Solving Process and Proposal of Learning Support Environment for Text Problems in Programming Assignments

白髭 虹輝[*1]，松爲 泰生[*2] 東本 崇仁[*3]
Koki SHIRAHIGE[*1], Taiki MATSUI[*2], 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] 東京工芸大学大学院工学研究科
[*2]Graduate School of Engineering, Tokyo Polytechnic University
[*3] 千葉工業大学情報科学部
[*3]Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology
Email: s2381022nq@s.chibakoudai.jp

あらまし：プログラミング学習では，文章題により要求が与えられ，学習者は要求を満たすプログラムを作ることが求められる．しかし，どのように要求を満たすプログラムを作ればよいかが分からない学習者が存在する．また，そもそも文章題から要求を満たすプログラムをどのように作ることができるのかという問題解決過程についても暗黙的である．そこで本研究では，力学などの問題解決過程を参考に，プログラミングの文章課題における問題解決過程をモデル化し，モデルに沿った学習支援方法の提案を行う．
キーワード：プログラミング，定式化，問題解決過程，ソースコード，文章問題

1. はじめに

プログラミング学習では，問題文の要件を満たすソースコードを作成する文章問題がよく出題される．この文章問題を解く際，学習者は問題文の情報を整理し，要件を満たすために必要な処理を思考してから，ソースコードを構築することになる．しかし，通常の授業では，最終的な結果であるソースコードのみを評価することが多く，そのため，学習者がどのような過程で躓いているのかを把握できず，学習者の状態に応じた支援を行うことはできない．

そこで，本稿では数学や力学の領域で平嶋ら[(1)]がモデル化した文章問題の問題解決過程を活用し，プログラミング課題における問題解決過程のモデル化と，モデルに沿った学習支援方法の提案を行う．

2. 関連研究

2.1 数学や力学における問題解決過程

数学や力学の領域で平嶋ら[(1)]は，問題文から解である目標構造を作成する過程として，問題解決過程をモデル化した．この問題解決過程は，表層構造作成過程，定式化過程，解導出過程の三つに分かれている．表層構造作成過程は，問題文の中にあるオブジェクトと属性の関係を表す表層構造を生成する過程である．定式化過程は，表層構造に数量関係を適用した定式化構造を生成する過程である．解導出過程は，定式化構造に数量関係を用いた変換を行い，解である目標構造を生成する過程である．また，解導出過程で目標構造を生成するまでの一連の数量関係を表したものを解法構造としている．解法構造に含まれている数量関係については，問題が対象としている状況に対して，一部のものにすぎず，問題の状況におけるすべての数量関係を表現したものを制約構造としている．

2.2 問題解決過程のプログラミング領域への応用

白髭ら[(2)]は平嶋らがモデル化した問題解決過程を活用し，プログラミング課題における解法構造を構築させる学習支援システムを開発した．白髭らは，問題文に存在するオブジェクトと属性の関係を表現する構造を定式化構造と定義した．そして，属性と属性を構成する関係式を表現する構造を制約構造と定義した．また，属性と関係式を使用し，解を求める一連の流れを表現した構造を解法構造と定義した．白髭らはこの 3 つの構造を学習者に順に作成させる，プログラミング課題の文章問題における解法の理解を促す学習支援システムの開発を行った．

しかし，白髭らのシステムでは平嶋らの構造をプログラミング領域に適用するにとどまっており，問題文によって与えられる情報から，どのように要求を満たす構造を作ることができるかまでしか扱えていない．そのため，具体的に要求を満たす構造をどのようにソースコードに変換するかというプロセスは扱えていなかった．

3. プログラミングの文章課題の問題解決過程

本稿では，平嶋ら[(1)]がモデル化した問題解決過程を活用し，プログラミング課題における問題解決過程をモデル化した．

図 1 に本稿で提案するプログラミング課題の文章問題における問題解決過程を示す．図 1 中の問題が対象としている領域の枠内は平嶋らの問題解決過程

と同一である．本稿では，この過程に対して，制約構造を操作構造に変換する過程と，操作構造と解法構造から処理構造を導く過程を追加した．操作構造とは，制約構造において記述された数量関係を導くための具体的な操作を記述した構造である．通常物理などでは, F=ma などの数量関係が存在するとき，F や m が既知であれば，a の値を求める操作は自明である．しかし，プログラミングの場合は，「a と b のうちの大きい方の値が c となる」という数量関係が判明しても，その操作は自明ではない．そこで，このような数量関係に対して，「if a>b then c=a else c=b」などの操作を対応付けた関係が操作構造である．この操作構造は，いわゆるプログラミング領域におけるライブラリ関数のように一定の領域で使える問題独立な形で記述できることから，制約構造と同様の層と見なすことができる．次に，文章題により既知あるいは入力を想定される値から，求めるべき値を求めるための過程を記述したものが解法構造であるが，この解法構造は定式化構造に制約構造が組み合わされたものであり，具体的な操作は暗黙的である．そこで，解法構造における数量関係に操作構造を適用したものが処理構造である．この処理構造が作られることで，学習者はソースコードを構築することができる．

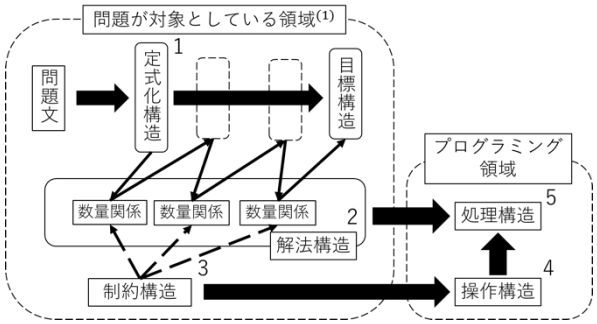


図 1 プログラミング課題の文章問題における問題解決過程

4. 提案システム

本提案システムは，定式化構造作成画面，制約構造作成画面, 解法構造作成画面, 操作構造作成画面，処理構造作成画面の 5 つの画面に分かれている．本稿では，操作構造作成画面，処理構造作成画面について説明する．

図 2 に操作構造作成画面を示す．操作構造作成画面では，システムがソースコードのひな型と，制約構造で学習者が求めた処理を提示する．学習者はひな型を使用し，当てはまる値や変数を選択することで，制約構造で求めた処理を具体的な操作に変換した構造である操作構造を作成する．例えば，図 2 でシステムは「a と b のうち，値が大きい方を c に代入する」を構成するコードを作成してくださいと表示している．学習者はひな型を選択し，ひな型に当てはまる変数を入力することで，システムが提示している要件を満たす具体的な操作を作成する．

図 3 に処理構造作成画面を示す．処理構造作成画面では，システムが処理部分について暗黙的な解法構造と，学習者が操作構造で求めた具体的な操作を提示する．学習者は提示された具体的な操作を選択し，解法構造の処理部分に入れることにより，プログラミング課題の文章問題の解を表す処理構造を作成する．例えば，図 3 では，a と b から矢印が出ている．そして，学習者が操作構造で作成した具体的な操作を介して c に向かって矢印が出ている．これは，a と b を使用し，操作構造で学習者が作成した具体的な操作を用いることによって，c を求めることができることを表している．

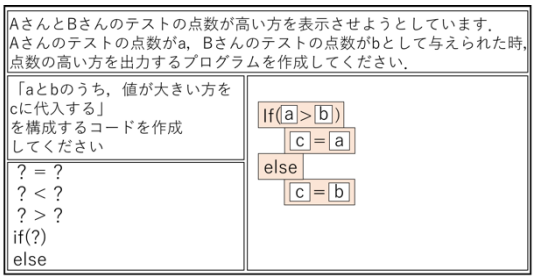


図 2 操作構造作成画面

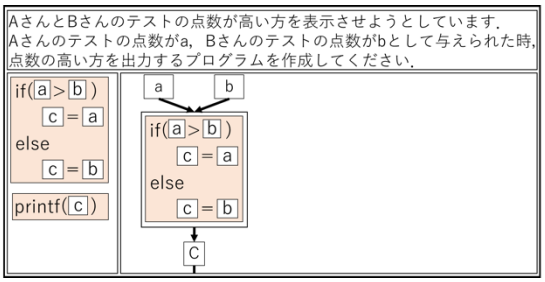


図 3 処理構造作成画面

5. おわりに

本稿では，プログラミング課題の文章問題における問題解決過程をモデル化し，モデル化した問題解決過程に沿った学習方法の提案を行った．

今後の課題として，提案した学習方法にもとづいたシステムを開発し，開発したシステムの学習効果について評価を行うことが挙げられる．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP22K12322，JP21H03565，JP20H01730 の助成による．

参考文献

(1) 平嶋宗，東正造，柏原昭博，豊田順一:“補助問題の定式化”，人工知能学会誌，Vol.10，No.3，pp.413-420（1995）

(2) 白髭虹輝，松爲泰生，東本崇仁:“プログラミングの文章問題を対象とした定式化による解法の理解を促す学習支援システムの開発・評価”，教育システム情報学会特集論文研究会, vol.37, No.7, pp.1-8 （2023）

力学における力の因果関係に基づく再帰的な補助問題自動生成システムの試作

Prototype of a Recursive Automatic Generation System for Auxiliary Problems Based on Causality of Force in Mechanics

相川 野々香[*1], 前田 新太郎[*2], 古池 謙人[*3], 東本 崇仁[*4], 堀口 知也[*5], 平嶋 宗[*6]
Nonoka AIKAWA[*1], Shintaro MAEDA[*2], Kento KOIKE[*3], Takahito TOMOTO[*4], Tomoya HORIGUCHI[*5], Tsukasa HIRASHIMA[*6]
[*1] 東京工芸大学大学院工学研究科
[*1]Graduate School of Engineering, Tokyo Polytechnic University
[*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] 京都大学学術情報メディアセンター
[*3]Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University
[*4] 千葉工業大学情報科学部
[*4]Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology
[*5] 神戸大学大学院海事科学研究科
[*5]Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University
[*6] 広島大学大学院先進理工系科学研究科
[*6]Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University
Email: n.aikawa@st.t-kougei.ac.jp

あらまし：本研究では，力学の作図問題を対象に，誤った学習者に適応的な補助問題提示を行うことを目指し，補助問題の再帰的な自動生成システムの開発を行った．結果として，システム実装前の先行研究で考えられていた数よりも多くの補助問題を自動生成することができた．
キーワード：補助問題，自動生成，問題演習システム，力学

1. はじめに

問題演習は，知識を教授された学習者が想定される問題に取り組む学習方法であり，知識を深め，理解が不十分な箇所を確認することができる．しかし，学習者が問題演習で誤った際，正解やその解説を与えることが一般的な手法であるが，それでは学習者が単に正解を暗記してしまう場合もある．このような場合に有効な手法の一つとして，誤った学習者に補助問題を提示することが挙げられる．

補助問題とは，学習者がある問題を理解することに役立つ問題であり，例えば元の問題を少し簡単化することで作成することができる．補助問題提示による学習では，学習者は補助問題を解くことで元の問題への気づきを得て，理解を深めることができると考えられる．これまで，力学の作図問題を対象に，問題に誤った学習者に補助問題提示を行う学習支援システムが開発され，学習効果が確認されてきた(1)．

しかし，補助問題提示による学習は，補助問題を事前に用意する必要があり，さらに何パターンもある学習者の誤りに適応的な問題を作成する必要がある．先行研究(1)のシステムでも，実装された補助問題はシステム開発者が手動で設計を行っていた．

そこで本研究では，力学の作図問題を扱った問題演習システムを対象に，補助問題を自動生成する試みを行ってきた(2)．本稿では，補助問題を再帰的に自動生成する機能をシステムに実装し，生成された補助問題について紹介を行う．

2. 補助問題生成システム

2.1 問題の特徴づけ

本研究では，対象となる問題に特徴づけを行い，その特徴に基づいて一貫したルールで問題の要素を削除し，問題を単純化することで補助問題を自動生成する機能をシステムに実装する．具体的には，まず力と運動に関する因果推論理論(3)(以下，因果推論理論)に基づいて問題の特徴づけを行った．因果推論理論とは，ある現象において物体に働く力とそれによる運動を対象に，力や運動の原因と結果の関係を整理した理論である．これによって，複雑な物理現象でも要素の一つ一つを原因と結果の関係で説明することが可能になる．

本研究ではこの因果推論理論を用いて，作図問題の物体に働く力に原因と結果の関係に基づいた順番関係の特徴づけを行った．

2.2 3 種類の補助問題生成

本研究では 2.1 節の特徴づけから，3 つの補助問題生成方法を提案した（図 1）．補助問題は，元の問題をベースに，力の原因と結果の関係に基づいて問題の要素を一貫した方法で削除することによって生成する．本研究ではこの 3 つの方法を，「釣り合い維持

削除」「単純削除」「置換」と定義した．

「釣り合い維持削除」は，ある一つの力に着目した時，その力と順番関係を持つ一連の力を削除することで補助問題を生成する方法である．図 1 は二つの物体が横に並び，物体 X が外力で横に押しつけられるという現象である．釣り合い維持削除では，力(2)に着目した時，横向きの一連の力を削除する．これにより，二つの物体が並んで静止しているという現象の補助問題が生成される．

「置換」は，ある一つの力に着目した時，その力とその力の原因の力の順番関係を削除することで生成する方法である．図 1 では，力(2)とその原因の力(1)の順番関係を削除し，力(1)を外力に置き換える．これにより，一つの物体が外力に押されて壁に押し付けられるという現象の補助問題が生成される．

「単純削除」は，ある一つの力に着目した時，その力とその力が影響を与える力の順番関係を削除することで生成する方法である．図 1 では，力(2)とその力が影響を与える力(3)の順番関係を削除する．これにより，二つの物体が外力に押されて加速しているという現象の補助問題が生成される．

3.　システムによって生成された補助問題

本システムは「特徴づけされたある問題」を入力することで,「その問題に存在する力ごとにそれぞれ 3 種類ずつ」の補助問題を自動生成する．つまり，例えば 5 つの力が存在する問題を入力された場合，理論上 15 個の補助問題が生成される．ただし，問題の構造によっては生成できない問題があったり，別の力から生成された複数の補助問題が結果的に同じ問題になったりすることもあると考えられる．

本稿では二つの問題を題材として，補助問題の自動生成を行った．一つ目の題材は，図 1 の元の問題である．この問題中には，12 個の力が存在する問題であるが，結果として生成された補助問題は，釣り合い維持削除による問題が 12 個, 置換による問題が 9 個，単純削除による問題が 4 個であった．そのうち，釣り合い維持削除による問題は重複する問題があり，それを除くと 3 個になった．よって，生成できた補助問題は合計 16 個であった．さらに，生成された補助問題から補助問題を生成する「再帰的な生成」を行った．その結果，重複する問題を除くと元の問題も合わせて 214 個の補助問題が生成された．

二つ目の題材は，補助問題を手動で設計した研究[(1)]において元の問題として扱われた問題であり，この問題中には 18 個の力が存在する．結果として生成された補助問題は，釣り合い維持削除による問題が 17 個，置換による問題が 11 個，単純削除による問題が 7 個であった．そのうち，釣り合い維持削除による問題は重複する問題があり，それを除くと 5 個になった．よって，生成できた補助問題は合計 23 個であった．さらに再帰的な生成を行ったところ，生成された問題は重複を除くと合計 457 個となった．

先行研究[(2)]においてシステム実装前に生成できると考えていた補助問題は 14 個であったため, 本システムは先行研究[(2)]よりも多くの補助問題を生成できたことがわかった．

4.　おわりに

本研究では，力学の作図問題を対象に，補助問題の自動生成システムの開発を行った．結果，先行研究よりも多くの補助問題を生成できたことが分かった．今後の課題として，生成できた補助問題の適切性の調査を行うことが挙げられる．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP22K12322，JP21H03565，JP20H01730 の助成による．

参考文献

(1) 相川野々香，古池謙人，東本崇仁，堀口知也，平嶋宗: “力学を対象とした Error-based Simulation における行き詰まりの解消を指向した補助問題の提示システム”，電子情報通信学会論文誌 D，Vol.106，No.2，pp.132-143 (2023)

(2) Aikawa, N., Koike, K., Tomoto, T., Horiguchi, T., and Hirashima, T.: “Characterization of auxiliary problems for automated generation in error-based simulation”, in International Conference on Human-Computer Interaction, pp.3–13, Springer (2021)

(3) 溝口理一郎，平嶋宗，堀口知也: “力と運動に関する因果推論理論”，人工知能学会論文誌，Vol.31，No.4，pp.A-F44 1-13 (2016)

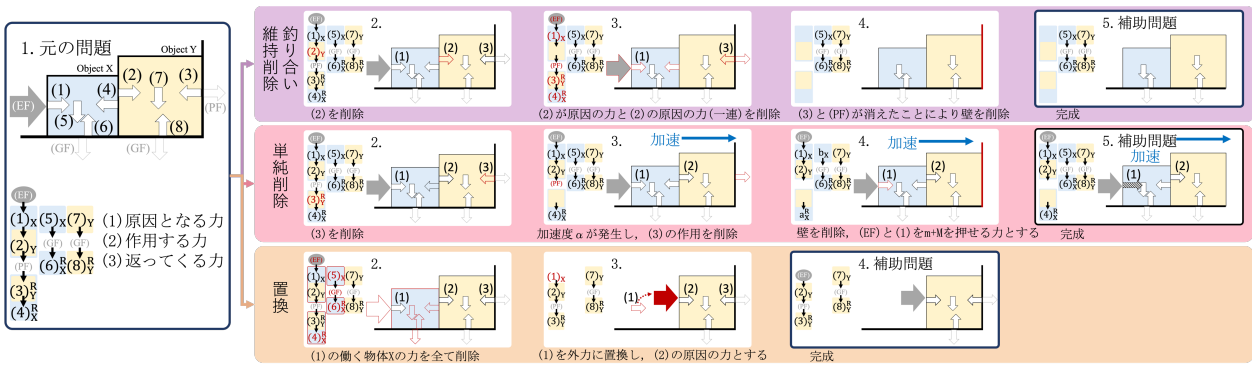


図 1　補助問題の自動生成方法

学習者の姿勢・視線センシングデータを用いた状態推定による インタラクティブロボット講義の評価
Evaluating an Interactive Robot Lecture Using Estimation of Learning State with Posture and Gaze Sensing

島崎 俊介[*1]，柏原 昭博[*2]
Toshiyuki SHIMAZAKI[*1], Akihiro KASHIHARA[*1]
[*1] 電気通信大学 大学院情報理工学研究科 情報学専攻
[*1]Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications
Email: shimazaki@uec.ac.jp

あらまし：本稿では，講義における学習者の姿勢および視線センシングデータを用いて，注意が外れている並びに理解が追従できていない状態を推定し，インタラクティブにリカバリを試みるインタラクティブロボット講義の評価を報告する．ケーススタディでは，姿勢および視線の両方のセンシングデータを用いて学習状態推定を行うことで，受講状態をより正確に把握することができ，人間講師がインタラクションすべきと判断したタイミングでロボットがインタラクションできる可能性が示唆された．
キーワード：インタラクティブロボット講義，学習状態推定，注意・理解リカバリ，センシングデータ

1. はじめに

講義では，人間講師は学習者の受講状態（姿勢，視線，表情，ノートテイキング，小テストの結果，特性等）を総合的に判断し，注意が外れていないか，理解できているかを推定し，講義を進める．しかし，ベテランの人間講師でも容易ではない．筆者らは，現在人間講師の講義をロボットが代行するインタラクティブロボット講義研究[1),2)]を進めている．この研究では，人間講師の講義に勝ることではなく，ロボットが人間講師と同等の講義をモデルベースに代行することを目指しており，学習者の受講状態に応じて，ロボットが有する擬人化傾向と身体性を生かしたインタラクションをすることで，長時間の講義でも学習者の注意維持と理解追従を支援する．将来的には，多様な講義形態の選択肢を増やし，1 人 1 台学習パートナーロボット時代の実現を目指している．

本稿では，学習者の姿勢・視線センシングが，インタラクティブロボット講義における学習者の受講状態推定として有効であるかを評価したケーススタディについて報告する．

2. 学習者の姿勢・視線センシング

2.1 姿勢センシング

姿勢センシングでは，Kinect を用いて学習者の骨格や顔のトラッキングデータを画像形式で取得し，10 秒毎のサンプリング間隔で姿勢推定フレームワーク OpenPose の信頼度を取得する．信頼度は，右耳，左耳，右目，左目，右手，左手，首を使用する．本研究では，講義スライド毎に姿勢センシングを行い，顔が右向き，左向き，上向き，下向きのいずれかで，同じ講義スライド内で 2 回以上推定された学習状態を非集中状態と推定し，ロボットが学習者の注意が外れたタイミングと判断する．例えば，顔の右向きは受講中に取得した学習者の右耳と右目の両方の信頼度の値が，講義前のキャリブレーションで取得した信頼度の平均値より低い場合に推定される．

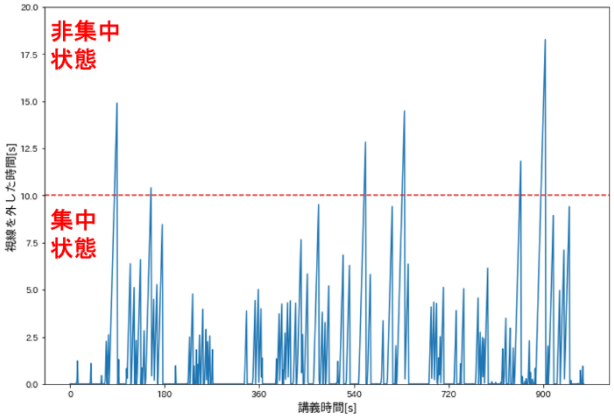


図 1 学習者の視線センシングデータの一例

本手法は，筆者らによる関連研究[1)]のスケルトンデータの座標取得とは異なり，多様な受講時の姿勢に頑健な状態推定精度であることを確認している[2)]．

2.2 視線センシング

視線センシングでは，tobii pro nano を用いて講義における学習者の PC モニター閲覧状態を取得する．本研究では，先行研究でデザインした講義動作モデル及びシナリオ制御モデル[2)]で示している学習者の受講状態が非集中状態あるいは集中状態のいずれかを推定する際に用いる．図 1 は実際の視線センシングデータを示しており，横軸は講義時間，縦軸は視線を外した時間である．本研究では，視線を外した時間 10 秒以上を閾値(図 1 の赤色点線)として非集中状態と推定し，10 秒未満を集中状態と推定している．

本手法は，関連研究等で実施されている視線情報を用いた学習状態推定の異なる点として，あくまで学習者が PC モニターを見ているか・否かの 2 値の取得に限定して集中状態・非集中状態を推定している．これにより，学習者に視線計測ウェアラブル端末の装着求めずに低コストで実現できるだけでなく，通常の講義と同等で自然な受講状態の測定ができる．

図 2　インタラクティブロボット講義システム

加えて，視線センシングは，姿勢センシングと組み合わせた並列処理を想定しているため，システムの負荷軽減の必要があるが，本手法は長時間の講義でも姿勢・視線の同時センシングを可能としている．

3.　インタラクティブロボット講義システム

本システムは，人間講師の講義を事前に Kinect で収録して作成された講義シナリオをもとに，学習状態推定，講義シナリオ再構成，学習者とのインタラクションを実施する(図 2)．具体的には，講議スライド毎に推定された学習状態と講義シナリオで想定される状態を比較し，一致した場合ロボットは講義シナリオベースに講義を実施する．一致しない場合，ロボットはシナリオ制御モデルベースに講義シナリオを再構成し，先行研究の注意・理解リカバリアルゴリズム [2]に基づきリピート，ポーズのインタラクションとチャットボット機能による問題提示を行う．

4.　ケーススタディ

4.1 実験計画

姿勢・視線センシングが，インタラクティブロボット講義における学習状態推定に有効かを検証するケーススタディを 2 つの高校(以下，A 高校と B 高校とする)で実施した．被験者は，24 名である．講義は，高校 1 年生で学習する「情報 I 」を題材とし，30 分程度の 2 種類のコンテンツを用意した．実験は，2 グループに分け（A 高校の被験者 8 名を 4 名ずつ，B 高校の被験者 16 名を 8 名ずつ），受講順序を考慮し，インタラクティブロボット講義(IL 条件)と，ロボット講義(NL 条件) を設定し，カウンターバランスを考慮し，電気通信大学人を対象とする研究に関する倫理委員会承認の元，被験者内計画で実施した．実験中の講義動画は，被験者と高校教員に同意を取り，受講状態分析の目的で撮影した．

被験者は受講後，理解度テスト，受講後アンケート，受講状態アンケート，全体アンケートに回答した．実験では，A 高校では姿勢センシングのみ，B 高校では姿勢・視線センシングの両方で受講状態推定を行い，システムは両条件ともに学習者の姿勢・視線センシングデータを収集した．理解度テスト・受講後・全体アンケート結果の考察は文献 [2]に譲る．

4.2 姿勢・視線センシングの結果と考察

A 高校では，8 名全員が集中状態として推定された．講義動画の目視から，受講中の姿勢は概ね良好で，姿勢センシングは妥当だったと考えられる．

表 1　視線・姿勢センシングの学習状態推定精度

被験者ID	姿勢センシングのみ				姿勢・視線センシング両方			
	非集中状態		集中状態		非集中状態		集中状態	
	適合率	再現率	適合率	再現率	適合率	再現率	適合率	再現率
1	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00
6	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00
7	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

B 高校では，被験者 16 名中 7 名(表 1:ID:1~7)が視線センシングで非集中状態と推定された．講義動画より，3 名は 10 秒以上 PC モニターを見ずにノートテイキングしていた状態で，4 名はよそ見や居眠り状態だった．非集中状態を推定後，ロボットは注意リカバリとしてウォークとマルチメディアによる注意喚起のインタラクションを行った．その結果，7 名中 5 名がその後集中状態を取り戻した．また，チャットボット機能による理解リカバリが発生した 2 名の理解度テスト点数は平均点に近づいた．

ここで，非集中状態が推定された 7 名に着目し，高校教員による推定結果を正解とし，システムによる推定結果の適合率・再現率を非集中状態が推定されたコンテンツの講義スライド全体の値で算出した．表 1 より，姿勢センシングでは非集中状態の適合率が 0.00 なのに対し，姿勢・視線センシングでは適合率・再現率が 1.00 であった．これらの理由として，本実験が実験室実験のため，受講中の姿勢が普段の講義より正しくなる傾向にあり，姿勢センシングだけでは非集中状態を推定するのは困難だったと考えられる．またシステムは顔が下向きのノートテイキング(ID:5,6)を非集中状態と推定したが，高校教員は集中状態とした．今後，ノートテイキングの検討が必要だが，姿勢・視線センシングによる学習状態推定は概ね人間講師に近かったといえる．

5.　おわりに

本研究では，学習者の学習状態推定として姿勢・視線センシングがインタラクティブロボット講義における学習状態推定として有効であることを確認した．今後は，精度向上としてタブレット端末を用いたノートテイキング推定の評価を行う予定である．

謝辞

本研究の一部は，JSPS 科研費 23H03505 の助成を受けた．

参考文献

(1)　菅原歩夢，石野達也，後藤充裕，柏原昭博：インタラクティブ講義ロボットのための学習者状態推定，教育システム情報学会 2019 年度全国大会，pp.403-404.
(2)　島崎俊介，柏原昭博：インタラクティブロボット講義における注意・理解リカバリの有効性評価，教育システム情報学会 2022 年度第 6 回研究会，No.6，pp.149-156.

学習場面で教えたくなるようなロボットの役割の検証

Verification of the role of robots that make you want to teach in learning situations

白石 誠[*1], 松居 辰則[*2]
Makoto SHIRAISHI[*1], Tatsunori MATSUI[*2]
[*1] 早稲田大学大学院 人間科学研究科
[*1]Graduate School of Human Sciences, Waseda University
[*2] 早稲田大学　人間科学学術院
[*2] Faculty of Human Sciences, Waseda University
Email: makoto-shiraishi@akane.waseda.jp

あらまし：本研究はロボットを学習のパートナーとして活用し、教えることで学ぶ学習の実現を目指している。ロボットの役割として弱さに着目し、つい教えたくなるような振る舞いモデルの実現を目的とする。目的実現の最初の段階として学習場面の援助において援助者が被援助者にどのような印象を受けるか調査実験を行った。本稿では想定された学習場面においてロボットと人の援助におけるインタラクションにで弱さを感じるか、援助につながるか行った調査実験について報告する。

キーワード：弱いロボット, HRI, 学習援助

1. はじめに

近年、教育現場にロボットを取り入れる取り組みが増えており、様々な有効性が確認されている。松添らはロボットの賢さに着目し、英単語学習においてロボットに直接教示を行うことは子供達の学習への関心や回答に自信を持たせることを示唆した(1)。このようにロボットの導入するにあたり役割はとても重要である。本研究ではロボットに教えることで学ぶ学習の実現を目指す。そこでロボットの役割として弱さに着目した。本研究における弱さとは岡田らが提唱する弱いロボットである(2)。弱いロボットとは他者からのアシストを上手に引き出した上で一緒に行為を組織する関係論的なロボットである。弱さを振る舞いとして提示し、学習者が教えたくなるようなインタラクションの実現を目指す。しかし先行研究の多くではロボットの弱さについての定義が曖昧であること(2,3)、「誤答」以外の振る舞いが少ないこと(1)が課題に挙げられる。そこで本研究では学習場面において助けたくなるロボットの振る舞いモデルの作成を目的とし、本稿ではその前段階として学習場面におけるロボットの弱さに関する調査実験の結果について報告する。

2. 研究目的

本研究の目的は以下の 2 点である。

1　助けたくなる(教えたくなる)ようなロボットの振る舞いモデルの作成
2　弱いロボットへの学習援助が学習に対するやる気などの動機付けにつながるか検討すること

本研究ではまず目的 1 の達成のため、一般的な学習場面における援助者の被援助者に対する印象に関する調査実験を行った。結果、一般的な学習場面において援助者は被援助者に対し、何らかの弱さを感じることが示唆された(4)。そこで本稿では学習場面における援助について、ロボットに対して、同様な印象を受けるか調査実験を行った。また 2 つの調査実験を比較検討することでロボットの弱さについて検討する。

3. 調査実験

本実験は、弱いロボットの振る舞いモデルを実現のため、学習場面における援助において人とロボット同様に弱さを感じるか目的とし実施した。

3.1 実験参加者

本実験は CrowdWorks を用いてオンラインで実施した。被験者には想定されたロボットとの学習場面において、被援助者であるロボットに対する、援助頻度、援助理由、ロボットに対する印象について回答を求めた。実験の所要時間は 40 分ほどであり、参加者 104 名(男性 59 名,女性 45 名)、平均年齢 39.98 歳(標準偏差 8.796)であった。

3.2 実験タスク

実験の最初の段階として、被験者にはロボットと学習している想定場面の提示を行った。想定場面は人が課題を行う中で、ロボットとやり取りをするイラストを提示した。十分に想定できた時点で質問の回答を開始させた。質問紙ではロボット画像と援助エピソードを提示し、質問の回答を求めた。援助エピソードは前回の調査実験で使用したエピソードを参考に、登場人物をロボットに置き換え新たに作成した。それぞれの援助エピソードは、援助頻度について 5 件法(助けない―いつも助ける)で回答を求めた。また援助の理由について自由記述で回答を求めた。ロボットに対する印象としては井上、小林ら(1985)によるパーソナリティ認知の測定に有効な尺度(5)の形容詞対から「明るい―暗い」、「やわらかい―かたい」などの 48 項目に加え、「頭の良い―頭の悪い」、「近づきやすい―近づきにくい」の計 50 項目の回答を 7 件法で求めた。

表 1 実験で使用した援助エピソード

番号	エピソード
1	解答する問題を間違えているロボットに注意をしてあげる。
2	問題を誤って答えているロボットに対して、正しい答えを教えてあげる
3	回答期限前の問題が終わっていないロボットを手伝ってあげる
4	教材が落ちて問題が解けないロボットの代わりに教材を拾ってあげる
5	一時的な故障により動かないロボットの代わりに問題を進めてあげる
6	英語で何が書いてあるか分からないロボットに対して丁寧に説明をしてあげる
7	英単語を思い出せないロボットと一緒に考えてあげる
8	課題がうまくできず落ち込んでいるロボットと一緒に勉強をしてあげる
9	じっと問題を考えているロボットにヒントを与えてあげる
10	課題の内容についてロボットに質問をされ、答えてあげる
11	数学が苦手なロボットと課題を一緒に解いてあげる
12	課題がずっと解けていないロボットに簡単な問題を教えてあげる
13	どの問題を解くか迷っているロボットにどの問題が解きやすいか教えてあげる
14	問題の解き方を悩んでいるロボットにアドバイスをしてあげる
15	テスト前、復習をしているロボットに簡単な問題を出してあげる

3.3 結果

本実験では被験者 104 名のデータを活用して分析を行った。データの分析として形容詞対の平均値を各エピソードごとに評価値として算出した。7 件法で回答を求めた各形容詞対は低い値であるほど「明るい」、「強い」などポジティブな印象、高い値であるほど「暗い」、「弱い」などネガティブな印象である。算出した評価値を前回の調査実験 1 の結果と比較した図を図 1、図 2 に示す。各エピソードは大きく実験 1 と同じような傾向の結果(エピソード 1,2,3,9,10,14,15)と調査実験 1 より大きい結果(エピソード 4,5,6,7,8,11,13)に分けられた。次にそれぞれの援助エピソードの援助頻度について値を求めた。多くのエピソードにおいて「助けない」の割合が 25%(26 名)を下回る中、エピソード 5 において被験者の 43.27%(45 名)が助けないという結果が得られた。

4. 考察

実験結果から 6 つのエピソードから同じような印象の傾向が確認された。これはロボットにおいても同様の弱さを感じたことが示唆される。また 7 つエピソードからより高い評価値が得られた。評価値は高いほどネガティブな印象である。これはロボットにおいてより負の印象を受けることが示唆され、ロボットにおける弱さにつながると考えられる。一方でエピソード 5 の援助頻度は他のエピソードと比べ「助けない」の割合が高い。自由記述から「故障はどうしようもないから」などの回答が得られたことから強い負の印象は援助につながらないことが示唆された。今後ロボットの振る舞いを考えるにあたり、弱さの程度について十分に留意すべきであると考えられる。

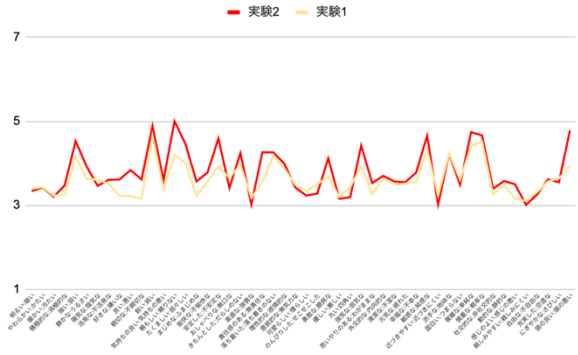


図 1 エピソード 1 の評価値の差

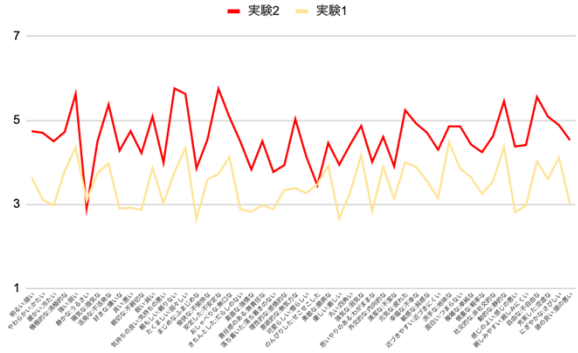


図 2 エピソード 5 の評価値の差

5. 今後の展望

本実験は人と人の学習場面において援助を行う場合、援助者は被援助に対し何らかの弱さを感じるという結果が得られた調査実験から(4)、ロボットにおいても同様の結果が得られるか検討することを目的に実施した。結果、学習場面においてロボットにおいても同様の弱さを感じることが示唆された。今後は因子分析を行い、ロボットの弱さについて明らかにしていく。

参考文献

(1) 松添静子, 田中文英:”教育支援ロボットの賢さの違いが子どもの英単語に及ぼす影響”, 人工知能学会論文誌, 第 28 巻, 第 2 号, pp.170-178 (2013)
(2) 岡田美智男:”人とのかかわりを指向する<弱いロボット>とその展開, 日本ロボット学会誌, 第 34 巻, 第 5 号, pp.299-303 (2016)
(3) 小林渓太 et al:”コミュニケーションロボットを活用した児童の自尊感情向上の研究-弱いロボットの中長期的な相互作用による検証, コンピュータ & エデュケーション, 第 43 巻, pp.49-54 (2017)
(4) 白石誠, 松居辰則:” 弱さを持つコミュニケーションロボットによる学習援助の誘因のための要因分析”, 教育システム情報学会 第 1 回研究会 (2023)
(5) 井上正明, 小林利宣:”日本における SD 法による研究分野とその形容詞対尺度構成の概観”, 教育心理学研究, 第 33 巻, 第 3 号, pp253-260 (1985)

学習者の内発的動機づけを目指したロボットとの非言語長期インタラクションによる「Peer さ」形成の実験的検証

An Experimental Examination of "Peer-ness" Formation through Nonverbal Long-Term Interaction with a Robot Aimed at Intrinsic Motivation of Learners

本多 昂生[*1], 田和辻 可昌[*2], 松居 辰則[*3]
Koki HONDA[*1], Yoshimasa TAWATSUJI[*2], Tatsunori TMATSUI[*3]
[*1] 早稲田大学大学院人間科学研究科
[*1]Graduate School of Human Sciences, Waseda University
[*2] 早稲田大学データ科学センター
[*2]Center for Data Science, Waseda University
[*2] 早稲田大学人間科学学術院
[*2]Faclty of Human Sciences, Waseda University
Email: kouki0506hd@akane.waseda.jp

あらまし：本研究の目的は、仲間意識(Peer さ)誘発により学習者の学習意欲の向上を図る学習環境を提供するコンパニオンロボット動作モデルの構築にある。中でも、ロボット動作による「Peer さ」の誘発は重要な課題である。そこで、「競争感」誘発を含む「Peer さ」誘発を志向したロボットの動作モデルについて、長期間非言語インタラクションを通した実験的検証を行った。その結果、制約のある「Peer さ」誘発が確認され、非言語情報が学習者の内発的動機づけに影響を与えている可能性も示された。
キーワード：ピアラーニング・学習支援ロボット・非言語情報・内発的動機づけ

1. はじめに

IT 技術の発展や GIGA スクール構想の発足に伴い、e ラーニングと呼ばれる教育・学習の形態が一般化しつつある。しかしながら、e ラーニングにおける学習支援の形態は、知識の伝達や理解の促進に適した学習者よりも学習ドメインに関する知識が豊富な立場からの支援が主流である。しかしながら、我々の学びの中には同級生と協働することで知識を定着・確認する重要な学び(Peer Learning)も存在している。

一方、学習支援ロボットに関する研究も盛んに行われている。柏原(2019)は、他メディアとは異なり身体性を有している学習支援ロボットは、学習阻害等のネガティブ感情の軽減が期待されることを示した[1]。学習環境におけるコンピュータをコンパニオンとして用いる研究に着目してみると、笠井ら(1999)は学習者の状況に応じ、コンパニオンの立場を学習者と同等である Peer な立場と教師の立場を使い分けて学習支援を行う、協調学習環境におけるマルチエージェント学習環境を開発している[2]。しかしながら、2 つの立場の振る舞い分けによる Peer さに関する印象低下の可能性も示唆されている。Chan, T. (1991)は、教師的立場を振る舞うコンパニオンロボットが、「監視されている」といった印象を与えうることを指摘している[3]。ただし Marder, N ら(2017)によって、仲間の存在がポジティブな効果を生み出すことが示唆されている[4]。総じて、これまでの Peer learning やロボットによる学習支援の先行研究は、その有用性が示唆される一方で、教師的立場がもたらす「監視されている」感を考慮していないという課題がある。さらに、学習時の内発的動機付けがもたらす好影響についてはこれまで多くの先行研究が存在する。また、内発的動機付けへの関係がある自律性を引き起こす行動決定について、横山ら(2009)は他者の意図推定が自己の行動決定に影響を与えると述べている[5]。また意図推定について、大澤(2014)は対象の振る舞いが意図推定を誘引しており、対象の擬人化によって対象の振る舞いからの意図推定を行っていると述べている[6]。

そこで、本研究では Peer Learning の存在と、学習支援におけるロボット活用の有用性、非言語情報と内発的動機づけとの関係性を基に、様々な状況に応じて適切な Peer な立場のみを非言語情報のみによって呈するロボットの構築を志向した、「Peer さを誘発させるロボット動作モデル」の構築を目指す。

2. 目的

我々はこれまで、学習時に「Peer さ」を感じる心理モデルを構築し、モデルに従うロボット動作の選定と、モデルに従う短期的インタラクションを通した「Peer さ」誘発の検討を実施した。その結果以下の心理モデルの作成(図 1)と、「Peer さ」の誘発を確認した。しかしながら、「競争感」の誘発は確認できなかったため、長期的検討の必要性が示された[7]。

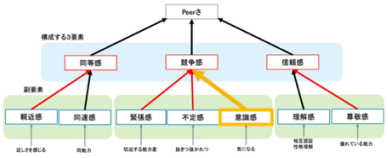


図 1 Peer さを感じる心理モデル

そのため、本研究では「競争感」誘発により「Peer

さ」が誘発されるのかについて長期的検討を行うと共に、学習者の心的状況の変化について実験的検証を行うこととする。

3.　実験

我々は「競争感」誘発により「Peer さ」が誘発されるのかについて長期的検討を行うと共に、学習者の心的状況に変化に変化があるのかについて実験的検証を行った[8]。図 2 に実験の流れを示す[8]。

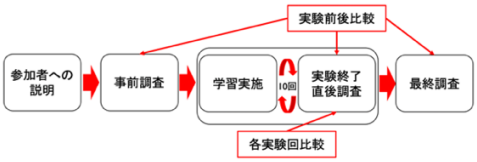


図 2　実験の流れ

調査項目として、事前調査では学習者の性格特性とロボットに対する印象、実験時の演習教材選定のための数学学習能力について調査した。学習実施では数学問題の演習とロボット動作提示を 3 回繰り返し実施した。ロボット動作は Woz 法により操作を行なった。実験終了直後調査では「Peer さ」「競争感」「数学学習へのやる気」についての VAS 法での評価と自由記述感想を求めた。更に毎実験日の最後にインタビュー調査を実施した。最終調査では「Peer さ」「競争感」「数学学習へのやる気」について 7 段階評価を求め、自由記述での感想を求めた。

4.　結果

「Peer さ」と「競争感」の評価の推移について、我々は 1 日の中において、「競争感」と「Peer さ」の印象は正の相関関係があるが、日を跨ぐことによって共に印象の初期化が行われていることを結果として得た[8]。

続いて学習者の心的変化について、質問紙自由記述解答内容やインタビュー調査結果内容から、実験日を経る度にロボットに対する学習者の見方が変化し、学習への影響が生まれている可能性が示された。初日の段階ではロボットの動きを理解するに留まっていたが(図 3)、2 日目以降になるとロボットの動作が持つ意図の推定が行われていた(図 4)。更に、学習の後半になるにつれて学習者が苦手として解かずに避けていた系統の問題に、自分の意志で手をつけるようになる変化が現れた。更に、実験を通して本人の内発的動機づけが行われている可能性も示唆された(図 5)。このことより、はじめに述べた非言語情報がもたらす内発的動機づけの可能性が示された。

> 最初のロボットの拍手はとてもうれしかった。
> そのせいか、2 回目の時のまぁまぁというような動きをしていて若干くやしかった。でも最後に○をしてくれてとてもうれしくなった。

図 3　1 回目終了後の感想(一部)

> 1 回目の拍手は大人がやっているようにみえた。「うむ、よくできた」といっているようにかんじた。
> 2 回目の拍手は自分の味方の友だちのようにできた。「よくできました」といっているようにかんじた。
> 3 回目は照れている(？)動作をしていたが、よくわからなかった。

図 4　4 回目終了後の感想

> 今、とても算数の問題をときたい！みたいになってます.
> 問題がすらすらとけてたのしかった.

図 5　10 回目終了後の感想(一部)

5.　まとめ

本研究ではロボット動作による「競争感」誘発により「Peer さ」が誘発されるのかについて長期的検討を行った。その結果 1 日の中における上記誘発は確認されたが、日を跨ぐことによる印象の初期化が行われていることが明らかになった。また、非言語情報によって学習者の内発的動機づけの可能性も示された。

参考文献

(1) 柏原昭博: “エンゲージメントを引き出す学習支援ロボット”, コンピュータ&エデュケーション, CIEC 会誌創刊準備号編集委員会 編, 46, pp.30-37 (2019)
(2) 笠井俊信, 岡本敏雄: “仮想的協調学習環境におけるエージェント間コラボレーション”, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.11, pp.100-110. (1999)
(3) Chan, T.: “Integration-Kid.: A Learning Companion System.”, Proc. Of 12th IJCAI, Vol. 2, pp. 1094-1099 (1991)
(4) Marder, N., Velarde, C., Huycke, S., & Schleien, S.: “The Peer Companion Program: An Experiential Learning Opportunity”. SCHOLE: A Journal of Leisure Studies and Recreation Education, Vol.32, No.1, pp.49-66 (2017)
(5) 横山絢美, 大森隆司: “協調課題における意図推定に基づく行動決定過程のモデル的解析”, 電子情報通信学会論文誌. A, 基礎・境界 = The IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences (Japanese edition). A, 92(11), 734-742 (2009)
(6) 大澤博隆: “人工知能はどのように擬人化されるべきなのか?: 人の擬人化傾向に関わる知見と応用(「人工知能」表紙問題における議論と論点の整理)”, 人工知能, 29(2), 182–189. https://doi.org/10.11517/jjsai.29.2_182 (2014)
(7) 本多昂生, 田和辻可昌, 松居辰則: “学習時における Peer さを誘発させるコンパニオンロボット動作モデルの構築”, 人工知能学会研究会資料, 先進的学習科学と工学研究会, 94. https://doi.org/10.11517/jsaialst.94.05 (2022)
(8) 本多昂生, 田和辻可昌, 松居辰則: “学習コンパニオンロボットによる「Peer さ」形成に関する実験的検証 ～長期的非言語インタラクションによる競争感誘発の可能性～”, 教育システム情報学会（JSiSE）2023 年度 第 1 回研究会, 東京 (2023)

アダプティブラーニングのための深層学習を用いた最適ヒント予測
Optimal hint prediction using deep learning for adaptive learning

佐々木 極昇 [*1], 堤 瑛美子[*2], 植野 真臣[*1]
Michinori SASAKI [*1], Emiko TSUTSUMI [*2], Maomi UENO [*1]
[*1] 電気通信大学　情報理工学域
[*1] The University of Electro-Communications
[*2] 東京大学大学院　情報理工学系研究科
[*2]The University of Tokyo
Email: sasaki@ai.lab.uec.ac.jp, tsutsumi@mi.u-tokyo.ac.jp

あらまし: 近年, 教育分野において, 効果的な学習を実現するには, 課題に対する最適な「足場かけ」を行うことが重要性であることが知られている．最適な足場かけを行うために，項目反応理論(IRT)を用いたヒントごとの正答確率予測を基に最適なヒントを学習者に提示する足場がけシステムが開発されている．しかし，従来の IRT では学習者の能力値が学習過程で固定されており，多次元スキルにおける能力値変化や課題間の関係性を推定できない．そのため，ヒントごとの正答確率の予測精度が低下している可能性がある．そこで本研究では，深層学習を用いて，多次元の能力時系列変化を推定し，最適なヒント予測を行う新たなヒント予測モデルを提案する．評価実験では，提案手法により各学習者に必要なヒントの予測精度が向上したことを示す．

キーワード：学習科学，構成主義，足場かけ，認知的徒弟制，項目反応理論，深層学習

1　はじめに

近年，学校現場では知識注入主義からヴィゴツキーに代表される社会構成主義(1)(2)に行こうしつつある．ヴィゴツキーの「最近接発達領域」(ZPD; Zone of Proximal Development)の考え方に従えば，学習者が独力で解けない高次の問題解決でも，教師が適度に助言することにより，学習者の発達を促すことができる．このような手法を定式化したのが，Bruner, J. の「足場かけ」(Scaffolding)である(3).「足場かけ」は，学習者がひとりで解決できないような高次の課題解決を学習者の能力に応じて支援することである．

近年では，ソフトウェアによって足場かけ支援を試みるシステムの開発・研究が行われている．しかし，これまでに開発されてきた足場かけシステムでは，(1)学習者の発達の状態が定式化されておらず，(2)最適な足場かけのために必要な支援の量を予測できず，(3)学習者の能力の向上に合わせて最適な支援を与える戦略を設けていない，という問題があった．そこで植野ら(4)(5)は，足場がけシステムを実際の被験者に実施し，学習者が課題に誤答した際に，課題への正答確率が 0.5 になる支援（ヒント）を与える足場がけの学習効果が最も高いことを示した．

しかし，植野らのシステムでは，学習者の能力推定に従来の IRT 手法を用いているため，学習過程での能力の時系列変化を考慮できていない．また，IRT は課題の局所独立性を仮定しているため，課題間の関係性や多次元上での能力値を推定することができない．このため，従来の IRT では学習者の能力値を適切に推定することができず，ヒントを与えたときの課題に対する正答確率の予測精度が低下している可能性がある．

そこで本研究では，深層学習を用いて，多次元の能力時系列変化を推定し，最適なヒント予測を行う新たなヒント予測モデルを提案する．評価実験では，提案手法により各学習者に必要なヒントの予測精度が向上したことを示す．

2　提案手法

提案手法では，L次元の潜在スキルを仮定し，潜在スキルに対する各課題との関係を key memory M^{key} に，潜在スキルに対する時点tでの学習者iの能力を value memory $M_{(i,t)}^{value}$ にそれぞれ保存することで課題間の関係性を考慮しながら学習者の能力を多次元上で表現する(6).

提案手法の概要を図 1 に示す．提案手法では単純なニューラルネットワークで構成される Item network と Hint network を用いてヒントkを利用した時の課題jの困難度$\beta^{(j,k)}$を推定する．Item network では解答する課題番号q_jを入力として課題の困難度β_q^jを推定し，Hint network では解答する課題がもつヒント群$\boldsymbol{h}_{(j)} = \left\{h_{(j,0)}, \dots, h_{(j,k)}, \dots, h_{(j,s(j))}\right\}$を入力として，各ヒントの困難度の差分$\beta_h^{(j,k)}$を推定する．ここで，$k = 0$はヒント提示なしを，$k = s(j)$は課題$j$の全ヒントの提示をそれぞれ表す．課題の困難度$\beta_q^j$と各ヒントの困難度$\beta_h^{(j,k)}$を用いて，課題$j$でヒント$k$を利用した際の課題の困難度$\beta^{(j,k)}$を以下で算出する．

$$\beta^{(j,k)} = \beta_q^j - \beta_h^{(j,k)}$$

困難度$\beta^{(j,k)}$と時点tでの学習者iの能力値$\theta^{(i,t)}$を用いて，時点tで学習者iが課題jにヒントkで正答する確率$p_{(i,t)}^{(j,k)}$を以下で算出する．

$$p_{(i,t)}^{(j,k)} = sigmoid\left(\theta^{(i,t)} - \beta^{(j,k)}\right)$$

3　評価実験

3.1　実験内容

本章では，提案手法と既存手法(IRT, HMIRT(6))を

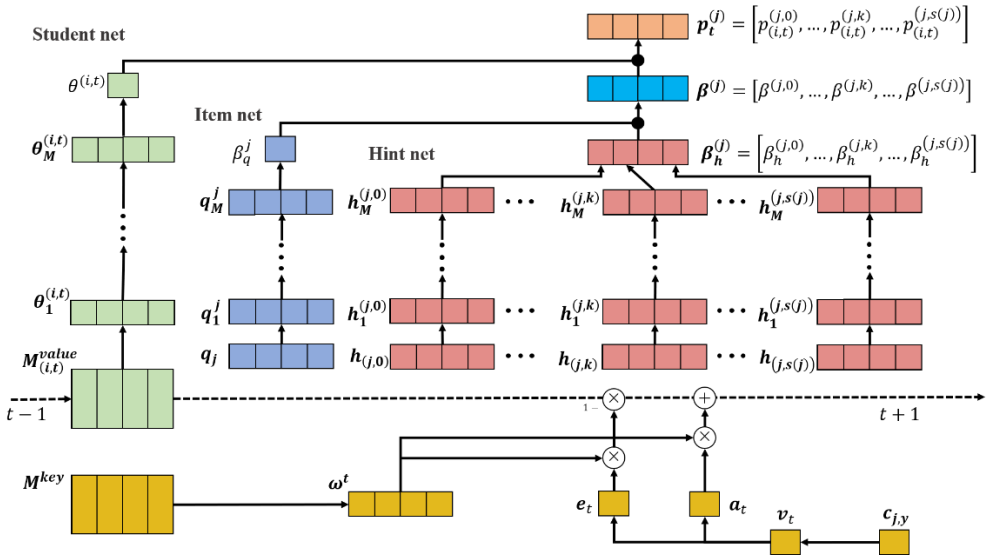


図 1 提案手法の概要

用いて，実データにおいて学習者が課題に正解するまでに利用したヒント数を予測し，精度比較を行う．具体的には，学習者が正答するまでに必要なヒント数を予測し，実際に利用したヒント数との一致割合(Accuracy)を評価する．さらに，予測利用ヒント数が実際の利用ヒント数よりも多い割合(extra)と少ない割合(missing)を求め，モデルがどの程度ヒント数を過大あるいは過少に推定するかを検証する．データセットは Programming(学習者数 ： 75，課題数 ： 18，欠損率 ： 1.2%)，物理(学習者数 ： 99，課題数 ： 29，欠損率 ： 51.5%)，離散数学(学習者数 ： 93，課題数 ： 63，欠損率 ： 24.3%)の 3 種類の反応データを使用した．上記のデータセットを 10 分割交差検証で訓練データ，検証データ，評価データに分割し，訓練データと検証データでモデルのパラメータを調整した後に評価データで予測精度を算出する．また，必要なヒント$\hat{k}$の算出には以下の式を使用する．ここで，$\hat{k} = s(j) + 1$とは課題jが持つ全てのヒントを使用しても誤答した場合を表す．

$$\hat{k} = \underset{k}{\mathbf{argmax}} \begin{cases} 1 - p_{(i,t)}^{(j,k)} \ (if\ k = s(j) + 1) \\ p_{(i,t)}^{(j,k)} \qquad\qquad (if\ k = 0) \\ p_{(i,t)}^{(j,k)} - p_{(i,t)}^{(j,k-1)} \quad (others.) \end{cases}$$

比較手法 IRT，HMIRTにおける各ヒントの予測正答確率$p_{(i,t)}^{(j,k)}$は(7)を参照して算出した．

3.2 実験結果

実験結果を表 1 に示す．結果より，提案手法は全てのデータセットにおいて他の手法よりも精度が高く，個別の学習者に必要なヒントを予測していることが示された．また，提案手法は他の手法と比べて，extra よりも missing の割合が高いことが示された．植野ら(4)は支援が過剰な場合と過小な場合とでは，過小の方が学習効果が高いとを報告している．以上より，提案手法を用いることにより必要なヒントの予測精度が向上し，既存手法と比べて効果的な足場がけを行うことが期待できる．

表 1 実験結果

		IRT	HMIRT	提案手法
Programming	Accuracy	0.7039	0.7357	**0.7372**
	Extra	0.0891	0.0287	0.0076
	Missing	0.2069	0.2357	0.2553
物理	Accuracy	0.4425	0.4615	**0.4760**
	Extra	0.2859	0.2676	0.2470
	Missing	0.2716	0.2708	0.2769
離散数学	Accuracy	0.5094	0.5911	**0.5946**
	Extra	0.1923	0.1520	0.1138
	Missing	0.2983	0.2916	0.2916

謝辞

本研究は科学研究費課題番号 22K19825，19H05663，JST CREST JPMJCR21D1 の助成を受けたものです．実験データの一部はエスエイティーティー株式会社から提供していただきました．感謝いたします．

参考文献

(1) Vygotsky, L.S. : “Thought and language”, Cambridge, MA: MIT Press (1962)
(2) Vygotsky, L.S. : “Mind in society”, Cambridge, MA: MIT Press (1978)
(3) Bruner, J.S. : “The role of dialogue in language acquisition”, The Child’ s Concept of Language, New York: Springer–Verlag (1978)
(4) Ueno, M. and Miyazawa, Y. : “Probability Based Scaffolding System with Fading”, Artificial Intelligence in Education – 17th International Conference, AIED, pp.237-246 (2015)
(5) Ueno, M. and Miyazawa, Y. : “IRT-based adaptive hints to scaffold learning in programming”, IEEE Transactions on Learning Technologies, Vol.14, No.8, pp.415-428 (2017)
(6) 堤瑛美子，郭亦鳴，植野真臣 ：“学習データの忘却を最適化する Hypernetwork を組み込んだ DeepIRT”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J106-D, No.2, pp.72-83 (2023)
(7) 堤瑛美子，宇都雅輝，植野真臣 ：“ダイナミックアセスメントのための隠れマルコフ IRT モデル”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J102-D, No.2, pp.79-92 (2019)

科目順序推定のためのボックス埋め込み表現の活用
Utilization of Box Embedding Representation for Subject Sequence Estimation

橋本 菜々子[*1]，越智 洋司[*2]
Nanako HASHIMOTO[*1], Youji OCHI[*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，近畿大学情報学研究所
[*2]Faculty of Informatics, Kindai University
[*2]Cyber Informatics Research Institute, Kindai University
Email: 2233340409v@kindai.ac.jp

あらまし：学生が未知の分野を学ぶ際に，基礎から発展と段階を踏んで学習することが知識習得の近道となる。しかし，初学者が学習順序を理解して適切に選択することは難しい．そこで本研究では，ボックス型の埋め込み表現を用いて科目順序を決定する手法について検討する．
キーワード：情報推薦，自然言語処理，順序性，Word2Box，シラバス

1. 背景

近年，機械学習や深層学習を用いたレコメンドシステムの開発がさかんに行われており，教育の分野でも科目推薦などに活用されている．また，より良い科目推薦を行うためには，学ぶ順序を考慮した推薦が必要不可欠であると考えた．本研究では学習順序という点に着目し，科目間の関係性と順序性をボックス埋め込み表現を用いて可視化する手法について検討する．

2. 本研究の位置付けと目的

先行研究でもさまざまな手法で科目推薦システムを提案している．竹森ら(1)は Doc2Vec を用いてシラバス文章を分散表現に変換し、ユーザーの好みとマッチする科目を推薦するシステムを実装した．また斉藤(2)は過去の学生の履修データとユーザの履修データをもとに協調フィルタリングによって科目を推薦するシステムを実装した．これらの研究では推薦科目をランキング形式で提案しており，学習順序を考慮した科目推薦がされていない．また，科目間の関連性について着目した益子ら(3)の研究では，科目を「点」で可視化し関連性を明らかにするシステムを実装した．しかし履修支援を行うにあたって，なぜそれらの科目間に関連性があるのか，根拠を明確にすることが必要であり，関連性のみならず順序性を考慮することも必要であると考えた．

そこで本研究では，Word2Box(4)を用いて科目間の関係性を「箱」で可視化することにより順序性を決定する手法について提案する．

3. 順序性の決定

シラバス文書から科目の順序を決定するアプローチを示す．3.1 節ではボックス埋め込み手法について，3.2 節は科目順序の決定手順について示す．

3.1 ボックス埋め込み手法

本研究では Word2Box を用いてボックス埋め込みを生成する．Word2Box とは，Word2Vec のアルゴリズムを活用して単語を「ボックス」で表現する学習方法である．ボックス表現では，体積が大きいほど単語の意味も大きくなるという性質をもつ．このモデルは単語に対する生成を行うため，科目をボックス表現するために，科目の中でも TF-IDF により上位 20 単語を特徴語として抽出し，それらの総称を「科目のボックス」とみなす（図 1）．

生成されたボックスは 128 次元と設定している．これは Word2Box の論文にてベクトルモデルと比較検証を行った際に設定されていた次元数であり，ベクトルモデルを上回る結果を得られたことから，本研究でも次元数を 128 次元とした．しかし，高次元データの重なりを人間が認識し，順序を決定することは難しい．そのため UMAP(5)を用いて次元圧縮を行い可視化する．UMAP は高次元データの局所的な構造を保持しながら次元を圧縮することが可能なため，科目内の情報を保持することができると考えた．

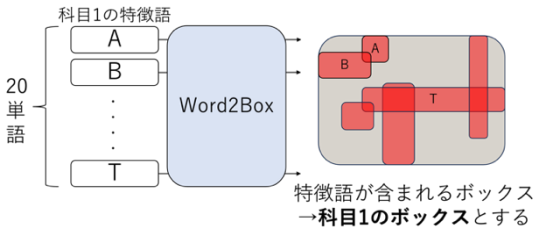


図 1 科目のボックスの定義

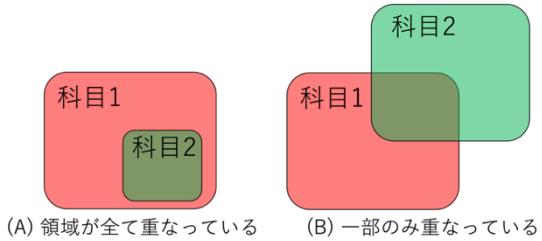


図 2 順序性の決定

3.2 可視化による科目順序の決定手順

科目順序はボックスの大きさと科目間重なりで決定する．図 2 の例を示す．(A)のように全て収まっている場合のみ順序が決定可能で，科目 1→科目 2 となる．(B)の場合には，2 つの科目間には関連性はあるものの順序性を決定づけるのは難しいため，科目内の単語にも着目する必要がある．

4. 実験

本実験では，近畿大学理工学部情報学科および電気電子工学科のシラバスを学習データとして用いている．本研究で活用したボックス埋め込み表現が科目順序の決定に対して有効であるかを検証する．図 3 に 4 科目を可視化し，科目ボックスの大きさ比較を表 1 に示す．その結果，順序性が明示的な科目である，「微分積分学 I」「微分積分学 II」，「線形代数学 I」「線形代数学 II」において応用科目が基礎科目内に含まれており，順序を反映した結果となっている．一方，順序性が明示的でない科目については，「コンピュータ概論」と「ネットワーク工学」では，順序を反映しているが，「プログラミング実習 1」と「エネルギー変換工学」では，重なりが生じている．

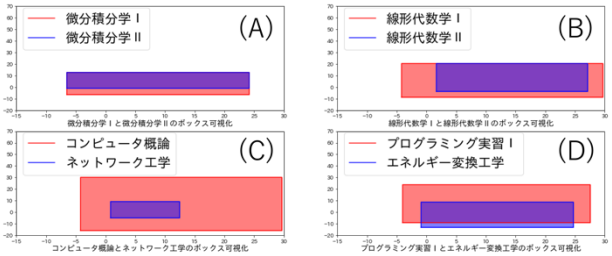


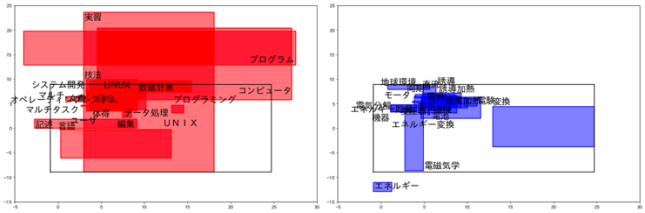
図 3 科目ボックスの可視化例

表 1 ボックスの大きさ比較

科目名	領域
微分積分学 I	585
微分積分学 II	424
線形代数学 II	985
線形代数学 II	616
コンピュータ概論	1568
ネットワーク工学	163
プログラミング実習 I	1026
エネルギー変換工学	558

5. 考察

図 3(A)(B)(C)の結果から，Word2Box によるボックス埋め込みおよび UMAP による可視化手法は，科目順序を決定するための手法として有用であることが示唆された．しかし，図 3 の(D)のように，科目の分野が異なる場合でも，ある程度の重なりがあったことから，科目内の特徴語単位での可視化を行い、その原因を考察した。図 4 では，特徴語単位で可視化し，2 つの科目が重なり合っている領域を黒で囲んでいる．2 つの科目の分野が異なっているにもかかわらず，(B)エネルギー変換工学が，(A)プログラミング実習 I の領域にほとんど含まれてしまうという結果となった．本可視化では，これらの特徴語の領域を 2 次元に写像しているため，異なるはずの領域が重なって可視化されている可能性がある．



(A) プログラミング実習I　(B) エネルギー変換工学

図 4 科目内の単語可視化

6. まとめと今後の課題

本研究では，科目推薦に順序性を考慮した手法について，Word2Box を用いてボックス埋め込みを生成し，UMAP によって次元圧縮を行うことを提案した．その結果，これらの手法は順序性について妥当性があることが示唆された．

一方，順序性がない科目についても，領域の重なりを示す結果となった．そこで科目の領域を可視化する際に，一様なボックス表現ではなく，科目内での特徴語の分布を反映させたり，ボックス表現を 2 次元ではなく 3 次元に拡張するといった新たな可視化手法について検討することが今後の課題となる．

また，科目の順序性をもとにした学習支援についても検討する．例えば，科目領域の重なりの関係とシラバスの情報を連携させ，科目の順序性から学習内容の順序性を可視化し，学生自身が知識構造を把握して，適切な学習プランを立てられるような学習支援システムの開発について検討する．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 22K12304 の助成を受けた．

参考文献

(1) 竹森汰智，亀井清華:“履修支援のための Doc2Vec を用いた科目推薦システム”，情報処理学会誌，Vol.12, No.4, pp.9-14 （2018）
(2) 斉藤正武:“大学生の履修科目登録のためのリコメンドシステムの開発および有効性の検証”，日本情報経営学会第 81 回全国大会, pp.61-64 （2021）
(3) 益子英俊，牧野光則: “科目間の連携を考慮したカリキュラムの可視化”，電気情報通信学会，第 19 回データ工学ワークショップ（2008）
(4) Shib Sankar Dasgupa et al.: “Word2Box: Capturing Set-Theoretic Semantics of Words using Box Embeddings”, Proceedings of the 60th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Vol1, pp2263-2276（2022）
(5) Leland McInnes, John Healy. James Melville: “UMAP: Uniform Manifold Approximation and Projection for Dimension Reduction”, arXiv: 1802.03426 （2018）

資質・能力の育成状況可視化システムにおける 教職課程で身に付ける資質・能力の同定機能の開発

Development of a Function to Identity of Competencies Fostering at Teacher Training Course in the Competence Fostering Status Visualization System

萩原 浩平[*1], 丸山 浩平[*1], 森本 康彦[*1]
Kohei HAGIWARA[*1], Kohei MARUYAMA[*1], Yasuhiko MORIMOTO[*1]
[*1] 東京学芸大学
[*1]Tokyo Gakugei University
Email: m228123w@st.u-gakugei.ac.jp

あらまし：教職に必要な素養等の教職課程で身に付ける資質・能力の育成のために，学生の考えや思いなどが外化された学びの振り返りの記述を用いてその育成状況を継続的に把握することが期待される．しかし，学びの振り返りの記述からその育成状況を把握することは容易ではない．そこで，本稿では，筆者らがこれまでに開発した，学びの振り返りのテキストデータを用いた資質・能力の育成状況可視化システムにおける，教職課程で身に付ける資質・能力の同定機能の開発について述べる．
キーワード：学びの振り返り，テキストデータ，資質・能力，教師あり学習，形態素解析，教職課程

1. はじめに

教職課程においては，学生が在学期間を通じて，教職に必要な素養（使命感，責任感等），学習指導や生徒指導などの教員に共通的に求められる資質・能力を身に付けることが求められている(1)．学生にどのような力が身に付いてきているかといった資質・能力の育成状況を見取る方法の１つに，継続的な学習を記録した e ポートフォリオ（学習データ）としての学びの振り返りの記述の活用がある(2)．この記述には学習者の考えや思い等を外化した記述が含まれるため，何らかの資質・能力の育成に関係する様子が表れると考えられ，資質・能力の育成状況の継続的な把握に活かすことができると考えられる．

資質・能力の育成状況の把握の支援のために，筆者らはこれまでに，学習者の学びの振り返りのテキストデータ（以下，テキストデータ）から，教師あり学習と形態素解析を用いた資質・能力の育成に関する記述の抽出方法を開発し(3)，この方法に基づく資質・能力の育成状況可視化システムを開発した(4)．

ここで，資質・能力の育成状況可視化システムにおいて，テキストデータから教職課程で身に付ける資質・能力を同定することができれば，教職課程をとおした学生自身の資質・能力の育成状況の把握を容易にでき，それを踏まえて教員養成に関する諸活動へ取組むことができるようになると考えられる．

そこで，本研究では，教職課程で身に付ける資質・能力の育成状況の把握の支援を目的とする．具体的には，教職課程で身に付ける資質・能力に関するキーワードを定めたユーザー辞書を作成し，筆者らが開発した資質・能力の育成状況可視化システム上に，教職課程で身に付ける資質・能力を同定する機能を開発することで，育成状況の把握の支援を目指す．

2. 教職課程で身に付ける資質・能力の同定機能の設計

2.1 資質・能力の育成状況可視化システム

資質・能力の育成状況可視化システムは，次の機能を持つ Web アプリケーションとして開発された(4)．

機能１：資質・能力の育成に関する記述抽出機能
教師あり学習モデルとユーザー辞書を用いた形態素解析により，資質・能力の育成に関する記述を抽出する．まず，登録されたテキストデータ１文１文を教師あり学習モデルで分類し，資質・能力の育成に関係がある記述のみを選び出す．次に，選び出された記述を，見取りたい資質・能力に関するキーワードを定めたユーザー辞書を用いた形態素解析し，どの資質・能力の育成に関する記述かを判断する．また，その抽出数を蓄積する．

機能２：資質・能力の育成状況可視化機能
蓄積された，それぞれの資質・能力の育成に関する記述の抽出数に基づき，どの資質・能力が「どのように身に付いてきたか」を抽出数の累積数を折れ線グラフで，「どれくらい身に付いているか」を抽出数の総数を棒グラフで可視化する．

本システムでは，**機能１**において見取りたい資質・能力に関するキーワードを定めたユーザー辞書を作成することでその資質・能力の育成に関する記述を同定でき，**機能２**でその育成状況を可視化できる．つまり，教職課程で身に付ける資質・能力を同定するには教職課程で身に付ける資質・能力に関するキーワードを定めたユーザー辞書の作成が必要となる．

2.2 教職課程で身に付ける資質・能力

大学における教職課程で身に付ける資質・能力として，東京学芸大学では「教職観」，「教科基礎力」，「学習指導力」，「子ども理解力」と「生活指導力」の５つの力を挙げている．具体的には，これらの資質・能力を５つの観点から細分化した全 25 項目からなるチェックリストにより，教職４年間を通じて，学生自身が資質・能力の到達点と課題を確認し，それらの資質・能力を身に付けるとともに，今後の課題克服の方途を明確にしていくこととしている．

そこで，本研究では，教職課程で身に付ける資質・能力として上記の５つの資質・能力のうち，講義・演習等の教職に関する科目において育成されると考えられる「教職観」と「学習指導力」の２つの資質・

表１　教職課程で身に付ける資質・能力と定めたキーワード

教職課程で身に付ける資質・能力		説明	定めたキーワード
教職観	教員としての使命・責任	社会が求める教師像を踏まえて，教員としての使命感・責任感を意識することができる	なりたい，ありたい，絶えず，学習者主体，児童主体，生徒主体，支える，向上心，続けて，続ける，念頭，心掛け，心がけ，目指す，目指したい，仕事，伝えて，教師として
	他者との協力	職務遂行や課題解決にあたって，他者と協力することができる	コミュニケーション，協働，協力，意見交換，仲間，議論，話し合い，討論，チーム，グループ，尊重
学習指導力	学習指導案	教材研究に基づいて授業を構想し，子供の反応を想定した学習指導案を作成することができる	作成，設計，つまずき，織り込む，計画，授業構成，想定
	授業運営の方法	板書や発問，的確な話し方など授業を行う上での基本的な表現の技術を身に付けている	指示，フィードバック，問いかけ，声かけ，声掛け，声を掛け，投げかけ，足場架け，足場かけ，教え方，発問，ヒント
	学習状況の把握と活用	子どもの学習状況を把握し，子どもの反応を生かして授業を展開することができる	学習状況，生徒の状況，進捗状況，反応，理解度，寄り添って，寄り添い，必要に応じ
	授業の分析・評価	子どもの学習状況等から，授業を振り返って課題を発見したり，それを改善したりすることができる	改善，反省，見直し，考え直す

能力に着目する．具体的には，２つの資質・能力に対応するチェックリストの項目に基づきキーワードを定めてユーザー辞書を作成することで，教職課程で身に付ける資質・能力の同定機能の開発を目指す．

3.　教職課程で身に付ける資質・能力の同定機能の開発

3.1 資質・能力の同定のためのユーザー辞書の作成

教職課程で身に付ける資質・能力ごとのユーザー辞書の作成にあたり，筆者らで議論し「教職観」と「学習指導力」の２つの資質・能力とチェックリストの項目に基づき，６つの具体的な資質・能力を定め，それぞれに応じたキーワードを定めた（**表１**）．その後，MeCab（2006）の辞書への単語追加のためのエントリのフォーマットを参考に[4]，**表１**のキーワードの名称を【表層形】に，名称のカナ読みを【原型】，【読み】，【発音】に指定し，【品詞】は「名詞」，【品詞細分類１】は「一般」を指定した．【コスト】はすべて「10」とした．

作成したユーザー辞書を用いて**機能１**による教師あり学習で選び出された記述の形態素解析を行うことで，講義・演習等の教職に関する科目で育成されると考えられる教職課程で身に付ける資質・能力を同定でき育成状況の把握を支援できると期待される．

3.2 開発した機能を実装したシステムの利用の流れ

上記の同定機能を有する資質・能力の育成状況可視化システムの利用の流れは以下のとおりである．

手順① 学生は，教職に関する科目の講義後などにシステム上で，学びの振り返りを記述し登録する．

手順② システムは，教師あり学習モデルを用いて，学生が登録した振り返りの記述から資質・能力の育成に関係がある記述のみを選び出す．そして，開発した教職課程で身に付ける資質・能力の同定機能により，その記述がどの資質・能力に当てはまるかを同定し，その同定した結果を蓄積する．

手順③ システムは，同定した結果から，資質・能力の育成状況をダッシュボードに可視化する（**図１**）．

手順④ 学生は，登録完了画面で，教職課程で身に付ける資質・能力の育成に関する記述が見られたかを知り，ダッシュボードを確認して，資質・能力の習得に向けて次の学びに繋げていく．

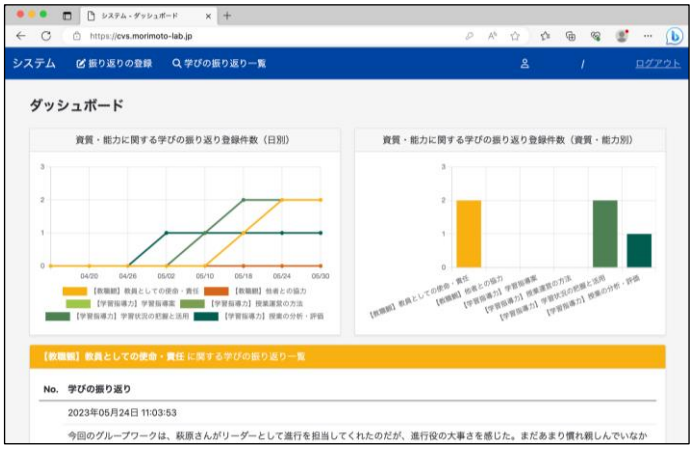


図１　資質・能力の育成状況可視化画面（例）

4.　おわりに

本稿では，筆者らが開発した資質・能力の育成状況可視化システムにおける，教職課程で身に付ける資質・能力の同定機能の開発について述べた．

今後，本システムを用いた実践を行い，その有用性を検証していく．

謝辞

本研究では，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』を担う教師の養成・採用・研修等の在り方について～「新たな教師の学びの姿」の実現と、多様な専門性を有する質の高い教職員集団の形成～（答申）”，https://www.mext.go.jp/content/20221219-mxt_kyoikujinzai01-1412985_00004-1.pdf（参照日 2023.6.7）（2023）

(2) 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，教育とコンピュータ，Vol.8，No.1，pp.1-10（2022）

(3) 萩原浩平，丸山浩平，森本康彦：“学びの振り返りのテキストデータから学習者の資質・能力の育成に関する記述を抽出する方法”，日本教育工学会報告集，2022 巻，4 号，pp.197-202（2022）

(4) Hagiwara, K., Maruyama, K. and Morimoto, Y.:" DEVELOPMENT OF A SYSTEM TO SUPPORT GRAS PING FOSTERING STATUS OF STUDENTS' QUA LITIES AND ABILITIES FROM TEXT DATA OF R EFLECTIONS ON LEARNING", INTED2023 Proceedings, pp.7713-7722（2023）

(5) MeCab: "Yet Another Part-of-Speech and Morphological Analyzer", https://taku910.github.io/mecab/（参照日 2023.6.7）（2006）

BERT を用いたアニメーション字幕における談話境界推定

Discourse Segmentation of Animation Closed Caption Using BERT

大河原 龍太朗[*1]，望月 源[*2]
Ryutaro OKAWARA[*1], Hajime MOCHIZUKI[*2]
[*1] 東京外国語大学大学院総合国際学研究科
[*1] Graduate School of Global Studies, Tokyo University of Foreign Studies
[*2] 東京外国語大学大学院総合国際学研究院
[*2] Institute of Global Studies, Tokyo University of Foreign Studies
Email: {okawara.ryutaro.s0, motizuki}@tufs.ac.jp

あらまし：本研究では，日本語 Can-do 学習に対応した会話例文をアニメーション字幕から自動的に抽出するシステムの構築を目指し，自然言語処理モデルである BERT を用いたアニメーション字幕における談話境界推定の手法を検討した．BERT をアニメーション字幕データセットでファインチューニングし，アニメーション内の談話境界を推定するモデルを複数作成，その性能を比較したところ，二連続の発話の間における談話境界の有無を推定するモデルが，最も高い性能を示した．
キーワード：談話境界推定，Can-do，教材開発，日本語学習，アニメーション

1. はじめに

近年，Can-do 型日本語学習が広まる中で，その学習スタイルに対応した教材の拡充が課題となっている．Can-do 型学習では，学習する項目に対応した会話例・例文などの教材が欠かせないが，教科書の例だけでは十分ではない．そこで，Can-do 型学習に有効な会話例（以下，Can-do 会話）の拡充をめざし，大河原・望月[(1)] は大規模日本語アニメーション字幕コーパスからの Can-do 会話の抽出を試み，人手による会話境界の推定，会話部分の抽出および Can-do 会話の選定を行った．この研究を通じ，アニメーション字幕が優れた Can-do 会話資源であることを示すとともに，字幕内の各会話に対し Can-do 会話としての適否や Can-do レベルをタグ付けした「Can-do タグ付与済みコーパス[(1)]」を作成した．

一方，手作業による拡充には限界があり，自動的に Can-do 会話を抽出するシステム（以下，抽出システム）の構築が望まれる．テキスト全体から会話部分を抽出する問題は，自然言語処理分野における談話境界推定や段落境界推定[(2)(3)(4)]と考えられる．本研究では，抽出システムの構築をめざし，アニメーション字幕における談話境界推定の手法を検討する．推定には，自然言語処理モデルである BERT[(5)]を利用する．BERT は，教師データを用いた学習（ファインチューニング）を行うことで文章分類などの様々なタスクに応用可能な事前学習モデルである．本研究では，BERT を用いた談話境界推定の手法を検討するとともに，「Can-do タグ付与済みコーパス」を教師データとして BERT をファインチューニングし，アニメーション字幕における談話境界推定を行うモデルを作成，その性能を評価する．

2. 談話境界推定モデルの作成

2.1 利用するデータセットと前処理

BERT のファインチューニングの際に教師データとして利用する「Can-do タグ付与済みコーパス」は，東京外国語大学計算言語学研究室で収集整備している「日本語テレビ字幕コーパス」[(6)]の中の日本語アニメーション字幕 35,261 文から，同大学留学生日本語教育センターの AJ Can-do リスト[(7)]を用いて一連の Can-do 会話とみなすことができる 1,600 セグメント（20,097 文）を人手で抽出したデータセットである．また，国内外で人気の高い日本語アニメーション作品群から 12 作品が無作為に選出されている[(1)]．

このデータから談話境界を学習するために，各文に付された会話の通し番号の切り替わりを手掛かりに，談話開始文となる発話に 1 のラベルを，それ以外の発話に 0 のラベルを新たに付与する．以下の図 1 に例を示す．

図 1：データセットの一部

文番号	通し番号	談話開始ラベル	発話
157	3	0	百目鬼氏 お願いします.
158	3	0	えっ まぁ… 探してみます.
159※	**4**	**1**	**お疲れさまでーす.**
160	4	0	お〜 スゴイスゴーイ!

※談話始点
出典：映像研には手を出すな！第 7 話より

2.2 談話境界推定の手法とモデルの作成

本研究では，談話境界推定を以下の 2 種類のタスクと考え，抽出システムを構築する．

タスクⅠ．ある発話が談話の開始文であるか否かを判定するタスク

タスクⅡ．連続する 2 つの発話の間に談話境界が含まれるか否かを判定するタスク

タスクⅠでは，各文について，談話の開始文，非開始文の二値分類を行う．図 1 の例では，文 159 が開始文，その他の文は非開始文である．本研究では，BertForSequenceClassification（SC1 モデル）をタスク

Ⅰに対応するモデルとして用いる．

タスクⅡでは，隣接する 2 文が連続するか否かを直接推定する BertForNextSentencePrediction（NSP モデル）と，2 文が連続関係にあるか非連続関係にあるかを分類する BertForSequenceClassification（SC2 モデル）を用いる．図 1 の例では，文 158 と文 159 のペアが入力として与えられると，その間に談話境界が存在すると判定する．

2.3 不均衡データの処理

本データセットに含まれる談話境界の総数（1,671 件）は，データセット内の発話の全数（18,426 件）に比べ大幅に少ない．本研究では，このような不均衡データへの対応として，多数派のラベルを少数派のラベルと同数になるようサンプリングし，モデルを作成する. また, サンプリングの効果を示すため, サンプリングされていないデータセットを用いて作成したモデルの性能も評価する．

3. モデルの評価と考察

計 6 個の談話境界推定モデルを作成した．各モデルの性能を以下の表 1 に示す．

表 1 ：モデルの各評価値

注：*のモデルはデータセットのサンプリングなし

		Precision	Recall	F1-Score
タスクⅠ				
SC1	train	0.7368	0.7120	0.7341
	test	0.6522	0.6184	0.6349
SC1*	train	0.0010	1.0000	0.0020
	test	0.0303	0.3632	0.0559
タスクⅡ				
NSP	train	0.7735	0.7845	0.7767
	test	0.6432	0.6363	0.6397
NSP*	train	0.0985	0.2388	0.0404
	test	0.0643	0.3321	0.1078
SC2	**train**	**0.8044**	**0.7941**	**0.8031**
	test	**0.7010**	**0.6389**	**0.6685**
SC2*	train	0.0472	0.8596	0.0901
	test	0.0122	0.2134	0.0231

評価の結果，SC2 モデルが最も高い性能を示した．まず，NSP モデルと SC2 モデルの比較から，隣接する 2 文の連続から談話境界の有無を推定するとき，BertForSequenceClassification を用いたモデルがより効果的であることが示唆された．また SC1 モデルと SC2 モデルの比較から，談話境界を推定する際，各文の談話開始文としての適否ではなく，隣接する 2 文の関係に着目することで，より効果的な推定を行えることがわかった．

また，不均衡データをサンプリングせずに学習したモデルは，すべての評価値で低値を示しており，モデルの学習における不均衡データの影響が顕在化した．一方，サンプリングを行うことで，データセットのサイズは大きく減少した（20,097→3,342）．より高精度なモデル作成のためには，少数派のラベルを含む教師データのさらなる拡張が望まれる．

4. おわりに

本研究では, アニメーション字幕内の Can-do 会話の自動抽出を目指し，BERT を利用したアニメーション字幕における談話境界推定モデルを作成した．モデルの性能評価の結果，BertForSequence-Classification を用いた，連続する二発話間における談話境界の有無を推定するモデル（SC2 モデル）の有効性が示された. ただし, 性能は precision 約 70.1%, recall 約 63.9%, F1-Score 約 66.9%であり，さらなる向上が望まれる．

また, アニメーション内の談話は時に複雑であり, 字幕の情報のみから談話境界を正確に決定することが困難な場合がある．アニメーション字幕における談話境界推定の精度を向上させるには，アニメーションのシーン変化の映像情報や，セリフの時間的間隔などを，談話境界を示す情報として利用することも検討する必要がある．

今後の研究の展望として，本研究のモデルを利用して発見された談話セグメントを会話として抽出するとともに, 抽出された会話の Can-do 会話としての適否およびその Can-do レベルを推定するシステムの構築が考えられる．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP19H04224, JP20H00096 の助成を受けたものです.

参考文献

(1) 大河原龍太朗，望月源: “Can-do 型日本語学習用資源としてのアニメーション字幕の分析”，言語処理学会, 第 28 回年次大会発表論文集, pp1690 - 1694 (2022)
(2) Glavaš, G. and Somasundaran, S.: “Two-Level Transformer and Auxiliary Coherence Modeling for Improved Text Segmentation”, arXiv:2001.00891 [cs.CL] (2020)
(3) 飯倉陸，岡田真，森直樹: “Focal Loss を利用した BERT による小説の段落境界推定”，人工知能学会全国大会論文集, JSAI2020 (2020)
(4) Zhang, L. and Zhou, Q.: "Topic Segmentation for Dialogue Stream," 2019 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC), Lanzhou, China, 2019, pp. 1036-1043, doi: 10.1109/APSIPAASC47483.2019.9023126.
(5) Devlin, J., Chang, M., Lee, K. and Toutanova, K.: “BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding”, CoRR, Vol. abs/1810.04805 (2018)
(6) Mochizuki, H. and Shibano, K.: Building Very Large Corpus Containing Useful Rich Materials for Language Learning from Closed Caption TV, World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, Volume 2014, No. 1, pp. 1381-1389, Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 10. 2014
(7) 東京外国語大学留学生日本語教育センター, JLPTUFS アカデミック日本語 Can-do リスト（AJ Can-do リスト）

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－

Blended Learning: Transition from a 3-Step to a 2-Step Learning Process
- Reforming Chinese Language Education at Tohoku University for DX -

趙　秀敏[*1], 大河　雄一[*1], 三石　大[*1], 上野　稔弘[*1], 王　軒[*1], 桂　雯[*1], 姚　尭[*1], 張　小栄[*1]
Xiumin ZHAO[*1], Yuichi OHKAWA[*1], Takashi MITSUISHI[*1], Toshihiro UENO[*1], Xuan WANG[*1], Wen GUI[*1], Yao YAO[*1], Xiaorong ZHANG[*1]
[*1] 東北大学
[*1]Tohoku University
Email: xiumin.zhao.e2@tohoku.ac.jp

あらまし：本稿では，DX（Digital Transformation）に向けた東北大学初修中国語教育の改革の取り組みとして，我々がこれまで提案，実践してきたブレンディッドラーニング（以下 BL）における，コロナ前の 3 段階学習プロセスから，ポストコロナの 2 段階学習プロセスへの転換，特に 2 段階学習プロセスモデルの提案及びそれに伴う BL の教材開発について報告する．
キーワード：初修中国語教育，ブレンディッドラーニング，インストラクショナルデザイン，教材開発

1.　はじめに

本稿では，DX に向けた東北大学初修中国語教育の改革の取り組みとして，我々が提案，実践してきた BL における，コロナ前の 3 段階学習プロセスから，ポストコロナの 2 段階学習プロセスへの転換，特に 2 段階学習プロセスモデルの提案及びそれに伴う BL の教材開発について報告する．

我々は，大学初修中国語教育において，効果的な教育を実現するために，インストラクショナルデザイン理論及び Microlearning の設計理念に基づき，対面授業による新しい学習，授業後スマホアプリによる復習，及び次回授業でのテスト・発展学習からなる 3 段階学習プロセスモデルによる BL を提案してきた．実証実験の結果，学習意欲の向上，自習の促進，学習効果の向上などの効果が確認された(1)．

一方，2020 年からのコロナ禍を機に，授業のオンライン化が必須となったことで，これまでの 3 段階学習プロセスモデルによる BL は全面的な見直しを迫られ，我々はオンライン授業を取り入れた新たな BL に取り組み始めることとなった．感染状況が厳しかった時期では，試行的に作成したオンデマンド授業動画とリアルタイム授業を組み合わせた BL を実施したが，感染状況が落ち着いた時期では，ポストコロナの教育 DX を見据えて，新たにオンライン授業と対面授業を組み合わせた 2 段階学習プロセスモデルによる BL を設計し試行した．その結果，2 段階学習プロセスの BL は，従来の 3 段階学習プロセスの BL と同様かより高い学習習得度が得られ，学習者にも評価されていることが確認された．

こうした結果を踏まえ，我々は，今後実践する BL を 3 段階から 2 段階学習プロセスへと転換するとともに，さらに DX に向けた東北大学の初修中国語教育の改革として，これまで 1 年次の一部の授業で限定的に実践していた BL を，2023 年度から 1 年次のすべての授業を対象に展開することになった．具体的には，本学の初修中国語クラス全体でオンラインと対面を組み合わせた週 2 回 BL 授業を導入することにより，これまでの週 2 回対面，担当教員２名，各々異なる教科書から，担当教員 1 名，週 2 回対応 BL 用統一教科書と関連教材へと移行する．そのため 2022 年度は，2 段階学習プロセス BL の開発準備段階として，BL 用各種教材と教授資料の開発，複数の学習管理システム，BL 運営体制の構築などを行った．

本稿では，特に 2 段階学習プロセスモデルの提案及び BL 用各種教材の開発について報告する．

2.　2 段階学習プロセスモデルの提案

我々が提案する 2 段階学習プロセス（図 1）は，以下のように設計されている．

図 1　2 段階学習プロセスの BL

段階 1：オンライン授業は，従来の第 1 段階と第 2 段階を統合し，発展させた 2 つのサブフェーズから構成される．まず，オンデマンド授業動画を用いて，発音，語彙，文法，会話の学習を行い，効果的なインプットを図る．次に，AI 活用のスマホアプリを用いて，授業と連携した豊富で多様な練習を行い，効率的な知識定着を図る．

段階 2：対面授業では，段階 1 におけるインプット学習と定着練習に対して，ここではアクティブラーニングを実施し，学習事項に関する 4 技能練習や発表，言語の実践応用，確認テストとフィードバックなどを行い，豊かなアウトプットを図る．

このうち, 特に段階 1 では, 従来の対面授業から，時間，空間，人数に制約されず，学習者自身のペースで反復受講でき，学習に取り組みやすいオンデマンド授業動画配信並びに AI 活用のアプリ定着練習へと根本的な転換を図った．こうした段階 1 を段階 2 の対面授業と組み合わせることにより，効果的効率的な学習の実現を図るとともに，さらに同一科目のすべてのクラスにおける授業内容と学習評価の統一・標準化，教育の質保証が可能となり，DX に向けた初修中国語改革の推進が期待できる．

3.　本 BL の教材開発

本 BL においては，様々な教材を開発したが，ここでは，オンデマンド授業動画，スマホアプリ，教科書の開発について述べる．

3.1 オンデマンド授業動画

今回は，初修中国語通年授業の動画教材として，発音編 13 本，本課編 64 本，計 77 本の動画を開発した．各動画は，Microlearning の設計理念に基づき，気軽に短時間で集中して学習できるよう概ね 5〜10 分間ほどとした．また，ARCS 動機づけ設計モデルに基づき，楽しく学習し，学習意欲が持続できるよう様々な動機づけ方略も取り入れている．

発音編では，ネイティブの正面顔と側面顔の発音動画で口の動き方をわかりやすく提示し，また講師による丁寧な説明や楽しいイラストを用いた豊富な練習も提供し，これにより学習者一人でも，難しい中国語発音の学習や単調になりがちな練習を，恥ずかしがらずに繰り返し行うことが期待できる．

本課編では，教科書に対応して各課ごとに語彙動画 1 つ，会話動画 3 つ，計 4 つの動画を提供し，話題の導入から，単語と文法の学習，スキット会話の視聴，会話の Q&A と音読まで，一歩ずつ積み重ねる取り組み易い学習構成となっている．

さらに，こうした動画は東北大学の学習管理システム ISTU/DC と連携した動画配信プラットフォーム Panopto にアップロードし，これにより，学習者の動画視聴状況の管理，及びこれを踏まえたオンデマンド授業動画受講の出席管理，学習者へのフィードバックが可能になり，授業動画配信による新しい学習の効果的な実施が期待できる．

3.2 スマホアプリ

通常の対面授業に対し，オンデマンド授業動画の視聴だけでは，練習不足となりがちなため，これまでの授業後復習用としてのアプリ練習を，オンデマンド学習の定着練習へと位置づけを変換，具体的には，従来の復習用アプリをリニューアルし，練習項目の問題数を 3 割以上大幅に増やすとともに，単語のピンイン練習と文法練習を新たに追加した．

また，オンデマンド学習では，対話者不在で，発音・発話の確認と訂正，受け答えなどの会話練習が実施困難であるため，リニューアルアプリにおいては，AI の音声認識を活用し，発音・発話を判定する単語練習と会話練習を開発実装した．これにより，学習者が自身の弱点を認識・克服し，正しい発音と会話を身につけることが期待される．

以上，本アプリでは，オンデマンド授業動画で学習した発音，単語，文法，会話を豊富で多様な練習を通して定着させ，またいつでもどこでも繰り返して練習することができ，効率的な知識の定着が期待できる．なお，本アプリの内容構成や練習設計については，すでに報告しており(2)，またアプリの仕様と開発についても別稿を予定している．

3.3 教科書

今回，前著『KOTOTOMO』の増訂版として，BL 用教科書『KOTOTOMO プラス』を開発した．前著は週 1 回授業用で 12 課構成であったが, オンラインと対面による週 2 回 BL 授業を導入することで，週 2 回対応，BL 用統一教科書へと改訂した．具体的には新たに 4 課を設計追加して 16 課構成としたが，追加 4 課では，買い物，文化，科学技術，地球環境という 4 つのホットな話題を取り上げ，関連語彙や会話を学習するとともに，前著で扱うことができなかった「補語，存現文，処置文，受身文」などの重要文法事項も取り上げており，これらにより中国語基礎の確実な習得と高い学習到達度を図っている(3).

4.　まとめ

本稿では，DX に向けた東北大学初修中国語教育の改革の取り組みとして，我々がこれまで提案，実践してきた BL における，コロナ前 3 段階学習プロセスから，ポストコロナ 2 段階学習プロセスへの転換，特に 2 段階学習プロセスモデルの提案及びそれに伴う BL の教材開発について報告した．今後は，開発した教材を用い, 2 段階学習プロセス BL の実証実験を実施し, 有効性評価と改善を行う予定である．

謝辞

本研究は, 科研費 19K00875, 19H04223, 20K03119 の助成を受けたものである．

参考文献

(1) 趙秀敏, 冨田昇, 今野文子, 大河雄一, 三石大: “大学初修中国語ブレンディッドラーニングのためのスマートフォン利用復習教材「KoToToMo」の開発と実践”, 教育システム情報学会誌, Vol. 36, No. 2, pp.131-142 (2019)

(2) 桂雯, 趙秀敏, 大河雄一, 三石大, 王軒: “初修中国語ブレンディッドラーニングのためのアプリのリニューアル”, 東北大学高度教養教育・学生支援機構紀要 第 9 号, pp. 141-148（2023）

(3) 王軒, 趙秀敏, 上野稔弘, 桂雯, 大河雄一, 三石大:“初修中国語ブレンディッドラーニングための教科書の改訂 :『KOTOTOMO プラス（増課）』の設計”, 東北大学高度教養教育・学生支援機構紀要 第 9 号, pp. 35-42（2023）

日本語能力試験・聴解の発話速度分析と発話速度評価サービスの開発

Analysis of Speech Rate in JLPT Listening and Development of Speech Rate Evaluation Service

吉村 有弘[*1], 幡手 千華[*2], 浅井 紀久夫[*1]
Arihiro YOSHIMURA[*1], Chika HATADE[*2], Kikuo ASAI[*1]
[*1] 放送大学
[*1]The Open University of Japan
[*2] 福岡女子大学大学院修了
[*2]Graduate School, Fukuoka Women's University
Email: 2220049087@campus.ouj.ac.jp

あらまし：日本語の話速評価の基準とするために，日本語能力試験（JLPT）N1～N5 の「認定の目安」で定性的に記載されている話速を定量化した．その結果，「認定の目安」に記載されているように，話速にレベル差が設けられていることを確認した．導出した JLPT 課題理解の平均話速をもとに，ノートパソコンで話速のレベル判定を行う話速評価サービスを開発した．今後評価・改良を行っていく予定である．
キーワード：発話速度，話速，日本語能力試験，JLPT，発話練習

1. はじめに

1.1 先行研究

杉山ら(1)は，就職面接の自己 PR 力向上を目的として，話すスピードを定量化するサービスを開発した．聞き手によい印象を与える発話速度（以下，話速）を 340～440 字/秒（約 5.67～約 7.33 字/秒）と設定し，大学 3 年生 14 名が自己 PR をする話速を測定した(1)．このような話速評価サービスは，母語話者だけではなく，非母語話者日本語学習者への指導でも活用できると考えられる．

1.2 JLPT「認定の目安」の話速

日本語能力試験（以下，JLPT）は非母語話者の日本語能力を測る試験である(2)．JLPT のレベルは N1～N5 の 5 レベルがある(2)．N1 がもっとも難しいレベルで, N5 がもっともやさしいレベルとされる(3)．2022 年 12 月の JLPT の受験者は, 中国本土では 75%が N1・N2 を受験したのに対して，フィリピンでは 73%が N4・N5 を受験した(4)．このように，日本語学習者といっても，様々なレベルの学習者がいるものと考えられる．

JLPT の「認定の目安」には，表 1 のように，聞く言語行動の速度の目安が記載されている(3)．“聞く”言語行動は, 音声を伝える側の視点に立つと, “話す”言語行動である．そのため,「認定の目安」の聞く言語行動のスピードの目安は，話す言語行動の話速の目安ともいえる. 表 1 のとおり, N4 と N5 の話速は，英語の「認定の目安」では，どちらも Spoken Slowly と記載されている(3)．しかし，日本語の「認定の目安」では N4 は「ややゆっくりと話される」，N5 は「ゆっくり話される」という目安になっている(3)．

以上のように，様々な日本語・JLPT レベルの学習者に，どの程度の話速を意識させればよいかといえば，定量化された明確な基準があるわけではない．定性的な話速の目安を，数値化・定量化できれば，指導する側も学習者も話速を明確に意識できるようになると考えられる．

表 1 JLPT「認定の目安」の話速

Level	English	日本語
N1	spoken at natural speed	自然なスピード
N2	spoken at nearly natural speed	自然に近いスピード
N3	spoken at near-natural speed	やや自然に近いスピード
N4	spoken slowly	ややゆっくりと話される
N5	spoken slowly	ゆっくり話される

2. 研究目的

日本語の話速評価の基準とするために，非母語話者の日本語能力を測る JLPT の N1～N5 の話速を定量化する．そして，導出した平均話速をもとに，話速のレベル判定を行う話速評価サービスを開発・提案する．

3. 研究方法

3.1 分析対象発話

『日本語能力試験公式問題集 第二集』聴解の課題理解（問題 1）の音声ファイルと聴解スクリプト(5)を分析対象とした．課題理解は，質問文→モノローグもしくはダイアローグ→質問文の順番で構成される(5)．1 人の話者が話し始めてから話し終えるまでを 1 発話と数えると，N1～N5 で 292 発話が確認された．そこから 3 モーラ以下の 19 発話を除外し，合

計 273 発話を分析対象とした.

3.2 話速分析方法

音声分析ソフト Praat(6)で, 各発話の開始位置から終了位置を特定し，発話時間（秒）を計算した．そして, 各発話のモーラ数を発話時間（秒）で除算し，表 2 のように，N1～N5 の話速（モーラ/秒）の平均値（Mean），標準偏差（SD），第 1 四分位数（Q1），中央値（Median），第 3 四分位数（Q3）を計算した.

4. 結果

JLPT 課題理解の N1～N5 の平均話速を導出したところ，表 2 のように，N1 は 7.07 モーラ/秒，N2 は 6.76 モーラ/秒，N3 は 6.15 モーラ/秒，N4 は 5.59 モーラ/秒，N5 は 5.05 モーラ/秒の速さとなった.

表 2 JLPT 課題理解レベル別話速（単位:モーラ/秒）

Level	n	Mean	SD	Q1	Median	Q3
N1	66	7.07	1.08	6.47	6.97	7.61
N2	58	6.76	0.95	6.00	6.75	7.43
N3	53	6.15	1.02	5.33	5.92	6.88
N4	56	5.59	0.90	5.00	5.38	5.90
N5	40	5.05	0.89	4.37	4.86	5.58

N5→N1 とレベルが上がるにしたがい，図 1 のように，平均値と第 1 四分位数，中央値，第 3 四分位数が大きくなり,「認定の目安」に記載されているように，話速にレベル差が設けられていることを確認した.

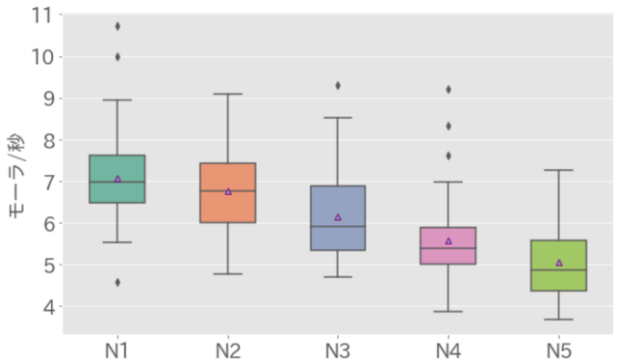


図 1 JLPT 課題理解レベル別平均話速の箱ひげ図
注）△:平均値，箱内横線:中央値，点:外れ値

5. 話速評価サービスの開発

導出した JLPT 課題理解の平均話速を基準として, ノートパソコンで話速をレベル判定するサービスを, JupyterLab(7)で構築した．音声認識から話速をレベル判定するまでの流れは以下のとおりである.

1. 音声認識機能で入力音声を文字起こし
2. 文字起こしした漢字かな交じり文をかな変換
3. かな変換した文字から小さな拗音「ゃ，ゅ，ょ」を除いてモーラ表記に変換
4. モーラ数を発話時間（秒）で除算して話速計測
5. JLPT 課題理解のレベル毎の平均話速を, 話速のレベルを判定する基準として利用
6. ノートパソコンに向かって読み上げられた音声の話速をレベル判定

図 2 は,「なまむぎなまごめなまたまご」(13 モーラ）を読み上げた速さを 6.51 モーラ/秒と測定し,「N3 レベル」の話速とレベル判定した結果である.

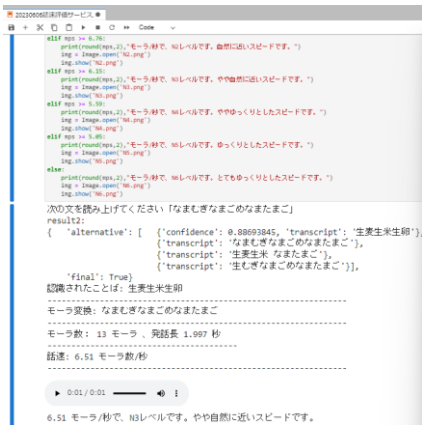


図 2 JupyterLab を使った話速評価サービス

6. まとめ

JLPT「認定の目安」では，話速は定性的な程度が記載されているのみである．そのため，JLPT リスニング試験の音声ファイルの発話を分析し，N1～N5 の話速を定量化した．その結果，導出した平均話速は「認定の目安」と同様に，レベルが上がるにつれて平均話速が速くなることを確認した．そして，導出した平均話速を利用して，ノートパソコンで話速のレベル判定を行うサービスを開発した．日本語の発話練習で活用できるように，今後評価・改良を行っていく予定である.

参考文献

(1) 杉山渉，中村亮太，上林憲行:“クラウド型音声認識 API を用いて適切な話速を定量的に評価・改善するセルフチェックサービス”，情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.76, No.4, pp.4-797-4-798 (2014)
(2) 国際交流基金・日本国際教育支援協会，日本語能力試験公式ウェブサイト，よくある質問
https://www.jlpt.jp/faq/
(3) 国際交流基金・日本国際教育支援協会，日本語能力試験公式ウェブサイト, N1～N5: 認定の目安
https://www.jlpt.jp/e/about/levelsummary.html
(4) 国際交流基金・日本国際教育支援協会，日本語能力試験公式ウェブサイト，実施国・地域別応募者数・受験者数
https://www.jlpt.jp/statistics/pdf/2022_2_3.xlsx
(5) 国際交流基金・日本国際教育支援協会，日本語能力試験公式ウェブサイト，『日本語能力試験公式問題集』
https://www.jlpt.jp/samples/sampleindex.html#anchor01
(6) Praat: doing phonetics by computer
https://www.fon.hum.uva.nl/praat
(7) JupyterLab: A Next-Generation Notebook Interface
https://jupyter.org/

生成型 AI にレポート作成を指示する演習の設計と試行

Design and Trial of Exercise to Instruct Generative AI to Write Essay

仲林 清[*1]
Kiyoshi NAKABAYASHI[*1]
[*1] 熊本大学 教授システム学専攻
[*1] Graduate School of Instructional Systems, Kumamoto University
Email: knaka@net.it-chiba.ac.jp

あらまし：生成型 AI にレポート作成を指示する演習の設計と試行結果について述べる．学習者が自分のレポートに生成型 AI が作成した文章を取り入れるのではなく，学習者が生成型 AI に指示を出すだけでレポートを生成させる．学習者が，生成させるレポートの意図・目標を明確化し，その意図を生成型 AI に伝達し，出力されたレポートが自分の意図に合致しているかを評価する，というサイクルを経験させる．AI をテーマとした授業で実施した内容と結果を報告する．
キーワード：生成型 AI，レポート作成，意思疎通，文章作成，文章理解，メタ認知

1. はじめに

生成型 AI の応用が注目を集めており，さまざまな利用形態が挙げられている(1)．レポートなどの文章作成の支援もそのひとつであり，企業や官公庁での業務活用も進められようとしている．一方で，学校教育の分野では，慎重な意見もあり，レポートや論文での活用を禁じる動きもある．

本稿では，学習者が生成型 AI にレポート作成を指示する演習について述べる．生成型 AI をレポート作成支援に用いる(2)のではなく，生成型 AI に指示を出すだけでレポートを作成させる．学習者が，レポートの意図・目標を明確化し，その意図を生成型 AI に伝達し，作成されたレポートが自分の意図に合致しているかを評価する，というサイクルを経験させる．これを通じて，文章作成の思考過程の意識を深めさせるとともに，現在の AI の可能性と限界を実感させる．大学初年次の授業で実施した内容と結果を報告する．

2. 人間の文章作成過程

文章の作成は不良構造化問題とされ，熟達者と初心者の差が大きく表れる(3)(4)．文章作成に当たっては 前提条件が非常に少なく，何を述べるのか，読者は誰なのか，読者が必要とする情報は何か，といったことを検討し，それを踏まえて，内容をどのように組み立てるのかを考え，全体の要旨から単語レベルの表現まで多様な選択を行う必要がある．また，文章の質を向上するには，このような計画と執筆の繰り返しが求められる．

人間の文章作成における思考過程は，図 1 のように，大きく，文章の内容を想起・組織化・目標設定する「プランニング」，プランニングした内容を文章に変換する「翻訳」，書いた文章とプランを比較・評価する「推敲」の過程に分かれ，さらに 3 つの過程をモニタリング・統制するメタ認知が働いているとされる．

文章作成の熟達者は，この 3 つの思考過程が明確に分かれており，一方，初心者は思考過程が未分化で，組織化を行わずに，いきなり翻訳で思いついたことをすべて書いてしまったり，書いた文章とプランを比較・評価する推敲を行うことができない，といった特徴が見られることが知られている．また，プランを文章に変換する翻訳過程が自動化されておらず，この過程に負荷がかかって，プランニングや推敲がおろそかになることも挙げられる．

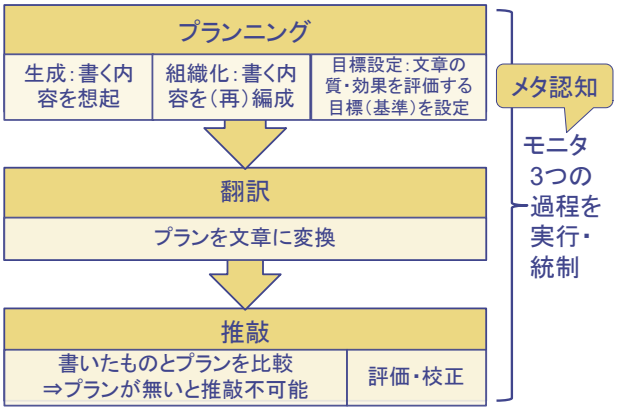


図 1 人間の文章作成過程

3. 演習の設計

図 1 に演習の枠組みを示す．前章で述べた文章作成過程のうち，翻訳過程を生成型 AI に実行させる．学習者が AI に指示を出すために，レポートの意図や目標をプランとして明確化・言語化して AI に指示を伝達し，生成されたレポートを推敲して，プランに沿っているかどうかを比較・評価させる．

2.で述べたように，文章作成に不慣れな学習者は，翻訳過程が自動化されておらず，この過程に負荷がかかって，プランニングや推敲がおろそかになることが想定されるが，翻訳過程を AI に代行させるこ

とで，文章作成過程のサイクル繰り返し回数を増加させ，プランニングや推敲により意識を向けさせることを意図している．

演習は，情報系大学初年次を対象とする情報技術の産業分野や社会での応用を扱う科目の中で実施する．この科目の中にAIの歴史や近年の技術動向，応用分野などを解説するコマがあり，その中のレポート作成課題として演習を行う．

授業はオンデマンドで実施する．生成型 AI の ChatGPT について解説し，授業のテーマに沿ったレポートを AI に作成させる課題を課す．ChatGPT の解説には TV 番組を用いる．主に用いるのは NHK の「令和ネット論」(1)という番組で，他に，ChatGPT の普及状況や学校教育での受け止め方などを扱った解説番組(5) (6)を自由に閲覧できるようにする．

令和ネット論では，ChatGPT が人間と対話を行う仕組みである大規模言語モデルの紹介のほか，ChatGPT を活用するために以下の 3 つのポイントを解説している．

1) できるだけ具体的で条件を明示した命令（指示）を出すこと
2) 大枠に関する命令と細部を掘り下げた命令を繰り返すこと
3) 離れた概念を結び付けた質問で新たな発想を得ること

学習者にはこの番組を参考にしてChatGPTに指示を出すように伝える．なお，上記の説明では，料理のレシピやプレゼンテーションのアドバイスの作成を例にしていて，レポート作成の説明はしていない．

レポートのテーマ自体は，このコマの主題である AI に関するものであれば任意とし，学習者に自由に設定させる．これによってレポートの課題文をそのままChatGPTに対する指示に用いるようなことをせずに，上記のポイントに沿って，学習者に自ら指示を考えさせる．文字数の制約なども設けず，自分で考えたテーマに沿った内容になったと思われるまで，ChatGPT に修正の指示を出すよう伝える．

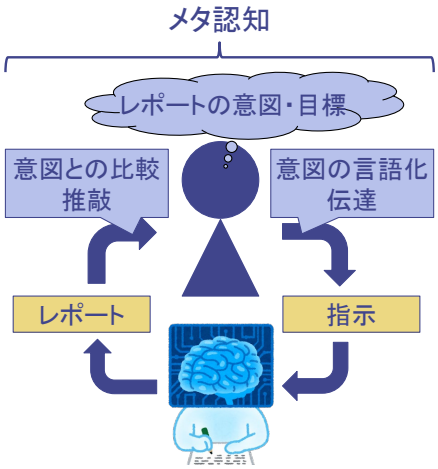


図２　演習の枠組み

4.　演習の評価

本研究の目的は，生成型 AI にレポート作成を指示することによって，学習者が文章作成における思考過程を意識するとともに，AI の可能性と限界を実感させることにある．学習者には，作成されたレポートを提出させ，その評価を行うとともに，上記の目的に即したアンケートに回答させる．

表 1 に予定しているアンケート項目例を挙げる．ネット検索や ChatGPT の利用経験，レポート作成時の指示の回数や指示出しの難易度，作成中の指示の意図や作成されたレポートの評価，AI の可能性や限界などについて質問する．

授業は今後実施予定であり，発表では実施結果を報告する予定である．

表１　アンケート項目（予定）

利用経験
ChatGPT を使ったことがあるか
ChatGPT を使った目的は
レポート作成過程と結果
ChatGPT とやりとりした回数は
ChatGPT に指示を出す際に注意したことは ・レポートの目的，誰に何を伝えるためのものか ・レポートに含める事柄は何か ・レポートの構成や説明順序はどうするか
ChatGPT のレポート確認で注意したことは ・自分が考えた目的に合っているか ・自分が考えた事柄に過不足はないか ・論理的な文章になっているか ・説明の詳しさや具体性は適切か ・内容に誤りや矛盾はないか
AI の可能性と限界
ChatGPT によるレポート作成は有用だったか ・効率的にレポート作成できたか ・自分が考えた通りのレポートが作成できたか ・自分にない考えが得られたか
ChatGPT によるレポート作成で難しかったことは ・指示を出す手間は ・自分が考えた通りの内容になったか ・意味の通る文章ができたか
ChatGPT の可能性は ・これからも使ってみたい ・何の役に立つかわからない ・使う目的を考える必要がある

参考文献

(1) NHK: “令和ネット論 #6　ChatGPT 徹底解説＋活用術”, https://www.nhk.jp/p/nethistory/ts/8N4MVQLZLW/list/ （参照 2023.5.23）
(2) Basic, Z., Banovac, A., Kruzic, I. and Jerkovic, I.: “Better by you, better than me, chatgpt3 as writing assistance in students essays”, https://arxiv.org/abs/2302.04536（参照 2023.5.23）
(3) 三宮真智子（編）: “メタ認知”, 北大路書房 (2008)
(4) 大塚美輪：“文章の理解と産出”, 市川伸一（編）“発達と学習”, 北大路書房 pp.201-226 (2010)

人工知能チャットボットにおけるパラメータ設定機能の開発
Development of Parameter Setting Function in Artificial Intelligence Chatbots

甲斐 晶子[*1],
Akiko KAI[*1],

和田 卓人[*2]
Takuto WADA[*2]

[1] 青山学院大学
[*1]Aoyama Gakuin University

[*2] タワーズ・クエスト
[*2]Towers Quest Inc.

Email: a-kai@aim.aoyama.ac.jp

あらまし：我々は管理者用パラメータ設定機能を付した AI チャットボットシステムを開発した．管理者が事前に設定した ChatGPT のパラメータ設定に基づき応答内容を生成する機能を有する．本機能は，教員それぞれの教育意図に沿った役割・目的で応答するチャットボットを複数の学習者へ配布する環境を実現するものであり，外国語教育をはじめ多くの教育分野で重要な貢献を果たすことが予期される．

キーワード：人工知能（AI），チャットボット，ChatGPT，外国語学習

1. はじめに

人工知能（AI）は驚異的な速度で進化を遂げ，AI 搭載チャットボットの応答精度も向上している．OpenAI 社が開発する大規模言語モデル「ChatGPT」は会話的なテキスト生成に焦点を当てており，その最新モデル「GPT-4」はユーザーに違和感を抱かせない対話を実現している(1).

たとえば外国語学習の文脈において，この対話機能を利用して模擬的な会話練習を試みる者は少なくないと推測される．しかし，ChatGPT はプロンプトと呼ばれる入力に基づいて反応し，質問への回答，会話の継続，新しいテキストの作成等を決定することから，望ましい結果を得るためにはそれらのパラメータを設定したプロンプトの作成能力が不可欠である．このシステム側およびユーザー側についての役割や対話目的を明確に記述するプロセスが，ユーザーにとって一定の負担となっている現状がある．

我々は教育用チャットボットの開発的研究に取り組んでおり，外国語の教員を想定した管理機能を有するチャットボットシステム等を開発してきた(2) (3). それらを応用し，パラメータ設定機能を付した ChatGPT 搭載チャットボットを開発した．

2. 開発システム概要

本システムは，管理者と一般ユーザーという一対多の関係性に基づいた利用を前提とし，設計した．管理者が AI の役割や対話目的の設定に関する各種パラメーターを決定すると，システムはそれを保持し自動送信する機能を有する．それにより，ユーザーはプロンプトを入力せずとも，起動ワードを入力するだけで， ChatGPT との会話が始められる．

開発システムは，LINE 上で動作する AI チャットボット，その管理システム，データベースで構成される．チャットボットには個別メッセージ配信機能として LINE Messaging API(4)を，応答内容の生成には OpenAI Chat API (5)を用いている．

管理者はブラウザ経由で管理者用設定画面にアクセスし，メッセージ配信機能の設定および ChatGPT のパラメータ設定を行う．メッセージ配信機能としては，起動ワード（会話開始のトリガーとなる語を複数設定可能）や起動時の表示テキスト（ユーザーが起動ワードを発した際に最初に表示させるメッセージ）の設定がある．ChatGPT のパラメータは原稿投稿時点で以下を設定可能としている．

(1) 利用する ChatGPT のモデル
(2) サンプリング温度（生成文章のランダム性を 0 から 2 の間で設定する）
(3) 事前設定１（ChatGPT 側の役割設定など）
(4) 事前設定２（ユーザー側の役割設定と対話目的など）
(5) 対話のターン数
(6) 対話終了時のテキスト生成用プロンプト

一般ユーザーは LINE から「友達追加」機能により本チャットボットを登録する．友達追加のための QR コードは管理者用設定画面から出力できる．

図１，２に英語学習の文脈で検証した事例を示す．管理者には英語の教員を，一般ユーザーには英語学習者を想定している．図１は管理者用設定画面の一部である．本例では ChatGPT 側に英語学習者との会話練習をする役割，ユーザー側に初級の英語学習者として会話練習を希望する役割等を設定しており，モデル「GPT-4」を用いて３ターン分の対話をした後にフィードバックを返すよう設定した．図２は設定が反映されたチャットボットで英語学習者であるユーザーがチャットをした画面である．ユーザーがチャットボットとのトーク画面から起動ワードである「Hi」を入力すると，起動時の表示テキスト「Hey there〜」が表示され，応答待ち状態となる．その後，設定パラメータ(1)(2)(3)(4)に基づいた対話が行われ，ユーザーが３回の送信（設定パラメータ(5)）を終えると，設定パラメータ(6)が ChatGPT に自動投下され、生成されたテキストを返し，対話を終える．

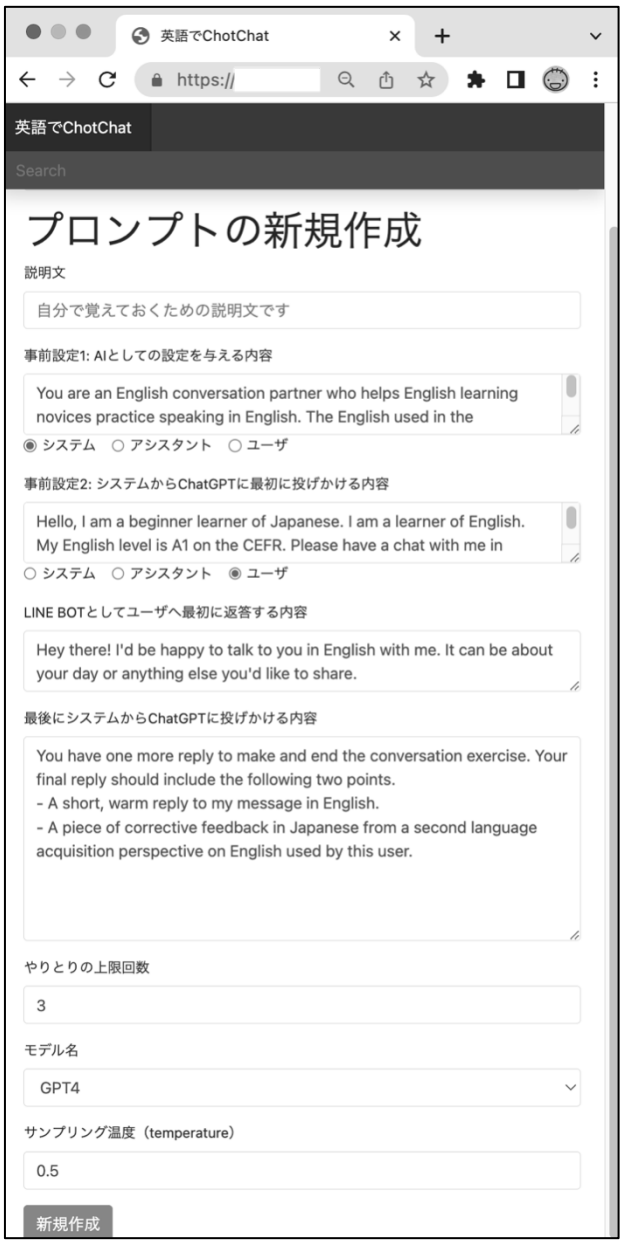


図１　管理者用設定画面

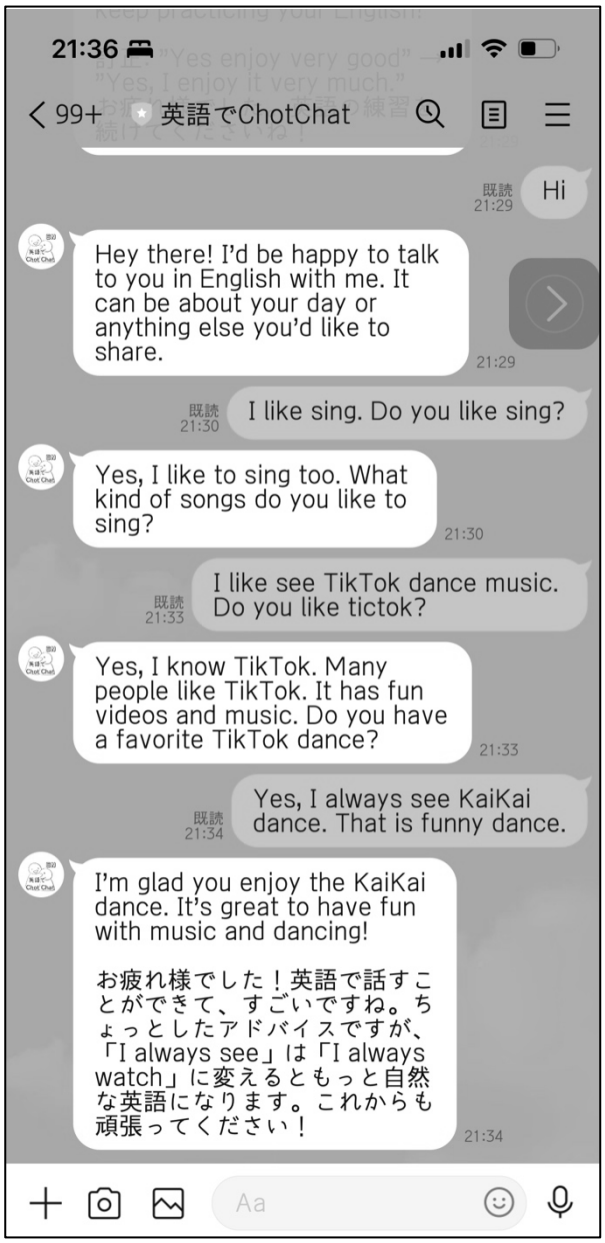


図２ トーク画面

3.　おわりに

本稿ではパラメータ設定機能を付したChatGPT搭載チャットボットの概要を述べた．本機能は，教員それぞれの教育意図に沿った役割・目的で応答するチャットボットを作成し，複数の学習者へ配布することを可能にする．ユーザーにとっては毎回起動時に設定のためのプロンプトを送信する必要がなくなることから，継続的な利用を促進する効果が予期される．本稿では外国語学習の例を示したが，多くの分野で活用が期待できることから，引き続き必要機能の検討と効果検証を進める．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 21K13646，20H04297 の助成を受けた．

参考文献

(1) Open AI: "ChatGPT", https://chat.openai.com （参照 2023.5.18）
(2) 甲斐晶子，松葉龍一，合田美子，和田卓人，鈴木克明：“日本語使用に関する低次段階のリフレクション記録を支援する対話型システム「Reflection-Bot」の設計と実装”，　教育システム情報学会誌，Vol. 37，No. 4，pp.330-335(2020)
(3) 甲斐晶子，和田卓人：“チャットボットシステム「Reflection-Bot」における 持続可能な運用を見据えたマルチテナントアーキテクチャの適用”，日本教育工学会 2022 年春季全国大会予稿集 ，pp. 65-66 (2022)
(4) LINE Corporation: "Messaging API reference", https://developers.line.biz/（参照 2023.5.18）
(5) OpenAI : "OpenAI API", https://platform.openai.com（参照 2023.5.18）

ChatGPT を活用した IELTS エッセイライティング学習の検討

Examination of IELTS Essay Writing Learning Using ChatGPT

外山愛華*1，谷田貝雅典*2，米谷雄介*3，永岡慶三*4，卯木輝彦*1
Aika SOTOYAMA*1, Masanori YATAGAI*2, Yusuke KOMETANI*3, Keizo NAGAOKA*4, Teruhiko UNOKI*2
*1関西外国語大学外国語学部
*1College of Foreign Studies, Kansai Gaidai University,
*2共立女子大学文芸学部
*2Faculty of Arts and Letters, Kyoritsu Women's University
*3香川大学創造工学部
*3Faculty of Creative Engineering and Design, Kagawa University
*4早稲田大学人間科学学術院
*4Faculty of Human Sciences, Waseda University

Email: s222119@kansaigaidai.jp, unoki@kansaigaidai.ac.jp

あらまし: 本稿では、外国語学習者にとって効果的な ChatGPT の活用方法を明らかにすることを目的に、IELTS ライティングタスク 2 を対象に、ChatGPT が学習者のエッセイに対して適切な評価および採点を行うことができるか、IELTS の運営団体が公開している練習問題の解答例をもとに検証を行った. その結果、ChatGPT による採点結果は、公認の採点者による結果と有意な差があるとは認められず、概ね妥当であると考えられることが分かった.
キーワード：生成系 AI，ChatGPT，英語学習，エッセイライティング, IELTS

1. はじめに

ChatGPT などの生成系 AI を学習に積極的に活用することを前提とした議論が各所で盛んに行われている [1]．特に語学学習では、語彙の強化や文法等の疑問の解決にとどまらず、その背後にある文化的背景についても ChatGPT により効果的に学ぶことができると期待されている [2].

筆者らの先行研究 [3, 4] では、ChatGPT を練習相手に特定のシチュエーションを想定して英会話を行うロールプレイ学習や、ChatGPT に対して英文エッセイの添削や改善提案を指示して自身が執筆したエッセイをより洗練された表現に仕上げていくエッセイライティングの学習において、学習者一人でも効率的な学習ができることが示された.

ChatGPT が語学学習の補助ツールとして非常に価値がある一方、その出力は文脈を理解したものではなく、大量のテキストデータから学習をしたモデルに基づき生成されるため、正確さや信頼性が必ずしも保証されているわけではない.

本稿では、IELTS（International English Language Testing System）ライティングタスク 2 を対象に、ChatGPT が学習者のエッセイに対して適切な評価、採点ができるかについて検証する.

2. 方法

2.1 IELTS ライティングタスク 2

IELTS は、英語圏の国々に留学、就労または移住をするための英語能力を測定する試験である．ライティングタスク 2 は、社会、教育、技術、環境など、幅広いトピックについて 250 語以上のエッセイを書くことが求められる．採点は、英語教育の分野での経験と専門知識を持つ訓練された複数の採点者により行われ、4 つの観点「Task Response（課題への対応）」「Coherence and Cohesion（一貫性と結束性）」「Lexical Resource（語彙力）」「Grammatical Range and Accuracy（文法の範囲と正確さ）」ごとに、バンドディスクリプターと呼ばれる評価基準が明確に定義されており、1 から 9 まで 0.5 刻みの値でスコアが付けられる.

2.2 実験条件

IELTS の運営団体が公開している練習問題 [5] から公認の採点者による採点結果付きの解答例 6 件を選択した．選択した解答例には、公開されている解答例のうち最低スコアであるスコア 4 の解答、および最高スコアであるスコア 8 の解答を含む．選択した解答例のテーマとスコアを表 1 に示す．観点別の評価結果は公開されていない.

表 1 実験に使用したサンプル解答

No.	テーマ	スコア
A	高齢者の介護費用分担	5
B	将来の健康水準	5.5
C	将来の健康水準	7.5
D	レジャーとしてのショッピング	6
E	家庭環境が子供に及ぼす影響	4
F	レジャーとしてのショッピング	8

ChatGPT に対して、選択した解答例およびその問題文を次のプロンプトとともに入力をする.

プロンプト：「次のエッセイを IELTS タスク 2 の評価基準に従って評価してください．観点別お

よび総合的なバンドスコアを推定してください」

プロンプトは日本語で入力する．バンドディスクリプターなどIELTSに関する追加の情報は一切入力しない．また、ChatGPTは、確率的なモデルであり、同じプロンプトを入力しても毎回異なる結果を出力するため、評価結果のばらつきを考慮し、ChatGPTによるスコアは各解答例に対して５回の試行を行った結果の平均値とする．

3.　結果と考察

公認の採点者によるスコアとChatGPTによるスコアを図１に示す．両者の差の最大値は1.3、最小値は0、平均値は0.45である．バンドスコアの刻み幅が0.5であることを考慮すれば、採点者によるスコアとChatGPTによるスコアの差は十分に小さいと考えられる．

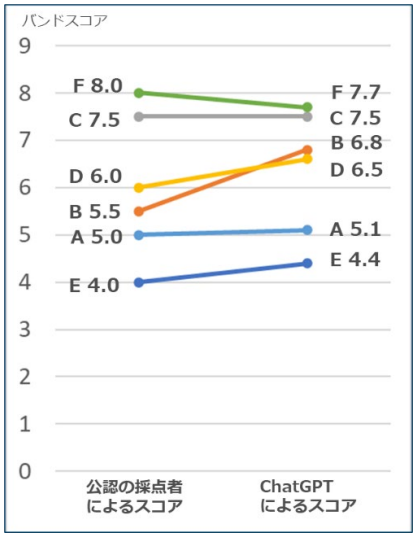


図１ 採点者とChatGPTによるスコアの比較

解答例Bについて、公認の採点者によるスコアが5.5であるのに対しChatGPTによるスコアは6.8と、その差は比較的大きい．公認の採点者の評価コメントを確認すると「段落分けは必ずしも論理的とは言えない」「スペル、単語の選択にいくつかの誤りがある」など内容に関する指摘に加え、「長さ不足」を指摘している．解答例Bは、250ワード以上との規定に対し198ワードしか書かれていない．他方、ChatGPTによる評価コメントでは「パラグラフの分け方やつながり」「スペルミスや単語の誤用」など公認の採点者と同等の指摘が減点項目としてあげられ、その理由や改善案が具体的に示されている．しかしながら、長さ不足についての指摘がない．ChatGPTは、バンドディスクリプターに記載されている評価基準については十分に把握をしており適切な指摘をしていたが、文字数制限に関する確認が抜けていた．これにより文字数の少ない解答に対しては高いスコアとしている可能性が考えられる．

最もスコアが低い解答例Eに対して、公認の採点者は「わかりにくい」「不明瞭」「単語の選択とコロケーションの誤りが頻繁に見られる」など多くの指摘をしている．しかしながら、それがどの部分に対する指摘なのかを具体的に読み取れる記述はない．他方、ChatGPTは「一貫性がない」「不完全な文」「誤った単語の使用」「冠詞の誤り」など、公認の採点者とほぼ同様の指摘をしている．加えて、指摘箇所や修正案が具体的に示されていることが特徴である．

公認の採点者による採点とChatGPTによる採点の一貫性を評価するため、Wilcoxonの符号順位検定を行なった結果、両者の間には統計的に有意な差が見られなかった（$p = 0.18$）．これは、公認の採点者とChatGPTが同じテストに対して本質的に異なる点数をつけているとは言えないことを示唆している．ただし、この研究では対象とした解答（n=6）の数が少ないため、結果の一般化には注意が必要である．

以上のことから、文字数制限の確認などChatGPTには一部不十分な面があるものの、ChatGPTによるIELTSライティングタスク2の解答例に対する評価は概ね妥当であると考えられる．

4.　おわりに

本論文では、IELTSライティングタスク2を対象に、ChatGPTが学習者のエッセイに対して適切な評価および採点ができるか、IELTSの運営団体が公開している練習問題の解答例をもとに検証を行った．その結果、ChatGPTによる採点結果は、公認の採点者による結果と有意な差があるとは認められず、概ね妥当であると考えられることが分かった．また、ChatGPTでは、バンドディスクリプターに従った観点別評価の結果を提示してくれることや、評価の低い箇所を具体的に示し改善案を提案してくれるなど、学習者にとってより有効な活用方法が期待できる．

今後は、エッセイ以外も含むさまざまなライティングタスクに対し、実践的な利用を通してChatGPTの効果的な活用方法を確立していきたい．

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) 東京大学："シンポジウム「未来の教育環境を創る：生成系AIへの対応と展望」"（2023）
(2) 金丸敏幸:”ChatGPTが語学（英語）教育に与えるインパクト,” 第63回「大学等におけるオンライン教育とデジタル変革に関するサイバーシンポジウム」（2023）
(3) 外山愛華, 折橋暖人, 谷田貝雅典, 卯木輝彦:"英語ライティング学習に対するChatGPT活用の検討," 学習分析学会2023年度第1回研究会, 東京 (2023)
(4) 折橋暖人, 外山愛華, 谷田貝雅典, 卯木輝彦:"AIアバターにChatGPTを活用したVR外国語会話学習システムの検討," 学習分析学会2023年度第1回研究会, 東京 (2023)
(5) IDP Education : “IELTS test preparation materials,” https://ieltsjp.com/japan/prepare/ielts-test-preparation-material （参照 2023.06.05）

経営学領域におけるアクティブ・ラーニング手法の体系化の試み

Trial to Systematize Active Learning Methods in the Field of Business Administration

植竹 朋文[*1], 間嶋 崇[*1]
Tomofumi UETAKE[*1], Takashi MAJIMA[*1]
[*1] 専修大学 経営学部
[*1] School of Business administration, Senshu University
Email: uetake@isc.senshu-u.ac.jp

あらまし：近年，各種 ICT ツールの普及とあいまって，学生の能動的な学びを促す「アクティブ・ラーニング」と呼ばれる教育手法が注目を集めており，多くの大学において取り入れ始めている．そして理系や情報系の科目だけでなく，経営やマーケティングといった経営学領域においても，様々な手法が提案され始めてきている．しかし，提案されている経営学領域における手法は個々の学習項目に対するものにとどまっているものが多く，その位置づけや，実施方法について十分に体系化されているわけではない．そこで本研究では，経営学領域における学習項目の特徴とアクティブ・ラーニング手法の形態に注目し，効果的なアクティブ・ラーニングを提案/実施するためのフレームワークについて検討する．
キーワード：アクティブ・ラーニング，経営学，体系化，グループワーク，PDCA

1. はじめに

経営学は実践的な学問であるがゆえに，理論をただ覚えるだけでなく「出来るようになる」ことも重要な学びである．そこで我々は，これまで経営学領域を対象としたアクティブ・ラーニング（以下，AL）手法について研究を行なってきた[(1)(2)(3)]．しかし従来の研究は，個々の学習項目に対して有効な AL 手法を提案することにとどまっており，個々の AL 手法が十分に体系化されているとは言い難い状況にある．

そこで本研究では，経営学領域でより適切な AL を提案/実施するために，経営学領域における学習項目の特徴とそこで必要とされる AL 手法の形態に注目し，体系化することを試みる．

2. 経営学領域におけるアクティブ・ラーニング手法の種類

経営学領域における AL の代表的なものとして以下のものがあげられる．

- ケーススタディやビジネスゲーム
  企業経営を模擬体験させ，経営学の理論の理解を深める．ただし，事前に多大な準備作業が必要となる．
- グループワーク（以下，GW）
  身近な素材[(4)(5)]をもとに GW を行い，学習内容と関連付けて理解を深める．学習項目と GW の内容を関連付けるのに工夫を要するが，グループ学習[(6)]が容易で，短時間で実施可能である．さらに，組織を対象としている経営学との親和性も高い．

以上の AL の特徴を鑑み，本研究においては GW を中心に以降の検討を進めることとした．

3. 経営学領域における学習項目の特徴

次に，経営学領域における学習項目をピックアップし，各項目の内容から GW に対する親和性（4 段階）を筆者らの経験をもとに設定した（表 1）．

表 1 経営学領域における学習項目の特徴と GW に対する親和性

学習項目	学習内容	GW に対する親和性
経営とは何か？	経営管理/組織/戦略とは何か？	×
管理プロセス	管理過程論，PDCA，OODA，マネジャーの仕事など	◎
組織デザインと環境適合	分業，組織構造，コンティンジェンシー理論など	○
モチベーション	欲求段階説，XY 理論，期待理論，内発的動機付け論など	◎
組織文化	強い組織文化，組織アイデンティティなど	△
リーダーシップ	資質論，行動論，状況論，変革型，フォロワーシップなど	◎
意思決定	限定合理性，ゴミ箱モデル，集団浅慮など	◎
成長戦略	製品市場マトリックス，PPM など	×
競争戦略	5F 分析，3つの基本戦略，RBV など	○
組織間関係	系列，戦略的提携など	×
組織変革と慣性	組織変革論，組織ルーティン論，組織開発論，組織慣性，コンフリクトなど	△
組織学習	ダブルループ学習，両利きの経営，学習する組織，越境学習など	◎
CSR・経営倫理	サステナビリティ，SDGs，組織事故・不正など	△
グローバル経営	グローバル化プロセス，異文化経営など	×
日本的経営	三種の神器，家の論理など	×

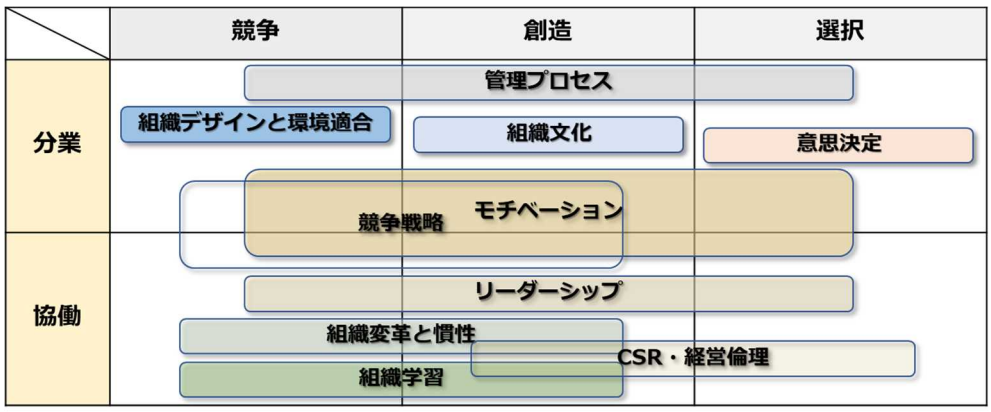


図 1　経営学領域を対象としたグループワークの体系化

表 1 における学習項目・学習内容は，日本学術会議が示す経営学分野の教育課程編成上の参照基準[8]における狭義の経営学に相当する経営管理論，経営組織論，経営戦略論に範囲を限定し，それに関連した標準的なテキスト（有斐閣アルマシリーズ）と筆者所属機関における関連科目で取り上げられている主たる理論・概念を参考に作成した．

4.　経営学領域を対象としたグループワークの体系化

次に，経営学領域における GW に対する親和性がある学習項目とその項目に適合した GW の関係を明らかにするために，以下に示す GW の形態に注目し，その学習内容を考慮して整理・体系化した（図 1）．

- グループワークの形態（分業/協働）
- コンテンツの形態（競争/選択/創造）

5.　グループワークの実施方法

短時間の GW の教育効果を高めるためには，実施方法も重要となる．ここでは，我々が提案する PDCA モデルに基づいた実施方法（図 2）を紹介する[1][2][3]．

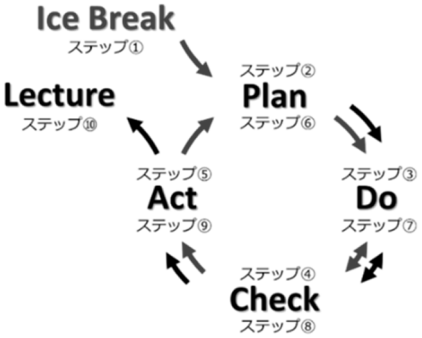


図 2 グループワークの実施ステップ

短時間で質の高い GW を行うためには，心理的安全性を高めるアイスブレイクが必要である．そして，課題に対する理解を深めるために，二度の PDCA に基づいた GW を実施する．さらに，経験的学習の効果を高めるために，対話的な振返り[7]の時間を設定する．最後に，GW で得た学びと経営学的なコンセプトや理論を結びつけるレクチャーを実施する．

さらに，Jamboard に代表されるアプリ等を利用することで GW を効率的に実施することが容易となる．

6.　まとめ

本研究では，従来個々の学習項目ごとに提案/実施されてきた経営学領域における GW 手法を，学習項目の特徴とその形態に注目し，体系化することを試みてきた．さらに，経営学領域における GW を効果的に実践する手法についても論じた．

しかし，本研究の議論はこれまでの GW 実践や探求に基づく試論に過ぎず，さらなる本格的な検討が必要であることは言うまでもない．

● 謝辞

本研究は、令和 5 年度 情報科学研究所 共同研究助成 「経営学領域でのアクティブ・ラーニング実施におけるフレームワークに関する研究」（植竹 朋文・間嶋 崇）の助成を受けたものであり，成果の一部である。ここに記して感謝したい。

参考文献

(1) 間嶋 崇, 橋田 洋一郎, 植竹 朋文,「経営学教育におけるアクティブ・ラーニング手法の検討」,『2015 年度経営情報学会秋季全国研究発表大会予稿集』, pp.1-4（2015）
(2) 間嶋 崇, 橋田 洋一郎, 植竹 朋文,「経営学教育へのアクティブ・ラーニング手法の導入」,『専修大学情報科学研究所 所報』, 専修大学情報科学研究所, No. 87, pp. 17-24（2016）
(3) 間嶋 崇, 植竹 朋文,「ソーシャルディスタンスを意識したグループワーク手法の試案」,『専修大学情報科学研究所 所報』, 専修大学情報科学研究所, No. 98, pp. 1-8（2021）
(4) 島 吉伸,「折り鶴から学ぶコスト・マネジメント:会計教育へのアクティブ・ラーニング導入事例」,『商経論叢』169, pp.395-403（2013）
(5) 潮 清孝,「『ペーパータワー』を用いた会計教育の取り組みとその効果」,『第 45 回京都管理会計協会ディスカッションペーパー』, pp.1-8（2014）
(6) 新井和広・坂倉杏介,『グループ学習入門：学びあう場づくりの技法』, 慶應義塾大学出版会（2013）
(7) 天野 勝,『これだけ！KPT』, スバル舎リンケージ（2013）
(8) 日本学術会議,「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準：経営学分野」（2012）

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

Analysis of Students' Learning Pattern and Learner Support in the 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: 高等教育のオンライン学習環境においては，メンタリングを効果的に実施することでドロップアウト率を下げられる可能性がある. オンライン大学における初年次必修科目の学生の学習パターン及び教職員による学生支援の実践について，2018 年度～2023 年度の 6 年間の実践の比較を通して分析を行う. 適切なタイミングで適切なメンターがメンタリングを実施することで, ドロップアウトをできるだけ少なくできる可能性がある．最適なタイミングでの最適な学生支援及び課題を明確にする.
キーワード: **学習パターン**，e ラーニング，オンライン大学，学習者支援

1. はじめに

社会人の学び直しを中心としている通信制のオンライン大学における, 新型コロナ前の 2018 年度から 2022 年度までの授業実践を概観する．オンライン大学におけるオンデマンド学習で卒業まで学び続けるためにはオンライン学習者スキル[(1)]を身につける必要があり，学習意欲は学習を継続させる主な要因の一つとなっている． 本講では, 履修途中でのドロップアウトをできるだけ少なくすることを目的としたオンライン大学における教育実践の中で，学習者支援の観点から学生の履修パターンの分析と学習者支援に対する取組について述べる.

2. 関連研究

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いる．学生のインタラクションログ（電子書籍，フォーラムへの投稿, Web 頁等）からドロップアウトが約 84%予測可能との結果も示されている[(2)]．また，デプスインタビューのテーマ分析を元にオープンオンライン学習環境におけるドロップアウトの理由について，5 つの介入領域と 19 のサブテーマを抽出している[(3)]. さらに、学習計画表の提出と単位修得率に直接関係がないことが示されている[(4)]一方, e ラーニングに対する嗜好が学習意欲維持の方略に影響を与えていることや学習計画を自己調整している学生がうまくいっていることなどが報告されている[(5)].

3. オンライン大学における学習環境

本講では 2023 年度 1 学期（4 月～6 月）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．授業配信形態等は昨年度までと同様である．なお，2021 年度までは対象としていた初年次必修科目はオムニバスで構成され、授業の各回が独立しており，専門科目の入門的内容であったが，2022 年度からは内容を一新し，アカデミックリテラシーを中心とする科目に改変した．また，昨年度までと同様，本科目の特殊性から，他の開講科目とは異なり，全 8 回全て最初の週に開講し，標準配信期間の終了日は他の科目と同様階段状に設定すると共に，学生には，本科目を最初に終了させ，他の科目の履修に活用することを推奨している.

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 2022 年度[(6)]，[(7)]、[(8)]及び 20023 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．2023 年度については，期末試験が未完了のため，最大の予測値である．図 1 において, 2023 年度の第 1 回から第 8 回の全回に対して，どの回も 2022 年度を若干上回る結果となった. ここで，学習率とは，第 1 回第 1 講の映像教材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表示したものである．例えば，2023 年度の第 8 回については，学習率は約 78%であるが，これは，第 1 回第 1 講の履修を終えた学生全体の約 78%の学生が第 8 回の履修を完了し，残り約 22%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 以上の履修が受験条件であるため，単位認定試験の受験率は第 8 回の学習率よりも高くなっている.

次に，図 2 は，授業配信期間 8 週間における 1 週間毎の学生の全体に対する進捗率の平均を示している．但し配信期間中 1 回も学習を完了していない学生のデータは除いている．各週平均的に全体を履修すれば，1 週間あたりの平均学習進捗率は 12.5%となる．また，図 3 は，第 8 回の授業まで進捗率 100%の学生が，第 1 回の学習を終えた週を示しており，2023 年度はほぼ 2022 年度と同程度で，第 1 週に第 1 回を終えた学生が 79%，2 週が 11%，3 週が 5%と言う結果であった．通常であれば，第 3 週までに終

えないと遅刻受講となり，2 回の遅刻受講で 1 回分欠席とみなされ，期末試験受験条件に影響を及ぼす．

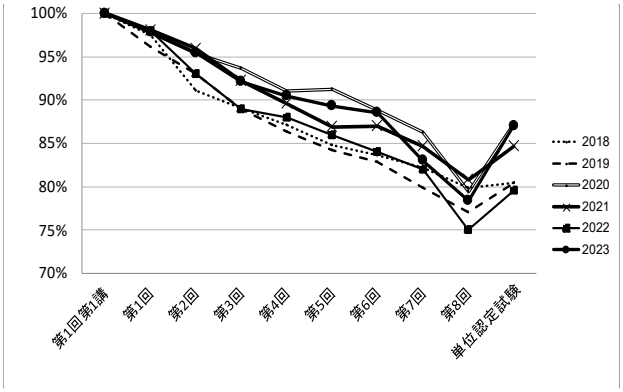


図 1　各回の学習率

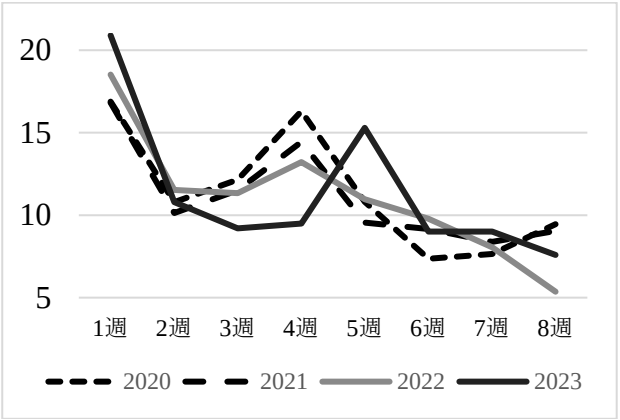


図 2　各週における学習進捗率の推移

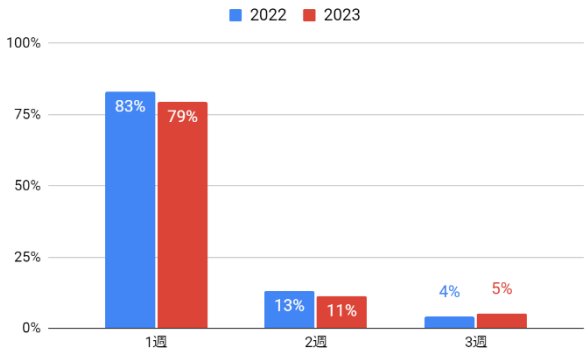


図 3　進捗率 100%の学生が第 1 回を終了した週

5.　考察

図 1 に示した通り，2023 年度は第 8 回までの全回において，2022 年度より若干学習率が向上する結果となった．新入生オリエンテーションにおいても，第 8 回まで終えるよう指導している影響の可能性もある．最終的には，単位認定試験の受験率と，単位修得率を評価する必要はあるが，2023 年度については 2022 年度とほぼ同程度かあるいは少し良い結果になることが見込まれる．

次に，図 2 に示すように，2023 年度は 2018 年度から 2022 年度に比べて第 1 週の進捗率が 20%を超え，この 4 年間で最も大きかった．通常は，2 週目に進捗率が下がり，3 週目に入り，教員から未完了の学生への励ましメッセージを送るところであったが，2023 年度はシステム障害により，そのタイミングが 4 週目にずれてしまった．システム障害と教員からのメッセージ送信タイミングの変更もあり，昨年度までの第 4 週の山が第 5 週にずれ込んでいる．そのため，最終進捗率が下がる可能性もあったが，結果的には図 1 に示した通り，昨年度より少し良い結果となった．また，進捗率 100%の学生の約 8 割が最初の週に初回の授業を完了しており，初回の重要性に変わりがないことが示された．

6.　おわりに

システム障害の影響で若干低下すると思われたが，昨年度よりも全体の学習率は若干上昇傾向となった．学生が真摯に授業に取り組んでいることが想定される．1 学期の成績確定後，成績と学習率・進捗率の関係を分析する予定である．今後はシステム障害の発生を見越したフレキシブルな授業期間の運用等が必要になると思われる．また，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していく．

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) Michael Beaudoin et al.: “Online Learner Competencies (The Ibstpi Book Series)”, Information Age Publishing (2013)
(2) Mubarak, A. A., Cao, H., & Zhang, W.: “Prediction of students’ early dropout based on their interaction logs in online learning environment”, *Interactive Learning Environments*, 1-20 (2020)
(3) Greenland, S. J., & Moore, C.: “Large qualitative sample and thematic analysis to redefine student dropout and retention strategy in open online education”, *British Journal of Educational Technology: Journal of the Council for Educational Technology*, 53(3), 647-667 (2022
(4) 山田雅之，中村信次，佐藤慎一，野寺綾：“e ラーニングにおける学習計画とドロップアウト率の関係”，日本教育工学会論文誌，Vol.34，73-76 (2010)
(5) 石川奈保子，石田百合子:“オンライン授業での大学生の自己調整学習方略使用と学習計画の立て方との関係”，日本教育工学会論文誌，46(4)，641-652 (2022)
(6) 加藤泰久：”オンライン大学における学生の履修傾向及び教職員による学習支援の実践”，教育システム情報学会全国大会 (2020)
(7) 加藤泰久：”オンライン大学における学生の履修スタイル及び学習支援の実践”，教育システム情報学会全国大会 (2021)
(8) 加藤泰久：”オンライン大学における学生の履修パターン及び学生支援の実践”，教育システム情報学会全国大会 (2022)

感染症拡大前後の大学間単位互換授業に対する受講生の評価比較

Comparison of Student Evaluations of Intercollegiate Credit Transfer Classes Before and After Spread of Infectious Diseases

阿部 一晴[*1], 齊藤 明[*2], 山口 大[*2]
Issei ABE[*1], Akira SAITOU [*2], Masaru YAMAGUCHI[*2]
*1 京都光華女子大学 キャリア形成学部
*2 公益財団法人大学コンソーシアム京都 教育事業部
Email: i_abe@koka.ac.jp

あらまし:大学コンソーシアム京都における大学間連携主要事業に,加盟大学等による単位互換がある.単位互換専用に企画された科目の他,各大学が相互に提供する科目等から構成されている.2020 年度以降は感染症拡大に伴う教室での対面授業への制約等からオンラインを中心とした例年とは異なる運用を余儀なくされた.受講生アンケートを通じて,感染症拡大前後の単位互換授業への評価の比較とそこから読み取れる単位互換事業の可能性,課題等について報告する.

キーワード:単位互換授業,大学間連携,コンソーシアム,感染症拡大

1. はじめに

大学コンソーシアム京都は,1998 年 3 月に文部大臣(当時)より財団法人(2010 年より公益財団法人に移行)としての設立認可を受けた.法人格を持つ大学コンソーシアムとして,全国最大規模の事業を展開している.この中でも加盟大学相互の単位互換事業は,財団の前身である「京都・大学センター」設立当初に開始された中核事業である.提供科目数は 500 科目規模であったが,ここ数年大幅に減少している.ピーク時は年間のべ 10,000 名を超える受講者があったが,ここ数年受講者数も縮小傾向にある.

2. 単位互換事業の概要

大学コンソーシアム京都が実施している単位互換事業は,他大学が開講する科目を履修し,修得した単位が所属大学の単位として認定される制度である.

表 1:単位互換事業の推移(2014～2022 年度)

年度	協定大学	提供大学	提供科目	出願者	履修者
2022	44	35	348	1,205	610
2021	45	38	345	704	627
2020	45	38	401	1,111	687
2019	45	40	415	1,405	1,271
2018	45	40	427	1,984	1,842
2017	46	40	435	2,549	2,400
2016	48	41	457	3,369	3,120
2015	48	43	589	3,615	3,412
2014	48	44	516	5,287	4,702

この単位互換事業には,現在 44 大学・短期大学が単位互換包括協定を締結し,これまで毎年 400～500 科目前後を提供していたが,最近は減少傾向にある.受講者数は,ピークであった 2001 年度にのべ 14,000 名を超える出願,10,000 名を超える受講があった.

ここ数年の推移を見てみると,感染症拡大前の 2019 年度は 415 科目の提供,1,405 名の出願,1,271 名の受講であったが,2020 年度,2021 年度は感染症拡大という事態に直面し,出願者数,履修者数は例年より大幅に減少した.2022 年度の出願者数は増加したが履修者数は減少したままであった.(表 1)

これとは別に「京(みやこ)カレッジ」という名称で提供している社会人向けの生涯学習に毎年のべ 1,500 名前後の出願があり,このうち一部科目は単位互換事業に相乗りという形での受講となっている.こちらも 2020 年度,2021 年度は出願者数,受講者数ともに例年より大幅に減少した.2022 年度も減少したままではあるが,単位互換とは異なり若干ではあるが回復の傾向が読み取れる(表 2)

表 2:京カレッジ(生涯学習)事業の推移(2013～2023 年度)

年度	科目提供大学等	提供科目数	出願科目数	出願者数 <実数> 前期	後期	合計	<延べ数> 前期	後期	合計	一人あたり併願科目数※1	受講許可者数
2023	23大学 2機関	165科目	79科目 前期79科目	818名	-	818名	1,142名	-	1,142名	1.4科目	818名
2022	23大学 2機関	179科目	83科目 前期83科目	801名	22名	823名	1,249名	29名	1,278名	1.5科目	781名
2021	26大学 1機関	198科目	91科目 前期88科目	703名	11名	714名	1,157名	13名	1,170名	1.6科目	672名
2020	29大学 2機関	224科目	97科目 前期95科目	627名	7名	634名	1070名	25名	1,095名	1.7科目	723名
2019	31大学 2機関	257科目	122科目 前期122科目	812名	7名	819名	1,558名	12名	1,570名	1.9科目	1,329名
2018	34大学 2機関	274科目	120科目 前期115科目	773名	14名	787名	1,407名	15名	1,422名	1.8科目	1,297名
2017	30大学 2機関	276科目	127科目 前期121科目	1,048名	7名	1,055名	1,655名	24名	1,679名	1.6科目	1,315名
2016	31大学 2機関	314科目	154科目 前期149科目	812名	21名	833名	1,576名	34名	1,610名	1.9科目	1,292名
2015	34大学 2機関	449科目	178科目 前期174科目	809名	10名	819名	1,921名	25名	1,946名	2.4科目	1,743名
2014	34大学 1機関	373科目	172科目 前期159科目	698名	18名	716名	1,701名	47名	1,748名	2.4科目	1,525名
2013	36大学 1機関	428科目	194科目	506名	16名	522名	1,074名	40名	1,114名	2.1科目	-

3. 単位互換事業の感染症拡大による変化

2021 年度の単位互換事業において,加盟校から 345 科目の提供があった(感染症拡大前の 2019 年度は 415 科目).出願者数は延べ 704 名であった(同 1,405 名で 701 名減(▲49.9%)).履修者数(実際に単位互換授業を受講した学生数)は延べ 627 名(同 1,271 名で 644 名減(▲50.7%)),出願者数に対する履修者

数の割合（履修率）は 89.1%であった(同 90.5%). 2022 年度は，348 科目（同 67 科目減）提供，1,205 名の出願（同 200 名減(▲14.2%)），610 名の履修（同 661 名減(▲52.0%)）となったが，履修率は 50.6%と大幅に低下している．

単位互換授業は各大学のキャンパスで開講されるオンキャンパス科目，大学コンソーシアム京都の活動拠点であるキャンパスプラザ京都で開講されるプラザ科目と PBL 科目から構成されるが，従来はいずれも対面授業が基本であった．感染症拡大に伴い，2021 年度提供した 345 科目のうち 46 科目がオンラインのみ，53 科目がオンライン併用であった．2022 年度は 348 科目のうち 32 科目がオンラインのみ，38 科目がオンライン併用となり，徐々にではあるが対面授業への回帰も進んだ．

4.　感染症拡大前後の受講生アンケート比較

単位互換受講生対象に Web 上のシステムでアンケートを実施している．感染症拡大前後の受講生の変化を見る目的で結果の比較をおこなう．ここでは，総合的な視点として「単位互換制度への満足度」に着目した．回答者数は，感染症拡大前の 2018 年度 454 名（履修者数に対する回答率は 24.6%），2019 年度 218 名（同 17.2%），感染症拡大後の 2021 年度 143 名（同 22.8%），2022 年度 155 名（同 25.4%）であった．回答者数および回答率は年度により多少ばらつきはあるが，受講生の 20~25%から回答を得ている．

総合的な単位互換制度への満足度を問う設問への感染症拡大前の各年度の回答は以下のとおりである．(図 1，図 2)

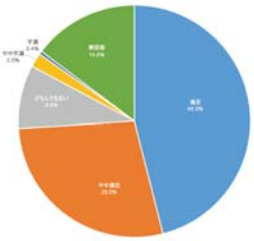


図 1：2018 年度受講生満足度回答

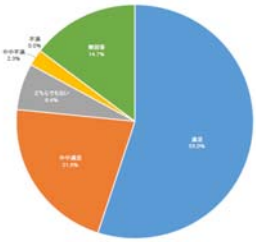


図 2：2019 年度受講生満足度回答

「満足」と「やや満足」の回答合計が 2018 年度 74.0%，2019 年度 76.6%であった．満足度合の配分は若干異なるが，概ね回答者の 4 分の 3 が満足しており，「不満」「やや不満」の回答はいずれの年度も約 2%であった．同じく感染症拡大後の各年度の回答は以下のとおりである．(図 3，図 4)

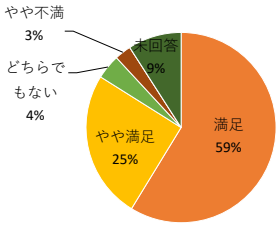


図 3：2021 年度受講生満足度回答

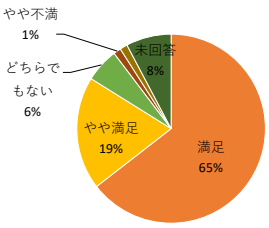


図 4：2022 年度受講生満足度回答

「満足」「やや満足」の回答合計が 2021 年度，2022 年度ともに 84.0%であり，感染症拡大前と比較して満足度は上がっている．本来対面が基本であった単位互換授業の一部または全部がオンラインとなったことにより受講生の評価が下がるのではないかと考えたが，少なくともその様な結果にはなっていない．ただし，オンライン授業に関しては，他大学キャンパスで授業が受けられるという単位互換授業ならではのメリットが得られにくかったといった否定的な自由意見もあった．

5.　まとめと今後の課題

突然の感染症拡大に伴い，2020 年度は大学コンソーシアム京都の単位互換授業も年度始めから開講延期・中止や急遽オンラインへの移行を余儀なくされた．2021 年度は，多くの大学でオンライン授業のための設備や支援体制の整備等も進み，オンライン授業がより多く開講された．2022 年度はそれが更に拡大する一方，対面に戻る授業も増えた．ここ数年で単位互換授業はその在り方や形式が大きく変化したと言えるが，受講生の満足度は下がっていないことがわかった．学習という意味での単位互換授業の役割は従来どおり，もしくは従来以上に果たせていると考えられる．感染症拡大は落ち着きを見せ，今後は新たなノーマルとしての大学教育環境を更に整えていくことになるが，その中での複数大学間の単位互換事業の役割や位置づけを今一度見直していく必要があるのかも知れない．

参考文献

(1) 阿部一晴，安福裕一郎，安部明雄，吉田真士：“感染症拡大下の大学間単位互換授業に対する受講生の評価”，教育システム情報学会，第 47 回全国大会講演論文集，pp.211-212　(2022)
(2) 公益財団法人大学コンソーシアム京都，http://www.consortium.or.jp/　(2023)

学生の質問に対する抵抗感への匿名性の影響分析の試み

A Trial to Analyze the Effect of Anonymity on Student's Hesitation to Questions

岡崎 泰久，脇山 瞳
Yasuhisa OKAZAKI, Hikari WAKIYAMA
佐賀大学理工学部
Faculty of Science and Engineering, Saga University
Email: okaz@cc.saga-u.ac.jp

あらまし：本研究では，大学における授業において，オンラインで匿名での質問を受け付けることが，学生の質問に対する抵抗感にどのように影響を与えるかを調査・分析する．日本では授業中に質問をする大学生は多くない．その理由の一つとして，他者の目を気にすることが考えられる．そこで本研究では，匿名による質問が可能なコミュニケーションツール(Slack)の導入を行う．理工学部一年生を対象とした，Microsoft Teams を利用したオンライン授業において，Slack を匿名で利用可能として，任意で授業への質問やコメントに利用してもらった．その利用状況とアンケート調査結果から，匿名性が，質問へのためらいと疑問点の放置を減らすことへ影響する可能性が示された．
キーワード：質問，匿名，抵抗感，大学生，オンライン授業

1. はじめに

授業における質問は，疑問点の解決や理解の促進につながるとともに，教員へのフィードバックの役割も果たす重要な学習行動であるにもかかわらず，日本の大学生は積極的に質問をすることが少ない問題が指摘され，その要因が研究されている[(1)(2)]．

昨年，我々は質問に対する学生の意識調査を実施し，その分析の結果，他者を意識していることが示され，匿名による質問を受け付けることで，質問のためらいを軽減できる可能性があることを示し，そのための機能の検討を行った[(3)]．

本稿では，昨年の結果を受けて，必要な機能を備えた匿名による質問が可能なコミュニケーションツール選定し，実際に質問ツールとして活用し，その利用状況とアンケート調査の分析を行う．

2. 匿名質問を活用した授業実践

2.1 ツールの選定

Slack (Searchable Log of All Conversation and Knowledge) は，グループチャットや 1 対 1 のダイレクトメッセージなどが利用できるオンラインメッセージングアプリである．メールアカウントだけで登録することが可能であり，匿名で利用することが可能である．また，投稿へのリアクションや通知機能を備えており，必要な機能を満たしている．

2.2 授業での実践

対象とした授業は，理工学部一年生を対象とした専門導入科目であり，2022 年度後学期にオンデマンド形式のオンライン授業で実施した（履修者 104 名）．

授業では，Microsoft Teams での授業動画閲覧，課題提出に加えて，Teams チャネル，Teams チャット，電子メールおよび Slack による質問受付を行った．Slack の利用は任意とし，成績に反映しなかった．

実践期間は 2022 年 11 月 30 日～2023 年 1 月 27 日（第 9 回から第 1 3 回の 6 回授業）で，利用者は 32 名（約 30%)であった．この期間の質問数は 40 件（電子メール 13，Teams 個別チャット 12，Slack 投稿欄 8，Slack ダイレクトメッセージ 7）であった．

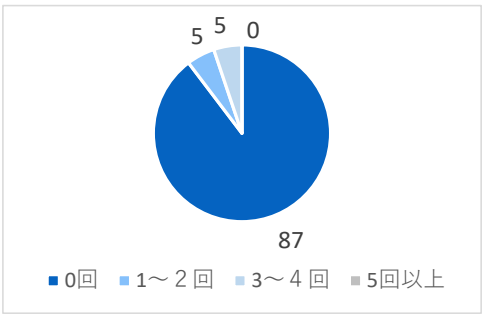
3. アンケート結果と考察

アンケートには 93 名（約 89%)が回答した．アンケート回答結果の抜粋を図 1 に示す. 質問回数（Q1）では 87 名（約 94%）が 0 回と回答し，質問を行っていなかった．質問手段の選択理由としては，「気軽さ」，「説明しやすい」，「早く解決できる」など，解決を優先する傾向がみられた．

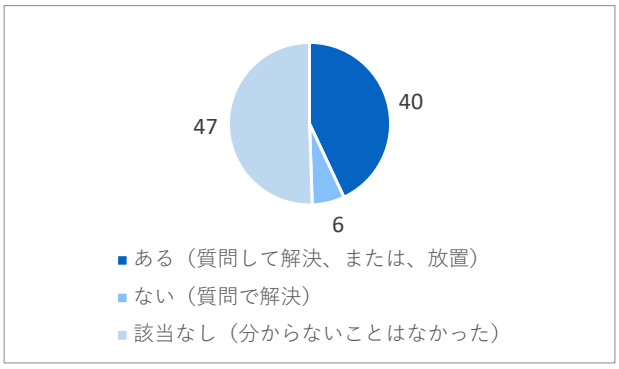
一方で，他の学生に知られずに質問できるからという意見や，やりとりが投稿欄に残らないからという意見もあり，他者の目を気にしていることも改めて示された．

また，わらかないことがあったのに質問しなかったことはあるかという問い(Q6)には，40％があると回答したが，その理由(Q7)は「質問せずに解決できた」ためであった．その内訳は自分で調べて解決が 36%，自分でよく考えて解決が 32%，友達に聞いて解決が 23%であった．一方で，質問するのをためらったという回答が 4 件（5%）あった．Slack 導入のメリット(Q21)では，「匿名で質問できる安心感」，「抵抗なく質問できる」など匿名性により，安心感や抵抗感の軽減が示された．

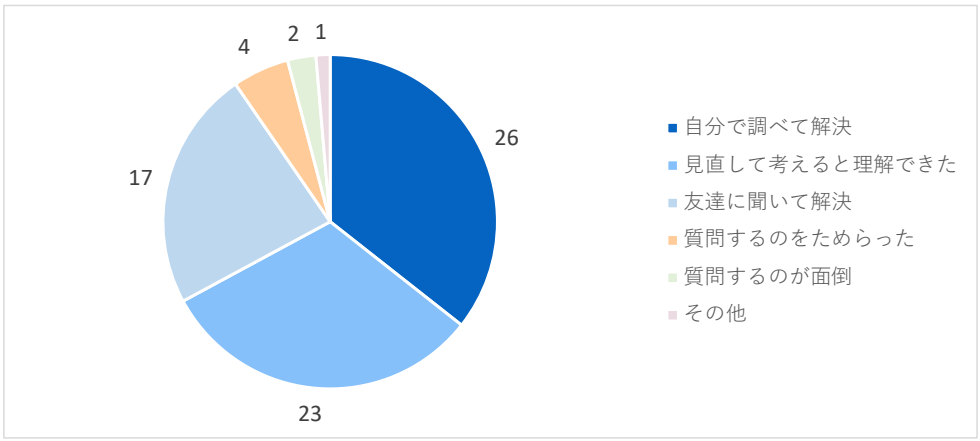
Slack と Teams ではインタフェースや利用方法が異なり，使いやすさなど匿名性以外の要素もあるため単純に比較はできないが，匿名で質問可能な手段を設けることが，質問へのためらいや疑問点の放置を減らすことへつながる可能性が示された．一方，質問数への影響は限定的であり，その背景として，質問の共有への意識が低いことが推察される．



Q1. 授業での質問回数



Q6. 質問をしなかったことの有無



Q7. 前問で「ある」の理由

Q21. Slack 導入のメリット

図 1 アンケート結果抜粋（Q1，Q6，Q7，Q21）

4. まとめと今後の課題

本稿では，大学での授業において，オンラインで匿名での質問を受け付けることが，学生の質問に対する抵抗感にどのように影響を与えるかを調査・分析した．匿名で質問可能なコミュニケーションツールの利用状況とアンケート調査の分析から，質問へのためらいと疑問点の放置を減らすことへの影響が認められ，匿名による質問は一定の効果があると考えられる．

一方で，質問数の目立った増加は無く，匿名でも質問をためらった事例もあり，その原因分析および解決に向けた取り組みの検討は今後の課題である．

参考文献

(1) 無藤隆，久保ゆかり，大嶋百合子：“学生はなぜ質問をしないのか？”，心理学評論，23 巻，1 号，p. 71-88 (1980)
(2) 藤井利江，山口裕幸：“大学生の授業中の質問行動に関する研究：学生はなぜ授業中に質問しないのか?”，九州大学心理学研究 4, pp.135-148 (2003)
(3) 岡崎泰久，脇山瞳：“質問に対する学生の意識調査に基づく匿名質問掲示板の基本要件の検討”，教育システム情報学会第 47 回全国大会講演論文集, pp.229-230 (2022)

外国語学部における中途退学者の分析

Analysis of Dropouts in the Faculty of Foreign Studies

仲田 知弘[*1]，浜 正樹[*1]
Tomohiro NAKADA[*1], Masaki HAMA[*1]
[*1] 文京学院大学外国語学部
[*1]Faculty of Foreign Studies, Bunkyo Gakuin University
Email: tnakada@bgu.ac.jp

あらまし：日本の大学は，進学者が高まるつれて中途退学者が約 8 万人に達成した．また，多くの大学では学習支援や教学インスティテューショナル・リサーチを設置し，中途退学者の対応や分析を行っている．本学もまた，中途退学者が目立つようになり，中途退学者の特徴を知る必要がでてきた．そこで，本稿では，文京学院大学外国語学部における中途退学者の成績評価に基づいて分析を行い，外国語学部の中途退学者の特徴を明らかにする．

キーワード：外国語学部，中途退学者，成績評価，教学インスティテューショナル・リサーチ

1. はじめに

近年，日本の大学は進学率が高まるにつれて，中途退学者が増加し，学習支援全般について全学的な方針を定めている大学が増えている [(1)]．さらに，大学の教学インスティテューショナル・リサーチ(IR)を含めた教員や研究者は，各学部の中途退学者の分析や分析方法の提案が行われている [(2)] [(3)] [(4)]．その中で，大河内ら [(2)] は，工学系の大学で高校の数学のテスト結果から休学や退学を予測する方法を提案している．中本ら [(3)] は，外国語学部生の特徴として，1 年次の低い単位取得者の留年や退学に至ることが高くなると述べている．白鳥 [(4)] は，中途退学者のうち，退学者と除籍者の扱いが大学によって異なることを述べている．

本学もまた，中途退学者が目立つようになり，学生の個別面談等の対策を実施している状況である．しかし，学生の個別面談は，多くの教職員が関わり，教職員の負担が大きい．そこで，本学では“科目履修システム”と“在籍情報システム”の活用を検討し，退学者の成績を分析した [(5)]．しかし，中途退学者の除籍者の分析を行っていない．

そこで，本稿では，外国語学部生の成績を分析し，中途退学者の特徴を把握する．

2. 利用データと分析方法

利用するデータは，文京学大学外国語学部の“科目履修システム”と“在籍情報システム”から 2015 年入学者から 2018 年入学者までの中途退学者のデータを抽出した．なお，これらのデータは，2022 年 9 月現在のデータに基づくものである．中途退学者は，退学者と除籍者に分けることができる．本学の退学は，“退学願”が有り，学納金が納入済みであることを条件としている．また，本学の除籍の条件は，下記の 4 点である．

・最長在学年限（8 年）を超えた者
・学費の納付を怠り，催促してなお納付しない者
・所定の休学期間を超えてなお復学しない者
・長期にわたり行方不明の者

そこで，中途退学者のうち退学者データは，4 年間で 134 名分を分析対象とした．除籍者データは，4 年間で 114 名分あるが，空白データが多い 1 名分を削除し，113 名を分析対象とした．本稿では，それぞれの特徴を比較するため，記述統計やクロス集計を用いて比較する．

3. 分析結果

3.1 入学年度における退学と除籍の時期

本稿では，入学年度の退学者と除籍者に分け，その年度ごとに，中途退学の処理が行われた時期を表 1 のように割合で示した．表 1 で 30%以上に着目すると，退学は 1 年目から 2 年目にあり，除籍は 2 年目から 3 年目にある．特に，各年度の 1 年目と 2 年目の退学者を合計すると，退学者のうち 5 割を超えている．除籍者もまた時期が遅れるぐらいで，各年度の 3 年目まで 5 割を超えている．一方，年数が増えるにつれて退学も除籍の割合も減る傾向にある．

表 1 退学と除籍の時期

	2015年		2016年		2017年		2018年	
	退学	除籍	退学	除籍	退学	除籍	退学	除籍
1年目	31%	23%	38%	14%	24%	17%	26%	21%
2年目	19%	14%	35%	27%	32%	45%	38%	39%
3年目	22%	17%	12%	32%	24%	24%	12%	21%
4年目	16%	20%	8%	14%	15%	10%	24%	11%
5年目	9%	14%	8%	9%	6%	3%	0%	7%
6年目	3%	6%	0%	5%	0%	0%	–	–
7年目	0%	6%	0%	0%	–	–	–	–
8年目	0%	0%	–	–		–	–	–

3.2 退学者と除籍者の成績

表 2 は，退学者と除籍者を分けて，成績評価と取得科目数（平均）の関係を示したものである．成績評価の中で割合が多いのは，B（70 点か 80 点）や C（60 点から 70 点）に次いで，F*（失格）となっている．F*（失格）とは，出席回数が基準を満たしていない時の評価であり，授業を欠席していることを示す．また，退学者や除籍者は，80 点以上の A や AA 等の評価が少ないことを示している．退学者と除籍者は，多少の違いがあるものの，授業を欠席した F*の評価を多く取得する傾向がある. 不合格 (F) や試験欠席（F-）の割合が少ないことを考えると，授業に出席することが重要である．

表 2 成績評価と取得科目数

		退学		除籍	
評価	成績	取得科目数(平均)	取得科目の割合	取得科目数(平均)	取得科目の割合
AA	100-90	1.4	2%	1.1	3%
A	90-80	5.4	10%	5.2	13%
B	80-70	14.4	25%	15.3	38%
C	70-60	14.1	25%	14.5	36%
F	不合格	4.2	7%	4.1	10%
F-	試験欠席	2.4	4%	2.7	7%
F*	失格	12.7	23%	13.0	33%
N	認定	1.5	3%	0.5	1%
P	合格	0.4	1%	0.3	1%

3.3 失格者の多い科目

中途退学者は, 失格の評価 (F*) が多いことから, 退学者と除籍者の失格の多い科目を集計した．その結果を表 3 と表 4 に示す.

表 3 退学者の失格の多い科目

	2015	2016	2017	2018
1位	外国文学	Integrated Skills Ⅰ-a	情報処理演習b	人間共生論
2位	情報処理演習b	Reading Ⅰ-a	心理学a	Integrated Skills Ⅰ-a
3位	大学入門・活用	情報処理概論a	地球環境論Ⅱ	Reading Ⅰ-a

表 4 除籍者の失格の多い科目

	2015	2016	2017	2018
1位	情報処理概論a	Integrated Skills Ⅰ-a	情報処理概論b	人間共生論
2位	Writing Ⅰ-a	外国文学	情報処理演習b	Writing Ⅰ-a
3位	情報処理演習a	Reading Ⅰ-b	マーケティング概論a	Integrated Skills Ⅰ-a

退学者と除籍者の失格の多い科目の 1 位は，2016 年から 2018 年までが同じ科目であるが, 英語系科目, 情報処理科目, 大学共通科目と異なる科目群である．これらの表からは，これ以上の共通点や差異を見つけることができないことから，特定の科目から退学者や除籍者を抽出できないと考えられる．

4. 考察

大河内ら [2] のように工学分野では，工学の基礎である数学の試験から中途退学者（退学者や除籍者）の予測可能である．しかし，本学の外国語学部は，表 3 や表 4 の結果を踏まえると，英語系科目だけでなく，情報系科目やその他の科目も中途退学者の要因になっていると考えられる．一方，本稿では，中本ら [3] と同様に低い単位取得者が中途退学者になる傾向を示し, 成績評価の失格 F*が重要であると考えられる．また．退学や除籍の理由は，学力不足だけではなく，進路変更や経済的理由が挙げられるが，本当の要因はわからない．

5. まとめ

本稿では，文京学院大学の外国語学部生の中途退学者を分析し，下記の通り，中途退学者（退学者と除籍者）の特徴を示した．

退学者の割合は 1 年目から 2 年目が多く，除籍者の割合は 2 年目から 3 年目が多い傾向を示した．退学者と除籍者の取得科目数は，評価の B や C，失格の F*が多く, 評価が高い AA や A が少ない特徴を示している．しかし，失格の F*の科目は，退学者と除籍者が 2016 年から 2018 年の第 1 位を示しているが限定的であり，年度ごとに変化した．これらの事を踏まえると，特定の科目で中途退学者を見つけることは難しい．一方，学生の成績評価の失格 F*は，退学者でも除籍者でも同一の特徴があるので，中途退学者の一つの指標になると考えられる．

よって，今後の課題は学生の成績評価を活用した外国語学部における中途退学者の予測モデルを検討することである．

参考文献

(1) 日本学生支援機構:“大学等における学生支援の取組状況に関する調査（令和 3 年度（2021 年度））結果報告”（2022）
(2) 大河内佳浩, 山中明生:“プレースメントテストや高校の履修状況などのデータを用いた初年時成績不振者の早期発見”,日本教育工学会論文誌, Vol.40, No.1, pp.45-55 （2016）
(3) 中本陵介, 桜井延子:“外国語学部生のつまずき傾向の分析および支援対策等に関する報告”, 高等教育フォーラム, Vol.9, pp.59-69 （2019）
(4) 白鳥成彦:“中退防止における 2 つの IR アプローチ - 高大接続アプローチと教学アプローチ - ”, 第 7 回大学情報・機関調査研究集会, pp.106-111 （2018）
(5) 仲田知弘, 浜正樹:“外国語学部における科目履修システムに基づく分析”, 電子情報通信学会 2023 年総合大会, p.113 （2023）

異なる学習形態から得られる出席ログの解析を目指したログの可視化の検証

An integrated analysis of logs obtained from different study styles

讃岐 勝[*1], 柳川 信[*2]
Masaru Sanuki[*1], Makoto Yanagawa[*2]
[*1] 筑波大学医学医療系
[*1]Institute of Medicine, University of Tsukuba
[*2] 筑波大学国際局
[*2] Bureau of Global Initiatives, University of Tsukuba
Email: sanuki@md.tsukuba.ac.jp

あらまし：本稿では，コロナ禍で実施されたオンデマンド授業・ハイブリッド授業・ハイフレックス授業と異なる学習形態から得られたログを一元的に扱い解析した一例について述べる. ログの取得方法から異なるためログの標準化および画像化することでクラスタリングを行い学習形態の推移について分類を行い，学生の行動について検討を行う.
キーワード：ログ解析，ハイブリッド授業，対面授業

1. はじめに

コロナ禍で実施された授業の実践例，動画視聴の解析など多くの報告がなされている．ログを利用した研究として，ページの遷移を観察することによる習熟度の考察などがある(1)．種々の授業形態に関する報告も多く報告されているが各々の授業に関して1つの視点で俯瞰する研究はほとんど存在しない．

本稿では，筑波大学医学群医学類（医学部医学科に相当．以下，医学類）の 2020 年 4 月～2023 年 3 月までの異なる授業形態から得られた出席ログを用いて解析を行う．オンデマンド授業(2020.4-2020.8), 対面とオンデマンドを選択できるハイブリッド授業(2020.9-2021.3), 対面とライブ配信を選択できるハイフレックス授業(2021.4-2022.3)と異なる授業形態から得たアクセスログを用いて，対面と配信される授業を選択する学生の傾向についてログから考察する．

解析するため，ログをクラスタリングするが，ことなる学習形態を一元的に扱うため，2 章ではログの標準化と画像化について述べ，3 章で解析結果の検討をし，4 章でまとめる．

2. ログの標準化と画像化

2.1 ログの取得

対面授業では各教室に設置されたカードリーダに学生証にかざすことで出席が記録される．オンデマンドおよびライブの配信は Mediasite 社の配信サーバを利用して実施した．視聴はブラウザを利用してシボレスに認証によって学生を認証する．接続時間と閉じた時間によって接続されていた時間を記録する．接続する URL は講義室によって異なるが，連続して実施される場合もあるため 1-2 限，3-4 限，5-6 限で URL を切り替えるにした．

2.2 標準化

本稿では，異なる授業形態における出席時間を可視化する．出席時間は次のように計算する．対面授業の出席時間（参加時間）は，“授業終了時間と授業開始時間との差”と“授業終了時間と記録時間との差”の最小値．オンデマンド授業は視聴時間，ライブ授業は対面授業と同様の方法で計算した（筑波大学の授業は 1 コマ 75 分）．複数コマ連続の場合，ライブ授業の記録では，最長 75+75+15 の最大 165 分の視聴時間となる(15 分は休み時間).

2.3 画像化

ログを標準化した上で，どの授業形態での参加なのか解析する上では必要である．本稿ではログを画像化することで 1 つの画像の中に異なる授業形態のログを埋め込むことにした．特徴量を出すために画像して解析することはゲノム解析などでも行われる手法であり，本稿ではこれを採用する．

画像は次の手順でユーザごとに作成する．

1. 3 つの授業形態についてフラグをつける．
2. 授業の参加時間（対面），ないし，視聴時間（オンデマンド）を計算する．
3. 時間軸を横軸，縦軸を参加時間，ないし，視聴時間とした棒グラフを授業形態ごとに色を変えてプロットする．

次の図は，ある 1 学生のログを上記手順によって可視化したものである．

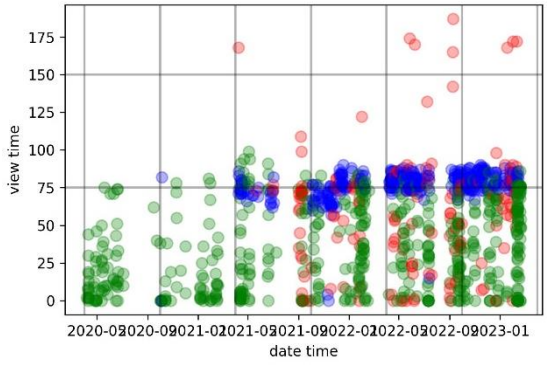


図 1 ログを可視化したもの

図 1 より，次の情報を得ることができる．

- 2020 年度はオンデマンドによる視聴
- 2021 年は対面授業とオンデマンド（おハイブリッド）による出席
- 2022 年は対面授業をメインにライブ配信も利用．オンデマンドによる復習を行っている．

視聴時間 0 分の記録が多くされているが，サーバへの接続が不安定であったことを表しており，データの不備ではないことを注意しておく．

出席記録を確実にするため授業ごとに再表示をするユーザもおり，図 2 のような画像として区別できる画像が生成されている(この学生はライブ配信を多く利用したユーザ．復習のためにあまり利用していないことが図から読み取れる．)．300 分以上の接続はブラウザを閉じずにそのまま放置されていたことを表す．

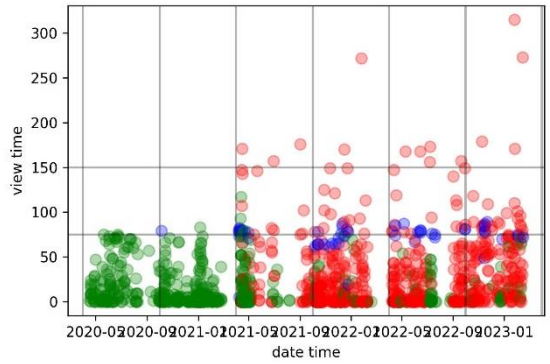


図 2　授業ごとにブラウザの再読み込みをした学生

それゆえ，画像自身は情報を適切に表現する方法であるとみなして，次の章にある実験に進んだ．

3.　クラスタリングと解析

画像化したログをクラスタリングし，ログを分類する．本稿では，k-means 法によってクラスタリングを scikit-learn のモジュールを用いて python 上で実行した。

対象は，2020 年度から 2022 年度に在籍がある筑波大学医学群医学類生の 1110 名である．休学・留年などの情報は反映せず，登録された学生をそのまま利用した．途中の年度で卒業した学生について，次年度以降は何も視聴していないことが記録されることから，今回は卒業した学生はログから区別できると判断し特別な検討はしない．

3.1 結果と検討

学年を分けずに解析したため，計 8 学年分の学生の行動をクラスタリングすることになってしまった．そのため，妥当な分割数が 100 以上と膨大になってしまった．ただ生成させた各クラスタを見ると，次のような傾向が見られた．

- 対面受講の学生は，PC で視聴する学生よりもオンデマンドによる復習は行わない．実施したとしても限られた箇所（授業中，疑問に思ったことと推察）を視聴している傾向があった．
- 対面受講からライブ配信へ授業を切り替える学生は多かった．一方で，ライブ配信から対面受講に切り替える学生も一定数いた．数名に直接確認したところ，出席ログが保存されていることを確認できたので気切り替えた，接続が不安定で出席ログが残されているか不安に感じたため，切り替えていた，と出席確認は出席のために寄与すると考えられる．
- 出席ログを残すために，対面講義に参加しながら視聴をする学生も存在した．

学年ごとに傾向があるとすると，学年ごとのクラスタ数は 10 程度になるはずである．図 1～図 3 は同じ学年の画像ログであるが，それぞれ別のクラスに分類されている．

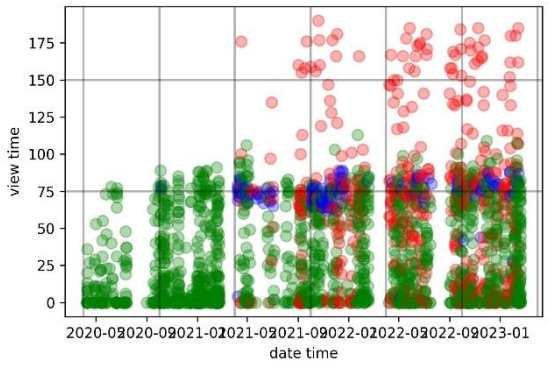


図 3 色がたくさんある画像

入学年ごとにログを同一手法でクラスタリングを行うと 10 程度のクラスに分類される．対面授業を主にした学生，配信を利用した学生，オンデマンドコンテンツを利用した学生，復習に多く利用・多少利用といった傾向を見て取ることが出来た．

4.　まとめ

本稿では，授業の参加時間，ないし、視聴時間をもとにログを画像化し，それをクラスタリングすることで学生の傾向を読み解くことに試みた．学習の傾向を観察するだけであれば本稿で述べた方法は有効であると考えられる．ただし，いずれの学習形態においても授業を理解することが最優先事項であり，成績データとの連結が不可欠であることを認識した．また，視聴開始時間のデータを組み合わせることで，夜に学習するユーザが実は多数存在して，朝学校にいけないのでライブ配信を視聴していたではないか，など深く解析をすることが可能と思われる．

参考文献

(1)　J. A. Larusson, B. White (Eds.), Learning Analytics: From Research to Practice, Springer (2014).

高等教育機関における IR の大学別特徴の抽出に関する基礎調査
—コサイン距離、Multidimensional Scaling Method (MDS)、散布図による可視化—

An Initial Investigation on the Extraction of University-specific Features in Institutional Research (IR) in Higher Education Institutions
- Visualization Through Cosine Distance, MDS, and Scatter Plots -

高松 邦彦[*1], 稲倉恒法[*1], 松本清[*1], 今井匠太朗[*1], 森雅生[*1]
Kunihiko TAKAMATSU[*1], Tsunenori INAKURA[*1], Sayaka MATSUMOTO[*1], Shotaro IMAI[*1], Masao MORI [*1]
[*1] 東京工業大学
[*1] Tokyo Institute of Technology
Email: ktakamatu@irds.titech.ac.jp

あらまし: 本稿では, コサイン距離、Multidimensional Scaling Method (MDS)、散布図による可視化により、高等教育機関における IR の大学別特徴の抽出に関する基礎調査を行った。その結果、IR を単純に分類できないため、我々が提案しているオントロジー解析が必要となることが示唆された。
キーワード: Institutional Research (IR), 高等教育, MDS

1. はじめに

IR が国内に紹介されて､18 年余りが過ぎようとしている。これまで、高等教育領域の研究者を中心として、IR のあり方やデータ分析の実践報告など数多くの研究、それらを踏まえた研修プログラムも多くなされてきた。また、文部科学省の後押しもあって高等教育機関などでの IR 組織の設置が進みつつある一方、IR 組織をどのように活用すれば良いかわからないという声も少なからず聞く。

2. 3 つの課題

我々は IR の学術性と実務に必要なスキルや技術の研究調査を令和 4 年より開始した(科研費研究事業 22H00077)。本研究の核心をなす学術的問いは、「IR を学問領域として確立する意義は何であり、そのためにはどのような活動が必要か」である。この問いの背景には、IR は大学行政の一手段であって学術研究としての価値はあるのか、といった批判的問いも聞かれる実態がある。これまでに様々な海外事例の研究が報告されるも､国内の IR 技能の一般化が進んでおらず、その教育プログラムの一般的実装も少ない。それを踏まえ、我々は本研究をもって IR の学問領域や要件を明らかにし、実務従事者にもとめられる IR 技能の涵養に寄与したいと考える。

こうした問いへの答えをなすものとして、我々は IR の学術化に向けた次の 3 つの課題を立てて、それぞれの研究を進めている。

1. 学術的に体系化のオントロジーの確立
2. スキルセットの実装
3. 情報基盤･情報技術の確立

この課題 1 において、松田ら[(1)]は IR に関する英語論文調査から 7 つの大分類・47 の小分類（以下、松田分類）を導出している。一方、関東地区 IR 研究会監修の大学 IR スタンダード指標集[(2)]（以下、スタンダード指標）では、日本の高等教育機関で用いられている IR に関する指標 139 個が紹介されている。

また我々は､IR に関する様々な情報（指標､業務、技能等）を分類・整理していくためには、従来の情報量を削減していく統計的手法よりも、情報量を削減しないオントロジー解析の方がより適切であると考えている。

そこで本研究では、オントロジー解析に先立ち、従来の統計的手法を用いて、松田分類によるスタンダード指標の分類が可能かどうか検証を行った。

3. 方法

まず、スタンダード指標と松田分類を著者らがクロス表にまとめた。松田分類の大分類は、下記の 7 項目から構成される。

1. 教育の室保証
2. 学生支援
3. マネジメント・教育期間経営
4. 分析手法・統計
5. システム開発・評価
6. 研究成果評価
7. 公共政策

このクロス表は、行に 47 項目の松田分類の小分類を、列に 139 項目のスタンダード指標を配置した 6533 (=47×139)セルから構成されている。

本研究では、行、すなわち松田分類を、139 次元のベクトルとみなして､コサイン類似度を計算した。コサイン類似度は-1 から 1 の値を取るため、距離として取り扱うためには、距離の公理を満たす必要がある。距離の公理は、集合X上で定義された実数値関数$d: X \times X \to R$が、任意の$x, y, z \in X$に対して次の条件を満たしているとき、写像dをXの上の距離関数

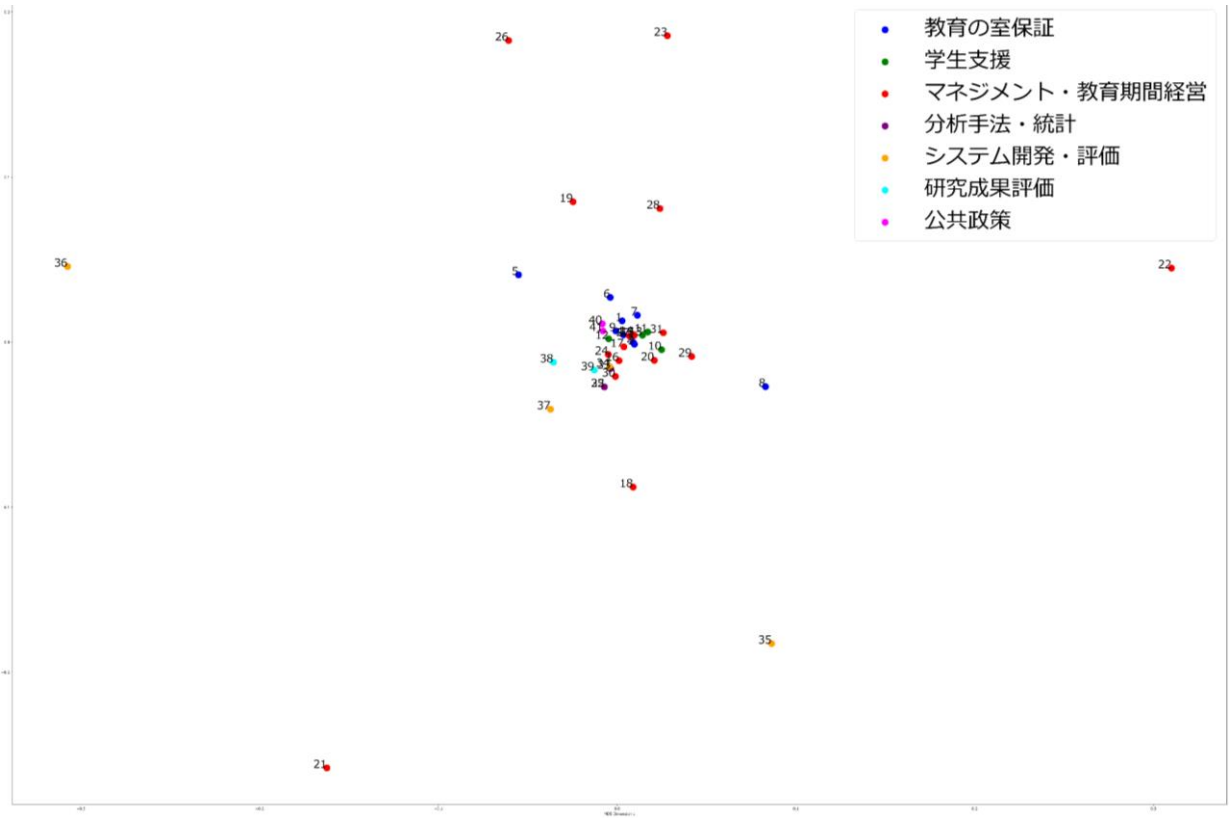


図1　47項目の松田分類と139項目のスタンダード指標のクロス表を元にしたコサイン距離をMDSにより次元圧縮して散布図として可視化：松田分類の大分類、教育の室保証、学生支援、マネジメント・教育期間経営、分析手法・統計、システム開発・評価、研究成果評価、公共政策を色別にして可視化した

という。

1. $d(x,y) \geq 0$
2. $x = y \Leftrightarrow d(x,y) = 0$
3. $d(x,y) = d(y,x)$
4. $d(x,z) \leq d(x,y) + d(y,z)$

1の非負性は、2から4をもとに導くことができるので、公理に含めないこともある。コサイン類似度はこの1の非負性を満たしていないため、コサインコサイン類似度に1を加えたり引いたりして非負性を得た上で、コサイン距離とした。

このコサイン距離をもとにMDS（Multi-Dimensional Scaling；多次元尺度構成法[3]）により、次元を2次元まで削減し、散布図として可視化させた（図1）。

4.　結果と考察

図1では、松田分類の大分類を松田分類の大分類の7項目、教育の室保証、学生支援、マネジメント・教育期間経営、分析手法・統計、システム開発・評価、研究成果評価、公共政策を色別にして可視化した。図1では、ほとんどが真ん中にかたまり、その周辺にマネジメント・教育期間経営が配置される結果となった。

当初は、7項目から構成される松田分類の大項目がきれいに2次元状に分類されることを期待して解析を行ったが、そのような結果とはならなかった。このことは、次元圧縮による情報量の削減によって、大分類・小分類の分類が解析的には一致しなかったことを示している。本研究の結果からは、我々が作成したクロス表では松田分類と大項目について一致を見いだせず、また、IRを単純には分類できないため、我々が提案している“情報量を削減しない”オントロジー解析が必要となることが示唆された。

参考文献

(1)　松田岳士, 杉原亨, 石井雅章. “研究としてのIRはどのような学問分野をカバーしているか—英語文献調査の結果が示すもの—”. 大学情報・機関調査研究集会 論文集 第11回大学情報・機関調査研究集会 論文集. 日本インスティテューショナル・リサーチ協会, 2022, p. 170–173.

(2)　松田岳士, 森雅生, 姉川恭子, 相生芳晴. 大学ＩＲスタンダード指標集 教育質保証から財務まで. 玉川大学出版部, 2017.

(3)　Carroll J Douglas, Arabie Phipps. Multidimensional scaling. Measurement, judgment and decision making. 1998, p. 179–250.

知識伝達を支援する適応的学習環境について

Adaptive Learning Platform that Support Knowledge Transfer

金西 計英[*1], 石田 基広[*1], 戸川 聡[*2]
Kazuhide KNENINSHI[*1], Motohiro ISHIDA[*1] and Satoshi TOGAWA[*2]
[*1] 徳島大学
[*1]Tokushima University
[*2] 四国大学
[*2]Shikoku Univerity
Email: marukin@cue.tokushima-u.ac.jp

あらまし：大学の初年次教育の分野において，知識の伝達を目的とした科目が存在する．知識伝達の学習形態として，講義形式のものと演習の繰り返しによる自学自習を想定することができる．自学自習の環境では，教材（コンテンツ）と問題が科目（コース）として配置されるが，これは一般的なｅラーニングのシステムと同じ構成である．ただし，自学自習の環境は，問題を問題プールで管理し，問題の解答履歴や問題の出題を管理する機能が追加される．また，学習過程に基づき，助言を与える機能も追加される．学習過程を支援する機能を持つことで，適応的な学習が実現すると考える．本稿では，我々の想定する自学自習環境の構成や，そこでの学習の様子について述べる．
キーワード：CBT，IRT, Q-Matrix，強化学習，e-Learning，知的学習支援システム

1. はじめに

国内の高等教育機関において，初年次向けの科目（例えば，物理や数学）の中には，知識伝達を目的とするものがある．我々は，知識伝達を目的とした科目は，多様な形式の学習が可能であり，講義による授業がある一方で，自学自習による学習も存在すると考える．それは，講義形式による一斉学習が，必ずしも効果的な方法とは言えないからである．学習を始める段階で,学習者の理解状態は多様である．多様な学生に対応するには，一斉講義よりも，個別対応が望ましい．理想的には，学生一人に教員一人を配置できれば良いが，そのような学習環境を実現することは経済的な点から困難である．

そこで，我々は，計算機の支援による個別化された自学自習環境の提供が可能と考える．自学自習の様子を外から眺めるかぎり，学習者はコンテンツの視聴と演習問題を解くといった行動を繰り返しているように見える．コンテンツの視聴だけで知識が定着することは少なく，演習（問題を解く）を繰り返すこと，反復練習が必要となる．

人工知能研究の成果を用いることで，反復練習における個人の特性に合わせた，個別化の支援が可能になると考える．本研究では，演習に基づく学習の個別化，適応的学習環境の実現を目指す．具体的な対象として，高等教育の初年次教育における基礎的な知識伝達（情報科学等）を目指す，演習ベースの自学自習を支援する適応的なｅラーニングシステムの構築を目指す．以下では，ｅラーニングシステム（学習環境）の概要について述べる．

2. 演習に基づく自学自習

我々は，基礎的な知識の伝達を目指す自学自習を想定している．学習者はある領域の知識の獲得を目指している．学習環境では，教材（コンテンツ）が用意されており，教材を用いて学習が進む．学習者は，まず，知識が記載されたテキストや動画を通読（視聴）する．その後，知識の定着（確認）のため演習問題を解く.自学自習では,この通読や演習を，繰り返すことになる．対象とする知識の獲得が終了したと学習者が判断したとき，確認のため試験に臨む．試験の結果が閾値を超えていれば，客観的に学習は終了したものと判断される．

自学自習は，学習環境に予め用意（収納）されているコンテンツ（教材）を対象に，学習者のいろいろな学習上の行動から構成される．学習の過程は，開始から,終了までの一連のながれである(途中で，一時中断と，再開はおこなわれることがある)．

学習環境の教材(コンテンツ)を教材要素と呼ぶ．教材要素は，大きく，知識伝達素材と演習問題の 2 つに分けることができる．知識伝達素材は，動画や文書等，多様な形態のものに細分される．演習問題もいろいろなものが想定される．ここでは，CBT で用いられる選択肢形式のものを想定する(あるいは，完全一致形式の空欄補充形式の問題も含むものとする)．

自学自習中の行動も，幾つかの基本的な行動に分類することが可能である．基本的な行動を，学習行動要素と呼ぶことにする．自学自習の学習行動要素は，コンテンツの視聴，演習を解く，試験を解くの 3 種類に分類することができる．ここでは，コンテンツ，演習，試験と省略する．この学習要素は，さらに細分化することは可能である．演習を解くは，先に解いた問題と同じ問題を解く，先に解いた問題より易しい問題を解く，先に解いた問題より難しい問題を解く，先に解いた問題と関連する問題を解くといった，行動に分けることができる．

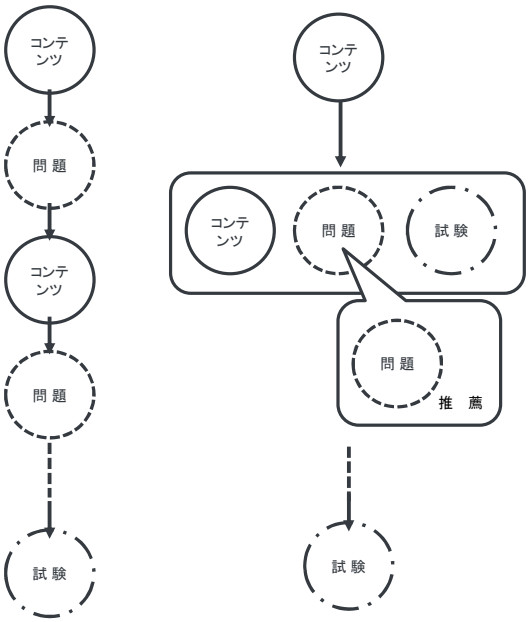


図 1. 学習過程の様子

また，上述の通り，自学自習は，学習行動要素が，開始の行動から，終了の行動までの，学習行動要素が一連に連なった状態遷移として捉えることができる．これを学習過程と呼ぶ．学習過程は，学習者によって，多様になることが想定される．ただし，コンテンツは有限であることから，学習過程を効率化することは可能といえる．ここでの効率化とは，学習過程は学習行動要素の遷移であり，遷移数が小さくなる状態を想定する．

3. 学習環境

我々が想定する適応的学習システムとは，学習者に教材を順次提示し自学自習を支援する一般的なｅラーニングシステムに CBT（Computer Based Test）を組み合わせたものである．ｅラーニングシステムでは，教材要素のコンテンツと，演習問題が管理される．演習問題は，問題プールと呼ばれるデータベースで，一元的に管理される．適応的学習システムには，一般的なｅラーニングシステムに加え，演習の解答履歴の管理と，演習問題を選択して提示する機能を拡張することになる．また，学習遷移において学習者に助言を示す，推薦機能を加えてたものになる．また，学習者の理解度をシステム内で示す学習者モデルも持つ．システムを利用した学習者の演習問題の解答履歴から，演習問題の難易度の算出と，問題間の構造を Q-Matrix 形式で算出し，解答履歴の管理機能で結果を保持しておく．演習問題の選択機能は，学習者に提示する問題を，得られた難易度と Q-Matrix，および学習者モデルに基づいて選択をおこなう．助言システムは，学習者の学習履歴と，他学習者の学習履歴をもとに，学習状態の遷移に対する評価関数を学習に基づいて得ることで，学習者状態を評価し，助言を示す．

ｅラーニングシステムで，コース（科目）が学習者に提供される学習の単位となる．学習者は，コースを終了することが目標となる．コースは，グループ化された単位（章）に，分かれている．複数の章から構成される（コースのボリュームによっては，章がさらに細分化（節）されて管理される）．学習者は，最初の章から，最後の章までを，順次進めることになる．最後の章は，CBT による試験となる．各章には，コンテンツと演習が配置される．演習問題は，複数の問題が用意される．演習問題は，問題プールから幾つかの問題が選ばれ，コースに配置される．演習用の問題と試験用の問題を分けることが望ましいが，問題の総数によって，演習用と試験用を分けることが難しいことも想定される．学習者は，章単位で学習を進める．章の学習が終わったと判断した場合，章の終了をシステムに通知する．その際，システムから，終了を宣告した章を再度学習した方がよい，次の章に進んだ方がよいといった助言が提示される．この段階で，各章に配置された演習問題は，新たな演習問題が選択し直される．

一般的なｅラーニングシステムのコースでは，配置されたコンテンツや演習問題は，静的（固定）であると考えられる．適応的な学習システムでは，演習問題は，学習者の理解状態によって変化する．学習の進度によって，選択し直される．理解状態によって，難易度等が調整されることになる．また，学習状況が評価され，繰り返し学習することが促される．問題の選択と助言によって，学習の個別化が実現されると考える．

4. まとめ

本稿では，高等教育機関における適応的学習システムの概要について述べた．まず，自学学習の概要について述べた．その上で，自学自習を計算機上で支援するための，適応的な学習システムの概要について述べた．適応的な学習システムは，通常のｅラーニングシステムに，問題を管理する機能と助言を与える機能を付加したものになることを述べた．今後，システムの構築を進める予定であるが，演習問題の蓄積と学習履歴が重要であり，サービスを広く公開することを前提に研究協力者を集めデータの収集を進める予定である．

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 22K12292）等の支援を受けた．

参考文献

(1) 加藤 健太郎, 山田 剛史, 川端 一光 “R による項目反応理論項目応答理論,” オーム (2014).
(2) K. Tatsuoka, “Cognitive Assessment: An Introduction to the Rule Space Method” Routledge (2009).
(3) 金西 計英, 石田 基広, 戸川 聡 “適応的学習環境における誘導について,” 教育システム情報学会第 47 回全国大会講演論文集, 299-300, (2022).

日常経験をリソースとした振り返り支援機能の設計と開発
－予定表の記述をそのままポートフォリオに－
Design and Development of a Reflection Support Function Using Everyday Experience as a Resource
- Utilization of Schedule Descriptions in Portfolios-

平岡 斉士*1, 小村 道昭*2
Naoshi HIRAOKA *1, Michiaki OMURA*2
*1 放送大学
*1 Open University of Japan
*2 株式会社アルベッジ
*2Arbege Corporation
Email: hiraoka.naoshi@ouj.ac.jp

あらまし：b ポートフォリオは読書経験をリソースとして、自らの考え方を形成・更新することを支援するシステムである。b ポートフォリオに、読書以外の多様な経験をリソースとして学びの振り返りを支援する新機能を搭載した。この機能は、カレンダーに記入された「予定」とその結果の記述を「経験記録」として学習の素材として活用するものである。この機能によって、読書経験の振り返りを足場掛けとしてポートフォリオでの学習を経験した学習者が、生涯に渡る多様な経験を踏まえた学習をリソースとしてポートフォリオによる学習ができるように支援する。
キーワード：ポートフォリオ　生涯学習　多様な経験の振り返り　読書経験

1. はじめに

筆者らは、「読書経験をリソースとして、自らの考え方を形成・更新することを支援するポートフォリオシステム（以下、b ポートフォリオ）」を設計・開発・公開した(1)。本システムは、教育機関に所属していない人が自由に使える e ポートフォリオシステムであること、ポートフォリオによる学びのスキルがない人がまずは読書経験を振り返ることからポートフォリオでの学びの練習をしていける点を特徴とした。複数の読書経験から自身の「考え（これをコルブの経験学習モデル(2)のマイセオリーにあやかってマイビリーフと名付けた）」を深め、それを更新していくことで、自身の学習経験を横断して考察する経験とスキルを得てもらうことを期待したのである。

本システムにおいて、読書経験は学習の素材の一つであり、ポートフォリオを用いた学習の初心者にとっての足場かけと位置づけている。次のステップは、読書以外の経験からの学びの振り返りを支援することである。本発表では、多様な日常経験を学習の素材として活用できるポートフォリオシステムの機能の設計と開発について説明する。

2. 予定表機能の設計思想

人は日常で多様な経験をする。それらを経験した後に振り返るために記録するためには、多様な経験の中からどの経験を記録するかを選別するプロセスが必要となる。経験の中から自らの学びに繋がった経験を選別すること自体が重要な学習プロセスであるが、経験を思い出すこと自体の負担が大きいために選別が不十分になる恐れもある。そこで本研究では、多様な経験を思い出す負担を軽減するための方略として、多くの人が活用している「予定表」の機能を用いることにした。

Google カレンダーなどに仕事や日常生活の予定を入れて活用している人は多い。しかし、これらの予定表に記録された「予定」は予定が終わったら、「過去の予定」となるだけである。本機能は「過去の予定」を読書経験と同様に学習素材として用いる。

本機能のベースは、b ポートフォリオシステムに新たに搭載されたカレンダーである。そのカレンダーに Google カレンダーなどと同じように予定を記入し、その予定を遂行したら（あるいはしなかったら）、その結果や感想などを記録するのである。記録したあとは、読書経験と同じように振り返り、マイビリーフを作るための素材として活用する。

3. 経験を記録する経験ノート機能

3.1 経験ノート機能の概要

新機能は以下から構成される。

- カレンダー機能（図 1）: Google カレンダーのようなウェブ上のカレンダーである。
- ノート機能（図 2）: カレンダー上の各日には、タイトル・日付・タグ・内容を記録することができる。この機能をノート機能と呼び、各記述をノートと呼ぶ。ノートは、同日に複数の異なる予定を記入することができる。ノートのタイトルはカレンダーに表示される見出しとなるため、通常は「予定」を記述することを想定している。一日に複数のノートを記録することができる。
- b ポートフォリオとの連携機能（図 3）: カレンダーに記録されたノートは、b ポートフォリオの「読書記録」と同様に扱われる。読書記録に対して「経験記録」と位置づけられる。

3.2 経験ノート機能の使用イメージ

経験ノート機能の使用イメージは次のようになる。

① b ポートフォリオのカレンダーに通常の予定を入れる。例えば、タイトルに「1400 S 先生との打ち合わせ」などと入力する。予定の段階ではこれだけでもよいが、打ち合わせの概要などを「内容」欄に記入しておくこともできるし、タグをつけることもできる。

② 予定を遂行したら、内容欄にその予定の結果についての振り返りの記録を記入する。打ち合わせの結果のメモでもよいし、気づいたことなどでもよい。内容についてのタグをつけることもできる。

③ b ポートフォリオのマイビリーフ機能で、経験ノート機能に記録された「経験記録」をリンクしながら、マイビリーフを作成する。その際、他の経験記録や読書記録を合わせてリンクすることもできる。

3.3 経験ノート機能の利点

ポートフォリオによる学習では多様な経験を振り返って学ぶことが推奨される(3)。しかし、多様な意見をそれぞれ記入することは負担である。一方でカレンダーに予定を記入することは多くの人が日常的に行うことである。しかし、過去の予定が省みられることはあまりない。本機能は過去の予定をそのままポートフォリオで活用する素材として「経験記録」として位置づけている。こうすることで経験の記録の負担を下げ、かつカレンダー機能に連動させることで日々の振り返りに活用する機会を増やしている。

4. システム構成

システム構成は次のとおりである。

- Ruby on Rails（バックエンド）
- React（フロントエンド）
- MongoDB（データベース）
- GraphQL

開発は株式会社アルベッジが行い、開発完了後は無料で公開する予定である。

5. 今後の展開

現在は、上述した機能はすべて実装されているが、ポートフォリオによる学習方法に関して知識・スキルがある人や、学習に関して勘がいい人でないと使いこなせないかもしれない。より多くの人に活用してもらうためには、b ポートフォリオやカレンダーを用いた読書記録・体験記録の作成・振り返り・マイビリーフの作成・更新といった一連の流れを体験させられるようなチュートリアル機能などがあったほうがよさそうに思われる。そのようなユーザーへのガイダンス機能についても今後、開発していく予定である。

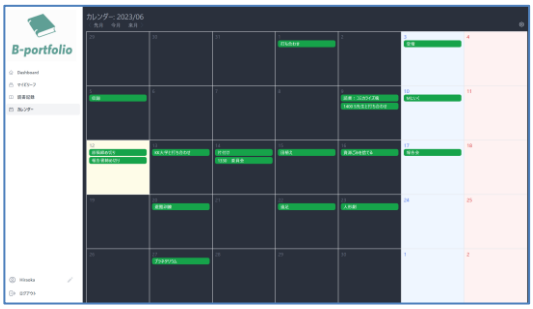


図 1 カレンダー機能

図 2 経験ノート

図 3　マイビリーフ作成画面

参考文献

(1) 平岡斉士・小村道昭:読書経験をリソースとしたポートフォリオシステムの設計と開発 ― b は book の b ―, 教育システム情報学会誌, Vol.39, No.1, pp.112-113.(2022)

(2) Kolb, D. A., & Fry, R. :Toward an applied theory ofexperiential learning. In C. Cooper (Ed.), Studies of group process, 33–57. New York: Wiley. (1975).

(3) 松葉龍一・小村道昭（編著）:学生力を高める e ポートフォリオ ―成功への再始動―, 東京電機大学出版局（2018）

本研究は JSPS 科研費 26350276 と 17K01083 の助成を受けたものです。

横展開を想定した英語スピーキングテストアプリケーションの開発

Development of an English Speaking Test Application for its Dissemination

森 真幸[*1]，神澤 克徳[*1]，鈴木 駿吾[*2]，光永 悠彦[*3]
Masayuki MORI[*1], Katsunori KANZAWA[*1], Shungo SUZUKI[*2], Haruhiko MITSUNAGA[*3]
[*1] 京都工芸繊維大学
[*1] Kyoto Institute of Technology
[*2] 早稲田大学
[*2] Waseda University
[*3] 名古屋大学
[*3] Nagoya University
Email: morim@kit.ac.jp

あらまし：CBT（Computer-Based Testing）による英語スピーキングテストを複数の教育機関で実施することを目的としたアプリケーションの開発を行った．各教育機関における共用端末や個人所有端末，運用管理方法の違いを吸収するため，オフライン環境下のブラウザで動作することを想定している．本アプリケーションにより，CBT の活用によって発生する端末の準備や設定，導入費用を最低限に抑えることができると考えられる．
キーワード：問題作成支援，外国語学習，発話学習，映像・音声活用，Web アプリケーション

1. はじめに

京都工芸繊維大学では 2015 年より CBT 英語スピーキングテストを継続的に実施している [(1)]．2021 年度からは文部科学省が支援する「大学の国際化促進フォーラム」にて，学内で培ってきた設問作成，採点方法，運用といったノウハウを提供し，英語スピーキングテストを多数の教育機関で実施する横展開プロジェクトに取り組んでいる [(2)]．

本学で使用してきた CBT システムは本学の PC 演習室の環境を想定したカスタマイズが多数組み込まれているため，そのまま他の教育機関で使用することが難しい．また，サーバクライアントシステムであるためサーバやネットワークの構築や安定運用等の費用や労力といったコスト面での敷居が高い．そこで，本研究では様々な PC 上で動作することを想定し，ブラウザで動作することで端末環境に極力依然せず，簡単に使用可能な英語スピーキングテストアプリケーションの開発を行った．

2. アプリケーションの動作

図 1 に英語スピーキングテストアプリケーションの画面構成を示す．本アプリケーションにおける設問画面は，上から設問タイトル，説明文，動画，録音時間バー，次へボタンから構成されている．

図 1 英語スピーキングテストアプリケーションの画面構成

表 1 動作環境

項目	概要	備考
端末	デスクトップ，またはノートパソコン	性能の指標：ブラウザで YouTube の視聴が可能であること．
OS	Windows 10 以降	
ブラウザ	Google Chrome，Microsoft Edge，Mozilla Firefox	HTML5 に対応していること．
デバイス	スピーカ（ヘッドホン） マイク	イヤホンやヘッドセット等，機器は問わない． ただし，音声品質は事前に確認することを推奨．

テストが開始すると，まずは動画による設問の再生が行われる．動画の終了と同時に録音時間バーが左から右に伸び，録音が行われる．受験者は録音時間バーが伸び切るまでの間に発話による解答を行う．録音された解答は音声ファイルとして端末のデフォルトのダウンロードフォルダに保存される．次の設問には「次へ」ボタンをクリックすることで遷移する．また，受験者の操作なしに自動で次の設問に遷移することも可能である．ただし，テストのため前の設問に戻ることは不可としている．これらの設定やテキスト，動画ファイルの指定は事前の設問作成時に任意に設定可能である．

3. 動作環境

表 1 に動作環境を示す．本アプリケーションは Microsoft Windows 10 以降の端末上での動作を想定しているが，基本的には HTML5 に対応したブラウザで動作する Web アプリケーションである．また，端末のローカルストレージにファイルを置き，HTML ファイルをブラウザで実行するだけで使用可能であり，Web サーバを必要としない．

4. 準備作業

本アプリケーションを構成するファイル群の全データ容量は 3MB 程度（設問に使用する動画ファイルを除く）である．そのため，受講者の個人所有端末を使用する場合，すべてのファイルを ZIP 形式等にまとめれば，USB フラッシュメモリで配布可能である．また，自宅等遠隔から受講する場合，各教育機関の LMS（Learning Management System）や Google ドライブなどオンラインストレージを用いた配布も容易である．受講者は配布された ZIP ファイルを端末のローカル上で解凍し，HTML ファイルを実行することでスピーキングテストを受講できる．

図 2 マイクの許可と発話確認

設問開始前にはマイクの動作を確認できる．図 2 にマイクの動作確認を示す．本アプリケーションの実行時にブラウザからマイクの使用許可を求められる．許可することで画面上部にマイクへの発声に合わせて青いバーが伸び縮みするのが確認できる．また，この後の最初の設問をマイクテストとし，ダウンロードできた音声ファイルを実行，再生することで，正常に録音できていることの確認が可能である．

5. おわりに

本研究では，多数の教育機関へ提供することを目指し，オフライン環境のブラウザ上で動作可能なスピーキングテストアプリケーションを開発した．本アプリケーションにより，CBT 導入コストの問題を解決できると考えられる．また，解答の音声ファイルは別途回収する必要があるため，High-stakes ではなく，Mid-stakes または Low-stakes test での使用が望ましいと考えられる．今後の課題としては、導入におけるサポート機能の検討が必要である．可能な限り容易に使用できる仕組みにしているが，特に個人所有端末では受講者自身が準備を行うため，ZIP ファイル解凍，マイク接続，解答音声ファイルの保存先といった基本的な端末操作に関する質問に対応する必要がある．横展開プロジェクトを進めるにあたり，連携大学が増えるほど個別対応が難しくなるため，今後の実際の運用で得られた知見や情報を本アプリケーション内で適したタイミングでメッセージとして提示できる機能を追加したい．

参考文献

(1) 神澤克徳，森真幸，坪田康，羽藤由美：“全国学力テスト中学校英語「話すこと」調査の円滑な実施に向けた一提言：京都工芸繊維大学における CBT スピーキングテスト開発・運営の実績を踏まえて”，京都工芸繊維大学情報科学センター広報誌，No.37，pp.30-48（2019）

(2) 大学の国際化促進フォーラム 「リンガフランカ（国際語）としての英語」運用能力を測定するための CBT 英語スピーキングテスト実施プログラムの横展開，https://www.jfiu.jp/project/kit/（参照 2023.6.5）

学習活動の把握のための API 化ツールの検討

Examination of API Integration tools for Grasping Learning Activities

大西 淑雅[*1*2], 山口 真之介[*2], 西野 和典[*3]
Yoshimasa OHNISHI[*1*2], Shin'nosuke YAMAGUCHI[*2], Kazunori NISHINO[*3]
九州工業大学 [*1]情報基盤センター [*2]学習教育センター, [*3]太成学院大学 経営学部
Kyushu Institute of Technology
[*1] Information Science and Technology Center, [*2] Learning and Teaching Center,
[*3]Taisei Gakuin University, Faculty of Business Administration
Email: ohnishi@el.kyutech.ac.jp

あらまし : 学習環境の充実により，様々なサービスやツールを組み合わせた教育が一般化しつつある．学習機会の多様化は，学習分析に必要なデータの網羅的な収集を困難にしていると思われる．本研究では，学習活動の把握を目標に, 学習活動データおよび関連データの分散収集の実現を目指している. 本稿では，データ収集に必要な仕組みとして API 化ツールの検討について報告する.
キーワード : デジタルバンク，API，活動データ，分散収集

1. はじめに

スマートフォンやタブレット端末の普及やインターネット環境の充実により，いつでもどこでも学習できる環境が整ってきた．加えて，ノートパソコン必携化を指定する高等教育機関が増加したことで，キャンパス内／外においても遠隔授業やレポート作成が可能となった．これらの学習環境の充実を考慮した教育手法が教員に取り入れられ，様々なサービスやツールを組み合わせた教育が一般化しつつある．

このような多様化が進むにつれて，教育／学習に関する活動データは，様々な場所／環境に散在することになる．そのため，学習分析に必要なデータの網羅的な収集はますます難しくなると思われる．

本研究では，学習活動の把握を目標に，学習活動データの分散収集の実現を目指している. 本稿では，学習活動の把握について整理し，分散収集に必要な仕組みの検討について報告する.

2. API を活用した学習活動の把握

多くの高等教育機関で採用されている Learning Management System(LMS)には，提供機能に差があるものの少なからず API が用意されている．例えば，Moodle では，スマートフォン向けの Moodle App[(1)]を実現するために, 多くの API 機能が提供されている．その結果, Moodle3.4 では，学生が使用するすべての機能が API として利用できるようになった．本学でも，複数の Moodle サーバに対して，ユーザ登録，時間割データに基づくコースの事前登録，コースへの教師登録などを，API を経由して実現[(2)]している．

最近では, LMS 以外のサービスやツールにおいても API が用意されているため，システム管理だけでなく，様々な学習活動の履歴も API 経由して，把握しやすくなってきた．LMS では，Learning Record Store(LRS)を用意し，受講生にその分析結果を返す試みが多く行われているが，個人の学習活動の把握を目指すためには，学習活動に関するデータは，分散管理が望ましいと我々は考えている．また，個人デバイス上での学習活動は，自らの意思で自由に，提出や参照ができる仕組みの実現が重要である．

3. 学習活動データの収集

3.1 情報サービス

各種サービスやツールを利用した際の活動履歴は，一般的にシステムに蓄積される．表 1 に本学の情報システムを対象とした，活動データの収集対象とその方法例を示す．LMS の場合は，DB 上の複数のテーブルを参照し，収集を行うことになる．オリジナル API を開発するか，既存 API を組み合わせるかによって，活動データの API 収集が可能である．

表 1 活動データの対象例

	主な蓄積形式	システム連携例		
		LRS	API	ETL
LMS	DB	○	○	○
	Web ログ			○
認証基盤	DB，ログ		△	○
動画配信	ログ		○	○
ファイル共有	DB，ログ		△	○

※採用するシステムによって多少異なる場合もある

LMS のベースとなる Web サーバのテキストログを収集するには，Extract Transform Load(ETL)ツールを使って変換が必要となる. 一方, 動画配信(Wowzae Streaming Engine)などはログ収集のための API が提供されているため，自身の視聴ログを API 経由で収集することができると思われる．一方，認証基盤(Keycloak)やファイル共有(Nextcloud)などのサービスにおいては，既存 API の機能だけでは不十分であり, オリジナルの API 機能の開発, あるいは Zabbix[(3)]のような監視ツールを活用した API 機能の実現などの方法が考えられる.

3.2 インターネットサービス

主要なインターネットサービスでは，API を使った活動データを収集することができる．例えば，ビデオ会議サービス(Zoom)にも API[4]が用意されており，会議参加者のレポートを収集することができる．よって，学習者自ら API を経由して履歴の参照が可能である．なお，本学では，認証基盤(Keycloak)を既に整備済みであるため，本認証基盤を拡張して，API 連携基盤とすることで，同一学習者であるかの検証を行えると考えている．

4. 設計・検討

オフライン学習環境における，活動データの収集について考えてみると，収集というより学生自身による提出が自然である．活動データの提出を簡便に実現できれば，より精度の高い学習分析が可能となる．オフライン学習環境においても，スマートフォンに代表される情報端末を所持している可能性は高いと思われる．しかし，スマーフォンを活用したデータの収集は，実装が難しいため，本稿では，個人所有のパソコンで検討することにした．

4.1 活動データの記録

パソコンを使った活動データの記録は，関連研究[5]において報告されているが，本研究では表 2 に示すデータを想定している．OS のイベントログのみ記録だけで十分かもしれないが，プログラミングや数式入力[6]などの関連研究を考慮すると，キーボードやマウス操作の情報は重要になってくると思われる．

本データは個人情報に該当するため，ローカルディスクへの保存を原則とする．機能としてはパソコンの所有者が，ローカル保存の開始・停止や，ローカル保存されたデータの確認，削除を可能とする．

表 2 個人所有のパソコンの活動データ

OS イベント	定義
キー入力	キーストローク数
マウス操作	マウスイベントの数
ネットワーク	通信トラフィック
タスク(App の起動)	アプリケーション状況

4.2 活動データの提出

パソコンに記録された活動データを提出する機能も必要である．図 1 に示すように，認証基盤で本人確認を行った後に，デジタルバンクに活動データを預ける仕組みとする．データは預けているだけで，必要に応じて引き出させる機能も持たせる．

リモート学習活動によって各システム上に蓄積された活動データも，OS 単位の API 連携を構築し，デジタルバンクに預けることができる．なお，リモート学習活動によって記録された活動データは，学習履歴収集サーバ(LRS)にも記録される．こちらは，個人情報を削除した国際標準規格で保存する．将来的には，教育システム上に提出されたコンテンツポートフォリオも，デジタルバンクに預ける（こちらはファイルの複写）機能も実現する予定である．

4.3 実装方法

API が実装されていないシステムには関しては，Open API[7]を使用した設計を進める．当初 OS 毎に API 化ツールを，既存の API を参考に開発することを想定していたが，Zabbix Agent[3]をベースとした実装も検討することとした．

個人が所有する情報デバイスについては現在，関連の研究および実装例を調査中であるが，認証基盤との連携も必要であるため，こちらも Zabbix Agent の実装をヒントに必要な機能を盛り込む予定である．

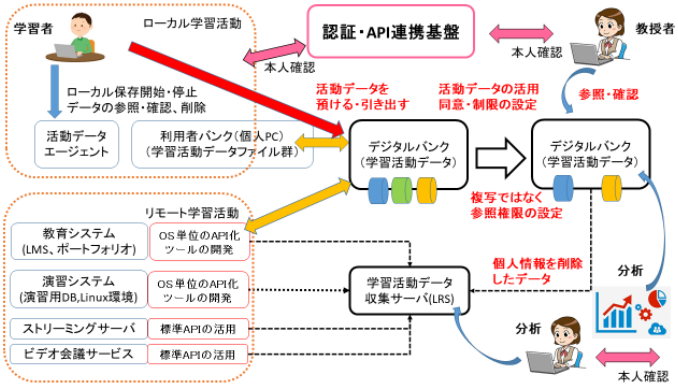


図 1 API と認証連携を用いたデジタルバンク

5. まとめ

本報告では，ローカル／リモートの学習活動を着目し，教育や学習に関する活動データの分散収集の実現について検討した．Zabbix Agent や関連する API 化調査を踏まえ，OS 毎の API 化ツールの検討状況について報告した．学習活動や学習エフォートをより正確に把握するためには，各人による提出・参照や活用制限などをいかに設定しやすくするかがポイントとなる．今後，さらなる検討と具体的な設計を進め，実装に着手する予定である．

謝辞

本研究の一部は，科学研究費補助金（基盤 C　JP22K12297, JP20K03149, JP19K12272）の助成を受けた．

参考文献（URL は 2023.5.31 参照）

(1) Moodle App(Mobile), https://docs.moodle.org/34/en/Moodle_Mobile_features,https://docs.moodle.org/dev/Moodle_App_Release_Notes
(2) 大西淑雅，山口真之介，“教育ツールの連携の実現とプラグイン機能の開発”，九州工業大学情報基盤センター年報，第 3 号，pp. 39-51(2023)．
(3) ZABBIX, https://www.zabbix.com/
(4) Zoom APIs, https://developers.zoom.us/docs/api/
(5) 近藤秀樹，PC 上での網羅的な履歴による過去の活動全体の再構成と問題解決への履歴利用の可能性，認知科学, 17 巻, 2 号, pp. 332-348(2010).
(6) 白井詩沙香他, 数学 e ラーニングのための数式予測変換方式によるリッチテキストエディタの試作と評価, 情報処理学会, CLE 研究会, Vol36, No.2,6page(2022).
(7) Open API Initiative, Open API Specification, https://spec.openapis.org/

LTI 連携による再利用可能なマイクロコンテンツ教材システムの構築

Development of a reusable micro-content teaching material system with LTI

古川 雅子[*1], 白井 詩沙香[*2], 竹村 治雄[*2], 喜多 敏博[*3], 長岡 千香子[*1], 山地 一禎[*1]
Masako FURUKAWA[*1], Shizuka SHIRAI[*2], Haruo TAKEMURA[*2], Toshihiro KITA[*3],
Chikako NAGAOKA[*1], Kazutsuna YAMAJI[*1]
[*1] 国立情報学研究所
[*1]National Institute of Informatics
[*2] 大阪大学
[*2]Osaka University
[*3] 熊本大学
[*3]Kumamoto University
Email: furukawa@nii.ac.jp

あらまし：近年，デジタル教材作成技術の向上によって，教員が自環境においてスライド教材や動画教材を作成することが容易になった．本研究では，これらのデジタル教材を LMS で活用する上で求められる教材修正の効率化や，様々な学習ニーズをもつ受講者に最適化した教材の提供を行うことを目的として，マイクロコンテンツ化した動画教材を編成及び修正して再利用することが可能な教材配信システムを構築した．本システムは，Moodle や Blackboard 等，多種の LMS において利用可能となるように LTI 連携を行うものである．
キーワード：LTI，マイクロコンテンツ教材，動画教材，LMS

1. はじめに

近年，デジタル教材制作技術の向上や作成環境の普及によって，教員が自環境においてスライド教材や動画教材を作成することが容易になり，教員が自作したデジタル教材を LMS で配信することも身近になってきている．一方で，コンテンツ再利用や，学習者への個別化を求める動きがある[(1)(2)].

国立情報学研究所では，学習管理システム「学認 LMS」[(3)]を構築し，国内外で関心が高まっているオープンサイエンス[(4)]の人材育成に必要とされる研究データ管理などの学習コースを全国の高等教育機関等に提供している．教材が対象とする学習者は，組織において研究データ管理に携わる様々な職務の職員や研究者・学生である．このため，教材において共通化できる部分を再利用し，ある属性の学習者に特化した部分を作成して既存の教材と組み合わせる方法を容易にすることが，教材作成の効率化を図る上で重要となる．さらに，教材内容については国内外の状況に応じてすぐに更新できることが望ましい．

そこで，本研究では，教材修正の効率化や，様々な学習ニーズをもつ受講者に最適化した教材の提供を行うことを目的として，動画教材をテーマごとに短い時間の動画として切り分けてマイクロコンテンツ化し，教材の編成及び修正・再利用が可能な教材配信システムを開発した．

本システムは，MIT ライセンスで GitHub リポジトリにおいて公開[(5)]した．また，学認 LMS に限らず，大学で利用される多種の LMS に対応するために LTI（Learning Tools Interoperability）連携によって利用可能である．

2. GakuNinLMS-LTI-MC

本システム（GakuNinLMS-LTI-MC）は，LMS と外部接続する LTI ツールプロバイダーとして，主にビデオ教材を共有・再利用する．LMS から LTI 経由で，学習コンテンツの閲覧と，マイクロコンテンツ教材の登録・編成が可能である．本システムの機能について詳細を以下に示す．

(1)権限振り分け機能

LMS から取得したユーザー権限等の情報により，教材表示画面あるいは教材登録画面を表示する機能である．LTI 接続による POST データから，ユーザーアカウント，ユーザー権限，LTI モジュールの ID を取得する．教師・サポートのロールをもつユーザーのみが教材登録画面にアクセスできる．

(2)マイクロコンテンツ編成機能

LTI 経由でマイクロコンテンツを組み立てる，学習コンテンツ作成機能である．学習コンテンツの情報は，マイクロコンテンツデータベースに記録している．マイクロコンテンツは，動画と解説等のテキスト情報を一対とした「トピック」を最小単位として，複数のトピックを編成した「ブック」を形成する．教材表示画面がブックに相当する．

(3)教材表示機能

LTI 経由で学習コンテンツを表示する機能である．LTI 接続している Moodle コースの受講登録者のみが，再生画面にアクセスできる．マイクロコンテンツデータベースの情報に基づき学習コンテンツを表示する．

(4)動画ログ出力機能

マイクロコンテンツが切り替わった場合のログ等を記録する機能である．ログは PHP の Syslog により記録する．また，動画再生プレイヤーでは，基本的な操作（再生，停止，一時停止，早送り，巻き戻し）の他に，スライダー操作，再生速度変更，動画の字幕表示切替ができる．これらの学習者の操作ログも Syslog で保存される．

3.　画面デザイン

それぞれの画面について詳細を以下に示す．

3.1 動画再生ページ

教材表示画面の例を図 1 に示す．学習画面として，LMS の学習コース内に登録された各 LTI コンテンツへのリンクから別ウィンドウが開き，動画再生ページ（ブック）が表示される．画面の左側は，ブックに含まれる各トピックのタイトルメニューが並び，上から順番に自動的に動画が再生される．画面の右上に再生する動画，右下には字幕や URL 等のテキスト情報が配置される．トピックの編集画面では，動画の差替えやテキスト情報の編集が可能である．

3.2 マイクロ動画教材の編成ページ

教材登録画面の例を図 2 に示す．LMS に教員としてログインしている場合は，トピックに相当する各動画教材をブックに編成するための教材登録画面が利用できる．ここではその他に，新規トピックの登録や，既存のトピックを選択して組み合わせて新しいブックを作成することもできる．既存のトピックは自分が作成したものや作成者が共有したものから選択できる．トピックやブックの一覧では，字幕等の解説テキスト全文や，タイトル，キーワードで絞り込み検索が可能である．

図 1 動画再生ページ（教材表示画面）

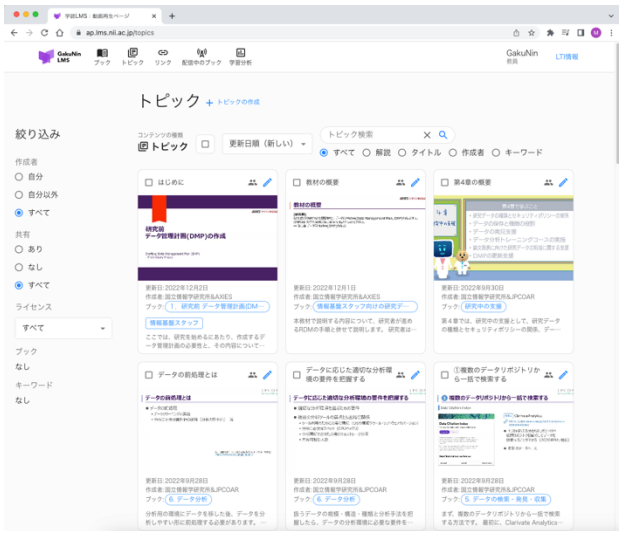


図 2 動画教材の編成（教材登録画面）

4.　まとめ

本研究では，教材の修正・再利用の効率化，様々な学習ニーズをもつ受講者に最適化した教材の提供を行うことを目的として，動画教材をマイクロコンテンツ化し，教材の編成及び修正・再利用が可能な教材配信システムを開発した．本システムは，学認 LMS に限らず，大学で利用される Moodle や Blackboard など多種の LMS において LTI 連携して利用可能であるため，利用機関のニーズに応じた機能拡張や取得した操作ログの分析による学習支援など，様々な活用が期待される．

今後は，再利用されたコンテンツ登録数の増加や，更新・共有の頻度の高まりによって煩雑になっていく版管理の方法や，本システムに適したマイクロコンテンツ教材の作成支援方法について取り組む予定である．

謝辞

本研究は，文部科学省「AI 等の活用を推進する研究データエコシステム構築事業」の支援を受けたものです．本システムの開発についてご協力いただいた特定非営利活動法人サイバー・キャンパス・コンソーシアム TIES に謹んで感謝の意を表します．

参考文献

(1) GO FAIR: FAIR Principles, https://www.go-fair.org/fair-principles/ (参照 2023.6.7)
(2) 文部科学省：GIGA スクール構想について, https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_0001111.htm (参照 2023.6.7)
(3) 学認 LMS, https://lms.nii.ac.jp/ (参照 2023.6.7)
(4) 内閣府：G7 仙台科学技術大臣会合（概要）, https://www8.cao.go.jp/cstp/kokusaiteki/g7_2023/2023.html (参照 2023.6.7)
(5) “GakuNinLMS-LTI-MC”, https://github.com/RCOSDP/GakuNinLMS-LTI-MC （参照 2023.6.7)

excel グラフ課題の授業外学修を支援するシステムの開発と運用

Development and Operation of the Learning Support System in Out-of-class for Excel Graph Assignments

大倉　孝昭[*1], 前田　裕介[*2]
Takaaki OKURA[*1], Yusuke MAEDA[*2]
[*1] 大阪大谷大学
[*1] [*2]Osaka Ohtani University
Email: okurat@osaka-ohtani.ac.jp[*1] maedayuu@osaka-ohtani.ac.jp[*2]

あらまし：数理・DS 教育（約 500 人）で LMS を活用してきたが、回答未記入ファイルの提出、図に変換したグラフ、データ範囲の指定誤りなど、評価時に多くの問題が発覚したので、事前学修における指導・評価の在り方を検討した。LMS へ提出する前に、“受付要件”を満たすため、フィードバックを返して改善を促し要件が満たされたところで「LMS に提出可能」を“認”入りのファイルで示す支援システムを開発し、運用を開始した。
キーワード：LMS、API、azure、excel グラフ

1. はじめに

令和 3 年度から、初年次 4 月開講の情報基礎科目のカリキュラムを数理・DS・AI 教育プログラムに入れ替える方法で、全 19 クラス（授業担任 5 名）で同じ教材・評価規準による授業を開始した。

この 2 年間の授業運営において、成績評価のために LMS（moodle）に提出された学修成果物を評価する際に多くの問題点が見つかった。特に、提出された excel ファイルを開いた後に判明する基本的な問題点（未回答、グラフの参照データが不適切、図に変換され参照データが不明、剽窃など）は、提出前に評価・指導・学修支援し、抑止すべきであること。また、LSM の締切間際の駆け込み提出では、学修支援のためのフィードバックが困難で、学生もフィードバックを活かせず、学修改善につながらない。これらを解決するための研究にとりかかった。

2. グラフ課題の位置付け

2.1 モデルカリキュラム

数理・DS・AI 教育プログラム（リテラシーレベル）のモデルカリキュラム[(1)]では、「リテラシーレベルの教育の基本的考え方」で「実データ、実課題を用いた演習など、社会での実例を題材に数理・データサイエンス・AI を活用することを通じ、現実の課題と適切な活用法を学ぶことをカリキュラムに取り入れる。」としている。さらに「2-2. データを説明する」では、データ表現（各種グラフ）やデータ比較、優れた可視化事例の紹介を具体的なスキルセットとして取り上げている。また、「モデルカリキュラムと対応する講義動画・スライド」の中では R を用いた教材を紹介している。しかし、R を初年次に修得させることは、ハードルが高すぎると判断し、excel を採用した。

2.2 グラフ課題評価における excel の長所

excel は Office アプリとして広く認知されており、大学として Microsoft365 を契約しているという事情もあって、学修成果提出・フィードバック基盤として他の活動への応用も期待できる。購入した PC にインストール済みであることも多く、Word と同様「PC が使える」という実感につながり易い。グラフ作成の自由度は高いが、DocumentFormat.OpenXml に準拠しており、学修状態を項目別に読み出すことが可能である。一方、自動採点システムの研究[(2)]もあるが、グラフを対象としてはいない。

2.3 グラフ成果物の評価における問題点

過去の成果ファイルを excel による評価ツールで評価し、下記のような課題を確認・抽出した。

表１．グラフ評価における課題の分類

基盤としての共通課題	課題毎の課題
･空ファイルの排除 ･excel 以外の排除 ･ファイル名による課題判別ルールの遵守 ･ファイル名と回答者の同一性担保（剽窃抑止） ･外部ファイルへのリンク抑止（剽窃抑止） ･グラフの図変換抑止（剽窃抑止） ･複数グラフの重なり	･グラフ種類誤り ･グラフの数の確認 ･グラフ源データのコピーミス抑止 ･データ系列範囲 ･タイトル、軸ラベル、凡例の有無 ･タイトルなどの文字列の適切性確認 ･縦軸反転、軸の交点の設定

これまでは提出ファイルを開かないと判らなかった上に、目視だけでは見つけ難かった問題点は、不問に付されてきたか、あるいは発覚してもすでに時間がたっており指導が難かった。

3. システムの設計

3.1 着眼点

着眼点１：LMS で提出物を受け取る前に評価・コメントを返し受け取り認定の条件とすれば、学修改善への動機づけ、教育の質のばらつきの改善が可能
着眼点２：改善点が明快な即時フィードバックが求

められている
着眼点３：学修改善の記録を提出ファイル内に蓄積し、他の調査データとの関連を分析することで、学修行動分析につなげる(3)
着眼点４：LMS 側で excel のグラフ課題を評価することはほぼ不可能（excel の無人ライセンスが必要、経費の問題）だが、API のレスポンスを受けて、ファイル受け取りを判断する方式なら、各種 LMS で活用できるので協働開発・運用ができる

3.2 特徴

(1) ターンアラウンド方式
個人情報を.xlsx ファイル内に持ち、API では最低限の認証だけを行う。サーバー内では作業用のファイルを作成し作業終了後消去する。ただし、現在はシステム稼働状況を記録するため、クラウドにファイル保存用ストレージを用意し転送している。
(2) 配布時情報と回答内容を分離
ファイル内に記録された各種の情報とファイル名との突合と３段階で評価（受取拒否、受取＆要修正、受取）。Web 画面に JSON 文字列を表示（レスポンス）し、ファイルの“フィードバック”シート（編集禁止）に記録してストレージに蓄積。
(3)azure（クラウド）の活用
表 2. 立場による特徴

	学修者向け特徴	支援者向け特徴
方法	・個人別 Excel ファイルを作成⇒LMS に一括配布 ・マクロ(VBA)は使わない	・Ubuntu+Python ・Web-API（Flask） ・xml 解析による要素単位の評価 ・クラウドストレージの活用 ・excel は使わない
長所	・修正内容がすぐにつかめる（拒否） ・“認”で安心感（一定水準のクリア）が得られる 不適切な共同学習の抑止	・課題毎に認証水準が均一化される ・学修(認定)状況が即時に把握できる ・教員間の対応の違いが可視化される
短所	・個別課題ファイルによる方式に慣れる必要がある ・フィードバック文から改善内容を読み取る力が必要	・評価対象・規準を前提にした課題設計が重要 ・フィードバック文の妥当性検証が難しい ・azure の管理が難しい

4. 期待される効果

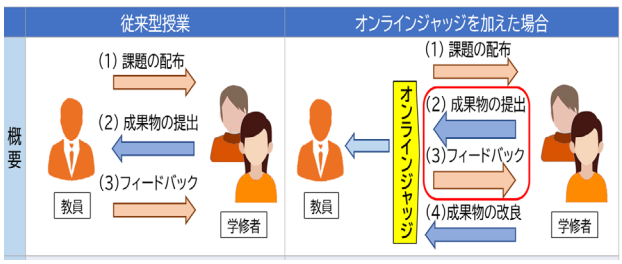


図 1.グラフ課題における改善効果

特に、反転授業の事前学修で活用することを想定した。従来の授業では対面授業で指導した内容についての課題が出され、締切り直前に駆け込み提出をするケースが多かった。この場合、評価・フィードバックのタイミングは遅れて、労力がかかるのに学修改善への寄与度は低かった。事前学修での具体的な即時フィードバック（図 1）は、学修の動機づけに有効であり、評価負担の軽減にも寄与する。さらに、優れた可視化に取り組む学修者（モデルカリキュラムでの期待事項）の増加も期待できると考えた。

5. 運用状況

今期は前期中に 5 本のグラフ課題を予定している。レポート課題（4/30 締切、授業遅延の 4 クラスを除く）で、はじめて支援システムを用いたが、3438 本の提出があり、LMS へ提出されたファイル 1 本（認定判定）あたり平均 11.3 回の試行が確認された。回答レポートとモデルレポート間の文書間類似度を計算し、過去の実績に基づいて、評価値が低い場合に改善を求める方式であったため、改善の要領がつかみ難かったのだと推察した。現在、ヒストグラム課題、箱ひげ図課題（6/20 締切）で運用中であるが、それぞれ 321 本（認定 1 本あたり平均 1.7 回）、291 本（認定 1 本あたり平均 1.9 回）の試行が確認できている。回答の質・到達度については、締切後に検討を加えたい。

6. 今後の課題

API からデータを受け取り、アップロードされたファイルに対する“受付判断プラグイン（moodle）”の開発・組み込みが喫緊の課題だが、それ以外に現在は、提出締め切り後にファイルを一括ダウンロードし、excel で集計・分析して授業担任にレポートしているが、これを同じ azure 上で実現することが課題である。その他には
(1) 学修項目×到達度のテーブル、推奨される学修項目を可視化する学生向け“進捗度セルフモニタ”（学生向け）
(2) クラスごとに集計・分析・可視化する学修項目×学生の“到達度ヒートマップ”（授業担任向け）
の提供を予定している。

参考文献

(1) 数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアム：“数理・データサイエンス・AI（リテラシーレベル）モデルカリキュラム～データ思考の涵養～”, http://www.mi.u-tokyo.ac.jp/consortium/pdf/model_literacy.pdf（2020）
(2) 関根純,大曽根匡:“標準 Excel テストのための汎用自動採点システム”, 情報システム学会　第 12 回全国大会・研究発表大会（2016）
(3) 大倉孝昭，前田裕介:“反転授業への積極性とアセスメントテストの関連”,第 11 回大学情報・機関調査研究集会 論文集, https://doi.org/10.50956/mjir.11.0_62_10（2022）

音楽の基礎を学ぶシリアスゲームの開発

Development of Serious Game for Learning of Music Basics

矢部　朋載
Tomonori YABE
山岸　芳夫
Yoshio YAMAGISHI

新潟工科大学
Niigata Institute of Technology
Email: 202011228@cc.niit.ac.jp

あらまし：音楽の基礎知識を独学しようとした際、多くの教材で「音」に触れる機会が少なく具体性に欠けるといった問題点がある。我々が注目した先行研究では、「音」には触れられるもののその教材を再び学習する意欲が起きないという問題点が指摘されていた。また、デジタル教材として展開される音楽教材の多くは義務教育課程向けで、義務教育修了後に独学する事例には適していない。本研究ではそれらを踏まえ、デジタル教材の利点を生かしつつ学習者の意欲が湧くようなシリアスゲームを作成する。
キーワード：教材，音楽，学習意欲

1.　はじめに

現代において音楽の基礎的な知識を学ぼうとした際、教則本やインターネットで展開されている非常に多くの教材から自分で選択して学習することが可能になっている。しかし、学習者が教材をもとに独学しようとすると、その多くが音楽において需要な「音」に触れる機会の少ない構成となっており、具体性に欠けることが問題となっている。

また、デジタル教材に関しては手軽に学べる利点はあるものの、既存のものは紙媒体の延長線上にあるものが大半で、デジタル独自の利点を生かし切れていないものが多い。学習者の入力結果に応じて音符を出力し楽譜を作るという教材も存在するが、それらの多くが小中学生の義務教育課程向けに開発されたものであるため、義務教育修了後に独学するような事例に適していない。

そこで我々は、音楽を実際に聞くことができるほか幅広い画面の見せ方のできるデジタル独自の利点を生かしつつ、学習者の学習効果も期待できるより質の高い教材を開発することとした。

2.　先行研究

音楽教材において学習者が「音」に触れる機会が少ないという問題に注目した中嶋らは、協力者の助言のもと、教材に埋め込まれた動画や音楽を再生しながら学ぶことのできる、音楽の基礎的な知識を学べる e-Learning 教材を開発した[(1)]。被験者の事前テストと事後テストの結果からその教材に効果があったことが示されているが、被験者に行ったアンケートで同じ教材を繰り返し用いて学習したいかという内容の項目において、半数以上の被験者が学習したくないと回答する結果となっている。

教材において重要な要素の一つとして、学習者が飽きずに繰り返し試行することができることが挙げられる。どれほど重要な内容が細かく記されている教材であったとしても、学習者に興味を持たれなくてはその教育効果を十分に発揮することができない。

そこで、今回作成する教材をノベルゲームのような形に落とし込むことで、学習者の興味を惹き何度も繰り返し学習したくなるような構成を考えた。自らをゲームの中の登場人物として立てることで、キャラクター同士の会話の中で音楽の学習を図る。

ゲーム型教材は、音楽に限らない話であれば媒体を問わず数多く存在しており、また多くの論文や教育実践で学習に対するやる気の高まり等の課題に対するポジティブな認識が確認されていることが示されているため[(2)]、このような側面からも本研究ではシリアスゲームの形を取ることとした。

3.　開発及び動作環境

3.1 ティラノスクリプト

ティラノスクリプトは Windows や MacOS 等で動作するノベルゲームエンジンである[(3)]。Windows や Android 等のほか、ブラウザにおいても動作するマルチプラットフォームに対応しているため、非常に多くのノベルゲーム制作事例を有している。スクリプトは独自の言語であるティラノスクリプトを使用する。

3.2 ティラノスタジオ

ティラノスタジオ(図１)は、ティラノスクリプトの最新開発版である Ver.5 をバックエンドに用いる統合開発環境である[(4)]。ゲーム開発を強力にサポートする機能を有している。本研究ではこれを開発ツールとして用いることとする。

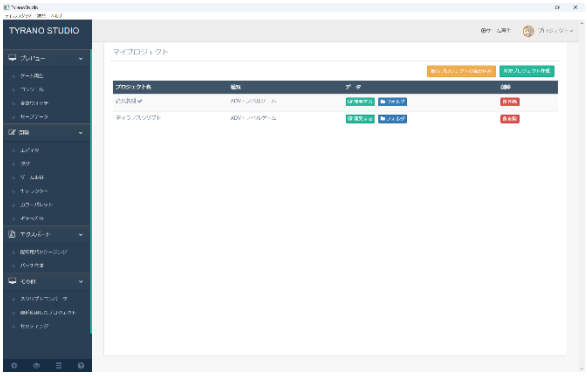


図１　ティラノスタジオ動作画面

4.　システム内容

本研究で開発する教材は学習者と教材のみで完結する独自支援教材となる。教材はインストラクショナルデザインを踏まえたうえで、音楽の知識を有していない学習者でも楽しく取り組むことができるよう、先生役のキャラクターと生徒役のキャラクターとの会話を中心に、音楽の基礎知識である楽譜の読み方を軸に進行していく(図２)。現状では以下の内容を考えている。

・五線譜
・音符の示す音階
・音符の種類と音価
・休符の種類と音価
・音部記号
・臨時記号
・装飾記号
・テンポ表記
・線（スラー、タイ、小節線、終止線、ほか）

その他、知識として蓄えておくと楽譜のより深い理解を得られるコラムのような項目も学習者の意欲に応じて学習できるようにする。

学習者はアプリケーションをマウス操作及びクリック動作、携帯端末であればタップ動作のみで学習を行う。最初にチュートリアルとして世界観の導入や教材の流れを説明し、その後用意されたテーマから自由に選択して、テーマに応じた内容の学習を行う。学習者の音楽の知識には少なくとも差があるはずであり、既に知っているような内容も教材の中で説明されることが億劫に感じてしまう可能性があるため、学習の順番を設けずどのテーマからでも学習ができるようなシステムとした。

なお、教材の出口には確認テストのような項目を用意する予定であり、一定の点数を獲得しないと最後まで進めないようになっている。このことにより、学習内容のさらなる定着のほか、学習者自身で選択しなかったテーマの内容の学習漏れを防止する効果が期待できる。

また、完成後は形成的評価を行うことで教育効果を検証する。また、アンケート等でユーザビリティや教材に対する意欲を調査することで、先行研究の問題点を改善することができたかを調査する。

図２　教材の進行イメージ画面

5.　終わりに

本システムは開発中であり、現在はシステムの完成を目指し実装を進めている。システムの完成後は評価試験を行い、システムの教育効果や有用性について検証する。今後はキャラクター同士の会話内容やキャラクターの表情の対応などを教材内容と並行して改善することにより、より学習者が楽しく教材に取り組むことができるようにシステムを拡張していく予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 21K02786 の助成を受けたものです。

キャライラスト製作は矢吹天成(ヤブキテンセイ：Twitter：@tensei_yabuki）氏によるものです。

参考文献

(1)　中嶋 勇亮,山岸 芳夫、音楽の基礎を学ぶ e-Learning 教材の開発、2009 年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集(CD-ROM).
(2)　藤本徹:“ゲーム要素を取り入れた授業デザイン枠組の開発と実践”，日本教育工学会論文誌, Vol.38, No.4, pp.351-361　(2015)
(3)　ティラノスクリプト：https://tyrano.jp/　（2023 年 6 月 5 日閲覧）
(4)　ティラノスタジオ：https://tyrano.jp/studio/　（2023 年 6 月 5 日閲覧）

e-learning 入学前課題に関する研究

Research on e-learning Pre-enrollment Assignments

池村　努
北陸学院大学　社会学部　社会学科
Hokuriku-gakuin University Faculty of Social Sciences Department of Sociology
Email: ikemura@hokurikugakuin.ac.jp

あらまし：2021 年度から入学前課題として e ラーニング教材のラインズドリルを導入した．導入にあたり，前年の 2020 年度から短期大学部コミュニティ文化学科で試行的に導入し，フィードバック（声掛け）が課題実施に役立つことを認識した．それを受けて 2021 年度本格導入に反映した．2023 年度にも継続して導入しており，今後はその推移についても研究を進める．
キーワード：遠隔授業，e ラーニング，フィードバック，ラインズドリル

1.　はじめに

本学では 2021 年度から入学前課題としてラインズドリルを「HG ドリル」として導入した．ラインズドリルはオンラインで基礎学力強化ができるリメディアル教育専用 e ラーニング教材である．オンライン教材は受講者の意欲により積極的に活用することもできれば，あまり効果を得られない場合もある．積極的に課題に取り組ませるための方法としてこれまで「声掛け」について研究を行い，学生の意欲向上に効果があることが確認できた．次に本来の入学前課題の目的である，入学後の学習に資するものであることの確認が必要となってきた．そこで本研究では入学前課題への取組状況と，基礎学力テスト結果との関係を確認しまとめる．

2.　入学前課題と基礎学力テスト

一般的に学校推薦型選抜や総合型選抜などいわゆる「年内入試」合格者は，一般選抜受験者と較べて進路決定時期が早い．12 月には進路が決定し，残りの高校生活に空白期間が生じることになる．高大連携会議の中でもこのことが取り上げられ，多くの私立大学で入学予定者に対して何らかの入学前課題を準備することになった．本学でも初年次教育の一環として，2008 年の 4 年制大学立ち上げ時から入学前の課題を整備し，年内入試合格者に課してきた．

また，基礎学力テストについても入学後の言語科目クラス分けなどに用いるために継続して行ってきている．2022 年度からは対面実施からオンラインテストに変更して実施している．オンラインテストにすることで，入学予定者は春休み期間中に自分の好きなタイミングでテストを受けることができるようになっている．

2023 年度には本学は改組を行ない，4 年制大学 3 学部 4 学科体制になった．それに伴い入学前課題と基礎学力テストについても若干の変更を加えることになった．基礎学力テストでは国語と英語のテストを行い，「英語」および「日本語基礎」クラスの割り振りに用いている．

春休み期間中にウォーミングアップ学習というプレ入学プログラムを行っており，大学の授業に対する不安感を少しでも減らす取り組みを行っている．その中で学生スタッフによる説明が行われており，HG ドリルについてのアドバイスも取り入れられるようになっている．

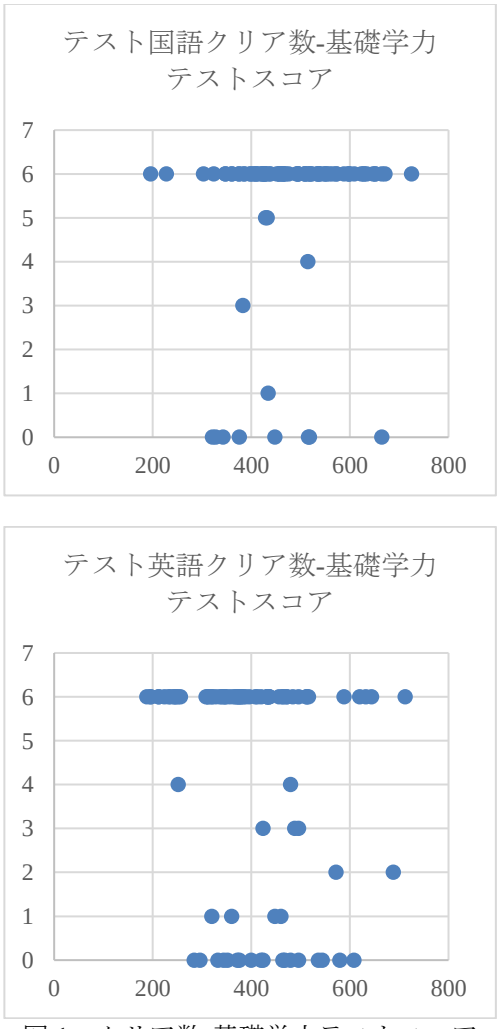


図 1　クリア数-基礎学力テストスコア

3. 2023 年度入学前課題と基礎学力テストにおける関連性

ここで，入学前課題と基礎学力テストにおける相関関係について考えてみる．元来この二つはそれぞれ独立した性質のものであるが，過去には「入学前課題を行うことが，基礎学力テストに向けた努力になる」と説明したこともある．そこで確認を兼ねて相関関係を調べてみた．

3.1 入学前課題達成状況-基礎学力テストスコア

基礎学力テスト科目である「国語」と「英語」のスコアについて，達成状況との関連を確認した．HG ドリルは 6 つのジャンルに分かれて出題され，それぞれにおいて確認テストで 100 点を取ることで完了となることから，達成度は 0～6 で表示される．また基礎学力判定テスト（JCC）は 800 点満点でスコアのみが開示されている．

課題にきちんと取り組み，規定の課題をクリアした学生は，基礎核力テストで良い成績を残しているのではないかという仮定のもとで，入学前課題対象者のみをサンプルにグラフ化したが，両者の関係に相関は見られなかった（図 1）．

3.2 入学前課題完了日-基礎学力テストスコア

同様に，入学前課題を終了したタイミングが早いほど，基礎学力テストに向けた意欲があり，良い成績を残しているのではないかという仮定のもとで，最後にドリルを行なった日を入学前課題終了時期として基礎学力テスト国語・英語両方のスコアとの間で相関をとった．こちらも両者の関係に相関は見られなかった．

4. 2023 年度入学前課題実施状況とアンケート結果

2023 年度の入学前課題達成状況は以下の通りとなっている．改組による学部構成が変わっているため直接的な比較はできないが，達成率は概ね前年通りとなっている（表 1）．

表 1　課題達成状況

2023 年度	幼児教育学科	初等中等教育学科	社会学科	栄養学科
課題対象者	20	11	33	31
課題終了者	9	8	23	19
達成率	45.0%	72.7%	69.7%	61.3%

昨年度から導入した「HG ドリル学習計画表」を今年度も用いて，学生が主体的に計画を立てていくことができるような工夫を行なった．また各学部に担当者を置き「声掛け」を継続して行っている．

HG ドリルに対するアンケート結果は表 2 の通りとなった．なお 2020 年度と 2021 年度は試行期間だったため一学科に対してのみアンケートを実施した．

2023 年度についても「満足」「やや満足」が 8 割を超える結果となっているが，前年度より若干低下しており，その分「やや不満」が増加していた(表 2).

表 2　満足度調査結果

	2020 年度※	2021 年度※	2022 年度	2023 年度
満足	36.4%	16.7%	28.9%	28.8%
やや満足	36.4%	61.1%	55.3%	52.5%
やや不満	27.3%	16.7%	10.5%	15.3%
不満	0.0%	5.6%	5.3%	3.4%
回答総数（人）	11	18	38	59
履修者総数（人）	35	34	136	95

※　1 学科のみアンケート実施

課題についての質問「入学前課題で課された課題は難しかったですか.」では「簡単だった」が 0 名で，「どちらかというと難しかった」「難しかった」が 46 名だった．また科目によって難しかったという回答が多くみられた．課題のレベル等について検討が必要と思われる（表 3・表 4）．

表 3　入学前課題で課された課題は難しかったですか

簡単だった	0
どちらかというと簡単だった	13
どちらかというと難しかった	34
難しかった	12

表 4　HG ドリルの出題レベルはどうでしたか

簡単だった	2
科目によっては簡単だった	22
難しい科目があった	27
難しかった	8

5. まとめ

前年に引き続き，入学前課題として導入したラインズドリルの実施状況向上を目指して声掛けを行なっている．定期的に声掛けをすることは学内でも定着してきた．学習者の意欲を向上させる上で，効果があることは確認できた．しかし学部単位で担当者による声掛けを行っていることから，頻度の確認が行えていない．また，出題レベルについての課題が新たに見えてきた．入学前課題実施率の向上と併せて，満足度向上に繋げられるよう，検証を続けたい．

特別支援学校教員を対象としたMESHを用いたビジュアルプログラミング教育の実践

Practice of Visual Programming Education using MESH for Teachers of Special Support schools

舩木英岳[*1]，丹下裕[*1]，畑亮次[*1]，足立正人[*1]，陰山海一郎[*1]，平井慎一[*2]，金森克浩[*3]
Hidetake FUNAKI[*1], Yutaka TANGE[*1], Ryoji HATA[*1], Masato Adachi[*1], Kaiichiro KAGEYAMA[*1], Shinichi HIRAI[*2], Katsuhiro KANAMORI[*3]
[*1] 舞鶴工業高等専門学校
[*1] National Institute of Techonology, Maizuru College
[*2] 京都府立舞鶴支援学校
[*2] Kyoto Prefectural Special Support School in Maizuru
[*3] 帝京大学 教育学部
[*3] Teikyol University, Faculty of Education
Email: funaki@maizuru-ct.ac.jp

あらまし：本研究では、特別支援学校教員が自作した支援機器の活用を目指し、特別支援学校教員を対象としたプログラミング教材を開発している。3 年目の取り組みでは、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に、MESH を用いたビジュアルプログラミング教材を開発して、年 2 回の出前授業を実施した。また、特別支援学校教員にアンケートを実施し、プラグラム教育の効果を明らかにした。
キーワード：特別支援学校教員、MESH、ビジュアルプログラミング、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、高専の初等教育方法を取り入れた教育システムの構築とスイッチ教材を題材とした出前授業を行うことで教員の技術力向上に一定の成果が得られた。

本研究では、教員が自作したスイッチ教材を含む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。3 年目の取り組みで提案するプログラミング教育は、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に､MESH を用いてサポートができる仕組みづくりをプログラミングで実現することを目的に開発し、年 2 回の出前授業を実施した。また、教員に記名式のアンケートを実施して、参加者のプログラミング能力の向上を定量的に評価した。

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おり、最近は情報機器の発達により、多様なニーズに応じた機器が開発され、利用されつつある。

中学校では平成 24 年度から技術・家庭科の「プログラムによる計測・制御」が必修となり、小学校においても令和 2 年度から実施される新しい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、どのようにしてプログラムを授業に取り入れていくかの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、このようなプログラミング教材は、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。

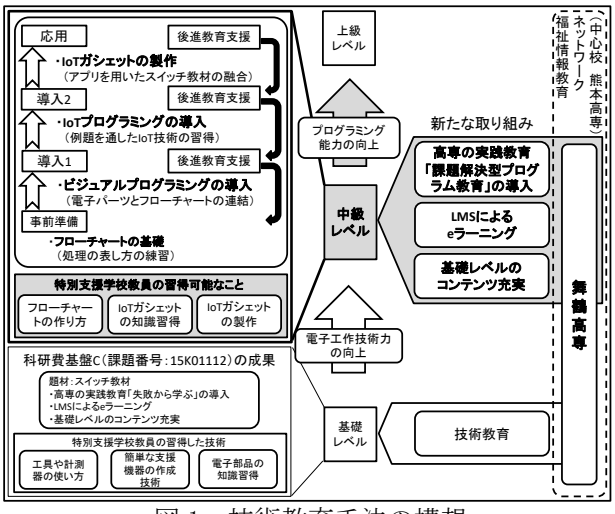


図 1　技術教育手法の構想

本研究で提案するプログラミング教育は、特別支援学校の教員を対象にしたものであり、教員が担当児童生徒の障害に応じてより円滑に授業やクラス運営のサポートができる仕組みづくりをプログラミングで実現する。本研究では、プログラミング教育に関連したアクティブラーニングの実践と出前授業の実施と共に、教員が担当児童生徒の障害に応じてより円滑に授業やクラス運営のサポートができる仕組みづくりをプログラミングで実現する[(1)]。本研究の技術教育手法の構想を図 1 に示す。

2.2 出前授業の一覧

これまでに実施した出前授業の一覧を表 1 に示す。教員に対する出前授業は、年に数回程度実施している。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 時間の作業実習が確保できるような日程で設定している。

表 1　出前授業の一覧

実施年度	プログラミング教育の内容
令和 2 年度	ビジュアルプログラミング ～Pyonkee を用いたプログラミング 1～
	ビジュアルプログラミング ～Pyonkee を用いたプログラミング 2～
	ビジュアルプログラミング ～Pyonkee を用いたプログラミング 3～
	ビジュアルプログラミング ～Pyonkee を用いたプログラミング 4～
令和 3 年度	ビジュアルプログラミング ～MESH を用いたプログラミング 1～
	ビジュアルプログラミング ～MESH を用いたプログラミング 2～
令和 4 年度	ビジュアルプログラミング ～MESH を用いたプログラミング 1～
	ビジュアルプログラミング ～MESH を用いたプログラミング 2～

2.3 ビジュアルプログラミング教材の一例

本研究で作成した MESH を用いたビジュアルプログラミング教材のコンテンツの一例を図 2 に示す。

図 2　制作したプログラミング教材の一例

本コンテンツは、MESH の複数ブロックの状況に応じて LED の色が変わる教材であり、フローチャートを学習後にプログラミングを実践している。

3.　アンケート

毎回の出前授業後に、教員による自己評価アンケートを実施して「受講後のプログラミング能力」を回答してもらった。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、記名式としている。また、初めて出前授業に参加する教員には、事前アンケートで、「氏名」、「年代」、「プログラミング学習経験の有無」、「現時点でのプログラミング能力（10 段階評価）」を回答してもらい、これを基礎データとした。

4.　アンケート結果と考察

令和 4 年度に参加した教員は 34 名おり、事前アンケートでは 27 名がプログラミングの学習経験がないことが分かった。プログラミング初心者の受講前の自己評価の平均点が 1.89 点であったが、1 回目受講後には 3.21 点に向上した。このうち 2 回目も受講した教員は 4 名いたが、自己評価平均点が 4.00 点に向上したことから、続けて受講した教員の方がプログラミング能力が向上したことが確認できた。また、プログラミング経験者（前年度以前からの受講者）は 7 名おり、受講前の自己評価の平均点が 5.29 点であったが、1 回目受講後の自己評価の平均点が 6.00 点であった。出前授業に多く参加している教員は元々の自己評価点が高いこともあり、評価値の向上率は初心者と比べて少ないことが分かる。アンケート結果を表 2 に示す。

表 2　プログラム能力の平均値の推移

	実施前	1 回目	2 回目
プログラミング初心者	1.89	3.21	4.00
プログラミング経験者	5.29	6.00	6.00

5.　まとめ

本研究では、特別支援学校教員に対して MESH を用いたプログラミング教材を開発して、出前授業を実施することでプログラミング能力が向上することを確認した。今後は、教員の要望に応じて、IoT 機器と組み合わせたプログラミング教材を制作予定である。

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，福井繁雄，畑亮次，井谷武史，土出隆之，金森克浩，「特別支援学校教員を対象としたビジュアルプログラミング教育の実践と教育効果」，教育システム情報学会第 46 回全国大会講演論文集，pp. 105-106，（2021.9）．

院内学級における異文化理解授業—台湾の学生との交流を通して

山本裕一*1, 謝昀叡*2,小柳千佳子*3

*1北海道大学情報基盤センター, *2北海道大学国際広報メディア・観光学院, *3札幌市立北辰中学校

*1Information 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台湾の異文化理解授業を台湾からの留学生を通して実施すると共に今後、台湾で日本語を学ぶ学生と協調して行う予定である。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 年に国のがん対策推進基本計画が策定され、小児がんは重点的に取り組むべき課題の一つに位置づけられた。小児がん患者と家族が安心して適切な医療や支援を受けられる環境を整備することを目指し、2013 年 2 月には全国 15 の「小児がん拠点病院」が指定された。北海道では北海道大学病院が指定され、地域の小児がん診療の中心的役割を担っている。2019 年には整備指針が見直され、AYA（思春期・若年成人）世代の患者の医療・支援にも対応できることなどが指定要件に追加された。北大病院では小児・AYA 世代がんセンターが設置され、単なる治療のみならず、病気療養中であっても他の健康な子どもたちと可能な限り同じ生活・教育環境の中で医療や支援を受けられるような環境を整備することを目指しており、院内学級や地域の学校との連携を目指している。

2 北大病院院内学級ひまわり

北大病院内院内学級ひまわりは札幌市内の小中学校の分校という形式であるが、道内外から治療のため北大病院に入院している子供たちを受け入れている。毎年、小学生 30 名、中学 20 程度受け入れている。第一義的な目的は長期や短期の入院のため生じる学習の遅れを少しでも解消することであるが、小児がん等の重篤な症状での入院や治療などで、空間的にも心理的にも閉鎖的、抑圧的な状況に置かれやすい病気療養児の心理的な安定を図ることも大きな目的の一つである。そのために「気持ちの開放を図り、外に開かれた友人との交流を図る」ことは回復へ向けての意欲を育てることにつながる。北大病院院内学級ひまわりではテレビ会議システムや Web 会議システム、SNS などを用いて国内外のさまざまな人々と異文化交流をはかっている[1]。

3 院内学級のネットワーク環境

北大病院では医療用 LAN の他に北大の学内 LAN である HIENS が一部に敷設されており、1F の院内学級教室でも利用することが可能である。教室内の PC や iPad、TV 会議システム、ネットワーク機器は HINES に接続されており、児童はこれらの機器を通じてインターネットに接続し調べ学習や、国内外からの遠隔授業に参加するために使用できる。また HINES の他に札幌市教育ネットワークにも参加しており、札幌市教育委員会が提供しているネットワーク資源等にアクセスすることが出来る。2021 年度にはコロナ禍をきっかけとし、無菌管理中の入院児童や感染症の蔓延等で小児病棟から教室に来られない児童の学習の機会を保障するために、限定的な利用に限られるモバイル WiFi ルータでなく、学内 LAN である HINES を小児病棟に延伸し、無線 LAN のアクセスポイントを小児病棟の無菌室２室、学生実習室、プレイルームに設置することとした。無菌室

以外の児童は４，５名程度が入室可能な学生実習室、もしくはプレイルームを利用する。ここではAPの他、高品質な映像、音声でのやり取りが可能なTV会議システムも設置したので、端末を利用しながら複数の児童が教室からの遠隔授業に参加することも可能である[2]。

4 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結んできた。「異文化理解・コミュニケーション、各教科の発展的補完の総合的な取り組みと位置づけるとともに、各教科の今後の学習の動機付けとなるべく授業を行ってきた。これらの海外からの遠隔授業は講師の都合等により定期的に行えないことや、授業を行えた場合でも病気療養児の容態により参加できる児童がわずかになってしまい、数少ない遠隔授業の機会を生かせない場合もあった。これまで主としてTV会議システムを利用してきたが、コロナ禍で急速に普及したZoomを利用することにより、大阪大学院内学級、関西医科大院内学級の他にも札幌市立山の手支援校、刀根山支援学校訪問部（ベッドサイド）の中で都合の合うサイトに参加してもらう事によって児童の不参加による授業の中止という事態を回避している。これまで機材や回線の問題で参加できなかったサイトの参加によりある程度年間計画を立てることができるようになった。今後は互いの教室で行われる異文化学習等で共有可能なものを増やしていければと考えている。

5 台湾に関する異文化理解授業

台湾に関する授業は 2017 年より北大に在籍する留学生等に依頼し実施している[3]。授業内容は台湾の地理、食文化、言語、学校生活、日本の漫画など多岐に渡っている。当初は阪大院内とTV会議システムで、関西医科大院内とSkypeにより合同で行ってきたが、前述したようにコロナ禍以降はZoomにより実施している。生徒数は各校で数名程度、学年は小学低学年から中高生まで参加している。台湾からの留学生による授業では、台湾の歴史や地理、食文化や行事、言語（挨拶、発音、繁体字）などについてクイズも交えて紹介してもらっている。今年度後期からは台湾で日本語を学ぶ大学生による台湾文化を紹介する授業も計画している。台湾の大学生が日本の入院児童に対して行う台湾文化を紹介する授業は、台湾の学生にとっても教育効果があると考えられる。まず、日本語でプレゼンテーションを行うことで、日本語の実践的な運用能力を高めることができるのは勿論だが、台湾の学生は自分の国や文化を紹介することで、自分のアイデンティティや文化的な自覚を強めることができる。台湾は中国や日本などの影響を受けた多様的な文化を持っているが、同時に独自の文化や特色も持っている。日本の入院児童に対して自分たちの文化を紹介することで、自分たちの文化について改めて調べたり考えたりすることができる。また、入院児童からの質問や感想を聞くことで、自分たちの文化がどう見られているか、どんな魅力があるかに気づくことができる。最後に、台湾の学生は日本の入院児童と交流することで、社会貢献や国際協力の意識を高めることができる。台湾の学生は日本語を学ぶ動機として、日本文化への興味や将来的に日本と関わる活動が生じることも考えられる。自分たちが持っている知識や技能を社会的に役立てられることを実感することができる。一方、日本側が恩恵を受けるばかりではなく、日本語授業の一環として成り立つように何らかの形でこちらからフィードバックするなど台湾側の授業計画に沿うことができればと考えている。

参考文献

(1) 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、55-56(2004)
(2) 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度年次大会論文集』FB1-4、296-297（2020）
(3) 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』，F6-2，437-438（2019）

演繹的三角ロジック組立演習の学習効果の評価
—SPI 演習との比較を通して—

Evaluation of Learning Effect of Deductive Triangle Logic Exercise
-Comparison with SPI Exercise-

藤原 宗幸[*1], 木下 博義[*2], 林 雄介[*3], 平嶋 宗[*3]
Muneyuki FUJIWARA[*1], Hiroyoshi Kinoshita[*2], Yusuke Hayashi[*3], Tsukasa Hirashima[*3]
[*1] 広島商船高等専門学校 流通情報工学科
[*1] Department of Distribution and Information Engineering, National Institute of Technology(KOSEN), Hiroshima College
[*2] 広島大学人間社会科学研究科
[*3] Graduate School of Humanities and Social Sciences,Hiroshima University
[*3] 広島大学先進理工系科学研究科
[*2] Graduate School of Advanced Science and Engineering,Hiroshima University
Email: fujiwara.muneyuki.gc@hiroshima-cmt.ac.jp

あらまし：本研究では，演繹的三角ロジック組立演習を行う群と，SPI 対策問題集を用いた演習を行う群を設け，論理的思考調査問題に対する演習の事前事後の学習効果の比較実験を行った．結果として，両群ともに事前事後間の学習効果が確認でき，両群間の差は確認できなかった．この結果は演繹的三角ロジック組立演習が論理的思考力向上を目的とした場合，SPI 対策演習と置き換え可能であることを示唆するものである．また，アンケート調査の結果から，演繹的三角ロジック組立活動に対する理解度が高い被験者群により学習効果が見られたことを示唆する結果も得た．これらの結果より，演繹的三角ロジックを用いた授業を設計・開発することの妥当性と必要性が示せたと考えている．
キーワード：論理的思考，演繹的三角ロジック，学習支援システム

1. はじめに

批判的思考力の重要性は古くから指摘されており，学習指導要領における「深い学び」の１つとして重視されている．これまで多種多様な論理的思考力の育成方法が考案されてきているが，本研究では，その一つとして提案されている演繹的三角ロジック組立演習（以下単に三角ロジック演習と呼ぶ）の高等専門学校での授業利用を指向しており，本稿ではその準備段階として，三角ロジック演習の学習効果を比較実験により検証したので報告する．比較対象は，論理的思考力の測定にしばしば用いられる SPI 非言語分野テストの対策問題を用いた演習とした．以下本稿では，まず演繹的三角ロジックについて概説した後，比較実験とその結果・分析について報告する．

2. 三角ロジック組立演習システム

Toulmin モデルの「根拠」「理由付け」「主張」の主要要素だけを取り上げ，それらの三要素を三角形の各頂点に割り当てたのが三角ロジックモデルである．

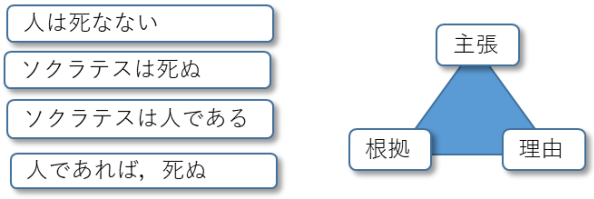


図１ 演習場面

この三角ロジックを演繹構造に限定したのが演繹的三角ロジック(1)であり，演繹的三段論法に対応付けると，根拠が小前提，理由付けが大前提，主張が結論となる．三角ロジック組立演習(2)では，与えられた命題集合から適切な命題を選んで三角ロジックを組み立てる．図１はこの演習の初期状態であり，左に命題集合が提供されており，そこから適切な命題を選んで右の三角形の各頂点に配置する．演習システムはブラウザベースで実現されており，組み立てられた三角ロジックを診断し，正誤をフィードバックすることができる．この演習が学習効果を持つことはこれまでにいくつかの研究を通して中学生から大学院生までの被験者を対象として確認されているが，他の方法との比較はできていなかった．

3. 実験

3.1 実験手順

本実験は，高専 1 年生の 2 クラス（70 名）を対象に，それぞれのクラスを三角ロジック演習群と SPI 演習群の 2 群に設けた．三角ロジック演習群では，(1)論理的思考力調査問題（プレテスト）を 20 分，半年期間をあけたのち，(2)三角ロジック演習（組立事例を含めた説明 10 分，各自の演習 30 分），(3)休憩 5 分，(4) 論理的思考力調査問題(ポストテスト)を 20 分，(5)アンケートを 5 分，で実施した．SPI 群では，(1)論理的思考力調査問題（プレテスト）を 20 分，半

年期間をあけたのち，(2)SPI 演習（回答事例を含めた説明 10 分，各自の演習 30 分），(3)休憩 5 分，(4)論理的思考力調査問題(ポストテスト)を 20 分，(5)アンケート（5 件法）を 5 分，で実施した．両群の(1)-(5)は同時期に実施している．

SPI 演習もブラウザベースで選択肢問題として実装しており，解答に対して正誤判定を受けることができるようになっている．論理的思考力調査問題としては，国立教育政策研究所教育課程研究センターが高校生 2 年生を対象に論理的思考の育成状況を測るために実施した「特定の課題に関する調査（論理的な思考）」[(3)]の中から，一般的な表現形式である調査 I の内容 A（13 問）を用いたものであり，プレ・ポストともに同じものを用いている．この調査問題は，言語的に記述された立論や状況説明から論理的推論によって答えを導くものであり，選択肢問題もしくは短答問題となっており，問題形式としては SPI 演習に類似している．また，用いた問題に対しては，演繹的三角ロジックを記述することができることは確認できている．

なお，本実験は情報教育の一環としての論理的思考力調査およびシステムの体験的利用として授業内において実施した．この実施に関しては，事前に実施内容及び実験が順守する倫理規定について授業担当教員と協議し，了解を得ており，また，参加者に対しても実施時に説明を行っている．

4. 結果と考察

4.1 SPI と三角ロジック組立演習システム

SPI 演習を行った群（SPI 群）と三角ロジック演習を行った群（三角ロジック群）のテスト結果を表 1 に示した．二元配列分散分析（群要因とテスト要因．ANOVA4 を用いた）を行ったところ，プレポストで有意差があり（p=0.0011），群間で差がなく(p=0.3499)，交互作用もなかった(p=0.7373)．より詳細に分析するために単純主効果分析（ライアン法で多重検定）を行ったところ，プレポストで群間に有意差はなく，各群のプレポストには表 1 に示す有意差があった．効果量はいずれも中程度であった．このことから，いずれの演習も論理的思考力に効果があったことが示唆される．

表１　テストスコア

群	プレ平均	ポスト平均	p 値	効果量 d
SPI 群 (N=37)	12.973 (SD=3.826)	14.216 (SD=3.867)	.0329	0.324
三角群 (N=33)	12.152 (2.917)	13.667 (3.099)	.0099**	0.505

4.2 演習システム群のアンケート分析

三角ロジック群への事後アンケートの質問 A「三角ロジックを用いた演習で行った考え方は，これから自分が物事を論理的に考えるうえで参考になりそうである」，および質問 B「今までに，三角ロジックを用いた演習と似た問題を学校の授業で解いたことがある」は三角ロジック演習に対する学習者の理解を表すと考え，肯定群（５．強く肯定，４．肯定），非肯定群（３．どちらでもない，２．否定，１．強く否定）に分けたうえでそのスコアを分析した．それぞれに対して分散分析を行ったところ，どちらの質問についても，両群において差はなく，プレポストにおいて差があり，また，交互作用は有意ではないとの結果となった．さらに調べるために，単純主効果分析（ライアン法で多重検定）を行ったところ，質問 A については，両群の差は事前・事後ともなく，事前事後においては肯定群の有意傾向で差があった．質問 B については，両群の差は事前事後ともなく，事前事後においては否定群のみ有意があった．この結果を表 2 に示した．

質問 A への肯定は，三角ロジックを論理的思考に役立つものとの判断であると解釈できる．また，三角ロジックを使って演繹構造を組み立てる活動が行われている事例は確認できないことから，非肯定が三角ロジック演習の内容理解度が高いと考えられる．演習の内容理解が高いことが示唆される群に学習効果がより強く出たことは，本演習が学習効果を持つことを示唆するものと判断している．

表２　アンケートに基づく群わけとテストスコア

質問	群	プレ	ポスト	p 値	効果量 d
A	肯定 (n=21)	12.524 (SD=2.905)	14.095 (2.975)	0.074+	0.534
	非肯定 (n=12)	11.500 (2.693)	12.917 (3.040)	0.1056	0.493
B	肯定 (n=16)	12.125 (2.288)	13.188 (3.245)	0.1996	0.379
	非肯定 (n=17)	12.176 (3.330)	14.118 (2.784)	0.0229*	0.633

5. まとめと今後の課題

本実験の結果として，三角ロジック組立演習を授業に組み込むことの妥当性と必要性が言えたと判断している．今後は，授業内での三角ロジックの教授法を検討し，実践・評価を進める予定である．

謝辞

本研究の一部は，科研費・基盤研究(C)(22K12328)の助成による．

参考文献

(1)平嶋宗：言語的三角ロジックに対する演繹的三角ロジックの提案: 主題共通命題・自明論拠・許容命題を用いた妥当性検証可能化. 教育システム情報学会中国支部研究発表会講演論文集, 21, 23-30(2022)
(2)北村拓也，長谷浩也，前田一誠，林雄介,& 平嶋宗： 論理構造の組み立て演習環境の設計開発と実験的評価. 人工知能学会論文誌, 32(6), C-H14_18(2017)
(3)国立教育政策研究所：特定の課題に対する調査（論理的な思考）（2017）

非妥当推論の判別能力向上を指向した演繹的三角ロジック演習環境の設計開発

Design and development of a practice environment to promote the understanding of invalid reasoning using the Deductive Triangular Logic

長澤 怜男[*1]，藤原宗幸[*2]，林 雄介[*1]，平嶋 宗[*1]
Reo NAGASAWA[*1], Muneyuki FUJIWARA[*2], Yusuke HAYASHI[*1], Tsukasa HIRASHIMA[*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 Engineering, Hiroshima University
[*2] 広島商船高等専門学校
[*2]National Institute of Technology (KOSEN), Hiroshima College
Email: m226002@hiroshima-u.ac.jp

あらまし：論証においては，言語的には形式が整っている場合でも，仮説推論や誤謬推論のように非妥当な推論となっていることがある．妥当な推論である演繹推論と，これらの非妥当推論を判別し，さらにその理由を説明できることは，論理的思考において重要な能力といえる．本研究では，演繹的三角ロジックモデルを用いて演繹推論，仮説推論，形式的誤謬の判別能力向上を指向した演習環境の設計開発を行う．
キーワード：**論理的思考**，三角ロジック，演繹推論，仮説推論，形式的誤謬

1. はじめに

近年，教科や領域を問わない論理的思考が重要視されている(1)．論理的思考の学習支援の一つとして，論理構造を可視化したものである Toulmin モデルを簡略化した三角ロジックモデルを用いた「三角ロジック組立演習システム」が設計・開発されている(2)．この演習システムは，三角ロジックモデルに「オープン情報構造アプローチ」(3) を適用し，論理構造の組み立てを演習課題として取り組むものになっており，実験的利用によって論理的思考力の促進を示唆する結果を得ている．

論理的推論として広く認められている三つの推論(4) のうち，演繹推論と仮説推論は同一の構成要素を持ち，三角ロジックモデルで表現可能である．演繹推論は予め与えられている命題（以下では所与命題）が真であれば，推論によって導出される命題（以下では導出命題）は真となるという論理的妥当性を満たすが，仮説推論の導出命題は所与命題が真であっても真となるとは限らず，論理的妥当性を満たさない．先行研究において，高専生，大学生の推論の妥当性判定能力の調査を行った結果，学習者は推論形式ではなく命題の意味の真偽で論理的妥当性を判断していることが示唆されている．(5) また，論理的妥当性を満たさない推論の中には論理形式に明らかな間違いがある形式的誤謬が存在する．これらの性質を理解することは論理的思考力の育成において重要であると考えられる．

本研究では，三角ロジック組立演習システムを拡張して演繹推論だけでなく，仮説推論，形式的誤謬についての理解を支援する演習環境の設計開発を行う．

2. 推論の誤り

推論には，様々な場合で誤りが生じる．その中で特に気づきにくいと考えられる誤りが妥当性判断の誤りと誤謬である．妥当性判断の誤りは，演繹推論と仮説推論の区別ができていないことと言える．区別が行えない場合，非妥当な仮説を必ず正しいかのように扱ってしまうなどの恐れがある．高専生，大学生を対象として実施した推論の妥当性判定力調査においても，十分に妥当性判定が行えていない結果が示唆されている(5)．また，誤謬とは論理構造が間違っており，論証が全体として非妥当になっていることである．論理的構造を持っているものの，その構造中に論理形式として明らかな誤りが生じているものを形式的誤謬と言う．形式的誤謬は論理式で表現可能である．

3. 演繹的三角ロジックと言語的三角ロジック

一般的に用いられている三角ロジックは，言語的な立論構造としての論理性は持つとされているものの，推論としての妥当性を満たすことは保証していなかった．これに対して本研究で用いている三角ロジックは，演繹推論として論理計算可能である要件を満たすために，「根拠」，「論拠」，「結論」を構成要素とした，modus ponens（根拠 P，論拠 P→Q，結論 Q），multiple modus ponens（根拠 P→Q，論拠 Q→R，結論 P→R）の論理構造のみを取り扱っており，これを演繹的三角ロジックと呼ぶ（一般的な三角ロジックは，言語的三角ロジックと呼ぶ）．この演繹的三角ロジック上では，所与命題と導出命題の三角ロジック上の配置によって演繹推論だけでなく，仮説推論も表現できる．根拠と論拠が所与命題で導出命題が結論であれば演繹推論であるが，導出命題が根拠であれば「根拠推論」，論拠であれば「論拠推論」とな

る．根拠推論と論拠推論も推論の結果としての論理構造は演繹構造と一致するものの，推論自体は妥当性が保証されない仮説推論となる．

本研究で注目しているのは，言語的三角ロジックが一種類の推論しか表現しないのに対して，演繹的三角ロジックが三種類の推論を表現しうることである．つまり，言語的立論では同じ推論に見えても，形式的推論としては三種類の可能性があることを意味する．本演習は，この三種類の推論を判別できる能力を育成することを目指したものとなる．

4.　三角ロジックの拡張で表現可能な演習

三角ロジックの拡張によって，本研究では科学的な推論として論理的に妥当な演繹推論と，非妥当な仮説推論（根拠推論，論拠推論）を表現可能である．また，非科学的な推論としての形式的誤謬のうち，誤謬変換（逆・裏）を行って演繹推論を行ったものが表現可能である．現行の三角ロジック演習システムは，部品から演繹的三角ロジックを組立てる過程のみを演習化しており，言語的立論を扱っていなかった．したがって，推論を直接的には取り扱っていなかったといえる．そこで本研究では，言語的立論をまず与え，その立論からの命題の抽出と，所与命題･導出命題の判定を行わせる（図１）．これにより，言語的立論の構造を明らかにしたことになる．所与･導出命題が区別されていることによって演繹の論理構造を持った演繹推論と，仮説推論としての根拠推論，論拠推論が表現可能になる（図 2）．

また本演習では，命題に逆・裏・対偶の変形を適用することで形式的誤謬推論を表現することが可能になる．命題に逆または裏変形を行って三角ロジック組み立てを行った際に，誤謬変形を行ったこととして扱う．図 3 は論拠に逆命題変換を適用することで演繹構造を生成できる例となっている．図 2，図 3 では同じ命題を用いているが，所与・導出命題の区別と命題変形によって各推論の表現を可能にしている．命題が無変形または対偶変形で三角ロジック組み立てを行ったとき，導出命題が結論なら演繹推論，根拠・論拠なら仮説推論（根拠推論，論拠推論）となる．

本演習で言語的立論から命題を作成し，三角ロジックで演繹推論，仮説推論，誤謬推論の組み立てを行うことによって非妥当推論への理解が促されると考えられる．

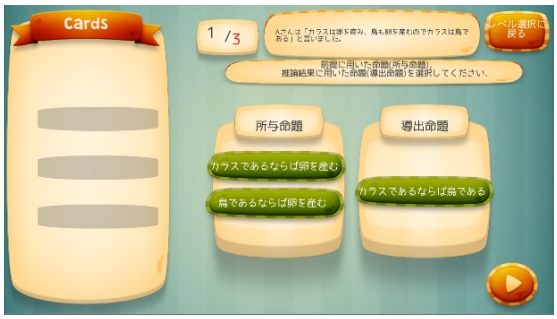


図 1 所与命題，導出命題のラベル付け

図 2 仮説推論（根拠推論）の三角ロジック

図 3 誤謬の三角ロジック

5.　まとめ

本研究では，仮説推論，形式的誤謬の理解を指向した三角ロジック演習の設計を行った．現在，実験的利用に向けて演習形式の考案，システムの開発中である．今後の課題として，システムの完成，実験的利用および学習効果の検証などが挙げられる．

参考文献

(1) 文化庁：“これからの時代に求められる国語力について”，文化審議会答申，(2004)
(2) 北村拓也，長谷浩也，前田一誠，林雄介＆平嶋宗：“論理構造の組み立て演習環境の設計開発と実験的評価”，人工知能学会論文誌，Vol. 32，(2017)
(3) 平嶋宗：“ディープアクティブラーニングを指向した課題設計法としてのオープン情報構造アプローチ：外在タスク・メタ問題・仮説検証的試行錯誤”，人工知能学会全国大会資料（第 32 回），(2018)
(4) 米盛裕二：“アブダクション　仮説と発見の論理”，勁草書房，(2007)
(5) 長澤怜男，沖永友広，藤原宗幸，林雄介&平嶋宗：“三項論証の妥当性判定能力に対する三角ロジック組み立て演習の効果”，研究報告コンピュータと教育（CE），2023-CE-169，8,1-8,(2023)
(6) 平嶋宗：“言語的三角ロジックに対する演繹的三角ロジックの提案”，教育システム情報学会中国支部研究発表会講演論文集，21(1)，p.23-30，(2022)

ドローイング学習支援システムにおける自動評価機能の性能向上のためのアウトライン描画段階同定アルゴリズムに関する基礎的検討

A Basic Study on the Outline Drawing Phase Identification Algorithms for Improvement of Auto Drawing Assessment Function in Drawing Learning Support System

浅井 雄大[*1], 香山 瑞恵[*1], 舘 伸幸[*1], 永井 孝[*2]
Yudai ASAI[*1], Mizue KAYAMA[*1], Nobuyuki TACHI[*1], Takashi NAGAI[*2]
[*1] 信州大学大学院総合理工学研究科
[*1]Graduate School of Science and Technology, Shinshu University
[*2] ものつくり大学
[*2]Institute of Technologists
Email: 23w2004a@shinshu-u.ac.jp

あらまし：我々はこれまで，ドローイングのスキル獲得を支援するシステムを構築・運用してきた．本研究の目的は，同システムにおける，学習者によるドローイング作品に対する自動評価機能の性能向上である．本稿では，ドローイングにおいて特に重要とされるアウトライン描画段階に着目し，この段階の終了時刻を同定するアルゴリズムの開発を試みる．そして 2 種の提案アルゴリズムの精度を比較し，同システムへの実装可能性について考察する．
キーワード：ドローイング，自動評価，アウトライン描画段階，アルゴリズム，性能評価

1. はじめに

ドローイングとは，ストロークと呼ばれる濃淡をもつ線を用いて，描画対象物(以下，モチーフ)の形状や質感を描画することである．ドローイングは，美術教育における基礎的な技術として位置づけられ，美術入門者が最初に学ぶべき内容とされる[1,2]．本研究では，2012 年度よりドローイング学習支援システムを運用している．美術専門学校でのデジタルドローイングクラスで用いられているこのシステムは，毎年約20名により入学時から隔週で6回のドローイングデータを蓄積している．対象モチーフは紙箱(前半 3 回)と紙袋(後半 3 回)である．

本研究の目的は，これらのドローイングデータを用いて，アウトライン描画段階(後述)の終了時刻を同定するアルゴリズムを開発することである．この終了時刻の推定を自動化することにより，同段階の評価指標の解析や，学習支援システムでの自動評価機能の実装が可能になる．本稿では，以下に示す 2 種のリサーチクエスチョン(RQ)を設ける．

RQ1:全学習者のアウトライン描画段階終了時刻を同一時刻とする場合，個々人の終了時刻との差の総和が最も小さくなるのはどの時刻か．

RQ2:個々人の終了時刻に対する全学習者共通の終了時刻との誤差と，本稿で提案するアルゴリズムを適用した時刻との誤差に有意な差はあるか．

2. アウトライン描画段階の定義

永井らは，1 回のドローイングを行う過程(以下，ドローイングプロセス)が 3 つのフェーズに分けられることを示している[3].このうち，最初のフェーズでは，用紙に対するモチーフの構図や比率，モチーフの形状を決定する．本研究におけるアウトライン描画段階はこの最初のフェーズを含むものとする．この段階が終了する時刻を「1 番最初のハッチングが描かれる時刻の前で，1 番最後に引かれたストロークが記録された瞬間」と定義する．以下，ドローイング開始 0 [s]から推定した終了時刻までを，アウトライン描画段階終了時刻の正解データ(以下，正解時刻)とする．なお，解析対象者は，アウトライン描画段階が存在する描画者のみとする．

3. RQ1:全描画者共通の時刻による同定

RQ1 では，全描画者のドローイングプロセスにおけるアウトライン描画段階終了時刻を，解析者が設定した共通の時刻(共通時刻)で同定できるかを検証する．具体的には，共通時刻を 0~695[s]の間で 1[s]ずつ変化させ，共通時刻と正解時刻におけるストローク数の分布を群間比較する．検定手法には，ウィルコクソンの符号順位和検定を用いる(p=0.05).

3.1 結果と考察

正解時刻におけるストローク数の分布に有意差が見られなかったのは，共通時刻を 155~191[s]とした場合の分布であった．また，各描画者のストローク数の平均絶対誤差(以下，MAE)が最も小さくなったのは，共通時刻を 168[s]に設定した場合であった．

この結果から，168[s]を共通時刻とした場合に，最も正確な同定ができることがわかる．しかし，描画者個人でみると，ストローク数の MAE が 119[本]と，大きくなってしまっている．

4. RQ2:2 つのパラメータによる同定

4.1 同定アルゴリズムの概要

今回の定義においては，アウトライン描画段階終了直後にハッチングが描画される．よって，最初に描かれるハッチングを検出できれば，アウトライン描画段階終了時刻を同定することができると考えた．今回はハッチングを検出するために，2 つのパラメータ(①直前に引かれたストロークのベクトルとのコサイン類似度の絶対値と，②直前に引かれたストロークとの重心間の距離)を用いる．これらのパラメータはそれぞれ，ハッチングを描く際の指導内容(「複数の直線を平行に描く」と，「直線どうしの間隔を狭めて描く」)に基づいている．なお今回は，これらの指導内容が各ドローイングの描画特徴として現れると仮定する．

また，ストロークのベクトルは，ストロークの最小外包矩形の頂点のうち，ストローク始点に最も近い頂点から対角に位置する頂点までとし，ストロークの最小外包矩形における対角線の中点をストロークの重心とする．

上記の 2 つのパラメータの時間遷移を確認すると，正解時刻直後で，連続して，ストロークどうしのコサイン類似度の絶対値がある値を上回り，同時に，重心距離がある値を下回る区間が存在することが確認された．この区間でハッチングが描画されると仮定し，各パラメータの適切な閾値を探索する．

4.2 閾値の設定

代表学習者 3 名と指導者 1 名が描いたドローイングを対象に，各パラメータの仮閾値を設定する．この代表学習者と指導者は，すべてのドローイングにおいてアウトライン描画段階の終了時刻が美術専門家により指摘可能であり，かつ，熟練度が多様な描画者である．ここでは，正解時刻におけるストローク数との MAE が最も小さくなるような閾値候補の組み合わせる．

その結果，最適なアルゴリズムは，「直前に引かれたストロークのベクトルとのコサイン類似度の絶対値の下限を 0.9 に，直前に引かれたストロークの重心どうしの距離の上限を 7[mm]に設定し，7[本]以上連続でそれらの閾値を超えた場合に，そのストローク群をハッチングとみなし，そのストローク群の直前にストロークが引かれた時刻をアウトライン描画段階終了時刻(以下，推論時刻)とする」とした．

4.3 新規データへの適用結果と考察

4.2 節で定義したアルゴリズムを，4.2 節で示した 4 名の描画者と 2015 年度の学習者 25 名に適用した．2012 年度から 2022 年度の内から 2015 年度の学習者を選出した理由は，学習者のドローイング熟練度が最も広範囲にわたるためである．

ここでは，共通時刻(168[s])と推論時刻におけるストローク数の誤差を比較する．また，共通時刻と推論時刻それぞれにおいて，正解時刻との誤差を求め，比較を行う．検定手法には，ウィルコクソンの符号順位和検定を用いる(p=0.05).

その結果，推論時刻におけるストローク数の誤差の方が有意に小さいことが確認できた(p=0.01). また，共通時刻における誤差の MAE は 119[本]であり，推論時刻における誤差の MAE は 92[本]となった．

また，図 1 に示すように，正解時刻に対する推論時刻との誤差の方が，共通時刻との誤差よりも有意に小さい結果となった(p=0.02). そして，正解時刻に対する，共通時刻との誤差の MAE は 82[s]，推論時刻との誤差の MAE は 66[s]となった．すなわち，共通時刻による同定よりも，2 つのパラメータに基づく提案アルゴリズムによる同定の方が高い精度を示した．しかし，複数のドローイングにおいて，正解時刻よりも極端に早い時刻を推論時刻としてしまう現象が確認された．これらのドローイングの描画過程を見ると，描画者は，短く，かつ同じ方向のストロークをつなげてアウトラインを描いていた．よって，そのようなストロークをハッチングとして誤検出してしまったと考えられる．

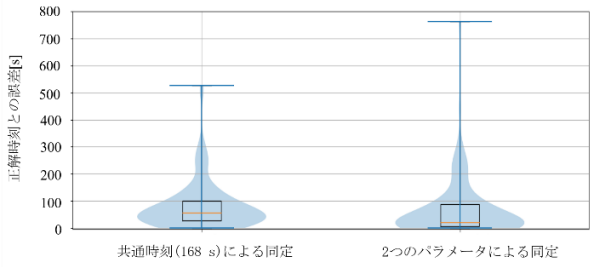


図 1 正解時刻との誤差の分布

5. おわりに

本稿では，アウトライン描画段階終了時刻を同定する手法の開発・比較を行った．RQ1 では，今回の場合，共通時刻で同定する場合には 168[s]が最も正確であり，RQ2 では，提案アルゴリズムによる同定の方が高い精度を示した．しかし，正解時刻と推論時刻の誤差が極端に大きい描画者も存在するため，ドローイング学習支援システムに適用するには，より精度の高い同定アルゴリズムが必要であると思われる．

今後は，ストローク自体の向きとストローク重心が移動する向きの類似度などのパラメータを追加し，同段階の同定アルゴリズムの改良を行っていく．

謝辞

遠隔ドローイング学習支援システムを 2012 年より導入いただき，ドローイングプロセスデータの収集にご協力いただいている日本外国語専門学校留学科海外芸術大学留学コースの教員と学生，関係者の皆様に感謝申し上げます．本研究の一部は科研費（23K17015）により支援されています．

参考文献

(1) 佐藤聖徳:“美術・デザイン系大学におけるデッサン指導の発展的試み”，静岡文化芸術大学研究紀要，Vol.4，pp.153-162 （2004）
(2) 関根英二:“美術体系の試み”，美術教育学会大学美術教科教育研究会報告, Vol.6, pp.89-100 （1984）
(3) 永井孝，崎本貴之，香山瑞恵:“美術入門者に対するドローイングプロセスモデルによる学習支援ツールの検討”，人工知能学会第二種研究会資料，Vol.2017, No.SKL-.23，pp.10-14 （2017）

小説（シナリオ）の作り方を学ぶシリアスゲームの開発

Development of Serious Game to learn How to write Novels or Scenarios

大久保　諒成
Ryosei Ohkubo
山岸　芳夫
Yoshio Yamagishi

新潟工科大学
Niigata Institute Technology
Email: 202011035@cc.ac.jp

あらまし：SNS が普及した現代において、誰もが自身の作品を容易に公開できるようになっている。このような CGM（Consumer Generated Media）の中でも、小説については文章が書ければ誰でも作成できるため参入障壁は低いが、小説の記述には日本語文法とは別にある種のルールがあって、それを踏まえて作品を書かないと読者を混乱させることになる。そこで本研究では、初学者向けとして小説（シナリオ）の書き方を学ぶシリアスゲームの開発を行う。
キーワード：教材、小説

1.　はじめに

近年、SNS の普及によって、創作発表のハードルがかなり下がっている。例えば動画では YouTube や TikTok といったサイトが有名であり、広告収入や投げ銭で生計を立てているユーザーも多い。静止画については､特に日本では pixiv がよく知られている。動画にしても静止画にしても、クオリティの高い作品の制作にはやはりそれなりにスキルが必要になるが、小説執筆は基本的に文章が書ければよいため、参入障壁はかなり低い。実際、アマチュアが小説を投稿できるサイトも「小説家になろう」を始めとして数多く存在する。特に､「小説家になろう」で人気を博している異世界転生を中心にした作品群は「なろう系」と呼ばれ、コミカライズやアニメ化された作品も少なくない。そのため大手出版社も独自で小説投稿サイトを運営（例：角川書店の「カクヨム」や講談社の「ノベルデイズ」など）し始めている。しかし出版化、映像化に至る作品も増えている一方で、表現手法に問題があるために読まれない作品も多くなっている。

もちろん内容が面白ければ少々文章が稚拙でも人気が出ることもあるが、いくら内容が面白くてもそれが読者に伝わらなくては意味がない。大抵の投稿サイトでは自分の作品の PV（ページビュー数）がわかるようになっており､PV が増えないとモチベーションが失われ、筆を折ってしまうユーザーも少なくない。

よって、本研究では読者に内容が最低限伝わる小説の書き方を学ぶシリアスゲームの開発を目標とする。既に小説やシナリオの書き方の指南本はかなりの数登場しており、中には物語仕立てのものもある[(1)]が、シリアスゲーム形式で学べる教材は多くない。類似する研究としては神取らによる小説執筆支援システム[(2)]や芦田らによる「小説執筆を対象とした質問提示型アイデア導出支援」[(3)]があるが、これはいずれも小説執筆の学習を目的としていない。

インタラクティブに学べるシリアスゲームは紙媒体の教材と異なり学習者が楽しみながら学ぶことができるため、我々のシステムは大きな教育効果を実現することが期待できる。

2.　小説執筆のルール

実際のところ「小説の書き方」というものに絶対的な正解は存在しないが、それでも守らないと読者を混乱させてしまう最低限のルールは存在する。その一つが「人称」である。多くの小説は「一人称」もしくは「三人称」で書かれていることが多い。一人称小説は基本的に主人公の視線で語られており、主人公が知らない情報は登場しないはずである。それなのに主人公が知りえない情報を主人公が語ってしまったら、当然読者は混乱する。もちろん厳密に一人称だけで記述されていれば矛盾は明らかだが、このような瑕疵を有する小説は、途中で突然三人称もしくは主人公以外の人物の一人称に切り替わっていることが多い（所謂「人称ブレ」）。そのため余計に読者を混乱させてしまう。よって人称は一人称と決めたら最初から最後まで一人称、三人称と決めたら最初から最後まで三人称で執筆すべきである。

3.　システム概要

本システムはノベルゲームエンジン「ティラノスタジオ」（図１）[(4)]を用いて制作される。ノベルゲームはその名の通り小説の手法を援用して制作されるものであり、この教材は多分に自己言及的な意味合いを含むものになっている。

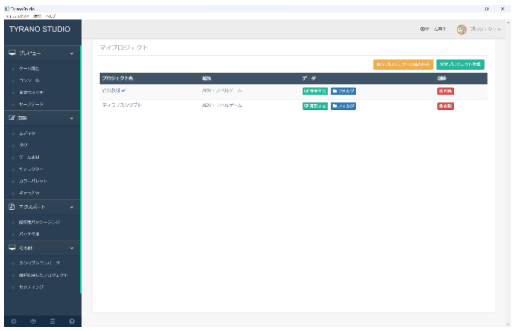


図１　ティラノスタジオ動作画面

内容はストーリー仕立てで小説執筆のルールを学んでいくもので、まずは「てにをは」や句読点といった基本的な文法（文章を書く者にとっては常識のはずなのだが、これができていない小説作者は意外に多い）から因果律や三段論法のような論理的規則（これについても、理解しておらず意味不明な展開の作品を書いている作者は多い）など、小説以前の基本的なルールを学んでいく。

最低限ここまでは必修とし、ここからは小説コース、シナリオコースに分かれてコンテンツが進んでいく。

小説コースでは、まず小説に必須のルールである人称、登場人物が三人以上の場面でのセリフ話者の特定などについて触れていく。そして以降はオプションとして以下の表現技法を学ぶコンテンツを用意する。

・比喩表現
・受動的表現
・省略法
・倒置法
・体言止め
・重複の削減
・地の文の書き方
・縦書きと横書き
・etc.

ただし、これらは文芸作品の執筆においては重要であるが、いわゆる「なろう系」やライトノベルと言った作品では必ずしも重要ではなく、これらがおざなりな作品でも書籍化されてベストセラーになっている場合も多い。

また、これも書籍化の際には重要になるのだが、小説には文の体裁にも形式的なルールがある。例を挙げると

・行頭は一文字インデント（この論文もそのルールに従っている）
・三点リーダ（「…」）は二個単位で使う
・末尾以外の感嘆符、疑問符の後にはスペースを入れる（例：「本当か？　本当なんだな？」）

ただし、これらも必ずしも守らなくてはいけないというものではなく、そもそも小説の内容には全く影響するものではないため、本気で書籍化を狙っている学習者のみが選択するものとする。

シナリオコースについては上記の小説コースでの知識はほとんど必要ないが、作劇に関する知識は必須となる。もちろん作劇理論は小説執筆においても重要となってくる。本研究では以下の作劇理論について取り上げる。

・伏線回収
・起承転結
・序破急
・セイブ・ザ・キャットの法則
・三幕構成

最低限ここまでは必修とし、後にシナリオ執筆にのみ必要な以下の知識について学ぶ。

・柱書
・ト書き
・セリフ

以上の内容を学ぶことが出来るようなシリアスゲームを、ノベルゲームの文脈を用いて制作する。

4.　検証

システム完成後に評価実験を行う。評価実験では小説に興味がある人を参加者とし、まずショート小説を自由に書かせてみて、その後本システムで学習した後に新たにショート小説を書かせ、学習内容が反映しているかをチェックする。ただしこのチェックはある程度は主観的な判断となるため、複数の小説執筆経験者により行われ、結果の平均を取る形で評価を行う。

5.　終わりに

どうやら筆を置く時が来たようだ。しかし現状の我々のシステムは……未だに青く酸味の強いリンゴ。（比喩表現＋体言止め）そのリンゴが赤く、甘く熟したとき、我々は検証を行うだろう。それに本当に教育効果があるや否や、と。（倒置法）そして得られたフィードバックは、システムの完成度をさらに高みへと導くに違いない。（受動的表現）

謝辞

本研究は JSPS 科研費 21K02786 の助成を受けたものです。

参考文献

(1) はやみねかおる、めんどくさがりなきみのための文章教室 飛鳥新社、2020.
(2) 神取敬矩, 米村俊一, & 中村航. (2015). 小説執筆支援システム: 初心者のあらすじ創作を支援する例示を用いたユーザインタフェースの提案 (福祉情報工学). 電子情報通信学会技術研究報告= IEICE technical report: 信学技報, 115(354), 153-158.
(3) 芦田 淳, 小尻 智子(2018), 小説執筆を対象とした質問提示型アイデア導出支援, 教育システム情報学会第 43 回全国大会 講演論文集, pp.15-16.
(4) ティラノスタジオ：https://tyrano.jp/studio/　（2023 年 6 月 5 日閲覧）