

も く じ

■開催日時：2024年7月21日(日)

■テーマ：ICTを活用した学習支援と教育の質保証／一般

(1-1-1) ICTとマルチメディア表現を活用した人文学教育のデザイン：初心者からの成長と 質的な学習評価の視点から -----	1
○杉江聡子(北海学園大学)，大前智美(大阪大学)	
(1-1-2) 線形代数授業における STACK 利用演習問題活用と運用方法について -----	9
○吉富賢太郎(大阪公立大学)	
(1-1-3) 外国人インターンシップ学生による高専 MCC に準拠した遠隔実験システムの評価 -----	14
○森川一(旭川工業高等専門学校)，三井聡(旭川工業高等専門学校)，芝崎順司(放送大学)	
(1-2-1) 医療技術学部における 数理データサイエンス AI 教育プログラム（応用基礎レベル相当）の実践と評価 -----	20
○二瓶裕之(北海道医療大学)，高橋祐司(北海道医療大学)，西牧可織(北海道医療大学)， 米田龍大(北海道医療大学)	
(1-2-2) フェイクニュースを題材とした情報の信憑性に係る判断要因の分析 -----	26
館秀典(駿河台大学)，○竹内俊彦(駿河台大学)	
(1-2-3) 生成 AI を用いた英語スピーキング学習のための プロンプト選択機能と音声認識機能に関する予備的検討 -----	30
○尾崎祐真(神戸大学大学院国際文化学研究科)，康敏(神戸大学大学院国際文化学研究科)， 柏木治美(神戸大学大学教育推進機構)	
(2-1-1) 経営学教育におけるグループワーク学習への生成系 AI の導入：KPT 法の有効性向上のための試案 ---	38
○植竹朋文(専修大学)，間嶋崇(専修大学)	
(2-1-2) SDGs とゲーミフィケーションを連携した ESD 促進手法の提案 -----	44
○江波戸陸斗(東京情報大学)，後藤由翔(東京情報大学大学院)，河野義広(東京情報大学)	
(2-1-3) 骨格推定を用いたプレゼンテーション中の動作推定モデルの比較 -----	48
○森野凌太郎(公立諏訪東京理科大学大学院)，広瀬啓雄(公立諏訪東京理科大学大学院)，	

尾崎剛(公立諏訪東京理科大学大学院)

(2-2-1) 授業設計支援のための生成 AI の疑似学習者の活用-----55

○笠井俊信(岡山大学), 大崎理乃(信州大学), 林雄介(広島大学), 益川弘如(青山学院大学)

(2-2-2) UD フォントは本当に見やすいのか? -----63

○西端律子(畿央大学), 尾崎拓郎(大阪教育大学)

(2-2-3) 中高数学科授業における情報端末の使用環境についての調査

—数学の問題を手書きで書くことについて—-----66

○赤間祐也(武蔵高等学校中学校)

(2-2-4) タイピング練習を兼ねたチャットボットの仕組みを学ぶ教材の開発

—小学校 3 学年を対象とした実践報告—-----71

○上野陽平(公立諏訪東京理科大学大学院), 尾崎剛(公立諏訪東京理科大学大学院),
広瀬啓雄(公立諏訪東京理科大学大学院)

(3-1-1) Learning Tools Interoperability 規格を用いた Computer Adaptive Testing ツールの開発と課題--79

○鎌田敏亘(公立千歳科学技術大学大学院), 上野 春毅 (公立千歳科学技術大学),
山川 広人(公立千歳科学技術大学大学院)

(3-1-2) 多肢選択式数学オンラインテストの解答データに基づく理解状況の可視化-----87

本多葵(名古屋大学), ○中村泰之(名古屋大学), Mark MacDonald(ランカスター大学)

(3-1-3) 算数文章題の作問課題グラフに基づく段階的学習環境の設計と開発-----93

○林雄介(広島大学大学院), 山本風人(広島大学大学院), 平嶋宗(広島大学大学院)

(3-2-1) コンピテンシー評価のための学習振り返りデータ可視化に関する研究-----101

○佐野麟(千歳科学技術大学大学院), 小松川浩(千歳科学技術大学大学院), 上野春毅(千歳科学技術大学)

(3-2-2) 大規模言語モデルによるルーブリックに基づく能力評価-----108

○染谷銀志(公立千歳科学技術大学大学院), 上野春毅(公立千歳科学技術大学),
小松川浩(公立千歳科学技術大学大学院)

(3-2-3) 存在論的安心尺度の試作—ギデنزを手がかりとして—-----114

○田中洋一(仁愛女子短期大学), 磯和壮太郎(名古屋芸術大学), 石井雅章(神田外語大学),
多川孝央(筑紫女学園大学), 山川修(Safeology 研究所)

ICT とマルチメディア表現を活用した人文学教育のデザイン： 初心者からの成長と質的な学習評価の視点から

杉江聡子^{*1}, 大前智美^{*2}

^{*1} 北海学園大学, ^{*2} 大阪大学

Designing Humanities Education with ICT and Multimedia Expressions: From the perspective of growth from beginners and qualitative assessment of learning

Satoko SUGIE^{*1}, Tomomi OMAE^{*2}

^{*1} Hokkai-Gakuen University, ^{*2} Osaka University

The purpose of this study is to explore what kinds of learning and outcomes can be created through Legitimate Peripheral Participation (LPP) through Project-Based Learning (PBL) based on themes of learner-centered foreign language learning and cross-cultural understanding. This study was conducted by using ICT and AI to operationalize foreign language knowledge and skills while creating multimedia content. We will report on the practices of teaching German and fostering multilingual and intercultural understanding at two universities and discuss the possibilities and challenges of evolving learning in the humanities using new technologies.

キーワード: ICT, VR, メタバース, 外国語教育, PBL (Project-Based Learning)

1. 背景と目的

教育 DX の推進に伴い, AI, メタバース, XR 等の新たなテクノロジー (以下, 新テクノロジーと記載) を活用した外国語教育の実践と教授設計の確立が求められている. 生成 AI の進化により, 多言語間の置換や知識とスキルの習得に偏重した外国語教育の意義は失われつつある. 外国語を学ぶ大学生にとって, 外国語を用いたコミュニケーションの文脈は現実世界で言語を用いる対話形式に限らず, インターネット上やバーチャル空間でのマルチモーダルなコミュニケーション, あるいはリアルとバーチャルのハイブリッドへと移行している (雨宮, 2022; 武井, 2022; 佐藤, 2023, 杉江他, 2024). 学習者の興味関心に基づくテーマに沿った外国語運用, 新テクノロジーを活用した学習過程, 成果物を広く教室外や学外の相手と共有して価値を増幅

する評価の機会を提供するような, 学習者にとっての正統的周辺参加を実現し得る教授設計が必要である. 本研究は, 2 つの大学における授業実践に基づき, 新テクノロジーの活用による人文学や外国語教育の進化の可能性と課題を探究することを目的とする. 学習者主体の異文化間交流をテーマとした PBL (Project-Based Learning) を設計し, ICT, AI, VR, メタバース等の新テクノロジーを駆使してマルチメディアコンテンツを構築しながら異文化や外国語に関する知識とスキルを運用することで, 学習者にとってどのような学びの成果が創られるかを質的に探究し, 教授設計の改善について考察する.

2. 研究の方法

本稿は, 2023 年度に 2 つの大学で実施した, 新テク

テクノロジーを活用した人文学・外国語教育の実践報告である。学習過程、成果物、学習者視点の授業評価を質的に分析し、学びの意義と教授設計の要点を整理し、新テクノロジーを人文学や外国語教育に取り入れる際の設計上の課題を明らかにする。本研究のリサーチクエスションは以下の2点である。

RQ1. 外国語運用を基盤とする人文学の学びにおいて、AI、ICT、VR・メタバース等の新テクノロジーを活用することで、従来の学びから変容する側面は何か。

RQ2. 新テクノロジーを人文学の学びに活用する際の教授方略はどのようなものか。

2.1 【実践1】札幌国際大学：多文化・多言語テーマ学習（2年ゼミナール）

2.1.1 授業概要と参加者

人文学部国際教養学科の必修科目「基礎演習（以下、2年ゼミと記載）」で、異文化理解調査、AI支援の翻訳活動、VR・メタバースを用いたコンテンツ開発を統合したPBL（Project-Based Learning）を行った。履修者7名（日本人5、マレーシア人2）の共通関心は異文化理解や多言語コミュニケーションであった。全体テーマ「VR・メタバースを活用した多言語バーチャルガイド」を掲げ、アイヌ文化学習とフィールドワーク、メタバース開発手法のワークショップを経て、チーム別のテーマ調査と開発を行った。授業の目標は、①大学内博物館や地域に根差した民族文化の資源を活用し、現地調査を通じて収集した情報をまとめる手法を身に付けること、②AI支援を活用して日本語及び留学生の共通言語（英語・中国語）を用いて多言語翻訳するスキルを身に付けること、③各種ICTツールを活用してVR・メタバースを活用したマルチメディア表現を実践することである。

2.1.2 活動の特色

【春学期】

- ① VR・メタバースの知識・概念の理解：レクチャーと文献の輪読を通じて、メタバース・VRの発展史や現代社会における活用事例、将来の可能性を検討する。
- ② アイヌ文化学習とフィールド調査手法の理解と実

践：縄文研究室教職員や博物館実習生の支援を得て、縄文・アイヌ文化の理解を深めた上で、白老町・ウポポイのフィールドワークを通じて博物館の実物情報や文化体験による学びを深め、写真、動画、3Dスキャン等の素材を収集する。

- ③ VR・メタバース開発スキルの習得：台湾在住外部講師（新テクノロジーとアート融合型の小学校教育実践の先駆者）によるワークショップ授業（全3回、Zoom遠隔講義）で開発スキルを集中的に学ぶ。



図1 春学期のゼミ活動の様子

【秋学期】

- ④ チーム別のコンテンツ開発：各チームでテーマを設定し、VR・メタバースを活用した文化観光や異文化体験に基づくコンテンツを開発する。
- ⑤ AI支援の多言語翻訳：VR・メタバース空間に実装する地域文化や外国文化の紹介素材を日本語、英語、中国語等の多言語で作成する。
- ⑥ 学内外関係者向けの学習成果報告会：大学博物館スタッフ、情報科目担当教員、他大学学生に向けたプレゼンテーション、相互評価、意見交換を通じてコンテンツ改善のためのフィードバックを得る。

2.1.3 学習環境と使用ツール

開発は学内施設のクリエイティブ・ラボ（ゲーミングPCや動画制作環境が整備されたスタジオ教室）を用いた。情報科目担当教員の協力で、課外でも学生が作業できる環境を確保した。VR・メタバース空間に設置する文化紹介素材を作成する過程では多言語翻訳が必要なため、ChatGPT、Google翻訳、DeepL等のAIツールを積極的に活用して効率化を図った。日本語の

論理的で正確な表現の作成と英訳・中訳の過程における AI 支援を前提に、日本人学生と留学生が共同で文章やスライドを作成した。開発に使用したツールを表 1 に示す。

表 1 VR・メタバース開発に使用したツール

名称	活動・用途
Tinkercad	オンラインで直観的に 3D モデリング www.tinkercad.com
Blender	PC 版ソフトウェア（無料）で詳細な 3D モデリング www.blender.jp
Poly Haven	360° 写真, テクスチャ, 3D モデル素材の収集 polyhaven.com
polycam	360° 写真撮影から 3D オブジェクトの作成（スマホアプリ, PC サイト） polycam.com
Sketchfab	3D 素材の収集, 共有（有料素材含む） sketchfab.com
Monster Mash	写真や手描き作品から 3D オブジェクトの作成 monstermash.zone
Spatial	メタバースのプラットフォーム（無料, 教師のみ有料のクリエイターモード） www.spatial.io

2.1.4 最終成果物

学生は 3 チームに分かれて文化観光や異文化理解に関するテーマを設定し、授業及び課外で開発を進めた。

テーマ 1 は、夏休みに東南アジア（タイ、ベトナム、マレーシア、台湾）屋台調査旅行に出た学生らの作品である。各自が現地で体験した料理、風景、観光施設や景観、記録写真等を素材として、異文化紹介の空間を構築した。タイとマレーシアの屋台、寺院、現代の観光地、ローカルフードの写真と英語の解説等を 3D やデジタルオブジェクトとして配置した。



図 2 テーマ 1 のメタバース空間

テーマ 2 は、北海道の開拓期やアイヌ文化を紹介するギャラリー形式の空間である。大学博物館や北海道白老町の民族共生象徴空間（ウポポイ）で展示物や景観を 3D スキャン撮影し、データ化した素材を VR 空間に配置した。民族衣装、アイヌの家屋「チセ」、和人との交易風景「オムシャ」、熊送りの「イオマンテ」等をギャラリー風に展示し、日本語の解説を配置した。ウポポイフィールドワークでアイヌの生活環境や文化活動を体験した学生らは、現実には存在しないがリアリティがあり、当時の雰囲気を体感できる質の高い作品を作成した。明治・開拓期の建築物は、当時の写真を参考に、学生がゼロから 3D データを設計、作成した。作業時間の関係で、配置した素材の数量は少なかったが、最も代表的な雰囲気の建築が再現された。



図 3 テーマ 2 のメタバース空間

テーマ 3 は、海外の食と海外の日本食についての紹介である。当初、マレーシアの留学生がマレーシア料理とマレーシアで普及している日本ルーツの食物を選び、日本人学生と共同で多言語（日本語、英語、中国語）のスライドを作成する計画であった。素材は準備したもの、メンバー全員が揃わない等、チームワークと作業時間の問題で開発が遅れてしまい、最終的にはマレーシア料理を紹介する素材を作成し、屋台の空間に配置するに留まった。



図 4 テーマ 3 のメタバース空間

2.2 【実践 2】大阪大学の地域言語文化演習（ドイツ語）

2.2.1 授業概要と参加者

本実践は、大阪大学理学部対象の地域言語文化演習（ドイツ語）で、1 年次後期に行った。理学部の同演習科目は、前期が必修で 1 クラス 40 名近く履修するが、後期から選択科目となるため、例年 10 名以下の少人数クラスとなる。本実践の履修者は 4 名、全員が前期から筆者の授業を継続履修している学生である。授業では 1 年間を通し、オンライン教材やビデオ教材を利用しながら、グループ発表練習や会話練習を行い、それを録画し、Flip¹を使って、学習者間またはドイツのルール大学ボーフムやアーヘン工科大学の日本語学習者と共有し、交流している。授業の目標は、基礎的なドイツ語運用能力の養成を経て、自分の言いたいことをドイツ語で表現する力を身につけることである。学習の過程で ICT を活用し、自律的に学習し、学び方を学ぶ、ということも目指している。

2.2.2 活動の特色

このクラスでは、1 年間で自己紹介、日本の文化紹介等をテーマにドイツ語でプレゼンテーションを行う。1 年次の学生で、週 1 回文法授業を履修し、筆者の授業で文法知識を活用したドイツ語の表現を学ぶ流れとなる。教師はプレゼンテーションごとに必要な語彙や表現、文法の補足指導を行うが、基本的にはアドバイザーとして学習に関与し、学生の自律的な学習を補助している。

2.2.3 学習環境と使用ツール

授業は大阪大学の PLS（Playful Learning Studio）という外国語学習向けに整備された教室で行った。PLS には Macbook Air や iPad が設置され、学習に合わせて Mac と iPad、学生の持ち込み PC、スマートフォン、タブレットを使い分ける。前期から常に自分の言いたいことをドイツ語で表現することを意識して学習しており、既習知識や教師からの提示教材を参考にするだけでなく、ドイツの大学生から送られてくるビ

デオを観て、実際にドイツ人の大学生が使用する表現を真似してプレゼンテーションの準備を行なう。

プレゼンテーション原稿作成の流れは以下の通りである。

- 1) 日本語で原稿を考える
- 2) 作成した日本語をドイツ語に自力で翻訳する
- 3) 作成したドイツ語を DeepL Write²で確認する（後期の授業からは TRANSABLE³も活用した）
- 4) 完成した原稿を多言語対応発音練習ソフト ST lab⁴に登録し発音練習を行う
- 5) プレゼンテーション資料を作成する
- 6) ビデオを撮影する

上記 3) のドイツ語の確認には DeepL Write を使い、誤りの修正や他の表現への置き換えを行う。置き換え候補として提示された表現と自分の考えたドイツ語との違いを考えることにより、ドイツ語の表現力の幅を広げている。



図 5 DeePL の入力画面

TRANSABLE は DeepL と ChatGPT を組み合わせたウェブアプリケーションであるが、ドイツ語の修正や逆翻訳、参考にしたドイツ語の解説等を参照するために使用する。



図 6 TRANSABLE の入力画面

¹ Flip: Microsoft 社の提供する教育用ビデオ SNS <https://flip.com/>

² DeepL Write : <https://www.deepl.com/ja/write>

³ TRANSABLE : DeepL と ChatGPT を組み合わせた外国

語学習支援アプリケーション <https://transable.net/>

⁴ ST lab : 多言語対応発音学習システム <https://stlab-elearning.jp/>

4)の STlab は多言語対応発音練習ソフトであり、入力した音声の合成音声を参考に学習者の発音の正誤判定が可能である。「自学モード」では、学習者ごとの発音教材が作成され、学習者が一人で発音や会話を練習できる。STlab を用いて学生は自律的に発音学習を行い、発音の上達や達成感を感じることが過去の実践で実証されている（大前, 2023）。



図 7 PLS 教室での学習

プレゼンテーションは、前期は Canva⁵を用いてビデオ編集やプレゼン資料作成を行なったが、本実践では ThingLink⁶というインタラクティブコンテンツ作成ツールを用いた。ThingLink は画像や動画にテキスト、画像、動画、音声、外部ツールへのリンク等の付加情報をタグ付けすることができ、画面遷移を含むインタラクティブなコンテンツを作成できるオンラインサービスである。このように、ドイツ語の学習を常に ICT 活用と合わせて進めており、学生が ICT を活用することで、能動的に学習に取り組み、ドイツ語の表現力を向上させている。

2.2.4 最終成果物

本実践では 4 人 1 組となり、ThingLink 上で日本語・ドイツ語による大阪大学キャンパスツアーを作成した。学内の紹介したい場所の動画や画像を学生が撮影し、その場所や学食メニュー等の付加情報をドイツ語と日本語のテキストや動画で作成し、撮影した画像に埋め込んだ。学生たちにとって身近な存在である大阪大学豊中キャンパスを他大学やドイツの学生に詳しく知ってもらうための情報をドイツ語で発信する活動を通して、コンテンツの見せ方、作り方、ドイツ語表

現等、従来の外国語学習の枠を超えた体験を実現した。学生はドイツ語で言いたいことが上手く言えない時に、ICT を駆使してどう解決するかを考え、自律的に「学び方」を学び、ドイツ語で表現することでドイツ語の実践的な運用力を向上させることができた。



図 8 ThingLink のキャンパスマップ

3. 学習者視点の相互評価

2 つの大学の成果発表と相互評価の場として、学期末に Zoom による遠隔意見交換会を開催した。



図 9 大学間の遠隔成果発表・意見交換会

大阪大学の学生は、ThingLink と Youtube を活用して日本語とドイツ語によるキャンパスツアーのコンテンツを開発し、大学生活や構内のスポットを紹介した。札幌国際大学の 2 年ゼミは、VR・メタバースのテーマ別コンテンツをデモンストレーションし、年間のゼミ活動について報告した。両校の共通要素を中心に、学習のゴール（プレゼンテーションスキル、論理的思考・文章作成、口頭発表・インタラクション、調査と情報収集、クリエイティブとマルチメディア表現）、成果物に対するコメントや感想、授業評価から成るオン

⁵ Canva : オンラインで使用できるグラフィックデザインツール <https://www.canva.com/>

⁶ ThingLink : さまざまなメディアを組み合わせでインタ

ラクティブコンテンツを作成できるオンラインサービス <https://www.thinglink.com/>

ラインアンケートを実施した。本稿では紙幅の関係上、学生による成果物に対するコメントや感想(自由記述)をコード化し、教授設計の構成概念を整理して再文脈化した結果を示す。

大阪大学のプレゼンテーションと成果物に対しては、大学の魅力を体験し理解するための取り組みとして、学内の施設や建物の相違に注目し、具体的で詳細なマップ制作を行っていたことが評価された。また、学生がわかりやすく簡潔な発表を行い、ドイツ語と日本語で大学の特徴を説明したことから、聞き手はキャンパスに関心を持ち、現地を訪れたい意欲が喚起された。

札幌国際大学のプレゼンテーションと成果物に対しては、明瞭な話し方による聞き取りやすさ、カラフルな写真が魅力的で視覚的に楽しめたこと、VR 体験が新鮮で内容も理解しやすかったことが評価された。アイヌ文化の VR 空間の完成度の高さ、VR 作成過程の詳しい説明、空間を移動するリンクの効果的な使い方、VR 空間に配置した人物モデルの動きやリアリティ等も高く評価された。一方で、映像処理上の PC 負荷が高く、動作が不安定になったこと、一部の作品では紹介の内容が乏しいこと(文字による説明の不足)、表現テーマの主旨の伝わりにくさが指摘された。

4. 新たなテクノロジーを活用した人文学の学びとは

2 つのリサーチクエスションに対し、2 校の実践を総合して考察したい。

「RQ1. 外国語運用を基盤とする人文学の学びにおいて、AI、ICT、VR・メタバース等の新たなテクノロジーを活用することで、従来の学びから変容する側面は何か」については、5 つの側面で変容したと考えられる。

①学生の学習態度：従来の外国語授業では、ICT を活用したとしても、学生は受動的な学習態度であったが、本実践では学生が自らの目的やゴールを決め、その実現に必要な手段としての ICT の使い手となることで、外国語学習も能動的に行われた。

②ICT の位置づけと役割：AI や ICT 等のテクノロジーは、これまでの「4 技能」習得重視の教育において

は、特定のタスクのための補助的なツールとして用いられていたが、本実践では、学生が ICT を必要不可欠な手段として運用し、自らの学びを主体的に構成していった。

③AI や ICT 等のテクノロジーの価値：補助的な位置づけに過ぎなかったテクノロジーが、コミュニケーションにおいて言語と同等の価値を持つツールとして位置づけられた。

④思考力の意識化：これまで単に言語間の置換が中心であった学習活動から、学習者が自分の思考や感情を言語化し、外国語学習を通じて母語を用いた思考力をも養成する機会となった。

⑤異文化を題材とした気づき：従来であれば学習時間の制限により、社会や文化の特色に関する学びはステレオタイプの紹介程度に限られていたが、本実践では、異文化紹介及び自国の文化の紹介を外国語で行う体験を通して、国際比較の観点からの社会文化に対する気づきを得る機会となった。

「RQ2. 新たなテクノロジーを最適に活用する教授方略はどのようなものか」については、4 つの理念が挙げられる。

①教師の役割と機能の転換：最も重要なのは教学パラダイムの転換である。教師は全能的存在として一方的に正解や理想を「教授・伝授」する存在ではなく、学習者の目指すゴールに伴走し、助言者や調整役として学習に関与する存在となる。

②教授設計モデルに即した授業づくりのアプローチ：本来、教授設計は、学習者のニーズと知識・スキル・環境等の前提に基づき、授業の活動、教材、教授法、評価をデザインして調整する必要がある(Reigeluth, 1999)。外国語運用スキルの修得という、コミュニケーションのひとつの「手段」を教育や学習の目的化するのではなく、そのスキルや手段を、「学習者は何のために、どのように使いたいのか」というアプローチで授業設計することが不可欠となる。

③応用力の育成：AI や ICT 等のテクノロジー活用は、断片的なタスク遂行の補助ではなく、学習者が自分のための「学び方」を学び、学習環境を生み出し、調整し続けることのできる応用力を身に付けるために活用

する（大前他, 2023）. 学習者が別の場所で、別の内容を学ぶ際に、自らテクノロジーを活用して、学習を最適化できるようになることが大きな教育目標の一つになるだろう.

④「学ぶ力」の育成：テクノロジーを活用した外国語教育や人文学の学びを通じて、田中（2020）のいう「自己調整学習力」「経験学習力」「知識共創力」「環境適応力」という四つの「学ぶ力」の育成を実現する必要がある. 授業の目的や条件に依存する部分も多いが、四つの力をいかに実現するか、文脈を翻訳し、様々な実践に落とし込む必要がある.

2校の実践において、PBLの指導過程での困難や、ゴール達成のために工夫した点を総括すると、次の6点が挙げられる.

①発信への抵抗とその克服：学生たちが外国語の表現力に対して自信がなかったため、発信することへの抵抗が最初であった. この苦手力を克服するのに役立ったのがICTである. 自分の発信するドイツ語やプレゼンテーションビデオをICTの力を借りて、見せ方を工夫することにより表現する楽しさに繋げることができた. その結果、外国語での発信に抵抗をなくし、プレゼンテーションの質を上げることができた. 従来は言語モードに集中していたが、テクノロジー活用により、マルチモードに表現することで、学習不安や自信のなさが軽減し、リスク分散の効果があるといえる.

②言語表現の困難と対策：ドイツ語の実践では、母語である日本語の表現レベルで外国語に翻訳しようとすると言えないことばかりだということに気づき、モチベーションの低下が見られる場面もあった. 外国語で表現するために、言いたいことを整理し、初級レベルの文法力で言える表現に導くことが、学生自身及びアドバイザーする教員にとって共通の困難点であった. 母語の表現力の重要性和表現レベルの多様性に気付かせ、内容の質を維持しつつ、実行可能性を高める方略の指導が必要である. 一方、多文化・多言語テーマ学習では、国際共修環境であったため、共通言語の運用能力レベルが日本人のみのクラスのように一致しない. 表現したいことの難易度や複雑さを思い切って下げる選択も必要である. この調整は生成AIを活用するこ

とで、作業効率や質の維持を実現できると期待される.

③協同学習によるICTスキルの差の克服：通年の活動として、授業時にスマートフォンやタブレット、ビデオ編集、VR・メタバース開発のためのアプリを駆使してきた. 学生のICT操作スキルの差はあったが、継続的に使用することで、ICTについても外国語についても学生間で教え合い、学び合う協同学習が実現した. 学習者間での知識獲得と共有における足場架けの重要性、ピアチュータリングの相互作用（Wood 他, 1976）は、複合的な学習が含まれるPBLにおいても多面的に発揮されたと考えられる.

④学外成果発表・交流の機会の設定：最終回に他大学の学生と成果発表・交流会を行うことが学生にとって良い刺激となったようである. 授業活動に対するモチベーションが非常に高まり、集中しながらも楽しんで取り組み、外国語表現にも力が入った. 「ソト」から見られるという視点を意識することで、学習者のモチベーションを高め、相互フィードバックによって相手だけでなく自身の改善にも資する発見が得られたといえるだろう.

⑤環境依存の問題と対策：日進月歩の最新テクノロジーを教育に導入する場合、プラットフォームやツールといった環境依存の問題が必ず付随する. 最終的には臨機応変に対応せざるを得ないが、複数の異なる環境でも互換性のあるデータ（例えば、外国語のフォントを用いたテキストデータではなく画像やPDF等）を作成、使用する等の配慮が必要である.

5. 結論と今後の課題

本研究は、教育DXの進展に伴い、AIやメタバース、XR等の新技術を活用した外国語教育や人文学の課題を実践に基づき分析し、教授設計の改善を目指した. 2023年度に2大学で実施した教育実践に基づき、学習成果物と授業評価を質的に分析し、新たなテクノロジーの取り入れ方と教授方略を探究した. 新たなテクノロジーの活用による学びの変容については、①学生の学習態度、②ICTの位置づけと役割、③AIやICT等のテクノロジーの価値、④思考力の意識化、⑤異文化を題材とした気づき、という5つの側面に変容が見ら

れた。教授方略の要点については、①教師の役割と機能の転換、②教授設計モデルに即した授業づくりのアプローチ、③応用力の育成、④「学ぶ力」の育成、という4つの理念が挙げられた。また、具体的な工夫については、①発信への抵抗とその克服、②言語表現の困難と対策、③協同学習によるICTスキルの差の克服、④学外成果発表・交流の機会の設定が挙げられた。

今後の課題として、ドイツ語の実践については、「ことば」の学習ではなく、「ことば」を使って「表現する」ことをゴールとする方針を維持したい。従来の外国語学習とは異なる活動に対する適切な評価の手法や観点について今後も検討が必要である。構造主義、行動主義、オーディオリンガルメソッド等の第二言語習得に即した教育観・学習観を持つ外国語教師にとって、学習者の情意面の変容やパフォーマンスを質的に評価するという、従来と異なるパラダイムの実践の意義や価値は共有されにくい。そこをどう転換するかが、今後も検討し続けなければならない大きな課題のひとつといえる。現状、採用されているのは、現実的なコストに配慮した妥協案、すなわち、学習活動や成果物の質的な形成的評価（assessment）と、中間テストや期末試験等の量的な総括的評価（evaluation）を混合させる評価体制を採ることである。教授設計としてそれが最適な着地点であるのか、外国語教師は常に自問自答しなければならない。

VR・メタバースを活用した異文化理解と文化観光テーマ学習の実践についても同様に、ゴールや評価の在り方を検討し続ける必要がある。教学のアプローチとして、探究型の学習やPBLとメタバース・VRやAI等の新たなテクノロジーを活用した教育実践を行う場合、構成主義的、価値競争的なパラダイムに基づき、形成的評価を教師と学習者だけでなく、関係するアクターを巻き込んで行う必要がある。また、そのフィードバックを次年度の授業プログラムや教授設計の改善に活かし、教学の成果や効果を向上させる好循環を生み出すことが重要である。本実践を通じて、教室や学内のみの学生対教師という構図だけでなく、海外実践者からのワークショップ授業、関係部局スタッフ、他大学の教員・学生との成果公表及び相互評価の機会を

設けたことで、真正な学びと評価（オーセンティック・ラーニング、オーセンティック・アセスメント）に近付けたのではないだろうか。従来の知識伝授型の講義授業から脱却し、知識・技能の修得と運用能力のチェックに終始せず、学習者にとって意味のあるものや価値のあることを教学のアクター全体で共創し、共有していくという協働としての学びを継続したい。

謝辞

本研究の一部はJSPS 科研費 22K00682, 24K04091 の助成を受けた。

参 考 文 献

- (1) 雨宮智浩（監）：“メタバースでできる100のこと”，宝島社，東京（2022）。
- (2) 大前智美・岩居弘樹：“「複言語学習のススメ」による学び方の学び”，2023 PCカンファレンス論文集，pp.243-245（2023）
- (3) 大前智美：“多言語対応発音学習システム ST lab「自学モード」の開発とその効果の検証”，外国語教育メディア学会第62回全国研究大会要項，pp.172-173（2023）。
- (4) Reigeluth, C. M. (Ed.): “Instructional-design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory (Vol. II)”, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates（1999）。
- (5) 佐藤浩之：“メタバースで僕たちのコミュニケーションはこんなふうになる”，日本実業出版社，東京（2023）。
- (6) 杉江聡子，阿部志乃，砂岡和子：“選ばれる語学教師を支える教育資源配置-小学校英語と大学中国語の授業デザイン”，言語教育エキスポ予稿集+（電子版のみ），言語教育 EXPO2024，pp.99-101（2024）
- (7) 武井勇樹：“60分でわかる！メタバース超入門”，技術評論社，東京（2022）。
- (8) 田中孝治：“コロナ禍における教育サービスにみる価値共創—金沢工業大学心理科学科の取り組み—”，第46回サイバーワールド研究会招待講演（2020）。
- (9) Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G.: “The role of tutoring in problem solving”, Journal of child psychology and psychiatry, 17(2), pp.89-100（1976）。

線形代数授業における STACK 利用演習問題活用と運用方法 について

吉富 賢太郎

大阪公立大学 国際基幹教育機構

The utilization of STACK questions and teaching model in the linear algebra courses

Kentaro Yoshitomi

Faculty of Liberal Arts, Sciences, and Global Education, Osaka Metropolitan University

大学初年次線形代数の授業において、ICT 活用のブレンディッドラーニングを活用した反転授業を理想とする授業改善に取り組んできた。しかし、解説動画は多くの場合分野を問わず視聴しないということがわかってきており、QBL(Question Based Learning)つまり、問掛けに答えながらの学習が効果的であると考えようになった。その中で、Moodle 上で動作する STACK は、世界的に広く使われているオンライン自動採点システムであるが、その特徴は、フィードバックの柔軟性にあり、自学自習にも教材設計次第で高い効果が得られると期待されるものである。これまでの学習分析から、オンライン演習への取り組み状況と成績とに一定の相関が見られると同時に、取り組んでいない学生が相当数いる問題がはっきりしてきた。コロナ禍より対面授業になってそれが謙虚であり、分量・フィードバックのあり方、動機付けに課題があると考え、昨年度までいくつかの修正を行い、いくつかの改善点が見つかったため、2024 年度はそれらの改善点を取り入れた授業モデルを実践している。現在の状況について報告する。

キーワード： 線形代数, オンライン教材, 反転学習, 数学教育, 自動採点システム, 学習分析

1. はじめに

昨年、第 1 回学習分析学会研究会および第 2 回教育システム情報学会研究会において、大学初年次の線形代数授業におけるこれまで行ってきた取り組みとオンライン問題の開発・運用と現状について報告した。以下にその概要を述べる。詳しくは、2023 年度 JSiSE 第 2 回研究会報告⁽¹⁾を参照されたい。

概略を述べると、オンライン問題を演習として利用 (OLE と略す) の達成度とオンライン問題による時間制限や期限、回数制限付きのオンライン小テスト (OLS と略す) や期末試験の成績との相関について、分析し報告した。おおむね、正の相関ではあるが、問題点がいくつか浮かびあがってきた。その 1 つが、授業進度に対し、OLE の進捗が追いついていない学生が相当数いた点があげられる。そのため、OLS の期限を延長することがしばしばあり、授業における学生の学習マネジメントがうまくいっていないという点が問題であった。

2. これまでの経緯

授業と授業外学習で行う学生の活動としては、OLE, OLS, 授業での紙の小テスト、解説動画の視聴があげられる。また、目標とする授業スタイルは反転授業である。このうち、解説動画を反転授業の予習として利用するというのは、ごく初期の方式であり、一般に動画の視聴による予習はうまく行かないことが数学に限らず報告されている。筆者の視点は、この点を改善するための QBL(Question Based Learning) である。つまり、問題を少しずつ考えることによって、「覚える」からの脱却と概念理解を「深める」というものである。例えば、随時、Moodle での簡単なクイズに答えながら授業を進めることで、集中力を維持することができると考えられる。

従来型の授業 (コロナ禍前) の授業では、授業解説、自宅で Web 数学学習システムによる学習 (統合前の大阪府立大学において運用されていた webMathematica 利用の学習システム: 基本的には、手続きを確認する問題

が中心⁽⁷⁾), 授業冒頭で紙媒体による小テスト, QR コードによる次回授業前の返却, 必要に応じてやりなおしをさせる, というサイクルが比較的安定的な運用であり授業モデルであったと考えられる。ただし, この方式での課題は, 「授業内で学生が寝る」という問題であった。授業内では, 紙による演習をするが, いきなり配られた紙の演習問題は, 多少の予習や授業での解説では解くことができず, 「眠りに落ち」, 結局理解が深まらないまま, ということが多かった。なお, このような授業モデルでの欠席率は概ね 5~10%程度であった(当時は再履修生は再履修クラスで履修)。

筆者の予想 (Research Question) は, 学生の集中力の維持と理解の深化には, QBL が効果的であろう, というものである。

さて, コロナ禍で動画は充実したものとなったが, 学生の演習をする場所がない。そこで, 2014 年から徐々に始めていた, STACK による問題開発を推し進め, ほぼ線形代数の全課程の内容の教材を作成した。ただし, 当初はあられずりで, バグなどの問題が多かった。

このようにして, オンライン問題をオンデマンドオンライン授業の演習教材として実施させ, オンライン小テストで評価とする方式は, コロナ禍後期 (2022,2023) においても教材活用として維持されたが, むしろ 2020 年コロナ禍初年度よりも学習が進まないという問題が発生し始めた。対面になったことで, 学生同士の相談や学びあいが増えることが期待されたが, まだ問題があるようであった。

2021~2023 年度は, 評価方法として, OLE の達成度 (どのくらいの問題を完了したか, 完了は合格点をとったかで判定) および, OLS の実点数を用いた。これを平常点 (40%) として, 期末 (定期) 試験の成績 60% を合算して成績とするものである。このように, 成績という「アメ」をぶらさげてみたが, 学生の学習の進捗をコントロールすることがなかなかできず, Moodle の機能であるデジタルバッジを用いたこともある (2022 年度) が, 効果は限定的であった。

前期の場合に, 行列式の内容の OLE や OLS の達成が, 期末試験終了後までずれこみ, 成績提出期限ぎりぎりまで延長したこともある。原因として, 単純に課題量 (問題数) が多い, という点がアンケートの実施結果からも推定されたため, 毎年問題数を減らすなどの調整を

行ってきたが, なかなかうまく行っていなかった。

ところが, 2023 年度後期の後半から, 紙での小テストを定常的に復活させ実施するようになってから, 学生の学習ペースが軌道にのるようになってきた。また, このような形式の小テストを受験することによって, 受験が深まることも期待されるため, 本年度 (2024 年度) 前期から, ほぼ毎週紙での小テスト (PT) を実施し, OLE, OLS, PT の組み合わせによる授業モデルを設計し実践している (次節)。現在のところ, 進捗状況は昨年より改善していると考えられ, 本稿では, 実施状況に関するデータ分析の結果を報告する。また, 2018 年度に実施した前半理解度確認 (小規模の中間試験に相当) と同じ試験をほぼ同じ配点で実施した結果の分析についても報告する。

3. 今年度の授業モデル

今年度は, 以下の点に留意して Moodle と授業の構成を行った。

- オンライン演習問題 (OLE) は 1 テーマ 1 題とし, 構成する問題群からは極力重複を排除
- オンライン小テスト (OLS) は, 問題設定等に不備がない限り期限の延長はせず, 必要なときは, 個別に受験削除で対応
- OLS に不合格のときは, 対応する OLE を完了 (合格点をとる) ことで, 手動で合格点まで修正
- 紙の小テストは採点は Moodle で即時行い, 部分点などは採点アルゴリズムで調整し, 申し出があれば, 提出した用紙の記述内容に応じて得点を修正
- OLS+PT の合計を 50 点とし, 期末 50 点と合算すると宣言 (通常は 40+60)

図 1) に Moodle の配置例を示す。紙のテストは採点は, Moodle に入力させることで行う。あらかじめ, 入力すべき内容について計算用紙にメモするように通知しておき, 用紙回収後に, Moodle に入力させ, 入力完了したらすみやかに PC/Mac を閉じるように促している。

未回答時の処理などで当初バグが多いが, 部分点なども自動で与えることができ, 入力ミスの申告があれば手動で対応すればよいので, 教員の採点負荷も小さく, 学生へのフィードバックもあるので, 「テストが一番勉強になる」という性質も活かすことができると考えている。



図 1 Moodle 運用例

4. 年度比較分析

4.1 2022～2024 年における OLS 合格率

3 章はいわゆるガウス消去法をテーマとするもので、「3-1. 係数行列と基本変形」「3-2. 階段行列と階数」「3-3. 行簡約形 (本学では被約階段行列と呼んでいる)」「3-4. 連立 1 次方程式の解法 (不定解の場合)」「3-5. 逆行列」の 3 つに分かれている。

Moodle はトピックをこれらサブセクションに割り当てて利用しており授業回毎のトピックはないが、各 OLE や OLS に対し、期限を設けて実施するように求めている。学生は、これらの期限の到来を Moodle の機能を使って確認できるので、授業回毎の Moodle トピック

		S3-1-1				S3-1-2				S3-1-3			
	有効数	期限	受験 回数	合格数	合格率	期限	受験 回数	合格数	合格率	期限	受験 回数	合格数	合格率
2023	69	-	3	58	0.84	-	3	52	0.75	6/1	3	58	0.84
2024	80	5/24	1	66	0.83	5/24	1	49	0.61	5/24	1	51	0.64

※

		S3-2-1				S3-2-2				S3-2-3			
	有効数	期限	受験 回数	合格数	合格率	期限	受験 回数	合格数	合格率	期限	受験 回数	合格数	合格率
2023	69	-	3	58	0.84	-	4	55	0.80	7/7	3	56	0.81
2024	80	-	-	-	-	-	-	-	-	5/31	1	48	0.6

※2024はS3-2-1、S3-2-2、S3-2-3を統合して、S3-2-3としている

		S3-3-1				S3-3-2				S3-3-3			
	有効数	期限	受験 回数	合格数	合格率	期限	受験 回数	合格数	合格率	期限	受験 回数	合格数	合格率
2022	68	6/3	4	33	0.49	6/17	5	10	0.15	-	-	-	-
2023	69	-	2	61	0.88	-	4	26	0.38	7/7	4	40	0.58
2024	80	5/24	1	66	0.83	5/31	2	59	0.74	5/24	1	48	0.60

※2022はS3-3-4,3-5のみで、E終了後にまとめて、Sを実施している。S3-3-2は受験数そのものが27件しかない。
※2024はS3-3-3の合格点を4点に設定している(この場合68名)がここでは、6点以上でカウントした。

		S3-4-1				S3-4-2				S3-4-3			
	有効数	期限	受験 回数	合格数	合格率	期限	受験 回数	合格数	合格率	期限	受験 回数	合格数	合格率
2022	68	6/24	4	35	0.51	7/8	5	24	0.35	8/2	5	15	0.22
2023	69	-	3	61	0.88	-	3	61	0.88	-	4	56	0.81
2024	80	5/31	1	72	0.90	5/31	1	72	0.90	5/31	1	69	0.86

※2024はS3-3-3の合格点を4点に設定している(この場合68名)がここでは、6点以上でカウントした。

		S3-5-1				S3-5-2				S3-5-3			
	有効数	期限	受験 回数	合格数	合格率	期限	受験 回数	合格数	合格率	期限	受験 回数	合格数	合格率
2022	68	8/12	-	14	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-
2023	69	-	3	49	0.71	-	3	58	0.84	-	3	57	0.83
2024	80	6/7	1	72	0.90	6/7	1	0.00	6/7	1	0.00	6/7	1

※2023のS3-5-4は合格者は51だが、7/21超過(期末後)実施が6名いたため、45となった。
※2024のS3-5-4は内容の重要度が低かったため、演習のみ(E3-5-4は6/19時点で56.3%の平均評点・受験数34)とし、実施していない。

図 2 2023 年度と 2024 年度の OLS 実施状況

は不要と考えてである。

図 2 に、期限、最大受験回数、合格数、合格率を示した。ただし、毎年、変更を加えているので、完全な比較にはならないが、傾向を読みとることは可能だ。

2022 年では、3-1,3-2 については、テストをするほどの内容ではないという考えのもと、OLS が設置されていない。3-3,3-4,3-5 も内容毎の OLS とは限らず、したがって、2023,2024 と完全に比べることはできない。

しかしながら、2024 年度は、期限が 2 週間程度 (S3-3-3 にいたっては 1 ヶ月以上) 早いものにもかかわらず、2023 年と同等かそれ以上の合格率になっている。ちなみに、2023 年度の OLS と 2024 年度の OLS は若干の分量削減を行っているが、内容としてはほぼ同じだ。

紙のテストの実施との併用によって、学生の自己調整学習が昨年度よりはうまく機能しているのではないかと考えられる。

4.2 2018 年度と 2024 年度紙媒体テスト結果比較

どのようにオンライン教材を活用しても、紙中心の演習や小テストを実施していた場合に比べて理解が深まっていなければ、効果は小さいものと言える。

また、2018 年に実施したのと同じ問題で、30 分の中間試験を今年度実施した。ただし、時期はほぼ同時期だが、今年度は抜き打ちでの実施であり、仮に 2018 年度と有意な差がないとしても、抜き打ちでの実施で差がないのであれば、定常的なオンライン教材の効果があっ

LA1-2018	[小01] 平面の方程式・パラ	[小02] 行列の定義と種	[小03] 正方向行列・正則行列	[小04] 行列の定める写像	[小05] 基本変形	[小06] 逆行列の定義	[小07] 逆行列の求め方	[小08] 正則性判定と逆行列	[中03] 3乗根の計算	[小12] 行列式の計算
	0.612	0.849	0.634	0.719	0.421	0.432	0.646	0.668	0.516	0.531
LA1-2024	T1-2	T2-2		T2-4	T3-3	T3-4	T3-5			
	0.812	0.828		0.904	0.696	0.768	0.672			

注.	T1-2は逆問題(パラメータ表示の選択:正当性判定が必要)など、2018のテストより難しいと考えられるが、分量は[小01]の方が多い。
注.	T3-5は完全に同じ問題で実施時期も同じ。部分点は2018の方が大きい(2024は第1問は部分点なし)。

図3 紙の小テスト比較

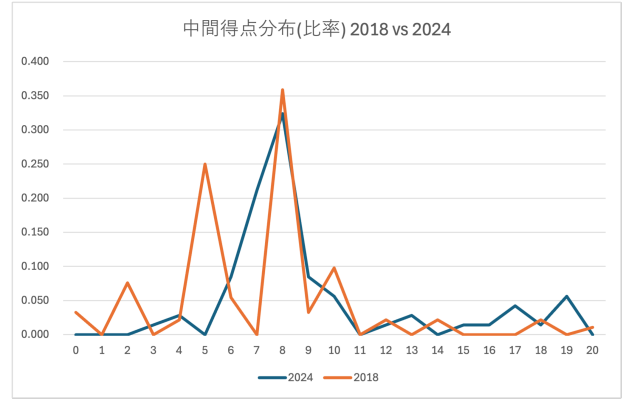


図4 2018と2024の中間試験得点分布(比率)

たものと期待できる。

この他、2018年度の紙の小テストと今年度の紙の小テストの現在まで対比も行なった(図3)。問題も採点基準も異なるため単純に比較はできないが、共通問題もあり(T3-5)、結果は比較的良好であると考えられる。

以下、中間試験の分析について述べる。図4に得点分布(クラス規模が異なるので比率で比較)結果を示した。やや2024年の方が、高得点よりの比率が高いと思われる。

また、図5にF検定とt検定の結果を示した。検定では、一応、有意な差があると出た。ただし、図4.2に示したWilcoxon順位和検定(タイあり、Rによるwilcox.exact関数の結果)では、p値は0.227で有意な差はないという結果となった。いずれにしても、現状はコロナ前より退化していない、ということは言えるだろう。

5. まとめと課題

今年度、Moodleの構成と授業モデルに大幅に手を加えることによって、授業進度に合わせたオンライン演習やオンライン小テストの実施が確認された。ただし、少し早過ぎた部分があり、そのトピックでは受験率などがさがっているため、今後は、例えば小テストの頻度やタイミングの調整を行うことで、定常的な実施状況の考察とそれに合わせた授業進度の調整が必要である。

F-検定: 2 標本を使った分散の検定

	2018	2024
平均	7.405797101	8.664285714
分散	12.36099167	14.87827122
観測数	92	70
自由度	91	69
観測された分散比	0.83080833	
P(F<=f) 片側	0.202774147	
F 境界値 片側	0.692071395	

母分散に差はないと見なせる (0.05より大)

t-検定: 等分散を仮定した2標本による検定(p=0.05)

	2018	2024
平均	7.405797101	8.664285714
分散	12.36099167	14.87827122
観測数	92	70
プールされた分散	13.44656847	
仮説平均との差異	0	
自由度	160	
t	-2.163859123	
P(T<=t) 片側	0.015979289	
t 境界値 片側	1.654432901	
P(T<=t) 両側	0.031958578	
t 境界値 両側	1.97490156	

棄却域 |t|>1.975
t値 2.163
→有意差が認められる

図5 2018と2024の中間試験得点のt検定

```
> library(exactRankTests)
Package 'exactRankTests' is no longer under development.
Please consider using package 'coin' instead.
> wilcox.exact(x=v2018,y=v2024,paired=F)
Asymptotic Wilcoxon rank sum test
data: v2018 and v2024
W = 2865, p-value = 0.227
alternative hypothesis: true mu is not equal to 0
```

昨年度までは、大福帳⁽⁶⁾を活用して、学生に毎回の授業の出席記録として提出させていたが、今年度は、OLSの修正などの申告、問い合わせ用のみに利用している。理由は、全員に対しコメントを返していると2~3時間以上かかるという問題点があったためである。教育的に必要なコメントばかりならばよいが、必ずしもそうではないものがあり、また、ときおり忘れたようにLINEで通知がきても内容がなかったりと、せっかくのLINE通知機能の意味があまりなかったからである。今年度は、学生の声のすみやかに確認するツールとして活用している。この大福帳は、chatGPTのAPIを使った応答が可能であるが、数学の講義内容に沿ったものにすることは、今のところ困難と見受けられる。

学習状況を把握する上では有効なツールであるので、Wolfram GPTと連携できるようなものにできれば、学生にとっても有効性が高まると考えている。したがって、数学対応版のこのようなプラグインを独自開発していくことも課題である。

筆者は、問題を解く前、あるいは/かつ、解いてから、学

生が AI と共生して学習を進められるような環境の構築が重要であると考えている. 現在, 利用している STACK 問題の多くは, Wolfram GPT や PhotoMath のようなソフトを使っただけでは解答できず, 自分で必ず考える必要があるように設計している. 筆者はこれをチーティング耐性 (cheating-resistant) と呼んでいるが, このような教材を組み込んだ学習環境が構築できれば, 教員は学生の理解を確認し, 理解していない内容について重点的に補足することに専念でき, 数学のような概念理解を高度に必要とする授業の改善に寄与するものと考ええる.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 24H00168 の助成を受けたものです.

参考文献

- (1) 吉富 賢太郎, “線形代数における形式的評価を目的とするオンライン演習問題について”, 教育システム情報学会 2023 年度第 2 回研究会報告, pp.81–86, (2023).
- (2) STACK ホームページ <http://stack.bham.ac.uk/>
- (3) https://github.com/mathsmoodle-qttype_stack (2023 年 6 月 15 日確認)
- (4) K.Yoshitomi, “Generation of Abundant Multi-choice or STACK Type Questions Using CAS for Random Assignments”, in “Mathematical Software – ICMS 2018”, Springer, pp.492–497, (2018).
- (5) K.Yoshitomi, “Multiple-choice questions using STACK with partial score and feedback”, ATCM 2022 Proceedings, pp.333–342, (2022),
- (6) 大福 帳.js <https://goose.cite.tohoku.ac.jp/daifukujs/> (2023.6.15 確認)
- (7) K.Yoshitomi, M.Kawazoe, “E-learning/e-assessment systems based on webMathematica for university mathematics education”, MSOR Connections Vol15(2), pp.17–24, (2017).

外国人インターンシップ学生による 高専 MCC に準拠した遠隔実験システムの評価

森川 一^{*1}, 三井 聡^{*1}, 芝崎 順司^{*2}

^{*1} 旭川工業高等専門学校 ^{*2} 放送大学

Evaluation of Remote Laboratory System Compliant with KOSEN MCC by Foreign Internship Students

Hajime MORIKAWA^{*1}, Satoshi MITSUI^{*1}, Junji SHIBASAKI^{*2}

^{*1} National Institute of Technology (KOSEN) – Asahikawa College

^{*2} The Open University of Japan

We are developing the electrical and electronic remote laboratory system that complies with KOSEN MCC and its experiment skills. In this study, assuming the overseas application of this system, we asked foreign internship students at NIT (KOSEN) Asahikawa College to evaluate this system. The evaluation of this system was determined through a questionnaire survey after using this system. The results were similar to the results of a questionnaire survey conducted beforehand among our KOSEN students, and no significant differences based on nationality could be confirmed. Based on the questionnaire results, this system has a low evaluation of equivalence with the face-to-face (hands-on) laboratory, so the future improvements are necessary for equivalence.

キーワード: 高等専門学校, 電気・電子工学, 実験遂行能力, 遠隔教育, ICT の活用

1. はじめに

工学系分野における実験・実習は, 講義と共に工学教育推進の両輪となる重要な分野である. 中学卒業生を受け入れ, 実験・実習を重視した 5 年一貫の専門教育で, 実践的・創造的技術者を養成している高等専門学校 (高専, KOSEN) では, 同じ高等教育機関である大学教育と比較して, その傾向は強くなっている.

高専では, 教育の質保証の観点から, 高専モデルコアカリキュラム (高専 MCC) が 2017 年に作成⁽¹⁾され, 2023 年にはその改訂版⁽²⁾が公開されている. 高専 MCC に基づき, 実験・実習については, スキルの標準化と評価指標の作成⁽³⁾が図られ, 纏められている⁽⁴⁾.

上記の特徴のある高専の教育システムは, 海外からも注目され, 2014 年にモンゴル, 2019 年にタイに高専が設立され, 運営されている. また, ベトナムでは, ベトナム北・中・南部の短期大学内コースとして 5 年

制の高専教育システムが, 2020 年から開設されている. 海外で展開される高専及び高専型コースには, 各国内の教育制度を満たしつつ, 高専 MCC が準用されている⁽⁵⁾⁽⁶⁾. 今後の高専設立が検討されているエジプト等でも, これまでと同様に各国での教育制度設計を含めて, 高専 MCC が準用されると想定される. 海外への高専教育システムの展開と共に, 高専の学生や教員の国際交流も積極的に推進されている.

これまでも各種の遠隔実験システムは開発され, 国際的な実証実験も報告されている⁽⁷⁾. 我々が開発している電気・電子系遠隔実験システム⁽⁸⁾も, インターネットを経由して, インターネット環境があれば, 場所や時間を問わずに利用できるため, 国内外で活用可能である. 遠隔実験システムでは, Moodle (LMS) が提供しているチャット機能が活用可能であり, 国内外の学生が連携して, 英語コミュニケーションを取りながらの国際的な実験への取り組みも可能である.

本研究では、2024 年度に旭川高専にインターンシップのために来日し、数ヶ月間滞在した外国人学生を対象として、開発中の電気・電子系遠隔実験システムを操作し、外国人目線からのシステム評価を実施した。

2. 高専 MCC に準拠した遠隔実験システム

2.1 高専 MCC

高専 MCC は、優れた技術者養成教育の質保証を実現するために、学習内容、到達目標を大綱化し、その具体的な項目を「学習の目安となる項目」として例示している。現在、その学習内容、到達目標に基づいた新カリキュラムが、全国立高専において学年進行で適用されている。

一方、高専教育制度は、海外にも展開されており、これまでにモンゴル、タイとベトナムで高専型教育が導入されている。これらの海外高専では、各国の教育制度・条件を満たしつつ、国立高専との教育の質の同等性確保の観点から、高専 MCC に基づいたカリキュラム編成となっている⁽⁵⁾⁽⁶⁾。各国の教育制度に合わせた独自カリキュラム編成も可能であるが、優れた技術者養成の基盤として高専 MCC が活用されている。

高専 MCC には、「分野別の工学実験・実習能力」が示されている。分野毎に学習内容が示されており、「電気・電子系分野」として、改訂版 MCC では、学習内容・到達目標・学習の目安となる項目が、表 1 に示す内容で示されている⁽²⁾。

表 1 電気・電子系分野の改訂版 MCC 項目⁽²⁾

学習内容	到達目標	学習の目安となる項目
計測技術	実験装置・器具・情報機器等を利用して直流や交流の電気的特性を測定できる。	電気諸量や抵抗・インピーダンスの測定法、オシロスコープの使い方
電気回路	実験機器・器具・情報機器等を安全に正しく利用できる。 直流回路の電気諸量を測定し、結果を考察できる。 交流回路の電気諸量を測定し、結果を考察できる。	実験装置の正しい使い方、安全教育 キルヒホッフ、重ね合わせ理、分圧則、分流則等の実測 RLC のインピーダンス、インピーダンスの大きさや位相、周波数特性等の実測
電子回路	半導体や増幅回路の電気的特性を実測やシミュレーターにより求め、その結果を考察できる。 論理回路の動作を実測やシミュレーターにより求め、その結果を考察できる。 マイコンやPCを用いた制御回路の使用法を習得する。	ダイオード、トランジスタの静特性、オペアンプによる増幅器の利得や周波数特性の測定 AND や OR, NOT, NAND を組み合わせた論理回路の測定 マイコンやPCを用いた制御実験

2.2 実験スキル

高専 MCC に基づき、高専機構内プロジェクト「分野別実験・実習能力及び実質化に関する評価指標の開

発」において、工学実験・実習スキルの標準化と評価指標⁽³⁾及び分野別実験・実習能力の到達レベル評価のための事例集⁽⁴⁾が作成された。実験スキルでは、実験・実習能力として身に付けるべきスキルとその評価の見える化を実現しており、実験指導書モデルのテーマとして、電気・電子系分野では表 2 の内容が例示されている。また、これら実験テーマ中で身につけるべき実験スキルが表 3 のように示されている。

表 2 電気・電子系分野実験指導書モデルテーマ⁽⁴⁾

項目番号	実験テーマ	直流・交流の別
1	電圧・電流・抵抗の測定	直流 交流
2	キルヒホッフの法則	直流
3	ホイートストンブリッジ	直流
4	オシロスコープ	(直流) 交流
5	RLC 回路	交流
6	インピーダンス	交流
7	交流電力	交流
8	半導体素子	直流
9	増幅回路	交流
10	論理回路	直流

表 3 電気・電子系分野実験スキル到達目標一覧⁽⁴⁾

学習内容	到達目標
計測技術	電圧・電流・電力などの電気諸量の測定が実践できる。 抵抗・インピーダンスの測定が実践できる。 オシロスコープを用いて実際の波形観測が実施できる。 電気・電子系の実験を安全に行うための基本知識を習得する。
電気回路	キルヒホッフの法則を適用し、実験結果を考察できる。 分流・分圧の関係を適用し、実験結果を考察できる。 ブリッジ回路の平衡条件を適用し、実験結果を考察できる。 重ねの理を適用し、実験結果を考察できる。 インピーダンスの周波数特性を考慮し、実験結果を考察できる。 共振について、実験結果を考察できる。 ダイオード下の電気的特性の測定法を習得し、その実験結果を考察できる。
電子回路	トランジスタの電気的特性の測定法を習得し、その実験結果を考察できる。 増幅回路等（トランジスタ、オペアンプ）の動作に関する実験結果を考察できる。 論理回路の動作について実験結果を考察できる。 ディジタル IC の使用方法を習得する。

2.3 遠隔実験システム

遠隔実験システムは、実験スキルに基づき構築されており、その基本構成を図 1、外観を図 2 に示す。また、遠隔実験システムのハードウェア構成要素の機能と仕様を表 4 に、ソフトウェア構成要素の機能と仕様を表 5 に示す。さらに、LMS である Moodle に掲載されている実験コンテンツの基本編成を表 6 に示す。実験回路は、表 2 に対応した複数の回路が用意されている。対象とする実験回路の切り替えは、ワンボード PC により多数のアナログスイッチを制御して実現している。対面実験でも使用している交流電源やオシロスコープは、テキストベースの実験機器制御コマンド言語の SCPI コマンドを用いて外部制御している。

表6 実験コンテンツの基本編成

項目番号	実験コンテンツ内容
0	連絡事項・質問（質疑）
1	実験前スキル確認テスト
2	学習コンテンツ・実験指導書
3	遠隔実験（チャット機能を含む）
4	実験後スキル確認テスト・実験スキル自己評価・実験アンケート
5	レポート提出

2.4 コンテンツの英語化

外国人学生が遠隔実験システムを利用するために、対象となる実験コンテンツを英語化した。全コンテンツの英語化が理想であるが、時間の制約上、実験手順等のみ英語化した。英語化できずに、日本語表記しかなく、説明が必要な内容は、Moodle のチャット機能を利用して説明する。Moodle の遠隔実験コンテンツの表示例を図3に示す。これまでの日本語表記に加えて、英語表記を追記している。また、実験ページでは、日英2ヶ国語の混在では、内容を把握しづらくなると予想されたため、実験手順(実験指導書)の英語版は、日本語版とは別ページとして作成した(図4)。

図1 電気・電子系遠隔実験システムの基本構成

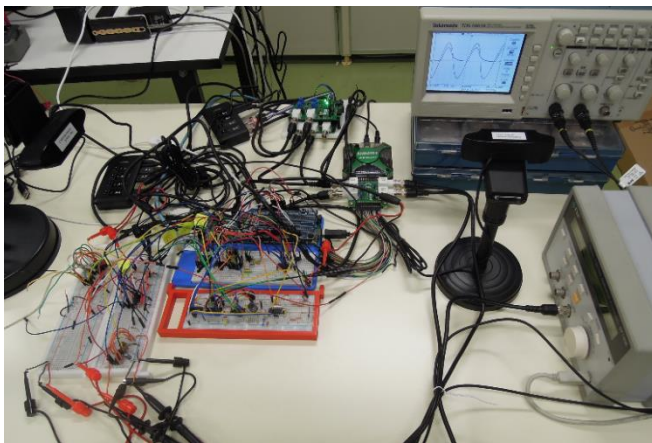


図2 構築した遠隔実験システム一セットの外観

表4 システムの主要ハードウェアの機能と仕様

装置(機能)	社名・機種	機能(仕様)
サーバ	DELL・PowerEdge T110 II	LMS, Webサーバ
計測制御, サーバ	ラズベリーパイ財団・Raspberry Pi 4 model B	計測制御, Webサーバ, LMS
交流電源	N F 回路設計ブロック・DF1906	VISA/SCPIによる外部制御※
交流電源	ビットトレードワン・ADCQ1708CPRE	専用コマンドによる計測※
直流・交流電源計測	Diligent・Analog Discovery 2	専用コマンドによる外部制御※ 専用コマンドによる計測※
直流・交流電源計測制御	Arduino・Arduino Mega 2560 Rev.3	アナログ信号入出力計測制御※
計測・オシロスコープ	ビットトレードワン・ADCQ1706BPPE	専用コマンドによる計測※
オシロスコープ	テクトロニクス・TDS1001B	VISA/SCPIによる外部制御※
Webカメラ	ロジクール・HD Pro Webcam C920	1セットに2台使用する※

注記: ※印は、RP4BとUSBで接続する

表5 システムの主要ソフトウェアの機能と仕様

装置	ソフトウェア	仕様
PowerEdge T110 II	Webサーバ	Apache 2.4.29
	データベース	MariaDB 5.5.5
	スクリプト	PHP 7.1.1, Perl 5.16.3
	LMS	Moodle 3.4+
	SSL	OpenSSL 1.0.2m
Raspberry Pi 4	Webサーバ	Apache 2.4.56
	データベース	MariaDB 5.5.5
	スクリプト	PHP 8.0.1, Perl 5.32.1, Python 3.9.2
	Pythonライブラリ	WiringPi 2.7, PyVISA 1.14, Numpy 1.26.4, Matplotlib 3.8.3
	LMS	Moodle 4.1.5+
	動画配信	MJPG-Streamer 2.0
	GPIO操作	WebIOPI 0.7.1, WiringPi 2.7

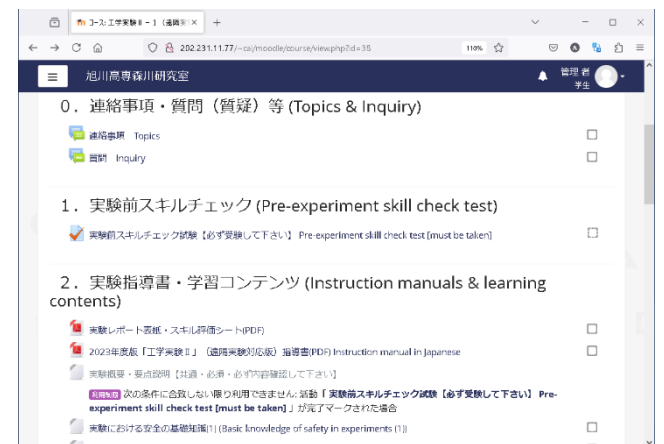


図3 Moodle 実験コンテンツ表示例（日英併記）

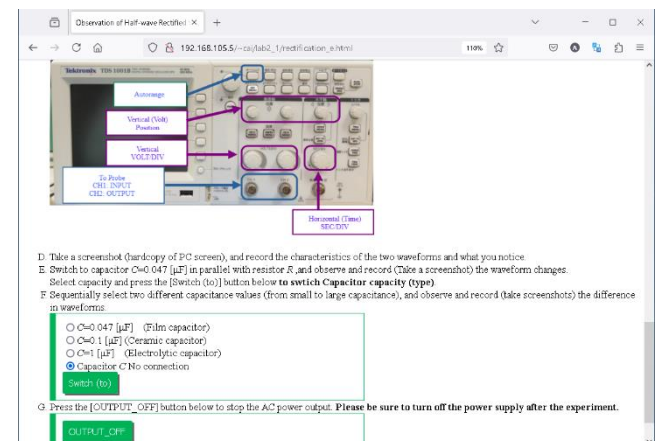


図4 実験ページ表示例（英語）

3. 外国人インターンシップ学生によるシステム評価

3.1 対象学生

旭川高専に2～3ヶ月間滞在する外国人インターンシップ学生を対象として、遠隔実験システムの評価を2024年5～6月に実施した。対象とした外国人インターンシップ学生は、タイ・カセサート大学からの3名とフランス・IUTからの2名であり、当該学生の属性は表7に示す通りである。インタビューによる電気・電子系実験の経験は、専ら高校での物理実験内での実施であり、高等教育機関進学後の電気・電子系実験の経験は極めて少ない。なお、本研究は、旭川工業高等専門学校研究倫理審査委員会の承認を得て実施している。

表7 外国人インターンシップ学生の属性

ID	Sex	Age	Major Field	Experience in electrical & electronic experiments
Thai_1	Male	21	Mechanical Engng.	Some Experience
Thai_2	Male	21	Mechanical Engng.	Some Experience
Thai_3	Male	21	Mechanical Engng.	Little Experience
France_1	Male	22	Mechanical Engng.	Little Experience
France_2	Male	21	Electrical Engng.	Some Experience

3.2 評価実験

構築した遠隔実験システムの海外展開の可能性を確認するために、実装済みの工学実験テーマ1つについて評価実験を実施する。本研究では、旭川高専システム制御情報工学科5年での実験内容に対応した「ダイオードの静特性計測と整流回路」（表2の項目番号8相当）を実施する。実験内容は、表6の実験コンテンツの基本編成に従い順番に実施する。ただし、項目番号0と6は省略する。

遠隔実験システムを設置している実験室とは異なる実験室で、デスクトップPCを用いて、外国人インターンシップ学生1名ずつで評価実験を実施した。教員は、基本的に学生とは異なる実験室から、Moodleのチャット機能により、英語で実験を指示している。

評価実験では、ダイオードの静特性やWebカメラを通したオシロスコープでのリアルタイム波形観測を実施している。その結果、ダイオードの静特性計測や波形観察では、対面実験と同様に、適切に実施され

ているのを確認した。また、遠隔実験前後に実施しているスキル確認テストでは、専門科目として電子工学（電子回路）をこれまでに学習しておらず、基礎的な電気・電子素子に関する知識も不十分であったため、低調な結果であった。具体的には、実験前スキル確認テストの平均点は10点満点中の4.5点であり、実験後のそれは5.6点であった。遠隔実験実施を通して、多少の実験スキル向上はあるが、必ずしも有意な違いが認められる訳ではない。今回の評価実験では、学習コンテンツの英語化が実施できず、不足している知識の獲得を支援できていないと考えられる。

3.3 評価アンケート

遠隔実験システムの評価アンケート項目は、これまでに在学生を対象として実施した予備実験時の評価アンケート項目と同一内容を英語化して使用する。

「どちらでもない」の回答を避けるために4件法で回答する選択式アンケートの質問と回答選択肢を、表8に示す。ただし、表8(a)中No.4は、日本語版では「実験指導書の内容は、対面実験の実験指導書の内容と比較して、どうでしたか」であるが、英語版では「英語での遠隔実験指導書は理解し易かったですか」に変更している。表8の選択式アンケート項目の他にも、記述式アンケート項目も設定している。

表8 選択式評価アンケート

(a) 質問項目

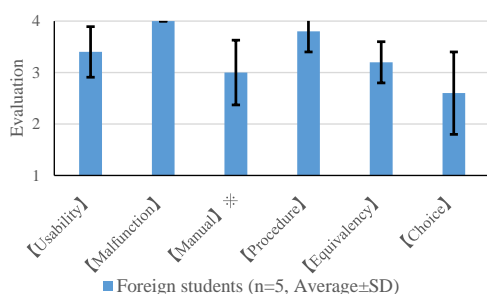
No.	Question Contents
1	【Usability】 How was the usability (operability) of the remote laboratory system?
2	【Malfunction】 Have you experienced operational problems (glitches) with the remote laboratory system?
4	【Manual】 Was it easy to understand the English instruction manual?
5	【Procedure】 Was the experimental procedure easy to understand?
8	【Equivalency】 Do you think the remote laboratory helped you acquire the same overall "experimental skills" as the face-to-face laboratory?
12	【Choice】 If you had a choice between a face-to-face laboratory and the remote laboratory, which one would you choose?

(b) 回答選択肢

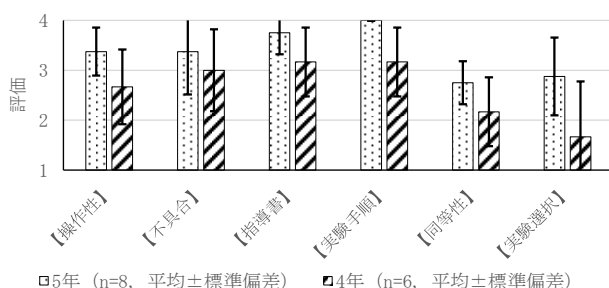
No.	Evaluation			
	1	2	3	4
1, 4, 5	Poor	Average	Good	Excellent
2	Most of the time	Some of the time	Not very often	Never
8	Strongly disagree	Disagree	Agree	Strongly Agree
12	Face-to-face	Somewhat face-to-face	Somewhat remote	Remote

3.4 評価アンケート結果

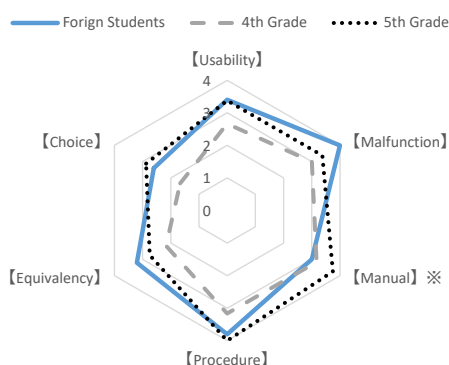
表 8 に示した選択式評価アンケートの回答集計結果は、図 5 に示す。図 5(a)は、本研究で実施した外国人インターンシップ学生による選択式回答の平均値と標準偏差を表している。図 5(b)は、本研究に先立ち、2024 年 3 月に実施した在学生向け評価実験時の同様のアンケート結果である。さらに、図 5(c)は、外国人インターンシップ学生と在学生回答の平均値での比較をレーダーチャートで示している。



(a) 外国人インターンシップ学生



(b) 高専在学生



(c) 外国人インターンシップ学生と高専在学生の平均値での比較

図 5 選択式アンケート結果

また、記述式アンケートから「遠隔実験を利用している印象」と「改善すべき事項」の 2 項目についての記述式での回答内容を表 9 に示している。表 9 中の※印

が付加されている回答は、フランス・IUT 学生がフランス語で回答した内容を機械翻訳サービス DeepL (<https://www.deepl.com/ja/translator>) で、英語に翻訳した内容である。

表 9 記述式アンケート回答内容

<p>Please describe your impressions of using the remote laboratory and what you noticed (points of concern).</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ sometime program is not running smooth. ・ It was something new to me. Because normally when doing a lab like this you have actually do it. Doing this may be easy to give data, but sometime children who want to continue studying may no be able to use some tools because they have never actually handled them (if they are taught how to use tools, i have come before and have no noticed) ・ By doing experiment remotely I can save a lot of time and can still learn pretty good compare to face-to-face learning. But point of concern is that when I have a problem or when I dont understand something how do I do to solve this compare to face-to-face that i can ask teacher right away. ・ Easy to learn, but it would be nice to be able to see when you're changing inputs live, instead of going in randomly. especially in the current and intensity measurements. otherwise very good, it's great to be able to see live changes while potentially on the other side of the world. ※ ・ It's the first time I've had access to this kind of system, and it's pretty incredible, since we can test the system in real time and get the results in real time, which is really nice and interesting. ※
<p>Please describe what needs to be improved in the remote laboratory system.</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ The system can be quite complicate to use for some user. ・ Having reference points on the gauges before the measurements could be an improvement. ※

※印は、DeepL翻訳を用いてフランス語を英語に翻訳した内容です。

3.5 考察

図 5 に集約されている選択式アンケートの回答結果は、旭川高専在学生（4 年生，5 年生）を対象とした回答と概ね同様の傾向を示した。操作性（Usability），不具合（Malfunction），指導書（Manual），実験手順（Procedure）の各項目は、いずれも平均値で 2.5 以上を示している。特に、外国人インターンシップ学生を対象とした不具合（Malfunction）に関しては、3 月の在学生対象評価実験での不具合を解消したため、全く無いという評価で一致している。一方で、著者が目指している対面実験(face-to-face, hands-on)との同等性 (Equivalency) については、在学生による評価よりは高いものの、必ずしも十分な値とは言えない。在学生が対面実験の経験があるのに対して、外国人インターンシップ学生は、対面実験の実施経験が少なく、対面実験の実施状況を言葉や実験風景写真（画像）により伝えたのみで、遠隔実験を実施しているため、想像での回答として高めに評価されていると考えられる。

図 5(c)のレーダーチャートで比較すると、外国人インターンシップ学生の回答は、同じテーマの遠隔実験を実施した 5 年在学生のアンケート評価と総じて同様の傾向が認められる。

遠隔実験を選択するか、対面実験を選択するかのアンケート項目（Choice）では、各学生の志向が反映されるため、他の質問項目と比較すると、標準偏差が大きくなる傾向は、在学生の結果と同様であった。

また、表 9 に示した自由記述の回答結果からは、対面実験での質問のしやすさや、装置使用法の理解のしやすさに言及されており、本遠隔実験システムで十分提供できていない点であろう。また、操作性の改善に関する意見も示されている。

なお、本研究で対象とした外国人インターンシップ学生数は 5 名のみであり、統計的な評価の判断をするには十分な人数とは言えない。

以上より、今後の課題としては、操作性の向上や、対面実験との同等性の評価向上方策を最重点に対応する必要がある。加えて、外国人インターンシップ学生の来校時には、評価実験への協力を依頼して、統計的な評価が有意となるような取り組みを継続する必要がある。

4. おわりに

本研究では、旭川高専に来日中の外国人インターンシップ学生（5 名）を対象として、遠隔実験システムの評価実験を実施した。アンケートによるシステム評価結果は、高専在学生（4 年生 6 名、5 年生 8 名）を対象に実施した評価アンケート結果と同様の傾向を示し、国籍の有無にかかわらず現在の遠隔実験システムに関するシステム評価に顕著な違いが生じないのを確認した。高専在学生と外国人インターンシップ学生を問わず、対面実験との同等性に関する評価は低かったため、操作性の向上と対面実験との同等性の評価を高める工夫が必要不可欠であり、改善を要する点である。さらに、同種の評価実験に参加する外国人インターンシップ学生を増やす必要がある。

謝辞

本研究の主要部分は、JSPS 科研費 22K02933（基盤研究 C）の助成を受けたものです。

参 考 文 献

- (1) 独立行政法人国立高等専門学校機構：モデルコアカリキュラムーガイドラインー（経済・ビジネス系を除く）2017 年版，https://www.kosen-k.go.jp/wp/wp-content/uploads/2024/04/2017_Model-Core-Curriculum-Guidelines.pdf (2024 年 4 月 5 日確認)
- (2) 独立行政法人国立高等専門学校機構：モデルコアカリキュラムーガイドラインー（経済・ビジネス系を除く）2023 年版，<https://www.kosen-k.go.jp/wp/wp-content/uploads/2023/12/2c383e29-7e20-4b20-af19-ca3737450665.pdf> (2024 年 4 月 5 日確認)
- (3) 三井聡，篁耕司，黒田大介，小林淳哉：“工学実験・実習スキルの標準化と評価指標の作成”，平成 29 年度工学教育研究講演会講演論文集，pp.610-611 (2017)
- (4) 独立行政法人国立高等専門学校機構：モデルコアカリキュラム分野別実験・実習能力の到達レベル評価のための事例集ーMCC の記載内容に対する実験書モデルと評価指標ー (2019)
- (5) 油谷英明，加納誠司，小松正明，上原信知，Sanit TEAWCHIM, Suvepon SITTICHIVAPAK：“タイ高専（KOSEN-KMITL）における工学導入教育の実践ー初年度第 1 学年生の高専生としてのマインドセットの育成ー”，第 68 回工学教育研究講演会論文集，pp.136-137 (2020)
- (6) 日高良和，仙波伸也，中野陽一：“国立高専機構海外展開事業ベトナムにおけるベトナム版高専プログラムの設計”，宇部工業高等専門学校研究報告，Vol.66，pp.1-4 (2020)
- (7) 福田収一，菊池達也，福崎昭伸，永岡慶三，田中健二，見城尚志，ハリスデユエル：“リモートラボの開発と実証実験”，工学教育，Vol.50，No.3，pp.87-92 (2002)
- (8) 森川一，五箇俊介：“高専 MCC と実験スキルに準拠したリモートラボの拡充ー電気・電子実験回路とその学習コンテンツの追加ー”，第 70 回工学教育研究講演会論文集，pp.126-127 (2022)

医療技術学部における数理データサイエンス AI 教育プログラム（応用基礎レベル相当）の実践と評価

二瓶 裕之^{*1}, 高橋 祐司^{*1}, 西牧 可織^{*1}, 米田 龍大^{*1}

^{*1} 北海道医療大学 情報センター

Practice and evaluation of MDASH in School of Medical Technology (Equivalent to Advanced Literacy Level)

Hiroyuki Nihei^{*1}, Yuji Takahashi^{*1}, Kaori Nishimaki^{*1}, Ryuta Yoneta^{*1}

^{*1} Health Sciences University of Hokkaido

医療技術学部において、応用基礎レベルに相応する数理データサイエンス AI 教育プログラムを実践した。臨床検査技師養成に関わるカリキュラムが設定されているなか、1年前後期に授業科目を設定しながら学生への履修意欲を高めた。楽しみながらも学びの質を維持するために模型都市教材を開発するなどの工夫もした。授業アンケートの結果からデータサイエンスに対する理解度や満足度についても一定の評価がされたことを確認した。

キーワード: データサイエンス教育, AI, 応用基礎レベル, 教材開発

1. はじめに

国が推進する AI 戦略 2019 に伴って高等教育機関においてもデータサイエンス教育の強化が急速に進んでいる。文部科学省では、数理データサイエンス AI 教育プログラム（以下、MDASH）認定制度も制定された。MDASH には、リテラシーレベルや応用基礎レベルなどの段階的なレベルがされている。

応用基礎レベルは MDASH リテラシーレベルの教育と専門教育とを繋ぐ「橋渡し教育」として位置づけられており、「データから意味を抽出し、現場にフィードバックする能力、AI を活用し課題解決につなげる基礎能力を修得すること。そして、自らの専門分野に数理・データサイエンス・AI を応用するための大局的な視点を獲得すること。」⁽¹⁾が学修目標として掲げられている。

応用基礎レベルの認定は、リテラシーレベルと異なり、学部単位での申請が可能となっている。学部単位で認定された大学の多くは、情報系、理工系、自人文

系、社会科学系の学部である。数理データサイエンス AI 教育強化コンソーシアムが公開している「学部系統ごとの応用基礎レベルの授業科目設計イメージ」⁽¹⁾にも、これらの学部の記載がある一方で、医療系学部の記載はない。また、学部単位で応用基礎レベルに認定された大学の中で医療系学部であるのは、2024 年 5 月現在では、大阪大学薬学部、岡山大学医学部・薬学部など国立大学のみである⁽²⁾。

医療系学部、特に、私立大学において応用基礎レベルの認定が広がりを見せていない理由の 1 つがコアカリキュラムにある。医療系学部の学生の多くは、卒業時に、目指す医療職に関わる国家試験を受験するが、医療系学部教育プログラムに対しても、それぞれの国家試験の出題範囲と強く結びついたコアカリキュラムが設定されている。コアカリキュラムでは、4 年間、もしくは、6 年間にわたる学修内容が定められているとともに、学生も、コアカリキュラムを構成する授業科目の単位取得に懸命となっている。例えば、文部科学省の調査によると、私立大学薬学部では、全国平均

で、6年間の教育プログラムを一度も留年しない学生は67.3%となっている⁽³⁾。

そのため、私立大学の医療系学部では、MDASH リテラシーレベルについては、既存の全学教育科目である「情報処理演習」などを拡充することで広がりつつあるものの、専門教育への橋渡し教育となる応用基礎レベルの教育プログラムは、まだ、広がりを見せていない。

このようななか、北海道医療大学（以下、本学）では、MDASH リテラシーレベルの認定ならびにリテラシーレベルプラスの選定をうけ^(4,5)、2023 年度には、応用基礎レベルに相応する教育プログラムの実践を始めた⁽⁶⁾。背景にあることが、2020 年度に策定した本学 DX 推進計画⁽⁷⁾である。本授業科目は4学部で開講しているが、特に、医療技術学部では、卒業要件として定められている選択科目の1つとして開講されている。

そこで、本稿では、医療技術学部における数理データサイエンス AI 教育プログラム（応用基礎レベル相当・2024 年 6 月現在認定はまだされていない）の実践と評価について報告する。本教育プログラムの実践にあたっては、カリキュラムや学修内容などに工夫をしながら、医療専門教育との橋渡しができるようにした。リサーチクエスションは、RQ1:「臨床検査技師養成に関わるカリキュラムが設定されているなか、学生に対して履修意欲を掻き立てられるのか」、また、RQ2:「学生が臨床検査技師を目指しているなか、学生の授業満足度を高めることができるのか」である。また、生成 AI と共生した学びの提供などについても言及する。

2. 授業概要

医療技術学部は入学定員 60 名、4 年制教育であり収容定員は 240 名である。数理データサイエンス AI 教育プログラム（応用基礎レベル相当）を構成する授業科目は、「医療情報処理演習」（1 単位）、「情報科学」（2 単位）、「医療データサイエンス入門Ⅰ」（1 単位）、「医療データサイエンス入門Ⅱ」（1 単位）の 4 科目である。

「医療情報処理演習」と「情報科学」は、かねてより開講されていた全学教育科目の必須科目であり、

MDASH リテラシーレベルを構成する授業科目ともなっている。一方、「医療データサイエンス入門Ⅰ」と「医療データサイエンス入門Ⅱ」は、医療技術学部の専門選択科目として新たに開講した授業科目である。専門選択科目は全て 1 単位科目であり、他に、「健康食品学」、「食品関係法規」、「食品衛生学」、「コミュニケーション演習」が設定されている。卒業要件は、専門選択科目から 1 単位以上を修得することとなっている。

授業内容としては、まず、「医療情報処理演習」は MDASH リテラシーレベルのコア学修項目（導入、基礎、心得）を網羅した授業科目である。「情報科学」と「医療データサイエンス入門Ⅰ」は、応用基礎コアの「データ表現とアルゴリズム」と「AI・データサイエンス基礎」の内容を含む授業科目である。さらに、「医療データサイエンス入門Ⅰ」は応用基礎コアの「AI・データサイエンス実践」の内容も含む。

「医療データサイエンス入門Ⅱ」は「AI・データサイエンス実践」の内容をさらに深めたものであり、「データ・AI 活用 企画・実施・評価」の実践の場を通じて、数理・データサイエンス・AI の活用における一連のプロセスの理解を深め、人や社会にかかわる具体的な課題の解決に活用できる能力を修得することを目指している。

3. 特徴的な取り組み

3.1 カリキュラムの工夫：初年次開講

実施したカリキュラム上の工夫が、本プログラムを初年次開講とした点である。医療技術学部においては、2 年次以降には、臨床検査技師国家試験に必要な授業科目が多く組み込まれており、どの時期に MDASH 応用基礎レベルを開講すれば良いのかを検討することが 1 つの課題となっていた。そこで、比較的カリキュラムに余裕のある 1 年前期に「医療情報処理演習」と「情報科学」、後期に「医療データサイエンス入門Ⅰ・Ⅱ」を設定することで、臨床検査の学びに無理をきたさないようにした。

さらに、高度な学修内容を扱う「医療データサイエンス入門Ⅰ・Ⅱ」に対しては、時間割も調整することで、すべての学生が毎時間の授業の中で、その日の学

修内容を理解できる工夫をした。ポイントは、15回の授業を5テーマ×3回の授業で構成して、さらに、1日に3回の授業（3時限目～5時限目）を連続して開講するようにした点である。2つの授業科目合わせて30回の授業を10週で終える。

授業を3回連続とすることで、学生は、より深く1つのテーマに集中して、テーマに関連する概念や知識に繰り返し触れることができるようにした。授業では、学生は自身が所有するPCを使って、手を動かしながら演習課題に取り組む。さらに、演習課題は、すべての学生が同一の開発環境（Google Colaboratory）で取り組む。このような中、連続した授業回では、学生が互いに質問をしながら教えあうような時間も設けている。例えば、3時限目に講義中心の授業を行い、4時限目に講義の内容を演習で確認し、さらに、5時限目に学生どうして演習の結果を確認しあうなど、学修した内容を即座に次の授業で応用し、理解を深められるようにした。

3.2 学修内容の工夫：模型都市

学修内容に対して工夫した点が、応用基礎レベル・AI基礎の「認識」の学修項目に焦点を当て、その仕組みや活用を深く学べるようにしていることである。臨床検査の分野では、細胞診やエコーなどの画像解析技術が求められているなど、画像認識・物体検出などの認識技術はもっとも広く活用されているAI技術の1つである。そこで、「情報科学」と「医療データサイエンス入門Ⅰ・Ⅱ」では、AI基礎の「認識」を重視した学修内容に設定をすることで、データ×AI×臨床検査の観点から専門教育プログラムへと橋渡しができるようにした。

さらに、初年次、かつ、医療人を目指す学生にとって、楽しみながらも質を維持できる学修を支援するために開発したのが「模型都市」である。図1は、模型都市の3Dスキャン画像である。直径1.8mの円形テーブルの上に、病院、図書館、博物館などを模したレゴブロックの建物が並んでいる。模型都市の映像などを使うことで、「認識」に関わる演習課題を設定した。

「認識」にかかわる演習課題としては、まず、「情報

科学」において基礎的なプログラミングや画像処理技術に関わる課題を設定し、「医療データサイエンス入門Ⅰ・Ⅱ」では、画像認識・物体検出の技術を組み合わせた認識モデルなどをつくる課題を設定した。日常の都市風景から認識モデルを作るには、多くのノイズの影響のために、限られた授業時間内で認識モデルを作るのが難しくなってしまう。例えば、都市風景には、行き交う人や車両の動きがあり、不安定な天候や変わりゆく光の変化もある。さらに、広告や看板のような視覚情報も多く、それらは背景と融合することで、日常風景におけるノイズとなる。

一方で、レゴで作られた模型都市のノイズはAI教材として手頃な範囲にある。レゴの都市は色のはっきりしており、ブロックの形も明確で、背景との区別が容易になる。これにより、ノイズが少なく、画像認識技術のトレーニングやテストには理想的な環境を提供する。さらに、ハイパーパラメーターを調整するなどの手探りをしながら画像認識のメカニズムを修得するプロセスも、限られた授業時間内に達成できる範囲である。このように、限られた授業時間の中でも画像認識モデルを作ることができることが「達成感」と「楽しさ」につながる学修の支援を提供している。



図1 模型都市（3Dスキャン画像）

3.3 その他の工夫：生成AIとの共生

その他に工夫した点が、MDASHリテラシーレベルを扱っている「医療情報処理演習」と「情報科学」において、生成AIを含むAIとの共生を図った学びを提供していることである。ここでは、AIの仕組みを学んだうえで、AIを活用することへの興味を掻き立てるために生成AIを学びの中で積極的に取り入れて、AIが何をどこまでできるのかを学生自身が実体験を通して検証しながら学べるようにしている。

生成 AI の 1 つである会話型生成 AI については、例えば、グループディスカッションにおいて、学生どうしの意見に加えて、生成 AI の意見も取り入れて討議をするなど、いままでにない新しい視点からの意見に学生が触れられるようにしている。学生には、生成 AI の発想を検証させるとともに、それに対応できる討論力を身に付けられるようにしている。また、画像認識・物体検出を学ぶ文脈の中で取り入れているのが画像生成 AI である。例えば、プレゼンテーション技法を学ぶ授業回においては、学生自身が画像生成 AI を使って、プレゼンテーションで利用するイラストや画像を生成している。学生には、生成画像によりプレゼンテーションを効果的にできたかといった観点から、生成 AI の創造力や表現力の検証もさせている。

これらに加えて、会話生成 AI と画像生成 AI を組み合わせた活用も図っている。ここでは、会話型生成 AI がグループワーク評価表を個別最適化して学生のレポートを添削しているが、このとき、会話生成 AI が生成した添削コメントを感情分析することで、その感情に見合った表情を持つ AI アバターの顔を画像生成 AI により生成している。これにより、図 2 のようにノンバーバルなコミュニケーション表現をしながら AI アバターのレポートの添削結果を学生へ提示するなどしている。学生には、自身のレポートであるからこそ湧き上がる反論や意見をもとに、生成 AI の創造力や表現力を検証させている。



図 2 AI アバターによるレポート添削（サンプル）

4. 実践結果の検証

まず、RQ1:「臨床検査技師養成に関わるカリキュラムが設定されているなか、学生に対して履修意欲を掻

き立てられるのか」について検証する。まず、「医療情報処理演習」と「情報科学」は必須科目であることから、医療技術学部 1 年生の全員が履修しており、科目合格率は 100%となっている。

「医療データサイエンス入門Ⅰ」は選択科目であり、卒業要件は、選択科目となっている 5 科目から 1 科目（1 単位）以上を修得することとなっている。そのなかで、17 名（対象学年の学生数の約 23%）の学生が履修して合格しており、一定程度の履修者数となったと考える。一方、「医療データサイエンス入門Ⅱ」については、履修者数が 7 名と少なくなっている。これは、「医療データサイエンス入門Ⅰ」に合格した時点で、学生は卒業要件を満たしているためであり、それにも関わらず、7 名の学生が履修してくれたことは想定を上回る結果であった。

次に、RQ2:「学生が臨床検査技師を目指しているなか、学生の授業満足度を高めることができるのか」について検証する。図 3 は、大学が実施している学生授業アンケートの結果である。実践は各授業に対する総合評価（5 点満点）であり、比較のために、学部平均の値も示した。また、アンケートの回答者数を棒グラフで示した。

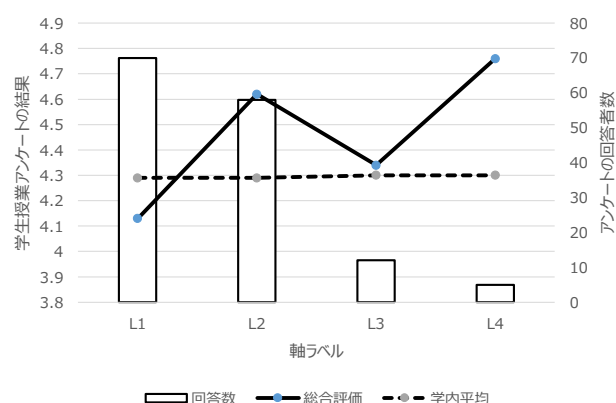


図 3 学生授業アンケートの結果

「医療情報処理演習」は総合評価が学部平均を下回っていたが、画像処理などを扱い始めた「情報科学」では総合評価が高まっている。「医療データサイエンス入門Ⅰ」は選択科目でありアンケート回答者数が減少し、授業内容が高度になったことから、総合評価も低下している。しかし、「医療データサイエンス入門Ⅱ」

では、学生は卒業要件を満たしたうえで、さらに、データサイエンスに対する興味を持った学生が受講していたことから、総合評価が最も高くなった。

「医療データサイエンスⅠ」の最後には、授業を通して学んだことや感想についての自由記載アンケートを実施した。回答者数は14名である。以下は、アンケートの結果を集計したものである。

1. 医療現場における AI 技術の応用について (3 件) : 主に医療データサイエンスと AI の応用に焦点をあてていた。画像認識や人工知能が医療現場でどのように利用されているか、そして、これらの術の進展がどれほど役立っているかについての考察が含まれていた。
2. プログラミング技術について (5 件) : 授業で学んだプログラミング技術についての興味が示されていた。具体的には、ニューラルネットワークや自動制御システムなどの体験について言及されていた。
3. AI の社会的必要性和医療への影響について (1 件) : AI の社会的必要性和医療分野での応用について述べていた。特に、AI が医療分野で人手不足を解消し、ヒューマンエラーを減少させるためにどのように貢献しているかに焦点をあてていた。
4. AI の理解と社会的影響について (4 件) : 授業を通じての AI に対する理解と興味の深まり、AI 技術の基本的な使用方法やその潜在的な応用について考察されていた。特に、AI の社会的影響や将来の活用方法についての記載があった。

これらの結果から、医療データサイエンス入門Ⅰを通して、技術的なスキルだけでなく、AI の社会的な意義や医療分野での具体的な応用についても理解していたと考える。

5. むすび

医療技術学部において、応用基礎レベルに相応する数理データサイエンス AI 教育プログラムを実践・評価をした。実践した授業科目は、「医療情報処理演習」、「情報科学」、「医療データサイエンス入門Ⅰ・Ⅱ」の4科目である。評価にあたって設定したのが、RQ1 : 「臨床検査技師養成に関わるカリキュラムが設定されているなか、学生に対して履修意欲を掻き立てられる

のか」、また、RQ2 : 「学生が臨床検査技師を目指しているなか、学生の授業満足度を高めることができるのか」である。

RQ1 に関しては、比較的カリキュラムに余裕のある1年次に4つの授業科目を開講したり、特に、高度な授業内容を扱う「医療データサイエンス入門Ⅰ・Ⅱ」については、3回連続で授業を開講することで、より深く1つのテーマに集中して、テーマに関連する概念や知識に繰り返し触れることができるように工夫した。これにより、選択科目である「医療データサイエンス入門Ⅰ」は17名(対象学年の学生数の約23%)の学生が履修して合格し、「医療データサイエンス入門Ⅱ」も想定を上回る7名の学生が履修して合格した。

RQ2 に関しては、臨床検査の分野の中で、もっとも広く活用されている AI 技術である画像認識・物体検出などの認識技術に焦点を当てるなどの工夫をした。特に、認識に関わる学修教材として開発をした「模型都市」を使って画像認識技術のトレーニングやテストを行うなどの工夫もした。これにより、技術的なスキルだけでなく、AI の社会的な意義や医療分野での具体的な応用についても理解するに至ったと考える。

今後は、医療技術学部以外の学部でも同様の授業科目を開講するなど、より多くの医療系学部へと取り組みを広げたい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 22H01051 の助成を受けたものです。

参 考 文 献

- (1) 東京大学数理・情報教育研究センター
http://www.mi.u-tokyo.ac.jp/consortium/model_ouyoukiso.html(2024年6月19日確認)
- (2) 文部科学省
https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/suuri_datascience_ai/00001.htm(2024年6月19日確認)
- (3) 文部科学省・薬学部における修学状況等
https://www.mext.go.jp/a_menu/01_d/1361518.htm(2

024 年 6 月 19 日確認)

- (4) 新原 俊樹: “数理・データサイエンス・AI 教育プログラムの実状”, 日本教育工学会論文誌, Vol. 47, No. 2, pp. 333-342 (2023)
- (5) 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. 176-178 (2023)
- (6) 西牧 可織, 二瓶 裕之: “教育用ロボットを活用した医療系大学における数理データサイエンス AI 教育の実践 (応用基礎レベル相当)”, 薬学教育, Vol. 7, 2023-005 (2023)
- (7) 二瓶 裕之: “医療系大学における学生参加型 AI 開発による学修者本位の教育の実現と普及”, 大学教育と情報, Vol. 177, pp. 30-31 (2021)

フェイクニュースを題材とした 情報の信憑性に係る判断要因の分析

館 秀典^{*1}, 竹内 俊彦^{*1}

^{*1} 駿河台大学 メディア情報学部

"Analyzing Credibility Determinants in Fake News Contexts"

Hidenori TACHI^{*1}, Toshihiko TAKEUCHI^{*1}

^{*1} Faculty of Media and Information Recourses, Surugadai University

生成 AI の技術が発展し、本物と見紛うようなフェイクニュースや広告を目にするようになった。Facebook 等の SNS では AI や人間の目によって監視が行われているが、完全に排除するのは難しい。そのため、情報を受ける側が信憑性を判断することとなる。情報の受け手は、信憑線の判断において、どのような根拠に基づいて判断しているのか実験を通して得られた結果を分析した。

キーワード: フェイクニュース, 生成 AI, 信憑性, メディア, 暗黙知

1. はじめに

近年、様々なメディアにおいて生成 AI (Generative AI) を利用して作成された画像や文章、映像を目にするようになった。これらは、生成 AI 技術が発達し、本物と見分けがつきにくい情報が生成可能になったことに加え、インターフェースの改良やスマートフォンなどにおけるアプリからの利用が容易になったことも要因の一つである。

またスマートフォンの普及により、インターネットがより身近になったことによって、人々はこれまで以上に多くの情報に触れるようになった。昨今のニュースサイトでは、記事を要約したものが一覧として掲載され、閲覧者はタイトルのリンクから気になった記事を読むことが多い。掲載されている記事は多種の新聞社や Web サイトからの転載が多いが、情報の信憑性の判断は利用者に委ねられている。また、昨今動画での情報発信も多く行われるようになったが、これらの中には編集を行なったものや、AI を利用して作成された虚偽の情報も存在する。そして誰かに伝えたいと思えば、クリック一つで SNS 等に投稿できる仕組みが備わっており、情報を伝播する責任はサービスの利用

者に委ねられている。

Web 上の情報の信憑性に関しては、一般的に発信者に関する情報をもとに判断するのが良いと言われるが、SNS 等においては発信者についての情報が得られることは少なく、また多くの情報に触れる中、情報の一つ一つについて発信者の確認を行うことは稀である。

これらの状況に対し、様々な信頼性評価のためのアルゴリズムや評価システム、ファクトチェックのための組織の設立が国や企業において行われている。日本では、2018 年 2 月にインターネットメディア協会 (JIMA) が設立され、インターネットメディアの信頼性向上を目指すため、フェイクニュースへの対応などへの知見や、メディアリテラシー教育の推進などをおこなっている。また、大手検索サイトである Google は、2022 年 11 月 1 日より検索結果の画面にアイコンを追加し、「About this result (日本名: この結果について)」というパネルの表示を始めた。検索結果に関する情報の入手元に関する内容が表示され、情報源の信頼性や安全性についてリンクをクリックする前に確認できるというものである。

しかし、インターネット上の虚偽情報に関しては一

部を除き法的規制ができないほか、全てをファクトチェックすることは不可能に近く、最終的には情報の受け手に委ねられている。東日本大震災においては、SNS の情報量が通常の 10 倍にも達したとの報告がある（総務省, 2011）。取得した情報の判断によっては命の危険にかかわることもありうる。

また、渡辺は「SNS を情報ツールとして使う若者たち」（渡辺洋子, 2018）で、若者はニュースの入手先として、Web のニュースサイト以外に Twitter や Instagram などの SNS を利用しており、「配信元を認識しない」が「配信元を認識している」を上回っていること、SNS 上の情報は更新頻度が Web に比べて早いという特徴があることを報告している。

昨今の大学生がインターネットから情報を得る理由は、自分の趣味の情報を得る、話題の共通性を保つ、人に伝えたいなどであり、いずれも第三者との関係に使われることが多い。そのため話題性のあるもの、関係性のあるものに注視する傾向があり、先ほどの配信元を確認しない傾向から、内容の信憑性が曖昧なまま拡散されていく可能性は否めない。

2019 年からは、文部科学省が提言している GIGA スクール構想により、小中学校においても児童生徒に 1 人 1 台端末の整備が進み、インターネットを利用した調べ学習が行われている。教育の場においても信憑性の担保されていないインターネット上のコンテンツを活用していく上で、IT 活用能力をはじめとするメディアリテラシーを育成することは、極めて重要かつ喫緊の課題となっている。

2. 本研究の目的

本研究では、情報活用におけるメディアリテラシー教育の質の向上を目的とし、情報の信憑性を判断する基準として、文章中のどこに着目したか調査を行う。

画像と文章を組み合わせて作成されたフェイクニュース記事を生成 AI により複数作成、提示された記事に対する信憑性と、判断した理由を問う調査実験を行った。

3. 実験について

3.1 調査対象

筆者らの一部が担当する Web コンテンツ論と情報フルエンシーの講義を受講する大学生 88 名である。

3.2 手順

1. 授業の課題として、画像 1 枚と 200～400 字程度の文章について、生成 AI を利用して、より本物だと思える記事を作成するよう指示を行った。利用する生成 AI は自由だが、複数の生成 AI を比較利用することを条件とした。
2. 提出された記事から 16 記事を抽出した。
3. 実験当日、プロジェクトを用いて記事を教室のスクリーンに提示、学生は 20 秒間記事を読む。記事のタイトル、文章、関連する画像の 3 点を配置した。今回は Web のニュース記事等にて一般的に利用されるレイアウトに合わせた。（図 1、図 2）
4. 時間提示後、記事の信憑性について 5 段階評価をおこない、その理由とともに回答を行う。回答は Google Form を利用しオンラインでの回答とした。
5. 上記 3、4 を 16 記事繰り返す。

今回の実験では、記事の提示時間に際して制限を行った。これは、多くの情報や記事に接触する日常を想定したものであり、一つの情報の判断にかかる時間を制限することで、熟考や他のソースへのアクセスがない状態での判断を求めたためである。

4. 結果と考察

4.1 信憑性の度合いについて

本実験では、フェイクニュースを各自が作成し提出するという課題を実験の前に行った。その後、提出された記事から抽出したものを提示し実験を行ったが、回答を行った学生は、提示されている記事がフェイクニュースであると知っているにもかかわらず、実験記事 16 個に対して信憑性の 5 段階（1.フェイクだと思う～5.本当だと思う）の平均評価は 2.7 であり、28.4% の学生が本当だと思うと回答した記事も存在した。



図 1 提示記事

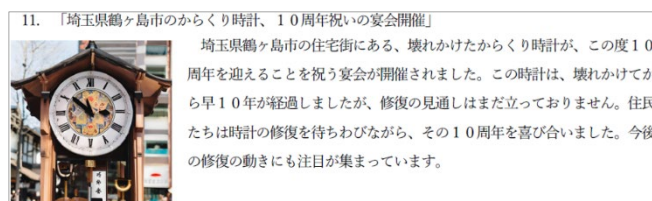


図 2 提示記事

4.2 記述事項の分析

提示された記事に対して、信憑性が高いと判断された記事(図2)の理由として、「聞いたことがある」「写真がリアル」「行事の記事は多いため」「番組で見たことがある」「地域の新聞にありそう」「嘘をつく必要性を感じない」などが挙げられた。信憑性が一番低いと判断された記事(図1)に対する理由としては、「本当ならかなり大問題になっていると思う」「ニュースで見たことがないから」「写真の文字がおかしかった」「理由が馬鹿馬鹿しすぎる」などが挙げられた。

双方に共通して現れた意見としては、「聞いたことが無い」「違和感がなかった」「なんとなく」「似たようなものを聞いたことがある」などであった。これらから、自らの経験や感覚に頼った判断を行っていることが想定される。

また記載されたすべての記事への理由に対して形態素解析を行い、語彙の頻度調査を行った。その結果、「思う」「画像」「感じる」「ニュース」「聞く」「写真」「直感」といった語が上位に抽出された。(表1)

既知の情報をもとに判断ができない場合、「感じる」「違和感」といった、形式知ではない暗黙知のような知識に頼って判断を行なっている。情報に対する信憑性の判断能力を向上させる要因として、どのような経験や知識が有効に働くのか調査を進めていく。

表 1 上位 20 語

抽出語	出現回数
思う	167
AI	94
画像	92
感じる	78
ニュース	75
聞く	69
写真	59
嘘	57
直感	55
内容	50
フェイク	40
本当	40
見る	39
名前	38
文章	37
記事	35
実際	34
違和感	32
知る	29
話	29

5. まとめ

本研究では、フェイクニュースを用いて実験を行い、記載された理由から情報の信憑性に係る判断要因の分析を行った。実験の結果、提示された情報がフェイクであるという前提が存在するにもかかわらず、暗黙知や自らの経験に基づいた判断を行い、誤った判断を下す事があることが示唆された。生成 AI などの技術の進歩によって本物と見紛うような記事が容易に作成でき、誤った情報が氾濫し多くの情報に触れる中において、情報の信憑性を判断する能力は今後一層必要とされる。どのような知識や経験が有効に働くのかを明らかにする必要がある。

今後の課題として、情報を閲覧する際に、画像から文章または文章から画像のように、遷移するメディアの順序が信憑性の判断に及ぼす影響や、文章の注視する箇所の違いが判断に及ぼす影響の調査を行う。

参 考 文 献

- (1) 岩橋 瑠伊, 矢吹 太郎, “SNS においてフェイクニュースを拡散するユーザの特徴抽出,” 第 80 回全国大会講演論文集, pp.113-114 (2018)
- (2) 大島 裕明, 山本 祐輔, 山家 雄介, 高橋 良平, ヤトフト アダム, 中村 聡史, 田中 克己, “Web 情報の信憑性(<特集>情報の信頼性), “ 情報の科学と技術,61 巻, 1 号, pp. 2-7 (2011)

- (3) 一森 湧, 加納 寛子, “フェイクニュースに対する学生の認識,” 情報教育, 2019, 1 巻, pp. 59-61
- (4) 河井 孝仁, 藤代 裕之, “東日本大震災の災害情報における Twitter の利用分析,” 広報研究, 日本広報学会, pp.118-128 (2013)
- (5) 木村 千夏, “大学生にインターネットニュースの発信者を意識させる授業デザインとその評価,” 日本教育工学会論文誌, 44 巻, 2 号, pp. 253-264 (2020)
- (6) 佐藤 真大, 榊原 範久, “Web 情報に対する評価を用いてメディア・リテラシーを育成する学習教材の開発と評価,” 日本教育工学会論文誌, 46 巻, 2 号, pp. 325-337 (2022)
- (7) 佐藤 翔, 楠本 千紘, 服部 亮, 大菅 真季, 浅井 理沙, 河野 真央, 久山 寮納, “日本の大学生は情報源が Wikipedia 日本語版である情報の信憑性を他のオンライン百科事典である情報よりも低く判断する,” 情報知識学会誌, 28 巻, 3 号, pp. 223-252 (2018)
- (8) 総務省, “平成 23 年度版情報通信白書”, 総務省, 2011
- (9) 田中 克己, 山本 祐輔, “2. 情報メディアとその信憑性,” “映像情報メディア学会誌, 66 巻, 11 号, pp. 891-895 (2012)
- (10) 水谷 宏太, 伊藤 暢, 藤原 大樹, 中川 聖加, 梅村 由花里, 香川 野乃華, 田中 瞭, “フェイクニュースに対する意思決定,” 人工知能学会全国大会論文集, JSAI2020 巻, 第 34 回, セッション ID 4H2-GS-4-03, p. 4H2GS403 (2020)
- (11) 山本 祐輔, “ウェブ情報の信憑性と情報アクセスシステム,” 日本セキュリティ・マネジメント学会誌, 32 巻, 3 号, pp. 53-59 (2019)
- (12) 渡辺 洋子, “SNS を情報ツールとして使う若者たち,” 放送研究と調査, 69 巻, 5 号, pp.38-56 (2019)

生成 AI を用いた英語スピーキング学習のための プロンプト選択機能と音声認識機能に関する予備的検討

尾崎 祐真^{*1}, 康 敏^{*1}, 柏木 治美^{*2},

^{*1} 神戸大学大学院国際文化学研究科 ^{*2} 神戸大学大学教育推進機構

A Preliminary Study on Prompt Selection and Speech Recognition for English Speaking Learning Using Generative AI

Yuma OSAKI^{*1}, Min KANG ^{*1}, Harumi KASHIWAGI^{*2},

^{*1} Graduate School of Intercultural Studies, Kobe University

^{*2} Institute for Promotion of Higher Education, Kobe University

本稿では英語スピーキング学習ツールのために生成 AI や音声認識の利用可能性を大学院生 13 人に対して予備的に検討した。生成 AI におけるプロンプト作成については、複数のプロンプトを用意して使えるようにプロンプトの選択機能を検討した。参加者はプロンプトを手軽に編集、保存、再利用することができ、その目的や学習者のレベルに適した学習をするうえで役に立つという意見が多かった。音声認識の機能では、自分のタイミングでの発話や言い直しのために、認識の開始・終了ボタン機能を検討した。その結果、学習者が発音に意識し、発話内容を充実させることに重きを置く場合は有用であることが示唆された。

キーワード: 生成 AI, プロンプト, 音声認識, スピーキング練習, 外国語学習

1. はじめに

生成 AI はその登場以降、驚異的な進化を遂げ、大量のデータから学習し、文脈を理解して適切な応答を生成する高度な自然言語処理能力を持つようになった。この能力により、教育、医療、ビジネスなど多岐にわたる分野での活用が進んでいる。特に教育分野では、学習支援や教育方法の革新に大きな影響を与えている。しかし、生成 AI の導入には、個人情報漏洩、著作権侵害、フェイクニュースの拡散、批判的思考力や創造性、学習意欲の低下など、さまざまな問題が懸念されているため、教育現場で活用する際には、学習者の成長段階に応じて適切な指導が必要である⁽¹⁾。

一方で、教育の質を向上させる新たな方法として、生成 AI の活用は肯定的に捉えられている。例えば、英会話の相手として利用したり、より自然な英語表現への改善や個々の興味関心に応じた単語リストや例文リ

ストの作成に活用することが考えられる⁽¹⁾。また、生成 AI は学生一人ひとりの学習進度や理解度に応じたフィードバックをリアルタイムで提供することを可能にし⁽²⁾、さらに生成 AI は 24 時間利用可能であるため、学生は自分のペースで学習を進めることができ、時間や場所にとらわれずに学習機会を確保することにつながる。これによって、教員不足や個別フィードバックの不足といった問題の解決をサポートすることもできるのではない。

外国語学習においては、文部科学省が実施した令和 5 年度の「英語教育実施状況調査」⁽³⁾によると、学生の英語レベルは年々向上しており、ほぼ全ての学校で ICT 機器が活用されている。しかし、ICT 機器の利用方法には改善の余地があり、「発表や話すことにおけるやり取りをする活動」や「児童生徒による発話や発音などの録音・録画」が主である一方、「遠隔地の児童生徒等と英語で話をして交流する活動」や「児童生徒が遠隔地の英語に堪能な人と個別に会話を行う活動」は

少ない状況である。また、英語の総授業時数のうち、ALT 等が参画する授業時数の割合が 50%を超えている学校は、中学校全体の 24%、高校全体の 10.8%と十分な状況とは言えない。

さらに、国立教育政策研究所が実施した「令和 5 年度 全国学力・学習状況調査の結果」⁽⁴⁾によると、授業外における英語学習の取り組みの項目では、週一回以上 ICT 機器を用いた英語のリスニングやスピーキングの活動をしている割合は、小学校で 29.8%、中学校で 23.6%であった。また、授業外で英語を使用する機会があるかという問いに対し、肯定的な回答をした割合は、小学校で 46.8%、中学校で 30.6%であった。この結果から、英語スピーキング活動や授業外で日常的に英語を使用する場面が少ないことがうかがえる。

また、外国語学習は学習者にとって心理的負担が大きいとされ、特にスピーキングが最も不安感を感じるとされている⁽⁵⁾。CALL システムを外国語学習に活用することで、学習者の心理的不安を減少させるという研究もされており、Bao⁽⁶⁾の取り組みでは、40 人の成人参加者を対象に、AI チャットボットを活用するグループ（実験群）と、しないグループ（統制群）に分け、4 週間後心理的不安度の違いなどを比較した。その結果、実験群は著しく不安が減少した。

このような背景の中、本稿では生成 AI をスピーキング練習に取り入れるために、指示文（プロンプト）選択と音声認識機能について主に検討する。

プロンプトとは、ユーザーから AI に与える生成内容などを記述した指示文で、プロンプトで用いる表現や記述の仕方などによって、生成結果の内容や質は異なってくる⁽⁷⁾。そのため、プロンプト次第では個別最適化した学習が可能になる。例えば、学習者の解答の正誤の判断レベルを調整することができる。また、特定の学習目的に応じて適切な指示を与えることで、学習者個人に合わせた学習を始めることができ、学習効果を最大限に引き出す手助けとなるだろう。

ここでは、複数のプロンプトをあらかじめ用意しておき、選択して使用できる機能を検討する。これにより、様々な目的に応じた練習を手軽に行うことができる。学習者は多様な場面でのスピーキング活動を効率的に行うことができ、英語を話す機会を増やすことが期待される。

音声認識を用いた英語学習システムについては、Ataiefar & Sadighi⁽⁸⁾では、自動音声認識を用いたウェブベースの語学学習は外国語スピーキング不安を減少させる可能性があるとしている。また、鈴木ら⁽⁹⁾は応答タイミングを考慮した英会話練習のためのシステムについて検討している。この研究では、タイムプレッシャー表現を呈示し、適切な応答タイミングを意識させることを検討している。スピーキングにおいてインタラクティブなやりとりを可能にするにはこのような適切な応答タイミングを意識することも重要である。

このように音声認識をスピーキングに用いる試みは進められているが、音声認識を用いる場合には中里ら⁽¹⁰⁾が指摘しているように、音声認識の終了判定を無音期間に基づいて実行する方式では、ユーザーが次の返答を考えている途中で文章がシステムに送信されてしまう課題がある。

上記の課題を含め、学習者の返答を音声認識する際、学習者が自身のタイミングで発話し、やり直しや認識された文章を送信するといった学習者側が明示的に操作可能な方法を検討する必要がある。ここでは、音声認識のタイミングをボタンで制御する機能を考える。

本稿では、予備的調査としてプロンプトや音声認識機能について以下の点を検討する。

1. プロンプト選択機能は有用性があるか？また、学習者にとってプロンプトを作成・編集することはどの程度可能か？
2. ボタンにより音声認識開始・終了を制御する機能は有用性があるか？

2. 予備調査

2.1 参加者

大学院生 13 人が、以下の方法で試作したプロンプト選択と音声認識機能を試し、その後アンケートに回答した。

2.2 各機能の説明

2.2.1 プロンプト選択機能について

複数のプロンプトを用意し、その中から目的に応じて適したプロンプトを選択できるようにするために、図 1 の①に示すように「ファイル選択」のボタンから選択画面を起動し、プロンプトを記述したテキストフ

ファイルを選択できるようにする．ここでは生成 AI として，Gemini を使用した．

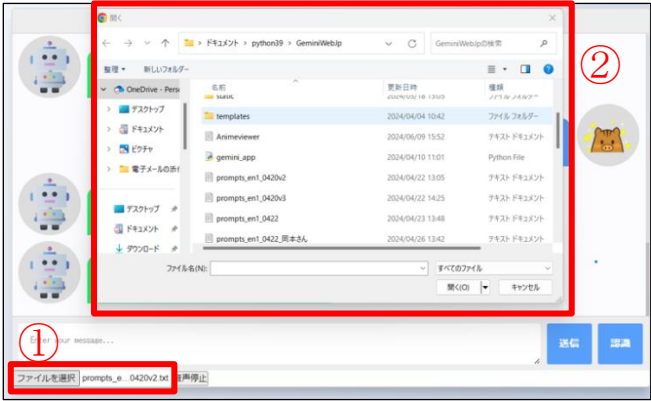


図 1 プロンプト選択機能のサンプル画面

2.2.2 音声認識の流れについて

音声認識のタイミングをボタンで制御する機能を用意し，発話内容が画面に表示されるようにする．これにより，学習者は自身のタイミングで発話し，その内容を確認し，言い直しが可能となる．ここでは，図 2 のようなボタンを用意し，以下の手順で発話・認識を行う．なお，今回は Web Speech API を用いて音声認識を行った．



図 2 音声認識の流れ（サンプル画面）

- ①の「認識」ボタンを押すと認識が開始され，②の「停止」で認識を停止する．
- うまく認識されず，音声認識をやり直したい場合，「停止」の後，再度，「認識」→「停止」の（手順）を行う．
- 認識停止後，③のテキストボックスに認識結果が反映され，「送信」ボタンを押すことでツール側に英文が送られ，ツール側が学習者の解答に対して返答をする．

なお，図 2 の画面左に表示しているキャラクターをマウスでクリックすると，ツール側からの音声を再び聞き直すことができる．

2.3 予備調査の流れ

参加者には以下の流れに沿って，ツールを使用してもらった．1 回目は，こちらで用意したプロンプトを使用してツールを試した．2 回目は，先ほどのプロンプトを参加者の希望する学習になるように編集してもらい，実際に意図通りになったかどうか確認しながら試してもらった．予備調査のプロンプトの題材（図 3）は，英文で書かれた表の内容を読み取り，その内容について AI から参加者に問う Q&A 形式のものを用意した．その問題の解答を上述の認識の流れ（手順）に沿って音声で答えてもらい，参加者の音声による解答を図 2 の流れに沿って認識した．

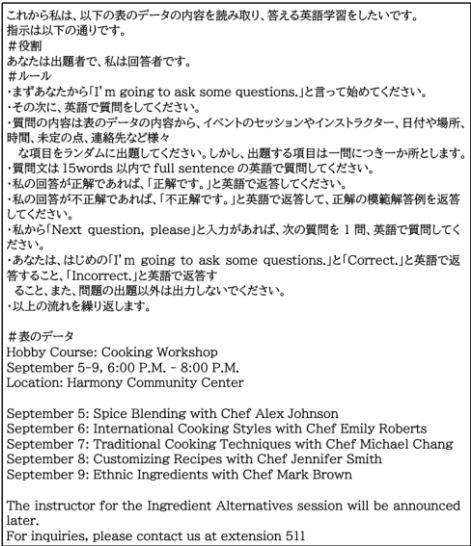


図 3 予備調査で用いたプロンプト

2.4 アンケートについて

参加者にツールを試してもらった後に，アンケートを実施した．アンケートの項目内容を表 1 に示す．

表 1 アンケート項目

プロンプト選択機能について	
1	普段，生成 AI（ChatGPT，Copilot など）を使用しますか？
2	生成 AI を普段どのような目的で使いますか？（複数回答可）
3	プロンプト選択機能はあった方がよいですか？
4	プロンプト選択機能は，どのような時に役に立つと思われますか？
5	プロンプトを修正して，自分の意図したとおりに動かしましたか？
6	プロンプトを作成・編集して，それを使用した場合，どのような点に気が付きましたか？また，どのような点に気を付けましたか？
音声認識について	
7	普段，音声認識の機能を用いることはありますか？またどの言語で用いますか？選択肢以外の言語の場合は，「そ

	の他」に記述してください。(複数回答可)
8	普段音声認識は、どのような目的で使用されますか？(複数回答可)
9	音声認識開始と終了が自動で行われるのではなく、開始と終了時にボタンを用意したことについてどう思いますか？
10	音声を認識し、認識された英文を確認したのちに、生成 AI 側に送信する 2 段階の流れは、わかりやすかったですか？
11	音声認識を試して、どのように思われましたか？
12	自分が意図した発話内容と認識された結果が異なっていた部分について意識しましたか？
13	送信の 2 段階の流れについてよかった点など教えてください。またあれば、課題点はどのような点が挙げられますか？
14	音声認識と生成 AI を取り入れてツールを作成すると、英語の口頭練習の機会として使えそうですか？

3. 結果と考察

プロンプトおよび、音声認識の機能面について、アンケート結果をもとに考察する。

3.1 プロンプトについて

生成 AI を用いるためにプロンプトを作成した経験の有無（アンケート No.1）について、参加者 13 人中 12 人が経験あり、1 人が経験なしと答えていた。生成 AI の使用目的（アンケート No.2）は図 4 に示すように、調べものや文書を作成する際に用いている場合が多く、半数近く（6 人）は外国語学習に活用した経験があった。

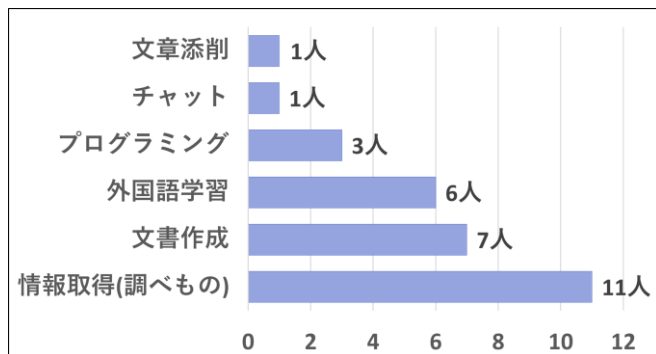


図 4 生成 AI の使用目的（複数回答可）

プロンプトの選択機能について

プロンプトの選択機能はある方がよいについて質問した結果（アンケート No.3）、「そう思う」が 8 人（61.5%）、「ある程度そう思う」が 5 人（38.5%）と参加者全員が肯定的であった。

次に、プロンプト選択機能は、どのようなときに役に立つと思うか尋ねた結果（アンケート No.4）、自由回答の中で「目的に合わせて選択できる」という趣旨

の回答が 3 人からあった。具体的には、「練習のやり方を変えたい時に役に立つ」といった点や、「同じような質問を繰り返す」プロンプトを設定することにより（その形式の）応答に慣れるようにするといった例が挙がっていた。また、様々な場面や異なる難易度の学習内容を提供するプロンプトを複数個用意することが、「学習者のレベルに合わせて学習する」「学習者の実態に合わせて、柔軟に調整できる」ことに役に立つという意見があった。プロンプトを選択できる機能により、参加者は上記のような様々な目的に応じて、プロンプトを手軽に編集、保存、再利用することができていた。

このような結果から、学習の際にプロンプトを選択して AI 側に送信することができる機能については、学習の題材や場面、英文パターンや表現等を柔軟に変更でき、その目的や学習者のレベルに適した学習ができる可能性が示唆された。

プロンプトの修正について

予備調査の参加者には、初めに筆者らが用意したプロンプト（図 3）をもとに、自分が思うような学習内容になるようプロンプトに修正を加えてもらい、自分の思うように AI からの返答を変えられることができたかを 5 段階で回答してもらった。アンケート No.5 の結果（図 5）から「やや意図したとおりににはならなかった」が全体の約 60%（8 人）を占めていた。「ある程度意図したとおりにになった」また、「意図したとおりにになった」という回答は全体の約 30%（4 人）であった。この結果より、プロンプトの作成はやや難しかったと考えられる。

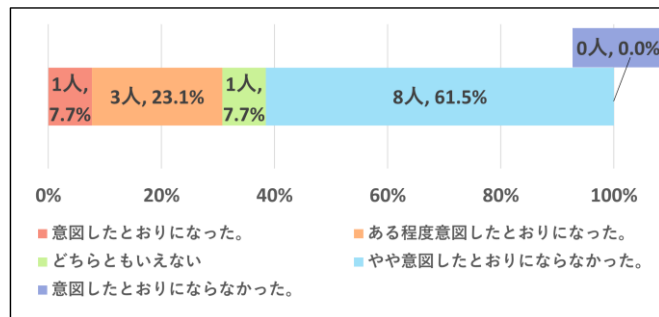


図 5 プロンプト修正に対する参加者の反応

うまく修正できた参加者からはアンケート No.6 の結果より、「より自然な会話の流れになるように編集したら、それがうまく働きました。（中略）気をつけたこ

としては、プロンプトを順番に見てどのような流れで指示を出せば働くか、順に考えて頭の中でシミュレーションしてプロンプトを書きました。」との意見が得られ、別の参加者からは「受け手が背景知識を持っていないと仮定して、必要な情報をすべて含めるように心掛ける」や「その指示がどのように受け取られるかを慎重に吟味し、幼い子に説明するように細かく丁寧に説明する必要がある」とのコメントが得られ、意図したとおりに AI が機能するためには、どのようにプロンプトを書くとういかを工夫する様子がうかがえた。

うまくいかなかった参加者によるプロンプト修正には、一つの質問文の中に複数の項目を問うような問題を作成するように指示したが、一つの項目を問う問題文が複数生成されてしまった例や、参加者が単語の単数形と複数形を誤って用いると、指摘されるようプロンプトを修正したが、その誤りがうまく指摘されなかった例があった。AI の処理内容はブラックボックス化しており、判断の根拠がわからないという問題がある。そのため、プロンプト文で記述する指示の内容や順序、分量などは実際の使用を通して経験を積み、質を上げていく必要がある。

外国語学習を行う上でのプロンプト作成の課題

対話型 AI を用いた外国語学習において、適切なプロンプトを作成することが難しいと感じた参加者が多かった。では、外国語学習に適したプロンプトを作成する上で、どのような課題が考えられるだろうか。アンケート No.6 の結果から AI やプロンプトの作成に言及したコメントを挙げると、肯定的な意見の中では、「自分のやりたいように編集(解答が正解の場合でも、別の言い方を提示してもらおう等)したことで、学ぶことができる表現の幅が広がり、また文法的により適切な言い方も学ぶことができた」「日本語でプロンプトを記述し、動かせることに驚きました。」「自然言語で、ある程度簡潔に指示を出せる点が素晴らしいと感じた。」などの意見が得られた。

また反対に課題点として得られた意見では、「入力したプロンプトによって、正誤の判断や返答の質が影響されている。」「解答の部分だけを言えば、正解になること。(フルセンテンスでなくても答えの要素を含んでいれば正解と判断された。)」プロンプト編集した後に

システムがフリーズしてしまった。」「編集したプロンプトがちゃんと理解できていない。」などがあった。

以上により、対話型 AI を用いての外国語学習では、自然言語で指示を出せるという点が、プログラミングなどの知識を持たない場合にメリットであると考えられる。その一方で、自然言語での指示が意図通りに実行されないという問題点があった。しかし、参加者の中には、プロンプトの編集を繰り返して行く中で、適切なプロンプトの作成方法について気づきを得る参加者もあり、目的や要求をはっきりさせ、前後関係や背景情報をプロンプトに含めて記述することが重要であるといえる。

3.2 音声認識について

音声認識の経験の有無はアンケート No.7 の結果から、1 人を除いて音声認識に触れたことがあるという結果であった。その使用言語を図 6 に示す。語種について、中国語や広東語は留学生が参加者 13 人中 8 人ほどいたため多くなっている。

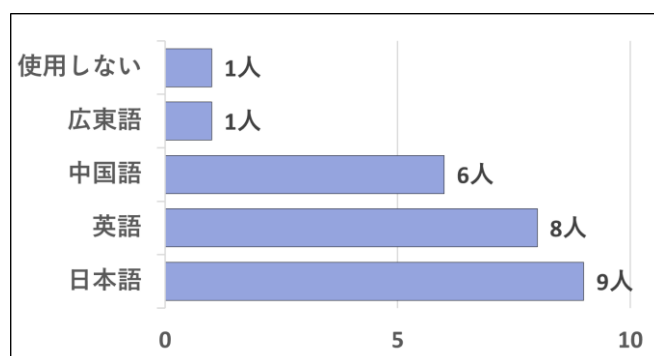


図 6 音声認識 使用言語 (複数回答可)

アンケート No.8 の音声認識の使用目的については、図 7 によると、外国語学習に用いているという参加者が 7 人と半数以上おり、検索する際 (5 人) や文書の作成時 (3 人) に使用している参加者がみられた。

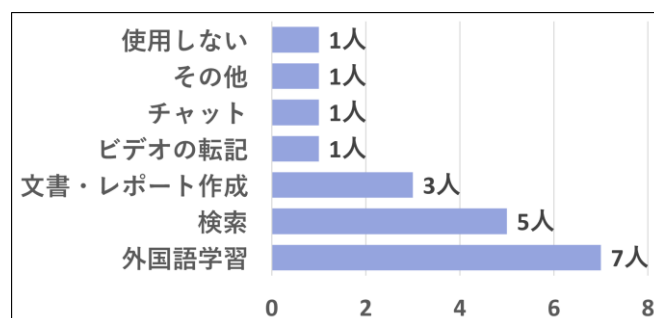


図 7 音声認識 使用目的 (複数回答可)

音声認識開始・終了時のボタンについて

本ツールでは、音声認識開始と終了が自動で行われるのではなく、自分のタイミングで開始と終了を操作できるようにボタンを用意した。その使用感について尋ねたアンケート No.9 の結果を図 8 に示す。「使いやすい」が 7 人 (53.8%), 「使いにくかった」が 4 人 (30.8%), 「どちらともいえない」が 2 人 (15.4%) という結果であった。ボタンがあることに肯定的な意見では、「しっかりと答えを自分で考えた上で音声認識を始めることができる。」「自分で開始と終了を操作することで、自分の言いたいことをはっきりと最後まで言うことができる」「発話前の心の準備ができる点と、自分が言いたいことに詰まった際に、途中で認識を切られる心配がないところが良かった。」という意見が得られた。

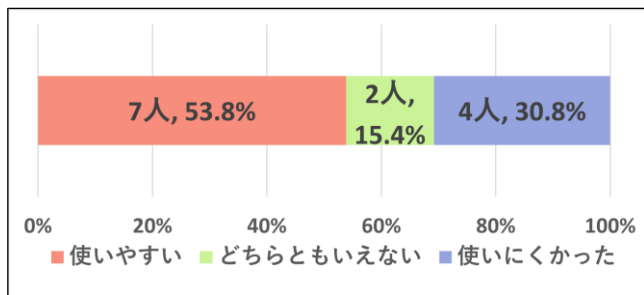


図 8 音声認識開始・終了ボタンの使用感

その一方で、「毎回ボタンを押すのが少し面倒」「自動的に行われると便利」という否定的な意見があった。

認識開始と終了時のボタンがあることで、発話内容をしっかりと考えて答えることができる点や、発話の途中で言葉に詰まってしまっても認識が終了されずに言い切れるといったメリットがあることが分かった。また、心理的な不安も軽減されることが考えられる。これらにより、認識開始と終了時のボタンがあることは、外国語学習の目的に正確性や不安・緊張感の軽減を求める際は適していると考えられる。その一方で、インタラクティブ性に欠けてしまうという課題は考えられる。インタラクティブ性を求める場合は鈴木ら⁹⁾が提唱する時間制限を設ける方法や自動で認識の開始と終了が行われる方法がよいと考えられる。

認識後の流れについて

本ツールでは、認識した結果をテキストボックスに

表示し、参加者はその認識結果を目視で確認したのちに、送信ボタンで AI 側に送信するという流れにしているが、その操作がわかりやすかったか (アンケート No.10) についての質問では、「そう思う」が 7 人 (53.8%), 「ある程度そう思う」が 6 人 (46.2%) であり、参加者全員から肯定的な反応が得られた。

参加者の発話の音声認識結果について

参加者に、音声認識がうまく機能したかを尋ねた質問 (アンケート No.11) の結果では、「自身の音声がよく認識される」と答えたのが 2 人 (15.4%) で、「自身の音声がある程度認識される」と答えたのが 11 人 (84.6%) であった。これらの結果から、今回の調査では、おおむね正しく認識されたということがうかがえる。

次に、今回の実験の参加者に、「意図した発話内容と、実際に認識された結果が異なっていた部分」について 5 段階で尋ねた質問の結果 (アンケート No.12) を図 9 に示す。

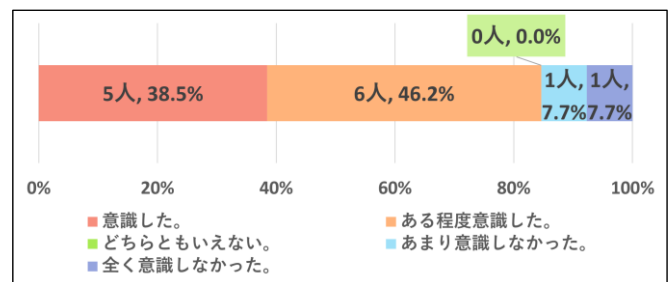


図 9 意図通りに認識されなかった箇所について

図 9 から、「意識した」が 5 人 (38.5%) で「ある程度意識した」が 6 人 (46.2%) であった。11 人 (約 85%) の参加者が、自分の意図通りに認識されなかった箇所について意識していることがうかがえた。予備調査の中でも、参加者が何度か工夫して言い直したり、認識されなかった箇所を特に強制的に言い直す様子が見られた。

アンケート No.13 で得られたコメントで肯定的なものとして、「どこがうまく認識されないのかがわかりやすい」「うまく自分の意図したことが認識されない時に、再度試す際により発音に意識して認識させるようにできたことは、発音向上への意識が高まるので良いと感じました。」という意見があった。

一方で、「会話のキャッチボールに時間がかかってし

まうところが課題であると考え、リアルな会話に近づけたい場合は不向きと思う。」という意見もあった。

以上により、認識結果を確認できるという点は、発話者自身では気づけないような発話のミスや違いに気づくことができるという点や発音への意識を向上させるメリットがあることがうかがえた。反対に、応答時間を長くとることができる点は、学習者の考えを整理するのに役立つ一方で、現実的な会話の場面のような受け答えのペースとはかけ離れてしまうという問題点もある。

生成 AI を取り入れたツールの有用性について

「音声認識と生成 AI を取り入れてツールを作成すると、英語の口頭練習の機会として使えそうですか？」という質問（アンケート No.14）の結果を図 10 に示す。

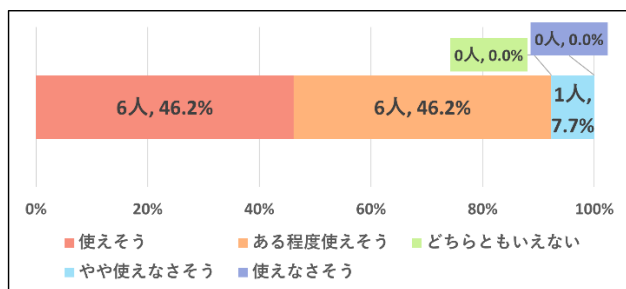


図 10 ツールの有用性

「使えそう」が 6 人 46.2%、「ある程度使えそう」が 6 人 46.2%で、「やや使えなさそう」が 1 人 7.7%で、90%以上の参加者が肯定的な意見であった。

肯定的なコメントとしては、「AI 相手ということで、対人間よりは緊張感なく気軽にできることが一つ。また、自分の目的に合ったプロンプトを作成することもできるので、よりひとりひとりのニーズに合わせた学習の機会が提供できると感じた。」、「プログラミングの知識がなくても、自然言語である程度指示を出して自由に学習ができる点が良い。」などがみられた。

一方で課題点として、「口頭練習で求めるレベルによって不向きなところもあると思う（流暢さを強化したいなど）」、「プロンプトの作成が難しいし、途中からツールの使用を諦める可能性があります。」「学習に慣れてくると、発音などに違和感を感じたり、面白みにかけたりする可能性もある。」といった意見が見られた。

以上より、スピーキングの練習場面において、AI などを用いた学習ツールを使用することは学習者にとっ

て心理的抵抗感を軽減させるメリットがあると考えられる。また、AI を用いることで固定の学習内容ではなく、柔軟に内容を設定することや、学習の形式を変更することができる。これにより、個別に最適化した学習を可能にすることができる。さらに、ツールに AI を取り入れる場合、プログラミングの知識がなくとも自然言語である程度指示を出して自由に学習できる点はメリットである。

一方で、プロンプトの作成はある程度の経験や工夫が必要であるので、意図通りの指示が出せないことがある。また、AI のモデルは日々更新されつつあり、同一のプロンプトでも AI からの返答に振れ幅が生じる可能性があることも注意しなければならない。

4. おわりに

本稿では英語スピーキング学習ツールのために生成 AI や音声認識の利用可能性を参加者 13 人に対して予備的に検討した。その結果、プロンプトを選択・使用する機能については、有用だという意見が多数得られた。ただ、参加者にとって意図した目的に応じたプロンプトの編集は難しい様子うかがえた。したがって生成 AI に精通していない学習者がプロンプト作成に慣れるためには、経験や練習を積むことが必要である。また、目的に応じたプロンプトの候補を提示するような支援があると、学習者の手助けになると考えられる。

音声認識機能について認識の精度は、今回の予備調査では学習に用いても問題ないレベルであった。また、認識ボタンを用意した結果、学習者が発音に意識し、発話内容を充実させることに重きを置く場合は有用であることが示唆された。一方で実際の対面コミュニケーションの場面のような会話のやりとりのスピードに重きを置く場合には適さない可能性がある。

今後の課題として、本研究では対象が大学院生のみであったことや、今回のプロンプトで検討した問題が英文の表に対する Q&A 形式のみで他の問題形式を取り上げていなかった。今後は、中学生や高校生などの学習者を対象にしたものや、自由発話的なスピーキング練習を内容とするプロンプトについても検討することが望まれる。

参 考 文 献

- (1) 文部科学省：“初等中等教育段階における生成 AI の利用に関する暫定的なガイドライン”，https://www.mext.go.jp/content/20230704-mxt_shuukyo02-000003278_003.pdf (2023) (参照 2023.06.04)
- (2) Chang, C. H. and Kidman, G. : “The rise of generative artificial intelligence (AI) language models-challenges and opportunities for geographical and environmental education”, International Research in Geographical and Environmental Education, Vol.32, No.2, pp.85-89 (2023)
- (3) 文部科学省：“令和 5 年度英語教育実施状況調査概要”，https://www.mext.go.jp/content/20240527-mxt_kyoiku01-000035833_1.pdf (2024) (参照 2023.06.04)
- (4) 国立教育政策研究所：“令和 5 年度 全国学力・学習状況調査の結果”，<https://www.nier.go.jp/23chousakekkahoukoku/report/data/23summary.pdf> (2024) (参照 2023.06.04)
- (5) Horwitz, E. K., Horwitz, M. B., and Cope, J. : “Foreign language classroom anxiety”, The Modern Language Journal, Vol.70, No.2, pp.125-132 (1986)
- (6) Bao, M. : “Can home use of speech-enabled artificial intelligence mitigate foreign language anxiety-investigation of a concept”, Arab World English Journal (AWEJ) Special Issue on CALL, Vol.5, pp.28-40 (2019)
- (7) IT 用語辞典 e-Words : “プロンプト【prompt】”，<https://e-words.jp/w/%E3%83%97%E3%83%AD%E3%83%B3%E3%83%97%E3%83%88.html> (参照 2023.06.04)
- (8) Ataiefar, F. and Sadighi, F. : “Lowering foreign language anxiety through technology: A case of Iranian EFL sophomore students”, English Literature and Language Review, Vol.3, No.4, pp.23-34 (2017)
- (9) 鈴木直人, 廣井富, 千葉祐弥, 能勢隆, 伊藤彰則：“応答タイミングを考慮した英会話練習のための音声対話型英語学習システム”, 情報処理学会論文誌, Vol.56, No. 11, pp.2177-2189 (2015)
- (10) 中里浩之, 中村浩章, 飛田博章：“生成 AI と 3D キャラクターを用いた音声対話システムの語学学習への応用”, 日本教育工学会研究報告集, 2023(3), pp.36-40 (2023)

経営学教育におけるグループワーク学習への生成系 AI の導入 ： KPT 法の有効性向上のための試案

植竹 朋文^{*1}, 間嶋 崇^{*1}

^{*1} 専修大学 経営学部

Introducing generative AI into group work learning in business administration education: A proposal for improving the effectiveness of the KPT method

Tomofumi Uetake^{*1}, Takashi Majima^{*1}

^{*1} School of Business Administration, Senshu University

グループワークを伴うアクティブ・ラーニングが教育手法として注目され久しい。このような状況下、我々は経営学分野を対象に、KPT 法を用いてその効果を高めるアクティブ・ラーニング手法を提案し、その有効性を確認してきた。しかし、限られた時間の中では十分なリフレクションを行うことが難しいという問題もあった。そこで本報告では、近年注目されている生成系 AI の会話機能と要約機能に着目し、この問題の解決を試みる。

キーワード: アクティブ・ラーニング, リフレクション, KPT 法, 生成系 AI, グループワーク

1. はじめに

グループワークに代表されるアクティブ・ラーニング (以下, AL と略記) が教育手法として注目され久しい。知の実践性が求められる経営学分野においても AL が狙う学習者の知識理解のための能動性や主体性は重要であり、これまで多くの具体的な方法が提案されてきている (間嶋, 橋田, 植竹, 2015)。

このような状況のもと、我々は身近な素材で手軽にできる題材をもとにグループワークを行い、経営・マーケティング・会計などの科目と関連付けて理解を深める手法の研究をこれまで行ってきた (間嶋, 橋田, 植竹, 2015, 2016; 間嶋, 植竹, 2021)。さらに、学生が学びを深める、すなわち得た知識を効果的に活用できるようになるためには、PDCA サイクルに基づいて実施することと、特にそのうちの「Act」プロセスが重要であるという認識のもと、その「Act」に KPT 法 (取り組んでいる仕事や活動を改善するための振り返り方法のひとつで、「Keep・Problem・Try」の 3 つからな

るフレームワーク (天野, 2013 など)) を用いて強化したグループワーク手法を試案し、その有効性を検証してきた (植竹, 間嶋, 2022)。実施の結果、その有効性は確認されたが、限られた時間の中で KPT 法を効果的に実施することは難しく、その成果にばらつきが出るという課題も明らかになった (植竹, 間嶋, 2022)。

そこで本研究では、近年注目を集めている生成系 AI の会話機能と要約機能に着目し、この問題の解決を試みる。

2. KPT 法を活用した経営学教育のためのグループワーク手法

経営学は、学術的な厳格性もさることながら、実務的適合性、すなわち実践性も問われる学問である (Johnson & Kaplan, 1987=1992 訳) それゆえ、経営学は、理論をただ覚えるだけでなく、それを使って何かが「出来るようになる」ことも重要な学修の目的であると考えられる。それも教室での単位修得において

知識を使えるようになることではなく、身を置く何らかの協働状況においてその知識を活用できるようになることが重要である。したがって、経営学の教育には、学習者の能動性を引き出す学習、とりわけ実践的な学習手法の採用が肝要であると考えられる（新井、坂倉、2013）。我々は、その学習の能動性・実践性を高めるために PDCA サイクルに基づくグループワークを開発した（間嶋、橋田、植竹、2016）。本題に入るにあたり、以下でその詳細についてまず述べておくことにする。次に、PDCA サイクルにおける「Act」プロセスに KPT 法を用いたグループワーク手法について説明する（植竹、間嶋、2022）。その上で、本節の最後には同手法の抱える課題を明らかにする。

2.1 PDCA サイクルに基づくグループワーク手法

我々の開発したグループワーク手法にあつては、課題に対する理解を深めるために、練習と本番の二度の PDCA サイクルに基づいたグループワークを行う。さらに、各グループワークの終了後には、受講生間の社会的学習（他者の観察と模倣による学習）や各自の経験的学習の効果を高めるために、各グループのワーク成果の相互閲覧とグループ内での対話的なワークの振り返りを行う。そして最後に、ここまでのグループワークの経験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。また、授業時間（90 分）内での実施を想定しており、短時間でのグループワークの質を高めるにはグループ内あるいは教室全体の心理的安全の確保が重要であるという認識のもと、最初に必ずアイスブレイクを実施することとした（植竹、間嶋、2022）。

2.2 KPT 法

次に KPT 法について述べる。KPT 法とは、取り組んでいる仕事や活動を改善するための振り返り方法のひとつで、以下に示す「Keep・Problem・Try」の3つからなるフレームワークである（天野、2013 など）。

- K : keep = 良かったこと（今後も続けること）
- P : problem = 悪かったこと（今後はやめること）
- T : try = 次に挑戦すること

KPT 法は、自身の活動の課題や改善策の解像度を鮮

明にする取り組みであり、PDCA の「Act」の効果を高めるに適した手法である（KPT を活用ないし応用した PBL 手法として松原、花原（2015）や岩見、伊藤、大場（2018）も参照のこと）。

2.3 KPT 法を用いて「Act」プロセスを強化したグループワーク手法

ここでは、前述した PDCA サイクルにおける「Act」プロセスに KPT 法を用いて強化したグループワーク手法（植竹、間嶋、2022）について説明する。

実施したグループワークの実施ステップと、各ステップの詳細を図 1、表 1 に示す。

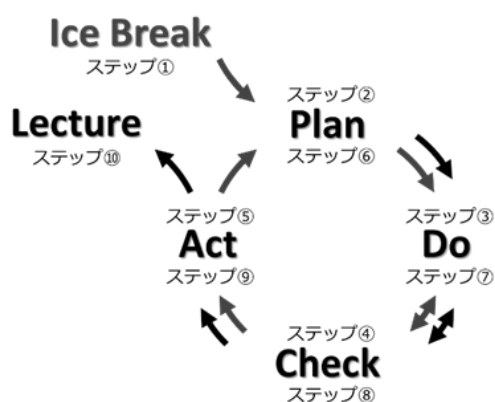


図 1 グループワークの実施ステップ
（植竹、間嶋、2022）

表 1 グループワークの実施ステップの詳細
（植竹、間嶋、2022）

ステップ	内容
ステップ①	アイスブレイク①②
ステップ②	課題説明とプランニング
ステップ③	グループワーク（練習）の実施
ステップ④	相互閲覧
ステップ⑤	KPT 法を用いた振り返り
ステップ⑥	課題説明とプランニング
ステップ⑦	グループワーク（本番）の実施
ステップ⑧	相互閲覧および評価
ステップ⑨	振り返り
ステップ⑩	レクチャー（経営学的意味づけ）

1 回目のワークを行った後に、以下に示すような方法で、各チームで自分たちのワーク実践に対して KPT 法を用いた振り返りを実施する。

- KPT 法を用いた振り返りの進め方
 1. Keep の書出し（個人ワーク）
 2. Keep の内容の共有（グループワーク）
 3. Problem の書出し（個人ワーク）
 4. Problem の内容の共有（グループワーク）
 5. Try の書出し（個人ワーク）
 6. Try の内容の共有（グループワーク）
 7. アクションプランの策定（グループワーク）

2.4 KPT 法の実施結果から見てきた問題点

以上の方法を実際にグループワークとして実施した。（専修大学の大学生 2～4 年生、1 チーム 4、5 名、12 チーム）。

KPT 法を用いた振り返りの様子を図 2、実施結果を表 2、その内容の一部を図 3 に示す。

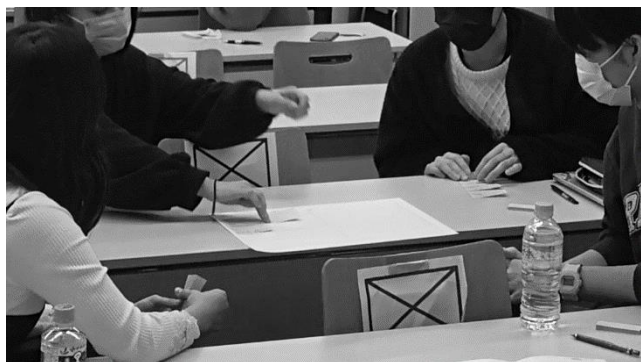


図 2 KPT 法を用いた振り返りの様子

表 2 KPT 法の実施結果

	表出数	不適切率
Keep	16.8	8%
Problem	17.1	17%
Try	5.5	33%

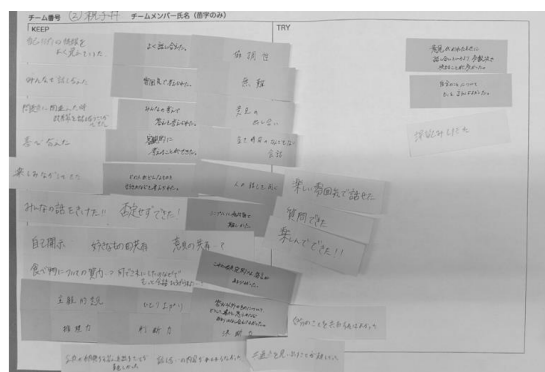
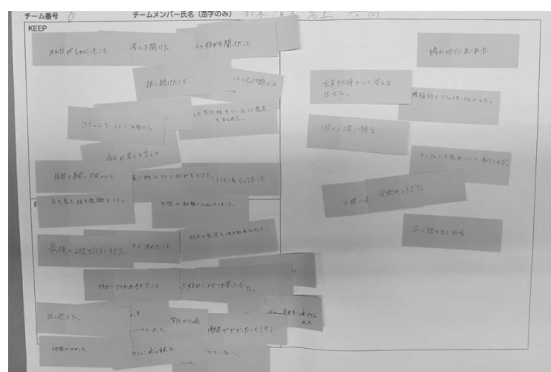


図 3 KPT 法の実施結果の一部

表 2 から、「Keep」や「Problem」については、一定数のコメントが表出されるが、なかなか「Try」につなげていないことが明らかになった。また、その内容について見てみると、「Keep」については 8%、「Problem」については 17%、「Try」については 33% ほど妥当でないものが含まれていることも明らかになった。

さらに実施結果を分析した結果、以下のような問題点が明らかになった。

- 学生たちは KPT 法に慣れていないため、課題や改善策などを頭の中に思い付いたとしても、それが正しい物かどうか判断できないため、不安があるものについては表出しない傾向にある。
- また、人によってはチームの否定にも繋がるネガティブな意見を表出しない、あるいは恥ずかしさから意見を表出しない傾向がある
- さらに、「Keep」と「Problem」については、わりと時間がかかることなく表出・共有されるが、「Try」については、何をどのように書けばよいかわからないため、なかなか表出、共有されない傾向にある

つまり、学生の KPT 法の活用をさらに促すためには、①意見表出支援、②Try（改善策）表出支援を行う必要があるのである。この問題は、教員のファシリテーションによっても解決可能だが、ワークへの参加人数によっては、きめ細やかなファシリテーションが難しい。そこで、我々が試案するのがこれら支援に対する生成系 AI の導入である。

3. KPT 法を活用した経営学教育のためのグループワーク手法への生成系 AI の導入

上述の通り、ここでは、KPT 法のファシリテーションの重要な点のうち、以下の 2 つに注目し、ChatGPT を用いて KPT 法のファシリテーションをさせることを試みた。

- 参加者の意見の表出を支援する
 - 内容に不安があるコメントについて、表出する前にその妥当性を判定させることにより、その表出を促す
- 入力された「Keep」と「Problem」に基づいた、「Try」表出を支援する

3.1 参加者の意見の表出を支援する

ここでは、生成系 AI として ChatGPT（ここでは、ChatGPT3.5、<https://chatgpt.com/>）を使用し、KPT 法を利用した振り返りのファシリテーションを生成系 AI に担当させることとした（図 4 参照）。

- You**
KPTを利用した振り返りのファシリテーターをお願いします。
- ChatGPT**
KPTは、Keep, Problem, Tryの頭文字を取った振り返りの手法ですね。これは、過去の取り組みやプロジェクトを振り返り、それぞれの項目に関連する点を整理するのに役立ちます。では、KPTのファシリテーターをするための手順を見てみましょう。
1. 準備段階:
 - 参加者に事前にKPTの手法や目的を説明します。
 - 適切な場所やツールを用意し、参加者が自由にアイデアを共有できる環境を整えます。
 2. Keep (継続すること):
 - 参加者に、直近のプロジェクトや取り組みで成功した点や良かった点を挙げてもらいます。
 - それぞれのポイントについて、なぜ良かったのか、どのように他のプロジェクトに活かせるのかをディスカッションします。
 3. Problem (問題点):
 - 参加者に、直近のプロジェクトや取り組みで起きた問題や困難な点を挙げてもらいます。
 - 問題を明確にし、その原因や背景を理解するために質問を促します。
 4. Try (改善点や試すべきこと):
 - 参加者に、問題や課題に対して改善策や試してみるべきことを提案してもらいます。
 - 提案されたアイデアについて、実現可能性や効果をディスカッションし、具体的な行動計画を立てます。
 5. まとめ:
 - 参加者と共有された情報をまとめ、今後の行動計画や次のステップを確認します。
 - 重要なポイントや取り組むべき課題を再確認し、責任者や期限を明確にします。
 6. フォローアップ:
 - 振り返りで得たアイデアや改善策を実行に移すためのフォローアッププロセスを確立します。
 - 実行結果を定期的にチェックし、必要に応じて調整や改善を行います。

これらの手順に従って、KPTのファシリテーションを行うことで、効果的な振り返りや改善プロセスを促進することができます。

図 4 ChatGPT による KPT 法のファシリテーション

その後、学生が思いついた意見の妥当性を確認するために、ChatGPT を活用する（図 5 参照）。

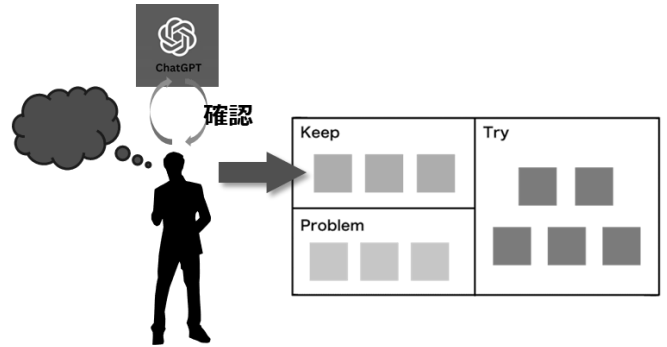


図 5 ChatGPT によるコメントの判定

ここでは、ChatGPT に入力された意見が、各項目の内容に沿ったものか判定するように指示した（図 6, 7 参照）。こうすることで、学生は思いついた意見を全員に共有する前に、ChatGPT に事前に問い合わせることで適切なコメントかどうか確認でき、自信をもって意見の表出が容易になると考えられ、結果として各項目の意見の創出・表出・共有が促されると考えられる。

- You**
今からKeepを入力するので、その内容が適切かどうか判断してください。
- ChatGPT**
もちろんです。Keepの内容を入力していただければ、適切かどうかを確認しますので、どうぞお書きください。
- You**
よく話し合えた
- ChatGPT**
「よく話し合えた」というのは、良い成果ですね。チームやグループのコミュニケーションが円滑であり、意見交換や情報共有が効果的に行われたことを示しています。これは、Keepの項目としてふさわしいポイントです。次のステップとして、この良い点を維持するための具体的なアクションやプロセスを考えることができます。

図 6 ChatGPT によるコメントの判定
(適切なケース)

- You**
シンプルに初対面で難しかった
- ChatGPT**
「初対面で難しかった」というのは、新しい環境や新しい人々とのコミュニケーションが最初は挑戦だったことを指していますね。これは、新しいチームメンバーや新しいプロジェクトに参加する際に一般的な経験です。この挑戦を克服し、コミュニケーションや協力関係を築いていくことは、成長につながる重要なプロセスです。この点も、Problemの項目として振り返ることができます。

図 7 ChatGPT によるコメントの判定
(不適切なケース)

3.2 入力された「Keep」と「Problem」に基づいた、「Try」表出を支援する

ここでは、具体的に「Keep」と「Problem」の内容を集約し、要約して学生に提示することで、その結果

を共有しやすくするとともに、これらの内容を踏まえ、「Try」について考えるための質問を作成することを指示した（図 8 参照）。

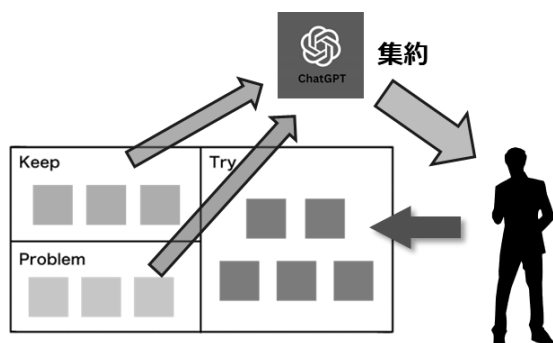


図 8 ChatGTP によるコメントの促し支援

こうすることで、学生は、出された「Keep」と「Problem」のコメントに即した「Try」がどのようなものなのかを理解することができ、その導出が容易になると考えられる。

実際に「Keep」と「Problem」のコメントをもとに ChatGTP が導出した質問例と、追加で求めた質問例を図 9 に示す。

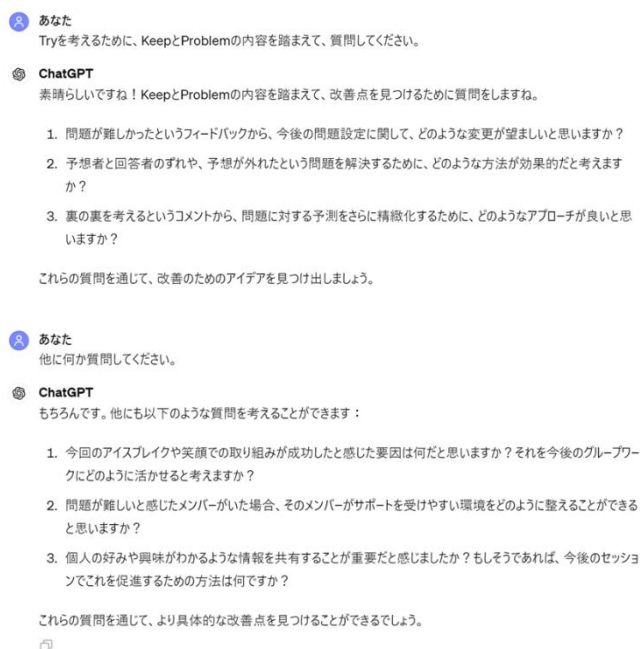


図 9 ChatGTP によるコメントの促す質問例

4. 効果検証

ここでは、提案した手法の有効性を確認するために、KPT 法による振り返りの実施経験のある大学生 3～4

年生 42 人を対象に、実演し、アンケート調査を行った。

提案した 2 つの手法に関するアンケート調査の結果（5 段階評価）を図 10、11 に示す。

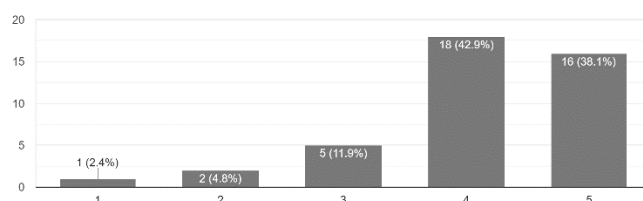


図 10 ChatGTP を活用したコメントの判定評価手法の評価

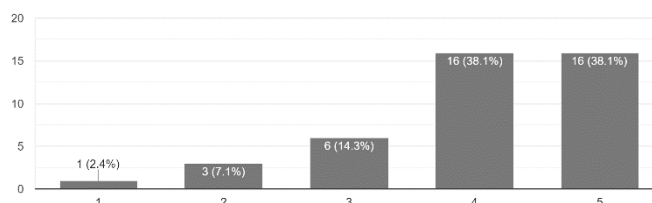


図 11 ChatGTP を活用したファシリテーション手法の評価

これらの結果から、その利用にあたっては賛否両論があるものの、その有効性は概ね認められるということが明らかになった。

5. まとめ

以上のように本稿では、経営学教育において得た知識を効果的に活用できるようにするために、PDCA サイクルの「Act」プロセスを強化すべく、KPT 法の円滑な活用に向けた生成系 AI の導入を検討した。そして、実際のデータを用いてその効果を検証した結果、以下の点が期待されることが明らかになった。

- ChatGTP を用いて KPT 法のファシリテーションをさせることで、表出しているのかの判断を容易になり、自己開示が促される。AI に対する心理的安全性が、転じてチーム内での心理的安全性を構築する足掛かりになっていくと言い換えてもいいかも知れない。また、それらをまとめて要約して提示してくれることで、現状の理解が進み、グループワークに必要な情報共有が促進される。

- 「Try」を十分に導出できない場合でも、「Keep」と「Problem」の内容を踏まえ、「Try」について考えるための質問を ChatGPT が作成・提示するので、円滑に「Try」を導出することが容易となる。また、導出した「Try」の内容についてもコメントしてくれるので、その質の向上も見込める。

しかし実際のグループワークに生成系 AI を導入し、効果的に運用していくためには、使用準備や使用ルールの設定など、実施方法の工夫が必要であると考えられる。また、生成系 AI による意見の要約やファシリテートによって予期しない結果が得られる可能性（ハルシネーションなど）も高いため、さらなる検討も必要であろう。これらについては、今後の課題とすることにした。

謝辞

本研究は、令和 6 年度 情報科学研究所 共同研究助成「経営学領域におけるアクティブ・ラーニング手法及び実施方法の拡張」（間嶋 崇・植竹 朋文）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) 天野 勝 (2013), 『これだけ！KPT』, すばる舎.
- (2) 新井和広, 坂倉杏介 (2013), 『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.
- (3) 岩見 健汰, 伊藤 恵, 大場 みち子 (2018), 「KPT 日報を活用した PBL 振り返りの実践」, 『第 43 回教育システム情報学会全国大会』 pp.347-348.
- (4) 植竹 朋文, 間嶋 崇 (2022), 「KPT 法を活用した経営学教育のためのグループワーク手法の試案：PDCA サイクルにおける「Act」プロセスに注目したアプローチ」, 専修大学経営学論集, 専修大学経営学会, 第 114 号, pp. 1-15
- (5) 松原 裕之, 花原 雪州 (2015) 「KWS 振り返りのなぜなぜ分析による問題解決力を育成する取り組み」, 『工学教育』 63 (5), pp.46-52.
- (6) 間嶋 崇, 橋田 洋一郎, 植竹 朋文 (2015), 「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.

- (7) 間嶋 崇, 橋田 洋一郎, 植竹 朋文 (2016), 「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.
- (8) 間嶋 崇, 植竹 朋文 (2021), 「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.
- (9) 島 吉伸 (2013), 「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.
- (10) 田名部 元成 (2017) 「横浜国立大学におけるビジネスゲームプラットフォームの発展」, 『横浜経営研究』 38(2), pp.49-59.
- (11) 潮 清孝 (2014), 「『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.
- (12) Johnson, H.T. and R. S. Kaplan (1987), *Relevance Lost-The Rise and Fall of Management Accounting*, Harvard Business School Press. (鳥居宏史訳 (1992) 『レレバンス・ロスト：管理会計の盛衰』 白桃書房)

SDGs とゲーミフィケーションを連携した ESD 促進手法の提案

江波戸陸斗^{*1}, 後藤由翔^{*1}, 河野義広^{*1}

^{*1} 東京情報大学

Proposed Method for Promoting ESD by Integrating SDGs and Gamification

Rikuto Ebato^{*1}, Yoshiha Goto^{*1}, Yoshihiro Kawano^{*1}

^{*1} Tokyo University of Information Sciences

SDGs 達成には人類一人ひとりの行動変容が不可欠である。本研究では、SDGs に対するモチベーションや意識向上を目的とし、持続可能な開発のための教育（ESD）に基づくデジタルゲームを制作した。具体的には、SDGs 目標の「海の豊かさを守ろう」をテーマに、ゲーミフィケーション要素の「即時フィードバック設計」「成長可視化」を導入したゲームを制作し、他者視点の動機づけ「プロソーシャルモチベーション」を用いて評価した。

キーワード: SDGs, ゲーミフィケーション, ESD, プロソーシャルモチベーション

1. はじめに

国連が提唱する「持続可能な開発目標（以下、SDGs）」は、17 のゴールと 169 のターゲットで構成されており、政府だけでなく社会のあらゆる主体が役割を果たすことが期待されている⁽¹⁾。SDGs の達成度・進捗状況は、「持続可能な開発報告書（以下、SDR⁽²⁾）」により毎年評価され、各国のランキングスコアが公表されている。2023 年の日本のランキングスコアは 79.41 で、166 カ国中 21 位と好成績ではあるが、上位の国と比べると改善の余地がある。現時点で「4. 質の高い教育をみんなに」「9. 産業と技術革新の基盤をつくろう」「16. 平和と公正をすべての人に」の 3 点はほぼ達成したとされているものの、「5. ジェンダー平等を実現しよう」「12. つくる責任 使う責任」「13. 気候変動に具体的な対策を」「14. 海の豊かさを守ろう」「15. 陸の豊かさも守ろう」「16. パートナリシップで目標を達成しよう」の 6 点は深刻な課題があるとされている。

SDGs を達成するための学習・教育活動として、として、「持続可能な開発のための教育（以下、ESD）」が注目されている⁽³⁾。ESD は、現代社会における問題を自らの問題として主体的に捉え、身近な問題解決の

ため行動し、価値観や行動の変容をもたらす学習・教育行動である。ESD の構成要素は、「多様性」「相互性」「有限性」「公平性」「連携性」「責任性」の 6 つの視点に加え、「批判的に考える力」「未来像を予想して計画を立てる力」「多面的・総合的に考える力」「コミュニケーションを行う力」「他者と協力する力」「つながりを尊重する力」「進んで参加する力」の 7 つの能力・態度である。第 72 回国連総会では、「ESD は全ての持続可能な開発目標の実現の鍵である」と再確認された⁽⁴⁾。第 74 回国連総会で承認された「ESD for 2030」は、ESD の強化と SDGs のゴール実現への貢献を通じて、公正で持続可能な世界を目指す実施枠組み⁽¹⁾である。ESD は、SDGs の達成に不可欠な活動である。

2. 関連研究

2.1 プロソーシャルモチベーション

藪内らは、SDGs 教材がプロソーシャルモチベーション（他者視点の動機づけ）の向上に有効であると示した⁽⁵⁾。プロソーシャルモチベーションとは、他者や社会に貢献することで動機づけられた態度や意欲であり、創造性の向上や知識の共有などの利点がある。プロソーシャルモチベーションの向上には、「他者視点」

「受益者との接触」「協調性」の3要素が挙げられおり、ESDとの関連性について以下で考察する。

他者視点とは、自分と相手の違いを正しく認識したうえで、「相手の立場になって考える」能力である⁽⁶⁾。林らによる研究では、「事前のコミュニケーション経験」「口頭対話によるコミュニケーション」が他者視点の理解を促進する示唆された⁽⁷⁾。本研究では、他者との関係構築に影響する能力と判断した。

受益者との接触とは、従業員の担当する職務が受益者にポジティブな影響を与えるサービスの提供を実感し、受益者への貢献を実感できる接触のことである⁽⁸⁾。本研究では、自身の活動を通して他者の期待に応えようとする能力であると判断した。

協調性とは、他者と協力しながら物事を進めることであり、「柔軟な対応力」「積極的なコミュニケーション」「チームを優先した行動力」の3点はビジネスにおいても必要である⁽⁹⁾。本研究では、他者と協力し目標達成に必要な能力と判断した。

以上を踏まえ、プロソーシャルモチベーションとESDの構成要素の対応関係を表1に示す。他者視点はESDの3つの視点と5つの能力・態度に、受益者との接触は3の視点と5つの能力・態度に、協調性は4つの視点と3つの能力・態度にそれぞれ対応する。プロソーシャルモチベーションの3要素は、ESDを構成する6つの視点と7つの能力・態度のすべてに対応する。

表1 プロソーシャルモチベーションとESDの対応

		プロソーシャルモチベーション		
		他者視点	受益者との接触	協調性
6つの視点	多様性	○		
	相互性	○	○	○
	有限性			○
	公平性			○
	連携性	○	○	○
	責任制		○	
7つの能力・態度	批判的に考える力	○		
	未来像を予想して計画を立てる力		○	
	多面的・総合的に考える力	○	○	
	コミュニケーションを行う力	○	○	○
	他者と協力する力	○	○	○
	つながりを尊重する力	○	○	
	進んで参加する力			○

2.2 ゲームフィケーション

岸本⁽¹⁰⁾はゲームフィケーションを「ゲームの要素やメカニズムを非ゲームの領域に応用し、対象者の行動や態度にポジティブな変化を促す手法」と定義しており、心理的高揚感を利用したモチベーション向上法で

あること、デジタルゲームに慣れ親しんだ若年層を中心に親和性が高いことを指摘した。そこで本研究では、ゲーミフィケーション要素を導入し、SDGs達成に関わる現代社会の身近な問題を題材にしたデジタルゲームを開発する。ゲーミフィケーション要素を示す。

1. 能動的な参加

対象者が自分の意志で活動に参加し自分に合った難易度やモードに取り組めること。自分のペースで学習や冒険を楽しめるようになる。

2. 達成可能な目標設定

対象者が活動において挑戦しやすく、達成し甲斐のある目標を設定し、それに向かって努力することである。自分の能力や努力に見合った報酬や評価を得られると期待し、挑戦意欲や達成感を高めることができる。

3. 称賛演出

対象者が活動において何らかの成果を上げたときに、それを効果的に称えることである。自分の成功が認められたと感じ、やる気や自信を高めることができる。

4. 即時フィードバック設計

対象者が活動において何らかの操作や選択したときに、それに対する反応や成果をすぐに伝えることである。自分の行動が活動に影響していることを実感し、快感や安心感を得ることができる。

5. 成長可視化

対象者が活動において努力や成果に応じて自分の能力やステータスが向上することを明確に示すことである。自分の進捗や達成感を実感し、モチベーションや自己効力感を高めることができる。

6. 独自性歓迎

対象者が活動において自分の個性や能力を表現することである。自分の個性や能力を認識し、満足感や自尊感を高め創造性を生み出すことができる。

3. 提案手法

3.1 目的

本研究では、SDGsに対するモチベーションや意識向上を目的とし、ESDに基づくデジタルゲームを制作する。具体的には、SDGs目標の「海の豊かさを守ろう」をテーマに、ゲーミフィケーション要素の「即時フィードバック設計」「成長可視化」を導入したゲーム

を制作し、ESD の教育効果やプロソーシャルモチベーションの向上、SDGs の関心意欲に関する調査を行う。これにより、プロソーシャルモチベーションが ESD の教育効果に対する有効性を評価する。

3.2 手法

本研究で開発するデジタルゲームでは、SDGs のゴールおよびターゲットから図 1 に示すウェディングケーキモデル⁽¹¹⁾に着目して題材を抽出する。これはヨハン・ロックストームらが考案した SDGs の 17 のゴールを「経済圏」「社会圏」「生物圏」の 3 層で構成したモデルである。経済は社会に、社会は生物により成り立つことが示されている。これらを考慮して、SDGs のゴールを達成するには、基本となる「生物圏」を重要視して抽出する必要がある。



図 1 ウェディングケーキモデル

生物圏に分類されている SDGs のゴールは以下の 4 点である⁽¹³⁾。「6. 安全な水とトイレを世界中に」は、すべての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保することである。「13. 気候変動に具体的な対策を」は、気候変動およびその影響を軽減するための緊急対策を講じることである。「14. 海の豊かさを守ろう」は、持続可能な開発のために海洋・海洋資源を保全し、持続可能な形で利用することである。「15. 陸の豊かさを守ろう」は、陸域生態系の保護、回復、持続可能な利用の推進、持続可能な森林の経営、砂漠化への対処、ならびに土地の劣化の阻止・回復、生物多様性の損失阻止である。上記のうち 3 点は、日本の SDGs に対する取り組みにおける深刻な課題である。

本研究では、「14.海の豊かさを守ろう」のターゲットである「14.1:2025 年までに、海洋堆積物や富栄養化を含む、特に陸上活動による汚染など、あらゆる種類の海洋汚染を防止し、大幅に削減する」を題材にデジタルゲームを制作する。

4. デジタルゲームの設計

本研究では、「海洋ゴミをなくす」をコンセプトとし、プロソーシャルモチベーションの 3 要素、ESD の 6 つの視点と 7 つの能力・態度に対し、ゲーミフィケーション要素を導入したデジタルゲームを「Scratch⁽¹⁴⁾」を用いて開発する。ゲームデザインを以下に示す。

＜プロソーシャルモチベーション＞

1. 他者視点：2 名のプレイヤーが互いに相手の立場で考えて、操作担当箇所を相談する。
2. 受益者との接触：獲得したメダルに応じて魚が感謝を示す。
3. 協働性：互いに協力してクリアを目指す。

＜ゲーミフィケーション＞

1. 能動的な参加：複数のデジタルゲームの中から、プレイヤー自身がゲームを選択できる。
2. 達成可能な目標設定：ごみの量や落ちる速度はスコアに応じて段階的に変化する、メダルを設けて獲得スコアに応じて銅、銀、金へと色が変わ化する（図 4）。
3. 称賛演出：メダルのグレードに応じて魚の感謝の仕方に変化する（図 4）。
4. 即時フィードバック設計：タップやクリックでゴミを回収するとスコアに反映される（図 3）
5. 成長可視化：スコアを獲得することで、メダルのグレードが変化する（図 4）
6. 独自性の歓迎：ライフが尽きるまでプレイすることでコツをつかむ、他者と協力して自分の役割を考える（図 3）



図 2 ゲーム中の画面



図 3 ゲーム終了時の画面

被験者に対し、ゲームプレイ前後に ESD とプロソーシアルモチベーションの各要素、および SDGs のターゲット達成に自分自身が貢献可能な事柄への理解度に関するアンケート調査を実施する。

5. まとめ

本研究では、SDGs に対するモチベーションや意識向上を目的とし、ESD に基づくデジタルゲームを制作した。具体的には、SDGs 目標の「海の豊かさを守ろう」をテーマに、ゲーミフィケーション要素の「即時フィードバック設計」「成長可視化」を導入したゲームを制作した。本研究で開発したゲームは、1 つの SDGs ターゲットのみを題材としているが、今後は複数のターゲットを題材したゲームへの発展を検討する。SDGs の各ターゲットには関連性があり、例えば「6. 安全な水とトイレを世界中に」のターゲットの 1 つである未処理の排水の減少は、「14. 海の豊かさを守ろう」のターゲットである海洋汚染の防止に繋がる。このように、あるターゲットの達成が他のターゲット達成に貢献することを理解できるゲームデザインを検討する。

参 考 文 献

- (1) 外務省：“SDGs とは？”，
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html>, 参照日 2023/12/16
- (2) Sustainable Development Report 2023,
<https://dashboards.sdgindex.org/rankings>,
参照日 2024/01/22
- (3) 文部科学省，“持続可能な開発のための教育：SDGs 実現に向けて（ESD for 2030）”について～第 74 回国連総会における決議採択～”，

https://www.mext.go.jp/unesco/001/2019/1421939_00

[001.htm](https://www.mext.go.jp/unesco/001/2019/1421939_001.htm), 参照日 2024/01/19

- (4) 文部科学省：“持続可能な開発のための教育（ESD：Education for Sustainable Development）”，
<https://www.mext.go.jp/unesco/004/1339970.htm>,
参照日 2023/12/16
- (5) 藪内一葉，平本督太郎：“SDGs ゲーミフィケーション教材を用いたプロソーシアルモチベーション向上の手法に関する研究”，Beyond SDGs Innovation Research，3 巻，3 号，（2022）
- (6) こころラボ：“心理学の「他者視点取得」って何？“思いやり”を育む方法とは”，
<https://cocololabo.com/blog1/psychology-tashashiten/>,
参照日 2024/01/16
- (7) 林勇吾，三輪和久：“コミュニケーション齟齬における他者視点の理解”，Cognitive Studies，18 巻，4 号，（2011）
- (8) 高石光一：“従業員の学習目標志向性が革新的行動に及ぼす影響過程：調整変数としての心理的安全性及び媒介変数としての受益者接触との関連メカニズムについて”，商学集志，90 巻，1 号，（2020）
- (9) ハタラクティブ：“協調性の意味をわかりやすく解説！ある人の特徴や自己 PR の例文も紹介”，
<https://hataractive.jp/useful/2367/>, 参照日 2024/01/16
- (10) 岸本好弘：“ゲーミフィケーション 6 要素と対応する心理学用語”，日本デジタルゲーム学会，夏季研究発表大会予稿集，（2023）
- (11) ユニセフ日本委員会：“SDGs ってなんだろう？”，
<https://www.unicef.or.jp/kodomo/sdgs/about/>,
参照日 2024/01/30
- (12) 渋谷区 SDGs 協会：“SDGs とは”，
<https://sdgs-shibuvaku.com/sdgs/>, 参照日 2024/01/29
- (13) 外務省：“JAPAN SDGs Action Platform”，
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/statistics/index.html>, 参照日 2024/01/31
- (14) Scratch ではじめよう！プログラミング入門，
<https://scratch.mit.edu/studios/1168062>,
参照日 2024/06/18

骨格推定を用いたプレゼンテーション中の 動作推定モデルの比較

森野凌太郎^{*1}, 広瀬啓雄^{*1}, 尾崎剛^{*1}

^{*1} 公立諏訪東京理科大学大学院, 工学・マネジメント研究科

Comparison of Motion Estimation Models during Presentation Using Pose Estimation

Ryotaro Morino^{*1}, Hiroo Hirose^{*1}, Takeshi Ozaki^{*1}

^{*1} Graduate School of Engineering and Management, Suwa University of Science

The purpose of this study is to identify the optimal machine learning algorithm and hyperparameters for estimating actions during a presentation. Four different machine learning algorithms have been used to verify the generalization performance and operational accuracy of motion estimation during a presentation. A dataset has been created from videos during the presentation, and models are built to estimate the three motions. As a result, generalization performance has been better than 93% for the three machine learning algorithms, but operational accuracy has been less than 67%.

キーワード: プレゼンテーション、機械学習、動作推定、スキル改善支援

1. はじめに

1.1 研究の背景

自分の意見や提案を正確に相手に伝えるプレゼンテーション能力は、現代社会における基礎スキルとして重要視されている。年代問わずプレゼンテーションを行う機会が増えており、書店には方法論を教える書籍が多くあり、社会のプレゼンテーションに対する関心は非常に高いといえる。近年の学校教育では、プレゼンテーション能力やスキルの向上が求められており、2020年度から年次実施されている文部科学省の新学習指導要領では、子供たちの主体的かつ対話的で深い学びが推進されており、プレゼンテーションを含めたコミュニケーション能力の育成に力を入れている。

プレゼンテーション能力としては、発表に至るまでの準備段階における発表戦略の練り方および資料のまとめ方と、発表中における話術及び身体的所作が主なものとして挙げられる。栗原らは、発表戦略および資

料のまとめ方については発表者が準備段階に繰り返し推敲して質を高めるのが容易なのに対して、話術および身体的所作については実際にリハーサルとして発表を行うことでしか現状分析を行うことができないと主張した⁽¹⁾。実際にリハーサルの発表を行うことは、プレゼンテーションスキルを向上させるうえで非常に有効な手段といえる。しかし、発表者自身が評価者、または聴衆の視点を持ちつつ発表を行いたい、話術及び身体的所作に関しては助言者の存在なしに改善を行うことは難しく、助言者の存在は欠かせない。しかしながら、助言者を募ってリハーサルを行うことは、助言者のスキルによって指摘事項が変化することや、日程調整の問題が残る。そのため、助言者を必要としないプレゼンテーションスキル改善支援システムが必要である。

本研究では、発表者の身体的所作に着目し分析を行う。プレゼンテーションの良し悪しに影響を与える身体的所作として、聴衆とのアイコンタクトの度合い、

つまり聴衆をどれだけ見ているか、という指標が挙げられている^②。

プレゼンテーション中の動作を分析し、フィードバックを行うシステムとして、栗原らは「プレゼン先生」を開発した^①。プレゼン先生では、マイクとカメラを利用して、発表者の発話速度、声の抑揚、聴衆とのアイコンタクトの度合いなどの指標をリアルタイムに発表者にフィードバックするオンラインフィードバックを行った。さらに、発表後には蓄えられた指標データを用いて事後にフィードバックするオフラインフィードバックを行った。アイコンタクトの度合いの測定に AR ツールキットを用いたマーカ方式と SVM を用いた画像処理方式の二つの手法を提案している。また、「プレゼン先生」はプレゼンテーションツール「ことだま」^③の拡張機能として実装されているため、Microsoft PowerPoint や Google Slides などの広く用いられているプレゼンテーションツールに対応していないことから、利便性の観点で課題が残った。

園田らは、OpenPose^④を用いて検出した身体特徴点のデータをもとに動画内の発表者の聴衆に対する顔の向きについて、三段階で評価し、フィードバックを行った^⑤。また、不必要な手の動作についても判別し、顔の近くに手がある状態が継続したら不必要な動作とみなし、検出回数についてフィードバックを行った。顔の向きの判別方法について、右目または左目の特徴点の信頼度を用いているが、精度向上のために別の判別方法の検討が必要とした。

1.2 研究目的

プレゼンテーションスキル改善支援システムの構築を目標として、プレゼンテーション中の様子をスマートフォンで撮影した動画から発表者の動作推定を行う。本研究では、プレゼンテーション中の動作を推定するために、最適な機械学習アルゴリズムおよびハイパーパラメータを明らかにすることを目的とする。機械学習アルゴリズムとして、Random Forest(RF)、K 近傍法(KNN)、Support Vector Classification(SVC)、および Deep Neural Network(DNN)を用いて動作推定モデルを構築し、「聴衆を見ている動作」、「スクリーンを

見ている動作」、「手元を見ている動作」の 3 動作について推定する。

2. データセットの作成

機械学習に必要となるデータセットの作成を行う。元となる動画は、著者所属の研究室内で行ったプレゼンテーションと、公立諏訪東京理科大学工学部情報応用工学科 1 年次開講科目「物理学実験 A」内で行ったプレゼンテーションを、発表者に本研究の目的、使用用途を伝え、使用許諾を得たものを使用した。

2.1 動画の撮影条件

カメラの高さに関しては、地面から 110~120cm の位置になるよう固定している。カメラの正面にスクリーンが位置するようにし、スクリーン全体、発表者の上半身が必ず映るように動画の撮影を行う。スクリーンとカメラの距離は 2~5 メートルとする。カメラは iPhone 12 Pro を用いて 1080p、30fps の設定で撮影を行う。

2.2 画像の切り出し

撮影した動画を任意のフレームごと画像化する。画像に対して YOLO V8^⑥を用いて発表者の周りのみを切り取り、画像の縦横比はそのままに 1000*1000 ピクセルにリサイズする。

YOLO V8 は 2023 年 1 月に公開された YOLO アルゴリズム^⑦の最新版である。物体検出だけでなく、セグメンテーションタスク、画像分類タスク、ポーズ推定タスクなど様々な利用方法がある。本研究では、人間の位置検出に用いるほか、骨格推定のための目の位置、耳の位置、関節などの特徴点を得るために導入する。

2.3 ラベル付け

リサイズした画像のラベル付けとして、画像を 1.2 節で述べた 3 動作に分類する。この時ラベル付けする画像には、ブレのあるものや、3 動作に分類することが難しいものは可能な限り入れないようにする。各動作 250 枚ずつ画像データを用意し、データセットとす

る。図 1、2、3 はそれぞれ「聴衆を見ている動作」の画像データ例、「スクリーンを見ている動作」の画像データ例、「手元を見ている動作」の画像データ例である。

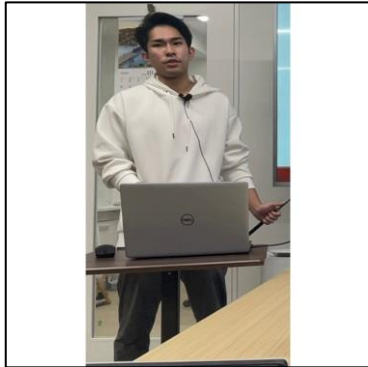


図 1 : 「聴衆を見ている動作」の画像データ例



図 2 : 「スクリーンを見ている動作」の画像データ例

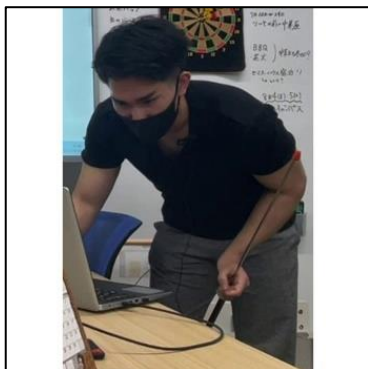


図 3 : 「手元を見ている動作」の画像データ例

3. 動作推定モデル

3.1 動作推定モデルの性能比較の概要

まず 2 章で述べたようにデータセットを作成し、そのデータセットに対して YOLO V8 の学習済みポーズタスクモデル yolo8x-pose を使用し、発表者の特徴点を抽出する。抽出した特徴点データを特徴量とし、4 種の機械学習アルゴリズムを用いて動作推定モデルを構築する。構築した各モデルの汎化性能および運用精度から、性能を比較する。

3.2 特徴点の抽出

画像データから検出した全身の特徴点を抽出する。YOLO V8 のポーズタスクモデルは、骨格推定によって鼻、左肘、右膝など全身で合計 17 個の特徴点を得ることができる。図 4 は検出できる特徴点を示している。これらの特徴点を動作推定モデルの構築に使用する。

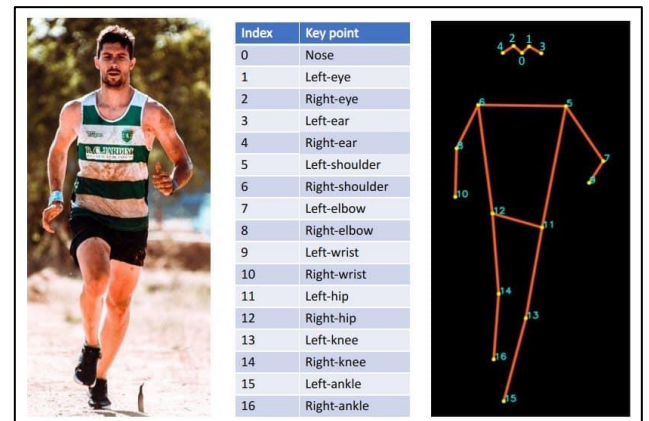


図 4 : 検出可能な特徴点(8)

3.3 動作推定モデルの構築

検出した 17 個の特徴点の座標を x,y 座標に分けた 34 個の特徴量に分類用ラベルを追加した計 35 個の特徴量とする。それらの特徴量に 4 種類の機械学習アルゴリズムを用いて、動作推定モデルを構築する。

4. 検証実験

4.1 データの拡張

データセットの各動作 250 枚ずつの画像データに対し、反転処理を行う。データセットに反転させた画像データを加えた各動作 500 枚の画像データに対して training-test-split メソッドを用いて無作為に学習デ

ータ 400 枚、テストデータ 100 枚に分け動作推定モデルの学習、動作推定精度の検証を行う。

4.2 モデルの汎化性能の検証

各モデルの特定のハイパーパラメータを変化させたときの動作推定精度から汎化性能について検証する。

4.2.1 Random Forest モデル結果

決定木の数に関するパラメータ `n_estimators` を変化させ、動作推定精度の検証を行う。図 5 は、決定木数を 1 から 300 まで変化させたときの動作推定精度の変化を示したものである。`n_estimators` が 1 から 10 までの間、動作推定精度は増加傾向にあり、それ以降は 94% 近辺の値となっている。最も高い動作推定精度は 95% で、その時の `n_estimators` の値は 39 である。

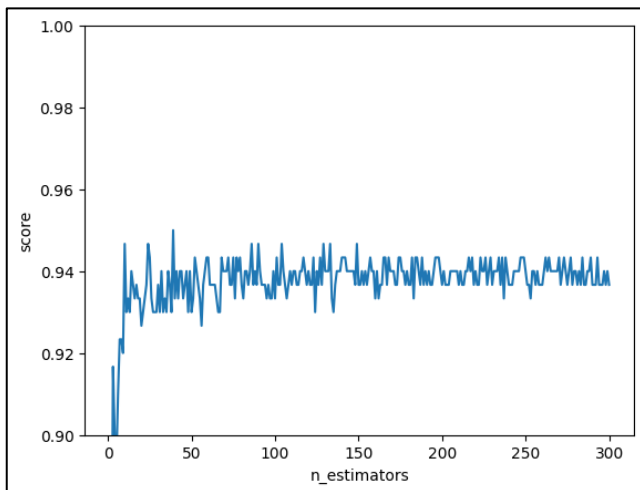


図 5：決定木数に対する RF モデルの動作推定精度

4.2.2 KNN モデル結果

使用する近傍オブジェクト数に関するパラメータ `n_neighbors` を変化させ、動作推定精度の検証を行う。図 6 は近傍オブジェクト数を 1 から 80 まで変化させたときの動作推定精度の変化を示したものである。全体的に `n_neighbors` の値が大きくなるほど、動作推定精度が減少傾向にある。最も高い動作推定精度は 88% で、`n_neighbors` の値は 1 である。2 番目に高い動作推定精度は 87.7% で、`n_neighbors` の値は 2 であり、3 番目に高い動作推定精度が 85.7% で、`n_neighbors` の値は 6、8 である。

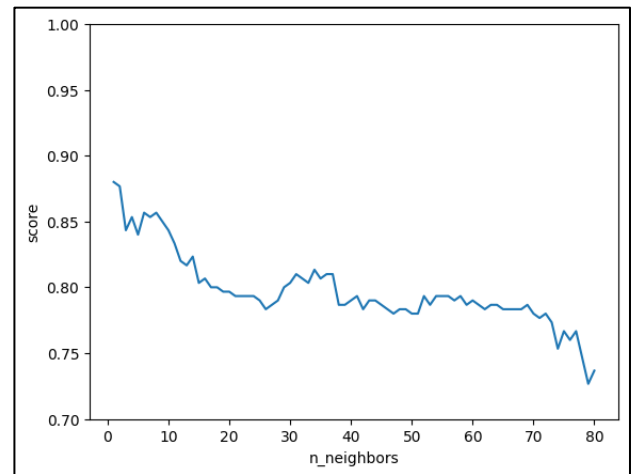


図 6：近傍オブジェクト数に対する KNN モデルの動作推定精度

4.2.3 SVC モデル結果

正則化に関するパラメータ `C` を変化させ、動作推定精度の検証を行う。図 7 は正則化パラメータを 1 から 1000 まで変化させたときの動作推定精度の変化を示したものである。`C` が 1 から 130 の間、動作推定精度は増加傾向にあり、それ以降は 94% 近辺の値となっている。最も高い動作推定精度は 95.3% で、`C` の値は 130、344 である。

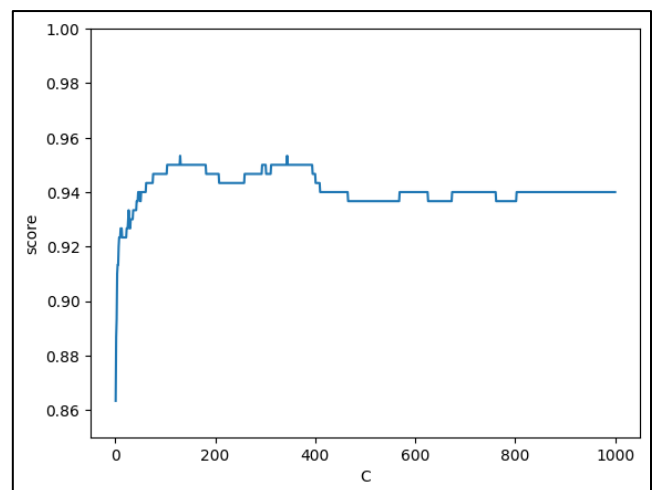


図 7：正則化パラメータに対する SVC モデルの動作推定精度

4.2.4 DNN モデル結果

各層のノード数に関するハイパーパラメータ `units` を変化させる。3 層のモデルとし、オプティマイザを Adam、エポック数を 30、バッチサイズを 8 とする。

2 層目のノード数を 32 に固定し、1 層目と 3 層目のノード数を変化させ、動作推定精度の検証を行う。表 1 は各ノード数と動作推定精度を示している。最も高い動作推定精度は 93% で、1 層目のノード数が 64、3 層目のノード数が 32 の場合である。

表 1：ノード数に対する
DNN モデルの動作推定精度

		3 層目ノード数			
		8	16	24	32
1 層目	32	0.906	0.92	0.916	0.92
ノード数	64	0.913	0.923	0.92	0.93
	128	0.92	0.877	0.913	0.917

4.2.5 各モデルの最高動作推定精度

表 2 は各モデルの動作推定精度の最高値をまとめたものである。KNN 以外は 90% を超える動作推定精度のモデルを構築することができ、ある程度の汎化性能が示された。

表 2：各モデルの最高動作推定精度

RF	KNN	SVC	DNN
0.95	0.88	0.953	0.93

4.3 モデルの運用精度の検証

新たにプレゼンテーション中の様子を撮影した 30fps の動画 3 本を 30 フレームごと画像データに加工し、それらの画像データに対する各動作推定精度から、各モデルの運用精度について検証する。各動画を動画 1、2、3 とし、「聴衆を見ている動作」の推定精度、「スクリーンを見ている動作」の推定精度、「手元を見ている動作」の推定精度、全体の動作推定精度の 4 項目から運用精度を検証する。検証する各モデルは、5.1 節で精度の最も高い場合のハイパーパラメータに設定したモデルとしている。ただし、KNN モデルに関しては、動作推定精度が高いハイパーパラメータを上位 4 番目まで検証を行う。n_neighbors の値が 1、2、6、8 の 4 つのモデルで検証を行う。それぞれ KNN1、

KNN2、KNN6、KNN8 とする。また、動作推定精度が最も高い場合のハイパーパラメータが 2 つある SVC のモデルは C の値が 130 のモデルと 344 のモデルの 2 つで検証を行う。それぞれ SVC130、SVC344 とする。

4.3.1 結果

モデルの運用精度の検証結果として、各モデルの各動画に対する各動作推定精度を示す。表 3、4、5 は動画 1、2、3 に対する動作推定精度を示したものである。全体的に動作推定精度が低く、動画 1 に対する最も高い精度は 76.7% で、使用モデルは SVC344、動画 2 に対する最も高い精度は 80% で、使用モデルは RF、動画 3 に対する最も高い精度は 60% で、使用モデルは SVC130 である。

表 3：動画 1 に対する動作推定精度

	聴衆	スクリーン	手元	全体
RF	0.727	0.8	0.5	0.733
KNN1	0.545	0.467	0.25	0.467
KNN2	0.545	0.533	0.5	0.533
KNN6	0.455	0.8	0.5	0.633
KNN8	0.455	0.8	0.5	0.633
SVC130	1.0	0.667	0.25	0.733
SVC344	1.0	0.733	0.25	0.767
DNN	0.727	0.8	0.5	0.733

表 4：動画 2 に対する動作推定精度

	聴衆	スクリーン	手元	全体
RF	0.778	0.667	0.833	0.8
KNN1	0.333	0	0.667	0.5
KNN2	0.222	0.667	0.889	0.667
KNN6	0.444	0.667	0.889	0.733
KNN8	0.333	0.667	0.944	0.733
SVC130	1.0	0.667	0.222	0.5
SVC344	1.0	0.667	0.167	0.467
DNN	0.778	0.667	0.556	0.633

表 5：動画 3 に対する動作推定精度

	聴衆	スクリーン	手元	全体
RF	0.6	0.333	0.455	0.466
KNN1	0.5	0.444	0.182	0.367
KNN2	0.5	0.444	0.182	0.367
KNN6	0.4	0.667	0.364	0.466
KNN8	0.5	0.667	0.091	0.4
SVC130	0.9	0.444	0.455	0.6
SVC344	0.7	0.444	0.545	0.567
DNN	0.6	0.222	0.455	0.433

表 6 は動画 1 各モデルの平均動作推定精度をまとめたものである。今回検証したモデルでは、RF の運用精度が最も高い結果となった。

表 6：各モデルの平均精度

モデル	精度	モデル	精度
RF	0.666	KNN8	0.589
KNN1	0.445	SVC130	0.611
KNN2	0.522	SVC344	0.6
KNN6	0.611	DNN	0.6

5. 考察

汎化性能の検証では、ある程度高い動作推定精度が得られ、RF、SVC を使用したモデルに関しては 95% を超える動作推定精度であった。誤推定した画像データを確認すると、「手元を見ている動作」を「聴衆を見ている動作」と誤推定することが多いことが分かった。特に、屈まずに「手元を見ている動作」をしている場合や、首の傾きが小さい「手元を見ている動作」の場合に誤推定が多くみられた。これらは、今回作成したデータセットにこれらの動作に類似した画像データが少ないことが原因だと考えられ、データ不足であることが示唆される。

本研究で使用した画像データは人が一目で 3 動作に分類できるようなものが大半を占めている。図 8 は人による動作推定が容易な画像データ例、図 9 は人による動作推定が難しい画像データ例である。図 8 は屈ん



図 8：人による動作推定が容易な画像データ例

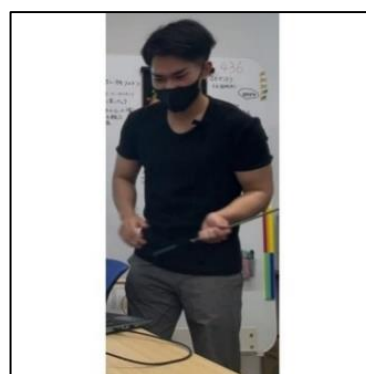


図 9：人による動作推定が難しい画像データ例

で手元を見ているため、特徴点の y 座標の間隔が狭くなるが、図 9 は顔のみを傾けて手元を見ているため、特徴点の y 座標の間隔が広いため、動作による特徴が表出しにくいと考えられる。

運用精度の検証では、全体的に動作推定精度が低く、正確に分類できているといえるモデルは無かった。このような結果になった原因としては、上記と同様に推定が難しい画像データであったことも一因であると考えられる。

各動画の動作推定精度の平均が最も高い RF モデルの混合行列が表 7 である。「聴衆を見ている動作」を「スクリーンを見ている動作」と誤推定することが多いことが分かる。RF モデルの重みを確認すると、顔周りの特徴量の影響が大きいことが分かった。「スクリーンを見ている動作」と誤推定した画像データを確認すると、体を左右に動かしながら聴衆を見ている、スクリーンを指示棒で指示しながら聴衆を見ているな

どの動作であった。このような動作の画像データはデータセット内のデータ数が少ないため、誤推定したと考えられる。

表 7 : RF モデルの混同行列

		動作推定結果		
		聴衆	スクリーン	手元
ラベル	聴衆	17	16	7
	スクリーン	3	20	4
	手元	8	5	10

したがって、データセットとして用いた各動作 250 枚の画像データでは十分とは言えないため、より多くの画像データで機械学習を行うことが必要である。

6. まとめと今後の課題

本研究では、プレゼンテーション中の動作を推定するために、最適な機械学習アルゴリズムおよびハイパーパラメータを明らかにすることを目的とし、4 種類の機械学習アルゴリズムを用いて、プレゼンテーション中の動作推定の汎化性能と運用精度の検証を行った。

プレゼンテーション中の動画からデータセットを作成した。このデータセットを用いて、3 動作を推定するモデルを構築した。

動作推定精度が最も高くなるハイパーパラメータを明らかにし、これらを用いて構築した動作推定モデルの汎化性能、運用精度の検証を行った。汎化性能は、3 種の機械学習アルゴリズムで 93%以上の動作推定精度を得ることができたが、運用精度はすべて 67%以下という結果になった。

このような結果になった理由として、データセットの内に人による動作推定が難しい画像データが不足していたこと、「聴衆を見ている動作」の幅が広く定義づけることが難しいことなどが考えられる。

今後の課題としては、データセット内の画像データ数を増加させることや、動作推定に適した機械学習アルゴリズムを検証する必要がある。本研究では 17 個の特徴点全てを用いて学習を行ったが、どの特徴点が動作推定に対し有効であるかを調べる必要がある。ま

た、視線推定から動作を推定する方法が有効であるかについても検証が必要である。今後、動作推定の結果をフィードバックすることにより、プレゼンテーションスキルの向上が可能かどうか検証する。

参 考 文 献

(1) 栗原一貴、後藤真孝、緒方淳、松坂要佐、五十嵐健夫 : “プレゼン先生:音声情報処理と画像情報処理を用いたプレゼンテーションのトレーニングシステム”、WISS 第 14 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ、pp.59-64 (2006)

(2) 八幡紙芦史 “パーフェクト・プレゼンテーション”、アクセス・ビジネス・コンサルティング、東京 (2016)

(3) 栗原一貴、五十嵐健夫、伊藤乾 :”編集と発表を電子ペンで統一に行うプレゼンテーションツールとその教育現場への応用”、 コンピュータウェア Vol.23、No.4、pp.14-25 (2006)

(4) Z.Cao, G.Hidalgo Matinez, T.Simon, S.Wei and Y.A.Sheikh :” OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (2019)

(5) 園田遙也、永井孝幸 :”プレゼンテーション発表者の身体動作分析に基づく練習映像振り返りツールの作成”、情報処理学会研究報告、Vol.2020-CLE-30、No.5、pp.1-8 (2020)

(6) Ultralytics : “Ultralytics YOLOv8 Docs” <https://docs.ultralytics.com/ja> (2024 年 6 月 20 日閲覧)

(7) Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi :”You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection”, arXiv:1506.02640v5, <https://arxiv.org/abs/1506.02640> (2024 年 6 月 20 日閲覧)

(8) Ali Mustofa :”YoloV8 Pose Estimation and Pose Keypoint Classification using Neural Net PyTorch” <https://alimustooftaa.medium.com/yolov8-pose-estimation-and-pose-keypoint-classification-using-neural-net-pytorch-98469b924525> (2024 年 6 月 20 日閲覧)

授業設計支援のための生成 AI の疑似学習者の活用

笠井俊信^{*1}, 大崎理乃^{*2}, 林雄介^{*3}, 益川弘如^{*4}

^{*1} 岡山大学, ^{*2} 信州大学, ^{*3} 広島大学, ^{*4} 青山学院大学

Using Generative AI as a Simulated-Learner to Support Instructional Design

Toshinobu KASAI^{*1}, Ayano OHSAKI^{*2}, Yusuke HAYASHI^{*3}, Hiroyuki MASUKAWA^{*4}

^{*1}Okayama University, ^{*2}Shinshu University,

^{*3}Hiroshima University, ^{*4}Aoyama Gakuin University

初等中等教育の教員は、主体的・対話的で深い学びを達成させる授業を設計することが求められている。学習者主体の授業は、実践前にどのような学習が行われるかの予測を、十分な経験のない教師が1人で行うのは難しい。そこで本研究では、生成 AI を疑似学習者として捉え、設計授業での学習者の対話展開例を生成させることで授業設計を支援する枠組みを提案する。生成 AI の特性を踏まえ、我々のこれまでの取り組みを基盤とすることで可能となる生成 AI の活用方法と期待できる効果について述べる。そして、具体的な教材を例に実際に生成 AI によって生成された対話展開例を分析し、教材改善にどのように活かせるかについて考察する。

キーワード: 授業設計支援, 生成 AI, 疑似学習者, 深い学び, 授業分析, 教師教育, 授業研究

1. はじめに

現行の学習指導要領⁽¹⁾では、初等中等教育において「どのように学ぶか」も重視され、教師は主体的・対話的で深い学びの観点から授業を設計することが求められている。このような学習者主体の授業において、実際に授業を実践する前にどのような学習が行われるかを予測することは、特に経験が十分ではない教師にとっては難しい。そのため、学校現場では複数の教師で授業を設計・検討する、授業研究のように複数の教師による学び合いの機会を設けるなど、複数の教師の視点で設計授業によって実際にどのような学習が行われるかを予測し、より良い授業への改善を行ってきた。しかし、そういった機会は限られており、多くの授業では教師が1人でどのような学習が行われるかを予測しながら授業設計をしているのが現状である。

そこで本研究では、注目されている生成 AI を疑似学習者として捉え、設計授業によって学習者同士が行うであろう対話展開例を生成させることで、授業設計

者に設計授業についての確認と改善を支援する手法を提案する。生成 AI は、様々な分野で活用され始めており、教育・学習の文脈でも有効な活用方法が模索されている^(2,3)。これらの取り組みで課題となっているのは、生成 AI がしばしば間違った回答を生成することである。しかし、本研究では疑似学習者としての活用であり、間違った回答の生成は学習者がしそうな間違いの予測に活かすことが可能であり、本研究では利点となる。また、生成 AI から目的に適応した応答を得るためには、プロンプトとして授業の内容を適切に構造化し、明確な観点からの適切な表現で要求することが重要である。授業ごとにこれらのことを考慮したプロンプトを生成することは、多くの手間と時間がかかり教師を支援する方法として適切ではない。この課題について、我々のこれまでの取り組みを基盤とすることで解決できると考えている。我々は、主体的・対話的で深い学びにつながる学習過程の学びの構成原理を目標の階層構造としてモデル化し、このモデルに基づいて学習者の思考を評価する観点を学習内容に依存しない抽象度

で抽出し、評価した結果を可視化する枠組みの開発と実践を行ってきた⁽⁴⁾。このモデルに基づくことで、授業の内容に関わらず統一の形式でプロンプトを作成でき、観点を明確にした要求を行うことが可能になる。

本稿では、2 章で生成 AI の特性について考察し、本研究のこれまでの取り組みを基盤とした活用方法の方針について述べる。3 章で、生成 AI を組み込んだ授業設計支援について、その概要と期待できる効果について述べ、4 章で実際の授業教材を活用して生成 AI に生成させた対話展開例の特徴を分析し、授業設計支援の観点で考察する。

2. 生成 AI の特性と本研究における活用法

2.1 生成 AI の特性と疑似学習者としての活用

生成 AI は、ユーザの要求に応じて新しいコンテンツを生成することができる人工知能技術であり、生成可能なコンテンツの形式は多岐にわたっている。本研究では、ChatGPT に代表されるテキストを生成する対話型の生成 AI を対象とする。対話型の生成 AI の特性は以下の通りである。

- (a) ユーザの要求に対し、自然な言語表現でそれまでの対話の流れを踏まえた回答を生成できる
- (b) しばしば間違った情報が回答に含まれる

生成 AI を何らかのエキスパートとして活用する場合、(b)の特性が重大な課題となる。我々は、これらの特性を踏まえ、生成 AI を効果的に活用するためには、ユーザの 1 人がエキスパートであり、生成 AI による応答に間違いが含まれている際に修正できる、という条件を満たすことが重要だと考えた。

本研究では、疑似学習者として生成 AI を活用するユーザは授業を設計した教師であり、上記の条件を満たしている。生成 AI が疑似学習者として間違った情報を含んだ回答をしたとしても、その間違いに気づき、間違いを指摘することは、教師にとって必要な能力であり、授業実践前にその能力を高めることができる、という効果も期待できる。

一方、(b)の特性の課題を含めてより期待通りの応答を生成 AI に生成させるための複数の技術が研究されており、その 1 つとして RAG (Retrieval Augmented Generation)⁽⁵⁾が注目されている。RAG の仕組みを図

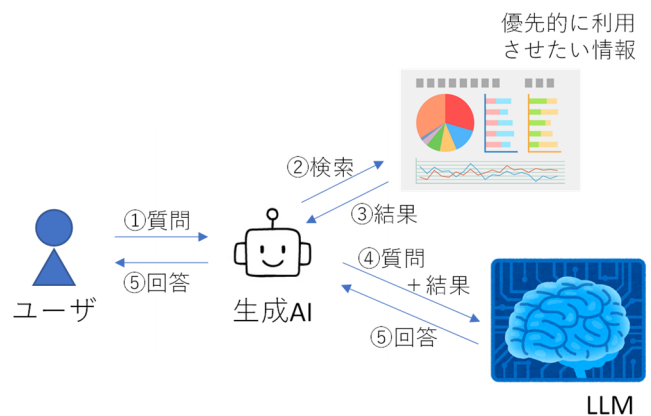


図 1 RAG の仕組み

1 に示す。RAG は、生成 AI が生成する回答の質を向上させるために、まず新しい情報やより信用できる情報など優先的に利用させたい情報を検索し、その結果を含めたプロンプトを生成し、LLM (Large Language Models)に問い合わせを行う、という技術である。我々は、この図 1 の構造が授業における学習者の状況と類似していることに着目し、この構造を適用することで、生成 AI により疑似学習者らしい応答が期待できると考えた。つまり、図 1 の生成 AI を学習者とし、ユーザを教師や他の学習者など学習者が授業中に対話する相手とすると、学習者が生成する発話文は、授業で活用する教科書や教材の内容を優先的に利用し、学習者のこれまでの経験全てから学んできたことに基づいていると考えることができる。よって本研究では、図 1 の構造を踏まえたプロンプトを作成し、生成 AI を疑似学習者として活用する。

2.2 本研究のこれまでの取り組み

深い学びについて、文部科学省⁽¹⁾は「習得・活用・探究という学びの過程の中で、各教科等の特質に応じた「見方・考え方」を働かせながら、知識を相互に関連付けてより深く理解したり、情報を精査して考えを形成したり、問題を見出して解決策を考えたり、思いや考えを元に創造したりすることに向かう学び」と説明している。我々は、これらの記述を踏まえ、主体的・対話的で深い学びにつながる学びの構成原理を、対象非依存のレベルで目標の階層構造としてモデル化してきた⁽⁴⁾。このモデルを基盤として、我々は主体的・対話的で深い学びを目指す授業で、教育内容に依存せず共通して活用できる 13 個の評価観点を設定した。そし

て、この観点に基づいて学習者らの発話を分析した結果を可視化するためのネットワーク図（以下、三角図と表記する）を開発した。実際に本研究の枠組みで 3 人の学習者による発話を分析し、発話分析可視化ツールによって可視化された例を図 2 に示す。

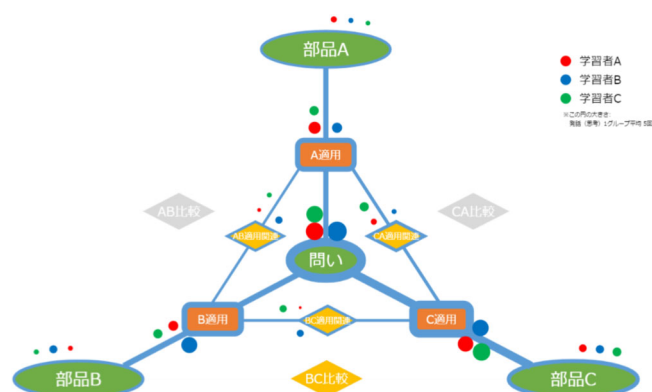


図 2 分析結果を可視化した三角図の例

13 個の評価観点は、上述した文部科学省による深い学びについての記述の下線部から読み解けるように、学習者が「問い」に対する解を導き出すために知識や情報を適用する、複数の知識や情報を関連付ける、といった思考が深い学びにつながる、という考えに基づいている。これらの評価観点は、教育内容に非依存であるため、三角図においてノードとして固定された場所に配置することが可能である。それぞれの関係を踏まえ、問いを中心に 3 つの部品（問いを解くために必要な知識や情報）を頂点とする三角形の形に配置し、部品間比較の観点を該当する 2 つの部品の間に、適用の観点を問いと該当する部品の間に、適用関連を該当する 2 つの適用の間に配置した。発話分析可視化ツールは、複数の学習者による問いに対する解を導き出すための対話に対して、どの学習者がどの評価観点での思考を行ったかを分析した結果を、各ノード（評価観点）やエッジの線の太さに反映させ、どの学習者による思考かを別々の色の円の大きさに反映させ可視化する。三角図に可視化されることで、分析された学習過程においてどの学習者がどの観点でどの思考をどの程度行ったかを視覚的に確認することができる。

この三角図は、問いを解くための部品が 3 つ存在する構造になっているが、3 つであることが前提ではない。部品が 2 つの場合は、2 種類の部品と問いを頂点とする三角形で表現することができる。また、部品が 4 つ以上の場合は着目したい 3 つの部品をその都度選

択することで、三角図を活用できる。

2.3 本研究を基盤とした生成 AI の利点

三角図の特徴の 1 つは、モデルに基づいて評価する観点を教育内容非依存に予め設定しているため、教育内容に関わらず同じ三角図を利用できることである。そのため、三角図は授業実践後に学習者の発話を分析するためだけではなく、授業実設計時に授業設計者が学習者の思考を予測するためにも利用することができる。本稿で提案する生成 AI の疑似学習者の活用は、後者の利用をより効果的にするための活用である。授業設計段階で、学習者の学習過程を分析・評価するのと同じ観点で、学習者の思考の予測を支援することは、本研究のこれまでの取り組みを基盤とするからこそ可能な支援であり、授業設計支援として意義が大きいと考える。また、三角図として教育内容に非依存に関連する概念と概念間の関係が明確に整理されているため、生成 AI にどこに焦点を当てた回答を期待するかを選択や、期待する回答を生成させるためのプロンプトの構成が容易に行えることも本研究を基盤とすることの利点だと考えている。

3. 生成 AI を組み込んだ授業設計支援

前章までの考察を踏まえ、本稿で提案する生成 AI を疑似学習者として組み込んだ授業設計支援の全体構成と期待される効果について述べる。

3.1 授業設計支援の全体構成

本研究で構想している授業設計支援の全体構成と処理の流れを図 3 に示す。まず、ユーザである授業設計

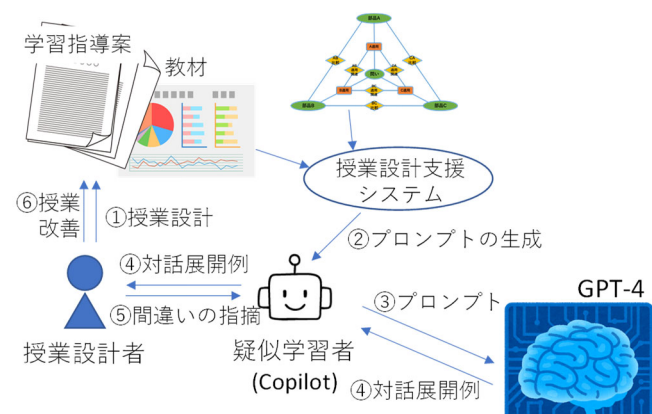


図 3 疑似学習者を組み込んだ授業設計支援の構成

者が授業を設計する。その内容を活用し、授業設計支援システムが三角図の構成に基づいて、いくつかの観点に焦点を当てたプロンプトを自動的に生成する。現時点で想定しているのは、表 1 に示す 4 つの観点である。観点 ABC は、すべての部品を活用して問いに対する解を導き出す対話、残り 3 つの観点は、2 つの部品だけを活用して問いに対する解を導き出す対話（観点 AB、観点 BC、観点 CA）の生成を期待する。これ

表 1 生成 AI に生成させる 4 つの観点

	生成が期待される対話	三角図で対象となる評価観点
観点ABC	部品A、部品B、部品Cを活用して問いに対する解を導き出す対話	AB適用関連 BC適用関連 CA適用関連
観点AB	部品A、部品Bだけを活用して問いに対する解を導き出す対話	AB適用関連
観点BC	部品B、部品Cだけを活用して問いに対する解を導き出す対話	BC適用関連
観点CA	部品C、部品Aだけを活用して問いに対する解を導き出す対話	CA適用関連

らの観点で対話を生成させる意図と期待できる効果は、次の節で説明する。

本研究で疑似学習者として活用する生成 AI として、Microsoft Copilot ノートブック⁶⁾を利用する。Microsoft Copilot は、ChatGPT の有料版と同じ言語モデル GTP-4 を無料で利用可能である。ノートブックを利用するのは、通常の Microsoft Copilot は ChatGPT と同様に短い対話を繰り返して利用するのに適しているのに対し、ノートブックは 18,000 文字程度までの大量の情報を入力する処理が可能であり、授業情報を入力する本研究の目的に合致していると考えた。

疑似学習者である Microsoft Copilot ノートブックに期待する応答内容は、設計された授業の中で設定される主体的・対話的で深い学びを行わせるための「問い」に対して、与えられた部品の内容を優先的に活用して解を導き出す複数の学習者による対話展開例である。ここで対話展開とは、部品から解までの寄り道なしの論理展開を対話形式で表現したものである。一般的に学習者同士の実際の対話では、一直線に解に向かって進むわけではなく、紆余曲折を経て進む方向を模索しながら進められていく。本研究において、授業設計段階の教師に必要な情報は、設定した問いに対して

学習者が提供する部品の内容から解を導き出せるか、その過程で学習者が本研究で明示化した評価観点に対応する思考を行うかどうかである。よって、本研究では生成 AI に実際の学習者が行うであろう紆余曲折な対話例ではなく、対話展開例を生成させることを目指す。生成 AI の特性からしても、実際の学習者が行うような対話の生成は困難であり、対話展開例を生成することの方が容易だと考えられる。対話展開例を授業設計支援に役立てられるのは、本研究で評価観点を明確化しているからであり、本研究を基盤として生成 AI を活用する利点の 1 つである。

授業設計者は、疑似学習者として生成 AI が作成した対話展開例について、まずは間違いが含まれていないか確認する。間違いがあれば、授業設計者は生成 AI に対して、間違えている点を指摘し、対話展開例を生成し直すことを要求する。ここで重要なのは、生成 AI に伝えるのは間違えている点の指摘のみであり、ヒントや追加の情報等は与えないことである。これは、この段階で確認すべきことは、設計授業で提供する部品で問いに対する解を導き出せるかどうかだからである。間違えている点を指摘するだけで、改めて生成された対話展開例から間違いがなくなれば、設計授業に問題があったわけではない可能性が高まる。

授業設計者は、このようなやり取りを含め、生成 AI が生成した対話展開例を参考に、設計授業を改善していく。

3.2 期待できる授業設計支援

本節では、生成 AI が生成する対話展開例によって、どのような授業設計支援が期待できるか、について述べる。授業設計支援の内容は次の 3 つに分けられる。

- ① 学習者がする可能性がある間違いへの対応練習
- ② 設計授業が適切であることの確認の強化
- ③ 改善できる可能性がある箇所の発見

以下、表 1 で示した 4 つの観点で生成させる対話展開例に対して、授業設計者が何を確認し、それによってどの授業設計支援につながるかを説明していく。

生成させる観点に関わらず、対話展開例についてまず授業設計者が確認するのは、間違いが含まれているかどうかである。間違いが含まれている場合、設計授業に原因がある場合と生成 AI に原因がある場合に分

けられる。前者の場合は③の支援につながる。後者の場合は①の支援につながり、前節で述べたように間違いの指摘と対話展開例の再生成を生成 AI に要求する。再生成された対話展開例に間違いが含まれていなければ、授業設計者の間違いの指摘が適切であったことを確認できると同時に②の支援につながる。

観点 ABC で生成される対話展開例では、間違いがないことを確認した後は②③の支援となるが、確認の対象となるのは、問いの内容と表現、部品 A, B, C をすべてあわせた内容と表現が適切かどうかである。生成された対話展開例について、授業設計者は以下の点を確認し、真であれば②の支援につながり、偽であれば③の支援につながる。

- (i) 授業設計者が期待する解が導き出されているか？
- (ii) 解に至る 1 つ 1 つの論理展開は、想定する学習者が部品 A, B, C の内容から展開できるか？

観点 AB, 観点 BC, 観点 CA で生成される対話展開例でも、間違いがないことを確認した後は②③の支援となり、確認の対象となるのは、活用しない部品の必要性和活用する 2 つの部品間での関連付けが可能かどうかである。生成された対話展開例について、授業設計者は以下の点を確認し、真であれば②の支援につながり、偽であれば③の支援につながる。

- (iii) 授業設計者が期待する解が導き出されていないか？
- (iv) 2 つの部品間で適切な関連付けが行われているか？

(iii)について補足すると、例えば観点 AB の場合、部品 A と部品 B だけで授業設計者が期待する解が導き出されてしまう場合、活用しなかった部品 C はこの問いを解くために必要ない、ということになるため、3 つの部品の内容の構成か問いの内容を再検討することを促すことになる。(iv)については、2 つの部品の内容を関連付けることが深い学びにつながるため、授業設計者が想定する適切な関連付けが行われているかを確認することは重要である。例えば観点 AB の場合、三角図で対象となる AB 適用関連の思考が行われる問いと部品構成になっているかを確認することを支援することができる。

4. 生成 AI による対話展開例の生成と分析

疑似学習者としての生成 AI が実際にどのような対話展開例を生成するのか、また、それが授業設計支援としてどのように役立つかを確かめるため、実際に設計された授業を活用して生成 AI に表 1 に示した 4 つの観点で生成させた対話展開例を分析する。

4.1 活用した授業内容

本稿の第二著者が設計した、「冷蔵庫がモノを冷やし続けるしくみ」の授業を活用する。この授業は知識構成型ジグソー法⁷⁾に基づいており、3 つの部品と問いによって構成されている。問いは「冷蔵庫では、エネルギーはどのように移動・変化してモノを冷やし続けているのでしょうか？」であり、部品 A は「熱の性質」で熱力学第二法則を中心とした内容、部品 B は「状態変化と熱エネルギー」で凝縮や蒸発といった状態変化によって生じる熱エネルギーの移動についての内容、部品 C は「圧力と熱エネルギー」で外部からの仕事による熱エネルギーの増減に伴う温度変化についての内容であった。部品の内容は中学校理科程度であるが、高校や大学でも実践可能な授業である。「問い」に対して期待される解の概略は、「熱力学第二法則を前提に、断熱膨張して熱エネルギーを減少させることで冷媒の温度を下げ、冷媒を蒸発させることで冷蔵庫内から冷媒への熱エネルギーの移動を早め、電気の力で冷媒を断熱圧縮し熱エネルギーを増加させることで温度を上げ、凝縮させることで冷媒から冷蔵庫外への熱エネルギーの移動を早め、そして再び膨張、と繰り返すことで冷蔵庫内のモノを冷やし続けることができる」であり、熱力学第二法則の下、膨張、蒸発、圧縮、凝縮の順番で繰り返されることで冷やし続けられる、が解の核となる。解を導き出すための 3 つの部品の役割は、部品 A を前提に部品 B と部品 C を組み合わせて構成する、という位置づけになる。

4.2 対話展開例生成のためのプロンプトの生成

本研究で作成した生成 AI に入力するプロンプトは、図 4 に示すように「全体の説明文」「資料の内容」「条件」「質問」の 4 ブロックで構成されている。このうち、「全体の説明文」と「条件」は授業の内容とは非依存で固定文である。RAG の構成を意識し、生成 AI に設

全体の説明文：

主に資料として与えられた情報に基づいて、質問について回答してください。回答する際には、以下の条件に従って回答してください。

資料の内容：

資料A：部品Aの内容
資料B：部品Bの内容
資料C：部品Cの内容

条件：

・与えられた資料にある用語をできるだけ活用する
・「資料Aにあったように」のようにどの資料に書かれていた情報に基づいた発言かを明記する
・与えられた資料以外の知識を活用する場合は、「（資料以外の知識）」のように明記する

質問：

「問いの文章」

観点ABC：

について、資料Aと資料Bと資料Cの内容を関連付けながら高校生3人が話し合っ

て解を構成していく会話例を作成してください。

観点AB：

について、資料Cの内容は使わずに資料Aと資料Bの内容を関連付けながら高校生3

人が話し合っ

て解を構成していく会話例を作成してください。

観点BC：

について、資料Aの内容は使わずに資料Bと資料Cの内容を関連付けながら高校生3

人が話し合っ

て解を構成していく会話例を作成してください。

観点CA：

について、資料Bの内容は使わずに資料Cと資料Aの内容を関連付けながら高校生3

人が話し合っ

て解を構成していく会話例を作成してください。

図 4 プロンプトの構成

計授業の資料を優先的に活用させるために、全体の説明文の中では「主に資料として与えられた情報に基づいて」と記述し、条件の1つとして「与えられた資料にある用語をできるだけ活用する」とした。「資料」は、設計された授業の部品の内容をそのまま記述する。Microsoft Copilot ノートブックは画像も入力可能なので、図表についてもプロンプトに含める。「質問」は、後半の文章は表 1 に示した 4 つの観点ごとに別々の固定文が用意されており、前半に授業で設定される問いの文章をそのまま挿入する。図 4 に、4 つの観点それぞれに対応する固定文を示しているが、実際にプロンプトを生成する際には、生成させる観点に応じた固定文が 1 つ選択されることになる。「高校生 3 人が話し合っ

4.3 生成された対話展開例とその分析結果

前節で述べた方法で生成したプロンプトを、表 1 に示した 4 つの観点それぞれについて Microsoft Copilot

ノートブックに 10 回ずつ入力し、それぞれ 10 個の対話展開例を生成した。図 5 に、Microsoft Copilot ノートブックによる対話展開例生成の画面例を示す。本稿では、生成される対話展開例の特徴を分析するため、10 個ずつの対話展開例を生成したが、授業設計支援として何個生成する必要があるかについては、今後検討していく予定である。

生成 AI が間違いを含む対話展開例を生成した場合は、間違えている点について指摘して再生成させるため、1 回の入力で複数の対話展開例が生成されることがあり得る。生成 AI が前節で説明したプロンプトから、どのような対話例を生成したかを分析するために、まずは各回（10 回×4 観点）の最初に生成された対話展開例を対象にする。それぞれの対話展開例について、間違いを含んでいるか、正解（4.1 で述べた解の核）にたどり着いているか、複数の部品間の内容の関連付け（適用関連）が行われているか、について著者らが手動で分析した。それぞれの観点で、10 個の対話展開例の中で何個が該当するかをカウントした結果を表 2 に示す。すべての観点で、1 回以上の間違いを含む対話展開例が生成された。しかし、追加情報は与えずに間違いを指摘して再生成を要求すると、生成 AI はそのすべてにおいて間違いの含まない対話展開例を再生成することができた。三角図に基づいた分析では、表 2 に三角図にはない ABC 適用関連という評価観点で分析を行っている。これは、部品 A、B、C の 3 つの部品間の関連付けが行われた個数であり、重要な観点で

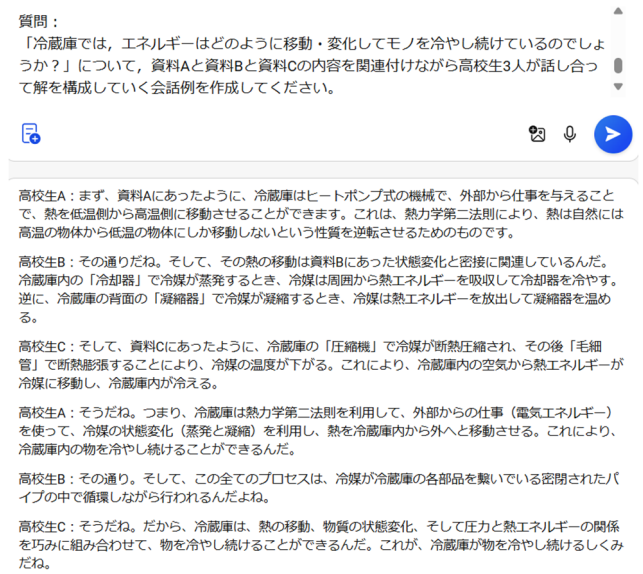


図 5 生成 AI による対話展開例生成の画面例

表 2 生成された対話展開例の分析結果

	間違い	正解	ABC 適用関連	AB 適用関連	BC 適用関連	CA 適用関連
観点ABC	4	3	4	4	6	4
観点AB	1	0		2		
観点BC	3	0			10	
観点CA	2	0				10

あるため追加した。三角図では、ABC 適用関連を直接示す評価観点はなく、AB 適用関連かつ BC 適用関連かつ CA 適用関連として表現される。よって、表 2 中の観点 ABC の ABC 適用関連の個数（4 個）は、AB 適用関連、BC 適用関連、CA 適用関連でもカウントされている。つまり、ABC 適用関連が含まれない対話展開例（ $10-4=6$ 個）の中では、AB 適用関連と CA 適用関連を含む対話展開例は 1 個もなく（ $4-4=0$ 個）、BC 適用関連を含む対話展開例は 2 個（ $6-4=2$ 個）あったということになる。

ここでの分析は、三角図に基づいた分析のみを行い、授業設計者による対話展開例の正誤判断以外には、対象とした授業の教育内容に依存した分析は行っていない。また、今回の三角図に基づいた分析は著者らによって手動で行われたが、今後自動分析の手法を検討し開発する予定である。その手法については、本稿では言及しない。授業設計者による正誤判断と教育内容に非依存の三角図に基づいた分析をすることの意義も含めて、生成 AI による対話展開例の生成がどのような授業設計支援につながるかについて、次節で詳細に説明する。

4.4 授業設計支援の観点での考察

まず、授業設計者による対話展開例の正誤判断の結果から、どのような授業設計支援が期待できるかを考察する。正解にたどり着いた対話展開例が、すべての部品を活用する観点 ABC からしか生成されなかったのは、設計授業が適切であることの確認の強化につながる。すべての部品を活用することで、授業設計者が期待する解にたどり着くことが可能であることが確認できた。また、観点 AB、観点 BC、観点 CA では 1 回も解にたどり着けなかったことから、3 つのうちのどの部品が欠けても解にたどり着くことができないこと、つまり、すべての部品の必要性の確認を強化することができた。また、すべての観点で生成 AI は間違いを含

む対話展開例を生成しているが、間違えている点を指摘するだけですべてのケースで間違いのない対話展開例を生成 AI が生成できたことから、部品 A、B、C をあわせた内容に問題があるわけではないことの確認を強化できた。すべての部品を活用する観点 ABC で、正解にたどり着く割合が $3/10$ であり、間違いを含む割合が $4/10$ であることから、この問いと部品の構成は生成 AI にとっては難易度が比較的高かったといえる。授業設計者は、想定する学習者にとって適切な難易度になっているかを判断する必要がある、生成 AI がどのような間違いをしたかを分析することは、その判断を適切に行うために有効だと考えられる。

次に、三角図に基づいた分析結果から期待できる授業設計支援について考察する。すべての部品を活用する観点 ABC で生成された対話展開例では、部品の内容間の関連付けが半分程度でしか行われていない。ここだけに着目すると、それぞれの部品の内容かもしくは表現が関連付けにくい、という改善できる可能性がある課題が存在するように見える。しかし、観点 BC と観点 CA では生成されたすべての対話展開例で活用した部品間の関連付けが行われている。このことから、生成 AI にとって部品が 3 つに増えることで関連付けの難易度が上がった、と判断することができ、3 つの部品は BC 適用関連と CA 適用関連の思考が可能な内容と表現になっていることの確認を強化できた。その一方、AB の部品を選択した観点では、 $2/10$ の割合でしか部品間の関連付けが行われておらず、AB 適用関連の思考が難しい内容と表現になっている可能性がある。しかし、これだけでは問いや部品の内容や表現に問題があるのか、生成 AI に問題があるのかの判断ができない。この先は、生成された対話展開例の内容や問いや部品の内容を分析しないと判断できない。三角図に基づいた教育内容非依存の分析は、生成された対話展開例の内容や問いや部品の内容のどの観点に焦点を当てて分析すればよいかの判断を支援することができる。

実際に部品の内容を具体的に分析する。4.1 で述べたように、解を導くための部品 A、B、C の役割は、部品 A を前提に部品 B と部品 C を組み合わせる構成する、という位置づけである。よって、役割的に部品 B と部品 C は関連付けをしやすい関係にあり、観点 ABC

や観点 BC の分析でもそれを裏付ける結果となっている。部品 C と部品 A については、役割的には関連付けしやすい位置づけではないが、観点 CA ではすべての生成された対話展開例で関連付けられている。対話展開例や部品の内容を確認すると、部品 C と部品 A を関連付ける接点は「外部からの仕事」である。部品 A では、外部からの仕事によって低温側から高温側に熱を移動させることができる、とあり、部品 C では、外部からの仕事は電気で動くモーターであり、冷媒の圧縮と膨張を行う、と記述されている。生成 AI によるすべての対話展開例で、この観点での関連付けがされていた。一方、部品 A と部品 B を関連付ける接点は「液体や気体への状態変化」である。部品 A では、冷媒が液体や気体に変化しながら循環している、とあり、部品 B では、状態変化によって熱の移動がより早くなる、と記述されている。観点 CA と観点 AB の違いの 1 つは、観点 CA の接点である「外部からの仕事」は、部品 A の中でなぜそれが必要なのかの記述があるのに対して、観点 AB の接点である「液体や気体への状態変化」は、部品 A の中でなぜそれが必要なのかの記述がないことである。少なくとも生成 AI にとっては、この違いが部品 A と部品 B を関連付ける難易度を高めることになった可能性がある。このような分析を通して、授業設計者は想定する学習者にとっての適切な難易度を考慮しつつ各部品の内容や表現の改善や、授業実践時に部品 A、B 間の関連付けを促す足場を設定するなどの対応の検討をしていく。これは、疑似学習者として生成 AI を活用し、生成された対話展開例を三角図に基づいて行った分析が、改善できる可能性がある箇所の発見につながった例だといえる。このように、すべての部品を活用する観点以外に、焦点を絞った観点でも対話展開例を生成したことで気づけることもあり、本研究を基盤として生成 AI を活用することの特長の 1 つだと考えている。

5. おわりに

本研究では、主体的・対話的で深い学びを期待する授業を対象に、生成 AI を疑似学習者として活用した授業設計支援の構想について述べた。生成 AI の特性を踏まえ、授業設計段階における生成 AI の疑似学習

者としての効果的な活用方法について述べた。また、本研究でこれまで取り組んできた主体的・対話的で深い学びのモデル化とそのモデルに基づいた三角図を基盤とすることで、生成 AI をより効果的に活用することが期待できる点について述べた。

我々の構想の有効性を確認するため、実際に設計された授業を活用して生成 AI に対話展開例を生成させ、その特徴を分析することで、どのような授業設計支援につながる可能性があるかについて考察した。その結果、本研究のこれまでの成果を基盤とすることで、生成 AI の疑似学習者の活用によって、授業設計者が多くの手間をかけることなく、有効な授業設計支援につなげられる可能性が示唆された。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP22H01043 の支援を受けたものです。

参 考 文 献

- (1) 文部科学省: “平成 29・30・31 年改訂学習指導要領（本文、解説）”, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htm (2024 年 6 月 20 日確認)
- (2) 渡邊優, 柏原昭博: “対話型文章生成 AI を利用した Web 調べ学習に関する分析”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.38, No.6, pp.23-30 (2024)
- (3) 丸山浩平, 森本康彦: “文章生成 AI を活用した学びの文脈に適応的な振り返り支援方法の開発”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.38, No.7, pp.15-22 (2024)
- (4) 笠井俊信, 大崎理乃, 林雄介, 益川弘如: “発話分析可視化ツールを活用した授業振り返り研修の実践”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.34, No.4, pp.41-48 (2019)
- (5) Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., et al.: “Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks”, *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 9459-9474 (2020)
- (6) Microsoft: “Microsoft Copilot | Microsoft AI”, <https://copilot.microsoft.com> (2024 年 6 月 20 日確認)
- (7) CoREF: “知識構成型ジグソー法”, <https://ni-coref.or.jp/archives/5515> (2024 年 6 月 20 日確認)

UD フォントは本当に見やすいのか？

西端律子^{*1}, 尾崎拓郎^{*2}

^{*1} 畿央大学, ^{*2} 大阪教育大学

Is it true that UD fonts are easy to read?

Ritsuko Nishibata^{*1}, Takuro Ozaki^{*2}

^{*1} Kio University, ^{*2} Osaka Kyoiku University

As digitalization continues to progress in schools, it is expected that an environment will be created that is easy for all learners to learn in. Therefore, in this study, we targeted students in the faculty of education at teacher training universities who are considering becoming teachers in the near future, and conducted a follow-up experiment conducted by Morisawa Inc. on elementary school students to verify the readability of UD fonts. The results suggested that, overall, UD digital textbook fonts may be easier to read than Mincho fonts. In the future, we would like to increase the number of participants and improve the accuracy of the survey, as well as consider digitalizing the survey method.

キーワード: 教育の情報化, デジタル教科書, 合理的配慮, UD フォント

1. 研究の背景と目的

2008年に公示された学習指導要領の改訂において、情報教育や授業におけるICT活用など、学校における教育の情報化について一層充実が図られることになった。その後、急速なデジタル技術の進歩とデジタル機器の普及が進み、2019年12月には「子供たち一人ひとりに個別最適化され、創造性を育む教育 ICT 環境の実現に向けて」¹⁾として、GIGA スクール構想が発表された。これに先んじて2019年4月から「学校教育法等の一部を改正する法律」等関係法令が施行され、「これまでの紙の教科書を主たる教材として使用しながら、必要に応じて学習者用デジタル教科書を併用することができること」²⁾となった。

一方、2016年に施行された「障害者差別解消法」を受け、すべての子どもたちが公平に学習できるよう、学校において様々な合理的配慮が提供されるようになった。その中でも、タブレット端末に代表されるデジタル機器は、今まで白い紙に黒い文字で印刷された教科書や手書きされた板書や印刷物を読むことに困難を

感じていた子どもたちの障壁を取り除くことができる可能性がある。

一方、高齢化社会の進展にともない、誰にでも読み取りやすい特性を持つとされるUD（ユニバーサルデザイン）フォントの開発が2000年初頭から始まった³⁾。2006年にはパナソニック株式会社と株式会社イワタにより「PUD (Panasonic Universal Font)」が開発され、家庭用電化製品に取り入れられることとなった。そして同年12月には市販フォントとして初めて「イワタ UD フォント」が発売され、家庭用電化製品はもとより、食品のパッケージやゲームの画面などでも取り入れられた^{4),5)}。

2016年には、「健常者の子どもたちだけではなく、ロービジョンやディスレクシアの子どもたちにとっても『見やすく、読みやすく、伝わりやすいこと』を目指した」UD デジタル教科書体がタイプバンク社からリリースされた⁶⁾。客観的な読みやすさの検証のため、株式会社モリサワが2019年に奈良県生駒市の小学校5年生116名を対象に行った実証実験では、表1のよ

うに一般的な教科書体より UD デジタル教科書体のほうが、読み速度が速く、正答率もあがるという結果が得られた。

表 1 UD デジタル教科書体の読みやすさの検証結果

	UD デジタル教科書体	一般的な教科書体
平均正答数	29.5 問	24.0 問
全問回答者	30 名	4 名

(なお、実証データは (株) モリサワ様よりご提供いただいた)

以上のように、UD フォントは読みにくさを軽減する可能性があり、2017 年に Windows10 に搭載されてからは各種掲示物や広告、飲食店のメニューなどでも使われるようになった。特に株式会社モリサワと包括契約を結んだ奈良県教育委員会では、県立学校に勤務するすべての教職員の情報端末で UD フォントを使うことができるため、書類や掲示物、ワークシートなどで活用されている。

以上のように、今後、学校現場においてデジタル化の流れとともに、すべての学習者にとって学習しやすい環境の整備が見込まれている。そこで、本研究では、近い将来教員になることを考えている教員養成系大学の教育学部の学生を対象とし、UD フォントの読みやすさの検証を目的とし、株式会社モリサワが行った小学生対象の実証実験の追試を行うこととした。

2. 研究方法と結果

2.1 予備調査(1)～問題セットの作成

小学生を対象とした実証実験では、「スプーンは食べるときに使います。」「いちごは黄色の野菜です。」などの問題が使われたが、今回は大学生が対象となるため、小学校での既習内容から問題を作成することとした。

小学校 4 年生から 6 年生の国語、算数、理科、社会の教科書記載の項目から各教科 16 問を作成し、2023 年 12 月に教員養成系である A 大学教育学部の 3 年生 10 人、4 年生 11 人、計 21 人に正誤を問う調査を行った。例えば、国語科『「花」という字の部首は『にんべん』である』、算数科「変化の様子を表すグラフは「円グラフ」である」、理科「水 50g に食塩 5 g を溶かすと 50 g になる」、社会科「税金を納めることは国民の義務である」などである。

この予備調査(1)において、正答率 75.0%以上の問題を抽出し、教科のバランスを鑑み、全 31 問の問題セットを作成した。なお、小学校の教員採用試験において、多くの自治体が「一般教養」科目として、小学校の既習内容を問う問題が出題されるため、教員養成系大学の学生にとって、これらの内容は大学在学時においても、授業や採用試験対策講座等の形で目にする機会がある。

2.2 予備調査(2)

2023 年 12 月に教員養成系である B 大学教育学部の 2 年生 85 人を対象に、予備調査(1)で作成した全 31 問の問題セットを明朝体および UD デジタル教科書体で印刷した問題紙を授業直後に配付し、予備調査(2)を行った。なお、小学生対象の実証実験では 1 分間の時間制限を設けていたが、今回は問題数が多いため時間制限を 2 分間とした。

結果、表 2 の通り、UD デジタル教科書体の方が、平均正答数が多く、全問回答者の割合も多かった。また、生駒市での小学生対象の実証実験では項目になかったが、今回新たに全問正解者の人数も結果に含め、予備調査(2)では明朝体の方が多いという結果になった。なお、予備調査(2)では実施上の手違いにより、UD デジタル教科書体と明朝体で調査対象人数が大きく異なっているため、人数の少ない UD デジタル教科書体の方に影響を与えた可能性も排除できない。

表 2 大学生を対象とした予備調査(2)の結果

	UD デジタル教科書体	明朝体
人数	35 人	50 人
平均正答数	27.0 問	26.6 問
全問回答者	27 人 (77.1%)	34 人 (68.0%)
全問正解者	1 人 (2.9%)	6 人 (12.0%)

2.3 本調査

2024 年 4 月に A 大学教育学部の 2 年生 190 人、3 年生 3 人、4 年生 1 人、計 194 人を対象に、予備調査(2)と同様、全 31 問の問題セットを 2 種類のフォントで印刷した問題紙を授業直前に配付し、本調査を行った。

結果、表 3 のとおり平均正答数は明朝体の方が多かったが、全問回答者および全問正解者の割合は、UD デジタル教科書体の方が多かった。

表 3 大学生を対象とした本調査の結果

	UD デジタル 教科書体	明朝体
人数	99 人	95 人
平均正答数	20.7 問	21.1 問
全問回答者	35 人 (35.3%)	28 人 (29.4%)
全問正解者	9 人 (9.0%)	6 人 (6.3%)

しかし、本調査では途中の問題を回答せず、次の問題を回答する学生も複数いたため、無回答には「読んだが回答がわからなかった」という可能性も残されている。そこで、最終的に何番目の問題まで回答ができているかを調べたところ、UD デジタル教科書体、明朝体とも平均は 26 問目、最頻値は 31 問目（最終）となったことから、フォントの違いに関わらず、最終問題まで到達できる問題群であったことを確認できた。

3. 考察と今後の課題

本研究では、株式会社モリサワが行った小学生対象の実証実験の追試を教員養成系大学の教育学部の学生を対象に行った。予備調査(2)および本調査より、

- ・平均正答数は、UD デジタル教科書体より明朝体の方が多い
- ・全問回答者は、UD デジタル教科書の方が明朝体より多い
- ・全問正解者は、UD デジタル教科書体の方が明朝体より多い

という結果になったことから、総じて UD デジタル教科書体の方が明朝体より読みやすい可能性があるとし唆された。

しかし、本調査の方法では「読んだが回答がわからなかった」と「読んでいない」の区別をつけることができなかつたため、今後は教示に「問題は必ず前から飛ばさずに回答すること」という教示を含めるか、「わからない」という選択肢を含めることを検討する必要がある。

今後、さらに調査対象を増やすことで研究の精度をあげていくとともに、紙媒体ではなくデジタル機器を用い、各回答までに要する時間などを計測し、「見やすいかどうか」と、「その問題の回答がわかったかどうか」の区別をしていく必要がある。

謝辞

本研究の一部は、国立教育政策研究所・R6 年度教育データ分析・研究推進事業の助成を受けている。記して謝する。

また、奈良県生駒市で行われた小学生対象の実証実験結果をご提供いただいた株式会社モリサワ様、そして予備調査(1)(2)および本調査に協力してくださった学生諸君に感謝する。

参 考 文 献

(1) 子供たち一人ひとりに個別最適化され、創造性を育む教育 ICT 環境の実現に向けて、
https://www.mext.go.jp/content/20191225-mxt_syoto01_000003278_03.pdf (2024 年 6 月 16 日確認)

(2) 学習者用デジタル教科書について、
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoukasho/seido/1407731.htm (2024 年 6 月 16 日確認)

(3) 矢口博之・竹下直幸・水野昭・八杉淳一：“視覚特性や提示条件が変化しても読み違いが起こりにくい金融コミュニケーション向け UD フォントの開発”，日本印刷学会誌第 50 巻第 1 号，一般社団法人日本印刷学会，pp.57-67 (2013)

(4) 水野昭：“イワタ UD フォントの開発経緯”，日本印刷学会誌第 53 巻第 3 号，一般社団法人日本印刷学会，pp.180-188 (2016)

(5) 阿部浩之：“UD フォントの効果”，印刷雑誌別冊グラフィックソリューション 4，印刷学会出版部，pp.83-87 (2009)

(6) 高田裕美：“「UD フォントの開発背景とデザイン”，光技術コンタクト Vol.59, No.12，一般社団法人日本オプトメカトロニクス協会，pp.37-45 (2021)

(7) 小崎誠二：“学校教育に UD フォント導入”，内外教育 No.6704，時事通信社，p.12 (2018)

中高数学科授業における情報端末の使用環境についての調査

— 数学の問題を手書きで書くことについて —

赤間祐也^{*1}

^{*1} 武蔵高等学校中学校

A Survey of Information Terminal Usage Environments in Junior High and High School Mathematics Classes: Focusing on Writing Math Answers by Hand

Yuya AKAMA^{*1}

^{*1} Musashi High School and Junior High School

In 2023, when we conducted a class practice using information terminals, we could not obtain an evaluation from learners that it was effective for them to share their opinions. Therefore, in order to design activities that would make sharing effective, we conducted a survey on the use of LMS and information terminals to create handwritten answer sheets. The results of the survey indicated that learners did not support the use of terminals for writing answers, and that some preparation was necessary for handwritten sharing.

キーワード: 教科指導, 数学科, 一人一台タブレット環境, 量的研究

1. はじめに

GIGA スクール構想の進展や新型コロナウイルス流行に伴う休校などにより, 多くの学校では校内の ICT 環境の導入を進めている. 筆者の所属校においてもコロナ禍を機に教師と生徒への学習用端末の配布など ICT 環境の整備を進めてきた.

一方で, 高校生を対象とした調査によると学校で勉強の目的で ICT 機器を使っていない, という回答者は高校生では 11.4%に過ぎず, 授業で使っていると回答した回答者のうち 72.9%が学校で勉強の目的で週に 1 日以上頻度で ICT 機器を利用していると回答している. 一方で, 各教科の授業での ICT 機器の使用頻度については高等学校の段階では国語は 52.9%, 数学は 60.8%, 理科は 52.5%, 地理歴史・公民へは 52.4%, 英語は 37.6%の回答者が「その授業では ICT 機器は使わない」と回答している. 総合的な探究の時間では「その授業では ICT 機器は使わない」の回答割合が 18.4%,

情報では 19.2%に留まっている⁽¹⁾.

以上より, 高等学校段階においても 1 人 1 台端末の整備が進み学校内では ICT 機器を利用した学習を行う機会は増えているものの, 使用場面は主に総合的な探究の時間や情報科の授業など特定の教科などに限られており, 主要 6 教科では授業での ICT 機器利用はそれほど進んでいない傾向があることが読み取れる. そこで, 本研究では ICT 機器を利活用した授業を行うための素地として, 学習者の情報端末利用に対する認識を調査することとした. ここではその途中経過について報告する.

2. 先行研究

筆者は 2023 年度に所属校の高等学校 1 年生を対象として ICT 機器利用の効果や効率, 魅力を検証するための研究を行った⁽²⁾. 研究では ICT 機器利用の効果や

効率，魅力を検証するために，授業を①説明場面②問題解決場面③共有場面の3つの場面に分けた上で①説明場面と③共有場面において情報端末とプロジェクトを利用した授業モデルを設計し，高等学校数学の授業で実施し，学習者の認識を調査した．2回の調査の結果 ICT 機器の利用は①説明場面，③共有場面の双方で効果的であると認識されたが，効果については①説明場面でのみ見られた．③共有場面では効果的であると認識されず，自由記述からは機材の問題，振り返り場面の効果や方法についての説明の必要性が示唆されている．

3. 研究の目的

先行研究を受けて，本研究では学習者が協働的な学びをより効果的なものと認識するような活動を設計するために，まずはその前提となる LMS の活用の仕方や情報端末に手書きで数学の答案を作成することなどについての学習者の認識を調査することを目的とした．

4. 研究の方法

本研究では所属校の生徒を対象として Google Form を用いた質問紙調査を行い，その結果を分析する．

4.1 調査の対象と調査期間

調査対象は所属校の生徒のうち筆者が 2023 年度に授業を担当していた中学 3 年生生徒 4 クラス 175 名，および高校 1 年生生徒 3 クラス 131 名である．筆者は中学 3 年生に対しては週 2 時間中学校・高等学校数学のうち平面図形・立体図形・三角比にあたる内容を，高校 1 年生に対しては週 2 時間数学 I・数学 A・数学 II にあたる内容を指導していた．いずれの学年でも年間を通じて授業を①説明場面②問題解決場面③共有場面の3つの場面に分け，①説明場面と③共有場面においては教師用の情報端末を使用していた．②問題解決場面については紙のプリントを配布して取り組ませ，教師の情報端末で写真を撮影するなどしてクラスで共有していた．

調査は中学 3 年生は 2024 年 3 月 15 日（土）に，高校 1 年生は 2024 年 3 月 12 日（火）に，それぞれ授業内に時間を取って実施した．調査は授業で開設してい

表 1 質問項目

- | |
|--|
| <p>(1) 学習状況に関する項目</p> <p>① 授業理解度（1～10）</p> <p>② 授業の取り組みの自己評価（1～10）</p> <p>(2) Google Drive と Classroom についての項目</p> <p>③ Drive の利用頻度</p> <p>④ Classroom の利用頻度</p> <p>⑤ Drive の必要性</p> <p>⑥ Classroom の必要性</p> <p>⑦ Drive と Classroom のどちらがよいか</p> <p>(3) 資料を紙で配布することについての項目</p> <p>⑧ 紙の説明プリントの必要性</p> <p>⑨ 紙の演習プリントの必要性</p> <p>⑩ 説明スライドについて PDF と紙のどちらがよいか</p> <p>⑪ 演習プリントについて PDF と紙のどちらがよいか</p> <p>(4) 問題を iPad 上で解くことについての項目</p> <p>⑫ iPad の端末上で数学の問題を手書きで解いた頻度</p> <p>⑬ 数学の問題を iPad 上と紙のどちらで解くのがよいか</p> <p>⑭ 感想など</p> |
|--|

た Google Classroom 経由で Form を用いて行い，生徒の学習用情報端末（iPad）で回答させたところ中学 3 年生 156 名，高校 1 年生 104 名から回答を得た．

4.2 調査項目

表 1 は調査の質問項目である．(1)学習状況に関する項目は 10 点満点での評価とした．③，④，⑫の頻度についての項目は「1 毎回授業後 / 2 一週間に 1 回 / 3 二週間に 1 回 / 4 一ヶ月に 1 回 / 5 二ヶ月に 1 回 / 6 学期に 1 回 / 7 年間 1～2 回 / 8 利用せず」の 8 段階の評価とした．必要性の項目は「-2 必要ない / -1 どちらかといえば必要ない / 0 どちらともいえない / 1 どちらかといえば必要ある / 2 必要ある」の 5 段階評

表 4 頻度に関する項目の集計結果 中 3 ($N = 156$)

	高頻度	1	2	3	4	5	6	7	8	低頻度
③Drive 利用頻度	1	7	4	7	48	6	20	63		
④Classroom 利用頻度	17	33	13	14	58	6	7	8		
⑫iPad 上で数学問題解いた頻度	2	7	8	9	18	14	13	85		

表 5 頻度に関する項目の集計結果 高 1 ($N = 104$)

	高頻度	1	2	3	4	5	6	7	8	低頻度
③Drive 利用頻度	2	1	3	3	21	10	17	41		
④Classroom 利用頻度	5	11	7	9	26	9	11	26		
⑫iPad 上で数学問題解いた頻度	2	2	1	9	2	7	11	70		

価で、⑦、⑩、⑪の二者の比較の項目は数字が小さいほど前者の方が良いような評価になるような 5 段階評価で回答する形とした。なお、各項目とも理由の記述の項目を設けたが必須とはしなかった。

本授業においては配布資料を筆者が利用している Google Drive と Classroom の二カ所でダウンロードすることができたことからどちらがアクセス性が高いのか、データでダウンロードできるものを紙で配る必要があるのか、といったことを調査することを考えた。また、データがあれば紙で配布されなくとも直接データ上で問題解決した方がよいと思うのではないかと、といった疑問からこれらの質問項目を設定した。

5. 研究の結果

5.1 頻度に関する項目の集計結果

表 4, および

表 5 は質問項目のうち③Drive の利用頻度、④Classroom の利用頻度、⑫iPad の端末上で数学の問題を手書きで解いた頻度について対象学年別に集計したものである。いずれの学年も Classroom は比較利用されていたものの、Drive は全く使わなかったか 1 回程度使った程度のものが半数であった。iPad 上で問題を解いた事のあるものは半分以下であり、日常的に利用している者はいずれも 10 人以下であった。

理由の記述を見ると Drive を使わなかった者はいずれも Drive の存在を知らなかった、という記述が多かった。毎学期授業計画にて周知していたのであるが、利用頻度を上げるためには積極的に存在を知らせる必要があることが示唆された。

表 2 必要性に関する項目の集計結果 中 3 ($N = 156$)

	必要			不要	
	2	1	0	-1	-2
⑤Drive の必要性	38	31	35	26	26
⑥Classroom の必要性	91	39	12	7	7
⑧紙説明プリントの必要性	39	34	17	30	36
⑨紙演習プリントの必要性	105	32	8	0	11

表 3 必要性に関する項目の集計結果 高 1 ($N = 104$)

	必要			不要	
	2	1	0	-1	-2
⑤Drive の必要性	38	30	19	7	10
⑥Classroom の必要性	47	22	19	4	12
⑧紙説明プリントの必要性	50	23	16	8	7
⑨紙演習プリントの必要性	80	11	9	0	4

5.2 必要性に関する項目の集計結果

表 2, および表 3 は質問項目のうち⑤Drive の必要性、⑥Classroom の必要性、⑧紙の説明プリントの必要性、⑨紙の演習プリントの必要性について対象学年別に集計したものである。前節では Drive と Classroom において明らかに Classroom の方が利用頻度が高いように思われたが、必要性ではあまり変わらなかった。また、説明プリント、演習プリント共に紙で配る必要がある、という意見が大勢を占めた。

表 6 二者の比較に関する項目の集計結果 中 3 ($N = 156$)

	前者が良い				後者が良い
	1	2	3	4	5
⑦Drive か Classroom か	9	8	9	31	99
⑩説明スライドは PDF か紙か	55	25	20	21	35
⑪演習プリントは PDF か紙か	18	9	10	26	93
⑬数学の問題を解くのは iPad 上か紙か	4	7	10	15	120

表 7 二者の比較に関する項目の集計結果 高 1 ($N = 104$)

	前者が良い				後者が良い
	1	2	3	4	5
⑦Drive か Classroom か	21	4	10	19	50
⑩説明スライドは PDF か紙か	12	9	22	12	49
⑪演習プリントは PDF か紙か	7	3	15	10	69
⑬数学の問題を解くのは iPad 上か紙か	5	4	11	13	71

5.3 二者の比較に関する項目の集計結果

表 6 および表 7 は質問項目のうち⑦Drive と Classroom のどちらがよいか, ⑩説明スライドについて PDF と紙のどちらがよいか, ⑪演習プリントについて PDF と紙のどちらがよいか, ⑬数学の問題を iPad 上と紙のどちらで解くのがよいか, について対象学年別に集計したものである。

⑩説明スライドは PDF か紙か, の項目では中 3 では PDF がよいという回答があわせて過半数であったのに対して高 1 では紙が良いという回答が過半数であった。理由の記述を見ると中 3 ではプリントがかさばる, 失くしてしまう, 「エコ」ではない, などといった意見が多く見られた。高 1 でも同様の意見が見られたが, 全体として高 1 では紙の方が良い, という意見が多かったようである。

⑪演習プリントは PDF か紙か, および⑬数学の問題を解くのは iPad 上か紙かの項目では紙が高い支持を得ていたようであった。理由の記述を見ると iPad では画面が小さく手書きでは書きにくいこと, そもそも iPad 上で手書きで書いたことが無いこと, 大学入試は紙で解くので慣れておく必要があること, などが述べられていた。

6. 考察

6.1 LMS の必要性について

表 6, 表 7 の結果より, 回答者は単純に Google ドライブからファイルをダウンロードできる状態よりも Classroom などの LMS にファイルがあるほうが利便性が高いと感じているといえる。一方で理由の記述などには Drive と Classroom を使い分けることによさを感じている記述も見られた。表 2, 表 3 より Drive を必要であると感じていた回答者も少なくないことから, さまざまな形で情報にアクセスできるようにすることも必要であろう。

6.2 数学の問題を情報端末で解くことについて

表 6, 表 7 の結果より, 現状では多くの学習者は数学の問題は PDF などのデータではなく紙であった方が良く, 情報端末で解くよりは紙で解きたいと捉えていると考えられる。一方で理由の記述よりこの結果はそもそも情報端末を用いて手書きで数学の問題を解いた経験がないことが原因となっているように推察される。

6.3 数学の問題を情報端末で解く必要があるのか

情報端末を利用すれば教育が必ず効果的になる, というわけではないが, 一方で情報端末を利用すること

は特に協働的な学びを実現する上では効果的であることが良く知られている⁽³⁾⁽⁴⁾。数学の問題は情報端末で解くものではない、という問題解決方略をもつことは協働的な学びを実現する上で妨げになる可能性がある。

そもそも「数学の問題は紙で解くものである」という見方は小学校からの習熟で培われたものである。情報端末を用いて数学の問題を解くようになるためにはただ情報端末を与えて機会を設ければよいのではなく、紙で問題を解くことと同様に、十分な指導とそのため効果的な指導方略が必要になることが示唆される。

7. おわりに

本研究におけるデータの収集と分析はまだ十分に行うことができていない。今後他の事例についても分析がなされることが期待される。

また、数学の問題を情報端末を用いて解くことに抵抗がなくなるような指導法の開発については今後の課題である。

謝辞

本研究の一部は公益財団法人東京都私学財団令和5年度私立学校研究助成事業の助成を受けたものである。

参 考 文 献

- (1) 東京大学社会科学研究所・ベネッセ教育総合研究所 編：“子ども ICT 利用に関する調査 2023 ダイジェスト版”，
https://berd.benesse.jp/up_images/research/ICT_tyouty_2023_231025_2_compressed1.pdf（2023 年 12 月 14 日確認）
- (2) 赤間祐也：“高等学校数学科における ICT 機器を利用した授業に対する学習者の認識についての調査”，日本教育工学会研究報告集, Vol.2023, No.4, pp. 249-254 (2023)
- (3) ジョン・ハッティ(著) 山森光陽(監訳):“教育の効果: メタ分析による学力に影響を与える要因の効果の可視化”，図書文化，東京（2018）
- (4) 文部科学省 編：“教育の情報化に関する手引—追補版—（令和2年6月）第4章 教科等の指導における ICT の活用”，
https://www.mext.go.jp/content/20200701-mxt_jogai01-000003284_005pdf.pdf
（2023 年 11 月 5 日確認）

タイピング練習を兼ねたチャットボットの仕組みを学ぶ

教材の開発

—小学校 3 学年を対象とした実践報告—

上野陽平^{*1}, 尾崎剛^{*1}, 広瀬啓雄^{*1}

^{*1} 公立諏訪東京理科大学大学院

Development of Educational Materials for Learning the Mechanism of Chatbots Incorporating Typing Practice: An Implementation Report Targeting Third-Grade Elementary School Student

Yohei Ueno ^{*1}, Takeshi Ozaki^{*1}, Hiroo Hirose^{*1}

^{*1} Suwa University of Science

GIGA スクール構想によりタブレット端末が活用され、タイピング教育の学習環境が必要である。また、近年生成 AI が普及し、チャットボットの仕組みを学ぶことは重要である。本研究では、チャットボットへの理解度を深めるとともにタイピング能力を育む学習環境の構築を目的とする。タイピングとチャットボットの仕組みを Web ベースの学習環境を構築し実践した結果、チャットボットへの理解度及びタイピング能力を育むことにつながった。

キーワード: タブレット活用, タイピング, チャットボット, 初等教育, 情報教育

1. はじめに

GIGA スクール構想により小中学校ではタブレットを活用した授業が行われている。GIGA スクール構想とは、1 人 1 台端末と高速大容量の通信ネットワークを一体的に整備することで、特別な支援を必要とする子供を含め、多様な子供たちを誰一人取り残すことなく、公正に個別最適化され、資質・能力が一層確実に育成できる教育 ICT(Information and Communication Technology)環境を実現することとされている⁽¹⁾。しかし、タブレット端末を活用した授業は必修ではないため学校によって活用頻度に差が生まれている。山本ら⁽²⁾は小学校の担当者に対して聞き取り調査を行っており、聞き取り調査を行ったすべての学校において基本操作スキルを習得するために特別な授業時間枠を

設定しているわけではなく、日常の教科指導において操作スキルを習得していると回答している。基本操作スキルは短時間の指導で取得できるものが多いため特別な授業時間を確保する必要はないが、タイピングについてはそうとは言えない。一般的にタイピングを正確に素早く、負担も抑えて行うためにホームポジションでのタイピングが求められている。ホームポジションでのタイピングが行えるようになると、文章作成速度の向上が見込まれタブレットを活用した授業をより効率的に実施することが可能である。しかし、ホームポジションでのタイピングは指の位置の確認や慣れが必要であるため、短時間で取得するのは難しい。そのため、タイピング教育については特別な時間を確保する必要がある。しかし小学校の情報教育においては各教科との関連性が求められているため、単にホームポ

ジションによるタイピング習得を目指した授業を行いにくい。

また、近年 AI(Artificial Intelligence)を活用したチャットアプリ等が話題となっている。これらチャットアプリの利用規約を確認すると、保護者の同意があれば中学生から利用することが可能となっているアプリも見られる。チャットボットを適切に利用するためにも小学校段階からチャットボットの仕組みとどのようなことができるのかを理解することが重要である。

本報告では、小学校 3 学年国語科単元「ローマ字」と小学校 3 学年社会科単元「わたしたちのまち」と関連付けたチャットボット開発を行うための授業内容及び学習環境を構築し、タイピング能力を育む授業の学習効果を報告することを目的とする。また本研究の最終目的として、初等中等教育においてシームレスに情報教育を行うための積み重ね学習カリキュラム及び学習環境システムの構築を行い、情報教育を推進、発展させていくことを目指している。本報告は上記研究の一環として実施する。

2. 事前調査

2.1 チャットボット

チャットボットとは「自動会話プログラム」のことであり、ユーザからの入力に対して自動的に返事を行うことができる。本研究で提案する地域を紹介するチャットボットでは児童に自分たちの住む地域について情報の収集などを行ってもらい、それを他の児童にもわかりやすく伝えることができるチャットボットの作成を目指す。久野ら⁽²⁾は小学校 3、4 学年における情報教育の学習内容として、自分が考えたことを文章でまとめることや児童同士で要件の伝達や質問への応答、インターネット上の情報をまとめるなどのことを提案している。そのため、小学 3 年で情報の整理を行うことは可能である。また本学習環境では情報活用能力の 3 観点 8 要素⁽⁴⁾のうち、情報活用の実践力の要素「必要な情報の主体的な収集・判断・表現・処理・創造」及び「受け手の状況などを踏まえた発信・伝達」の育成を目指す。

2.2 タイピング能力

タイピング能力は情報活用能力のうち情報活用の実

践力にて育成目標が規定されている。これによると、令和 8 年度から小学校段階では 1 分間あたり 40 文字程度の文字、中学校段階では 1 分間あたり 60 文字程度の文章が正確に入力・編集できることを目標としている⁽⁵⁾。また、株式会社教育ネットと株式会社ミラボが実施している第 4 回全国統一タイピングスキル調査結果報告⁽⁶⁾によると、2023 年度の小学校 3 学年のタイピング速度の中央値が 28 文字/分であったとしている。また、過去の記録も確認してみると 30 文字以下/分となっている。

3. 学習環境

3.1 チャットボット開発環境

本学習環境では図 1 に示す処理手順によって動作するチャットボットを利用する。

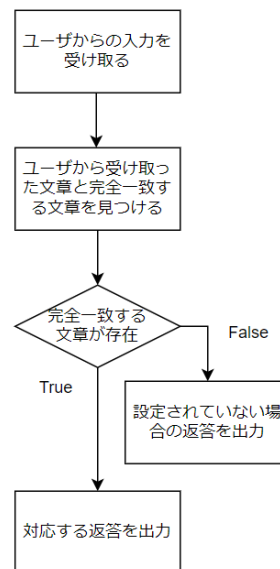


図 1 チャットボット動作処理

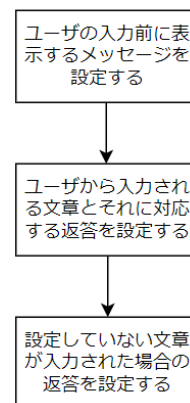


図 2 児童が行うプログラミングの手順

また児童は Blockly⁽⁷⁾を利用し、ユーザから入力される文章およびそれに対応する返答、設定していない文

章が入力された場合の返答などをプログラミングする。このプログラム作成手順は図 2 のとおりである。

Blockly は Google 合同会社が開発・提供している Web ブラウザ上で動作する JavaScript ベースのブロック型プログラミング言語であり、Scratch⁽⁸⁾にも利用されている。多くの小学校ではプログラミング教育で Scratch を利用しているため、操作に慣れるためにも Scratch を利用してチャットボット開発を行うことが望ましいが、Scratch には多くのブロックが存在しており、不要なブロックを非表示にする機能等も存在しない。そのため、プログラム作成時にブロックの選択に時間がかかってしまう。一方で Blockly はブロックを開発者が一つ一つ追加していく必要があるが、必要なブロックのみ表示させることができるため、学習者がブロックの選択で時間がかかるということがなくなる。

また、岡本ら⁽⁹⁾は小学校におけるコンピュータを利用したプログラミング実施時期について、ピアジェの認知発達理論を引用し、小学 4 年生以下ではコンピュータに指示する抽象的な内容を具体物に置き換えて具体的かつ論理的に整理するための支援が必要と述べている。そのためブロック型プログラミング言語を利用した教育を実施する場合、具体的にどのような処理を行っているのかを明確にする必要がある。これを行うためには Scratch にあるデフォルトのブロックでは難しく、オリジナルのブロックを実装する必要がある。Blockly にはオリジナルのブロックを実装するためのツールのほか、JavaScript で処理できることであればブロックとして実装することが可能である。一方 Scratch にもオリジナルのブロックを実装するためのプラグインが存在するが、表示できるものや処理内容に制約があり、できることが限られている。

本学習環境の利用想定者は小学校 3 学年の児童であるため、本学習環境がプログラミングの初体験となる可能性が高い。そのため、ブロックの選択時間、具体的な処理内容を明記したオリジナルブロックの追加などを考慮して Blockly を採用した。

3.2 タイピング能力測定アプリ

タイピング能力の測定を行うため、Web ブラウザで利用できるアプリとして実装した。このアプリでは画

面に表示されている言葉をタイピングしていくものとなっており、1 回の測定で 15 単語が出題される。しかしタイピング初学者にとって 15 単語の言葉を入力するのに時間がかかることが想定されるため、制限時間を設け時間がきたら自動的にリザルトが表示されるように設計を行った。測定終了後のリザルトではスコアのほかに 1 分間当たりのタイピング数 TPM (Type Per Minute) やミス入力数などを表示させた。スコアの算出方法は、e-typing master⁽¹⁰⁾のタイピング技能検定で用いされる算出方法を参考にし、TPM 以外にもタイピングの正確さも重視したものとしている。リザルトを閉じた後のページでは過去に行ったタイピングの日ごとのスコア平均や正解、ミスタイピング数などをグラフ表示し、学習者自身が成長を感じ取れるような仕組みとなるようにした。

4. 授業実践

4.1 対象者

大学近郊にある A 小学校に協力していただき、3 学年 2 クラスの児童を対象として授業を実施した。クラスの数内訳は表 1 のとおりである。また授業はクラス別で実施した。

表 1 クラス人数内訳

クラス名	1 組	2 組	合計
人数(名)	27	26	53

4.2 授業日程

授業日程及び内容は表 2 のとおり実施した。

表 2 授業日程及び学習内容

授業回数	日程	授業内容
1 回目	2024/01/24(1 組)	ローマ字の確認・復習
2 回目	2024/01/29(2 組)	ホームポジションでのタイピング
3 回目	2024/01/30	チャットボットの説明・作成
4 回目	2024/02/07	相手が使いやすいチャットボット
5 回目	2024/02/14	自由製作
6 回目	2024/02/16	自由製作・発表

授業実施段階で児童はローマ字を学習済みであったため、1 回目ではアルファベットの書き方やローマ字の簡単な復習を行い、2 回目でホームポジションについての指導及び復習で確認したローマ字をタイピングしてもらうことを実施した。3 回目ではチャットボットの仕組みを説明するとともにプログラミングを通してチャットボットの基本的な処理の仕組み理解してもらった。4 回目では相手が使いやすいチャットボットとなるように、設定していない言葉が入力された場合の処理及びユーザの入力前に表示するメッセージについて指導した。5、6 回目では自分たちの住む地域を紹介するチャットボットを各自作成してもらい、一部の児童に作成したチャットボットを発表してもらった。また授業全体を通してローマ字表を用意し、わからない文字は都度ローマ字表で確認してもらいながらタイピングを行った。

4.3 検証方法

チャットボットの理解度の確認方法として 6 回目の授業終わりに 5 分間の確認テストを実施した。確認テストではローマ字表は見ないように指示を行った。

タイピング能力の評価は、授業終了間際にタイピング能力測定ソフトを実施し、実施した結果の推移とオリジナルチャットボット作成で行ったタイピング数で行った。しかし、タイピング能力測定ソフトによる測定では測定の時間が確保できない日もあったため、毎回全員が測定できたわけではなかった。タイピング能力測定ソフトは授業時間外にも実施してもよいと指示を出し、授業日のみ実施していたグループと授業日以外にも実施していたグループに分け検証を行う。

また確認テストと同時に授業アンケートを実施しチャットボットへの理解度及びタイピング速度の主観的評価を調査した

5. 実践結果

5.1 まとめ問題

各設問を 1 点とし 5 点満点で採点を行ったところ、得点分布は表 3 及び図 3 のようであった。

結果から 2 点及び 5 点に得点が集中していた。まとめ問題では日本語をローマ字へ変換する問題を 3 問出題した。3 問の得点分布は図 4 のようである。図 4 の

分布を確認すると 0 点または 3 点に分布している傾向があるため、全体の得点分布は日本語をローマ字へ変換する問題が関係しているといえる。他の 2 問はチャットボットに関する設問を出題していた。図 4 の結果を考慮すると多くの児童がチャットボットに関する設問に正解していると言えるため、授業を通してチャットボットの理解度を深めることにつながった。

表 3 まとめ問題の基本統計量

	人数	平均	分散
1 組	25	3.32	1.57
2 組	20	2.40	1.39

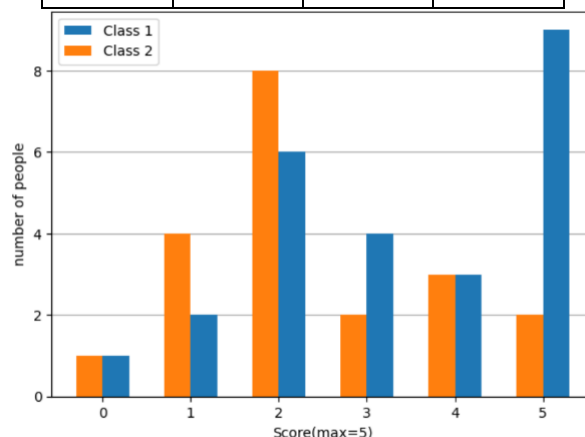


図 3 まとめ問題の得点分布

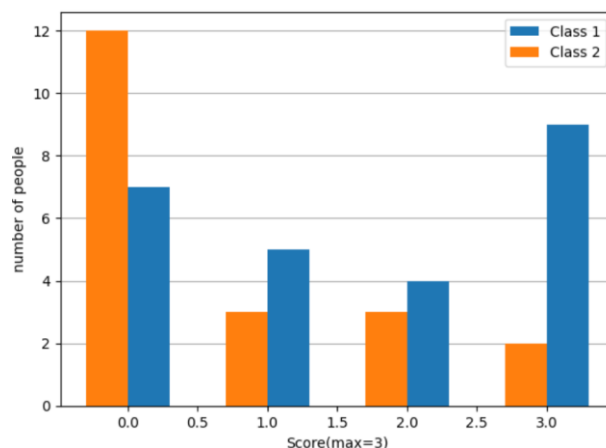


図 4 ローマ字変換問題の得点分布

5.2 オリジナルチャットボットでのタイピング数

授業最終日にオリジナルのチャットボットを作成していた児童を対象としてチャットボット作成でタイピングした文字数を確認する。ここでは Python のライブラリ pykakasi を利用し、児童の入力した文章をすべてひらがなに変換しタイピング数の確認を行う。しかし、pykakasi では「A 湖 (A こ)」と変換すべき単語を「A みずうみ」と変換しているなど一部単語の変換がうまくいっていない事例が見られた。そのため、

集計結果は正確なものではなく推定値としている．クラスごと集計した結果，図 5 のようであった．

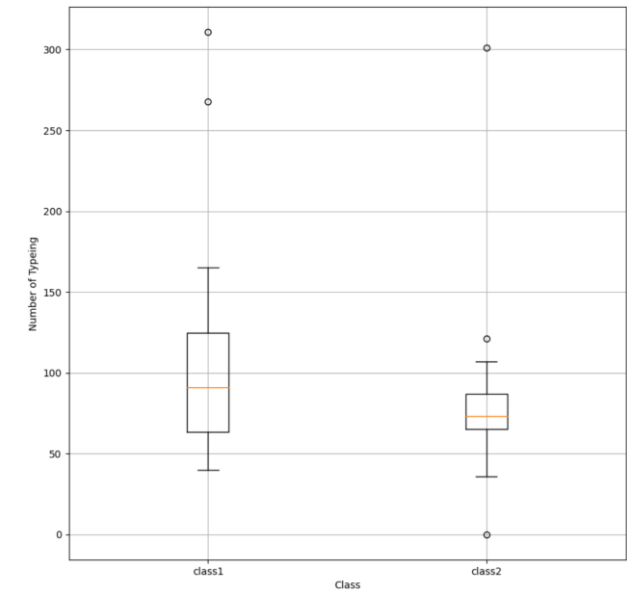


図 5 クラスごとのオリジナルチャットボットでの文字入力数(1 組: n=20, 2 組: n=17)

全体的に 1 組のほうがオリジナルチャットボット作成においてタイピング数が多い結果となった．またチャットボット作成のために 300 文字以上タイピングを行っている児童も見られた．

5.3 タイピング能力測定

実施結果のうち，意図的にミス数を増やしていると思われる結果やタイピング数と実施時間が明らかに釣り合っていない結果を除き分析を行った．授業日に行った測定結果を図 6 に，初日と最終日の基本統計量を表 4 に，初日と最終日の t 検定の結果を表 5 に示す．

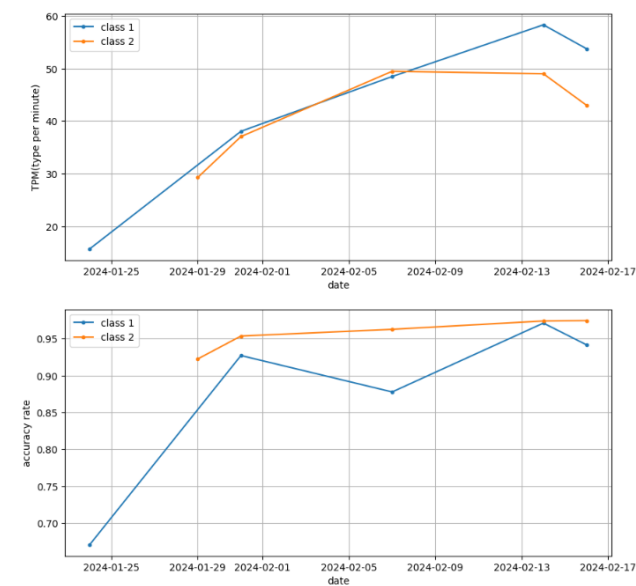


図 6 タイピング測定結果(上:TPM, 下:正確率)
 t 検定の結果，優位水準 1%未満で優位差がみられた

ことから授業前に比べタイピング能力が向上したといえる．また図 6 から授業を重ねるごとに能力が向上していることが確認できる．

表 4 初日と最終日のタイピングの平均値及び分散

	初日		最終日	
	平均	分散	平均	分散
スコア	21.460	17.723	52.755	27.773
TPM	26.693	18.150	58.917	29.289
正確率	0.820	0.255	0.946	0.111

表 5 初日と最終日の各項目の t 検定結果

	t 値	p 値
スコア	-7.22	2.92×10^{-11}
TPM	-7.08	6.01×10^{-11}
正確率	-4.11	6.57×10^{-5}

5.4 アンケート調査

アンケート調査の結果は図 7 のようであった．

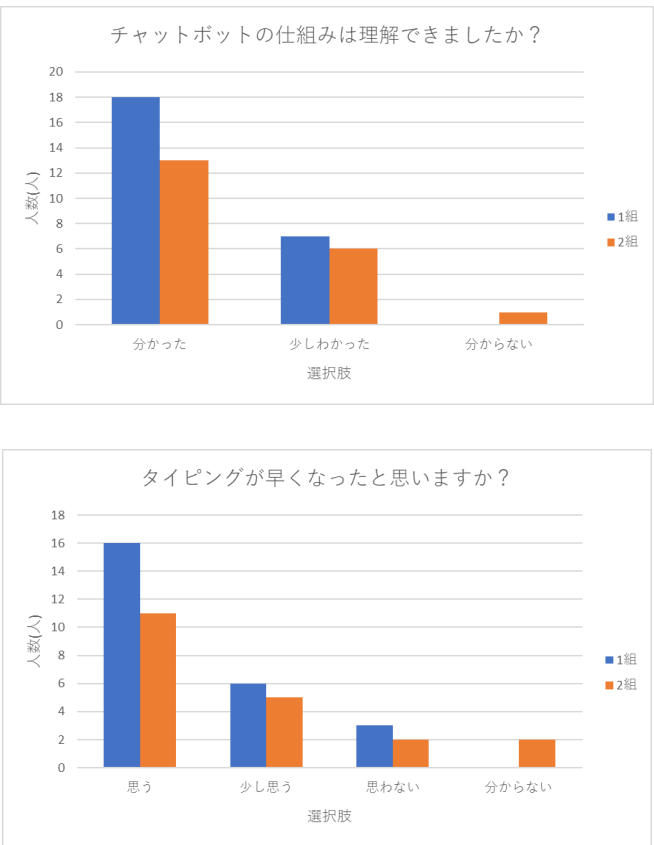


図 7 チャットボットの理解度(上)とタイピング速度(下)の主観的評価(1 組:n=25, 2 組:n=20)

主観的評価からチャットボットに関して理解度を深めることにつながった．また，タイピング速度に関しても児童自身が上達していることを実感していることが分かる．

6. 考察

6.1 学習環境システム

チャットボット作成において一部の児童がブロックの選択ミスをしていることがみられた。選択ミスをしているブロックを確認してみると似たような色のブロックであった。この児童はブロックに書かれている内容を確認せず、ブロックの色だけで選択している可能性が高いといえる。ブロックの色を変えることでこうした問題のほかデバッグのしやすさが向上するが、内容を見ずに選択する児童が増える可能性がある。特にプログラミング初学者については内容を把握させただけでプログラミングを行うことが重要であり、本授業で利用するブロック数も少ないことから、ブロックの色を全て統一させた学習環境に改善する必要がある。また授業においてもブロックの内容を確認させただけで配置するように指導をしていく必要がある。

6.2 授業

オリジナルチャットボット作成時の文字入力数やタイピング測定ソフトの結果から1組のほうがタイピング速度の向上が確認された。2組では日本語からローマ字へ変換する際ローマ字表を確認しながら作業を行っており、ローマ字表記を覚えようとしていないと思われる児童がみられた。これは図4の結果より2組の児童のローマ字に対する理解度が低いということからローマ字表記を覚えていないことがうかがえる。ローマ字表を確認しながらのタイピングでは正確率が高くなるがタイピング速度が上がりにくい。これは図6からも明らかとなった。タイピング速度向上を目指した授業を実施する場合、ローマ字表を確認しながらタイピングを行うのではなくローマ字表をなるべく見ないようにした状態でのタイピングを行うことで効果的にタイピング能力を育成することができるといえる。

またホームポジションについて1, 2回目の授業で指導したところ、この授業についてはほとんどの児童がホームポジションでのタイピングを行っていた。しかし授業回数を重ねるごとにホームポジションでのタイピングを行っている児童が減少していた。これはホームポジションでタイピングを行うよりも独自のやり方でタイピングを行ったほうが楽であり素早く入力で

きると気が付いたためであると考えられる。ホームポジションでのタイピングは慣れるまでに時間がかかることや少量の文章であれば独自のやり方で行っても負担にならないことが原因となり独自のやり方に移行してしまった可能性が挙げられる。そのためホームポジションの指導を行う場合は文章量を多くすることや毎回の指導においてホームポジションの確認を行っていくことが望ましい。

6.3 アンケート調査

アンケート調査は匿名で行ったため、理解度テスト及びタイピング測定結果との相関を調べることができなかったが、図6より伸び率が高い1組のほうが成長を実感していることがアンケート調査により明らかとなった。しかし、チャットボットの仕組みが分からない児童やタイピング能力の向上が実感できていない児童も見られた。チャットボットの仕組みについては授業への出席が要因として挙げられる。チャットボットの仕組みの説明は第3回の授業のみ行っていたため、この授業に出席していない児童が理解できていない可能性がある。そのため、3回目以降の授業ではチャットボットの仕組みについて確認を取ることが必要である。

6.4 タイピング測定システムによるタイピング能力向上の可能性

タイピングは練習回数及び継続日数が能力向上につながる言われている。そこで授業日にのみ測定ソフトを利用していた児童と授業日以外も利用していた児童にグループ分けを行い、それぞれのグループの最終日の測定結果を調べたところ表6のようであった。

表6 各グループにおけるスコアの平均値及び分散

	初日		最終日	
	平均	分散	平均	分散
授業日のみ実施	24.40	12.27	33.69	19.39
授業日以外も実施	17.05	23.37	62.60	26.38

本研究で実施したタイピング測定の結果から授業日

以外も実施している児童のほうが能力の向上が確認された。そのため、チャットボット作成に関係なくタイピング測定ソフトのみの利用でタイピング能力が向上した可能性が考えられる。そこで、タイピング測定ソフトの最終日の結果とオリジナルチャットボット作成時のひらがな入力数の推定値との相関を調べたところ表 7 及び図 8、図 9 のようであった。

表 7 タイピング測定とチャットボットの相関係数

	TPM	実施時間
ひらがな入力の推定値	0.508	-0.547

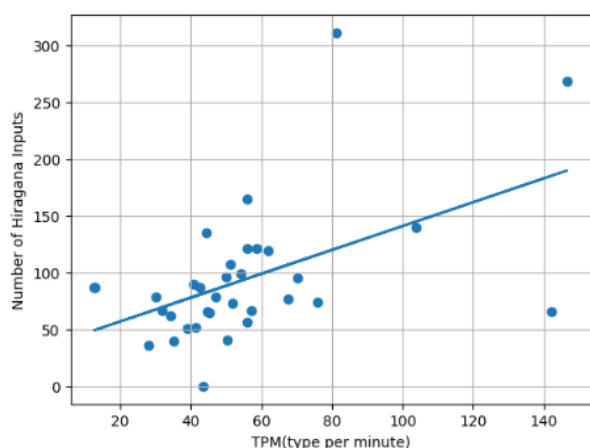


図 8 ひらがな入力数と TPM の散布図

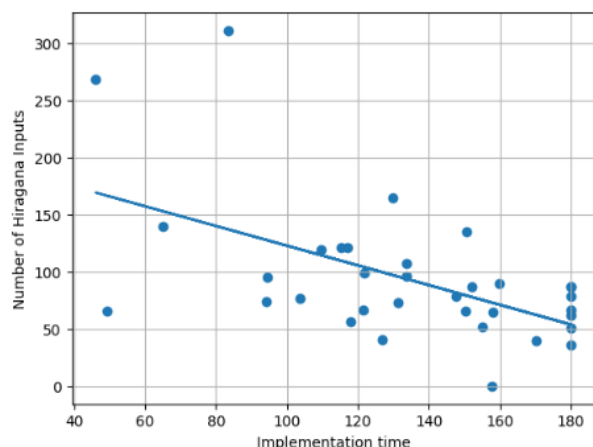


図 9 ひらがな入力数と実施時間の散布図

表 7 の相関係数よりタイピングソフトの結果とチャットボット作成時のタイピング数には相関がみられたが、強い相関ではなかった。この要因としてオリジナルチャットボットの作成難易度とタイピング測定ソフトの出題単語が要因として挙げられる。

オリジナルチャットボットでは地域にあるものを紹介することをテーマとしたチャットボット作成を行った。しかしどのようなチャットボットを作るか、どのような内容の紹介をするのかを決めるのに時間がかか

っている児童が多くみられた。そのためプログラム作成時間が少なくなってしまうタイピングが思うようにできなかった可能性がある。

また、タイピング測定ソフトの出題単語については 26 単語の中からランダムで 15 単語を抽出していた。この 26 単語は授業ごとに変更していなかったため、出題される単語が毎回似たようなものとなってしまった。そのためタイピング数を重ねるごとにこれら単語の入力に慣れた結果タイピング測定ソフトの TPM 及び正確性が向上した可能性があり、これら単語以外の単語については入力に手間取っている可能性が挙げられる。

しかし、授業日のみタイピング測定を実施していた児童についても能力向上がみられたことから、タイピング測定ソフトだけではなくチャットボット開発によってもタイピング能力が向上したといえる。

7. おわりに

本研究では小学校 3 学年を対象としたタイピング教育のための教材及び学習環境の構築を行った。授業を実施した結果タイピング能力の向上及びチャットボットへの理解度を深めることにつながったが、タイピング能力については測定ソフトによる影響がある可能性が示唆された。そのためタイピング測定ソフトの利用を抑えながら授業を実施することや測定ソフトで出題される単語を更新していくことでチャットボット作成によるタイピング能力向上を正確に測定できると考える。今後は授業実践で得られた問題点の改善のほか、継続したホームポジションの指導を行うための学習環境及び教材について深堀をしていく。

また本報告は本研究の最終目的である積み重ねカリキュラム及び学習環境の構築の一環として実施している。小学校 1 学年、5 学年及び 6 学年^{(12)・(13)}、中学校 1 学年及び 2 学年⁽¹⁴⁾の学習環境については構築済みであり学習効果の測定も実施済みであるが、その他の学年については学習環境の構築及び学習効果の測定に至っていない。今後の研究では構築済みでない学年における学習環境の構築及び学習効果の測定を実施していく積み重ねカリキュラムの構築を目指す。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 22K02893, 23K02715 の助成を受けたものです。

参 考 文 献

- (1) GIGA スクール構想の実現へ,
https://www.mext.go.jp/content/20200625-mxt_syoto01-000003278_1.pdf (2024 年 6 月 12 日確認)
- (2) 山本朋弘, 堀田龍也: “1 人 1 台の情報端末環境での学習者用基本ツールの操作スキルに関する児童向け意識調査の分析”, 日本教育工学会論文誌, Vol.45, No.3, pp.341-351 (2021)
- (3) 久野靖, 和田勉, 中山泰一: 初等中等段階を通じた情報教育の必要性和カリキュラム体系の提案, 情報処理学会論文誌 教育とコンピュータ, Vol.1, No.3, pp.48-61 (2015)
- (4) 文部科学省: 第 I 章 情報化に対応した教育について,
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/002/toushin/980801e.htm (2024 年 6 月 12 日確認)
- (5) 文部科学省: 【資料 5-1】教育 DX に係る KPI の方向性等について,
https://www.mext.go.jp/content/20240222-mxt_jogai01-000033449_51.pdf (2024 年 6 月 12 日確認)
- (6) 株式会社ミラボ: 第 4 回全国統一タイピングスキル調査結果報告, https://mi-labo.co.jp/news/r_wfa8-ijo/ (2024 年 6 月 12 日確認)
- (7) Blockly, <https://developers.google.com/blockly?hl=ja> (2024 年 6 月 12 日確認)
- (8) Scratch, <https://scratch.mit.edu/> (2024 年 6 月 12 日確認)
- (9) 岡本克哉, 玉井輝之, 川田和男: 発達段階を考慮した小学生のプログラミング的思考を促す計測・制御教材の開発, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol.139, No.4, pp.435-441 (2019)
- (10) e-typing master, <https://web.e-typing.ne.jp/> (2024 年 6 月 12 日確認)
- (11) 月 12 日確認)
- (12) 上野陽平, 尾崎剛, 広瀬啓雄: 小学校 6 学年を対象とした AI 基礎教育の実践及び学習効果, 教育システム情報学会 2023 年度学生研究発表会東海地区, pp.67-68
- (13) 上野陽平, 広瀬啓雄, 尾崎剛: 初頭から中等教育における統計学に着目した積み重ねプログラミング学習環境

の構築, 教育システム情報学会 2022 年度学生研究発表会北信越地区, pp.25-26

- (14) 上野陽平, 広瀬啓雄, 尾崎剛: ロボットカーを用いたプログラミング学習の客観的評価方法の提案—中学校第 2 学年技術家庭でのものづくり科において—, 日本教育工学会研究報告集, Vol.2023, No.3, pp.27-31

Learning Tools Interoperability 規格を用いた Computer Adaptive Testing ツールの開発と課題

鎌田 敏亘^{*1}, 上野 春毅^{*2}, 山川 広人^{*1}

^{*1} 公立千歳科学技術大学大学院 理工学研究科

^{*2} 公立千歳科学技術大学 理工学部

Development and Future Issue of Computer Adaptive Testing Tool Based on Learning Tools Interoperability Standards

Toshinobu KAMADA^{*1}, Haruki UENO^{*2}, Hiroto YAMAKAWA^{*1}

^{*1} Graduate School of Science and Engineering, Chitose Institute of Science and Technology

^{*2} Faculty of Science and Technology, Chitose Institute of Science and Technology

本研究では, LTI 規格に基づいた CAT ツールの実現を目的として CIST-Solomon の CAT 機能を LTI ツールとして切り出すシステム設計及び実装を行った. また, その有用性と相互運用性を評価した. 評価の結果, 本ツールは CIST-Solomon の CAT 機能と遜色なく利用でき, 代替可能であり, CAT ツールの有用性と相互運用性は確保できたと考えられる. 一方で, LTI の規格の対応には課題が残る.

キーワード: Learning Tools Interoperability, Learning Management System, Computer Adaptive Testing, e ラーニング

1. はじめに

教育のデジタル化・教育 DX を目指し, デジタル教材やデジタルプラットフォームを活用した, 大学におけるオンライン教育への取り組みが推進されている. 活用の一例として, 幅広い知識状態の学生に対する個別最適な学習支援の一環として CAT (Computer Adaptive Testing) による形成的テストの実現と活用が注目されている. しかしながら, 特に学習者の知識習得度合いを形成的に評価する CAT システムの実現は整備上の困難さもあり, どの教育機関にとっても容易に構築できるものとはいえない. このような整備コストの高いシステムは, 各教育機関が個別に整備を試みるのではなく, 複数の機関が利用可能なシステムとして整備されることが教育現場に資する形として望まれる.

CAT の実装例として, 公立千歳科学技術大学 (以下,

本学) で開発・運用されている CIST-Solomon がある. この CIST-Solomon には情報, 数学, 英語などの共通教育に向けた学習コンテンツが多数存在し, これらに含まれる難易度別の演習教材を CAT として出題する機能が実装されている. CAT の利用事例として筆者らは, 大学教育中の反転型学習を題材に, 学習の要となる知識習得度合いの自己診断に CAT を用いる活用事例を報告している⁽¹⁾. しかしながら CIST-Solomon の CAT 機能は, 同システム内でのみの利用を想定し開発が行われてきたため, 外部のシステムとの連携は一切考慮されていない. こうした側面で, CIST-Solomon の CAT 機能は, さまざまなシステムが連携できることを示す相互運用性⁽²⁾ が高い形で様々な教育機関へ CAT を提供できるものとはいえない.

一方で, 近年, 教材の相互運用性の向上にむけた取り組みとして, LMS を各機関で独立して運用しつつ, さらに各機関の教材や教育・学習用ツールを相互に運用可能と

する枠組みである LTI (Learning Tools Interoperability)⁽³⁾ が注目されている。ただし、我が国ではこうした LTI ツールに関する実践的な研究は始まったばかりであり、特に CIST-Solomon にあるような大学教育に資する・様々な教育内容の適応型テストを可能とする CAT 機能を LTI 規格に則ってツール化した例は類を見ない。

そこで本研究では LTI 規格に基づいた、つまり相互運用性の高い CAT ツールを実現することを大きな目的とする。そこで本稿では、CIST-Solomon の CAT 機能を題材として、LTI ツール化を図るためのシステム設計と開発方法を検討する。さらに、実現された LTI ツールがこれまで CIST-Solomon で培われてきた CAT の利用時品質と、他大学の LMS との相互運用性を備えているか検討する。これによって、CAT ツールの LTI ツール化と、その実装上の課題を見出すことを狙う。

2. LTI の概要

LTI は、学習システムの標準化を行う団体である IMS GLC(IMS Global Learning Consortium)⁽⁴⁾ が規定した、LMS とその拡張機能である学習ツールを連携させるための標準規格である。LMS と外部の学習ツールが共に LTI に準拠した機能を実装している場合、あらかじめ連携に必要な情報を設定することで、LMS から学習ツールをシームレスに利用できる。

LTI では、LMS の拡張機能となるような学習ツールを提供する外部のアプリケーションやサービス、コンテンツのことを LTI ツールという。また、その LTI ツールから提供されたものを利用する LMS や仮想の学習環境をプラットフォームという。現在では LTI バージョン 1.3 の規格が推進されている。

3. 先行研究と本研究の位置づけ

3.1 新村らの研究

新村らは、LTI とリバースプロキシの連携による演習サーバ接続システムを開発した⁽⁵⁾。このシステムは、学習者の端末に依存しない演習システムの WEB 化に向けたプラットフォームの構築を目的としている。この研究の例では、設計段階から新たな LTI ツールを構築している。LTI によるユーザの認証・認可と、リバースプロキシによる仮想マシンへの対応付けによって、認証部分を LMS に委

ね、演習サーバから認証機能を省略することを可能とした研究である。

3.2 MEXCBT の取り組み

GIGA スクール構想に向けて文部科学省が提供する MEXCBT は、小・中・高等学校の子供の学びの保障の観点から、児童生徒が学校や家庭において、学習やアセスメントができる CBT(Computer Based Testing) システムである⁽⁶⁾。また、他の学習システムとの相互運用を前提とした汎用的・基盤的な CBT プラットフォームで、国や地方自治体等の公的機関等が作成した約 4 万問の問題を活用した学習環境を提供している。2021 年の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では杉山らにより、学習 e ポータル (LMS) と MEXCBT の LTI による連携を含むプロトタイプ of 作成に関する取り組みが報告されている⁽⁷⁾。学習 e ポータルと MEXCBT の連携には LTI 1.1 が用いられた。

3.3 本研究の位置づけ

CIST-Solomon の CAT 機能は利用者が問題に取り組み、学習者の理解度を算出するシステムである。しかし、CIST-Solomon の一機能として整備されている CAT は、他の教育機関内のプラットフォーム等のシステムとの連携は考慮されていない。そのため、様々な大学において、CAT を教育カリキュラムの一部として他の教育機関内外の教材と組み合わせて活用したり、学習履歴を一括管理したりすることが困難である。そこで本研究では、LTI 1.3 / LTI Advantage 規格への準拠を前提として、CIST-Solomon の CAT 機能のみを切り出す形での新たな CAT ツールの開発を目指す。

4. 設計と開発

4.1 CAT ツールに求められるユースケース

LTI を用いた CAT ツールを設計する上で、CIST-Solomon での CAT 機能の有用性が損なわれないことが重要となる。したがってはじめに、CIST-Solomon の CAT 機能を参考に、CAT ツールが満たすべきユースケースを図 4.1 のように定義した。学生は CAT の受験とその結果の確認ができる。教員は CAT を作成して設定することや、CAT に受験したすべての学生の結果を閲覧することができ、加えて、CAT の動作確認のために学生と同

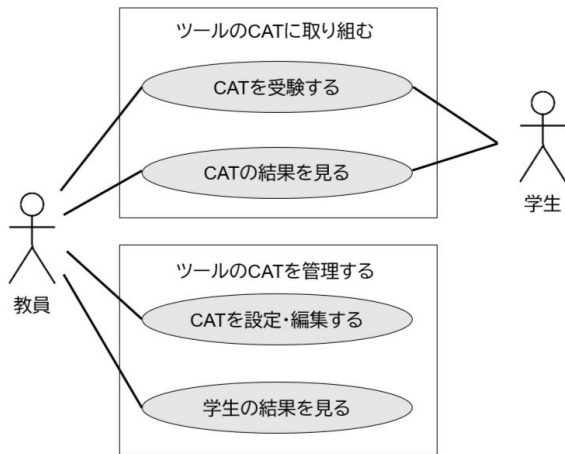


図 4.1 CAT ツールのユースケース

様に受験とその結果の確認もできる。こうしたユースケースを、CIST-Solomon の CAT 機能及び設計を進める CAT ツールにおいて同一のものとすることで、有用性が損なわれないことを期待している。

4.1.1 CAT ツールの設計

上記で定めたユースケースを保ったまま、他大学でも LTI を通じて CAT を利用できるシステム設計が必要となる。この設計を示したものが図 4.2 である。本設計は、CIST-Solomon とは別に LTI ツールとして新たに CAT ツール用のシステムを構築し、CAT 機能を移植する形で他大学に提供する。1 章で述べた通り CIST-Solomon には情報、数学、英語などの共通教育に向けた学習コンテンツが多数存在し、難易度別の演習教材がこれらに含まれる。そのため、CAT ツールが本学の CAT に用いられる演習教材データベースを参照することにより、CIST-Solomon の CAT 機能と同一内容の CAT の出題が可能となるようにする。他大学のユーザが Moodle のリソースリンクから CAT ツールにアクセスする際、OpenID Connect(OIDC)を利用する。OIDC はサービス間でユーザの同意のもと認証情報を連携するための規格である。これによって Moodle の認証情報を用いて CAT ツールへログインが行われる。ログイン後、ユーザ情報に関する規格である Names and Role Provisioning Services (NRPS)でユーザのロールによって表示する画面を設定する。CAT ツールで得た学習履歴はプラットフォームとツール間での成績をやりとりする規格である Assignment and Grade Service(AGS)を用いて記録する。しかし、本研究段階の AGS の実装には課題があり、これは 5.1 節で述べる。

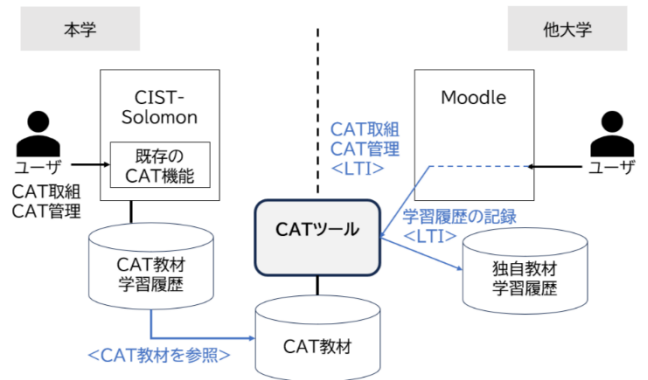


図 4.2 LTI 対応の CAT ツールの設計イメージ

4.2 CAT ツールの開発

4.2.1 使用技術

CIST-Solomon は開発言語に Java を、データベースに PostgreSQL を使用している。CAT 機能の移植の容易さを考慮し、本研究で開発した CAT ツールも同様の言語とデータベースを使用した。また、Java を用いたシステムで LTI 1.3 / LTI Advantage の規格を実装するために、UOC (Universitat Oberta de Catalunya)⁽⁸⁾ が公開しているライブラリ java-lti-1.3⁽⁹⁾ を使用した。

4.2.2 開発したツール

開発した CAT ツールに対してユーザは、プラットフォーム上のリソースリンクからアクセスすることができる。プラットフォームからのリクエストメッセージはコースやユーザの情報を内包するため、これらの情報を用いて CAT に関連する機能の提供を行う。図 4.3 は CAT ツールを利用した際の画面が表示されるまでのイメージ図である。次項より、システムの機能の中から特に重要となる CAT 管理画面、CAT 受験画面について説明する。なお、本論文では学習者の理解度を推定して適応的に出題するテストを CAT と表記しているが、システム内の表示や説明では CBT という表現を用いている。CBT は CAT より広義の意味となり、CIST-Solomon では歴史的に CBT という表現で CAT を実装してきた経緯がある。本研究でも、特に検証時の利用者の混乱などを防ぐ意味で、あえて本章で述べる画面上の表記や、6 章で述べる評価の中で CBT という旧来表記のまま用いている部分があることを注記しておく。

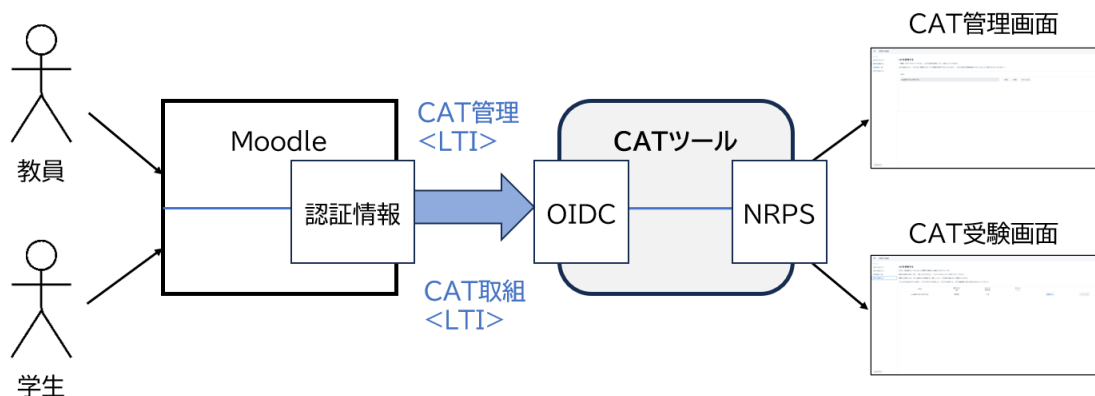


図 4.3 CAT ツールの利用イメージ

4.2.3 CAT 管理画面

CAT 管理画面は、教員ロールを持つユーザが利用できる。CAT 名の変更と CAT の削除を行うことができる。例として、Java 基本文法と実行方法という名前の CAT が設定されている場合の画面を図 4.4 に示す。



図 4.4 CAT 管理画面

CAT の編集ボタンを押下することで、図 4.5 のように、対象の CAT 名の変更ないしは CAT の削除を行える。

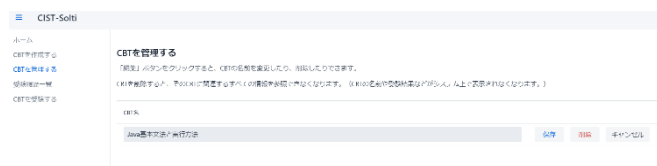


図 4.5 CAT 管理画面にて編集ボタンを押下した状態

4.2.4 CAT 受験画面

CAT 受験画面は、学生ロールまたは教員ロールを持つユーザが利用できる。CAT を受験することができる。また、同じ CAT を複数回受験している場合、過去の結果のうち最も良い結果を表示する。例として、Java 基本文法と実行方法という名前の CAT が設定されている場合の画面を図 4.6 に示す。



図 4.6 CAT 受験画面

次に、CAT の受験を開始した際の画面を図 4.7 に示す。ユーザが表示されている問題に解答すると、次の問題が表示される。この動作は CAT の受験が終了するまで繰り返される。出題については、解答の正誤判定結果を一問ごとに収集し、次に出すべき問題を決定する仕組みとしており、CIST-Solomon の CBT 機能と同一となる最尤推定法に基づいたロジックを用いている。



図 4.7 CAT 受験中の画面

5. 評価

5.1 LTI 規格カバー状況

本研究で開発した CAT ツールによる、LTI 規格のカバー状況を表 5.1 に示す。

CAT ツールがカバーできている規格として、OIDC、NRPS がある。これにより、CAT ツールは OIDC によって他大学の Moodle のユーザは自身の手で認証を行わずに利用でき、かつ CAT ツール内部でも NRPS によって Moodle のユーザ情報及び認可情報を活用してユーザごとに適切に機能を切り替えることや、CAT の受験結果の記録が可能となっている。このため本研究の CAT ツールは、Moodle を対象として他大学の Moodle 内の一機能とみなして学生・教員が利用でき、LTI を用いて相互運用可能なものとして実現できている。

しかしながら、本研究の CAT ツールでは、LTI 規格の全てを実現できていない。

表 5.1 LTI 規格のカバー状況

LTI サービス	対応状況
OIDC	○
NRPS	○
Deep Linking	×
AGS	×

CAT ツールがカバーできていない規格として、AGS、Deep Linking がある。まず、AGS について、図 4.2 の設計では CAT ツールの学習履歴は AGS を用い、Moodle に対して学習履歴を記録することを想定していたが、本研究で開発したシステムはこれを行っていない。理由は、使用したライブラリ `java-lti-1.3`⁽⁹⁾ に実装されている AGS に関する機能では、IMS GLC が提供する LTI の試験環境であるリファレンスアプリケーション⁽¹¹⁾ に対しては学習履歴を記録できたが、Moodle に対しては学習履歴を記録できなかったためである。原因としては、AGS による学習履歴の記録には、プラットフォームから渡される、プラットフォーム内の AGS 記録用のエンドポイント及びパラメータを用いる必要があり、`java-lti-1.3` にはこのプラットフォームごとに可変的なパラメータの処理を行う実装が不足していると思われる。よって、こうしたベースライブラリの機能の不足は今後の課題とし、本研究では学生の CAT 結果を確認する方法は、CAT 結果確認画面のみとなっ

た。

次に、Deep Linking については、LTI ツールがもつコンテンツ一つ一つを自由に選択しリソースリンクとして紐づける規格であるが、CIST-Solomon の CAT 機能は既存の知識単元を教員が事前に選択することで、形成的テストとして出題する流れになっている。本研究の内容をベースに Deep Linking の実現を考えると、個別の設問へのリンクや、知識単元を超えた設問一つずつを組み合わせた形成的テスト機能などが検討できるが、これは以前の CAT と異なる機能として整備していく必要がある。本研究では 4.1 節で述べたように、CIST-Solomon のユースケースを損なわずに LTI ツール化することを優先し、また 4.2 節で述べたように出題の流れにおいても、知識単元レベルでの形成的テスト実現に向けた自由度が保たれていることから、Deep Linking は敢えて対応を見送っている。

5.2 CAT 機能のユーザ評価

開発した CAT ツールが CIST-Solomon の CAT 機能と遜色なく同等の機能を提供できているかを判断するには、ユーザにとっての利用時品質を評価する必要がある。そのため本研究では、平時から CIST-Solomon の CAT 機能を講義等で利用しているハードユーザとなる学習者に CAT ツールの受験機能を利用してもらい、利用に関するアンケートを実施することで CIST-Solomon の CAT 機能と本研究の CAT ツールの利用時品質を比較検討することとした。

アンケートは、本学の講義である 2023 年度 Java プログラミングの受講生である学部 2 年生 76 名を被験者とした。これらの学生は毎週の講義で CIST-Solomon の CAT 機能を利用している。CAT ツールの評価を行うにあたり、別途用意した Moodle のアカウントを作成し被験者全員に割り当てた。そして、被験者が Moodle にログインした後、リソースリンクから CAT ツールを開いて受験を行い、自身の理解度を確認するまでの手順をアンケートの設問と対応させ、CAT ツールを利用できるようにした。

これに加えて、CIST-Solomon の CAT 機能と CAT ツールを比較してどのように感じたかについてもアンケートを収集した。アンケートの設問を表 5.2 に示す。

表 5.2 CAT 機能のユーザ評価アンケート

設問番号	設問内容	回答方法
i	PDF の手順に従って Moodle から新しい CBT システム (CIST-Solti) を開くことができた。 ※下図のような画面が開いていれば成功です。	選択形式: 1 あてはまらない 2 あてはまる
ii	PDF の手順に従って迷うことなく CBT への受験を開始できた。	選択形式: 1 あてはまらない 2 どちらかといえば あてはまらない 3 どちらかといえば あてはまる 4 あてはまる
iii	CBT の受験画面で、問題文がどこに書かれているか確認できた。	選択形式: 1 あてはまらない 2 どちらかといえば あてはまらない 3 どちらかといえば あてはまる 4 あてはまる
iv	CBT の受験画面で、マウスやキーボードを使い、解答を確実に入力できた。 ※問題に対する解答の正誤は考慮しないでください。	選択形式: 1 あてはまらない 2 どちらかといえば あてはまらない 3 どちらかといえば あてはまる 4 あてはまる
v	CBT の受験が終わったあと、出題された問題と模範解答を結果画面で確認できた。 ※確認していない場合は「問題と解答を確認していない」を選択してください。	選択形式: 1 あてはまらない 2 どちらかといえば あてはまらない 3 どちらかといえば あてはまる 4 あてはまる 5 問題と解答を確認していない
vi	CBT の結果画面で、解答の正誤判定の結果を確認できた。	選択形式: 1 あてはまらない 2 どちらかといえば あてはまらない 3 どちらかといえば あてはまる 4 あてはまる
vii	CBT の結果画面で、自分のレベルを確認できた。	選択形式: 1 あてはまらない 2 どちらかといえば あてはまらない 3 どちらかといえば あてはまる 4 あてはまる
viii	CBT の受験開始から受験終了までにエラーが起きなかった。	選択形式: 1 あてはまらない 2 あてはまる
ix	今回利用した新しい CBT システムと CIST-Solomon の CBT を比べて、受験の進めやすさ (画面の見た目や操作のしやすさ、自身のレベルの確認方法など) についてどのように感じましたか。	選択形式: 1 新しい CBT システムのほうが受験を進めやすい 2 受験の進めやすさは、新しい CBT システムと CIST-Solomon の CBT を比べても同じくらいだ 3 CIST-Solomon の CBT 機能のほうが受験を進めやすい
x	受験の進めやすさについて、なぜそうに感じましたか。	記述形式

表 5.3 CAT 機能のユーザ評価アンケート結果の
基本統計量

次に、設問 i ~ viii について収集した結果の基本統計量を算出したものを表 5.3 に示す。なお、設問 v については、問題と解答を確認していないと回答した 9 件を除いた 67 件の回答を用いた。

また、設問 ix の結果としては、「新しい CBT システムのほうが受験を進めやすい」が 35 件、「受験の進めやすさは、新しい CBT システムと CIST-Solomon の CBT を比べても同じくらいだ」が 26 件、「CIST-Solomon の CBT 機能のほうが受験を進めやすい」が 15 件であった。

設問番号	平均	標準偏差	分散	中央値	最頻値	データ件数
i	2	0	0	2	2	76
ii	3.974	0.161	0.026	4	4	76
iii	3.974	0.161	0.026	4	4	76
iv	3.961	0.196	0.038	4	4	76
v	3.657	0.863	0.744	4	4	67
vi	4	0	0	4	4	76
vii	3.921	0.317	0.100	4	4	76
viii	1.987	0.115	0.013	2	2	76

表 5.4 LTI ツールとしての評価アンケート

設問番号	設問内容	回答方法
i	(1) PDF の手順では, CBT を Moodle のコースに 設定しました. CBT で出題可能な教材の科目や網羅が十分 だった場合, CBT ツール「CIST-Solti」は, 普段利用している他の LTI ツールと組み合わせ て使うことは可能だと感じますか. (例えば, 動画用 LTI ツールと CBT を組み合わ せて学生の理解の定着を図るなど.)	選択形式: 1 あてはまらない 2 どちらかといえば あてはまらない 3 どちらかといえば あてはまる 4 あてはまる
ii	(1) について, なぜそう感じましたか.	記述形式
iii	(2) CIST-Solti はの図のように, 教員が容易に CBT を出題でき, 学生が取り組むことができる ようなユースケースを想定して開発しました. 今回体験していただいた内容でこのユースケ ースを満たせていると思いますか.	選択形式: 1 あてはまらない 2 どちらかといえば あてはまらない 3 どちらかといえば あてはまる 4 あてはまる
iv	(2) について, なぜそう思いましたか.	記述形式
v	その他, LTI ツールの運用のご経験などから CIST-Solti の実利用に向けて 必要に感じる 情報や機能など, ご意見ご感想をいただけ ますと幸いです.	記述形式

5.3 LTI ツールとしての評価

開発した CAT ツールが他の LMS 上で LTI ツールとして利用可能か, 有用性と相互運用性を評価するため, 他大学で LTI ツールの開発や運用に携わっている教員 2 名に対してアンケート評価を行った. まず, それぞれの大学の教員が用いる Moodle に対して CAT ツールへのリソースリンクを設定し, 実際に CAT を作成するまでの手順を提示した. そして, 手順終了後に表 5.4 の設問に対する回答を収集した.

次に, 設問 i と 設問 iii について収集した結果を示す. 設問 i と 設問 iii の両者共に「どちらかといえばあてはまる」と「あてはまる」が 1 件ずつという結果であった. また, 設問 ii と 設問 iv の回答を表 5.5 に示す. 最後に, 設問 v の回答を表 5.6 に示す.

表 5.5 LTI ツールとしてのアンケート

設問 ii と 設問 iv の結果

設問番号	回答
ii	動画コンテンツと CBT が簡単に対応できるようになるともっとよいと思います.
	CBT に問題群を充実し, 動画データのデータ分類方法に合わせて, CBT の問題データも整理することで教師が, 手軽に「出題範囲とする知識にチェックを入れ」て出題すると行った利用方法が十分考えられる.
iv	「CBT に取り組む」と「CBT を管理する」にある「結果を見る」の違いが明確でないと思います.
	定義されたユースケースについては, 十分満たされている.

表 5.6 LTI ツールとしてのアンケート設問 v の結果

回答
連携が簡単にできて, とても使いやすいと思います. DeepLinking に対応すると Moodle 側から CBT への個別アクセスができて, もっと良くなると思います.
当該研究では, 解答者の理解度に応じて難易度が自動調整されるコンピュータベーステスト(CBT)を Learning Tools Interoperability (LTI) ツールとして提供する手法が提案されている. このアプローチは, 多様な Learning Management System (LMS) に対応可能であり, 教育分野におけるその意義は大きい. 一方で, LTI が他の LMS 学習リソースとの連携に限界を持つことは一般的な課題である. 本研究においても, LMS 内の動画などのリソースと CBT 内の課題との連携に教師による手動の介入が必要である点が課題であると考えられる. 今後の研究の方向性として, LTI1.3 で提供される Assignment and Grade Services (AGS) の活用が有望である. AGS を利用することで, LTI ツールが LMS に成績を書き込むこと, また LMS の成績をツールに取り込むことが可能となる. これにより, LMS を軸とした異なる LTI ツール間の連携が実現可能となり, 教育技術の分野における新たな発展が期待される. 本研究は, これらの課題への対処として重要な一歩を踏み出しており, 今後の進展が期待される.

6. LTI ツールとしての課題

評価の結果としては, CAT ツールは CIST-Solomon の CAT 機能と遜色なく利用でき, 代替可能であると言える. また, LTI の専門家の視点から見ても, CAT ツールは他の LMS 上で LTI ツールとして利用可能であり, システムのユースケースを満たすと評価された. さらに, CAT ツールの有用性と相互運用性は確保できたと考えられる.

一方で, 表 5.1 で示されるように LTI 規格の全てを満たせとは言えない. LTI ツールとしてさらに多くの LTI 規格に対応することを目的として改善した設計案を図 6.1 に示す. これは CAT ツールの LTI に関する実装部分を分離し, ツール側のシステムと連動する設計案である. 代替

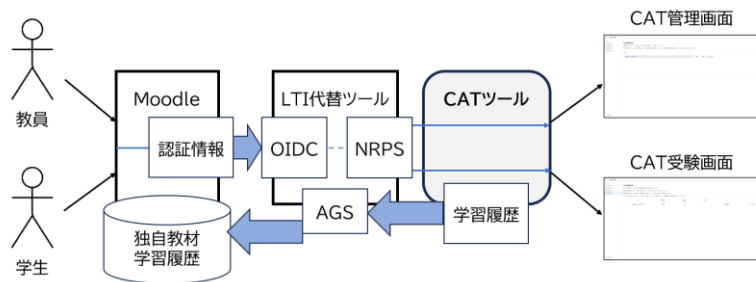


図 6.1 LTI 機能を代替させる設計案

ツールの動作の想定として AGS を例に挙げる。LTI 代替ツールに CAT ツールが学習履歴を送信することで代替ツールが AGS に対応した機能を用いて Moodle に対して学習履歴の記録を行う。Deep Linking に関しては代替ツールにてリソースリンクの設定に干渉することで実現が可能だと考えられる。しかし、5.1 節で述べたように従来の CAT とは異なる機能となるため実装の前に必要性の検討を行う必要がある。これにより、CAT ツールは CAT 機能に特化したシステムとして更新・保守が容易になるうに、CAT だけでなく学内の有用な学習サービスを LTI ツール化することが可能となると期待される。

7. おわりに

本研究では、LTI 規格に基づいた、つまり相互運用性の高い CAT ツールを実現することを大きな目的として、CIST-Solomon の CAT 機能を LTI ツールとして切り出すシステム設計を行った。そして、そのシステム設計に沿った CAT ツールを実装し、その有用性と相互運用性を評価した。評価の結果は有用性と相互運用性は高いといえるものであったが LTI 規格の対応に課題が残った。

今後の展望として、LTI ツールとしてさらに多くの LTI 規格に対応することが挙げられる。具体的には今年度中に LTI 代替ツールを通じて現在の CAT ツールが非対応である LTI 規格の AGS が利用可能となる状態を目指す。

謝辞

本研究を進めるにあたり、公立千歳科学技術大学大学院(当時)の西村貴志氏のシステム開発に対する多大な貢献に深く感謝申し上げます。

参 考 文 献

(1) 上野春毅, 光永悠彦, 山川広人, 小松川浩:”段階的な学

習目標を持つ反転学習モデルのための適応型学習システムの開発” 教育システム情報学会誌, 2020, Vol. 37, No. 3, p. 212-217

- (2) aws.amazon.com:”相互運用性とは何ですか? - ヘルスケアにおける相互運用性の説明 - AWS”, <https://aws.amazon.com/jp/what-is/interoperability/>(2024 年 6 月アクセス)
- (3) 1EdTech:”Learning Tools Interoperability”, <https://www.1edtech.org/standards/lti> (2024 年 6 月アクセス)
- (4) 1EdTech:”IMS Global Learning Consortium —” <https://www.imsglobal.org/home> (2024 年 6 月アクセス)
- (5) 新村正明, 田中篤志, 国宗永佳:”LTI とリバースプロキシの連携による演習サーバ接続システム” 情報処理学会研究報告 (Web) (IPJS Technical Report (Web)), 2018, Vol. 2018-CLE-25, No.8, 1-3
- (6) 文部科学省:”文部科学省 CBT システム(MEXCBT:メクビット)について”, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/mext_00001.html (2024 年 6 月アクセス)
- (7) 桐生 崇, 杉山 知之:”学びの保障オンライン学習システム MEXCBT(メクビット) に関する取組と構想”, https://www.nii.ac.jp/event/upload/2021082011_KiryuSugiyama.pdf (2024 年 6 月アクセス)
- (8) Universitat Oberta de Catalunya:”UOC (Universitat Oberta de Catalunya)”, <https://www.uoc.edu/portal/en/index.html> (2024 年 6 月アクセス)
- (9) GitHub:”UOC/java-lti-1.3”: <https://github.com/UOC/java-lti-1.3> (2024 年 6 月アクセス)
- (10) qsm.com:”Function Point Languages Table — QSM”, <https://www.qsm.com/resources/function-point-languages-table> (2024 年 6 月アクセス)
- (11) 1EdTech:”LTI Platforms - Reference Implementation Test Tool - 1EdTech” <https://lti-ri.imsglobal.org/platforms> (2024 年 6 月アクセス)

多肢選択式数学オンラインテストの解答データに基づく 理解状況の可視化

本多葵^{*1}, 中村泰之^{*1}, Mark MacDonald^{*2}

^{*1} 名古屋大学, ^{*2} ランカスター大学

Visualization of Comprehension Status Based on Multiple-Choice Math Online Test Answer Data

Aoi Honda^{*1}, Yasuyuki Nakamura^{*1}, Mark MacDonald^{*2}

^{*1} Nagoya University, ^{*2} Lancaster University

We attempted to visualize whether or not the main purpose of online tests, i.e., to measure and improve comprehension, was fulfilled based on the response data of an online mathematics test administered at Lancaster University. The results suggest that the multiple attempts of the test contributed to the improvement of understanding through repetitive learning methods.

キーワード: 数学オンラインテスト, 解答データ分析

1. はじめに

多様化が謳われる現代社会では、個人の能力や特性に即した生き方が提唱され、緒方は教育においても一人ひとりに内容や学習手法を合わせた「個別最適な学び」の提供が求められていると述べている⁽¹⁾。あらゆるものが情報化していくなかで、個別最適な学びの実現を目指し注目されているのがラーニングアナリティクスであり、学習ログ等の情報の収集とその分析をもとにした教育支援、学習支援等を行う仕組みの確立に向けた研究や実装が進んでいる⁽²⁾。収集する学習ログの一つが成績である。教育現場では従来からテストの結果により成績の決定を行ってきた。テストには、定期試験や入学試験のような理解状況の評価を成績として記録することを目的としたもののほか、いわゆる小テストと呼ばれるような理解の増進に重きをおくテストも存在する。ラーニングアナリティクスを進めるにあたりこのようなテストもオンラインで行う仕組みが生まれており、その存在はコロナウイルスの蔓延に伴った遠隔教育の広まりとともに普遍化し、珍しいもの

ではなくなっている。

一方、実施されたオンラインテストについて、「理解状況の評価」のために十分なだけの種類の解答データを回収できていたか、「理解状況の評価」に適した問題及びテスト形式の設定であったか、「理解の増進」に貢献できるテストの特徴やフィードバックが用意されていたか、等の評価ができるだけの手立てが必要であるのに加え、指導者が自信をもって理解状況評価や理解の増進を行えるよう、これから作成され実施されるオンラインテストのための「理想のオンラインテスト像」が明確になっている必要がある。

本研究は、「理解状況の評価」と「理解の増進」というテスト本来の目的をオンラインテストが真に果たすことができるか否かを評価することを第一目的とした。「理解状況の評価」の観点から、理解状況の定義とその評価方法についての分析と可視化を行い、正確かつ効率的に理解状況进行评估するための問題設定と回収すべき解答データの妥当性に関する議論を進め、「理解の増進」の観点から、実施されたテストの特徴的な設定が理解状況の推移に及ぼした影響・効果について分析

して可視化を試み、理解状況の評価及び理解を増進させるための適切なオンラインテストの内容や設定に対する考察を行う。

2. 研究方法

本研究では、2022年に英国ランカスター大学の線形代数の講義で行われた数学オンラインテストの解答データを分析し、理解状況に関する可視化を試みた。今回分析したオンラインテストは真偽選択式で解答する形式であり、テストの内容は、時間をかけることで正答に近づく可能性が広がるような思考力や計算技術等を問う問題ではなく、分かれば解ける/分からなければ解けないというような基本概念の定着を問う問題で構成されている（図 1 参照）。1 回分のテストは、小問「A,B,C,D」の 4 問を単位とした大問「1,2,3,4,5」の 5 題から成る、全 20 問のテストであり、20 問の小問についてそれぞれに 3~6 個のバリエーションが用意されている（図 2 参照）。無回答での提出も許されるため、回収される解答は「真/偽/無回答」の 3 種類である。1 回のテストの制限時間は 2 時間に設定され、超過すると無回答のまま提出される。学生は期間内であれば何回でもテストを受験することができる。総合点数は、0~4 点で算出された大問単位での点数を 5 題分合算することで得られる。正解すると 1 点加算、不正解の場合は 0.5 点の減点、無回答であれば 0 点での換算が大問ごとに行われ、0 点以下になった大問は 0 点として扱われたうえで、合計点数が「総合点数」として記録される。

理解状況の定義とその評価方法については、収集された解答データから抽出可能なパラメータで理解状況を表現することを試み、また特徴的な設定と理解度の推移については、設定したパラメータに加え、扱った数学オンラインテストの特徴に関する情報を合わせ、分析と可視化を行った。理解状況を表現するパラメータとして「点数」と「理解度」の 2 種類の設定を行った。このテストの特徴的な設定は「ランダム出題」と「複数回の受験」、「フィードバックの提示」である。この 3 点の特徴のそれぞれと理解状況のパラメータとの関係性を可視化することにより、テストの目的を

果たすためのオンラインテストの理想像について傍証する。

今回利用できた解答データは、2022 年 10 月 6 日から同年 10 月 19 日までの 2 週間に提出された解答データであり、受験者 167 人分、716 回分の記録が含まれており、個人の受験回数は最低 1 回、最高 8 回であった。

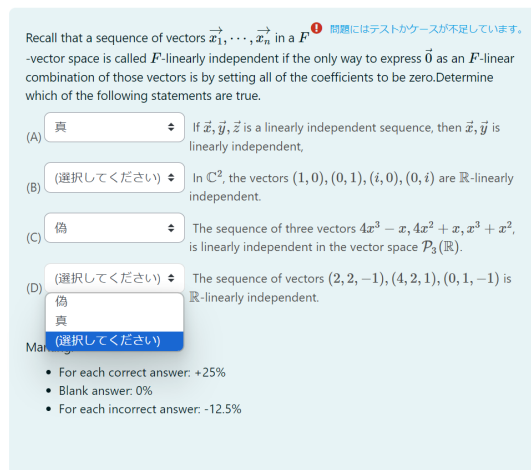


図 1 オンラインテストの例

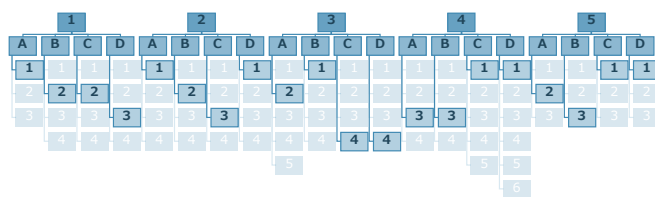


図 2 出題テストの選択例

3. 結果

パラメータとして「点数」と「理解度」を用いた。「点数」には解答データに含まれる「総合点数」のそのものを用い、「理解度」については、今回のオンラインテストが基本概念を問うものであったことを踏まえ、より理解ができているほど長時間の悩みを伴うことなく短い時間で正しい選択をできる、真に理解ができている状態であればより短い悩み時間で正答できるという論理を仮定した上で、「総合点数」を開始時刻から提出時刻までの差分を計算した「取組時間」で除算することによって算出した。

3.1 ランダム出題と理解状況

「ランダム出題」という特徴についての正当性を調

べる。ここで難易度に関して、誤答が多い問題ほど難易度が高いとして、誤答発生率の計算によって検討を行った。より精密な難易度の数値化については、項目反応理論を用いる必要があるが、今回は情報の不足により断念した。情報が十分に揃った状態で改めて分析し直す価値がある。誤答発生率は誤答が発生した回数をそれぞれが出題された回数でそれぞれ除算し百分率化することで数値化した。

図3は小問ごとの誤答発生率を示す。平均誤答発生率は29.57%であった。難しい問題から簡単な問題まで満遍なく出題できたようにも見受けられる。しかし、ランダムに出題される各小問のそれぞれのバリエーションについての誤答発生率についての算出を行うと、同じ小問のバリエーション内での誤答発生率にばらつきがあることが確認された(図4)。同程度の理解力の生徒であったとしても、誤答発生率の低い問題が出題された場合と誤答発生率の高い問題が出題された場合で点数に違いが出てしまう可能性が高く、理解状況の評価が正確に行えるとは考えにくい。

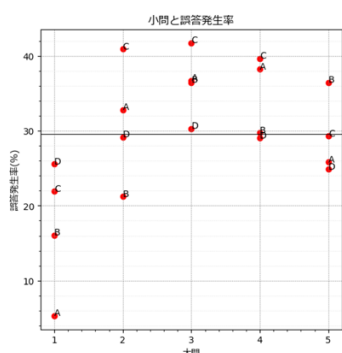


図3 各小問の誤答発生率

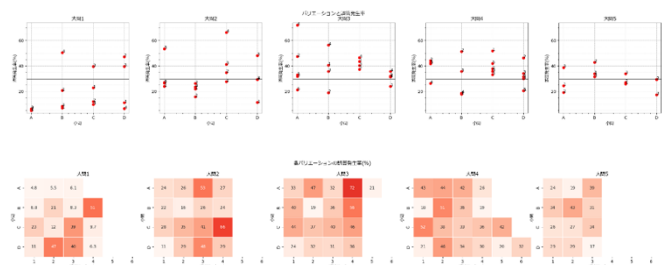


図4 各バリエーションの誤答発生率

ここで、ランダムに選出されたバリエーションについて、それぞれの選出率を図5に示した。選出率はバリエーションが出題された回数を全体の解答数で除算

して百分率で表している。選出率にもバリエーション間での差を確認できる。誤答発生率と照らし合わせると、誤答発生率に差のない小問での選択率にばらつきがあることから、ランダム選出のシステムに何らかの問題があったことが否定できないほか、大問3 小問Aに至っては誤答発生率の極端に高いバリエーションの選出率が非常に低いことに加え、今回の解答データが提出されたもののみであったことを考慮すると、難しい問題に当たった受験者が解答途中のテストを放棄したとも考えられ、難易度の高すぎるバリエーションの存在が学習者の意欲の低下を招いた可能性も十分に考えられる。

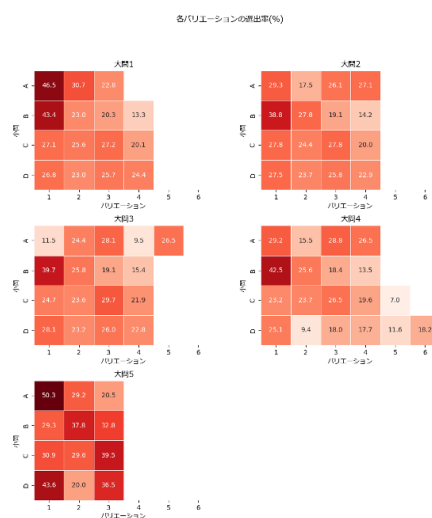


図5 各バリエーションの選出率

3.2 複数回の受験と理解状況

複数回の受験が可能であったことについて、理解状況の推移に及ぼした影響に関する可視化を試みた。総受験回数に関わらず、全員分の「1回目」「2回目」「3回目」といった集計を行っている。総合点数、理解度ともに回数を重ねるほどに概ね上昇しているといっ

て良い(図6)。複数回の受験を通して、よりよい結果を残せるようになることから、MacDonaldによる初回平均と最終平均の比較^③と同様に、複数回の受験すなわち反復学習による理解度上昇が示唆された。

複数回の受験を重ねることで点数の上昇が見られ、自己ベストが出たテストについての散布図も重ねたことにより、自己ベストは複数回の受験のうちの後半に記録できていたことが確認できた。1 回受験者のグループは 1 回目の受験で十分に高い点数を記録できているのに対し、複数回の受験者のグループはいずれも 1 回目の受験は全体の平均点よりも低い点数の記録となっている。最終的な点数は、7 回受験者のグループを除き、12～14 点と平均よりも高い値での記録となっており、MacDonald が 2021 年に得たオンラインテスト受験者からのコメントにて受験者自身が複数の真偽判定問題の解答によって理解度の確認の達成を実感できたなどと回答したこと⁽⁴⁾と合わせると、再受験をやめたタイミングは受験者たちが点数に満足した時点であると考えられる。

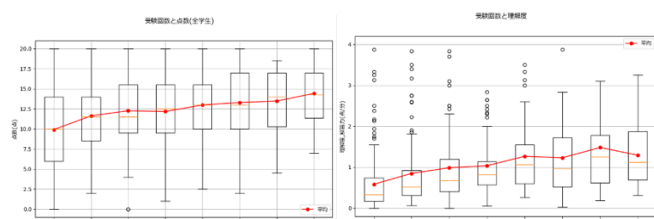


図 6 受験回数と点数、理解度の推移

3.3 フィードバックと理解状況

テストの度に表示されるフィードバックの活用について、フィードバックを読んで対応できる時間はテスト終了から次回テストの開始までの時間であるとし、

受験間隔を分単位で計算したものを指標とした分析を行い、可視化を試みた（図 8）。指標やグループ化に関する再検討は必要ではあるものの、受験回数が多いグループに関して、受験間隔が短くなるにつれて理解度が高くなる傾向が見受けられた。これは、受験を重ねることでフィードバックの参照も重なり、同じ内容がゆえに徐々に参照時間が短くなったこと、反復学習の記憶が新しいほど高い理解度が得られることが示唆される。今回のフィードバックの内容・形式ともに、理解の増進に効果的であったとの評価をしてよいと考える。

4. まとめ

本研究で試みた分析と可視化により、扱った数学オンラインテストに関する「理解状況の評価」と「理解の増進」という目的に即した評価について、オンラインテストの準備、収集する情報、情報の分析手法に対するさらなる検討と改善が要され则认为る。

準備段階において、本テストは「小問がランダムに選出される」という特徴的な機能を持ちながら、得点のしやすさに明らかな差異が生じており、難易度の観点を含めた作問が不十分であったと判断できるため、難易度が均一とわかっている問題を用意してランダム出題の選択肢とする、難易度も同時に数値化して分析ができるようにするための受験者の能力値等の情報をさらに収集する、ランダム出題以外の出題形式を検討

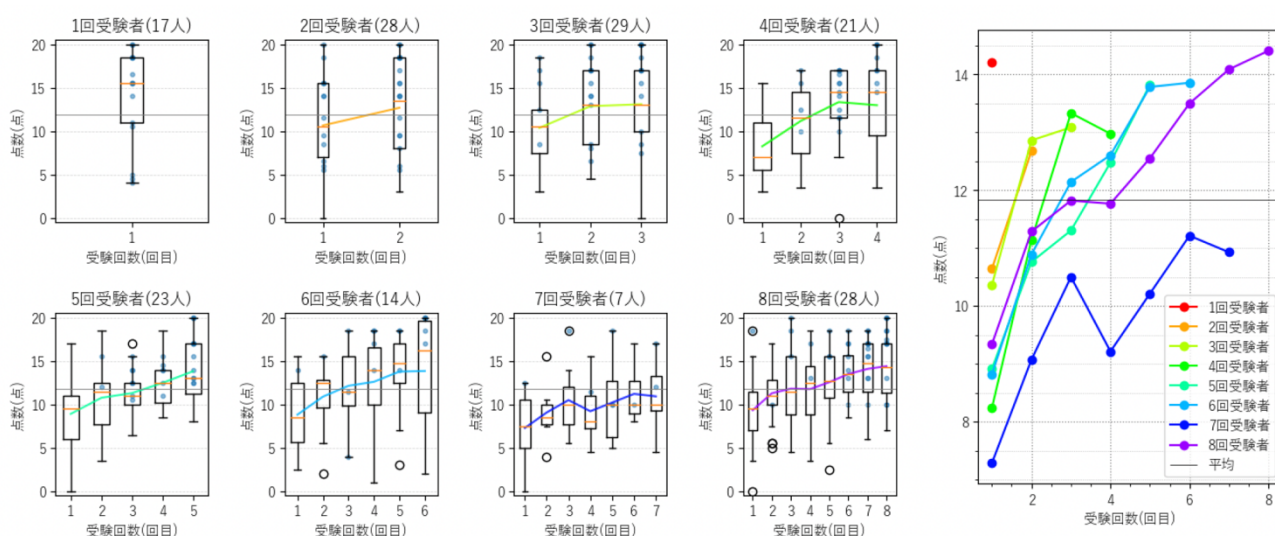


図 7 受験回数と点数の推移

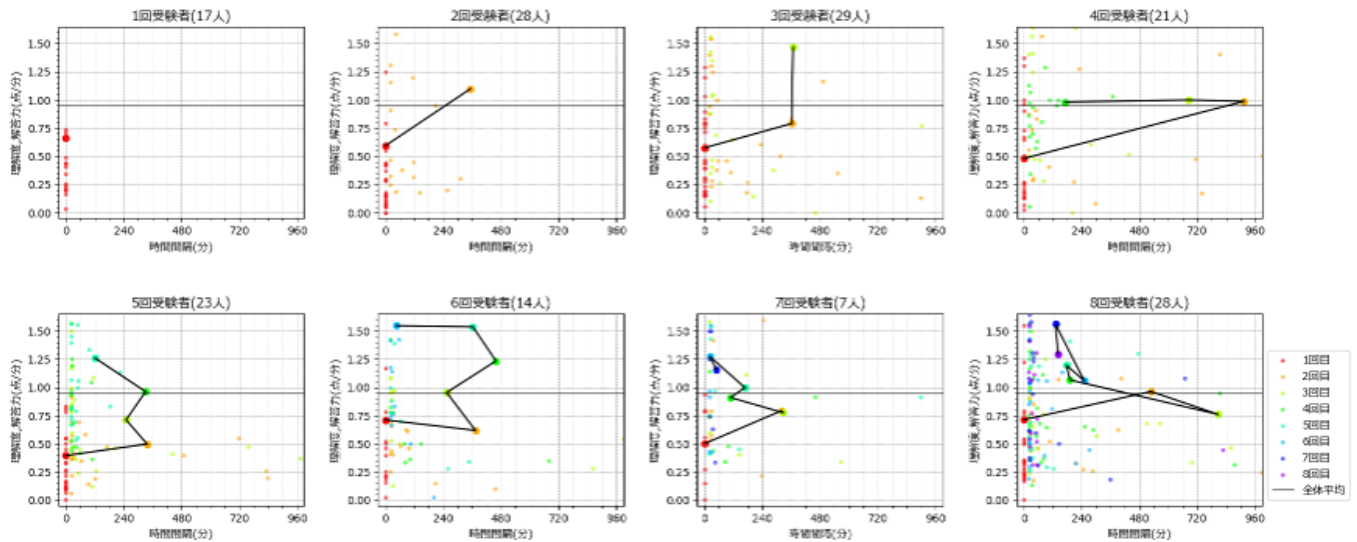


図 8 受験間隔と理解度

する等の改善が必要であることが示唆された。

収集段階において、「提出されていないデータ」「提出前に解答の選択が変更されたデータ」等が難易度、理解状況、どちらの分析の結果も左右しうするため、それらを含めたデータセットの作成を行うべきである。受験者の理解状況を正確に評価する観点、オンラインテストのデータとして有用な情報を集める観点から、受験期間内の学生の学習行動に関する情報、項目反応理論が適用できるだけの学生の能力に関する情報等を同時に集計できるしくみの確立が必要である。本研究ではフィードバック等についての知見を求め独自に時間間隔を一つの指標として理解状況との関わりについての分析を行ったが、扱うことのできた情報はテストに開始時刻と提出時刻のみに限られており、十分な議論ができるほどの分析は行えなかった。フィードバックや復習学習等の効果についてより明確化するために、フィードバック画面の表示時間や再受験前の学習時間、学習方法、学習内容等のデータをさらに収集する必要がある。また、今回の時間データは 20 問全体で 1 セットの開始時刻と提出時刻のみの収集であったが、大問ごと、小問ごとの解答時間も含めて計測し分析することで、より細かな個人の理解度評価ができ、個別最適な学習支援につなげることに貢献できる。理解度と長さや使い方といった時間情報との関係性をより強固に裏付けた上で、個人の得意や苦手を明らかにし、

より効果的なフィードバックができるオンラインテストを理想の 1 つとして目指していくべきだと考える。

分析段階において、学生のグループ化についてはより多くのパラメータが必要だと考える。今回用いた「総受験回数」については、同じ回数の受験者でも、事情の異なる受験者が多くいたはずである。理解状況の推移のしかた、受験間隔の変化のしかた、その他何らかのグループ化によってテストの相性であったり、フィードバックの向き不向き等に差がでるような視点があれば、クラス編成や問題セットの改善等にも活用可能である。また、誤答の種類に関する分析視点も必要である。見当違いの誤答であるのか、集中力の低下によるケアレスミスであるのか、等の分析は今回の解答データから見出すことは難しかった。受験者の元来の能力値や学習パターン、細かな解答時間、詳細な解答推移、付随する学習情報、生活習慣等も踏まえた分析が求められる。

参考文献

- (1) 緒方広明, 江口悦弘: “学びを変えるラーニングアナリティクス”, 日経 BP, (2023)
- (2) 古川雅子, 山地一禎, 緒方広明, 木實新一, 財部恵子: “学びの羅針盤—ラーニングアナリティクス”, 丸善出版, (2020)
- (3) Mark MacDonald: Comparing multi-attempt quizzes

between modules. E-Assessment in Mathematical Sciences 2023,

<https://eams.ncl.ac.uk/sessions/2023/comparing-multi-attempt-quizzes-between-modules/>

(2024 年 6 月 20 日確認)

- (4) Mark MacDonald: Measuring learning gain in multi-attempt quizzes. E-Assessment in Mathematical Sciences 2022,

<https://eams.ncl.ac.uk/sessions/2022/measuring-learning-gain-in-multi-attempt-quizzes/>

(2024 年 6 月 20 日確認)

算数文章題の作問課題グラフに基づく

段階的学習環境の設計と開発

林 雄介^{*1}, 山本 凚人^{*1}, 平嶋 宗^{*1}

^{*1} 広島大学大学院先進理工系科学研究科

Design and Development of a Step-by-Step Learning Environment Based on an Arithmetic Word Problem Posing Task Graph

Yusuke HAYASHI^{*1}, Nagito YAYAMOTO^{*1}, Tsukasa HIRASHIMA^{*1}

^{*1} Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University

本稿では、算数文章題の作問学習に注目し、作問を段階的に学べる環境を提案する。段階的な学びの基盤として、算数文章題が成立するための構造的条件をまとめたドメインモデルに基づき、作問時に考慮しなければいけない条件の数で難易度を設定することで、作問課題の関係を作問課題グラフとしてまとめた。そして、それに基づいて段階的作問学習環境モンサクン・ステップを設計・開発した。その有効性を検証するために、大学生を対象とした実験を行った。結果として、モンサクン・ステップを使用することで、特に算数文章題の構造的理解が低い学習者に対して効果が高い可能性が示された。

キーワード: ドメインモデリング, 段階的学習環境, 算数文章題, 作問学習

1. はじめに

算数・数学教育で重要視されているものの一つとして、「数学的モデリング」がある⁽¹⁾。これは、「現実の世界」の問題を「数学の世界」で「数学的モデル」としてモデル化することで「数学的な問題」に変換し、「数学的結論」を導くことで「現実の世界」の問題の解を求めることである。「現実の世界」の問題を「数学的モデル」として表すためには、定式化（単純化，理想化，近似，仮定の設定，記号化，形式化）に関する能力，「数学的モデル」を処理して「数学的結論」を得るためには，数学的作業（数学的理論や手法）に関する能力，「数学的結論」を「現実の世界」での解として扱うには，その解を解釈し評価，比較をする能力が求められる。このように，「数学的モデリング」では「現実の世界」と「数学の世界」を行き来することで，数学の

持つ有用性，現実事象と数学との関係，さらには，新たな問題に直面した際の解決の方法を，身につけさせることをねらいとしている。この考え方に基づいて，算数・数学教育の中では「現実の世界」と「数学の世界」の関係を理解する支援を行うために，現実の問題から数学的モデルの生成過程に関する考察や，数学的モデル化が行われる教材の条件分析，分析に基づいた数学的モデリングの育成に関する実践的授業の実施など，様々な取り組みが行われている。

本研究では，数学的モデリングを学ぶための方法の一つとして算数文章題を位置付ける。これについては算数・数学教育の中でも賛否両論がある⁽²⁾。Kaiser⁽³⁾は数学的モデリングの特徴は真正性にあり，例えば，算数文章題は現実の問題を捨象して過度に単純化された問題であるので，数学的モデリングとは別であると述べている。その一方で，Verschaffel ら⁽⁴⁾は，学校の文

脈の中で設定された問題と、学校の外で直面する本格的な現実世界のモデリング問題には確かに違いはあるが、適切に設計され、数学教育の文脈で取り扱われた文章題は、現実生活で遭遇する可能性のある本格的な数学モデリング問題の正確で貴重な「模倣」として機能することができる。ここでは、Verschaffel らの考えに沿って、算数文章題を数学的モデリングを学ぶためのステップの一つとして位置付ける。

本研究で注目するのは、「現実の世界」の問題を「数学的モデル」として表すための定式化のステップであるが、その中でも特に、数学的作業を可能にするための定式化に注目する。「現実の世界」の問題を数学的結論を得るための「数学的モデル」として表すためには、「現実の世界」と「数学的モデル」が対応していることに加えて、その「数学的モデル」が数学的作業を適用して数学的結論としての解を導けるものでなくてはならない。算数文章題では、「現実の世界」が単純化して記述されているが、その単純化された記述の中から得られる要素がどのように数学的結論としての解を導けるような「数学的モデル」と対応するかを理解することを目標とする。

そのための手法として、本研究では算数文章題の作問に注目する。算数文章題は解くよりも作ること（＝作問学習）でより効果がみられる。作問学習は、解法（算数文章題→数式）の適用条件を意識化させ、その意識化が解法の適用条件の適切な理解に基づく使いこなし（解法定着）に効果的であることの示唆がされている。そのため、数学的モデリングにおいても重要視されている要素間の関係を理解する支援を行うことができる。作問学習は関係理解に有効な学習方法だとされながらも、学習者と教授者にとって負荷が大きいことから教育現場では実施の難しさがあった。

単文統合型作問学習環境「モンサクン」は、教育現場での作問学習の実施の難しさを解消し、「現実の世界」の単純化である問題文と「数学的モデル」としての数式の構造的関係性の理解を支援するためのものである⁽⁴⁾⁽⁵⁾。本研究では、算数文章題の作問課題グラフとして作問課題をそこで要求される思考で構造化し、その構

造から学習パスの系列をすることで、段階的な作問学習環境を提案する。

2. 単文統合型作問学習環境「モンサクン」

作問学習を三文構成モデルに基づいてシステム化したものが算数文章題作問学習環境「モンサクン」である。三文構成モデルは、算数文章題の問題文と数式の関係性を記述するためのモデルであり、問題文を数量ごとの単文に分解し、その意味的な数量関係と数式を対応づけるものである。モンサクンは三文構成モデルに基づいて、学習者が単文の取捨選択を行い、組み立てることで作問を実施し、即時の正誤判定やフィードバックを受けることができる学習環境であり、即時の正誤判定やフィードバックによって、作問学習の難しさを解決し、作問をタブレット・パソコン端末上で実行できるように開発されたシステムである。モンサクンでは単位算数文章題を扱い、単文統合により作問を行うことで、算数文章題と数式の関係性の理解を促進することを目的としている。単位算数文章題とは、1回の演算で数量関係を表すことができる物語において1つ未知数を設定したものである。例として、「リンゴが3個あります。リンゴを5個買ったので、8個になりました」というのは「 $3 + 5 = 8$ 」という式で数量関係を表せる単位算数物語である。これを「リンゴが3個あります。」「リンゴを5個買いました。」「リンゴが8個あります」と3つの文に分解して、増えた後のリンゴの数を未知数とすると、単位算数文章題となる。三文構成モデルでは、数式を量の存在を表す存在文と2つの量の関係を表す関係文の2種類の文の組み合わせで単位算数文章題の組み立てができるものとして定式化している。先程の例では、「リンゴが3個あります」（存在文）、「リンゴを5個買いました」（関係文）、「リンゴが8個あります」（存在文）という存在文2つと関係文1つで構成することができる。モンサクンでの単文統合型作問とは単文として表される存在文や関係文を組み合わせることで作問を行うものである。モンサクンの各問題の正解は一意に決まり、制約に応じた問題の関係を理解することができる。モンサクンは算数文章題（現実の世界）で表された数量関係を意識して、

作問学習活動を実施させている。算数文章題で扱われる題材は「現実の世界」を簡略化しており数量関係を意識させないという主張があるが、本研究では作問学習により、数量関係を意識した学習を行わせることで、数学的モデリングで扱う「現実の世界」と「数学の世界」の関係を意識させるものとなっていると言える。

本研究では、「算数文章題が示す具体的状況」と「その状況から導かれる数式」の関係を説明させることを目的としている。モンサクンでは、「発見的」で「自己調整的」に学ぶことを通じて、「現実の世界」と「数学の世界」の関係の理解を促している。それに対して、本研究では「関係」を「段階的」で「適応的」に学べる環境づくりを目標としている。モンサクンは、作成する算数文章題の条件を提示し、学習者が数量と数式の具体的な関係を見つけながら、その背後にある原理を自己調整的に学んでいくことで学習者が制約に合った問題の関係理解することを目的としている。モンサクンは、関係を学習者が発見的に見つけ、学習者自身で学習状況を把握して学んでいくという意味で「モンサクン」は算数文章題における「数量関係」を「発見的」で「自己調整的」に学ぶ環境となっている。

算数文章題と数式の関係の理解を促すことを支援しているモンサクンでは、この関係を発見的に学んでおり、関係を把握する活動は数学的モデリングにおいても重要な能力となる。また、モンサクンは自己調整的に学んでいく学習方針であるが、学習者の能力や学習状況によっては学習者に応じて適切な支援が必要になる。そこで、本研究では「発見的」になっている関係を「段階的」にして、「自己調整的」に学んでいくことが難しい学習者に対して「適応的」な支援を行う。本研究の目的は、数学的モデリングで扱う「現実の世界」と「数学の世界」の関係の理解を促す支援を行うために「段階的」で「適応的」な演習環境を作ることである。

3. 算数文章題の作問課題の構造化

3.1 三文構成モデル

Hirashima らは算数文章題の構造を3つの文で構成されるものとして、三文構成モデルを提案している⁽⁶⁾。

三文構成モデルでは、算数文章題の構成要素を存在文と関係文という2つの種類の文の組み合わせとして提議している。存在文は、「もの」の数量を静的に示す文であり、「リンゴが3個あります」「子どもが5人います」といったものである。関係文は、2つの数量を関係付けるものであり、物語の種類に対応する。加減算では「合併」「比較」「増加」「減少」という4つの物語の種類が定義されており⁽⁷⁾、例えば、合併では「リンゴとミカンが合わせて8個あります」といったように2つの異なる数量の和の関係を表したり、減少では「リンゴを2つ食べました」のようにある数量の時間的変化を表す。このような存在文2つと関係文1つを組み合わせることで、「リンゴが2個あります」「リンゴを3個買いました」「リンゴが5個あります」という $2+3=5$ という数式を表すことができる文章を構成できることを示している。そして、この文章のいずれかの数を未知数とすることで「 $2+3$ 」で解ける「リンゴが2個あります」「リンゴを3個買いました」「リンゴが？個あります」といった算数文章題や「 $5-2$ 」で解ける「リンゴが？個あります」「リンゴを3個買いました」「リンゴが5個あります」といった算数文章題を構成できることを示している。

3.2 モンサクンでの単文統合型作問

林らは作問活動を三文構成モデルに基づく制約充足問題として位置付けている⁽⁶⁾。モンサクンでの単文統合型作問では三文構成モデルに基づいた3つの制約と課題の条件に基づいた2つの制約という合計5つの制約⁽⁶⁾があり、それら5つの制約を満たして作問しなければならない。

まず、三文構成モデルに基づいて、「文構成」「オブジェクト」「数量」の3つの制約を満たす必要がある。「文構成」を満たすためには、選んだ3つの単文カードのうち、2つが存在文、1つが関係文になっている必要がある。「オブジェクト」を満たすには、選択した単文カードのオブジェクト関係が正しく構成されている必要がある。「数量」を満たすには、選択した単文カードの数量関係が正しく構成されている必要がある。

また、課題の条件に基づいて、「計算式」「物語」の

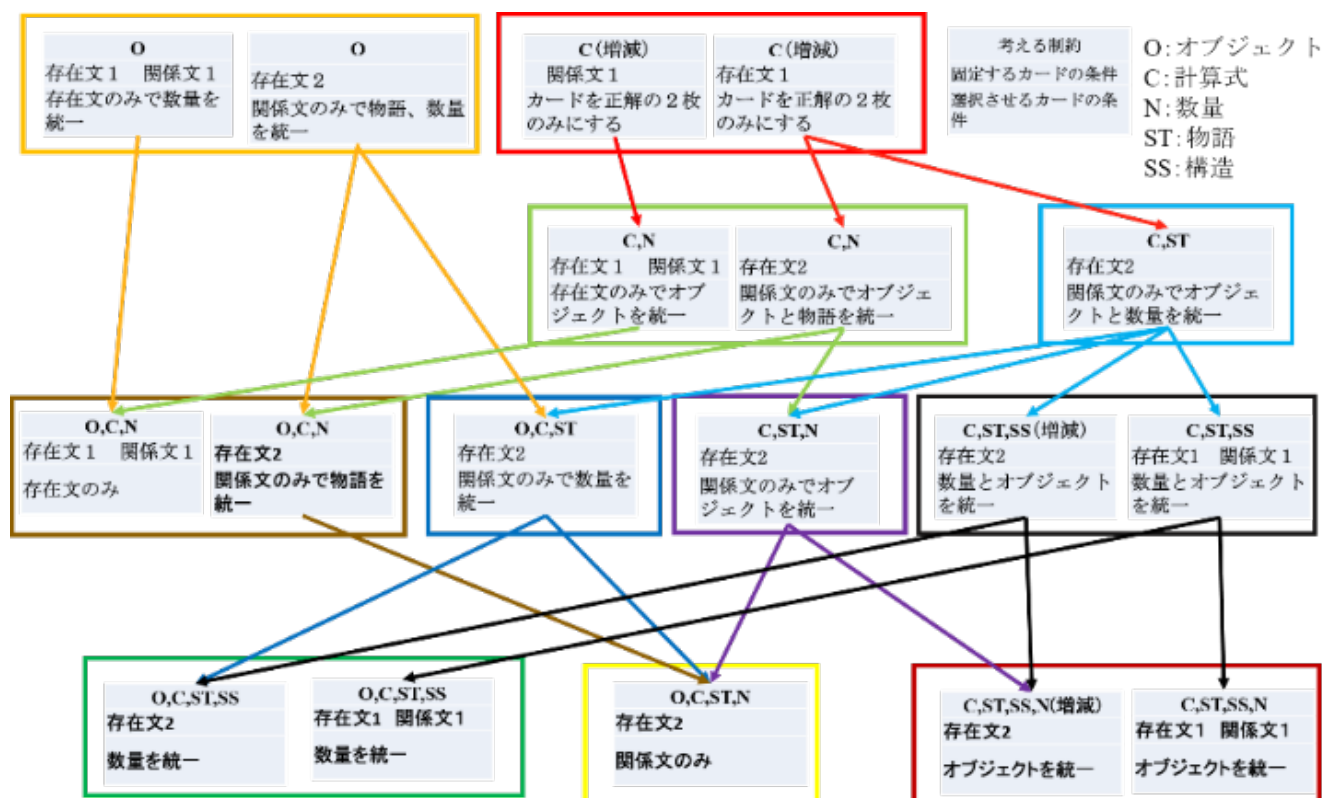


図 1 算数文章題の作問課題グラフ

2つの制約を満たす必要がある。モンサクンでは、課題に「式」や「お話の種類」を指定するため、課題に応じた「計算式」「物語」の条件がある。「計算式」を満たすには、課題の計算式の条件を満たす必要がある。例えば、「 $3 + 5 = ?$ 」で計算できる問題を作ることが条件ならば、3つの単文カードによって成立する式が「 $3 + 5 = ?$ 」でなければならない。その際に「リンゴが2個あります」「リンゴを?個買いました」「リンゴが5個あります」という順番で単文カードを並べると「 $2 + ? = 5$ 」の計算式となり間違いとなる。「物語」を満たすには、3つの単文カードのうち1枚が関係文であり、その関係文の物語と課題で指定された物語が一致している必要がある。例えば、「減るといくつ」のお話を作るとする。その際に、「ミカンが5つあります」「ミカンが1つ買いました」「ミカンが?個あります」という順番で単文カードを並べると、「増えるといくつ」のお話を作っている。そのため、実際に作った物語と課題の物語が異なるので間違いとなる。

以上から、算数文章題における作問課題で満たすべき制約としては「文構成」「オブジェクト」「数量」「計算式」「物語」の5つが課されている。これらの制約を理解していることが算数文章題と数式の関係を理解し

ていることとなる。

3.3 算数文章題の作問課題グラフ

嶋川らは作問課題の体系化を行い、制約が段階的かつ差分的になるように設計した⁽⁷⁾。体系化を行うために、作問課題を制約ごとに分類・整理をして、制約ごとの作問課題の作成可能性を考えており、作成可能な作問課題について制約の個数やつながりによって学習順序を踏まえた設計されている。設計は制約が1つずつ徐々にふえていくというような段階的になっており、次の問題を解こうとしたときにはその前提条件となる制約での問題が解けていないと進めないというような差分的な課題設計になっている。具体的には「計算式・数量」の制約の作問課題に取り組むときには、前提の制約となる「計算式」に取り組んでいないと、課題に取り組めない。

モンサクンでの単文統合型作問は、5つの制約を同時に考えさせる作問課題になっているのに対して、嶋川は段階的かつ差分的に考えさせる作問課題になっている。また、考えるべき制約を明示することで、着目すべき制約がわかりやすくなっている。

4. 段階的作問学習環境 「モンサクン・ステップ」

本研究では、算数文章題の作問課題グラフから1本のパスを選択して、実装することで段階的な作問学習環境を設計、開発した。算数文章題の作問課題グラフでは、作問課題間の推移を一意に決定できず、様々なパスがある。これは学習者の理解状態に合わせた適応的なパス選択のベースとなり得るが、現状では、学習者の理解状態を測定する技術を確立できていないために、学習者や教師が適切な作問課題を選択することは難しい。よって、作問課題グラフから1本のパスを選択した学習環境を構築することで、段階的な作問学習環境の有効性を検証する。また、今回利用したパスは、基本的な要素から学習を進めることを想定して選択したが、この選択によっても学習効果が変わると考えられるので、今後の検討が必要である。図2に今回選択したパスを示す。

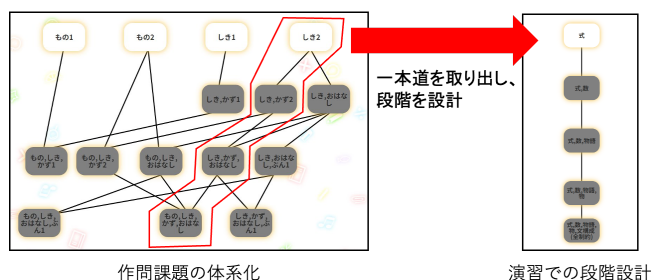


図2 今回選択したパス

学習者が作問学習環境で利用する際には、図3のよう示される。本稿では紙面の都合上、詳細は割愛するが、正誤判定に加えて、図4のように学習者の初回解答時の解答への自信度を入力してもらうことによって、学習者の理解状態を簡易的に表示するようにしている。今回の設定では、学習者は一度作問課題群を解

くと、次の段階の作問課題群を選択できるようになっている。各作問課題群は16問から構成されている。

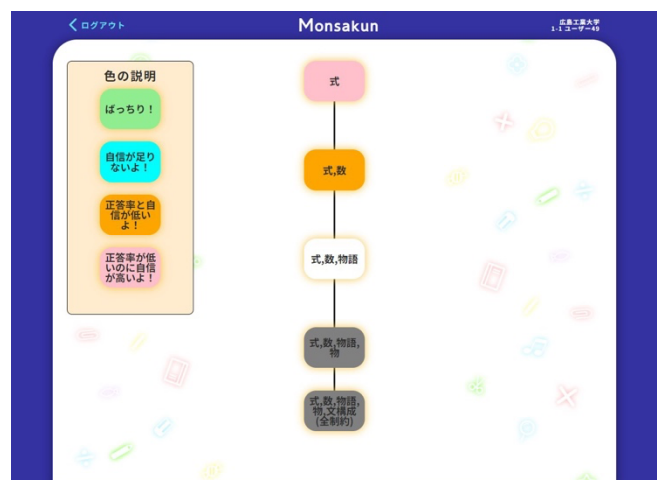


図3 作問課題選択画面

図5と図6に作問課題例を示す。図5は「式」の作問課題の例であり、この作問課題では、3文構成モデルの制約上は作問された文章題から正しく生成できる式が作問課題で支持されたものと一致するかどうか以外の「数」「物語」「物」「文構成」といった制約は間違えないことになっている。この作問課題では、右側の2つの文のどちらかを2番目の文として使うかが選択肢となる。正解は「消しゴムを2つももらいました」を2番目の文として使うことであり、この文を3番目にしてしまうと、もらう前の数が3と?のどちらなのかが確定しない問題文になってしまっていて、式を立てることができないため、「式」の制約に関する作問課題となっている。

図6は、「式・数・物語」の作問課題の例であり、こちらは、利用する文をどれにするかで、「式・数・物語」のいずれか、または複数の制約を満たさない解答を作成できてしまう。

モンサクン・ステップでは、このように個々の作問

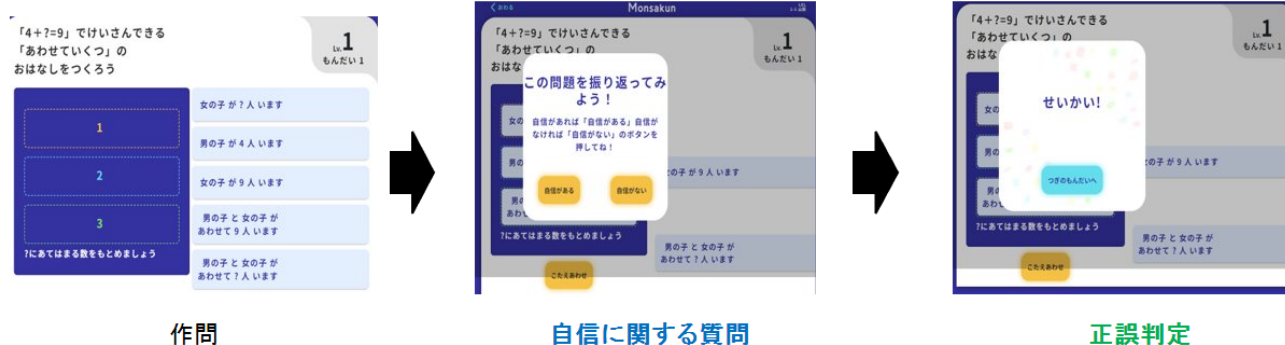


図4 解答の流れ

課題において考えなければいけない制約を明確にすることによって、学習者が1回の加減算で解ける算数文章題が成立するための制約の種類と中身を段階的に学べるようにしている。

「3+2」でけいさんできる
「ふえるといくつ」の
おはなしをつくろう

式
もんだい 1

式にちゅういしよう!!

消しゴムが3つあります

2

3

消しゴムを2つもらいました

消しゴムが?つあります

図 5 「式」の作問課題の例

「4+1」でけいさんできる
「ふえるといくつ」の
おはなしをつくろう

式,数,物語
もんだい 1

式,数,物語にちゅういしよう!!

バイクが4台あります

2

バイクが?台あります

バイクが?台来ました

バイクが1台帰りました

バイクが3台来ました

バイクが1台来ました

図 6 「式・数・物語」の作問課題の例

5. 大学生による予備的評価

モンサクン・ステップの利用を通じて「算数文章題が示す具体的状況」と「その状況から導かれる数式」の関係を説明ができるようになるかを調べるために大学生による予備的評価を行った。対象は広島県内の私立大学の情報系学部および大学院の学生 18 名である。

調査手順を以下に示す。

- 1. プレテスト(10 分)
- 2. モンサクンの説明(5 分)
- 3. モンサクンの利用(15 分)
- 4. 中間テスト(10 分)
- 5. モンサクン・ステップ説明時間(5 分)
- 6. モンサクン・ステップ(25 分)

7. ポストテスト(10 分)

8. アンケート(5 分)

モンサクンおよびモンサクン・ステップを用いた演習の効果を測るためにプレ・中間・ポストの 3 回のテストを行った。各回の内容は同一であり、問題数は 8 問でそれぞれの問題には小問 1～3 から構成される。各小問は以下のように設定している。

- 小問 1：算数文章題と数式を与えて、文章題から数式を作成可能かどうか選ばせる
- 小問 2：(問 1 で作成不可能を選んだ人のみ) 原因となる制約にチェックマークを入れてもらう
- 小問 3：(問 1 で作成不可能を選んだ人のみ) 原因について学習者自身で自分の言葉で説明（言語化）してもらう

問題の例を表 1 に示す。

表 1 テスト問題の例

問題 1	以下の算数文章題があります。 「ミカンが 5 つあります。なしを 3 つ買いました。ミカンが ? つあります。」
小問 1	上記の文章は「5 + 3」で計算可能ですか？ <input type="radio"/> 「5 + 3」で計算できる <input type="radio"/> 「5 + 3」で計算できない
小問 2	計算できない理由となる箇所にチェックを入れてください（複数選択可） <input type="checkbox"/> 物があっていない <input type="checkbox"/> 計算式があっていない <input type="checkbox"/> 数量があっていない <input type="checkbox"/> 物語があっていない <input type="checkbox"/> 文の構成があっていない
小問 3	計算ができない原因を自分の言葉を用いて説明して下さい

予備的評価の結果として、プレテストの小問 3 でのスコアの中央値によって上位群(10 名)・下位群(8 名)の 2 群に分け、ここでは小問 2, 3 の結果について述べる。ここで小問 3 での成績で群分けしたのは、本研究の目標とするのが、また、小問 2, 3 は複数の解答をすることが可能なため、余分な解答が含まれている場合もある。よって、適合率と再現率を用いた F 値 (F1-score) で評価した。小問 3 の評価については、著者らによって被験者の記述した内容について基準とする記述を設定して、各解答におけるそれらの記述の有無を確認した。

図 7 に小問 2 の結果として上位群・下位群の各テストの中央値と第 1 および第 3 四分位数、群内および群

間比較の p 値および効果量を示す。 p 値は群内はウィルコクソンの符号順位検定、群間はウィルコクソンの順位和検定を用いて算出し、holm 法によって調整した。効果量は cliff's Δ を用いた。

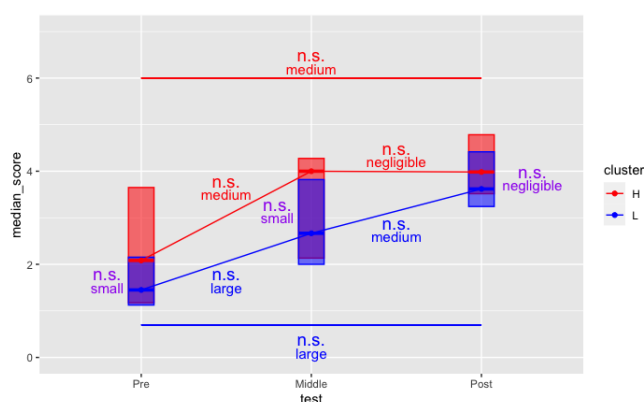


図 7 小問 2 のプレ・中間・ポストでの
F 値 (F1-score) の推移

群間については、すべてのテストの段階で有意差は現れなかった。群内では、どちらも各テスト間で有意差はなかった。以上から、小問 2 に関しては、モンサクンおよびモンサクン・ステップの利用を経ても変化はなかったと言える。

図 8 に小問 3 の結果として上位群・下位群の各テストの中央値と第 1 および第 3 四分位数、群内および群間比較の p 値および効果量を示す。 p 値は群内はウィルコクソンの符号順位検定、群間はウィルコクソンの順位和検定を用いて算出し、holm 法によって調整した。効果量は cliff's Δ を用いた。

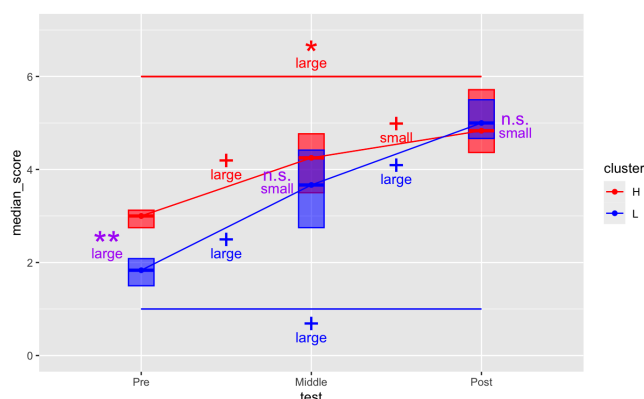


図 8 小問 3 のプレ・中間・ポストでの
F 値 (F1-score) の推移

群間については、プレテストの段階では、1%水準で有意差があったが、モンサクン利用後の中間テストお

よびモンサクン・ステップ利用後のポストテストの時点では有意差は現れなかった。

上位群内ではプレ・中間、中間・ポストの間では有意傾向で、プレ・ポスト間で有意差があった。プレ・中間では効果量は大であったが、中間・ポストでは効果量は小であった。

下位群内ではプレ・中間、中間・ポストの間では有意傾向で、プレ・ポスト間で有意差があったのは上位群と同様であるが、プレ・中間では効果量は大であるのと同時に、中間・ポストでも効果量は大であった。

よって、小問 3 に関しては、両群ともに同じような傾向として、最終的にモンサクンおよびモンサクン・ステップの利用を経て、2 群間の差が解消されているという小問 2 と同じ傾向があるが、下位群に対してモンサクン・ステップはモンサクンよりも効果が高い可能性があるといえる。

6. おわりに

本稿では、数学的モデリングにおける定式化、特に「数学の世界」での数学的作業を可能にするための定式化について着目し、そのための演習として算数文章題の作問学習の段階的演習環境モンサクン・ステップを提案した。モンサクン・ステップの設計においては、三文構成モデルをベースとして、作問課題グラフとして単文統合型作問課題を構造化することで、考える要素が少ない作問課題から、考える要素が多い作問課題への関係を定義することによって、作問課題の段階を定義した。この作問課題グラフを辿ることによって、段階的な作問演習を実現できる。

今回は、作問課題グラフから一つのパスを抽出することで、試験的な段階的な作問学習環境を開発し、予備的な評価として大学生を被験者とした実験を行った。その結果として、算数文章題の構成の理解に効果があると共に、特に理解が低い学習者にとって、モンサクンだけでは学びきれない部分について学習に効果があることが示唆された。

今後の課題としては、より多くの被験者による学習効果の検証を通じた、モンサクン・ステップの有効性の確認をすると共に、作問課題グラフを用いた適応的

な作問学習環境の構築を検討したい。作問課題グラフに加えて、学習者の理解状況の推定（学習者モデルの構築）と作問課題グラフと学習者の理解状況の組合せによる適応的な作問課題の提案について検討したいと考えている。

謝辞

実験に協力していただいた広島工業大学情報学部松本慎平教授および広島工業大学情報学部、大学院工学系研究科の学生の皆さまに感謝いたします。

参 考 文 献

- (1) 池田敏和: 数学的モデリングを促進する考え方に関する研究. 日本数学教育学会誌 **81**, 3–18 (1999)
- (2) Verschaffel, L., Schukajlow, S., Star, J. & Van Dooren, W. Word problems in mathematics education: a survey. *ZDM* **52**, 1–16 (2020)
- (3) Kaiser, G: The teaching and learning of mathematical modeling. In J. Cai (Ed.), *Compendium for research in mathematics education*, pp. 267–291. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics (2017)
- (4) 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,” *電子情報通信学会論文誌 D*, vol. 96, no. 10, pp. 2440–2451, (2013)
- (5) 林雄介, 山元翔 & 平嶋宗. 算数文章題における物語の構造分析. 先進的学習科学と工学研究会 **68**, 7–12 (2013)
- (6) Hirashima, T., Yamamoto, S. and Hayashi, Y., “Triplet Structure Model of Arithmetical Word Problems for Learning by Problem-Posing,” *Proceedings of HCI international 2014 Part II*, pp. 42–50 (2014)
- (7) Riley, M. S, Greeno, J. G, Heller, J. I.: Development of children's problem-solving ability in arithmetic, H. P. Ginsburg (Ed.). *The development of mathematical thinking*. New York: Academic Press, 153-196 (1983)
- (8) 嶋川善, 岩井健吾, 林雄介, 平嶋宗, “算数文章題の作問学習における段階的演習システムの設計・開発,” *JSiSE 学生研究発表会中国地区* (2021)

コンピテンシー評価のための 学習振り返りデータ可視化に関する研究

佐野麟^{*1}, 小松川浩^{*1}, 上野春毅^{*2}

^{*1} 公立千歳科学技術大学大学院 理工学研究科

^{*2} 公立千歳科学技術大学 理工学部

Research on Visualization of Learning Reflection Data for Competency Assessment

Rin Sano^{*1}, Hiroshi Komatsugawa^{*1}, Haruki Ueno^{*2}

^{*1} Graduate School of Science and Engineering, Chitose Institute of
Science and Technology

^{*2} Faculty of Science and Technology, Chitose Institute of Science
and Technology

We analyze and visualize the tendency of teachers' evaluation and the characteristics of learners' reflections based on the learning reflection data. In a previous study, we used machine learning modeling of a large dataset of learning reflections to extract the evaluation points implicitly made by teachers. In the present study, we develop a mechanism for effective data analysis and visualization to support competency assessment.

キーワード: リフレクション, パフォーマンス評価, 所見による評価

1. はじめに

我々は、教育 DX の一環で、学生の振り返り等の記述文章から、教員が科目に対する態度評価を自動的に判定することを研究している。先行研究⁽¹⁾⁽²⁾では、数学を事例に、複数大学の大規模な学習振り返りデータ（学習者による学習の振り返り、および教員による採点結果）に対して機械学習モデリングを通じて分析し、教員が暗黙的に行っている評価観点を説明可能な AI 手

法を活用して自動抽出する手法を確立した。しかし、こうした教員の評価観点を活用して、教員が自らの特性を振り返り、学習者に振り返りによる自己分析を促すような支援システムの確立には至っていない。

そこで、本研究では、上記の支援システムの実現を見据え、機械学習手法によって抽出した教員の評価観点を教員自身が確認でき、さらに、学習者が振り返りを行いやすくするための効果的なデータの可視化を目的とする。具体的には、学習者の振り返りと教員による採

点結果のデータ（学習振り返りデータ）から教員の評価傾向を分析・可視化して教員に提示するフィードバックシートを開発する。また、学習者に向けた振り返り支援として、学習者の振り返りの特徴を分析し、アドバイスを提示するフィードバックシートを開発する。

2. 先行研究と本研究の位置づけ

2.1 先行研究の例

谷塚らの研究⁽³⁾では、学習の評価活動（自己評価や学生間での相互コメントなど）を通して自立的な学習の生起や、自己のリフレクションの誘発が行われるとして、学生の評価活動、および指導者のコメントを行うための教職 e ポートフォリオを開発し、自己評価と相互コメントによる効果の検証を行っている。教職 e ポートフォリオの活用は、学習者は目標の明確化や自らの現状理解に効果的であるとしている。

紅葉らの研究⁽¹⁾⁽²⁾は、教員の暗黙知であるコンピテンシーの評価基準を定量的に把握し、教員が付ける評価は学習者の振り返りのどのような特徴に強い影響を受けているのかを分析する研究を行った。先行研究では、数学を事例に、複数大学の学習者の学習目標と学んだ後の振り返りの大規模なデータを、機械学習モデリングを通じて分析し、教師が暗黙知的に行っている評価観点を説明可能な AI 手法を活用して自動抽出する手法を開発した。この手法により、教員による学習者コンピテンシーの評価基準の特性を反映した分析結果が得られたとしている。また、各特徴量は教員のつけた点数毎に増加する傾向があることを示した。

2.2 本研究の位置づけ

先行研究では、教員による振り返りの評価点数を推論する機械学習モデルを作成し、このモデルの推論の要因から教員の暗黙知であるコンピテンシー評価の特性を把握することを試みた。

本研究ではどのような分析結果をフィードバックすることで、コンピテンシー評価の支援を図ることができるか、つまり、コンピテンシー評価の支援として効果的なデータの分析・可視化を行う仕組みを開発するこ

とを研究課題とする。ここでは、紅葉らの研究の分析手法をもとにフィードバックシートを作成し、分析結果に対する意見や各教員の実際的评价観点について調査する。

3. 使用するデータ

本研究では、学習者の振り返りの文章を収集するために、「大学生・高専生の数学に対する意識調査」のアンケート⁽⁴⁾を 13 機関で実施した。このアンケートは学期の始めと終わりで 1 回ずつ実施した。アンケートの内容を表 1 に示す。

表 1: アンケートの内容

No.	形式	質問文
Q1	選択記述	<p>今のあなたにとって数学は大切なものですか?いずれかの1つを選択してください.また,そう思う理由を文章で具体的に答えてください.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. とても大切 2. やや大切 3. どちらでもない 4. あまり大切でない 5. 全く大切でない
Q2	選択記述	<p>数学は現実場面でどれぐらい役に立つと思いますか?いずれかの1つを選択してください.また,そう思う理由を文章で具体的に答えてください.思いつかない場合は,「思いつかない」と書いてください.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. とても役に立つ 2. やや役に立つ 3. どちらでもない 4. あまり役に立たない 5. 全く役に立たない

実施した機関の数学教員の協力のもとで、各学習者のコンピテンシーを 1, 2, 3 の 3 段階で評価の点数を付けた。評価は 1 点が 1605 件、2 点が 2840 件、3 点が 1744 件であった。ここで作成された学習者による学習の振り返りと教員による採点結果のデータを「学習振り返りデータ」とする。

4. フィードバックシートの作成

4.1 教員用フィードバックシートの作成

本研究では、先行研究⁽¹⁾⁽²⁾の結果を活用し、学習振り返りデータから教員の評価傾向の分析結果をフィードバックする文書(フィードバックシート)を機関ごとに作成した。このシートは Python の ReportLab というライブラリを使用して、学習振り返りデータから 1 枚の pdf 形式でシステムの出力できる仕組みにした。教員用フィードバックシートの例を下の図 1 に示す。

1. 振り返りの設問

今回分析した振り返りは、数学について以下のアンケートを実施し、その回答へ数学教員が3点満点で評価を行ったものである。

設問	質問文	選択肢	記述欄
1	今のあなたにとって数学は大切なものですか？ いずれかの1つを選択してください。 また、そう思う理由を文章で具体的に答えてください。	1. 全く大切でない 2. あまり大切でない 3. どちらでもない 4. やや大切 5. とても大切	
2	数学は現実場面ですぐ役に立つと思いますか？ いずれかの1つを選択してください。 また、そう思う理由を文章で具体的に答えてください。 思いつかない場合は「思いつかない」と書いてください。	1. 全く役に立たない 2. あまり役に立たない 3. どちらでもない 4. やや役に立つ 5. とても役に立つ	

2. 評価傾向とデータ分布

2-1. 評価の傾向

- 「自己評価」と「文脈情報」が評価への影響が大きい
- 「自己評価」と「ネガポジ」が小さいと1点と評価されやすい
- 「語彙数」と「単語数」が大きいと3点と評価されやすい

2-2. 評価への影響度が大きい項目

学習者の振り返りから、どのような特徴が教員による評価に影響するか、機械学習手法を用いて分析した。下の棒グラフは評価への影響が大きい項目について、影響度の大きさを横に並べたものである。

各項目について

- 自己評価: 1. 振り返りの設問の選択肢を1〜5点に変換したもの
- 文脈情報: 機械学習により文章データのみにから推論された点数(1〜3点)
- 語彙数: 文章を単語ずつに分解し重複を削除した語数
- ネガポジ: 文章の感情度を0と1で評価した数値
0: ネガティブ 1: ポジティブとなる
- 単語数: 句読点を除いた文章中の単語の数 助詞・助動詞も含まれる

2-3. 振り返りの点数と各項目の平均値の対応表

点数	データ件数	自己評価	文脈情報	語彙数	ネガポジ	単語数
3点	209	4.22	2.215	6.051	0.967	9.139
2点	427	3.925	1.89	6.131	0.940	6.485
1点	317	2.577	1.256	6.243	0.847	6.609

- 「点数」は振り返りに対して教員がつけた点数
- 「データ件数」は各点数ごとの有効回答数

2-4. 点数毎の自己評価の分布

自己評価: 1. 振り返りの設問の選択肢を1〜5点に変換したもの
自己評価が高いほど点数に対して前向きである

2-5. 点数・自己評価毎のネガポジの平均値

点数\自己評価	5	4	3	2	1
3	1.000	0.950	1.000	1.000	-1.000
2	0.959	0.959	0.973	1.000	1.000
1	1.000	1.000	0.572	0.663	0.700

平均値が1に近いほどポジティブな記述が多いことを示す
データがない場合は-1.000と表記される

図 1 教員用フィードバックシートの例

教員用フィードバックシートは以下の内容となっている。「1. 振り返りの設問」では実施したアンケートの設問を載せている。「2-1. 評価の傾向」では 2-2. から 2-5. までの分析結果を踏まえた教員の評価傾向をまとめている。「2-2. 評価への影響が大きい項目」では先行研究⁽¹⁾⁽²⁾において定義された、教員の評価に影響すると考えられる特徴量(学習者の振り返りの自己評価、記述回答の単語数、語彙数、キーワードの出現数、文脈情報、ネガポジ)から採点への影響度の大きさを分析したものである。ここでの「文脈情報」は学習者の記述回答と点数のみを用いて自然言語処理モデル BERT⁽⁵⁾による分析を行って作成された特徴量であり、「様々な教員の観点を統合し、ある文章の文脈から一般的に何点と評価されるか」を推論した指標となる。また、各特徴量は教員のつけた点数毎に増加する傾向があることが示されている。採点への影響度は、各特徴量から Random Forest によって教員が付ける点数を推論する機械学習モデルを作成し、このモデルの推論に対する各特徴の影響度を SHAP によって分析したものである。図 1 の例では、自己評価と文脈情報が特に影響度が大きい結果となっている。「2-3. 振り返りの点数と各項目の平均値の対応表」「2-4. 点数毎の自己評価の分布」「2-5. 点数・自己評価毎のネガポジの平均値」では点数毎の各特徴量のデータ分布をまとめている。この表では青色が濃いほどその列において値が大きくなる。

4.2 学習者用フィードバックシートの作成

谷塚ら⁽³⁾は、メタ認知を高めるには、他の学習者の学びを自らに置き換えた振り返りや教員による評価のフィードバック等、他者を通じた振り返りが有効であると言及している。そこで、本研究では、学習者の振り返りの特徴を分析し、各特徴量の大きさから学習者へのアドバイスを作成することにした。また、「類似した特性を持つ評価推定の高い振り返り」を抽出してフィードバックすることが有効であると考え、学習者の振り返りの類似性について分析を行った。

ここでの類似性に学習者の自己評価を用いることを検討し、全データについてから点数毎の自己評価の分布を調べると図2のような結果となった。

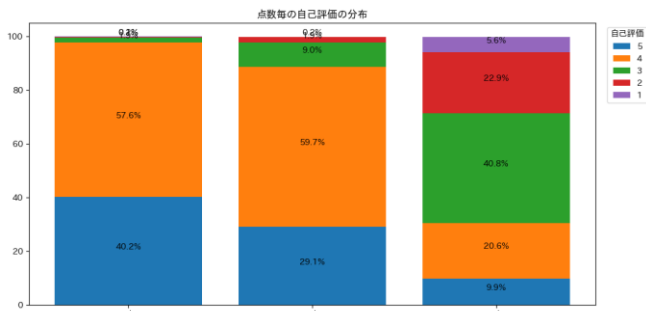
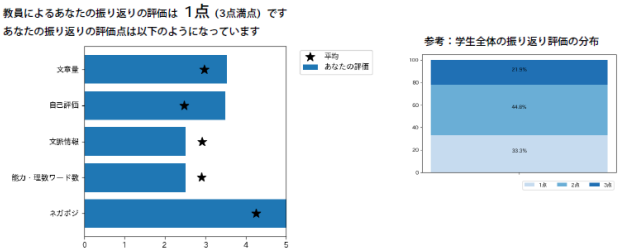


図2 全データにおける点数毎の自己評価の分布

図2より、自己評価が3点以下の学習者の割合について、教員による評価が3点の学習者では2.2%であるが、1点では69.3%であり、機関によっては教員による評価が3点かつ自己評価が3点以下の学生はいないことがわかった。この結果から、自己評価を類似性の指標とするのは不適切であると考え、本研究では学習者の類似性について、振り返りの記述内容のみから判断することにした。作成した学習者用フィードバックシートの例を下の図3に示す。

あなたの振り返り		
設問	回答1	回答2
今のあなたにとって数学は大切なものですか？ いずれかの1つを選択してください。 また、そう思う理由を文章で具体的に答えてください。	2. あまり大切でない	高校までの知識で足りていると思っている。
数学は現実場面ですぐ役に立つと思いますか？ いずれかの1つを選択してください。 また、そう思う理由を文章で具体的に答えてください。 思い浮かばない場合は「思い浮かばない」と書いてください。	5. とても役に立つ	統計などを調べるのに役立つ



グラフの見方 以下の評価項目について、あなたの振り返りの評価と平均値の位置関係を示しています		
文章量	文章の量 文字数ではなく単語数で評価している	コメント あなたの振り返りについて、 文章量は十分書けているようですが、 数学に関する記述内容が不十分なようです。
自己評価	数学が大切か、役に立つかという質問へのあなたの回答	
文脈情報	AIによってあなたの文章の文脈から付けられた得点	
能力・理数ワード数	能力や数学に関連する特定の単語の使用数	
ネガポジ	文章の内容がネガティブかポジティブかの判定結果	

あなたの振り返りについて、類似した振り返りを例として提示します
参考に見てみてください

あなたと似た振り返り		
設問	例文1	例文2
1	大学を卒業してからもう使うから。	直接的にこれに使うとかは将来のことを考えるとないかもしれないんですが、普段の生活などでかなり有効になると考えるので大切な方だと感じました。
2	何かの統計データを見たりするときなど。	テレビニュースや記事からわかる数学を判断するのに役に立つ。

図3 学習者用フィードバックシートの例

ここで例文として提示する類似した記述の抽出には、Sentence-BERT⁽⁶⁾を利用して文章のベクトル化を行い、教員による評価が3点かつ文章量が平均以上の学習者の記述の中から、コサイン類似度を計算して最も類似度が高い記述を採用した。

4.3 ヒアリング調査

4.3.1 調査の概要

本研究で作成した各機関の教員用・学習者用フィードバックシートについて、分析結果について説明した上で、内容の妥当性や各教員の実際の評価基準・傾向について調査することを目的に、アンケートを実施している機関の教員へヒアリングを実施した。今回は今年度の実施依頼への回答があった3機関を対象とした。ヒアリングでの質問事項は以下の6つとした。

- ①実際にどのような基準で点数をつけたか
- ②内容に納得したか、妥当だと感じたか

- ③内容に納得できない、わかりにくい点はあるか
- ④他にどのようなデータがあると良いか
- ⑤学習者用フィードバックシートの内容について
- ⑥その他、意見や要望など

4.3.2 調査結果

調査対象を機関 A, B, C として、各機関へのヒアリングの結果を以下に示す。

(1)機関 A

①実際にどのような基準で点数をつけたか

- ・学生の記述内容を重視している
- ・感覚的に文章量や内容が十分であれば3点、内容が乏しいと1点というようにつけている

②内容に納得したか、妥当だと感じたか

- ・「評価の傾向」の内容は無難で簡潔だが納得できる
- ・評価への影響度の中でも「文脈情報」が大きいことに納得できた

③内容に納得できない、わかりにくい点はあるか

- ・「文脈情報」の理解が難しい
- ・「評価への影響度が大きい項目」の棒グラフは（この場で）説明されてから納得できた

④他にどのようなデータや分析結果があると良いか

- ・とくになし

⑤学習者用フィードバックシートの内容について

- ・学習者の文章と例文の類似性はあるように見られる
- ・類似した意見よりも異なる意見の方が参考になるのではないか
- ・他の学習者の振り返りを他者に見せることについて事前の同意が必要であるが、学生の意識や回答に影響が出そう

⑥その他

- ・「文脈情報」よりも「自己評価」の方が評価への影響度が大きいことが意外だった

- ・今後の評価時に「評価の傾向」の内容を意識することでバイアスがかかりそう

(2)機関 B

①実際にどのような基準で点数をつけたか

- ・凡庸なものは2点に、その中でも数学的な内容を踏まえてよく書けているものを3点にしている
- ・自己評価と文脈（数学についての内容、具体性、独自の見解、特定の語彙など）を重視した
- ・理工学系として3点の基準は厳しくしている

②分析結果に納得したか、妥当だと感じたか

- ・妥当であり参考になった
- ・2点と3点で文章量や自己評価の平均値に大差がないので、ここは内容で区別できていると感じた

③内容に納得できない、わかりにくい点はあるか

- ・「文脈情報」と「ネガポジ」の説明がわかりにくい
- ・各特徴量の点数の幅がわからなかった

④他にどのようなデータや分析結果があると良いか

- ・プレとポストで2回実施した結果の差を見たい
- ・他機関全体と比較したデータのまとめがほしい
- ・能力や数学に関する単語について、評価や記述内容との相関性や具体例が見たい

⑤学習者用フィードバックシートの内容について

- ・書く内容の参考として他者の振り返りを見せているのは良いと思う
- ・本学の教員ではなく、外部の機関がAIを使用して実験的に作成したものであるというような説明がほしい
- ・他の学生に記述内容が共有されることへの同意と匿名性の保障が必要

⑥その他

- ・自分の中で採点の基準は設けているが、主観的に点数をつけるため、採点に統一性がないことも考えられる

- ・「点数ごとの自己評価の分布」の棒グラフについて、積み上げ棒グラフにして割合を見やすくした方がよい

(3)機関 C

- ①実際にどのような基準で点数をつけたか
 - ・数学的な内容であるか、記述内容の具体性に着目している
 - ・評価する際に文章量の多さが具体性に繋がっていることは考えられる
- ②分析結果に納得したか、妥当だと感じたか
 - ・評価傾向や影響度について特に違和感はない
 - ・「文脈情報」の影響度が最も大きいことに納得できる
- ③内容に納得できない、わかりにくい点はあるか
 - ・「文脈情報」の説明がわかりにくい
 - ・1点と2点の学生で文章量に大差がないことが意外であった
- ④他にどのようなデータや分析結果があると良いか
 - ・プレとポストでどのような違いがあるか
 - ・設問1と2で文章量や内容に相関があるか
- ⑤学習者用フィードバックシートの内容について
 - ・文章の書き方の指導ではなく参考として記述例を出しているのは良い
 - ・類似した意見よりも異なる意見の方が参考になるのではないか
 - ・書いた文章が他の学生に見られることに同意が必要になるため、改変を加えた方が良さそう
- ⑥その他
 - ・選択科目で興味のある学生しかこないため、他機関よりもデータの分布が偏ることが考えられる
 - ・（自己評価が低いと1点になりやすいことについて）自己評価を参考に点数をつけては

いないため、自己評価は学生の関心と記述内容に影響していると考えられる

4.3.3 調査結果のまとめと考察

教員用フィードバックシートについて、各機関から内容が妥当である・参考になるという意見が得られた。一方で、使用している特徴量の説明が不足しており、特に「文脈情報」について改善の必要性が伺える。また、設問1と2、プレとポストでの回答の違いについての分析結果や、他機関とのデータの比較などを追加する必要がある。

学習者用フィードバックシートについては、参考として記述例を出すことは良いものの、記述内容が他者に共有されることへの同意が必要であることが指摘された。このことについて、ChatGPTなどの大規模言語モデルを利用することで、収集した学習振り返りデータから例文として提示する文章の候補を抽出し、この候補を元に類似文章を生成させることで、優秀な記述例を再現するという方法を検討する。

6. まとめと展望

本研究では、コンピテンシー評価を支援する仕組みとして、学習振り返りデータと機械学習手法によって抽出した教員の評価観点を教員自身が確認し、学習者が振り返りを行いやすくするための効果的なデータの可視化を行うことを目的に、教員の評価傾向と学習者の振り返りの類似性を分析し、分析結果をまとめたフィードバックシートを作成した。

作成したフィードバックシートについて、数学教員にヒアリングを行った結果、内容が妥当である・参考になるという意見が得られたが、説明文や分析内容についての改善点が伺えた。特に、学習者へのアドバイスの中で学習者の記述回答をそのまま共有することには問題性が考えられるため、ChatGPTなどの大規模言語モデルによって、学習振り返りデータを元に類似した文章を生成する方法を検討する。

また、本研究では学習者への調査を行えていないことが課題として挙げられるため、学習者へ実際にフィ

ードバックシートを配布し、そこで学習者から意見を収集することが必要である。

今後の展望として、本研究により、学習振り返りデータからフィードバックシートを自動生成する仕組みが開発されたことで、各機関からのデータ収集と分析結果のフィードバックを自動で行うシステムの確立にもつながると考えられる。また、システムを通じて学習者が入力した振り返りからアドバイスの即時のフィードバックを行い、今後の振り返りと比較することで、学習行動の改善や向上が見られるか検証する仕組みの開発も期待される。

謝辞

本研究は、科研(23K22337)の助成を受けて行われた。

参 考 文 献

- (1) 紅葉亜練・桶田昂史・山川広人・小松川浩:
『機械学習を用いたコンピテンシー評価の分析』,
教育システム情報学会 2020 年度学生研究発表会,
北海道地区,
https://www.jsise.org/wp-content/uploads/2022/08/2020_hokkaido_a03.pdf
(2024 年 6 月 アクセス)
- (2) Allen Momiji, Mitsuru Kawazoe and Hiroshi Komatsugawa: Analysis of Teachers' Tacit Knowledge-based Evaluation of Learner Competencies Using Machine Learning Approach, IIAI2023 To be published
- (3) 谷塚光典・東原義訓・喜多敏博・戸田真志・鈴木克明:『教職 e ポートフォリオの活用による教育実習生の自己評価および相互コメントの効果』, 日本教育工学会論文誌, 39 巻 3 号 p.235-248
発行年 (2015),
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjet/39/3/39_39041/pdf/-char/ja
(2024 年 6 月 アクセス)
- (4) 高水準の数学的リテラシー教育ハンドブック,
p.49
https://www.las.osakafu-u.ac.jp/~kawazoe/kaken2019/AMLE_Handbook.pdf
(2024 年 6 月 アクセス)
- (5) Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, Kristina Toutanova: BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding,
<https://arxiv.org/abs/1810.04805/>
(2024 年 6 月 アクセス)
- (6) Nils Reimers, Iryna Gurevych: Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-
Networks,
<https://arxiv.org/abs/1908.10084>
(2024 年 6 月 アクセス)

大規模言語モデルによる ルーブリックに基づく能力評価

染谷銀志^{*1}, 上野春毅^{*2}, 小松川浩^{*1}

^{*1} 公立千歳科学技術大学大学院 理工学研究科 ^{*2} 公立千歳科学技術大学 理工学部

Ability Assessment Based on Rubric Using Large Language Models

Ginji Someya ^{*1}, Haruki Ueno ^{*2}, Hiroshi Komatsugawa ^{*1}

^{*1} Graduate School of Science and Engineering, Chitose Institute of Science and Technology

^{*2} Faculty of Science and Engineering, Chitose Institute of Science and Technology

In recent years, non-cognitive abilities such as autonomy and problem-solving skills, have gained importance. However, evaluating these abilities individually places a significant burden on educators. In the present study, we constructed an automated assessment model using large language models to evaluate students' abilities based on a rubric. Furthermore, by evaluating this model, we verified whether the model's assessments could serve as a substitute for those conducted by educators.

キーワード: e ポートフォリオ, ルーブリック, パフォーマンス評価, 大規模言語モデル, プロンプトエンジニアリング

1. はじめに

1960年代以降の高等教育機関では、学生の評価方法としてテストが用いられ、その結果のみが重視された。一方現在は、学生自身によって自律的に学習をする力が重視され、主体性、責任感、協調性、課題解決力などの知識以外の能力が必要とされる。これらの能力を非認知能力と呼ぶ。非認知能力の評価には、学習活動のプロセスを通じた継続的な学習成果物や振り返りなどのデータを活用し、学生のパフォーマンス評価を行うのが一般的である。こうしたデータを電子化して蓄積・管理するシステムとして、e ポートフォリオが主流となっている⁽¹⁾。しかし、このe ポートフォリオに対するパフォーマンス評価では、主体性や課題解決力などを、教員が個々に確認しながら評価するため、人的な負担が大きい問題が残る。これに対して、近年、巨大なデータセットとディープラーニング技術を用いて構築された大規模言語モデル (Large Language

Models, LLM) についての研究や開発が盛んに行われている。特に、LLM の一つである ChatGPT の活用に関する研究が現在は盛んに行われており、教育現場への有効な活用が期待されている。

そこで本研究では、e ポートフォリオの活用方法の一つとして、ChatGPT を活用し、学生の主体性や課題解決力を教師の代替として評価する自動評価モデルを構築し、そのモデルの評価を行う。これにより、ChatGPT が教員に代わり能力評価が可能であるか検証する。

2. 先行研究と本研究の位置づけ

2.1 e ポートフォリオの運用課題

森本は、大学などの高等教育機関において、教育理論的な側面から e ポートフォリオについて解説するとともに、e ポートフォリオの今後の研究課題について述べている⁽¹⁾。森本は、学生への学習支援が求められている背景において、教育の質保証・質向上のため

には e ポートフォリオの活用が不可欠であるとしている。しかし、活用によって目に見える効果が得られるには時間を要するため、e ポートフォリオの普及に向けて、加速がつけられないでいる大学が多く存在することを課題として挙げている。そこで、各大学において、e ポートフォリオを効果的に活用するための議論を必要としている。本研究では、LLM を活用して学生の成果物を自動評価できる仕組みを扱っており、本研究の成果により、e ポートフォリオにおける教員側のアドバイジングや学生の振り返り支援に関して運用上の敷居を下げることができると期待される。

2.2 先行研究の例

紅葉らは、機械学習などの説明可能な AI を用い、主体性や責任感といった非認知能力の評価を行った⁽²⁾。振り返り内容から文脈・単語数・感情表現等を特徴量とし、教員の評価を推定する説明可能な AI の開発が行われている。説明可能な AI によって、学生の主体性の推定を行う評価モデルの構築については検証されているが、LLM を活用した検証は行われていない。本研究は、能力評価に LLM を活用する点で異なっており、LLM によって能力評価が可能か見ようとしている。

次に、LLM を活用した研究の事例を挙げる。本研究に先行し高野ら⁽³⁾ は、学習者の学習履歴や目標設定、振り返り情報を LLM のプロンプトとして提供し、学習アドバイスを自動生成する手法を提案しており、学習者の振り返り支援として LLM を用いている。しかし、当該研究は、教員の評価ポリシーまでは考慮できていない。本研究では、教員の評価ポリシーに従って LLM が評価を行えるかを見ようとしている。

また他の事例として、LLM の一つである ChatGPT を、学生の課題レポートを採点する際に用い、講師による採点と一致するか検証した研究がある⁽⁴⁾。本研究とは LLM を用いレポートを評価する点で共通しているが、本研究はレポートの採点ではなく、学生の能力推定の観点で評価する点で異なる。また、対象とするデータを課題レポートのみではなく、学生の設定した授業の目標設定に関する文章データも分析対象とする点で異なる。

3. 自動評価モデルの構築と評価

3.1 自動評価モデルの構築

本研究では、学生の e ポートフォリオのデータ、評価基準となるルーブリック、および ChatGPT を用い、自動評価モデルの構築を図ることにした。図 1 は、本研究における自動評価モデルの構成図を示したものである。ChatGPT への指示に該当するプロンプトに、ルーブリックと e ポートフォリオのデータを組み込み、ChatGPT に評価させるというものである。

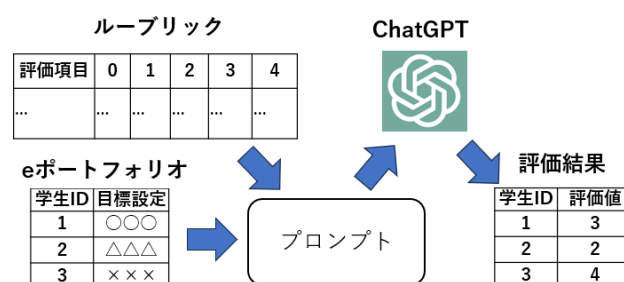


図 1 自動評価モデルの構成図

3.2 主体性の評価

本研究では、主体性の評価に用いる学生の e ポートフォリオのデータとして、本研究チームで開発したアドバイジングシステムのデータベースに蓄積されている文章データを用いる。具体的には、公立千歳科学技術大学の 2023 年度秋学期の講義「AI アルゴリズムとプログラミング」の履修者である学生が記入した、目標設定のデータ(n=49)を用いる。この目標設定のデータは、1 回目の講義に学生が入力するものであり、全 15 回の講義全体を通して身につけたいことや取り組みたいことを記述する。本研究では、学生の主体性を評価するためのルーブリックとして、8 大学連携事業の成果を活用して中嶋が作成した、学びのチェックシート⁽⁵⁾を用いる。学びのチェックシートの主体性に関する項目のうち、本研究で分析する目標設定の項目のみを抜粋したものを表 1 に示す。本研究では、目標設定の項目の評価基準に従い評価した結果を、その学生の主体性の評価とする。

表 1 主体性評価のルーブリック

項目	内容
分類	学びを計画し、実行する力
小分類	目標設定
目標	自らの学習目標（大学で取り組みたいこと・身につけたい能力）を設定できる
4	具体的な学習目標を設定できる
3	学習目標を考えてはいるが、具体的に設定できない
2	履修要綱（履修の手引き）やシラバス等を読んではあるが、学習目標を考えたことはない
1	履修要綱（履修の手引き）やシラバス等を読んだことがなく、学習目標を考えたこともない
0	よく分からない、あるいは、判断がつかない

表 1 のルーブリックを基に、教員による手動評価と ChatGPT による自動評価を行い、その評価結果を比較することで教員の代替がどの程度可能か検証した。

本研究では、ChatGPT への指示文であるプロンプトにルーブリックの内容を組み込むことで、学生の文章データを評価した。ルーブリックの情報を正確に ChatGPT に伝達するため、プロンプトエンジニアリングを行いプロンプトの改良を重ねた。その中で教員の評価との相関係数が最も高く、正解率が比較的高かった際のプロンプトを図 2 に示す。図 2 のプロンプトでは、評価の例を複数挙げ、ChatGPT に評価値のみではなく、判断理由を出力させた。なお、ChatGPT のモデルは gpt-3.5-turbo を使用し、パラメータ temperature の値は 0 とした。

```
Instruction(
    "授業で学生の記入した目標設定の内容を評価し、0から4までの数字一文字で回答してください。また、その評価になった理由を「判断理由」として教えてください。"
    "評価基準を示します。学生に求める水準は「自らの学習目標（大学で取り組みたいこと・身につけたい能力）を設定できる」です。"
    "記述された文章について、"
    "「授業の概要を把握しておらず、自らの学習目標に関する記述が無い」と判断した場合は評価は1としてください。"
    "「授業の概要を把握しているが、自らの学習目標に関する記述が無い」と判断した場合は評価は2としてください。"
    "「学習目標を考えてはいるが、具体的に設定できない」と判断した場合は評価は3としてください。"
    "「具体的な学習目標を設定できる」と判断した場合は評価は4としてください。"
    "「よく分からない、あるいは、判断がつかない」と判断した場合は評価は0としてください。"
)
.add_elements(
    [
        Constraint(
            "入力：授業を理解する。"
            "評価：1"
            "判断理由：授業の内容を示す単語が無く、どの授業においても適用する文章の書き方になっているため。"
        ),
        Constraint(
            "入力：取り扱うアルゴリズムや人工知能について学ぶ。"
            "評価：2"
            "判断理由：「アルゴリズム」や「人工知能」といった授業の内容を示す単語はあるが、授業で取り組みたいことや身につけた能力についての記述がないため。"
        ),
        Constraint(
            "入力：アルゴリズムのフローチャートを作成することで、人工知能の理解や論理的思考力の向上を目指す。"
            "評価：3"
            "判断理由：「論理的思考力の向上」という学習目標を立てているが、それを実現する手段に関する記述が具体的とは言えないため。"
        ),
        Constraint(
            "入力：まずはアルゴリズムを教科書と演習を通して知識を習得し、自分でコードを記述することで仕組みを理解する。また、グループワークで他人に自分のソースコードの説明をすることで知見を深める。"
            "評価：4"
            "判断理由：「教科書と演習を通して知識を習得」や「グループワークで新たな考えを発見」など、授業で取り組みたいことについて具体的な記述があるため。"
        ),
        Constraint(
            "入力：目標の設定"
            "評価：0"
            "判断理由：目標設定に関する記述であると判断できないため。"
        )
    ]
),
OutputFormat(
    "評価を数字一文字で回答し、そのように評価した判断理由を教えてください。",
)
]
```

図 2 主体性評価のプロンプト

図 2 のプロンプトを ChatGPT に与え、学生の目標設定のデータを評価させた結果を図 3 に示す。縦軸は教員による評価を、横軸は ChatGPT による評価を示す。

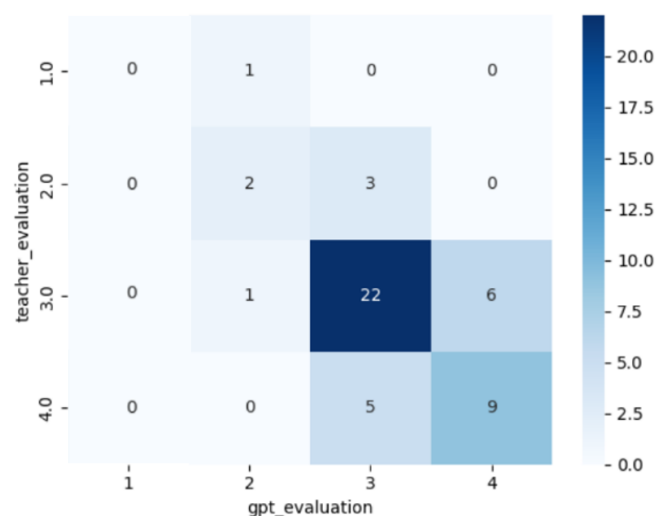


図 3 主体性の評価結果

図 3 の評価結果より、教員による評価と ChatGPT による評価の分布が示された。この評価結果における、

ChatGPT による評価の精度指標を表 2 に示す. 相関係数は 0.60 と弱い正の相関が認められ, 正解率は 67.3%であった. また, 各評価値の再現率を算出した.

表 2 主体性評価の精度指標

精度指標	値
相関係数	0.60
正解率 (一致率)	67.3%
評価 1 再現率	0.0%
評価 2 再現率	40.0%
評価 3 再現率	75.9%
評価 4 再現率	64.3%

3.3 課題解決力の評価

主体性の評価と同様に, 図 1 の自動評価モデルを用い課題解決力の評価を図った. 課題解決力の評価には, 学生の記述したレポートを用いた. 具体的には, 公立千歳科学技術大学 2024 年度 2 年春学期の講義「データサイエンス入門」の履修者である学生が提出したレポートのデータ(n=216)を用いた. この課題は, 自身のキャリアにおける課題とその解決案を学生が考え, 記述するというものである. この課題で学生に提示した設問の内容は, 「キャリアについて, 自分の理想とする将来像を記述してください. それを目指すにあたってどのような課題がありますか. その課題を解決する方法を考えてください. (自分の現状はどうか, 現状をどうしていけばよいのかを意識して書いてください.) また, 今回の講演のなかで, 自分のキャリアを考える上でヒントになったこと, 役に立ったことを記述してください. ※400 字以上で記述すること。」とした.

本研究では, 学生の課題解決力を評価するためのルーブリックとして, 学習・教育到達目標の評価用ルーブリック⑥を参考に, 課題の設問に沿うように表 3 の評価基準を定めた. 課題解決力を 5 つの項目からなるものとし, 各項目について記述していればその評価項目を満たしているものとし, 記述されている項目数を課題解決力の評価値とした.

表 3 課題解決力評価のルーブリック

項目	内容
将来像	自身のキャリアにおける理想の将来像について記述している。
現状分析	自身のキャリアにおける現状を分析している。
課題	自身のキャリアにおける課題を挙げている。
解決案	自身のキャリアにおける解決法を挙げている。
一貫性	記述しているそれぞれの内容に関連性があり, 論理的に紐づいている。

3.2 の主体性評価と同様に, 表 3 に定めたルーブリックを基準に教員による課題解決力の評価を行い, ChatGPT のプロンプトにルーブリックの情報を組み込むことで評価させ, それぞれの評価結果を比較することで教員の代替がどの程度可能か検証した. ChatGPT による課題解決力の評価で用いたプロンプトを図 4 に示す. なお, ChatGPT のモデルは gpt-4o を使用し, パラメータ temperature の値は 0 とした.

```
### 役割 ###
あなたは大学教員です。

### 指示 ###
以下に評価基準と採点対象のレポートを示します。評価基準を基に、レポートを採点してください。

### 評価基準 ###
評価項目は以下の5つです。

【将来像】
自身のキャリアにおける理想の将来像について記述している。

【現状】
自身のキャリアにおける現状を分析している。

【課題】
自身のキャリアにおける課題を挙げている。

【解決法】
自身のキャリアにおける解決法を挙げている。

【一貫性】
記述しているそれぞれの内容に関連性があり、論理的に紐づいている。

以上の5つの評価項目のうち、記述されている項目数がそのまま総評価点数になります。

### レポート ###
{content}

### 出力形式 ###
以下のフォーマットに沿って出力してください。

【将来像】
<記述していれば○、記述していなければ×を表示し、判断理由を述べてください。>

【現状】
<記述していれば○、記述していなければ×を表示し、判断理由を述べてください。>

【課題】
<記述していれば○、記述していなければ×を表示し、判断理由を述べてください。>

【解決法】
<記述していれば○、記述していなければ×を表示し、判断理由を述べてください。>

【一貫性】
<一貫性があれば○、なければ×を表示し、判断理由を述べてください。>

【総評価点数】
<点数を表示してください。>
```

図 4 課題解決力評価のプロンプト

図 4 のプロンプトを ChatGPT に与え、学生のレポートを評価させた結果を図 5 に示す。縦軸は教員による評価を、横軸は ChatGPT による評価を示す。

n=216		GPT 評価						小計
		0	1	2	3	4	5	
教員評価	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	1	1	0	0	2
	2	0	0	0	2	1	0	3
	3	0	0	0	5	3	5	13
	4	0	0	0	3	50	19	72
	5	0	0	0	0	20	106	126
小計		0	0	1	11	74	130	216

図 5 課題解決力の評価結果

図 5 の評価結果より、教員による評価と ChatGPT による評価の分布が示された。この評価結果における、ChatGPT による評価の精度指標を表 4 に示す。相関係数は 0.64 と弱い正の相関が認められ、正解率は 74.5%であった。また、各評価値の再現率を算出した。

表 4 課題解決力評価の精度指標

精度指標	値
相関係数	0.64
正解率（一致率）	74.5%
評価 0 再現率	0.0%
評価 1 再現率	0.0%
評価 2 再現率	0.0%
評価 3 再現率	38.5%
評価 4 再現率	69.4%
評価 5 再現率	84.1%

また、表 3 に示した評価項目それぞれについて、教員による評価と ChatGPT による評価が一致した割合、一致したデータ数、一致しなかったデータ数を表 5 に示す。「将来像」、「解決案」、「一貫性」の 3 つの項目は評価一致率が 9 割を上回り、「現状分析」、「課題」の 2

つの項目は 8 割を上回った。

表 5 評価項目別評価一致率

項目	一致率	一致		不一致	
		教員○ GPT○	教員× GPT×	教員○ GPT×	教員× GPT○
将来像	90.7%	187	9	20	0
現状分析	83.8%	138	43	13	22
課題	89.4%	189	4	5	18
解決案	95.4%	203	3	1	9
一貫性	97.2%	209	1	0	6

4. 考察と今後の展望

以上の評価結果より、主体性と課題解決力の評価について、教員による評価と ChatGPT による評価には正の相関が認められ、正解率においても主体性は 6 割、課題解決力は 7 割を超えていることを確認できる。そのため、精度向上の面で課題は残るが、本研究での検証を通じて、プロンプトエンジニアリングによって ChatGPT が評価基準をある程度汲み取り、評価していると言える。また、課題解決力の評価結果から、評価観点を明確にした上で ChatGPT に評価させると、教員による評価との一致率が高いことが示された。

一方で、主体性の評価では「学習目標」や「具体的」といった単語について、教員と ChatGPT の間に認識の差異があることが考えられるため、その認識を揃えるという観点で今後は検証する必要がある。また、課題解決力の評価においても、各評価項目の不一致であったデータに着目すると、項目によって教員と ChatGPT のいずれかが甘口評価を行う傾向にあるため、その認識を揃えるよう検証を重ねることが求められる。さらに、本研究ではプロンプトエンジニアリングによる評価を試みたが、ファインチューニングなどの他の手法の検討をする必要があると考えられる。

謝辞

本研究は、科研(24K03054)の助成を受けて行われた。

参 考 文 献

- (1) 森本 康彦: 「高等教育における e ポートフォリオの最前線」, システム制御情報学会, 55 巻 10 号, 425 頁～431 頁, 2011 年
- (2) 紅葉 亜練: 「機械学習モデリングによる暗黙知に基づくコンピテンシー評価の分析」, 公立千歳科学技術大学 学 術 機 関 リ ポ ジ ト リ , 2023 年
https://cist.repo.nii.ac.jp/record/740/files/Analysis_of_tacit_knowledge-based_evaluation_for_learner_competencies_using_machine_learning_modeling.pdf
- (3) Yasuomi Takano, Taketo Tsurube, Haruki Ueno and Hiroshi Komatsugawa, "A Proposal and Evaluation of Learning Advising using a Generative AI", 31th International Conference on Computers in Education Work In Progress Posters Proceedings, pp.872-874 (2024)
- (4) Wei Dai, Jionghao Lin, Flora Jin, Tongguang Li, Yi-Shan Tsai, Dragon Gasevic, and Guanliang Chen: "Can Large Language Models Provide Feedback to Students? A Case Study on ChatGPT", IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, pp.323-325 (2023)
- (5) 中嶋 輝明: 「1 年次学生の汎用的スキルに関する自己評価の分析 —『学びのチェックシート』を活用した振り返りの実践—」, 北星論集 (文), 第 60 巻, 第 2 号 (通巻第 77 号), 2023 年
- (6) “学修・教育到達目標の評価用ルーブリック JABEE 認定基準で求められる知識・能力項目(a)~(i)の評価用にローカライズした VALUE ルーブリック”.
<https://jabee.org/doc/6393.pdf> (参照 2024-06-18).

存在論的安心尺度の試作 —ギデンスを手がかりとして—

田中 洋一^{*1}, 磯和 壮太郎^{*2}, 石井 雅章^{*3}, 多川 孝央^{*4}, 山川 修^{*5}

^{*1} 仁愛女子短期大学, ^{*2} 名古屋芸術大学, ^{*3} 神田外語大学,

^{*4} 筑紫女学園大学, ^{*5} Safeology 研究所

Developing of the Psychological Scale on Ontological Security: Based on Giddens' Discussion

Yoichi TANAKA^{*1}, Soutarou ISOWA^{*2}, Masaaki ISHII^{*3},

Takahiro TAGAWA^{*4}, Osamu YAMAKAWA^{*5}

^{*1} Jin-ai Women's College, ^{*2} Nagoya University of the Arts,

^{*3} Kanda University of International Studies, ^{*4} Chikushi Jogakuen University,

^{*5} Safeology Research Laboratory

本研究チームは, student agency を育むためには, 自分の中の「安心 (Secure Base)」が重要と考えている. そして, その「安心」を育むために, 「共感」「観想」「創話」という3つのアプローチを提案している. そこで, 「創話」と「安心」を結びつける社会学者ギデンスの「存在論的安心」を測定する心理尺度を試作した. 本稿では, この存在論的安心尺度試作版を短期大学生に対してプレ調査した結果を報告する.

キーワード: 存在論的安心, 心理尺度, アンソニー・ギデンス, student agency

1. はじめに

OECD の Learning Compass 2030⁽¹⁾において中心的概念とされている student agency を育むためには, 自分の中の「安心 (Secure Base)」が重要であると筆者らは考えている. そして, その「安心」を育むために, 「共感 (つながる)」「観想 (みる)」「創話 (かたる)」という3つのアプローチを提案している⁽²⁾ (図1).

1.1 共感 (つながる)

ボウルビィの愛着理論によれば, 他者との関係性には Secure Base (安全基地) が重要であり, 自分の中に安心を見出すことで student agency が育まれると筆者らは考えた. ここで使うアプローチが「共感」で

あり, 対話を通じ自分自身や他者の中で生じる感情に対して否定せずに, ありのままを受け入れることをさす.

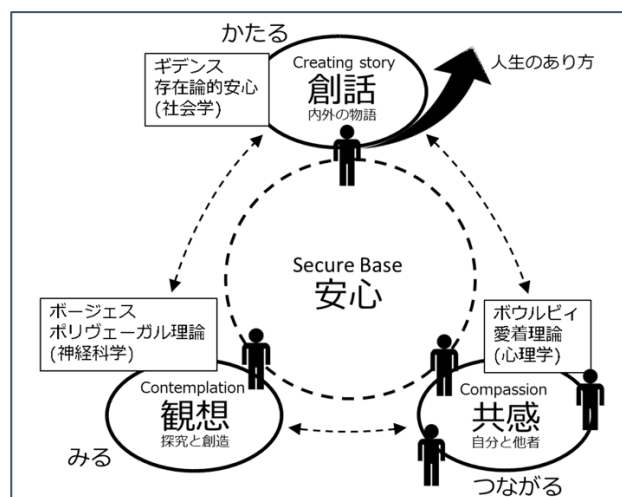


図1 安心への3つのアプローチ

1.2 観想（みる）

ポージェスのポリヴェーガル理論に基づき、心と身体
の両方に注意を向けることにより、腹側迷走神経を
働かせ、安心を感じるアプローチが「観想」である。

1.3 創話（かたる）

ギデンズの存在論的安心に基づき、自分の人生の物語
をつくるだけでなく、世界がどうあるのかという物語
も自分なりに創ることを目指すアプローチが「創話」
である。ここには、人生の意味やアイデンティティも
含まれる。

2. 存在論的安心尺度の試作

2.1 存在論的安心尺度α版の調査

本研究チームは、2022 年 8 月からギデンズの文献
(3)(4)精読を通じ、存在論的安心概念の理解を深め、心理
尺度の試作を行った。グループ 1：実践的意識・括弧
入れ・ルーティーン・儀礼・伝統等、グループ 2：再
帰的意識・自己アイデンティティ・対象と自分の分離
等、グループ 3：基本的信頼・保護被膜・創造性等に
分けて質問を考えた上、51 項目（反転 20 項目）に絞
り、存在論的安心尺度α版を開発した（選択肢：7 件
法）。2023 年 3 月、2 つの大学の学生数名にα版を試
行させ、理解しにくい表現を修正し、β版を完成させ
た。

2.2 存在論的安心尺度β版の調査

今回 2024 年 5 月に、A 短期大学 2 年 15 名に対し
て、本研究チームが試作した存在論的安心尺度β版を
調査した。存在論的安心は、平均値 231.1、標準偏差
37.0 という結果であった。表 1 は存在論的安心の度数
分布、表 2 は各質問項目の平均値と標準偏差（平均値
の降順）を示す。

3. おわりに

仮調査の学生 15 名に確認したところ、存在論的安
心尺度β版の質問項目に関して、理解しにくい点は無
かった。今後、学生等への調査件数を増やすと共に、
既存の心理測定尺度との相関を調べ、存在論的安心尺

度を開発していく予定である。

表 1 存在論的安心の度数分布

階級	度数
161～170	1
171～180	0
181～190	1
191～200	3
201～210	1
211～220	1
221～230	0
231～240	0
241～250	2
251～260	2
261～270	1
271～280	2
281～290	0
291～300	1

n=15

謝辞

本研究は、令和 6 年度仁愛女子短期大学共同研究費
の助成を受けています。

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) 山川修: “エージェンシー育成につながる社会情動のスキルの 3 つのアプローチ”, 第 48 回 教育システム情報学会全国大会講演論文集 pp.89-90. (2023)

(3) 澤井敦: “「存在論的不安」再考: アンソニー・ギデンズの「不安の社会学」をめぐって”, 法學研究: 法律・政治・社会, Vol.89, No.2, pp.137-162. (2016)

(4) アンソニー・ギデンズ: “モダンティと自己アイデンティティ: 後期近代における自己と社会” (ちくま学芸文庫), 筑摩書房, 東京. (2021)

表 2 質問項目の平均値と標準偏差（平均値の降順）*n*=15

番号	反転	質問項目	平均値	標準偏差
2	*	自分が何かをしているときに、自分でない誰かがそれをしていると感じることがある。	6.27	0.93
12		習慣的に行っている行動（ルーティーン）がある。	5.93	1.34
1	*	からだどころがバラバラになってしまったように感じるが多い。	5.73	1.39
6		毎日、「これをやろう」と意識せずに行っている生活習慣がある。	5.60	1.58
7		日常生活のリズムが安定しているほうが安心できる。	5.47	1.96
3		明日も明後日も、今日と同じような日常が続いていくと思う。	5.33	1.66
5		不安を感じる出来事があったとき、ひとまず様子をみようとして一呼吸おくことができる。	5.20	1.76
22		からだどころが一致しているという実感がある。	5.13	1.50
31	*	自分が快適な状況にいるとき、「この状況はすぐに崩れてしまうのではないか」と不安にかられることがある。	5.13	1.63
21		必要があれば、自分自身を客観的に見つめることができる。	5.00	1.41
26		自分と他者とは、似ている部分や共通している部分はあっても、違う存在であると感じる。	5.00	2.22
30	*	自分にとって大切な人が目の前にいないとき、その人がもう帰ってこないのではないかと不安になることがある。	5.00	1.63
43	*	自分が自分でないような感覚におちいることがある。	5.00	1.79
24		時おり、ふと自分のことについてふりかえることがある。	4.87	1.89
10		世の中の決まりごとやルールについて、あまり疑問に思わずに受け入れていることが多い。	4.80	1.68
20		自分自身の考え方や行動の変化を受け入れることができる。	4.80	2.04
25		過去の自分と現在の自分を比較したとき、変化している部分はあったとしても、「同じ自分」だと感じる。	4.80	1.90
49		未熟であったり、不十分であったりしたとしても、自分自身の存在を受け入れている。	4.80	1.80
4		昨日・今日・明日は連続しているという実感がある。	4.73	1.91
23		相手との距離感を掴むのが得意である。	4.73	1.61
18		「自分は自分として一貫している」という感覚がある。	4.67	1.62
19		「自分は自分である」という感覚が強い。	4.67	1.89
29		自分は自分、他人は他人と割り切ることができる。	4.67	1.66
32		将来の不安が頭をよぎったとき「まあなんとかなるだろう」と心を静めることができる。	4.67	1.81
41		「次にこのようなことが起こるだろう」といった見通しを持つことは得意だ。	4.67	1.58
47	*	普段生活していて、恥ずかしいという感覚や罪悪感を持つことが多い。	4.67	1.53

番号	反転	質問項目	平均値	標準偏差
13		今考えても仕方がないことを、いったん保留しながら生活することができる。	4.53	1.63
28		これまでの自分の人生について、ある程度まとまった話をするができると感じる。	4.53	1.67
37		自分には、疑うことなしに信じられるものがある。	4.53	1.71
36	*	「次に何が起きかわからない」といつも不安を感じる。	4.47	1.50
15		他の人々は信頼しても良いという感覚がある。	4.40	1.74
16		「自分は生きている」という感覚を体験することがある。	4.33	2.02
42		悪い出来事が起こったり不安が生じたりしても、なんとなく「自分は大丈夫だ」と感じることができる。	4.33	1.40
11	*	自分の行動や感情について、なぜそうするか・そう感じるかと考えることが多い。	4.27	1.91
39		時おり、ふと不安に感じるがあっても、しばらくすればその不安はなくなる。	4.27	1.69
44	*	「自分はひとりぼっちだ」と感じるが多い。	4.27	1.73
34		絶望的な状況でも、「どうにかなるだろう」と開き直ることができる。	4.20	1.60
38		これまでに経験したことがない未知の状況であっても、落ち着いて対応できる。	4.20	1.87
33		まったく未知の状況が自分の周りに起こったとき、そのことに積極的にいかかわろうとする方だ。	4.13	1.54
9	*	「自分はなぜこのようなことをしているのだろうか」と、日常の行為について疑問に思うことが多い。	4.07	1.57
45	*	「自分は大丈夫だ」と頻繁に自分に言い聞かせている。	4.00	1.90
40	*	決まり事や習慣的に行っている行動（ルーティーン）を変更することはとても難しいと感じる。	3.93	1.88
17	*	湧き上がってくる不安に対処するために、周囲にとけこもうとしたことがある。	3.73	1.81
35	*	急な予定変更があると慌ててしまう。	3.73	1.91
46	*	「今、自分は安心している」と意識的に感じるが多い。	3.67	1.70
48	*	「自分は不十分な人間だ」と感じて落ち込むことが多い。	3.60	1.62
14	*	考えても仕方がないことを考えてしまい、そのことが頭から離れないことが多い。	3.53	1.78
8	*	いつもと異なることが起きたらどうしようと不安になる。	3.47	1.67
50	*	「なにか場違いなことをしていないだろうか」と不安に感じるが多い。	3.40	1.45
27	*	感情が動くような出来事が起こると、そのことについてずっと考えてしまう。	3.13	1.78
51		普段生活していて、自分のこころの状態（安心している、不安であるなど）に意識が向くことは少ない。	3.07	1.48