

も く じ

■開催日時：2022年1月8日（土）

■テーマ：教育DXと実世界指向学習環境／一般

- 1) 高齢者向け認知機能トレーニング用 Android アプリケーションの拡充
- 処理速度に焦点を置いた認知機能トレーニングゲームの開発 -----1
○倉持宏斗(東京工業高等専門学校), 小久保奈緒美(量子科学技術研究開発機構 量子医科学研究所),
吉本定伸(東京工業高等専門学校)
- 2) 小学校向け安全マップ活動支援システム -補助員向け資料作成機能の開発-----4
○小川侑希(東京工業高等専門学校), 川久保颯人(東京工業高等専門学校),
黒木皓太(東京工業高等専門学校), 小谷晃太郎(東京工業高等専門学校),
斉藤祥太(東京工業高等専門学校), 吉本定伸(東京工業高等専門学校)
- 3) 肢体不自由者のための自立支援アプリケーション-アプリケーションの改良-----7
○金井賢(東京工業高等専門学校), 小出新(東京工業高等専門学校),
吉本定伸(東京工業高等専門学校), 谷本式慶(東京都立小平特別支援学校)
- 4) 嫌な勉強・仕事に「着手する」ためのスマホアプリに欲しい機能のアンケート調査-----10
○竹内俊彦(駿河台大学, CRET), 舘秀典(東京福祉大学, CRET),
加藤由樹(相模女子大学, CRET), 加藤尚吾(東京女子大学, CRET)
- 5) オンライン授業におけるコミュニケーション機会の差異が精神状態に与える効果の脳波・
心拍変動を用いた客観的評価-----16
○中川友梨(芝浦工業大学大学院), 谷田川ルミ(芝浦工業大学大学院),
Sripian Peeraya(芝浦工業大学大学院), 菅谷みどり(芝浦工業大学大学院)
- 6) 大学連携授業におけるプロセス・エデュケーションの設計：
フィードバックの心理的安全性への影響-----24
○田中洋一(仁愛女子短期大学, 熊本大学教授システム学研究センター),
山川修(福井県立大学), 合田美子(熊本大学教授システム学研究センター)
- 7) 実習型 e-learning システムを対象とした形式概念分析による成績データ分析手法の検討-----28
○朝見義樹(富山県立大学大学院), 本吉達郎(富山県立大学大学院),
澤井圭(富山県立大学大学院), 増田寛之(富山県立大学大学院), 高木昇(富山県立大学大学院)

8) SDGs 探究 MAP を使った高大連携講座におけるオンライン掲示板 Padlet 活用の効果 -----	34
○宮下伊吉(三重大学)	
9) アクティブラーニングにおける動画分析ソフトの活用の事例研究 ークラウド提供型動画分析ソフトの大学教育における応用実践ー -----	36
○内山志保(愛知大学), 戸田敏行(愛知大学)	
10) 多数地点で撮影し VR 化した実在の教室や病室環境を用いる学修用教材作成の試み -----	42
○坂田信裕(獨協医科大学), 辰元宗人(獨協医科大学病院), 河野由江(獨協医科大学病院), 鈴木佳世子(獨協医科大学病院)	
11) 地震疑似体験 VR における避難行動記録・再現による NPC 生成 -----	44
○谷岡樹(徳島大学大学院), 光原弘幸(徳島大学大学院), 獅々堀正幹(徳島大学大学院)	
12) 課題管理機能を有する UML プログラミング環境の設計と実装 -----	51
○丸山凌凱(信州大学大学院), 香山瑞恵(信州大学), 永井孝(ものづくり大学)	
13) 利用センサに対する汎用性の高い IoT 教材の設計と運用 - 中学理科「植物のからだのつくりとはたらき」単元への適用事例 -----	58
○神田悠作(信州大学大学院), 香山瑞恵(信州大学大学院), 舘伸幸(マイクロエデュケーション), 永井孝(ものづくり大学), 加藤孝明(信州大学大学院), 清水峻司(信州大学)	
14) ニューラル音声を用いた日本語教育用 e ラーニング教材の提案 -----	66
○中村しづか(信州大学大学院), 和崎克己(信州大学大学院)	
15) モデリング教育支援環境におけるコンパイルサーバの機能と問題点の整理 -----	72
大宅剛生(信州大学大学院), 香山瑞恵(信州大学大学院), 永井孝(ものづくり大学)	

高齢者向け認知機能トレーニング用

Android アプリケーションの拡充

-処理速度に焦点を置いた認知機能トレーニングゲームの開発-

倉持宏斗^{*1} 小久保奈緒美^{*2} 吉本定伸^{*1}

^{*1} 東京工業高等専門学校

^{*2} 量子科学技術研究開発機構 量子医科学研究所

Expansion of Android Application for cognitive training for elderly people -Development of cognitive training game focused on processing speed-

Hiroto Kuramochi^{*1}, Naomi Kokubo^{*2}, Sadanobu Yoshimoto^{*1}

^{*1} National Institute of Technology, Tokyo College,

^{*2} National Institutes for Quantum Science and Technology

今後、日本では認知症患者数のさらなる増加が見込まれており、2025年には約700万人に上ると推計されている。認知症は、個人の機能低下だけでなく高い社会経済的コストも課題となるため、国は、認知症の「予防」と「共生」を両輪とした認知症施策を推進している。本研究では、『User eXperience-Trail Making Test: UX-TMT』(Kokubo. et al., 2018) を発展させた、新たな認知症予防ヘルスケアプログラム『information technology assisted – Cognitive Assessment and Neurobehavioral enhancement program for Dementia: i-CAN』で使用する認知機能トレーニングゲームの拡充を進めている。本稿では、認知機能のなかでも処理速度に焦点を置いた早押し計算ゲームの開発について報告する。

キーワード:Android アプリケーション, 高齢者, 認知症, 認知機能トレーニングゲーム, 処理速度

1. はじめに

近年、日本は高齢化率の持続的高まりに伴い、認知症患者数も増加の一途をたどっている。2020年の65歳以上人口における認知症患者数は約602万人(65歳以上の6人に1人)と推計されたが、2025年にはおよそ700万人(65歳以上の5人に1人)になると見込まれている⁽¹⁾。認知症は、当事者の機能やQOLを低下させるだけでなく、医療費や介護者のインフォーマルコストなど社会的コストの増大も課題である。そのため、日本は現在、認知症の「予防」と「共生」を両輪とした認知症施策を推進している。

認知症予防の非薬物療法では、血管リスク管理や運

動、食事療法、認知トレーニングなどに介入効果があったと報告されている。認知トレーニングとは、「特定の認知機能を高めるために定められた個々の標準化された課題を指針に沿って実践すること」と定義されている⁽²⁾。ガイドラインでは、健康な高齢者や軽度認知障害のある高齢者に対して、認知機能低下や認知症のリスク低減を目的として認知トレーニングを行ってもよいと推奨されている。

筆者はこれまで、認知機能評価・トレーニング用Androidアプリケーション『User eXperience-Trail Making Test: UX-TMT』⁽³⁾を発展させた、新たな認知症予防ヘルスケアプログラム『Information technology assisted - Cognitive Assessment &

Neurobehavioral enhancement program for Dementia: i-CAN』で用いる、認知機能トレーニングゲームの開発と改良を進めて来た。

昨年, i-CAN ポータルサイト (以下, i-CAN サイト) を用いてユーザー調査を行なった結果, ①アプリケーションが持つアクセスのしやすさを維持しつつ, ②より多様な, ③エビデンスに基づくゲームを拡充することが改良の鍵であることが示唆された。

本報告では, 処理速度に焦点を置いて新たに開発した早押し計算ゲームについて報告する。

1.1 i-CAN サイトと高齢者の認知トレーニング

現在, i-CAN アプリケーションには, 後出しじゃんけん, Go/No-Go, カードソーティングの 3 種の認知機能トレーニングゲームを実装している。

また, i-CAN サイトには間違い文字探しゲーム(図 1, 図 2), 記憶&集中力チャレンジの 2 種の認知機能トレーニングゲームを実装している。昨年の i-CAN サイトユーザー調査の結果, 各ゲームは「楽しい」や「面白い」と言ったポジティブな意見があった一方で, 「高齢者はサイトよりもアプリの方がアクセスしやすいのでは?」という意見や, 「ゲームはもっと色々な種類があった方が良い」, 「このゲームで本当に効果があるのか?」という意見もあった。

そこで, 本年度は認知機能のなかでも処理速度のトレーニングに着目し, i-CAN アプリ用ゲームの拡充を進めた。処理速度とは与えられた問題や課題を遂行する速度のことであり, 処理速度を維持・促進させるための認知機能トレーニングゲームには, 情報を早く処理・操作できるように訓練する要素を取り込む必要があるとされている⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

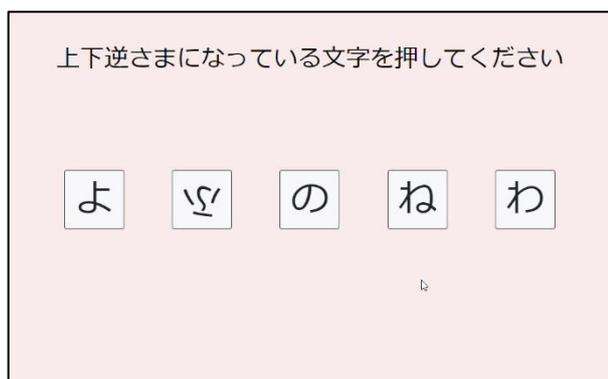


図 1 間違い文字探しゲーム問題画面



図 2 間違い文字探しゲーム正解画面

Nouchi et al.(2016)によると, 精神疾患, 脳疾患, 高血圧の既往歴のない健康な高齢者を対象にタブレット PC を用いて処理速度トレーニングゲームを行なった結果, 処理速度, 抑制能力が向上し, 抑うつ気分が低減する効果があったと報告されている。

そこで, i-CAN アプリケーションに実装する新たな認知機能トレーニングゲームとして, 処理速度とワーキングメモリの維持・促進を目的とした「早押し計算ゲーム」を開発することとした。

2. 早押し計算ゲームの開発

早押し計算ゲームでは, 画面左側に商品画像と値段が提示され, ユーザーは画面中央に提示される硬貨の組み合わせから値段に合ったものを 1 つ選びできるだけ早くタップする (図 3)。

処理速度トレーニングに必要な要素をより意識させるため画面上部に「できるだけ早く」と教示し, 画面右上のデジタルタイマーで時間を意識するよう促している。また, 1 円玉の画像を選択肢にランダムに表示し, 視覚的識別の難易度を変動させる工夫を行っている。さらに, 問題の切り替え画面として子供のお使いをモチーフにしたイラストを挿入し, 問題の切り替わりを認識しやすい工夫を行っている。

このほか, ユーザーのプレイモチベーションの維持のため, 結果画面に処理速度の観点として問題の回答にかかった時間を表示し, 経過時間によって結果画面中央下部のコメントが変化する画面も加えている(図 4)。また, ゲームの難易度を選択できるようにし, プレイした反応速度やトレーニング履歴などのデータを自動的に記録されるようにしている。



図 3 開発中の早押し計算ゲーム問題画面



図 4 開発中の計算早押しゲーム結果画面

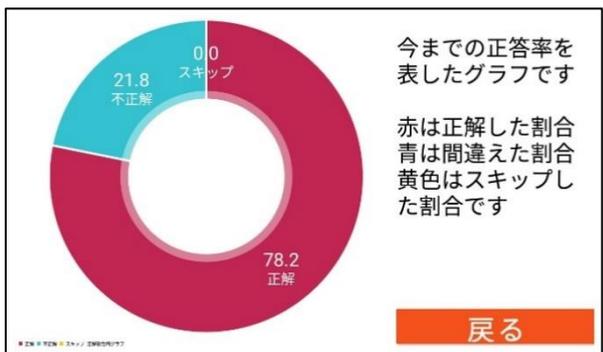


図 5 開発中の正答率グラフ画面

さらに、自動記録したデータをグラフ化する機能も実装しており、ユーザーが自分のトレーニング履歴やスコアを確認できるようにした(図 5)。また、楽しみながら早押し計算ゲームを行えるように、イラスト、BGM、効果音などを取り入れた。

3. 終わりに

本研究では、認知症を予防する新たな遠隔医療・ヘルスケアプログラム『i-CAN』で用いる、認知機能トレーニングゲームの開発を進めている。

本稿では、i-CAN アプリケーションのための新たなトレーニングゲームの開発と拡充について報告した。

今後は専門家や一般ユーザーを対象とした使用感調査を行い、難易度の検討や、レイアウトの検討を進めていく予定である。

また、昨年度開発された Web 用認知機能トレーニングゲームについても i-CAN アプリケーションに実装・導入していく予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたりユーザー調査にご協力いただいた皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 平成 28 年版高齢社会白書, 第 1 章 ”高齢化の状況” 第 2 節 3 ”高齢者の健康・福祉”, 内閣府, 2016, https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2016/zenbun/28pdf_index.html (2021 年 11 月 25 日確認)
- (2) “Risk reduction of cognitive decline and dementia”, WHO guidelines. Geneva: World Health Organization, License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO (2019) <https://www.who.int/publications/i/item/risk-reduction-of-cognitive-decline-and-dementia> (2021 年 11 月 25 日確認)
- (3) Kokubo Naomi, Yokoi Yuma, Saitoh Yuji, et al.: “A new device-aided cognitive function test, User eXperience-Trail Making Test (UX-TMT), sensitively detects neuropsychological performance in patients with dementia and Parkinson's disease.”, BMC psychiatry, 18, 220 (2018)
- (4) 野内類, 川島隆太: “脳トレゲームは認知機能を向上させることができるのか?”, 高次機能研究, 34 巻 3 号 (2014)
- (5) Nouchi Rui, Saito Toshiki, Nouchi Haruka, et al.: Small acute benefits of 4 weeks processing speed training games on processing speed and Inhibition performance and depressive mood in the healthy elderly people: evidence from randomized control trial, Frontiers in Aging Neuroscience. 8:302, (2016)

小学校向け安全マップ活動支援システム

-補助員向け資料作成機能の開発-

小川 侑希, 川久保 颯人, 黒木 皓太, 小谷 晃太郎, 斉藤 祥太, 吉本 定伸
国立東京工業高等専門学校

Safety Education Support System for Elementary School -Development of document creation function for assistants-

Yuki Ogawa, Hayato Kawakubo, Kota Kurogi,
Kotaro Kotani, Shota Saito, Sadanobu Yoshimoto
National Institute of Technology, Tokyo College

近年、文部科学省では様々な課題に取り組む「生きる力」を育てるため、新学習指導要領が全面実施されている。また文部科学省の「学校安全の推進に関する計画」では、通学路で児童が危害を加えられる事件が発生し、大きな社会問題となることが挙げられている。多くの小学校では、児童の安全意識を高めることを目的とした「安全マップ活動」が実施されている。本研究では、小学校安全教育の支援を目的とするアプリケーションの開発・改良を行っており、本稿では主にフィールドワーク時に必要となる資料作成機能の開発状況について報告する。

キーワード:小学校安全教育, 防犯, 防災, 安全マップ, タブレット端末

1. はじめに

「第二次学校安全の推進に関する計画」では、自然災害や交通事故、犯罪等の社会的な情勢は年々変化しており、今後の深刻化も懸念されている。それを踏まえ、児童生徒等が主体的に行動する態度を育成する安全教育を推進していく必要があるとされている[1]。例えば、児童らの犯罪被害防止能力を高めるものとして、地域安全マップ作り[2]という活動が実施されている。

しかし、文部科学省の調査では、安全マップ作製の実施状況は、93.9%(平成19年3月)から49.2%(平成31年3月)に低下している[3]。この一因として、準備や活動自体に多くの時間を割かれることが挙げられる[4]。本研究では、こうした活動を支援するアプリケーションの開発・改良を行っており、本稿では主に補助員向け配布資料作成の支援を行う機能の開発に関しての報告を行う。

2. システムを使用した安全マップ活動

2.1 安全マップ活動概要

防犯, 防災, 交通安全の観点において、児童の安全意識を育むことを目的とした授業の一環で、自分の住んでいる地域の安全な場所や危険な場所についてフィールドワークを通じて調査し、地図にまとめることで安全意識を育むことを目的とした活動のことである[2]。図1に小学校での基本的な安全マップ活動の流れを示す。

2.2 本アプリケーションを用いた活動の流れ

これまで、安全マップ活動を行う際に、学校ごとの活動形態にあわせた形で利用できるよう開発を進めてきた。以下、安全マップ活動に対応するアプリケーションの各モードについて記す。

2.2.1 デスクワークモード

活動の事前準備として各班の活動ルート・活動エリ

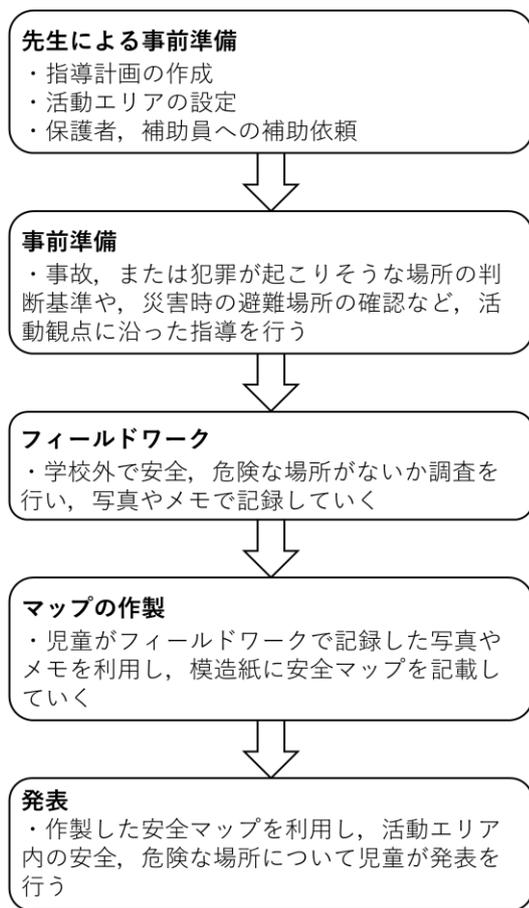


図1 基本的な安全マップ活動の流れ

アの登録を行う。また、防災エリアや避難経路、フィールドワーク中に目印となる施設などの記録も行えるため、児童がフィールドワークに向けて事前に学習することができる。

2.2.2 フィールドワークモード

活動中に調査した安全・危険な場所や一般の人へのインタビュー内容をポイントとして、写真・メモ・録音機能を用いて記録することができる。記録したポイントはアイコンとして地図上に自動で表示されていく。

2.2.3 まとめモード

発表会・安全マップ印刷の準備として、フィールドワークモードで登録したポイント情報の編集、発表会で発表するポイントの選択、安全マップを印刷する際に記載するポイントの選択ができる。また、発表時には作製した地図やポイントごとの情報をスクリーンに映し、手元のタブレットで操作しながら発表することができる。

2.2.4 その他モード

地図データやポイントなど活動に必要なデータの管

理・編集、活動の観点や対象学年などを活動に合わせて変更できるカスタマイズ設定、アプリケーションに関する情報の表示が可能である。また、登録したポイントの情報を1枚の紙地図にまとめ、画像として保存することができ、印刷することで校内の掲示や、児童への配布物として家族との情報共有も行える。

3. システムの改良

3.1 新たな機能の追加

安全マップ活動を実施する際に必要な準備の一つとして、フィールドワークに同行する教員や保護者などの活動補助員に向けた資料の作成が挙げられる。資料には活動範囲の地図のほか、緊急時のタブレットの操作説明や連絡先など、補助員が安全マップ活動中の児童をサポートするために必要な情報を記載する必要があると考えられる。一般的に資料を用意する場合、PC等を用いて資料の作成を行うが、記載する情報の用意や編集作業は大きな手間となると考えられる。筆者らがこれまでに行ってきた安全マップ活動においても、資料準備の手間を減らすことができないかということが課題として挙げられていた。そこで、補助員向け資料作成の負担の低減を図るため、資料をタブレットから容易に作成できる機能をアプリケーションに実装することを考えた。

3.2 スタッフ待機場所登録機能

これまでに行ってきた安全マップ活動では、児童に同行する補助員とは別に、機材トラブルなど不測の事態にも迅速に対応できるよう、活動エリア内に数人のスタッフを配置する形式も想定された。そのため補助員向け資料作成機能では、地図上にスタッフの待機場所を記載できるようにする必要があると考えた。そこで、スタッフの待機場所の登録もタブレットから行うことができるよう、図2のようなレイアウトで機能の実装を進めている。登録時には、登録開始ボタンを押した後、地図の待機場所として登録する箇所を長押しすることで待機場所を登録することができるようにする。また、登録した待機場所はアイコンとして地図上に自動で表示されていき、右下の待機場所一覧にも追加されていくようにする。

げます。

参 考 文 献

- [1] 文部科学省 第2次学校安全の推進に関する計画
https://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/anzen/___icsFiles/afieldfile/2017/06/13/1383652_03.pdf (2021年11月8日確認)
- [2] 東京都都民安全推進本部 大東京防犯ネットワーク
<https://www.bouhan.metro.tokyo.lg.jp/> (2021年11月8日確認)
- [3] 文部科学省 学校安全の推進に関する計画に係る取組状況調査
https://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/anzen/___icsFiles/afieldfile/2020/20200331_mxt_kouhou02_03.pdf (2021年11月8日確認)
- [4] 文部科学省 学校安全の推進に関する計画
https://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/anzen/___icsFiles/afieldfile/2012/05/01/1320286_2.pdf (2021年11月8日確認)

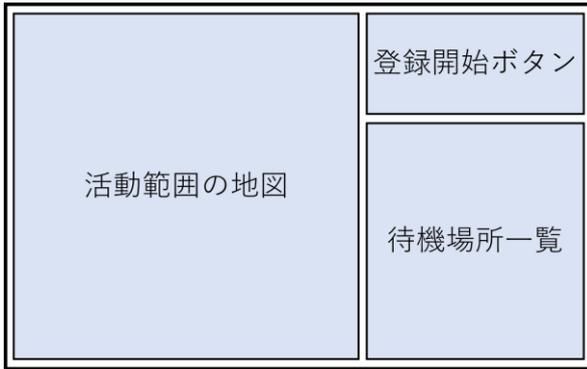


図2 スタッフ待機場所登録機能のレイアウト案

3.3 補助員向け資料出力機能

資料作成を容易に行うため、あらかじめ用意したレイアウトに各班の地図や緊急連絡先を自動で当てはめ、資料の出力を行う機能の実装を進めている。また、活動中にトラブルが起こった場合にも補助員が迅速に対応できるよう、図3のレイアウトのように緊急連絡先・注意事項・タブレットの操作説明等を記載する。

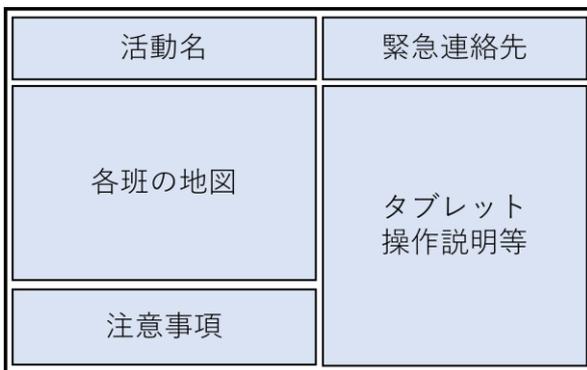


図3 補助員向け資料のレイアウト案

4. まとめ

本稿ではアプリケーションにおける資料作成支援機能の開発について報告した。これにより、教員の資料作成の手間の低減につながるものと考えられる。今後は実際の活動を通し、教員の評価を踏まえたより使いやすい機能へと改良が必要である。

謝辞

本研究を行うにあたり、ご協力いただきました小学校の教員、児童、関係者の皆様に心から感謝を申し上げます。

肢体不自由者のための自立活動支援アプリケーション -アプリケーションの改良-

金井 賢^{*1}, 小出 新^{*1}, 吉本 定伸^{*1}, 谷本 式慶^{*2}

^{*1} 国立東京工業高等専門学校

^{*2} 東京都立小平特別支援学校

Development of self reliance activity support application for physically handicapped people

- Improving the application -

Ken Kanai^{*1}, Arata Koide^{*1}, Sadanobu Yoshimoto^{*1}, Tsuneyoshi Tanimoto^{*2}

^{*1} National Institute of Technology, Tokyo College,

^{*2} Tokyo Metropolitan Kodaira School for Special Needs Education

特別支援学校の教育の場において肢体不自由のある児童生徒に対して自立活動が行われている。自立活動を支援するために様々な機器が利用されているが、児童生徒により肢体不自由の度合いや興味を持つものに違いがあり、個々に対応した機器を用意し指導を行う必要がある。このような背景から本研究では Kinect センサーに注目しゲームを題材とした上体や腕を動かす自立活動支援アプリケーションの開発を行っている。本稿ではアプリケーションの UI や機能の開発状況について述べる。

キーワード: Azure Kinect, 肢体不自由, 自立活動

1. はじめに

特別支援学校では、肢体不自由のある児童生徒に対して、身体を動かすといった自立活動⁽¹⁾の指導が行われている。自立活動とは個々の児童生徒が自立を目指し、障害による学習上又は生活上の困難を主体的に改善・克服しようとする取組を促す教育活動である。その内容は健康の保持、心理的な安定、人間関係の形成、環境の把握、身体の動き、コミュニケーションの6つの区分が示されており、児童生徒の実態に応じて必要な項目を選定して取り扱うとされている⁽²⁾。このような背景から、特別支援学校ではAT(アシスティブテクノロジー)というテクノロジーを使い肢体不自由者の自立活動を支援する取り組みが行われている。しかし、児童生徒によって肢体不自由の度合いの違いや興味を持つものの違いにより個々に対応した機器を用意し指導を行う必要があるため、教諭や介護

職員の負担にもなっている。

そこで、マイクロソフト社の Kinect センサーに着目し、ゲームを題材とした肢体不自由を持つ児童生徒の自立活動を支援するアプリケーションの開発を行っており⁽³⁾、本稿では昨年度に引き続き⁽⁴⁾Kinect for Azure DK(Azure Kinect)を利用したアプリケーションの開発状況について報告を行う。

2. 昨年度までのアプリケーション概要

2.1 アプリケーションの概要

これまでのアプリケーションでは、Kinect V2 で得られた骨格情報を利用し画面に児童生徒を表示させ、児童生徒の腕に表示された物体をターゲットまで移動するゲームが実装されている。また、ゲームを通じて腕の可動範囲の記録も行い、実際にどの程度腕を動かすことができたのかを把握することができる。実装

されているゲームは「もぐらたたき」「虫取り」「フルーツキャッチ」「ふきふきぞうきん」「テニス」の5種類があり、昨年度「もぐらたたき」を Azure Kinect 用アプリケーションとして実装を行った。



図 1: メニュー画面

2.2 ゲームの流れ

ゲームを起動するとタイトル画面が表示され「ゲームへ」のボタンを押すとメニュー画面へと移行する。メニュー画面ではプレイヤー、ゲームの種類、ターゲットの数、ゲームを行う手、BGMの有無を設定する(図1)。

「ゲームスタート」ボタンを押すことでゲームで両手に表示される物体とターゲットの確認を行う画面が表示される。その後「ゲームへ」を押すことで図2のようなゲーム画面へ移行する。現在 Azure Kinect 版で実装済みの「もぐらたたき」を例として説明する。



図 2: ゲーム画面

ゲーム画面は図2のようにになっている。プレイヤーの手に表示されたハンマーをもぐらまで移動させることで成功を示すもぐらの画像を表示する。ターゲットであるもぐらは少しずつプレイヤーに向かって移動をしていく。ターゲットに触れると画面右上の残りターゲット数が減っていき、残りが0になるとゲームクリアとなりゲームクリア画面に移動する。また、Kinect V2用アプリケーションでは前述の通り腕の可動範囲は記録しており、グラフやイラストで可動範囲の状況を確認することができる。

2.3 画像や音声の編集

ゲームで使用する画像や音声を児童生徒の好みに合わせて変更することができる。また、その変更を保存することで、ゲーム選択時に選べるようになっている。

3. 今年度の改良に向けて

昨年度から今年度にかけて、特別支援学校におけるフィードバックおよび筆者らによる使用により大きく以下の課題が挙げられた。

3.1 Azure Kinect を用いたアプリケーション開発

現在 Azure Kinect を用いたゲームの開発は「もぐらたたき」のみ実装されている。そのため、未実装のゲームの実装を進めていく必要がある。

3.2 フィードバック

(1) アプリケーション内には様々な機能があり、使用する際にどのような機能があるか。ゲームの種類によってターゲットの動きがどのように変化するのかなどの説明があるとよい。

(2) ターゲットの移動を停止する、もう少し時間をかけて移動をするなどターゲットの移動を制御できるとよい。

(3) 現在もぐらたたきのゲームでは、ハンマーが手に重なっている状態で表示されるため、手の延長線上に表示することができないか。

3.3 UI の改善

筆者らによるアプリケーションの使用を通し、UI の改良について検討する。

4. 開発状況

4.1 Azure Kinect による開発

現在 Kinect V2 アプリケーションでは「もぐらたたき」以外に「虫取り」「フルーツキャッチ」「ふきふきぞうきん」「テニス」が実装しているが、これらの中で使用状況を鑑み、「フルーツキャッチ」の開発を行っている。開発が終了次第、優先して開発を行うものをフィードバックから検討し引き続き開発を進めていく予定である。

4.2 フィードバックによる改良

(1) アプリケーションの説明の追加

現在はゲームの説明を追加することを優先して開発を行っている。ゲーム開始直前の画面で「ゲームの説明」ボタンを追加し、文章やイラストで説明を行う。また、アプリケーション全体の機能の説明の追加も考えている。

(2) ターゲットの移動を制御する

ターゲットの移動をオフにする機能は Kinect V2 版ではすでに実装済みである。そのため、Azure Kinect 版にも実装をすることを考えている。また、移動速度を変更する機能は実装していなかったため、速度の変更を可能にする機能を実装することを考えている。

(3) もぐらたたきのハンマーの表示位置の調整

ゲームモード「テニス」はラケットの位置が手の延長線上に表示される機能を有している。また表示する画像の変更機能も有しているが、新しくデフォルトのゲームとして用意することを考えている。

4.3 UI の改善

昨年度までのアプリケーションではゲームを開始した後にゲームの設定画面へ戻りたい場合、一度タイトル画面に戻りゲームの設定画面に移動していた。そこで、ゲームの途中でもゲームの編集画面に移動できるように改良を行った。

5. おわりに

今年度は、昨年度までに開発された Azure Kinect を用いた自立活動支援アプリケーションの開発を引き続き行っており、特別支援学校の児童生徒や教諭、

介護職員がより利用しやすいよう UI の改良、およびフィードバックの反映を行っている。

今後も特別支援学校の児童生徒や教諭に使用してもらい、フィードバックを頂き、さらなる改良を行っていく予定である。

謝辞

本研究を行うにあたり、協力いただいた東京都立小平特別支援学校の教諭、介護職員、児童生徒の皆様に感謝の意を示します。

参考文献

- (1) 中井滋, 高野清: “特別支援学校（肢体不自由における自立活動の現状と課題（1））”, 宮崎教育大学紀要, 46, pp. 173-183 (2011)
- (2) 文部科学省: ”特別支援学校教育要領・学習指導要領解説 総則編(幼稚部・小学部・中学部)”, pp. 135-136(2018)
- (3) 中田青葉, 春日源太郎, 吉本定伸, 谷本式慶: “肢体不自由者のための Kinect V2 センサーを用いた自立活動支援アプリケーションの改良”, 教育システム情報学会研究報告.vol134 no.5, pp. 65-67 (2020)
- (4) 畑中正介, 春日源太郎, 吉本定伸, 谷本式慶: “肢体不自由者のための自立活動支援アプリケーションの一検討”, 電子情報通信学会 2021 年総合大会講演論文集.H-4-13, (2021)

嫌な勉強・仕事に「着手する」ための スマホアプリに欲しい機能のアンケート調査

竹内俊彦^{*1 *5}, 舘秀典^{*2 *5}, 加藤由樹^{*3 *5}, 加藤尚吾^{*4 *5}

^{*1} 駿河台大学 ^{*2} 東京福祉大学 ^{*3} 相模女子大学

^{*4} 東京女子大学 ^{*5} 教育テスト研究センター(CRET)

Questionnaire survey of the functions that people want in a smartphone pp to "start" unpleasant studying / work

Surugadai University^{*1}, Tokyo University of Social Welfare^{*2}

Sagami Women's University^{*3} Tokyo Woman's Christian University^{*4}

Center for Research on Educational Testing (CRET)^{*5}

The Corona disaster has increased the opportunities for people to study and work at home. However, it is sometimes difficult to get motivated to start work at home. Our ultimate research goal is to develop a smartphone application to help people "get started" on their unpleasant studies or work. In this study, we investigated what functions people want in such apps. We conducted a questionnaire survey among 71 university students. We divided them into 18 groups of 3-4 students each and gave them 20 minutes to discuss and come up with ideas. We asked them to rate all 81 ideas on a 5-point scale. As a result, we found that there were differences in the functions sought by gender, and so on.

キーワード: 在宅学習, アプリ, 開発, やる気, 開発, アンケート

1. はじめに

コロナ禍で在宅学習・在宅ワークの機会が増えた。しかし在宅では仕事に着手する気になれない時がある。

我々の最終目標は、在宅学習・在宅ワークにおいて生活から学習に切り替えるときの障害は何かを特定し、気持ちの切り替えに必要なと思われる機能をリストし、どの機能を実装すれば「着手できない」問題の解決に役立ちそうかを特定し、アプリを開発することである。

過去にも仕事管理を補助するソフトやアプリは数多く開発されている。たとえばカンバン方式を取り入れた taiga.io⁽¹⁾ など、多くのツールが開発されている。

本研究で開発予定のアプリの特徴は、着手の問題に特化していることである。なお着手の問題に特化するという方針決定には、吉田守氏の日経 XTECH における全 7 回の連載記事「まさか自分が? コロナ禍の『在宅ショック』体験記」⁽²⁾ が大いに参考になった。

本研究で事前準備として、嫌な勉強や仕事に「着手する」ためのアプリにどのような機能が欲しいか、70 名の大学生を対象にアンケート調査を行った。

2. 実験方法

2.1 実験の概要

2021 年 11 月 6 日(土)に、Zoom で大学生 71 名に 13:00~14:00 まで実験を行った。3~4 名ずつの 18 グループに分けて 20 分間、話し合いアイデアを出していただき、出てきた全 81 アイデアについて全員に 5 段階評価いただいた。実験参加者 70 名の性別と文系/理系の属性の内訳を表 1 に示す。

表 1 実験参加者の属性

	文系	理系	合計
女性	25	10	35
男性	23	12	35
合計	48	22	

また実験参加者 70 名の大学の学年と性別の内訳を表 2 に示す。

表 2 実験参加者の属性

	女性	男性	合計
1年	4	4	8
2年	6	5	11
3年	12	6	18
4年	13	20	33
合計	35	35	70

実験のスケジュールを表 3 に示す。

表 3 実験スケジュール

時刻	時間	項目
13:00-13:03	03分	実験説明
13:03-13:18	15分	事前アンケート
13:18-13:21	03分	ブレイクアウトルームに移動
13:21-13:36	15分	話し合い+メモ欄に記入
13:36-13:41	05分	メモ欄のアイデアの一部を提出アイデア欄にコピペ
13:41-13:44	03分	各グループの提出アイデア欄の全アイデアを集計アイデア表に転記
13:44-13:59	15分	集計アイデア表の各アイデアについてアイデア評価アンケート(5件法)
13:59-16:00	01分	実験終了の宣言

18 グループがそれぞれ Zoom のブレイクアウトルームで 15 分、話し合った結果、トータルで 81 個のアイデアが提案された。その全アイデアを「集計アイデア表」にまとめ、それぞれについて、どの程度、使ってみたいか、5 段階アンケートで回答いただいた。各アイデアについて、「使ってみたい」という文章に、とてもそう思う(5) ~ まったくそう思わない(1) のどれかを 5 件法で回答していただき、結果を分析した。

2.2 アイデアの分類

81 個のアイデアを、著者らは大きく 16 個のカテゴリに分類した。アバター応援、カスタマイズ、ヒント提案、音楽追加、音声応援、開始管理、期限管理、休憩管理、娯楽追加、質問、実利、進捗可視化、他人情報、罰則、文字応援、誘惑制限である。カテゴリ分けした結果は表 4、表 5、表 6 の「大分類」の欄に示している。

2.3 実験の結果

81 アイデアを 15 個のカテゴリ別に「使ってみたい」順にソートした図を図 1 に示す。意見の割れた順ベスト 5(変動係数の大きい順)の 1~5 の分布を図 2 に示す。また有効回答 70 名の全順位を、「使ってみたい」という平均値の高い順に表 4 に示す。また、性差(女性の評価平均値 - 男性の評価平均値)の値でソートしたベスト 20 とワースト 20 順を表 5、文系と理系の差(文系の評価平均値 - 理系の評価平均値)の値でソートしたベスト 20 とワースト 20 順を表 6 に示す。



図 1 カテゴリ別「使ってみたい」順

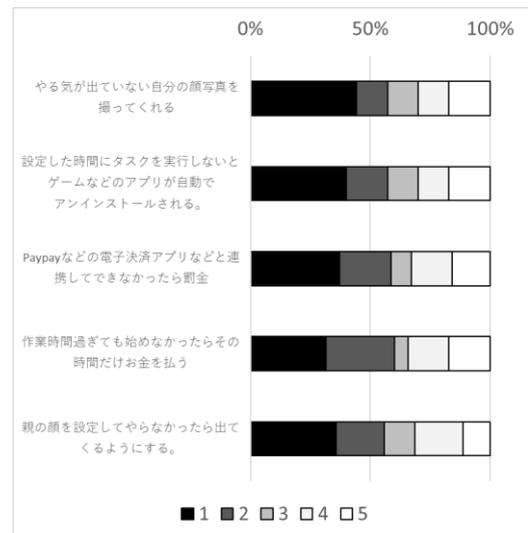


図 2 意見の割れた順ベスト 5 の 1~5 の分布

表 4 アイデアのリスト「使ってみたい」順

順位	平均	大分類	内容
1位	4.67	実利	課題をクリアするとポイントがたまり、コンビニなどで使えるクーポンと交換できる。
2位	4.60	実利	目標を達成したらコーヒーや紅茶などの無料が得られる
3位	4.59	実利	タスクを完了するとお金がもらえる
4位	4.56	実利	タスクの達成量によってプレゼントやクーポンが貰える
5位	4.44	実利	課題が終わったらポイントがもらえる
6位	4.43	実利	勉強時間に応じたポイント加算システム(景品に交換等)
7位	4.34	実利	課題をやったらポイントがたまるようにしてためたポイントをアプリ内で使えるようにする。
8位	4.33	他人情報	同じ課題に取り組んでいる人の進捗状況を知ることができる
9位	4.30	期限管理	PCを開いたら自動的に締め切り間近の課題が表示される機能
10位	4.29	実利	課題に取り組むとポイントが貯まり、そのポイントを景品(お菓子、文房具など)と交換できる。課題を達成できないと、ポイントが減る
11位	4.29	実利	作業時間を積み重ねていくと、ポイントがたまる機能。
12位	4.26	期限管理	課題の締め切りや範囲などをカレンダーで管理できる
13位	4.24	進捗可視化	進み具合や終わらせた範囲が可視化される(ex.ゲージが貯まる)
14位	4.24	進捗可視化	作業効率が可視化出来たら良い
15位	4.24	期限管理	締め切りまでのカウントダウンが通知される
16位	4.23	他人情報	ランキング形式にして優秀者には景品を⇒アプリに広告掲載、教授はアプリを販売・販促活動をして資金を集める、学食の割引券、売店のクーポン
17位	4.23	期限管理	自身の課題進捗状況を入力し、その統計からAIが新しい課題に対してスケジュールを組んでくれる。もしくは間に合うかどうか計算して通知してくれる。入力した進捗状況は同じ課題を行っている学生に通知していくようにする。
18位	4.19	実利	小さな目標を設定。達成後はプチご褒美。大きな目標達成後は大きめのご褒美。
19位	4.19	進捗可視化	取り組んだ時間などがグラフでまとめられる
20位	4.17	進捗可視化	自分の勉強量が分かりやすく自視で管理できる機能
21位	4.17	期限管理	期日までのカウントダウン機能
22位	4.16	進捗可視化	目標達成率が表示される
23位	4.13	期限管理	生徒側からだけでなく、学校側からも更新できる課題リマインド機能
24位	4.13	実利	自分がいままでどれだけ勉強(課題)に取り組んできたかが時間で分かり、ポイントに還元できるシステム(貯めたポイントはアプリ内のカスタマイズの購入などに使える。)
25位	4.13	質問	同じ学年や講義の人のグループに達成報告や質問ができる
26位	4.12	期限管理	締め切りまでのカウントダウン
27位	4.11	進捗可視化	カレンダーと同期させ、どのくらいの時間、何の勉強をしていたかを見返せる機能。→後に見たときに達成感に繋がる。
28位	4.11	進捗可視化	一日にどれだけ課題を進めれば終わるか知らせてくれる⇒マイルストーンを置くことで参入障壁を下げる
29位	4.09	進捗可視化	他の人の進捗を可視化
30位	4.07	実利	やる気ポイントを付与される⇒現金や商品に換金? ※ポイントを受け取るためには広告閲覧
31位	4.06	他人情報	グループで登録した人たちの進捗状況が一目でわかる機能。
32位	4.00	他人情報	友人らと課題の進捗状況を共有する機能
33位	3.97	休憩管理	集中力の波を自動計算して、最適なタイミングで休憩時間を知らせてくれる
34位	3.97	誘惑制限 進捗可視化	タイマー作動中は他のアプリの利用制限、終了したら自分の努力の可視化(グラフ化、先日との比較)
35位	3.97	他人情報	他者との共有機能(今から勉強を始める・どこでする・クラスメイトの課題の進捗状況等)
36位	3.96	期限管理	目標が時間に通知される
37位	3.93	質問	同じ授業を取っている人が入れるコミュニティを作る。(チャット)⇒気軽に相談できる場を形成
38位	3.91	他人情報	アカウントを交換している友人間で、進捗状況を共有できる
39位	3.90	誘惑制限 進捗可視化 他人情報	課題を使っている間はアプリを開き、他の画面に変えたら、課題中断。アプリを開いている時間が勉強に取り組んでいる時間になるような機能。他の人の勉強時間も見える。
40位	3.90	進捗可視化 他人情報	掲示板などで他の人の課題の進捗情報などを共有できる掲示板的機能

順位	平均	大分類	内容
41位	3.84	歩可視化 他人情報	友人の頑張りが可視化できる
42位	3.83	誘惑制限	学習に関係のないアプリ(ゲームなど)を立ち上げようすると警告を出してくれる
43位	3.80	誘惑制限	時間になったらパスワードが掛かってそのパスワードが作業が終わらないと教えてもらえない。もしくはパスワードを友達にかけてもらう
44位	3.80	誘惑制限	他の誘惑があるアプリをロックする →OS作成者(Apple,Googleなど)がそれを許すかは別として
45位	3.79	音楽追加	自動で好きな音楽を流してくれる機能。
46位	3.79	休憩管理	課題のはじめだけじゃなくて、息抜きも提案してくれる
47位	3.77	開始管理	作業開始時間を設定すると、その時間に通知が来る。
48位	3.76	音楽追加	気分の上がる音楽を流してくれる
49位	3.73	ヒント提案	課題のヒントや参考になりそうなものを自動で提示してくれる
50位	3.73	誘惑制限	自身で設定した時間までスマートフォンの他機能の利用を制限することができる。
51位	3.71	娯楽追加	課題ごとに自由に書き込める項目を作る
52位	3.64	進捗可視化	課題に着手するとタイマーが起動し、課題にかけた時間を計測する。課題量÷時間を勝手に計算し、どれだけ集中していたかをはかる。
53位	3.64	音楽追加	お勤めの音楽を選んでくれる。自分が普段聞いている曲から傾向を分析して、お勤めしてくれる。
54位	3.63	音楽追加	集中したいときにだけ聞く音楽を登録しといて、時間になったら自動で流れてきたり、流したいときにすぐに流せる
55位	3.62	他人情報	同じ目標を持った人とつながれる、いいねが送れる
56位	3.61	誘惑制限	さぼっていたらSNSを停止される
57位	3.60	音楽追加	自動で自分の好きな音楽を流してくれる機能
58位	3.59	他人情報	友だちや他人と目標達成スコアで競う
59位	3.57	他人情報	タスクを達成した回数を記録し、他のユーザーと競う機能。
60位	3.56	期限管理	課題にかかる時間と締め切りをあらかじめ入力して締め切りの直前になるとアラームが鳴るようにする
61位	3.53	誘惑制限	きせかえ機能(課題の達成度によって解禁されていく)
62位	3.51	カスタマイズ	アプリのデザインを自分でカスタマイズできる。(ボタン配置等のUIや、壁紙などのビジュアル面)
63位	3.49	誘惑制限	課題が完了した時にアラームがパスワードでのみ解除
64位	3.43	進捗可視化	課題の進捗度に合わせてアプリ内のキャラクターやアバターなどが変化・成長する
65位	3.34	アバター応援	自分の好きなキャラクターや俳優・アイドルが応援してくれる
66位	3.31	文字応援	そもそも何故やる気がでないのかを追求する心理テストのようなものが始まる
67位	3.21	他人情報	課題に取り組んだ時間の合計や早く終わった順の全国ランキングを作る。
68位	3.17	カスタマイズ	アプリのアイコンがかわいい
69位	3.10	休憩管理	休憩時間を固定する機能。
70位	3.07	音声応援	「お疲れ様」や「そろそろ課題を始めましょう」など音声AIが話しかけてくれる機能
71位	3.04	期限管理	危機感を募らせる音が出る機能
72位	3.01	他人情報	フリートークのような交流ができる機能。
73位	2.97	他人情報	SNSにアップする機能(進捗を第三者に見せる)
74位	2.97	アバター応援	開始の合図をくれるアバターを自分好みの声に変えられる
75位	2.86	音声応援	AIの音声機能で勉強を応援してくれるようなことを言ってくれる機能
76位	2.81	文字応援	偉人の名言や、やる気のできるセリフが表示される。 (ex. It has to start somewhere. It has to start sometime. What better place than here? What better place than now?)
77位	2.60	罰則	作業時間過ぎても始めなかつたらその時間だけお金を払う
78位	2.52	罰則	Paypayなどの電子決済アプリなどと連携してできなかったら罰金
79位	2.51	罰則	親の顔を設定してやらなかつたら出てくるようにする。
80位	2.50	罰則	設定した時間にタスクを実行しないとゲームなどのアプリが自動でアンインストールされる。
81位	2.46	罰則	やる気が出ていない自分の顔写真を撮ってくれる

表 6 アイデアのリスト 文理順

順位	差 (文系-理系)	文系	理系	大分類	質問項目
1	0.93	2.79	1.86	罰則	設定した時間にタスクを実行しないとゲームなどのアプリが自動でアンインストールされる。
2	0.84	3.75	2.91	誘惑制限	課題が完了した時にアラームがパスワードでのみ解除
3	0.73	3.96	3.23	誘惑制限	自身で設定した時間までスマートフォンの他機能の利用を制限することができる。
4	0.72	3.08	2.36	音声応援	AIの音声機能で勉強を応援してくれるようなことを言ってくれる機能
5	0.64	2.73	2.09	罰則	Paypayなどの電子決済アプリなどと連携してできなかったら罰金
6	0.63	3.27	2.64	音声応援	「お疲れ様」や「そろそろ課題を始めましょう」など音声AIが話しかけてくれる機能
7	0.61	4.75	4.14	実利	タスクの達成量によってプレゼントやクーポンが貰える
8	0.55	2.69	2.14	罰則	親の顔を設定してやらなかったら出てくるようにする。
9	0.52	4.75	4.23	実利	タスクを完了するとお金がもらえる
10	0.51	3.69	3.18	誘惑制限	きせかえ機能（課題の達成度によって解禁されていく）
11	0.50	3.96	3.45	誘惑制限	他の誘惑があるアプリをロックする →OS作成者(Apple,Googleなど)がそれを許すかは別として
12	0.50	4.50	4.00	実利	課題をやったらポイントがたまるようにしてためたポイントをアプリ内で使えるようにする。
13	0.48	3.71	3.23	期限管理	課題にかかる時間と締め切りをあらかじめ入力して締め切りの直前になるとアラームが鳴るようにする
14	0.45	4.27	3.82	実利	自分がいままでもどれだけ勉強（課題）に取り組んできたかが時間で分かり、ポイントに還元できるシステム（貯めたポイントはアプリ内のカスタマイズの購入などに使える。）
15	0.45	4.81	4.36	実利	課題をクリアするとポイントがたまり、コンビニなどで使えるクーポンと交換できる。
16	0.44	3.94	3.50	誘惑制限	時間になったらパスワードが掛かってそのパスワードが作業が終わらないと教えてもらえないもしくはパスワードを友達に付けてもらう
17	0.43	3.75	3.32	誘惑制限	さぼっていたらSNSを停止される
18	0.43	4.56	4.14	実利	勉強時間に応じたポイント加算システム(景品に交換等)
19	0.42	4.10	3.68	他人情報	他者との共有機能（今から勉強を始める・どこでする・クラスメイトの課題の進捗状況等）
20	0.42	4.42	4.00	実利	課題に取り組むとポイントが貯まり、そのポイントを景品（お菓子、文房具など）と交換できる。課題を達成できないと、ポイントが減る
63	0.00	4.23	4.23	期限管理	自身の課題進捗状況を入力し、その統計からAIが新しい課題に対してスケジュールを組んでくれる。もしくは間に合うかどうか計算して通知してくれる。入力した進捗状況は同じ課題を行っている学生に通知していくようにする。
64	-0.02	3.71	3.73	娯楽追加	課題ごとに自由に書き込める項目を作る
65	-0.03	4.10	4.14	進捗可視化	一日にどれだけ課題を進めれば終わるか知らせてくれる ⇒マイルストーンを置くことで参入障壁を下げる
66	-0.05	4.31	4.36	他人情報	同じ課題に取り組んでいる人の進捗状況を知ることができる
67	-0.06	3.63	3.68	音楽追加	お勤めの音楽を選んでくれる。自分が普段聞いている曲から傾向を分析して、お勤めしてくれる。
68	-0.08	3.88	3.95	進捗可視化 他人情報	掲示板などで他の人の課題の進捗情報などを共有できる掲示板機能
69	-0.09	3.54	3.64	他人情報	タスクを達成した回数を記録し、他のユーザーと競う機能。
70	-0.10	3.31	3.41	アバター応援	自分の好きなキャラクターや俳優・アイドルが応援してくれる
71	-0.11	3.75	3.86	音楽追加	自動で好きな音楽を流してくれる機能。
72	-0.13	3.69	3.82	ヒント提案	課題のヒントや参考になりそうなものを自動で提示してくれる
73	-0.14	3.54	3.68	他人情報	友だちや他人と目標達成スコアを競う
74	-0.15	3.17	3.32	他人情報	課題に取り組んだ時間の合計や早く終わった順の全国ランキングを作る。
75	-0.16	3.71	3.86	音楽追加	気分の上がる音楽を流してくれる
76	-0.17	2.92	3.09	他人情報	SNSにアップする機能（進捗を第三者に見せる）
77	-0.21	3.56	3.77	音楽追加	集中したいときにだけ聞く音楽を登録し、時間になったら自動で流れてきたり、流したいときにすぐに流せる
78	-0.24	3.35	3.59	進捗可視化	課題の進捗度に合わせてアプリ内のキャラクターやアバターなどが変化・成長する
79	-0.25	3.52	3.77	音楽追加	自動で自分の好きな音楽を流してくれる機能
80	-0.25	3.02	3.27	休憩管理	休憩時間を固定する機能。
81	-0.31	2.92	3.23	他人情報	フリーチャットのような交流ができる機能。
82	-0.48	3.48	3.95	他人情報	同じ目標を持った人とながれる、いいねが送れる

表 5 アイデアのリスト 性差順

順位	差 (女性-男性)	女性	男性	大分類	質問項目
1	0.86	3.94	3.09	カスタマイズ	アプリのデザインを自分でカスタマイズできる。（ボタン配置等のUIや、壁紙などのビジュアル面）
2	0.80	3.74	2.94	アバター応援	自分の好きなキャラクターや俳優・アイドルが応援してくれる
3	0.77	3.46	2.69	音声応援	「お疲れ様」や「そろそろ課題を始めましょう」など音声AIが話しかけてくれる機能
4	0.63	4.29	3.66	休憩管理	集中力の減を自動計算して、最適なタイミングで休憩時間を知らせてくれる
5	0.60	4.09	3.49	休憩管理	課題のはじめだけじゃなくて、息抜きも提案してくれる
6	0.57	4.71	4.14	実利	勉強時間に応じたポイント加算システム(景品に交換等)
7	0.54	4.40	3.86	期限管理	生徒側からだけでなく、学校側からも更新できる課題リマインド機能
8	0.51	4.54	4.03	実利	作業時間を積み重ねていくと、ポイントがたまる機能。
9	0.46	4.51	4.06	実利	課題に取り組むとポイントが貯まり、そのポイントを景品（お菓子、文房具など）と交換できる。課題を達成できないと、ポイントが減る
10	0.46	4.46	4.00	期限管理	自身の課題進捗状況を入力し、その統計からAIが新しい課題に対してスケジュールを組んでくれる。もしくは間に合うかどうか計算して通知してくれる。入力した進捗状況は同じ課題を行っている学生に通知していくようにする。
11	0.46	3.09	2.63	音声応援	AIの音声機能で勉強を応援してくれるようなことを言ってくれる機能
12	0.43	3.86	3.43	音楽追加	お勤めの音楽を選んでくれる。自分が普段聞いている曲から傾向を分析して、お勤めしてくれる。
13	0.40	4.43	4.03	実利	ランキング形式にして優秀者には景品を⇒アプリに広告掲載、教授はアプリを販売・販売活動をして資金を集める、学食の割引券、売店のクーポン
14	0.40	3.17	2.77	アバター応援	開始の合図をくれるアバターを自分好みの声に変えられる
15	0.40	4.80	4.40	実利	目標を達成したらコーヒーや紅茶などの無料が得られる
16	0.37	4.63	4.26	実利	課題が終わったらポイントがもらえる
17	0.37	4.49	4.11	期限管理	PCを開いたら自動的に締め切り間近の課題が表示される機能
18	0.37	3.71	3.34	進捗可視化	きせかえ機能（課題の達成度によって解禁されていく）
19	0.37	4.37	4.00	進捗可視化	取り組んだ時間などがグラフでまとめられる
20	0.34	3.34	3.00	カスタマイズ	アプリのアイコンがかわいい
63	-0.11	4.00	4.11	他人情報	グループで登録した人たちの進捗状況が一目でわかる機能。
64	-0.11	3.74	3.86	誘惑制限	時間になったらパスワードが掛かってそのパスワードが作業が終わらないと教えてもらえないもしくはパスワードを友達に付けてもらう
65	-0.11	3.26	3.37	文字応援	そもそも何故やる気がでないのかを追求する心理テストのようなものが始まる
66	-0.17	4.00	4.17	進捗可視化	他の人の進捗を可視化
67	-0.17	3.54	3.71	音楽追加	集中したいときにだけ聞く音楽を登録し、時間になったら自動で流れてきたり、流したいときにすぐに流せる
68	-0.20	3.63	3.83	ヒント提案	課題のヒントや参考になりそうなものを自動で提示してくれる
69	-0.20	3.00	3.20	休憩管理	休憩時間を固定する機能。
70	-0.23	3.89	4.11	他人情報	友人らと課題の進捗状況を共有する機能
71	-0.23	3.69	3.91	誘惑制限	他の誘惑があるアプリをロックする →OS作成者(Apple,Googleなど)がそれを許すかは別として
72	-0.23	3.51	3.74	他人情報	同じ目標を持った人とながれる、いいねが送れる
73	-0.26	3.80	4.06	質問	同じ授業を取っている人が入れるコミュニティを作る。（チャット） ⇒気軽に相談できる場を形成
74	-0.26	3.46	3.71	他人情報	友だちや他人と目標達成スコアを競う
75	-0.26	2.89	3.14	他人情報	フリーチャットのような交流ができる機能。
76	-0.31	2.66	2.97	文字応援	偉人の名言や、やる気のでるセリフが表示される。 (ex. It has to start somewhere. It has to start sometime. What better place than here? What better place than now?)
77	-0.37	2.86	3.23	期限管理	危機感を募らせる音が出る機能
78	-0.40	3.29	3.69	誘惑制限	課題が完了した時にアラームがパスワードでのみ解除
79	-0.46	3.74	4.20	他人情報	他者との共有機能（今から勉強を始める・どこでする・クラスメイトの課題の進捗状況等）
80	-0.49	3.60	4.09	他人情報	友人の頑張りが見えてくる
81	-0.51	3.66	4.17	他人情報	アカウントを交換している友人間で、進捗状況を共有できる
82	-0.86	2.54	3.40	他人情報	SNSにアップする機能（進捗を第三者に見せる）

3. 考察

3.1 全体のランキングの考察

表 4 より、「使ってみよう」という機能のベスト 10 のうち、8 個までを「課題をクリアするとポイントがたまり、コンビニなどで使えるクーポンと交換できる。」(1 位)といった実利のある機能を好む。またワースト 10 位のうち 5 個、しかもワースト 1 位から 5 位までを「やる気が出ていない自分の顔写真を撮ってくれる」(81 位)といった「罰則」が占めている。実利があるアイデアを好み、罰則を課すアイデアを好まない、という傾向がはっきり表れている。

カテゴリ別に全員の平均値をソートした図 1 から、上位 3 位は実利、質問、進捗可視化、下位 4 位は罰則、音声応援、文字応援、アバター応援とわかる。図 1 から、実利や質問による解決(実利の一種と言える)、進捗可視化などをユーザは求めており、罰則やアプリによる応援は求めていないことがわかる。

なお、最も意見が割れたアイデア(かつ、最も人気のなかったアイデア)は「やる気が出ていない自分の顔写真を撮ってくれる」というものであった。

そのアイデアについて性別/学年別/性別と文系理系別で 1~5 の分布を示したものが図 3~図 5 である。

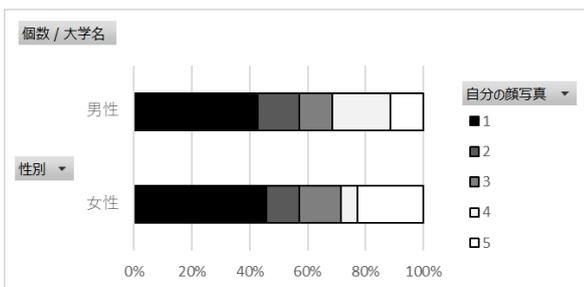


図 3 「自分の顔を撮影」性別別の賛否分布

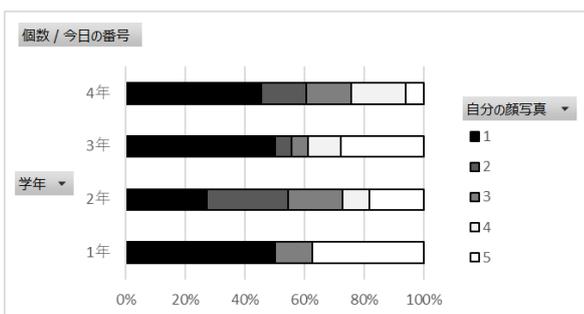


図 4 「自分の顔を撮影」学年別の賛否分布

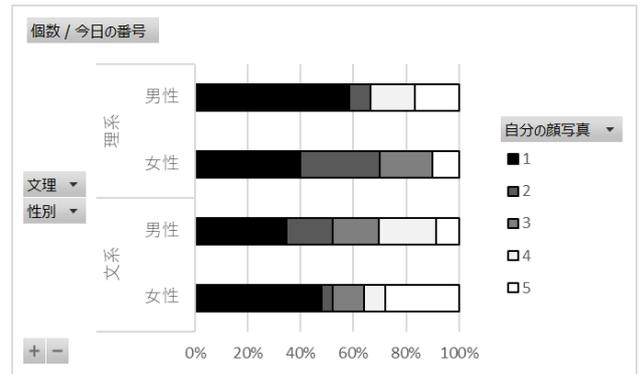


図 5 「自分の顔を撮影」文理、性別別別の賛否分布

全 81 アイデアに対する 70 名の評価の分類は、1(8.4%)、2(10.3%)、3(12.1%)、4(34.8%)、5(34.4%)であった。アイデアの実装を望まない 1 や 2 という回答は、全体の 2 割弱しかいないため貴重である。

図 4 から、「やる気が出ていない自分の顔写真を撮ってくれる」というアイデアについては、文系の女性が最も意見が割れやすくなっていたことがわかる。

3.2 性差のランキングの考察

表 5 より、女性が好むアイデアは「カスタマイズ、アバターや音声による応援、期限や休憩の管理、ご褒美を好む」とわかった。女性は仕事を、フィットネスバイクのような、基本的に嫌なノルマととらえており、

■達成できたら褒めて欲しい、もしくは適宜、良いタイミングを見計らって声をかけて欲しい

■作業中は一人で黙々と作業したいし、他の人と競いたくもない

と考えていることがわかる。

女性に向いている/向いていない言葉は、たとえば以下のようなものであると想像する。

○「お疲れ様。がんばりましたね。お菓子に交換できるコンビニのポイントをあげましょう」

×「まだ終わらないの？ みんなとっくに終わっているよ」

また同じく表 5 より、男性が好むアイデアは「他人と比較したときの情報が欲しい。SNS、チャット、ランキングによる競争による発奮と、文字による応援、課題のヒントを好む」とわかった。男性は仕事を、自分の能力を試すネット対戦ゲームととらえており、

■作業中に喝を入れて欲しい、誘惑を退け集中させ

てほしい

■作業中に他の人と比べたい、割り込みも OK、警告音も OK。達成後のご褒美は重視せず。

と考えていることがわかる。

男性に向いている/向いていない言葉は、たとえば以下のようなものであると想像する。

○「現在、作業は 85%完了しています。作業効率ランキングでは下位 10%。遅れ気味です」

×「お疲れ様。がんばったね！ お菓子に交換できるコンビニのポイントをあげましょう」

3.3 文理のランキングの考察

表 6 より、文系が好むアイデアは「未達成の場合の罰則、誘惑の制限、ご褒美を好む。他人との比較や自分の進捗管理は不要」とわかった。文系は仕事を、持病の薬飲みや課題の読書のように、他の誘惑を絶たないと取り掛かる気になれないが、達成が必要なものととらえている。

文系に向いている/向いていない言葉は、たとえば以下のようなものであると想像する。

○「あと 1 時間で作業を終えたらポイント、さもないとネット禁止です。動画を見るのをやめて集中しましょう」

また同じく表 6 より、理系が好むアイデアは「他人と比較したランキング、音楽、チャット、進捗管理、時間になると教えてくれる機能を好む」とわかった。理系は仕事を、ごはん早食いコンテストのように、効率よく済ませたいが、それほど嫌ではない作業ととらえている。

理系に向いている/向いていない言葉は、たとえば以下のようなものであると想像する。

○「半分、終わりました。音楽でも聴きながら楽しくやりましょう。こうすると効率がいいですよ」×「お疲れ様。がんばったね！ お菓子に交換できるコンビニのポイントをあげましょう」

4. おわりに

やる気になれない在宅学習・在宅ワークに「着手する」ためのアプリにどのような機能が欲しいか、70名の大学生を対象にアンケート調査を行った。その結果、

全般的には「実利」のある機能が好まれ、罰のある機能が好まれないこと、また好む機能に性差や文系/理系の間でも差があることがわかった。

謝辞

本研究にあたり、教育テスト研究センターの全面的な協力を頂いた。

参考文献

- (1) Taiga: Your opensource agile project management software,
<https://www.taiga.io/> (2021 年 12 月 01 日確認)
- (2) まさか自分が？コロナ禍の「在宅ショック」体験記,
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01358/>
(2021 年 12 月 01 日確認)

オンライン授業におけるコミュニケーション機会の差異が 精神状態に与える効果の脳波・心拍変動を用いた客観的評価

中川 友梨*¹, 谷田川 ルミ*¹, Peeraya Sripiyan *¹, 菅谷 みどり*¹

*¹ 芝浦工業大学

Objective Evaluation of the Effect of Different Communication Opportunities on Mental State in Online Classes Using EEG and Heart Rate Variability

Yuri Nakagawa*¹, Rumi Yatagawa*¹, Peeraya Sripiyan *¹, Midori Sugaya*¹

*¹ Shibaura Institute of Technology

Due to the expansion of COVID-19, many students are now taking online classes. Online class is favored by student's because it allows them to take classes at their own convenience. However, the disadvantage of online class is that it is difficult to communicate with other students. This can lead to a sense of loneliness and a decrease in motivation to learn. In order to clarify the forms of communication in online classes that can solve this problem, it is necessary to evaluate the effect of communication forms to student's mental status. However, the traditional method of evaluation uses questionnaire, which is not an objective method. In this paper, we objectively evaluated the effect of communication forms in online classes using biometric information. As a result, we found that there was no significant changes in the student's concentration and nervousness due to different forms of communication. However, it was suggested that there may be difference among individuals.

キーワード: 遠隔教育, オンラインコミュニケーション, 生体情報

1. はじめに

1.1 背景

オンライン授業は COVID-19 というパンデミック下でも学生が授業を受けることを可能にした。2020 年の 3 月 11 日に COVID-19 がパンデミックと世界保健機関 WHO から評された [1]。1 年後の 2021 年度前期の時点で全面的に対面授業を実施するとした大学は 36.4%である[2]。このことから、半数以上の大学がオンライン授業の実施を必要としていることがわかる。

また、実際に授業を受けた学生による前向きな評価として、学生の 79.3%が、個人にあわせて授業を受けられることに満足している、と回答している [3]。このように、オンライン授業は、COVID-19 のみならず、授業として満足度が得られる点があることから、今後

もその需要は継続すると考えられる。

一方、学生の 53%が不満として「友人などと一緒に授業を受けられず、寂しい」と回答している[3]。また、「孤独や学修への意欲の低下を感じる」との意見も存在する。このように、オンライン授業に対し、友人など他の学生とのコミュニケーション機会が少ないと感じている学生が過半数存在している。

Yu らによると、オンライン授業における学生同士のコミュニケーションの有無は精神状態に関与し、コミュニケーションをとることで学生の学習意欲が高まるとしている[4]。このことから、学生がオンライン授業でのコミュニケーション機会が少ないと感じている現状は、学生の学習意欲の低下に繋がる可能性がある。

これまでにも、オンライン授業における学生同士の

コミュニケーション（以下、オンライン授業コミュニケーションとする）に焦点を当てた研究がされてきた。例えば、松下らの研究では、学生は小人数グループに分けられオンライン授業を受講し、学生に相互の声かけなどの行動を生起させたところ、受講ストレスが軽減される可能性が示唆されたとしている[5]。また、Watanabe はオンライン授業コミュニケーションを取り合う空間（教室）に当たるビデオ会議システムに焦点を当て、ビデオ会議システムのビデオ表示インタフェースとして円卓型インタフェースを提案した[6]。これらのように、これまでの研究ではグループに分けや、インタフェースを工夫することでオンライン授業コミュニケーションの促進を図る研究などが提案されている。

1.2 課題

先に述べたオンライン授業コミュニケーションに関する研究について、我々は2つの課題があると考えた。その2つの課題について次の(1)、(2)にまとめた。

(1) オンライン授業コミュニケーション形態の比較不足

オンライン授業コミュニケーションと一言でいっても、様々な形態が存在している。例えば、松下らの研究ではテキストチャットによるコミュニケーションをオンライン授業コミュニケーションとして取り上げた[5]。これに対して、Watanabe や Yu らの研究では映像と音声を用いたやり取りをオンライン授業コミュニケーションとしている[6]。このように様々な形態が提案されているが、その形態の違いが学生の精神状態をどのように変化させるかの比較評価が不足しているという課題がある。

(2) オンライン受講時の精神状態の客観的評価

2つ目の課題としてオンライン授業を受講している最中の学生の精神状態の客観的評価が不足していることが挙げられる。関連研究含めた多くの学生の受講時の精神状態の評価として用いられているアンケートは、受講者自身の状態を、受講者が主観的に振り返ることで評価をする。しかし、振り返りにもとづく主観評価のため、バイアスのかかった評価となってしまう可能性がある。また、事後評価となるため授業中の状態の評価として十分でない可能性がある。そのため、オン

ライン授業受講時に、アンケートだけではなく客観的、かつ授業中の状態の評価が必要である。

2. 提案

2.1 目的

本研究では(1)、(2)に示した課題を解決するためにオンライン授業コミュニケーション形態の違いが、学生の精神状態をどのように変化させるか客観的に比較評価することを目的とした。目的を実現するために、2つの課題に対する提案をそれぞれ以下のようにまとめた。

2.2 オンライン授業コミュニケーション形態の比較

オンライン授業コミュニケーション形態の違いが、学生の精神状態をどのように変化させるかの比較をするために、まずはオンラインコミュニケーションの定義について述べる。また、それを元にオンライン授業コミュニケーションの形態について 2.1.2 にて、それをもとに比較をするオンライン授業コミュニケーションのレベルについて 2.1.3 で述べる。

2.2.1 オンラインコミュニケーションの定義

オンラインコミュニケーションの定義について述べる前に、まずコミュニケーションの定義から述べる。コミュニケーションとは、人が人との間で行う知覚・感情・思考の伝達を指す[7]。そして、知覚等の伝達の際は視覚や聴覚に訴えるものを媒介するとされている。ここで、このコミュニケーションの定義をオンラインコミュニケーションの定義に置き換えて考える。すると、オンラインにおいては、知覚等の伝達の媒体は映像や音声であると考えられる。映像は表情や動きといった視覚情報を伝え、音声は声のトーンや声量といった聴覚情報を伝えることができる。したがって、本研究においてオンラインコミュニケーションとは「人が人との間で行う、映像や音声を媒介した知覚・感情・思考の伝達」と定義できる。これを図 1 に示した。

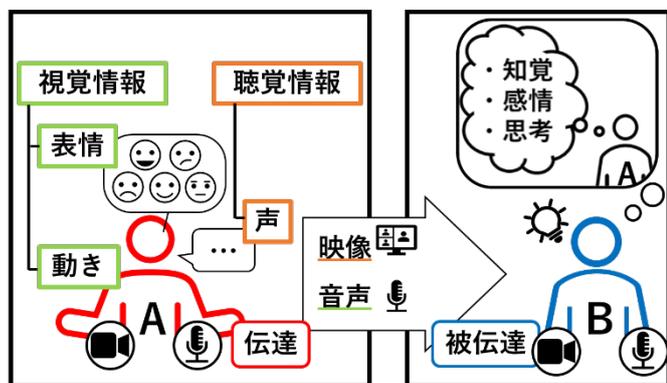


図 1 オンラインコミュニケーション

オンラインコミュニケーションにおいて図 1 中の A, B のように、情報(視覚情報・聴覚情報)の伝達をする伝達者と伝達をされる被伝達者が存在する。ただし、コミュニケーションをとる際に伝達者であるか被伝達者であるか固定ではない。オンラインコミュニケーションは伝達者が被伝達者に対して情報を映像や音声を媒介して送ることで、伝達者の知覚等を伝達することを指す。

2.2.2 オンライン授業コミュニケーションの形態

オンライン授業コミュニケーション形態の違いが、学生の精神状態をどのように変化させるか評価するために、まずはオンライン授業コミュニケーションを形成する要素について考え、それを元にオンライン授業コミュニケーションの形態を分ける。2.1.1 にて述べた通り、オンラインコミュニケーションは直接的に知覚等を伝えるのではなく、映像や音声を介して視覚情報や聴覚情報を伝えることを指す。そのため伝達者から被伝達者に送る「情報」が重要な要素であると考えられる。またその情報が独立して存在しているだけではコミュニケーションとはいえない。情報に対して伝達する(伝達)、伝達される(被伝達)という役割を持つ人々が存在する。これを元に、オンライン授業コミュニケーションの形態を分けることができると考えた。

2.2.3 コミュニケーションレベル

オンライン授業コミュニケーション形態の違いが、学生の精神状態をどのように変化させるか評価するために、2.1.2 を元にオンライン授業コミュニケーションの形態を分ける。他の学生の存在を感じることができる度合いに応じて 0~4 のレベルを付け、コミュニケーションレベルとした(表 1)。このコミュニケーションレベルごとに比較することで、オンライン授業コミュニケーション形態の違いが、学生の精神状態をどのよ

うに変化させるか評価することができると考えた。

表 1 コミュニケーションレベル

レベル	視覚情報		聴覚情報	
	伝達	被伝達	伝達	被伝達
0	×	×	×	×
1	○	○	×	×
2	○	○	○	×
3	○	○	×	○
4	○	○	○	○

表 1 に示した 1 から 4 までの 4 段階のコミュニケーションレベルは授業におけるコミュニケーションである。聴覚情報に関しては音声を発することで私語に当たりかねない。そのためより手軽にコミュニケーションがとれる視覚情報の伝達のほうが低レベルのコミュニケーションとして定義した。このことから聴覚情報に比べて、コミュニケーションレベルを低く設定した。また、情報が伝達されることで相手の知覚等を認識し、相手を感じることができることから、被伝達者はコミュニケーションレベルが高くなると考え、それぞれ次のような状態をレベルに対応づけた。

- レベル 0：自身と相手共に互いの情報が伝達されない状態を示す。
- レベル 1：自身と相手共に互いの映像を伝達・被伝達することができる状態を示す。
- レベル 2：自身と相手共に映像を伝達・被伝達することができ、自身のみ音声を伝達する状態を指す。ただし相手の声が伝達されることはない。
- レベル 3：自身と相手共に映像を伝達・被伝達することができ、相手の音声が伝達される、自身は相手に音声を伝達することはない状態を指す。
- レベル 4：自身と相手共に映像も音声も伝達・被伝達する状態を指す。

これら 5 つのコミュニケーションレベルごとの学生の精神状態を比較することで、オンライン授業コミュニケーションの形態とレベルの違いが、学生の精神状態をどのように変化させるか比較評価する。

2.3 生体情報を用いた学習状態の客観的評価

学生の精神状態を客観的に評価するために、生体情報による評価と分析を行うことを提案する。精神状態の客観的な評価指標として近年では、簡易脳波計や心拍計などの生体センサを用いた研究がなされている[8-10]。これらの研究は、感情推定や、コミュニケーションロボット、セラピーなどの分野での評価には用いられており、こうした簡易生体計測のためのセンサを用いて人の精神状態を計測する研究は近年数多く提案されている[8-10]。池田らは、脳波・心拍の値を組み合わせ、心理学モデルに対応づけて解釈を行った[8]。これに対して、坂本らは、脳波の周波数帯に着目した解釈として、リラックス状態時には α 波の振幅が大きくなり、反対に緊張時には α 波の振幅が小さくなり β 波の出現が見られるなどの特徴のみに着目している[9]。また、白岩らは学習意欲向上検証として脳波解析を用いて定量評価した[10]。特に、脳波は集中状態を評価し、心拍の変動は身体の感情的な反応を反映するとされており、我々はこれらを用いることでオンライン授業における異なるコミュニケーションレベルの間に存在する違いを客観的に評価できると考えた。

3. 評価実験

実験では、コミュニケーションレベルに応じた精神状態を生体情報により客観的に評価することを目的とした。

実験協力者は計5組(1組2名)の20代の男女に対し実施し、WebミーティングサービスZoomを用いた英語の模擬オンライン授業参加中において、脳波・心拍の計測を行った。脳波計にはNeuroSky社のMindWaveMobile2[11]、心拍計はスイッチサイエンス社のPulsesensor[12]を用いた。

3.1 評価指標

3.1.1 主観指標

実験時の主観的な振り返りとして、実験後に主観アンケートをとる。アンケートは実験の各条件に対して表2にある5つの内容を問う質問を設定した。質問に対して、「全くそう思わない」を1、「非常にそう思う」を8、とした8段階の等間隔尺度での回答を求めた。

表2 アンケートの質問項目と内容

質問項目	質問内容
集中	授業に集中できた
緊張	緊張感を感じた
やる気	授業へのやる気があった
一体感	他の参加者との一体感を感じた
孤独	孤独を感じた

3.1.2 脳波指標

一般的に α 波はリラックス成分、 β 波は集中成分とされている[10]。そして、集中・非集中の評価には α 波と β 波の比率を測る事が有効とされている。また、白岩らの研究を参考に、 $Low \beta / Low \alpha$ ので算出される値を集中評価の指標とした(表3)。本稿では以降、これを集中指標と表す。この集中指標の値が高くなることでより集中を表す。

表3 使用する脳波の周波数とその心理状態

脳波	周波数(Hz)	心理状態
Low α	7.5-9.25	リラックス, 平穏
Low β	13-16.75	思考 自己及び環境の認識

3.1.3 心拍変動指標

心拍変動とは心電図波形におけるR波同士の間隔(RRI)の変動を指し、RRIのゆらぎなどと表現される[13,14]。心拍変動は交感・副交感神経活動と関係が深く、精神的緊張と相関することが知られている。RRIを元にいくつかのパラメータを計算することができる[15]。そのうちの一つであるpNN50は隣接するRRIの差が50msecを超えた比率を指し、交感神経活動が活性化すると上昇すると言われている[16]。本研究ではそのpNN50の値を用いてリラックスや緊張感を評価する。pNN50が大きいと副交感神経優位すなわちリラックス状態、小さいと緊張状態であると評価をするものとし、本研究においては以降リラックス指標と表す。

3.2 実験手順

実験手順を以下に示す。

- ① 2名の実験協力者はそれぞれ1人一部屋ずつに分かれる

- ② 事前アンケートに回答する
- ③ 脳波計, 心拍計を装着
- ④ オンライン授業(Zoom)に参加
- ⑤ 実験者が脳波・心拍ともに計測を開始する
- ⑥ マイクやビデオの調整を行う
- ⑦ マイクやビデオともにオフにする
- ⑧ 120秒間の安静にする
- ⑨ 模擬授業を受ける
- ⑩ アンケートに回答する

オンライン授業を一連の流れとして行うためにアンケートは最後にまとめて回答することとし, 手順⑦～⑨は表4に示す条件にあわせたビデオ機能やマイク機能のオン・オフ状態を変更し, 4回繰り返す。条件1から5にそれぞれコミュニケーションレベルの0から4を対応させ, 条件を設定した。条件3, 4に関しては2名の実験協力者のうち一方が条件3の際に他方は条件4を実施できるものとする。

また, ⑧にある安静時間に計測されるデータの扱いについて, 2回目以降の安静については, 前の条件の影響を次の条件に持ち越すことがないように設けた時間のため, 条件との比較データとしては扱わないものとする。

表4 実験条件

条件	ビデオ	マイク	模擬授業内容
1	オフ	オフ	授業者の解説を聞く
2	オン	オフ	授業者の解説を聞く
3	オン	オン	英文を一人で読む
4			他方が読む英文を聞く
5	オン	オン	英文(会話文)を読み合う

3.3 分析方法

主観指標に関しては, 質問項目に対して条件ごとにすべての実験協力者のデータの平均値を一元配置分散分析により平均の比較を行った。

集中指標, 緊張指標についてコミュニケーションレベルに応じた精神状態を評価するために, 安静のデータ(授業開始前の安静時データを指す)と各条件のデータ, すなわち6つの状態におけるすべての実験協力者のデータの平均値を比較する。条件ごとすべての実験協力者のデータの平均値に対して, コミュニケーシ

ョンレベルの違いの影響を調べるために一元配置分散分析により平均を比較した。

3.4 結果・考察

3.4.1 主観指標を用いた評価

主観アンケートについて, すべての実験協力者のデータの平均を算出し, 質問項目ごとに一元配置分散分析を行った。有意差が認められた質問項目に関して, Tukeyの多重比較検定を行った。その結果について図2にまとめた。

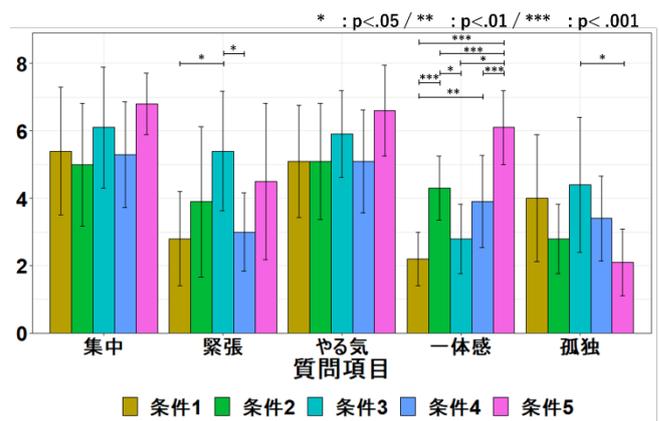


図2 各質問項目の条件ごとの主観評価の平均値

図2のように一体感に関する主観評価では, 複数の条件間で有意な差が認められた。条件2-1, 5-1, 5-3, 5-4間は, 0.1%水準で有意であるとされた。条件4-1間は, 1%水準で有意であるとされた。条件3-2, 5-2間は, 5%水準で有意であるとされた。中でも条件5である会話をする条件はその他のすべての各条件と有意な差が認められている。互いが伝達者, 被伝達者となりコミュニケーションをとることで主観的な一体感が高まることが示された。

緊張に関する主観評価では, 条件3-1, 4-3間は5%水準で有意な差があることが認められた。視覚情報も聴覚情報も伝達したり, されたりすることがないコミュニケーションレベル0に比べて聴覚情報を一方的に伝達するコミュニケーションレベル2のほうが緊張を感じることを示された。また, コミュニケーションレベル2に比べて, 聴覚情報を一方的に伝達されるコミュニケーションレベル3のほうが緊張を感じないことも示された。

孤独に関しての主観評価では, 条件3, 5間に5%水準の有意差が認められた。聴覚情報を一方的に伝達するのではなく, 相手から伝達されることで孤独を感じ

なくなることが示された。

3.4.2 脳波指標を用いた集中度の評価

コミュニケーションレベルの違いによる学生の集中状態について脳波を用いた集中指標を用いて評価する。図3に結果を示した。一元配置分散分析の結果、コミュニケーションレベルの集中に対する影響は有意ではなかった($F(5,54)=0.337, p>.05$)。

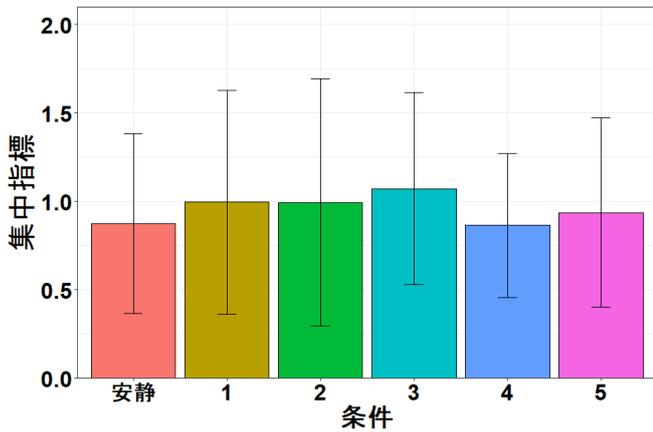


図3 各条件の集中指標の平均値

図3のように条件3と4の間に有意な差は見られなかったが、条件3すなわちコミュニケーションレベル2で最も高い値をとった。それに対して条件4すなわち、コミュニケーションレベル3の条件で最も低い集中指標の値をとった。コミュニケーションレベル2は、視覚情報は互いに伝達しあい、聴覚情報に関しては自身が一方的に伝達する形態を指す。コミュニケーションレベルの2と3の違いは聴覚情報に対して、伝達者であるか被伝達者であるかの違いである。コミュニケーションレベルの2と3はコミュニケーション形態としては近いが、集中状態に異なる影響を与える可能性が示唆された。

脳波を用いた集中状態の評価において全ての学生の集中指標の値は条件間で有意な差は認められなかった。しかし、個人ごとの各条件の集中指標の値を図Xのようにグラフにすると、各条件や、各実験協力者の値にばらつきがみられた。個人ごとにコミュニケーションレベルの違いによる集中を評価すると、変化がみられた。

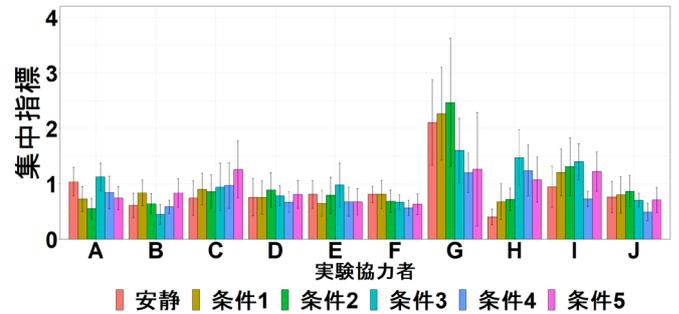


図4 実験協力者ごとの各条件の集中指標の平均値

3.4.3 心拍変動指標を用いたリラックス度の評価

次に心拍変動を用いて、コミュニケーションレベルの違いによる学生のリラックス状態を評価する。図5に結果を示した。一元配置分散分析の結果コミュニケーションレベルの影響は有意ではなかった($F(5,54)=0.5847, p>.05$)。

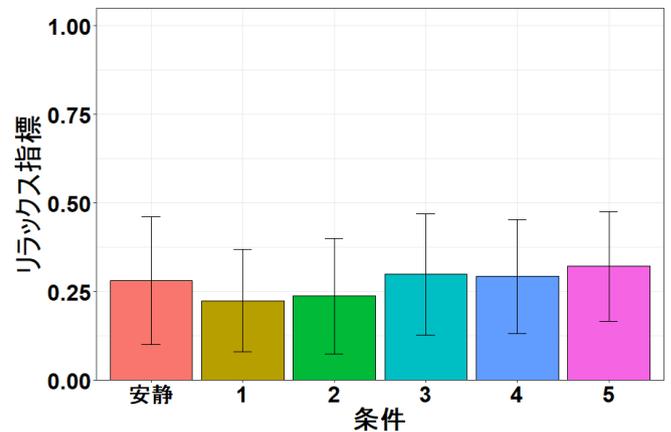


図5 各条件のリラックス指標の平均値

図5のように、条件1と5の間に有意な差は見られなかったが、リラックス指標の値は、条件5すなわちコミュニケーションレベル4で最も高い値をとった。それに対して、コミュニケーションレベル0にあたる条件1でリラックス指標の値が最も高くなった。このことからリラックス指標の値はコミュニケーションレベルに応じて高い値をとる可能性が示唆された。

心拍変動を用いたリラックス評価に関しても、脳波指標と同様に個人ごとの各条件の値を図6のようにグラフにすると、各条件や、各実験協力者のリラックス指標の値にばらつきがみられた。

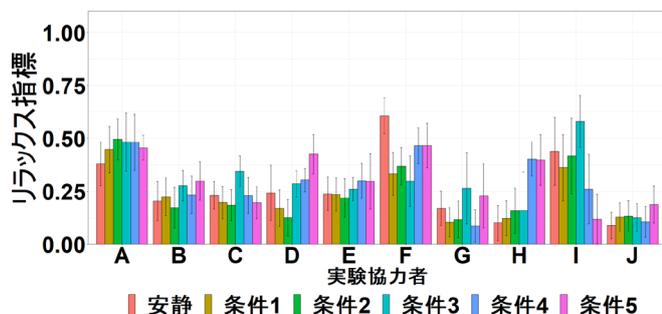


図 6 実権協力者ごとの各条件のリラックス指標の平均値

4. まとめ

本研究ではオンライン授業コミュニケーション形態の違いが、学生の精神状態をどのように変化させるか客観的に比較評価をするために、コミュニケーションレベルを設定し、生体情報を用いた客観的指標を用いて複数のコミュニケーションレベルにおける精神状態を比較した。アンケートを用いた主観的評価では、コミュニケーションレベルの違いが一体感の感じの変化に関与することが示された。また、聴覚情報の伝達者であること、被伝達者であることの違いによって緊張、一体感の感じ方に変化が生じることが示された。また、聴覚情報の伝達において、一方的に伝達するのではなく被伝達者からの伝達が発生することで孤独感が低くなることも示された。客観的評価の結果として集中状態やリラックス状態に対するコミュニケーションレベルの違いの影響は有意ではなかったが、オンラインコミュニケーションツールを用いることによる集中やリラックス状態の変化については、多種多様であり個人ごとに異なる可能性が示唆された。今後は学生ごとに異なるという多様性に注目し、オンライン授業におけるコミュニケーション形態の違いについてより多くの評価をすることで、オンライン授業における孤独感による学習意欲の低下を防ぐコミュニケーション形態について評価していく必要がある。

参 考 文 献

(1) WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 March 2020, [https://www.who.int/director-](https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19--11-march-2020)

[general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19--11-march-2020](https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19--11-march-2020) (2021 年 11 月 30 日確認)

(2) 令和 3 年度前期の大学等における授業の実施方針等に関する調査の結果について (令和 3 年 7 月 2 日), https://www.mext.go.jp/content/20210702-mxt_kouhou01-000004520_2.pdf (2021 年 11 月 30 日確認)

(3) 新型コロナウイルス感染症の影響による学生等の学生生活に関する調査 (令和 3 年 5 月 25 日), https://www.mext.go.jp/content/20210525-mxt_kouhou01-000004520_1.pdf (2021 年 11 月 30 日確認)

(4) J. Yu, C. Huang, X. Wang and Y. Tu.: "Exploring the Relationships Among Interaction, Emotional Engagement and Learning Persistence in Online Learning Environments," 2020 International Symposium on Educational Technology (ISET), pp. 293-297(2020)

(5) 松下幸司: "大学の遠隔講義におけるアクティブラーニング型授業の試み—グループ・コミュニケーション・ルームと情報共有ツールを併用して—", 香川大学教育実践総合研究, Vol.41, pp.89-98 (2020)

(6) T. Watanabe.: "Viewpoint of Class Subject and Classroom Space on Face-to-face Course and Online Course," 2021 15th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (IMCOM), pp. 1-8(2021)

(7) 新村出編: "広辞苑 (第 7 版)", 岩波書店 (2018)

(8) Yuhei Ikeda, Ryota Horie, Midori Sugaya.: "Estimate Emotion with Biological Information for Robot Interaction", 21st International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES-2017), Marseille, France, 6-8, Procedia Computer Science, Vol.112, pp.1589-1600(2017)

(9) 坂本佑太, 吉田幸二, 宮地功: "簡易脳波計による学習状態の思考比較分析", "マルチメディア, 分散, 協調とモバイル" (DICOMO) シンポジウム論文集, pp. 724 - 729(2012)

(10) 白岩玄気, 菅谷みどり: "ロボットの声かけによる学習意欲向上検証脳波解析による定量的評価", 信学技報, vol. 119, no. 446, CNR2019-45, pp. 1-6 (2020)

(11) MindWave mobile2, <https://www.neurosky.jp/mindwave-mobile2/>(2021 年

11月30日確認)

(12) PulseSensor ,

<https://www.switch-science.com/catalog/1135/>(2021年

11月30日確認)

(13) 米村俊一: “ヒューマンコンピューターインタラクション”,

コロナ社, p62-64 (2021)

(14) 増田 正: “特集③人間工学のための計測手法 第4部:

生体電気現象その他の計測と解析 (1)”, 人間工学, 51

巻, 6号, p. 400-405 (2015)

(15) Rajendra Acharya, U., Paul Joseph, K., Kannathal, N.

et al.: “Heart rate variability: a review”. Med Bio Eng

Comput 44, 1031–1051 (2006)

(16) 角田啓介, 千葉昭宏, 吉田和広, 渡部智樹, 水野理: “心

拍変動を用いた認知能力変化の予測”, “マルチメディア,

分散協調とモバイルシンポジウム 2016 論文集, 925-

933(2016)

大学連携授業におけるプロセス・エデュケーションの設計： フィードバックの心理的安全性への影響

田中洋一^{*1*2}, 山川修^{*3}, 合田美子^{*2}

^{*1} 仁愛女子短期大学, ^{*2} 熊本大学教授システム学研究センター, ^{*3} 福井県立大学

Designing Process Education in University Collaborative Courses: The Impact of Feedback on Psychological Safety

Yoichi TANAKA^{*1*2}, Osamu YAMAKAWA^{*3}, Yoshiko GODA^{*2}

^{*1} Jin-ai Women's College,

^{*2} The Research Center for Instructional Systems, Kumamoto University,

^{*3} Fukui Prefectural University

ふくいアカデミックアライアンス (FAA) 科目として開講する「ファシリテーション基礎」におけるプロセス・エデュケーションの設計と実践結果を報告する。特に、フィードバックによる心理的安全性への影響について、リフレクションシートを考察する。

キーワード: プロセス・エデュケーション, 心理的安全性, フィードバック, リフレクション

1. はじめに

福井県内すべての大学等が参画する協議体「ふくいアカデミックアライアンス (FAA)」は、大学間や産業界等との連携を強化し、福井県の人口減少対策や地域産業の活性化等にご貢献していくことを目的として、2019年に設置された。福井県立大学は、8月に FAA 科目「ファシリテーション基礎」(以下、本科目と記す)を集中講義で開講している。筆者は、2020年度及び2021年度の1日分「プロセス・エデュケーション」の回を担当している。本稿では、筆者が担当した本科目の授業設計を報告する。特に、チームメンバー同士によるフィードバックによる心理的安全性の影響に関して、ワークごとの振り返り用紙及び1日の最後に記述する自己振り返りシートを考察する。

2. 授業設計

本科目では、1日目にマインドフルネス、2日目にライフデザイン・ポートフォリオ①、3日目にライフデザイン・ポートフォリオ②、4日目にプロセス・エデュケーション、5日目にファシリテーションスキルを学ぶ。

2020年度は、COVID-19対策として、急遽 zoom を用いたリアルタイム配信 (同期型) のオンライン授業 (毎日 9:30~17:00) で実施した。学習支援システムとしては、福井県立大学の G Suite for Education 及び zoom をメインに用いた。Google Classroom を学習ポータルサイトとして、Google ドキュメント、Google スプレッドシート、Google スライド、Google フォーム、Jamboard を連携して活用した。2021年度は、面接(対

面) 授業にて実施した。

筆者が担当したプロセス・エデュケーションに関しては、2019年度に受講したJIEL(日本体験学習研究所)のラボラトリー体験学習基礎講座から3つのワークを実施した。津村(2019)は「学習者がプロセス(関係的過程)に着目することにより、自らの関心に基づき、課題を見出し、それを解決しようとする深い学びが起こること」をプロセス・エデュケーションと呼ぶ。ラボラトリー方式の体験学習は、「人と人とが関わる場において、『今、ここ』での参加者の体験を素材に、人間や人間関係を参加者とファシリテータが共に探求する学習(津村2019)」であり、プロセス・エデュケーションの核である。

2021年度、本授業の筆者担当回に行ったワークは下記のとおりである。4日目における履修者は6名だったため、2グループに分けて実習を行った。

⑤ チェックイン(車座)

① 活動的な実習「名画鑑賞」

グループプロセス(グループの中で、お互いの間で起こっていること)に目を向ける。体験から学ぶことを学ぶ。教師の指示で模造紙に一人ずつ線や図形を描き足し、タイトルを決める。

② ボードゲーム「じっくりミレー」

名画に登場する人や生物の気持ちを想像する。芸術家役の人が想像した「気持ちカード」をみんなで予想して答え合わせ。選んだ理由をきいて、納得したりビックリしたり。

③ 正解のないコンセンサス実習「ボランティア」

コンセンサス(全員の合意)による集団決定の過程を通して、各自のものの考え方や価値観に気づき、お互いの理解を深める。

④ 活動的な実習「タワー・ビルディング」

グループで話し合い、規定の材料(紙等)でタワーを作る過程で、お互いの間で起こることに気づき、その体験から学ぶ。

⑤ チェックアウト(車座)

2020年度は、オンライン授業だったため、④「タワー・ビルディング」の代わりに問題解決実習「ハッピーファーマーズ」(グループで問題解決の実習をする過程で起こるメンバーの参加態度、コミュニケーション、リーダーシップ、情報の扱い方などに気づく。メールで各自に与えた情報を対話で組み合わせ、正解を導く。Jamboardを活用。)を実施。順番としては、①名画鑑

賞、②ハッピーファーマーズ、③ボランティアで実施。

①③④のワーク後には専用の振り返り用紙で自分のことやメンバーのことをリフレクションした上、口頭でグループメンバーに共有(フィードバック)した。

1日の最後には自己振り返りシート(①今日の活動の中で驚き、興味、不満、不安、違和感等は感じましたか?、②それらの経験から何がわかりますか?あなたにとって、それはどのような意味をもちますか?

【発見】、③発見を活かすために考えられることは何ですか?、④今日の感想を自由に書いてください)を毎回記述した。

3. リフレクションシートの考察

3.1 ワークごとの振り返り用紙

①活動的な実習「名画鑑賞」の振り返り用紙

グループの中でのコミュニケーションについては、下記の記述があった。「うなづいたり、あいづちをうったりして話を聞くことで、ちゃんと聞いてもらっていると感じた。」「各自の発表の際、全員が全員の話に、ちゃんと耳を傾け、相づちを打ちながら聞いていた。」「聞いてもらう人の目を見て話すように意識した。また、なるべくうなづいたり応答したりした。他のメンバーも話を聴く時に、うなづくよう意識していた。」「説明する時に、なるべく手振りを加えた。思いついた時は、すぐ話すようにした。意見が出た時に、すごく共感してくれた。」

グループの意思決定の仕方については、下記の記述があった。「話し合いで意思決定をしようとしたが、話がつまることが多く、無言の時間も続いてしまった。」「かなり悩んで、沈黙が続いた。なかなか決まらなかったため、自分が促したり、何かコミュニケーションを取ったりできたらよかった。最終的に、全員が納得できる題名にすることができて良かった。」「それぞれが思ったことを話して、それいいね!と、みんなが納得できるものを探した。」

グループの中でのお互いの影響関係については、下記の記述があった。「最初に1人が話し始めることで、2人目以降が話しやすくなった。それぞれが意見を言うことで、選択肢を絞ることに繋がった。」「他のメン

パーに、どう思うかを尋ねるシーンが多々あり、お互いに話すチャンスを与え合っていた。話を振られたら、自分の考えを言うことができ、意味のある行動になっていた。「今回は意見を聞く側として働きかけたが、上手にできなかった。最終的に意見もまとまらず、少し気になっている。自分自身の役割を考え、動くことが大事。」「Aさんは、最初に発表して、話しやすいようにしてくれた。Bさんは、案を出して、発言を促してくれた。二人とも、発言しやすい環境を作ってくれた。自分は、発言するだけだった…」「誰から話す？等の会話はなく、誰かが積極的に話し出してくれたことで、話し合いがスムーズに始まるという影響を与えていた。」「Aさんは、意見が出なかった時に進めてくれた。Bさんは、連想していた時に前の意見を絡めて言ってくれたので、具体的になった。全員が共感の言葉（あー、それしっくりくる等）を口に出しながら話していて、話しやすかった。」

②正解のないコンセンサス実習「ボランティア」の振り返り用紙

「あなたは、どの程度、自分の意見や考え、アイデアを言うことができましたか？」への回答（6件法）では、6が2名、5が4名。6を選択した意見は、「自分から話を進められた」であった。5を選択した意見は、「思ったことは、ほとんど全て伝えたし、伝わったと感じた。」「いつもの大学の授業だと黙ってしまうことでも、しっかりと言うことができました。」「自分の意見は、きちんと言えたけど、自分から話し始めることができなかった。」であった。

「あなたは、どの程度、他のメンバーの意見や考え、思いを聴くことができましたか？」への回答（6件法）では、6が4名、5が1名、4が1名。6を選択した意見は、「相手の意見を聞きながら、あいづちすることができた。」「相手の話に相づちをうち、その後、自分の考えも述べられた点。」であった。5を選択した意見は、「話の途中で言いたいことを聴ききれなかった」であった。4を選択した意見は、「発言し合うことはできたが、質問があまり出来なかった」であった。

「討議のプロセスで気づいたこと、あなたが意識的

に心がけたことは？」については、下記の記述があった。「誰を選ぶのか決める際、何に重点を置くかを意識した。」「意見を平等に聞いていくこと。自分の考えばかりを前に出さないこと。」「自分とは異なる意見を持っている人の考えを否定するような発言は控え、いいなと思った時には素直に肯定する。」「評価方法やメリット・デメリットを挙げること。」「良いところ、悪いところを聞くだけではなく、何でそう思うのか、思った理由をしっかりと聞いたり言ったりすること。」

「グループ討議中、他のメンバーの言動で気づいたことは？ また、それらがグループやあなたに、どのような影響を与えたか？」については、下記の記述があった。「Aさん：問いかけをしてくれたことで、意見が出しやすくなった。Bさん：あいづちをうって聞いてくれて、話し手が安心して話せるようになった。」「Bさん：『みんなの話聞いていて、私もそう思いました。』という言葉を受けて、全員がそこから各自の考え方を発することができた。Cさん：うなづき、声を出すくらいのリアクションをしてくれることで、話し手は、とても話しやすくなった。」「Aさん：説得力のある説明と、もしかしたら…のイメージがすごく面白みを感じた。Cさん：意見をはっきり言うけど、しっかり意見を聞いて、考え直すところが良い。Bさん（自分）：自分の意見をはっきり言う、聞いて、それに反応する→グループが話しやすくなる潤滑油になると考えた。」「Dさん：○を2人の中に入れるのはどうか？→○を外すという考えの促進。Eさん：△にとって、1年間のボランティアはどうか？→新しい視点から考え直す手助け。」「Fさん：説明や選んだ理由を説明する時、評価点を詳しく言い、理解しやすかった。Eさん：選んだ理由だけではなく、選ばなかった理由も挙げた。予想できなかった視点を挙げて、判断する基準が深まった。」「Dさん：判断基準を明確にしようという言動で、話し合いが進みやすくなった。Fさん：自分がモヤモヤして言葉にできず心に残っていた際、『同じ目線に立って』という言葉に納得できてスッキリした。Eさん（自分）：選ぶ理由ではなく選ばない理由を聞いて、少し整理できたかもしれない。」

「この実習を通して、気づいたり、学んだりしたこ

とは？」については、下記の記述があった。「自分の意見を通すために相手を論破するのではなく、それぞれが選んだ理由や選ばなかった理由を述べることで、共感できる部分があり、自分の意見が変わることを感じた。」「考え方や捉え方が人それぞれ違い、色々な考え方があり面白かった。「共感」すること、されることは、とても大事だと気づいた。」「メンバーの意見も自分で受け止め、考え直すことができた。」「自分一人で考えている時には、これはないだろうと考えていたものでも、他の人の意見を聞くと、考えが大きく変わることがある。」「共感することが大事。話し合いでは判断基準（選んだ理由や選ばなかった理由）を言うことがとても大切。少数意見を聞いていると、自分が考えていなかった視点を見つけられる。」「人それぞれ、重きを置く部分が異なっていたり、同じ文章でも注目するポイントが違っていたりするのが面白い。」

③活動的な実習「タワー・ビルディング」の振り返り用紙

「あなたは、どれくらい参加した実感がもてましたか？」への回答（6件法）では、6が5名、5が1名。6を選択した意見は、「自分の役割があり、物事に取り組めた。」「最初はピラミッド型にする予定だったが、制作中に、もっと良い方法を提案できたから。」等であった。5を選択した意見は、「みんなと話しながら、方向性を見出そうとしていたから。」であった。

3.2 自己振り返りシート

4日目「プロセス・エデュケーション」終了時に書いた自己振り返りシートにおける心理的安全性に関する記述を下記に示す。「今回の授業を通して、話しやすい空気感を作っていくことは改めて大事だと感じた。特に、タワー・ビルディングでは、改善し続ける空気を作っていくことが重要だと実感した。今まで大学でのグループワークでは自分の意見があまり言えなかったが、今回は思ったことをすぐに言えた。言えた理由として、肯定してくれると信じて話せたこと、やってみようと言ってくれたことが大きかった。」「うなづくだけでも話しやすい空気を作れるが、肯定的な言葉(良

いね、そう思う等)を意識して出していると、意見が言いやすい空気が作れる。」「誰かが率先して話すことや出てきた意見を肯定するような発言をしていくことが重要。また、なぜ選ばなかったのかや逆の意見を聞くことで、より深められる。このようなことが心理的安全性を作っていくことにつながる。」「率先垂範と同僚支援を意識してグループワークに参加していきたい。自分がいるとグループワークが楽しいとか安心するというような存在になりたい。」「他の人の意見を聞き、それを認め合うことの大切さを学んだ。その場の雰囲気がとても大切になるので、穏やかな共感し合うことのできる場を作れるようになりたい。」「今日の授業を受けて、とても心が通じたというイメージが強かった。お互いが納得できるまで話し合いを続けられる関係、環境作りが大切。」「人の立場に立ち、自分ならどうする？と考えながら話を聴き、違いを知って楽しみたい。」

4. おわりに

各ワークの振り返り用紙及び4日目の自己振り返りシートを考察した結果、プロセス・エデュケーションにおけるフィードバックは、チームの心理的安全性を培うために重要だったようである。今後は、心理尺度等による分析を用いて、心理的安全性に対するプロセス・エデュケーションの効果を明らかにしたいと考えている。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP 19K03100 及び 20H01727 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) 津村俊充: “改訂新版 プロセス・エデュケーション: 学びを支援するファシリテーションの理論と実際”, 金子書房 (2019)
- (2) 田中洋一ら: “オンライン授業におけるプロセス・エデュケーションの設計: フィードバックの心理的安全性への影響”, 日本教育工学会 2021 年春季全国大会講演論文集 pp.317-318 (2021)

実習型 e-learning システムを対象とした 形式概念分析による成績データ分析手法の検討

朝見義樹^{*1}, 本吉達郎^{*1}, 澤井圭^{*1}, 増田寛之^{*1}, 高木昇^{*1}

^{*1} 富山県立大学大学院

Analysis Method for Grade Data of Practice-based e-learning System Using Formal Concept Analysis

Yoshiki Asami^{*1}, Tatsuo Motoyoshi^{*1}, Kei Sawai^{*1}, Hiroyuki Masuta^{*1}, Noboru Takagi^{*1}

^{*1} Toyama Prefectural University

本研究では実習型 e-learning システムである「ナレロー」の成績データに対して形式概念分析を適用する手法について検討する。具体的には、Office 系ソフトウェアの学習システムである「ナレロー」の成績データを対象として、形式概念分析の含意論理によって捉えた正解問題/不正解問題の含意関係と統計的な分析手法から得た全体的な傾向を比較し、形式概念分析から得られる知見の統計的な分析へのトリガとしての利用可能性について考察する。

キーワード: e-learning システム, 成績データ, 形式概念分析, データ分析

1. はじめに

近年、コンピュータの普及に伴い、多くの教育機関において e-learning が導入されている。e-learning では、Learning Management System (LMS)を用いて、学習所要時間、訪問時間、学習者の正解した問題の記録などの学習履歴データを取得することができる。蓄積された学習履歴データを分析することで個々の能力に応じた出題の実現ができると期待されている⁽¹⁾。個々の能力に応じた問題の出題を実現するには、学習履歴データからユーザが正解した問題の記録などを分析し集団における解答の傾向などの特徴を捉えることが重要となる。本稿では、ユーザが正解した問題の記録のことを「成績データ」と呼ぶ。成績データから解答状況の特徴を捉える方法として相関分析を用いて問題同士の正答率や誤答率の相関を見る方法やカテゴリデータの検定を用いてある問題の正誤が他の問題の正誤と関連を持つか検証する方法がある。しかし、学習コンテンツが多い教材の場合、

問題同士の関連を上記の方法で網羅的に分析するのは困難であり非常に労力がかかる。このような分析を行う際は、事前にユーザ全体の解答の傾向などを把握することが重要である。本研究では実習型 e-learning システムである「ナレロー⁽²⁾」の成績データを対象に属性間の包含関係を網羅的に抽出する形式概念分析を適用する手法について検討する。「ナレロー」の成績データを対象に、形式概念分析の含意論理によって捉えた正解問題/不正解問題の含意関係と統計的な分析手法から得た全体的な傾向を比較し、形式概念分析から得られる知見が統計的な分析への利用可能性について考察する。

2. 実習型 e-learning システム「ナレロー」

「ナレロー⁽²⁾」は学校教育内での Microsoft Office の指導管理を支援するクラウド型成績管理システムを備えており、課題の進行状況や習熟度を把握することが可能な e-learning システムである。

ユーザは、ナレローにより提示された問題を Office 系ソフトウェアを実際に操作し学習する。問題内容は、「上書き保存」などの簡単なレベルから「宛名ラベルの作成」などのある程度の経験者にしか操作方法がわからないレベルまで幅広く設定されている。ユーザが問題に正解したら「1」を入力し、不正解ならば「0」が入力されることで成績データが蓄積される。

3. 形式概念分析

形式概念分析⁽³⁾⁽⁴⁾は、オブジェクトと対象が内包する属性の対から構成されたコンセプトを数学的に定義されたデータとして扱い、コンセプトの階層関係を表現するコンセプトラティスの生成や属性間の包含関係を論理的帰結関係である含意論理として抽出する手法である。縦軸をオブジェクト、横軸を属性としてそれらの対応関係を示すコンテキスト表からは、属性間の全ての包含関係を包含する含意関係を読み取ることは困難であるが、形式概念分析を適用することでそれらを抽出することが可能である。表 1 に動物を例としたコンテキスト表を示す。

表 1 コンテキスト表の例

	陸上	水中	空中	羽	足
イヌ	×				×
カエル	×	×			×
コイ		×			
ダチョウ	×			×	×
ワシ	×		×	×	×

このコンテキスト表からは、

- 足 → 陸上
- 陸上 → 足
- 空中 → 陸上 羽 足
- 羽 → 陸上 足

の 4 つの含意論理が得られる。ここで「空中」に着目すると「空中→羽根」、「空中→足」、「空中→陸上」といった包含関係がコンテキスト表からは読み取れるが形式概念分析では、このような包含関係を「空中→陸上 羽 足」といった属性間の全ての包含関係を包含する含意関係を含意論理の形で記述することができる。ただし形式概念分析は、コンテキスト表の中でのみ成り立つ包含関係を全て含意論理の形で抽出するもので

あり、ここで得られた関係が普遍的に成立するものとは限らない。

4. 形式概念分析を用いた成績データの分析

本節では、実習型 e-learning システム「ナレロー」の成績データを対象に形式概念分析を適用して抽出した含意論理の結果と Fisher の正確確率検定を比較し、考察したことについて述べる。対象とした成績データは、2016 年から 2019 年の富山県立大学工学部知能ロボット工学科 1 年次生が講義中に取り組んだデータを用いる。対象としたのは全問題を完了したユーザ 183 人で対象とした問題は 110 問である。

4.1 分析データ

各年で成立する含意論理を抽出するために 1 年ごとに成績データを分割した。成績データからオブジェクトをユーザ、ユーザが正解した問題を属性とするコンテキスト表と不正解となった問題を属性とするコンテキスト表を作成した。また、正解した問題を属性とするコンテキスト表を作成する際に 4 年間全ての年で正解率が 90% 以上の問題を属性から削除した。ほとんどのユーザが正解となり含意論理の結論部に頻繁に出現することが自明なためである。また、不正解となった問題を属性とするコンテキスト表を作成した際に 4 年間とも正解率が 20% 以下の問題を属性から削除した。削除した問題はほとんどのユーザが不正解となり、含意論理の結論部に頻繁に修験することが自明なため分析対象から外した。各年のオブジェクト数と属性数を表 2 に示す。

表 2 オブジェクト数と属性数

	2016	2017	2018	2019
オブジェクト数	41	51	35	56
属性数	正解	109	109	109
	不正解	89	89	89

4.2 含意論理の抽出結果

Concept Explorer⁽⁵⁾を使用して各年度ごとのコンテキスト表から含意論理を抽出する。ある年で得られた含意論理を I_n^p とする。 I_n^p の上付き文字 n は成立した

年を示し、下付き文字 c は正解(correct)の含意論理を示し、不正解(incorrect)の含意論理の場合は I_{inc}^n と表示する。例えば 2016 年で成立する正解の含意論理 $I_{c1}^{2016} : P105 \rightarrow P112 (33/41)$

は、「2016 年において P105 の問題に正解したユーザは結論部の P112 も必ず正解する」と読み取ることができる。なお、含意論理の横の () 内の数字は含意論理の対象となるユーザの数とその年のユーザ全体の数との割合を示している。形式概念分析を適用し、得られた含意論理に出現した問題を表 3 に示し、得られた含意論理の数を表 4 に示す。今回は得られた含意論理の数が多いため含意論理が成立する対象となるオブジェクト数が多いものに着目し、各年で成立数が多いものを 5 個ずつ抜粋したものを統計的な分析との比較に用いる。

表 3 含意論理に出現した問題

問題番号 (出題順)	問題内容
P6	再変換
P7	名前を付けて保存
P9	文書を開く
P10	新規作成
P11	画面を拡大する
P12	編集記号の表示切り替え
P13	文章を入力する
P14	頭語と結語
P20	コピーする
P21	移動する
P23	フォント、フォントサイズ
P24	フォントスタイル
P27	中央揃えと右揃え
P29	箇条書き
P30	ページ設定
P33	文字を入力する
P35	表内の文字の配置
P37	表の配置を変更する
P46	表紙と空白ページの挿入
P47	ワードアートの挿入
P50	図の水平方向の配置
P54	図形の書式を変更
P65	見出しとスタイル① (スタイルの適用)
P69	段落番号の適用 (番号種類指定)
P71	ブックマーク
P78	段落後の間隔
P79	インデントの設定
P83	段組の適用
P86	表の編集 (線の太さ、色、背景色)
P87	表のクイックスタイルと並べ替え
P90	用紙サイズの変更
P91	余白と印刷の向きの変更
P97	コメントの挿入
P98	コメントの表示 ([変更履歴]ウィンドウ)
P102	最終版として保存
P105	部数を指定して印刷
P111	OneDriveに保存
P112	OneDriveの文書を開く

表 4 含意論理の数

	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
正解	3253	6389	6715	18332
不正解	4469	7489	6690	16741

4.2.1 正解問題の含意論理

正解した問題を属性としたコンテキスト表から抽出した含意論理を以下に示す。

(1) 2016 年

$I_{c1}^{2016} : P105 \rightarrow P112 (33/41)$

$I_{c2}^{2016} : P29 \rightarrow P112 (32/41)$

$I_{c3}^{2016} : P111 \rightarrow P112 (30/41)$

$I_{c4}^{2016} : P90 \rightarrow P112 (27/41)$

$I_{c5}^{2016} : P10, P33 \rightarrow P112 (26/41)$

(2) 2017 年

$I_{c1}^{2017} : P20, P112 \rightarrow P6 (35/51)$

$I_{c2}^{2017} : P20, P54 \rightarrow P6 (29/51)$

$I_{c3}^{2017} : P20, P105 \rightarrow P6 (29/51)$

$I_{c4}^{2017} : P11, P21, P23 \rightarrow P10 (28/51)$

$I_{c5}^{2017} : P9, P27 \rightarrow P7 (28/51)$

(3) 2018 年 全員 P10 に正解

$I_{c1}^{2018} : P9 \rightarrow P6 (32/35)$

$I_{c2}^{2018} : P54 \rightarrow P112 (32/35)$

$I_{c3}^{2018} : P7 \rightarrow P6 (30/35)$

$I_{c4}^{2018} : P111 \rightarrow P112 (30/35)$

$I_{c5}^{2018} : P105 \rightarrow P20, P112 (29/35)$

(4) 2019 年

$I_{c1}^{2019} : P29 \rightarrow P9, P10 (52/56)$

$I_{c2}^{2019} : P7 \rightarrow P9 (49/56)$

$I_{c3}^{2019} : P54 \rightarrow P9 (48/56)$

$I_{c4}^{2019} : P20 \rightarrow P9 (47/56)$

$I_{c5}^{2019} : P14 \rightarrow P112 (47/56)$

上記に示した 20 個の含意論理のうち複数年で共通して成立する含意論理について調査した。全ての含意論理を対象に調べた結果 2016 年、2018 年、2019 年で「P111 が正解ならば P112 も正解する」が成立し 2016 年、2018 年で「P105 正解ならば P112 も正解する」が成立した。その他の含意論理は全て単年度でのみ成立する含意論理である。

4.2.2 不正解問題の含意論理

不正解となった問題を属性としたコンテキスト表から抽出した含意論理を以下に示す。

(5) 2016年 P71 P78 P83 P86 は全員不正解

$I_{inc 1}^{2016}$: P87 → P102 (39/41)

$I_{inc 2}^{2016}$: P79 → P87, P102 (37/41)

$I_{inc 3}^{2016}$: P69 → P102 (37/41)

$I_{inc 4}^{2016}$: P91 → P47 (37/41)

$I_{inc 5}^{2016}$: P98, P102 → P87 (37/41)

(6) 2017年

$I_{inc 1}^{2017}$: P65 → P78 (48/51)

$I_{inc 2}^{2017}$: P91 → P71 (47/51)

$I_{inc 3}^{2017}$: P78, P83 → P86 (46/51)

$I_{inc 4}^{2017}$: P71, P97 → P91 (46/51)

$I_{inc 5}^{2017}$: P47, P78 → P65 (45/51)

(7) 2018年

$I_{inc 1}^{2018}$: P37, P50 → P46 (26/35)

$I_{inc 2}^{2018}$: P13 → P37 (24/35)

$I_{inc 3}^{2018}$: P12, P46 → P30, P50 (24/35)

$I_{inc 4}^{2018}$: P35, P46 → P30 (24/35)

$I_{inc 5}^{2018}$: P14 → P24 (23/35)

(8) 2019年

$I_{inc 1}^{2019}$: P78 → P83 (53/56)

$I_{inc 2}^{2019}$: P71 → P83 (52/56)

$I_{inc 3}^{2019}$: P87 → P83 (52/56)

$I_{inc 4}^{2019}$: P102 → P83 (50/56)

$I_{inc 5}^{2019}$: P65 → P83 (48/56)

上記に記した含意論理には複数年で共通して成立する含意論理を抽出された全ての含意論理を対象に調査した結果, 上記に記した含意論理は全て単年度で成立するものであり複数年で共通したものは発見されなかった。

4.3 Fisher の正確確率検定との比較分析

2変数の間に統計学的に有意な差があるか検定する手法のひとつである Fisher の正確確率検定を用いて含意論理の前提部の正誤と結論部の正誤に関連性があるか分析し, 結果を報告する。4.3節で取りあげた含意論理のうち, 前提部および結論部の正解と不正解を 2

変数とし, Fisher の正確確率検定を適用することで前提部の正誤と結論部の正誤に関連があるか検証した。前提部が 1 問のみで構成されている含意論理では, 表 5 に示す分割表を作成し, 分析を行なった。前提部が複数の問題で構成された含意論理は, 表 6 に示す分割表を作成し, 分析を行なった。

表 5 分割表の例 $I_{inc 1}^{2016}$

		P112		合計
		正解	不正解	
P105	正解	107	5	112
	不正解	26	4	30
合計		133	9	142

表 6 前提部に複数の問題を含む分割表の例 $I_{inc 5}^{2016}$

		P112		合計
		正解	不正解	
P10, P33	正解	89	44	133
	その他	5	4	9
合計		94	48	142

表 6 のその他とは「片方の問題だけ正解あるいは両方不正解」のことを指す。なお, 含意論理が発見された年以外の成績データを対象に検定を行なった。例えば, 2016 年で成り立つ含意論理 $I_{c 2}^{2016}$ について検定を行う際は, 2017 年, 2018 年, 2019 年の 3 年分のデータを分析の対象とする。今回は有意水準を 0.05 とした両側検定によって検定を行った。

4.3.1 検定結果

検定の結果を表 7, 8 にそれぞれ示す。表の見方は 縦軸に含意論理, 横軸を年とし, 対応箇所には 4.3 節で作成した分割表から求めた p 値を記す。

表 7 各年の含意論理と p 値 (正解) $p < 0.05$

n	2016	2017	2018	2019
$I_{c 1}^n$	0.374	0.114	0.056	※3
$I_{c 2}^n$	0.219	0.277	0.013	0.005
$I_{c 3}^n$	1.000	0.271	0.266	1.000
$I_{c 4}^n$	0.278	0.148	1.000	0.051
$I_{c 5}^n$	0.486	0.208	※2	1.000

※2 P105 → P20 [$p = 0.173$], P105 → P112 [$p = 0.374$]

※3 P29 → P9 [$p = 0.310$], P29 → P10 [$p = 0.067$]

表 8 各年の含意論理と p 値（不正解） $p < 0.05$

n	2016	2017	2018	2019
$I_{inc 1}^n$	0.000	0.218	0.073	0.002
$I_{inc 2}^n$	※4	0.071	0.168	0.335
$I_{inc 3}^n$	0.000	0.000	0.059	0.001
$I_{inc 4}^n$	0.168	0.066	0.000	0.001
$I_{inc 5}^n$	0.000	0.015	0.124	0.705

※4 P79 → P87 [$p = 0.006$], P79 → P102 [$p = 0.001$]

検定結果より、正解の含意論理では、4.2.1 節に列挙した 20 個の含意論理のうち、2 つの含意論理において、前提部の正誤と結論部の正誤の間に統計的な関連性が認められた。不正解の含意論理では、4.2.2 節に列挙した 20 個の含意論理のうち 11 個の含意論理で前提部の正誤と結論部の正誤の間に関連性があることが認められた。

4.3.2 含意論理との比較と考察

形式概念分析によって得られた含意論理の前提部の正誤が結論部の正誤と関連しているか調べるために Fisher の正確確率検定を行なった。本稿では、抽出した含意論理の中でも対象となるオブジェクト数が多いものを各年度からそれぞれ 5 個ずつ抜粋し、正解の含意論理 20 個、不正解の含意論理 20 個を Fisher の正確確率検定との比較に用いた。検定の結果、正解の含意論理では、20 個のうち 2 個の含意論理で前提部と結論部の正誤の関連性が認められた。不正解の含意論理では、20 個のうち 10 個の含意論理で前提部と結論部の正誤の関連性が認められた。正誤の関連性が認められたのは全て単年度で成り立つ含意論理であった。複数年度で共通して成り立つ含意論理 $I_{c1}^{2016}, I_{c5}^{2018}$ と $I_{c3}^{2016}, I_{c4}^{2018}$ を対象とした Fisher の正確確率検定の結果、それぞれの含意論理の前提部と結論部の間には関連性が確認されなかった。 $I_{c3}^{2016}, I_{c4}^{2018}$ は、2019 年も含め 3 年間で共通して成立したもので今回は成立した年以外のデータを対象にしたため、2017 年のみのデータが対象となった。データの頻度によっては、関連性を見つけられない可能性がある。そこで 4 年分のデータを対象に検定を行ったところ $I_{c3}^{2016}, I_{c4}^{2018}$ の p 値は [$p = 0.004$] となり、有意水準を満たす。データ全体で見ると前提部と結論部の正誤に関連性が認められた。 $I_{c1}^{2016}, I_{c5}^{2018}$ は 2017 年と

2019 年の 2 年分のデータを対象に分析を行なった。そこで 4 年分のデータを対象に分割表を作成し検定を行った結果、 $I_{c1}^{2016}, I_{c5}^{2018}$ の p 値は [$p = 0.011$] となり、データ全体を対象にした際には、前提部と結論部の正誤に関連性が認められた。

形式概念分析によって得られた含意論理のうち、成立数の多いものに着目したところ前提部と結論部に統計的な関連性が認められる含意論理を発見することができた。以上から形式概念分析を用いて成績データを分析した際に得られる正解問題/不正解問題の含意論理の中には統計的分析への足がかりとして有用である可能性が示唆された。

5. まとめ

本稿では、「ナレロー」の成績データを対象に形式概念分析を適用し、含意論理によって捉えた正解問題と不正解問題の包含関係と統計的な分析によって得た全体的な傾向の比較を行った。まず、2016 年から 2019 年の富山県立大学知能ロボット工学科 1 年生のナレローの成績データからユーザをオブジェクト、正解した問題あるいは不正解となった問題を属性とするコンテキスト表を作成した。さらに 1 年ごとにデータを分割し、形式概念分析を適用することで年ごとに成立する正解問題/不正解問題の包含関係を含意論理として抽出した。各年で成立数が多い順に 5 つの含意論理を抜粋し、合計で 40 個の含意論理を統計的分析との比較対象とした。抽出された含意論理の中から「P111 が正解ならば P112 も正解する」が 2017 年を除く全ての年で成り立ち「P105 が正解ならば P112 も正解する」が 2016 年と 2018 年で共通して成り立つことがわかった。一方、他の含意論理は全て単年度でのみ成り立つものであった。Fisher の正確確率検定を行い得られた含意論理のうち、前提部と結論部の正誤が関連しているか検証した。検証の結果、成立数の高い正解の含意論理 20 個のうち、2 つが統計的に見て前提部と結論部の正誤に関連性があることが認められた。また不正解の含意論理においては成立数が多いもの 20 個のうち 11 個の含意論理で前提部と結論部の正誤の関連が認めら

れた.形式概念分析によって得られた含意論理のうち成立数の多いものに関しては,統計的な観点からも前提部と結論部に関連を持つものが見られ,統計的手法へのトリガとして有用であると考えられる.

本稿では,形式概念分析によって得た含意論理のうち,各年で成立数の多いものを順に5つ選びそれらを統計的な手法との比較に使用していた.今後は,含意論理の成立数した割合に着目し,成立数の小さいものから大きいものまでを統計的な分析との比較に用いることで統計分析への利用可能性について検討していく必要がある.また今回は,富山県立大学知能ロボット工学科1年生のデータを対象としたており,富山県立大学知能ロボット工学科の間でのみ成り立つ関係性であることを否定できないため,他の教育機関にてナレローの成績データを収集し,本稿の結果と比較する必要があると考えられる.

参 考 文 献

- (1) 石川晶子,小川賀代:"学習履歴データを活用した学習者の特性抽出手法の検討"教育システム情報学会誌, Vol.31, No.2, pp.185-196, (2014)
- (2) ナレロー, https://narero.com/index_main.html (2021年11月25日確認)
- (3) 鈴木治,室伏俊明:"形式概念分析-入門・支援ソフト・応用."知能と情報 Vol.19, No.2, pp.103-142, (2007)
- (4) R.Wille : "Restructuring lattice theory: an approach based on hierarchies of concepts." International conference on formal concept analysis. Springer, Berlin, Heidelberg, (2009)
- (5) The Concept Explorer, <http://conexp.sourceforge.net> (2021年11月25日確認)
- (6) R.A.Fisher : "On the interpretation of χ^2 from contingency tables, and the calculation of P." Journal of the Royal Statistical Society, Vol.85, No.1, pp.87-94, (1922)

SDGs 探究 MAP を使った高大連携講座における オンライン掲示板 Padlet 活用の効果

宮下 伊吉^{*1}

^{*1} 三重大学

Effect of the On-line board Padlet in Collaborative Seminar by High School and University using SDGs investigation map

Miyashita Ikichi ^{*1}

^{*1} Mie University

コロナ禍の影響により、2018～2019 年度にかけて実施していた SDGs 探究 MAP を使った高大連携講座における大学生と高校生とのグループ活動が困難となった。そこで、オンライン掲示板を活用することで受講者である高校生のコメントの共有を試みたところ、対面とオンラインで別々にした同じ内容の高大連携講座 (SDGs 探究 MAP 使用) で、受講者同士の学びの可視化と振り返りに効果がみられた。

キーワード: 高大連携, SDGs, 探究, オンライン掲示板, Padlet

1. 本研究の背景と目的

大学の講義や実験・実習等の一部を体験させることや、将来のやりたい仕事ややりたい職業をイメージさせることで、進路選択 (志望学部・大学選択) に結び付ける個々の大学教員が主に単発で行ってきた高大連携を筆者は「体験型高大連携」と定義している。その一方で、新学習指導要領 (高等学校では 2022 年度施行) の「総合的な探究の時間」で示された目標「社会と自己との関わりから問いを見出し、自分で課題を立て、情報を集め、整理分析し、まとめ・表現でき、課題発見・解決に向けて、互いの良さを生かしながら新しい価値創造とよりよい社会を実現しようとする態度を養う」につながる高大連携を「探究学習型高大連携」と筆者は定義している。大きな違いは、社会との関わりの中から自分自身を振り返り、自ら学びに向かうことができる視点を持つことができるかである。

2018～2019 年度にかけて筆者が担当・実施してきた SDGs 探究 MAP を使った高大連携講座では、主に文理選択に悩む高校 1～2 年生を対象に、大学生の協力を得ながら、高校生のグループ活動を行うことで、社会との関わりの中から自分自身を振り返ることがで

きるように、インストラクショナルデザイン理論に基づいて講座を設計してきた。しかし、コロナ禍の影響により、2019 年度に著者が担当・実施していた 6 件の高大連携講座は、2020 年度には対面による講座を実施できなくなり、Google Meet や Zoom を使ったオンラインによる講座を 2 件実施するにとどまった。2021 年度には、対面が 2 件、オンラインが 5 件とトータルでの実施件数は 2019 年度より増えた。何よりも大きな変化は、2019 年度に 6 件の講座のうち 3 件しか実施・回収できていなかった受講者アンケートを、2021 年度ではオンライン掲示板を活用することで、実施した 7 件の講座の全ての高校生から受講コメントを速やかに確認できるようになったことである。本研究では、2021 年度に対面とオンラインで別々にした同じ内容の高大連携講座 (SDGs 探究 MAP 使用) で活用したオンライン掲示板によって、どのような効果がみられたかを明らかにしていく。

2. 研究対象と実施方法

本研究で対象としたのは、2021 年 6 月に対面とオンラインで別々に実施した同じ 1 時間の高大連携講座

「見つけよう、自分にあった学問分野～SDGs 探究 MAP を使って～」を受講した高校生である。対面で実施した A 高校は高 2 生 40 人、Zoom によるオンラインで実施した B 高校は高 1 生 34 人が受講した。A 高校、B 高校ともに、高校側が高校生に 1 人 1 台のノートパソコンを用意した上で、大学生の高校生向けメッセージ動画を視聴して、オンライン掲示板にコメントを書き込むという同じ講座内容で実施した。(図 1)

対面による A 高校では、高校の教室内でプロジェクターに動画を投影しながら、オンライン掲示板 Padlet には書き込んでもらった。オンラインによる B 高校では、Zoom の画面共有で動画を視聴してもらったあと、オンライン掲示板 Padlet に書き込んでもらった。なお、Padlet は、Google Jamboard や miro などの他のオンライン掲示板と異なり、共有の URL または QR コードからすぐに書き込みが可能であり、学校の共有パソコンを使用している高校生にとって個人 ID 等の設定やログインが不要であることから Padlet を使用した。また、A 高校、B 高校ともに、Padlet に書き込む際に、Padlet 上で共有している SDGs 探究 MAP を使って、高校の教科科目 16 から興味があるものや、大学で学ぶ学問分野 16 から関心があるもの、SDGs 目標 17 から気になるものをチェックさせた。(図 2)



図 1 A 高校, B 高校共通の高大連携講座の内容



図 2 Padlet で共有した SDGs 探究 MAP

3. 実施結果

オンライン掲示板で書き込みを共有することにより、学んだことの可視化と振り返りから学びへの興味・関心や意欲の高まりを講座の実施中に読み取ることができた。例えば、A 高校の書き込みでは、「広い視野で世界を見ることが大事だと思う」「高校でも同じような分野に興味を持った子とグループを作って学習できればいいなと思った」等がみられ、B 高校の書き込みでは、「クラスみんながどのようなことに興味を持っているのかを知るいい機会になりました」「みんなの意見を見られるのがとても面白いです」等がみられた。(図 3)



図 3 B 高校のオンライン掲示板 Padlet の書き込み

4. まとめと課題

本研究で対象とした A 高校、B 高校では、オンライン掲示板への書き込みコメントから、高大連携講座の経験を省察し、全体共有はできているが、共有から得た気づきを踏まえて自分の考えをまとめ(概念化)、表現(実践)するまでには至っていない。オンライン掲示板を活用すれば、1時間の制約にとらわれず、事前・事後での書き込みや大学生・大学教員との意見交換も可能である。今後は、オンライン掲示板の双方向性の機能を生かした企画を検討し、実践していきたい。

参考文献

(1) 宮下伊吉: “高大連携における学生主体の活動による受講者満足度への影響”, 令和元年度全国大学入学者選抜研究連絡協議会大会研究発表予稿集, 第 14 回, pp.252-255(2019)

(2) 宮下伊吉: “SDGs 探究 MAP を使った高大連携セミナー”, 日本教育工学会第 36 回全国大会論文集, pp.313-314. (2020)

アクティブラーニングにおける 動画分析ソフトの活用の事例研究 —クラウド提供型動画分析ソフトの 大学教育における応用実践—

内山 志保, 戸田 敏行
愛知大学三遠南信地域連携研究センター

A Case Study of Using Video Analysis Software on the Active Learning —The Application of SaaS to Higher Education—

Shiho Uchiyama, Toshiyuki Toda
Aichi University Research Center for SAN-EN-NANSHIN

対面主体の授業から、遠隔ライブ配信、オンデマンドを組み合わせた多様な授業形態への対応がコロナ禍を契機に急速に進展している。こうした状況に動画の活用が有効であることから、動画の各シーンに評価機能を有するクラウド提供型動画分析ソフトを、小規模対面講義、大規模遠隔講義に活用し、個人の学習効率、学生間および教員・学生間のコミュニケーション促進効果を検証した結果、一定の効果が確認された。今後、動画を活用した反転授業への応用に期待ができる。

キーワード:アクティブラーニング, 反転授業, PBL, 動画活用

1. はじめに

1.1 研究の背景

2020年の新型コロナウイルス感染拡大により、全国の教育機関で対面による授業が実施できない事態が生じた。大学で実施された遠隔授業の多くは緊急的措置として開始されたものであったが、2021年3月に文部科学省が全国の大学生を対象に実施した遠隔授業に関するアンケート調査では、「自分の選んだ場所で授業を受けられた」「自分のペースで学修できた」など、遠隔授業の利点も確認された⁽¹⁾。既往研究には、オンデマンド動画による授業が対面授業よりも学習効果が上がったという報告もあり⁽²⁾、大学教育における動画を活用した授業形態は、オンデマンド、ライブの両方の形式で今後も継続していくものと思われる。

また、近年動画は単に視聴するだけではなく、作成する、評価するといった能動的な活動と結びついたものとして人々の生活の中に入り込んでいる。このことから、動画は単に知識をよりわかりやすく伝達するためのツールにとどまらず、学習者が自ら能動的に使いこなすことによって、アクティブラーニングを促進するためツールとしての活用される可能性が考えられる。

1.2 動画を利用した学習の特性

動画を利用した学習の特性を、テキストと画像を中心とした文書による学習、実際の体験による学習との比較で考える。動画による学習は、視覚と聴覚を使って直感的な理解を得られるという点で、文書による学習に対して優位性を持つ。時間軸を持った視覚情報であることが動画の特徴であり、物理現象などの時間変

化を動画化した教材は、その利点を生かした例である。他方、学習が所与の順序と速度に沿った受動的なものになってしまう危険性も孕んでいる。

実際の体験による学習との比較を考えると、時間的、空間的な制約を乗り越えて反復学習できるという点で優位性を持つ。教員と学生が教室で対面して行う講義の代替として提供されるオンデマンド動画や遠隔授業は、この利点を活かした動画の活用方法である。この場合の動画は、実体験に対する疑似体験としての位置づけであり、得られる情報量は制限されることになる。秋山ら（2021）が実施した遠隔授業研究会の事例研究では、遠隔に比べて対面の方が優れている点として、「自分の見たい視点で見ることができる」「授業の雰囲気を感じることができる」「表情が読みとれる」などの評価が報告されている⁽³⁾。

これらの動画による学習の特性をまとめたものを表1に示す。動画それ自体は情報の伝達手段として優れているが、実体験の代替として利用される際には、参加者同士の交流性は減じられる。動画が持つ特性は、ある時には学習効果を高め、ある時にはそれを阻害するものであると考えられ、利点を活かし、欠点を補う動画の活用方法の検討が必要である。

表1 動画による学習の特性

文書との比較	<ul style="list-style-type: none"> ・視聴覚を使った直観的な理解 ・内容に時間軸を伴う
体験との比較	<ul style="list-style-type: none"> ・時間的、空間的な制約が少ない ・反復が可能 ・情報量が制限される ・参加者間の交流が制限される

1.3 動画分析ソフトの教育応用の意義

動画を使った学習に関する研究は、いかに効果的な教材動画を設計、作成するかということに主眼がおかれたものが多い。例えば丸山ら（2017）は主体的な学習のための動画教材の作成方法の開発に取り組んでいる⁽⁴⁾。しかし、学習者自身による動画を使ったコミュニケーションを通じたアクティブラーニングに関する研究はこれまで見当たらない。

FL-UX は、現在プロスポーツの分野で使用されている試合分析のためのクラウド提供型動画分析ソフトである^(注1)。インターネット接続されたパソコン、タブ

レット、スマートフォン上で動作し、FL-UX を介して動画を視聴することで、動画の特定のシーンにタグを付与することができる（図1）。タグが付けられたシーンを他のユーザーと共有することや、複数ユーザーのタグを集計して全体の傾向を確認、比較することが可能である（図2）。動画分析の手法を教育に応用した例としては、看護技術の動作分析に用いた例など⁽⁶⁾、実習系分野での応用があるが、コミュニケーション機能を有する戦略分析用ソフトを応用した事例は見当たらない。戦略分析用ソフトを授業に応用することは、動画の利点を活かしながら、能動的な参加性、参加者同士の交流性を高める可能性がある。また、動画活用の主体を学習者におくことは、アクティブラーニングの実施において重要な視点である。

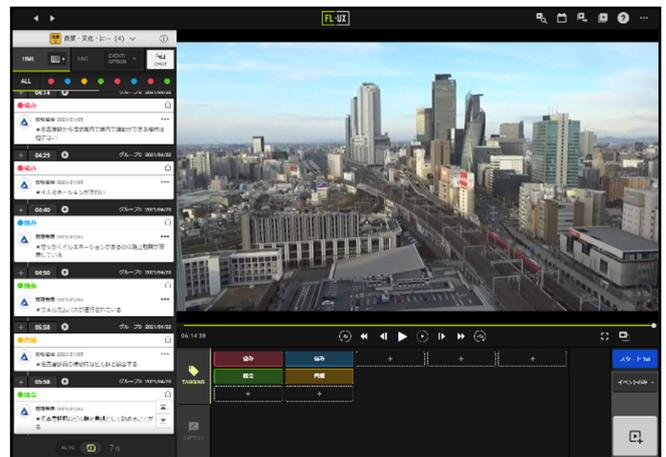


図1 FL-UX による動画視聴画面



図2 タグが付けられたシーンの一覧表示画面

2. 研究の目的と方法

本研究は、対面と遠隔、オンデマンド（非同期型）とライブ（同期型）など多様な形態を組み合わせた授業における動画の役割に着目し、クラウド提供型動画分析ソフト FL-UX を大学教育に応用することで、動画を活用したアクティブラーニングの今後の可能性と

課題を検討することを目的とする。方法は、愛知大学で著者らが担当する小規模対面授業と大規模遠隔授業の中で FL-UX を使用した動画分析を実施し、授業中の学生の使用状況、授業後アンケートの結果からその効果を検証し、考察することとする。

3. 動画分析ソフトの応用実践内容

3.1 3つの実践事例

第3章では実際に動画分析ソフトを活用した3つの授業について詳述する。授業Aは小規模対面授業、授業Bは大規模遠隔授業でいずれも動画にタグ付けしたものであり、授業Cは小規模対面事業で授業時にリアルタイムのタグ付け（授業後に講義を録画した動画とタグを同期させる機能）を行ったものである。

3.2 授業A：小規模対面授業での応用

1) 授業概要

- ・ 2021年度春学期開講
- ・ 履修生 22名
- ・ 全学部全学年対象 共通教育科目
- ・ 授業テーマはキャンパス立地地区のエリアマネジメントの構築と実践

2) 使用動画

キャンパスが立地する地区の風景動画

3) 動画分析の方法

コロナ禍において大人数での施設内の立ち入りや、長時間の学外授業が制限される中で、実体験の代替としての動画による空間評価を実施した例である。

予備的学習として地区の特性についての講義と、全体でのまち歩きを実施した後（図3）、学生は3人から4人のグループに分かれ、地区の風景を撮影した動画を視聴した。空間を評価する指標として、SWOT分析で用いられる「強み」「弱み」「機会」「脅威」の4つ指標のうち、「強み」「弱み」の2つのタグを設定し（図4）、動画視聴中にそれぞれの評価軸に沿って気が付くことがあった時にタグを付けることでシーンを抽出した。まずは個人で好きな数だけタグ付けを実施した後、グループ内で互いの抽出したシーンを共有してディスカッションを行い、グループの意見を集約して、強みと弱みを1つずつ決定した。最終的に各グループが抽出したシーンを全体

で視聴し、グループの代表がそのシーンにタグを付けた理由を発表した（図5）。



図3 予備的学習としてのまち歩き



図4 空間評価に使用したタグ



図5 タグ付けたシーンについてのグループ発表

3.3 授業B：大規模遠隔授業での応用

1) 授業概要

- ・ 2021年度秋学期開講
- ・ 履修生 117名
- ・ 地域政策学部 選択科目
- ・ 授業テーマは国土計画に関する知識の習得と考察

2) 使用動画

地域政策に関する各種事業内容を紹介する講義動画

3) 動画分析の方法

大規模遠隔授業で、全15回のうち2回をライブ配信、残りの13回をオンデマンド動画の視聴とレポート提出により実施したもので、オンデマンド動画のうち1回分に FL-UX を使用した例である。学生は日頃から使用している LMS を通じて提供される文章とチュートリアル動画によって、FL-UX の使用方法を習得した。なんらかの理由で動画分析ソフト

トの使用が出来ない場合は、別の方法で授業動画を視聴できる環境を与え、必ずしも動画分析ソフトを介して動画視聴しなくても良いこととした。動画の内容は地域政策に関する各種事業内容を紹介する講義動画で、分析の指標として「重要な視点だ」「実現は困難である」の2つのタグを設定した。学生は動画中で紹介される各種事業内容のうち、それぞれのタグの視点に該当すると思う内容があった時にタグを付けることでシーンを抽出した(図6)。教員は学生が抽出したシーンを確認し(図7)、内容ごとに付けられたタグの数を集計した。動画全体では「重要な視点だ」のタグは576個、「実現は困難である」のタグが98個付けられた。翌週の授業をライブ動画配信による実施とし、全員の分析結果を集計したものを提示しながら補足の解説を行った(図8)。分析結果を対面またはオンラインのディスカッションに展開することで反転授業への応用可能性がある事例である。

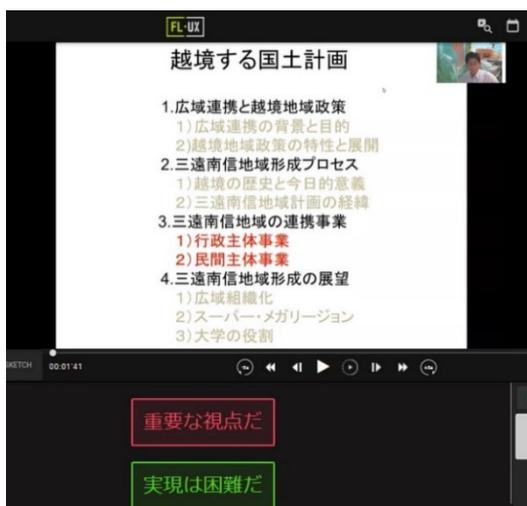


図6 動画視聴とタグ付け操作画面



図7 タグの付けられたシーンの確認

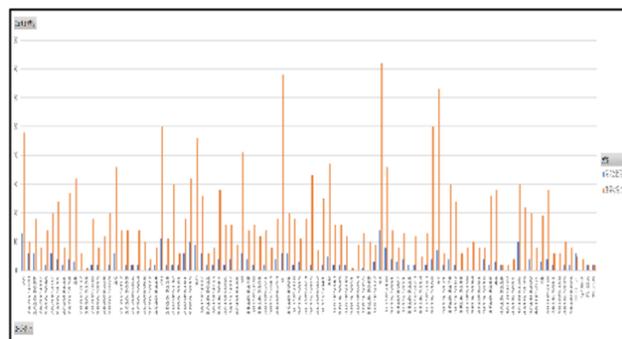


図8 全タグの集計結果

3.4 授業C：小規模対面授業での応用

1) 授業概要

- ・ 2021年度秋学期開講
- ・ 履修生8名
- ・ 全学部全学年対象 共通教育科目
- ・ 授業テーマは地域政策

2) 使用動画

まちづくり活動の経緯と現状についての講義動画

3) 動画分析の方法

学生は対面で講義を聴きながら、手元に動画分析用のアプリがインストールされたスマートフォンを用意して、講義の内容で「面白そう」「大変そう」と思った時にタグを付けた(図9)。講義終了後に講義内容を録画した動画と、学生が付けたタグを同期することでシーンを抽出した。学生には、授業後に自身が付けたタグと講義動画が同期された様子を確認するようにメールで指示し(図10)、その上で授業後アンケートへの回答を求めた。

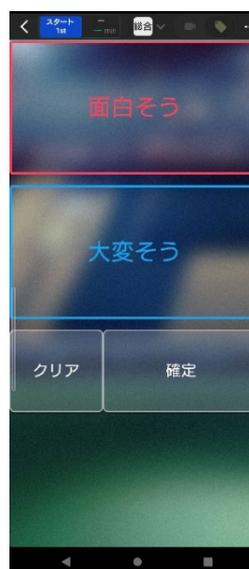


図9 スマホアプリによるタグ付け画面

図10 講義動画と同期した後のスマホ画面

4. 評価

4.1 授業参加者アンケートの概要

動画分析ソフトを使用した授業の参加者を対象にアンケートを実施した。アンケートの実施概要は表2に示す通りである。

表2 アンケート実施概要

対象者		動画分析ソフトを使用した授業の履修生
方法		WEBアンケートフォームのメール送信
配布回収期間	授業A	2021年11月16日～11月26日
	授業B	2021年11月18日～12月1日
	授業C	2021年11月19日～11月26日
回収率	授業A	22.72%
	授業B	44.44%(ソフト使用者54.02%)
	授業C	62.50%

アンケート項目は、回答者の属性に関する項目、動画分析ソフトの操作の難易度に関する項目、動画分析ソフトを使用した感想に関する項目で構成し、難易度については「非常に簡単だった」「比較的簡単だった」「どちらでもない」「比較的難しかった」「非常に難しかった」の5段階、感想については「大いにそう思う」「どちらかというと思う」「どちらでもない」「どちらかというと思う」「まったくそう思わない」の5段階の選択式とした。授業Bには回答者属性に関する項目として、動画分析ソフトを使用したかどうかを問う質問を加えた。全回答者52名のうち、動画分析ソフトを使用しなかった回答者は5名、使用した回答者は47名であった^(注2)。次節の授業Bのアンケート結果は、動画分析ソフトを使用した47名の回答結果である。動画分析ソフトを使用した学生のみでみたアンケート回収率は54.02%(47名/87名)であった。尚、授業A、授業Bは授業終了後4ヶ月経過してから、授業Cは授業実施直後のアンケート実施であった。

4.2 授業参加者アンケート結果

動画分析ソフトの操作の難易度に関する質問項目と回答結果を表3、動画分析ソフトを使用した感想に関する質問項目と回答結果を表4に示す。難易度に関する

質問は、各授業の実施内容と合わない質問項目は除外している。表中の割合は「どちらでもない」を除外し、授業ごとに「簡単だった」「難しかった」「そう思う」「そう思わない」をそれぞれ合算し、有効回答数で除したものである。

表3 動画分析ソフトの操作の難易度について

質問項目		授業A (N=5)	授業B (N=47)	授業C (N=5)
操作の難易度について	ログイン	100%	72%	100%
		0%	19%	0%
	動画の視聴	100%	79%	-
		0%	9%	-
	動画のタグ付け	100%	74%	-
		0%	17%	-
対面講義のタグ付け	80%	-	40%	
	0%	-	0%	

上段「非常に簡単だった」「比較的簡単だった」
下段「非常に難しかった」「比較的難しかった」

表4 動画分析ソフトに対する評価

質問項目	授業A (N=5)	授業B (N=47)	授業C (N=5)
集中できる	80%	49%	60%
	0%	15%	20%
ポイントを明確にできる	100%	100%	80%
	0%	0%	0%
記憶が定着する	100%	57%	40%
	0%	4%	0%
考えを整理しやすい	100%	83%	80%
	0%	2%	0%
自分の考えを伝えやすくなる	100%	81%	40%
	0%	2%	40%
他の人の考えを理解しやすくなる	100%	79%	80%
	0%	2%	0%
ディスカッションが活性化する	80%	74%	40%
	0%	4%	0%
動画分析ソフトを使用した講義をまた受けてみたい	60%	62%	80%
	0%	15%	0%
動画分析ソフトを対面授業に使用することは望ましい	60%	49%	40%
	0%	28%	20%
動画分析ソフトを遠隔授業に使用することは望ましい	80%	83%	80%
	0%	4%	0%

上段「大いにそう思う」「どちらかというと思う」
下段「どちらかというと思う」「まったくそう思わない」

4.3 授業参加者アンケート結果の考察

ソフトの操作については、授業A、授業Cは対面による操作説明をしながらの実施だったのに対して、授

業 B はすべて遠隔による操作説明であったことが難しいと感じる学生の割合が多い原因であると思われる。

授業 A では授業 C と基本的に同じ手法で対面講義に対するタグ付けも実施している。違いは授業 C では全員スマートフォンを使用したのに対して、授業 A では各自がノートパソコンまたはタブレットを教室に持参した点であるが、操作のしやすさにおいて大きな違いはなかった。

次にソフトに対しての評価であるが、概ね肯定的な回答が占める中で、特に「ポイントを明確にできる」という項目では全授業の 57 名すべての回答者が肯定的な回答をした。「考えを整理しやすい」「他人の考えを理解しやすくなる」もほぼ肯定的な回答となっており、議論の焦点をしぼることに効果があるといえる。授業 A は回収率は低いですが、すべての質問に対して否定的な回答が無く、全回答数 50 件（10 問×5 人）のうち、25 件が「大いにそう思う」という回答であった。授業 A ではタグを糸口として、グループディスカッションに展開できたことで、動画分析ソフトの持つコミュニケーション機能を十分に発揮できたことが有用性の理解につながったと考えられる。

5. 考察

授業中の学生の使用状況、アンケート回答結果をふまえて、動画分析ソフト FL-UX を大学教育に応用する効果と課題を考察する。

動画にタグを付け、他者と共有するという FL-UX の基本機能は、ポイントを明確にしたり、考えを整理したり、他者の考えを理解することに効果が高いことが見いだされた。ディスカッションにつなげることによって動画を介したコミュニケーションツールとしての有用性を発揮するものと考えられ、反転授業への応用可能性も見いだされた。

新しい技術を導入する際のフォローが必要であるが、大規模遠隔授業においても、大多数の学生がタグ付けまで実施できたという点では操作の難易度はさほど高くなく、通常授業への導入可能性は高い。

動画を知識伝達型学習に便利なツールから、学習者自身が主体となって使いこなすものと位置付けることを考えると、動画やタグの準備段階から学生と協働し

て実施することが重要である。

注

- (1) 使用しなかった理由は、「ログインはできたが動画が再生できなかった」が 2 名、「動画は再生できたがタグを付けることができなかった」が 1 名。無回答が 2 名であった。
- (2) 開発企業である RUN.EDGE 株式会社と愛知大学は、共同して FL-UX を大学教育へ応用する手法について研究中である。同社が開発する TAGURU は FL-UX の機能の一部を教育向けに製品化したものである。
<https://fl-ux.run-edge.com/>

参考文献

- (1) 文部科学省 新型コロナウイルス感染症の影響による学生等の学生生活に関する調査 (2021)
- (2) 中村哲之: オンライン授業(オンデマンド型)における教育効果 : 教育心理学的観点からの実践的検討, 東洋学園大学教職課程年報(3), pp. 1-14 (2021)
- (3) 秋山佳樹, 大門祥, 菅家佑介, 大図拓海, 桐生徹, 水落芳明: テレビ会議システムを活用した遠隔授業研究会の事例的研究ーダイジェスト動画による授業省察を通してー, 上越教育大学研究紀要 41(1), pp. 149-158 (2021)
- (4) 丸山浩平, 森本康彦, 北澤武, 宮寺庸造: 主体的な数学学習のための構成的アプローチに基づく動画教材作成方法の開発と評価, 教育システム情報学会 34(2), pp. 107-121 (2017)
- (5) 中村昌子: iPad mini を用いた看護技術練習とその効果の検討, 東都医療大学紀要 4(1), pp. 1-7 (2014)

多数地点で撮影し VR 化した実在の教室や病室環境を用いる 学修用教材作成の試み

坂田 信裕^{*1}, 辰元 宗人^{*2}, 河野 由江^{*2}, 鈴木 佳世子^{*2}

^{*1} 獨協医科大学 ^{*2} 獨協医科大学病院

Development of learning materials using VR images of the actual facility environment

Nobuhiro Sakata ^{*1}, Muneto Tatsumoto ^{*2}, Norie Kawano ^{*2}, Kayoko Suzuki ^{*2}

^{*1} Dokkyo Medical University ^{*2} Dokkyo Medical University Hospital

教室や病室等で実施してきた授業や研修が、COVID-19の影響もあり、現場環境を用いて行うことが難しい状況が発生している。そのため、教室や病室等の空間をデジタル空間として再現し、教材として活用する手法を検討した。実在の教室や病室等の空間内の多数地点で撮影した360度カメラの映像を合成してVR映像を作成した。さらに、コメントやリンク情報等をデジタル空間内へ付加し、学修用教材としての応用を考えた。場所や内容により、複数の種類の教材コンテンツが考えられた。今回、作成手法や活用手法について紹介し、今後の展開などについて考察する。

キーワード: VR, 実在環境, デジタル空間, 学修用教材

1. はじめに

オンライン環境を活用する授業・研修の形態が、COVID-19の蔓延により注目され、様々な取り組みが行われてきた。しかし、教室や病室等の利用制限等により、提供可能な情報の量や質の不足も考えられる。

そのため、実在する教室、実習室や病室などの空間をデジタル空間として存在させることで、実際の現場に行けない場合でも、オンライン上の教材環境として利用が可能ではないかと考えた。

今回、今後の学修用環境として期待されているVR¹⁾の一種を用い、実在する教室、病室などの空間をデジタル空間とし、付加情報と合わせ、学修用教材としての可能性を検討したので報告する。

2. VR映像化手法

2.1 撮影機材と環境

教室や病室などの空間を撮影し、VR映像とするた

め、360度カメラ(RICOH THETA Z1等)と、デジタル空間作成用の映像キャプチャーアプリ(Matterport Capture)をインストールしたタブレット端末(iPad Pro)を用いた(図1)。さらに、多数地点で撮影した映像をクラウド環境で合成し、デジタル空間とするための環境(Matterport)を利用した。

教室など、一つの撮影空間では、数カ所から数十カ所で360度カメラで撮影した。図2のコンピューター教室の場合は、35カ所での撮影を行った。

2.2 VR化によるデジタル空間としての再現

360度カメラで撮影した多数地点での映像を合成し、VR化し、デジタル空間を作成する時間は、30分程度から数時間を要した。しかし、クラウド環境での映像処理は、ほぼ自動で行われるため、デジタル空間の環境を作成は比較的容易であった。デジタル空間は、それぞれにユニークなURLが割り当てられ、その閲覧権限の設定も可能である。

図2のように、デジタル空間は、俯瞰的な doll house の形式で表示でき(図2-A)、また、その空間内に入り、種々の地点に移動し、任意の方向性を持った視点で、空間内を見ることができる(図2-B)。これにより、その空間内に擬似的にいるような形で、映像内の情報を得ることが可能である。

この映像の表示は、コンピューターやタブレット端末、あるいはスマートフォン上の web ブラウザで表示可能であり、利用しやすいと考える。また、VRゴーグルで見ることが可能であり、没入感をより高めた形で、その空間を利用することも可能となる。

2.3 デジタル空間への情報付加と学修教材化

実在する教室や病室をデジタル空間とした映像を用い、その中の特定の場所へコメントやリンク情報などを付加していくことが可能である。図2のコンピューター教室のように、学修者が、このデジタル空間内を任意の方向で移動し、見つけた映像内のタグ(マーカー)をクリックすることで、そこに特有の情報が得られる仕組みを作成できる。タグには、質問の提示や、他の web サイトへのリンクを付けることも可能である(図2-C)。このように、単にその空間の映像を見せるだけではなく、付加情報の種類や提示の仕方によって、種々の学修用コンテンツを作成することが可能と考えた。以下は、それらの一例である。

学修用教材例：

- ・ 普段見ることができない環境
- ・ 今後実際に利用する環境の事前体験
- ・ トラブルやミスの状況を学ぶための環境

例えば、「普段見ることができない環境」としてドクターヘリや手術室が考えられ、また、「今後実際に利用する環境の事前体験」として、シミュレーション室などが考えられる。また、「トラブルやミスの状況を学ぶための環境」としては、医療安全に関するアクシデントやインシデントの例などを学ぶ場への応用が考えられる。例えば、病室にそのような状況を再現した環境を作り、それをデジタル空間とすることで、教材として用いることが可能と考えられた。



図1 撮影用360度カメラとタブレット端末



図2 デジタル空間化したコンピューター教室

3. まとめ

今回、実在の教室や病室などの環境をVR化し、デジタル空間とした後、そこへ情報を付加することで、新たな形の学修用教材として応用することを検討した。撮影やデジタル空間の作成は、比較的容易であると考えられ、種々の目的に合わせた環境としての利用方法が考えられた。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP20K10644 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) 坂田信裕：“医療・介護人材教育”テクノロジー・ロードマップ 2021-2030, 日経 BP, pp.302-305 (2021)

地震疑似体験 VR における 避難行動記録・再現による NPC 生成

谷岡 樹^{*1}, 光原 弘幸^{*2}, 獅々堀 正幹^{*2}

^{*1} 徳島大学大学院創成科学研究科

^{*2} 徳島大学大学院社会産業研究科

NPC Creation by Recording and Reproducing Evacuation Behaviors in a VR-based Simulator for Earthquake Experience

Itsuki TANIOKA ^{*1}, Hiroyuki MITSUHARA ^{*2}, Masami SHISHIBORI ^{*2}

^{*1} Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Tokushima University

^{*2} Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima University

In this study, we are developing a VR (virtual reality)-based evacuation drill system focusing on scenarios that an earthquake suddenly hits. We conducted a preliminary experiment using a VR-based earthquake simulator to observe how participants in one- and two-player groups behave for suddenly-hit earthquake in the VR space. The experimental results inspired us to create multiple evacuees as NPCs (non player characters) in the VR-based evacuation drill system. Our idea for creating NPCs is to record and reproduce evacuation behaviors of the past drill participants. In other words, it is expected that drill participants can see NPCs that take human-like behaviors such as wavering, uneasy, reckless, etc.

キーワード: NPC (Non Player Character), VR (Virtual Reality), 地震疑似体験, 避難行動

1. はじめに

地震は自然災害のなかでも発生の予測が難しい。地震が頻発する我が国では、地震から命を守るために備えておくことが重要である。そのような備えとして、防災教育とりわけ避難訓練は不可欠であり、教育現場などで定期的に行われている。しかし、従来の避難訓練では、決められた経路に沿って決められた場所へ移動することが多い。避難途中で遭遇する可能性のある難しい状況（経路寸断など）を扱わなければ、避難訓練は緊迫感やリアリティに欠ける。しかし、訓練時に建物損壊や火災といった災害状況を表現することは困難である。光原らは Geo-fencing や Augmented Reality により仮定の災害状況を表現してリアリティ

を向上させ、難しい状況にどう対応するかを参加者に考えさせる ICT 活用型避難訓練を開発・実践している^{(1)~(3)}。これらの ICT 活用型避難訓練は現実世界（主に参加者の生活圏）で実施されるため、参加者が避難を自分事としてとらえることにつながる一方で、天候などによっては実施できない場合がある。また、近年では、新型コロナウイルス感染拡大の影響によって、現実世界で参加者が接触する避難訓練の実施が難しい場合もありうる。そこで本研究では、参加者が現実世界で接触することなく避難訓練を実施する手段として、Virtual Reality (VR : 仮想現実) に着目し、リアルタイムマルチプレイヤ型 VR 地震避難訓練システムを開発している。

VR 地震避難訓練システムはこれまでにも多く開発

されている。例えば、Li らのシステムは詳細な地震シミュレーションを導入しており、マニュアルやビデオによる従来の訓練方法と比較して、被害回避能力や危険認識能力を効果的に向上できる⁽⁴⁾。Gong らのシステムは、マウスとキーボード、HMD (Head Mounted Display) とモーションキャプチャデバイスである Kinect 導入した没入感の高い地震避難訓練を実現している⁽⁵⁾。従来の VR 地震避難訓練システムは訓練実施を明示して提供され、参加者は地震が発生することを知った上で訓練に参加することが多い。言い換えれば、実際の地震は突然発生することから、従来の VR 地震避難訓練システムでは、突然の地震発生による状況 (緊迫感, 認知バイアス) の疑似体験として不十分な可能性がある。開発中の VR 地震避難訓練システムは、表向きは VR ゲームとして提供され、プレイヤー (参加者) のゲームプレイ中に突然地震を発生させる “不意打ち” を取り入れている。不意打ちによって、参加者に突然避難しなければならない状況を疑似体験させることで訓練効果の向上をめざしている。予備実験として、VR 空間内で簡易的なゲームをプレイ中に不意打ちで地震を発生させた場合、被験者 (1 名または 2 名で条件分け) がどのように行動するのかを比較分析した⁽⁶⁾。その結果、被験者の避難行動は他者の存在に影響を受けることが確認された。

本研究ではこのような経緯から、VR 地震避難訓練システムにおいて他者を表現する手法として、NPC (Non Player Character) に着目し、より人間らしく見せることをめざして、訓練参加者の避難行動を記録・再現する NPC 生成に取り組んでいる。

2. 開発システムと予備実験

NPC 生成の基盤である開発中の VR 地震避難訓練システムとその予備実験結果を概説する。

2.1 システムの概要

本システムはクライアントとサーバから構成され、サーバとして PC を利用でき、クライアントとして VR 機器 (HMD) を必要とする (図 1)。

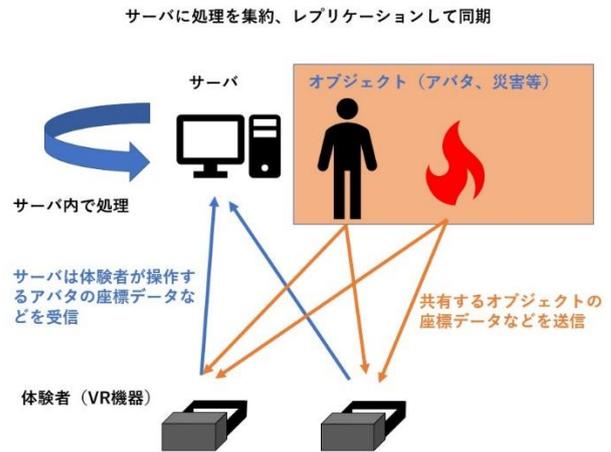


図 1 システム構成

マルチプレイの通信は、アプリの実行時にサーバ、クライアントの選択を経て開始される。PC にはサーバを選択し、VR 機器にはクライアントを選択する。このように選択することで、サーバ (PC) に処理を集約し、処理されたアバタやオブジェクト (炎など) をレプリケーション (複製) してクライアントに同期させることができる。また、VR 機器の処理負荷を軽減できる。本システムは以下の特徴を有している。

- 表向きは、リアルタイムマルチプレイヤー型 VR ゲームとして提供される。
- VR 機器 (入出力デバイス) として、没入型 HMD (Head Mounted Display) の Oculus Quest 2 ならびにトラッキングコントローラの Oculus Touch Hand Controller を採用する。
- 開発にはゲームエンジン Unity3D を使用し、Unity Asset Store で公開されている 3 次元モデルから VR 空間を構成する。また、マルチプレイの実現には、Unity 公式ネットワークソリューションである MLAPI (Mid Level API) を利用する。
- 3 次元 VR 空間内で不意打ち (現状ではランダム、将来的には、気象庁の地震発生情報を受信して実際の地震と同じタイミング) で地震を発生させる。地震発生により、ゲームモードから避難訓練モードに移行する。
- プレイヤーはアバタとして表現され、VR 空間内を移動して避難する。コントローラ操作で 3 次

元オブジェクト（軽量なものに限る）を移動させることができる。

- 設定した避難場所に到着するか、地震発生から一定時間経過すると、避難訓練は終了する。避難訓練モードからゲームモードに移行する。
- 避難中のプレイヤーの行動はサーバ側にログとして記録される。

2.2 予備実験の概要

VR 避難疑似体験における参加者の避難行動は、これまで積極的に分析されてきた。例えば、Gamberiniらは、VR 空間内で避難途中に負傷者を救助するという状況を作り出し、負傷者の人種の違いが救助活動にどのような影響を及ぼすかを分析した⁽⁷⁾。小林らは、VR 空間で火災を発生させ、火種の延焼規模や被験者と火種の距離による避難行動の違いを分析した⁽⁸⁾。

VR 地震避難訓練システムの開発を進めるにあたり、不意打ちで地震を発生させた場合に1人プレイ（単独で避難）と2人プレイ（他者がいる避難）（図2）で避難行動にどのような違いが生じるかを調査する予備実験を実施した。

2.2.1 実験方法

本実験用のVR空間として、都市モデルに6階建て屋上付きビルを用意した。被験者は「VRゲームの実験に参加してほしい」という協力依頼に応じた大学生9名であり、1人プレイ（3名）と2人プレイ（2名×3組）のグループに分けた。2人プレイの場合、被験者は同じ部屋・時間においてHMDを装着し、共通のVR空間に入ったため、会話は可能であった。実験中のVR画面と会話が録画録音された。実験手順は以下のとおりである。

(1) ゲームプレイ

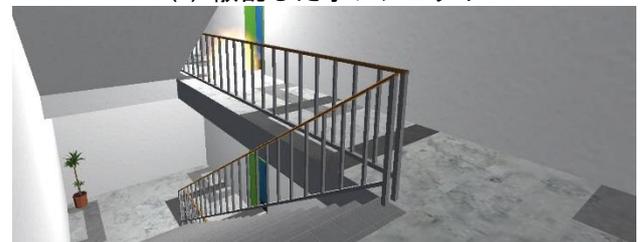
HMDを装着した被験者は、ビル4階のゲームルームまで移動し、射的ゲームをプレイする。被験者は移動とゲームプレイを通じてVR操作に慣れると想定される。



図2 3人プレイの様子（一人称視点）



(a) 散乱したオブジェクト



(b) 非常階段で発生した火災

図3 地震発生後のVR空間内

(2) 地震発生

実験実施者が手動（被験者がプレイに没頭している、と判断したタイミング）で緊急地震速報を再生し、VR画面（空間全体）を小刻みに揺らして地震を発生させる。この揺れにより、ビル内のオブジェクトが倒れたり（図3-a）、火災が発生したりする（図3-b）。

(3) 行動開始

揺れが収まった後、システムや実験実施者が被験者に指示を与えることはないため、被験者は避難するかどうかも含めて判断・行動できる。被験者は散乱したオブジェクトを避けたり、コントローラでオブジェクトを掴んで投げ飛ばしたりしながら移動できる。また、火災箇所を通り抜けることもでき、その際のペナルティ（移動速度低下など）もない。1階出口からビル外に出るか、屋上に到着すると避難完了とした。

(4) アンケート

被験者は避難完了直後、アンケートに回答した。

2.2.2 実験結果と考察

2人プレイの被験者1名(被験者D3)がVR酔いに陥り、避難途中で実験継続を断念した。

(1) 避難行動

被験者9名全員が避難行動をとり、8名がビル外に出るか屋上に到着した。アンケートの自由記述に「地震が起きたから反射的に避難するべきだと思った」という回答があったことから、VR空間内の不意打ちの地震で避難を動機づけてきたと考えられる。

1人プレイの被験者は基本的に無言で避難しており、2名が小規模火災を通り抜けて避難した。一方、2人プレイについては、3組とも避難先(1階か屋上)を相談して避難を開始し、1組は避難途中で逸れないように協力しながら慎重に避難した。

(2) 避難時間

避難時間を表1に示す。平均避難時間について、2人プレイが1人プレイより約105秒遅くなっている。この理由として、2人プレイでは避難経路を相談して行動していたことが挙げられる。加えて、D5&D6は逸れないように移動速度を合わせたことが避難時間を増加させた。一方、1人プレイの被験者には、立ち止まることなく避難する傾向があり、短い避難時間につながった。

表1 避難時間

1人プレイ	避難時間(秒)	平均(秒)
被験者S1	278	241
被験者S2	241	
被験者S3	204	
2人プレイ	避難時間(秒)	平均(秒)
被験者D1&D2 ^{*1}	334	345.7
被験者D3&D4 ^{*2}	294	
被験者D5&D6 ^{*1}	409	

*1 2名が避難を終了するまでの時間を計測

*2 D3が避難途中で離脱したため、1名(D4)が避難を終了するまでの時間を計測

表2 避難中の感情の平均値

感情	1人プレイ	2人プレイ
怯え	4.3	2.8
不安	4.3	2.8
恐怖	4.0	1.8
焦り	4.3	3.3
迷い	3.0	4.5
楽しさ	4.7	4.3

1「全く思わなかった」～5「非常に思った」

(3) 避難中の感情

避難中の感情に関するアンケート結果(5段階平均)を表2に示す。“迷い”を除くすべての感情において、1人プレイの平均値が2人プレイよりも高くなっており、“楽しさ”を除いて1.0ポイント以上の差があった。“迷い”については、1人プレイの平均が2人プレイよりも1.5ポイント低かった。1人プレイの被験者の避難時間の短さや、火災箇所を通り抜ける危険な行動は負の感情の高さに起因すると考えられる。2人プレイの被験者の避難時間の長さは、避難経路の相談や逸れないように避難する際に、他者の意見との違いや「移動速度を他者に合わせるべきか」といった葛藤に起因する可能性が考えられる。平均値がともに高い“楽しさ”は負の感情を中和する役割を担い、不意打ちのVR地震避難訓練への継続的な参加を動機づけることが期待される。

3. 避難行動記録・再現によるNPC生成

予備実験の結果から、他者(避難を共にする人)の有無が避難行動に影響すると考えられる。先行研究では、VR空間内で地震発生時の率先避難者と非率先避難者をNPCで表現し、被験者の避難行動を観察した結果、率先避難者が避難を促進し、非率先避難者が避難を抑制することがわかっている⁽⁹⁾。

3.1 目的

本研究では、NPCの避難行動が訓練参加者の避難行動に影響を与えることに着目し、NPC生成の方法を検

討している。先行研究⁹⁾では、Unity3D のナビゲーション機能 (NavMeshAgent) を用いて、NPC (率先避難者) を特定の場所まで移動させていた。しかし、この NPC 移動は、ある程度固定された移動経路をたどるだけで、どこに避難するか迷って右往左往するといった避難行動を表現できていなかった。また、このようなある種の“人間らしい”避難行動の表現は、NPC を詳細に設定 (プログラム) することで可能ではあるが、多数の NPC に多様な移動をさせるとなると、設定時の負担が大きくなる。

そこで、NPC にある種の“人間らしい”避難行動をとらせることをめざして、過去の訓練参加者の避難行動を NPC で再現するという着想に至った。訓練参加者の避難行動は、NPC の避難行動に影響を受けて多様化すると考えられ、NPC の詳細設定と比較して、避難行動の記録・再現は負担も小さい。

3.2 生成方法

本研究の NPC 生成方法は、訓練参加者のログを記録し、そのログを NPC に反映して再現するものである。

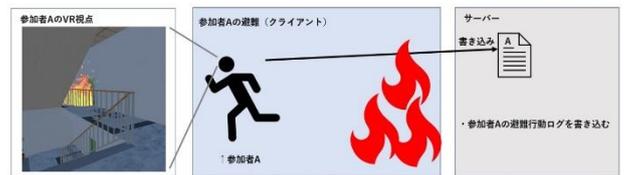
(1) ログ記録

クライアント (Oculus Quest2) アプリケーションが VR 空間における参加者アバタの位置座標 (X, Y, Z) および角度の Y 座標を取得し、参加者の避難行動ログとして 1 秒に 20 回サーバに送信する。これは MLAPI のデフォルト値である。サーバは受け取ったログをテキストファイルに書き込む。最初の参加者 A に対するログ記録の概略を図 4 (a) に示す。角度の Y 座標は NPC の斜め移動のアニメーションに使用される。

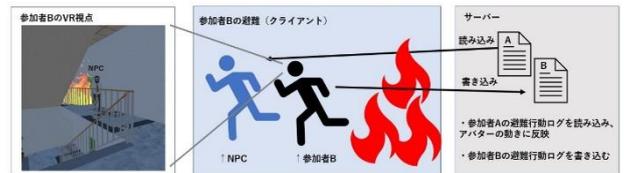
(2) ログ再現

クライアントアプリケーションは、記録された避難行動ログを読み込み、0.05 秒ごとに NPC の座標を更新し、VR 空間内に NPC を描画する。現在と直前の座標値の差が大きい場合、NPC がワープしたように描画される可能性があるが、上述したサーバへの送信頻度や座標更新・描画の間隔が短いことと、アバタは高速で移動しないことから、VR 機器の処理速度が著しく低下しないかぎり、ワープしているように見えないと

考えられる。サーバはログのデータ数だけ NPC を生成しているが、VR 機器では処理負荷を減らすため、視界内と視界付近だけを描画しており、背面にいる NPC は描画していない。これらの処理により、避難行動ログを NPC に反映し、移動の際の手足のアニメーションも加えて避難行動を再現している。二人目の参加者 B に対するログ記録・再現の概略を図 4 (b) に示す。参加者 B は NPC (再現された参加者 A) を追従するなど、NPC に影響を受けて避難行動をとると考えられる。参加者の数だけ避難行動ログが蓄積されるため、参加者数の増加に伴い、ログ再現のためにテキストファイルの読み込み処理が多く発生する。スペックの観点からクライアント側には VR 空間の描画処理を主に担当させたいため、サーバ側で避難行動ログの読み書きを処理するようにしている。これにより、処理遅延の少ない円滑な訓練が期待できる。



(a) 最初の参加者が避難する際



(b) 二人目の参加者が避難する際

図 4 避難行動ログの記録・再現



図 5 再現された 100 体の NPC (VR 視点)

表 3 VR 機器の fps 値の最小値と平均値

人数	最小値	平均値
0 人	59.8	61.4
20 人	50.9	53.5
40 人	44.9	49.8
60 人	41.4	44.2
80 人	35.8	40.7
100 人	34.3	35.8

3.3 動作検証

100 体の移動する NPC を再現した様子を図 5 に示す。サーバ側がテキストファイルの読み書き処理を担当しているとはいえ、参加者数が増加すれば、クライアント側の NPC の描画処理の負担が大きくなる。そこで、NPC 数によるフレームレート (fps: frame per second) を調査した。フレームレートとは 1 秒間にどれだけゲームの情報 (例: NPC の動き) が反映されているかを表す数値である。検証の条件を以下に示す。

- NPC の人数は 0~100 人, 20 人刻みで計測する。
- VR 機器は 1 つだけ接続する。
- VR 機器をサーバに接続し, NPC が VR 視点に表示されてから 5 秒間の FPS 値を取得する。
- NPC を VR 機器に描画させるため, NPC はプレイヤーの視界付近に存在させる。
- VR 機器に処理負荷を与えるため, 移動している NPC のログを使用する。
- NPC の数による処理負荷を検証するため, クライアント側は移動しない。

計測した FPS 値の最小値, 平均値を表 3 に示す。

NPC の人数が 20 人ずつ増えるごとに, fps 値の最小値, 平均値ともに減少し, 0 人と 100 人では約 25 の差が生じた。しかし, NPC の人数が 100 人でも, 最小値 34.3, 平均値 35.8 とともに 30fps 以上の値が確認されており, NPC の移動が遅くなることもなかった。スタンドアロンの Oculus Quest2 では約 20fps を下回ると処理が遅くなり, アプリの動作に支障をきたすが, 検証では最小でも 30fps 以上となっている。よって, VR 機器一台の接続時では, NPC が 100 人生成されたとしても動作に支障はないと考えられる。

3.4 関連研究

VR において, 人間らしい NPC を生成するさまざまな手法が研究開発されている。例えば, 今井らの VR 学習者支援システムでは, 他者の一部に NPC が使われており, 人間による操作をパターン化・模倣して NPC を動かしている⁽¹⁰⁾。田中らの VR 避難シミュレータでは, NPC がシミュレーションによって得られた移動軌跡をたどって指定した時刻から一斉に避難を開始する様子を表現している⁽¹¹⁾。本研究では, 参加者のアバタの移動を VR 空間にそのまま再現することで, 人間らしい避難行動をとる NPC の生成をめざしている。

4. おわりに

本研究では, VR 地震避難訓練システム開発の予備実験として, 1 人プレイと 2 人プレイで条件分けし, VR 空間において不意打ちで地震を発生させた際の参加者の避難行動の違いを調査した。その実験結果から, 他者の有無が避難行動に影響を与えることに着目し, 他者を NPC で表現することに取り組んでいる。特に, 人間らしい避難行動を表現するために, 避難行動を詳細に設定する NPC 生成ではなく, 訓練参加者の避難行動ログの記録・再現による NPC 生成を採用する。

試作した NPC 生成の動作検証を通じて, VR 機器は, 少なくとも 100 体の NPC の描画に耐えることがわかった。今回の動作検証は, 災害によって発生するオブジェクト (炎など) は描画していないため, 実際のシステムでは NPC 以外の描画負荷がかかると考えられる。この描画負荷を軽減するアプローチとして, 光源による描画処理を検討している。例えば, ゲームプレイ中に動かないオブジェクトは, そのオブジェクトに当たる光が変わらないため, ゲーム実行前にあらかじめライティングを計算しておくことができる。また, 現時点では, 避難行動として NPC の移動を再現するのみであり, 例えば, NPC の表情には変化がない。そこで, 訓練中の参加者の生体情報や発話などを避難行動の記録・再現の対象とし, 感情を推測して NPC の表情に反映させたり, 録音した発話を NPC にしゃべらせたりするといったことを検討している。

今後は、上記の課題を解決するとともに、訓練の振り返り機能、屋内外を対象としたシナリオに基づく災害状況表現、参加者の危険行動の判定・指導機能なども組み込んで本システムを完成させ、防災教育の現場に導入して訓練効果を検証していく。

付記

本論文は、参考文献(6)を基に内容を追加・再構成したものである。

アバタの Asset は Unity-chan!を使用した。©Unity Technologies Japan/UCL

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18H01054 の助成を受けた。

参 考 文 献

- (1) 光原弘幸, 井上武久, 山口健治, 武知康逸, 森本真理, 上月康則, 井若和久, 獅々堀正幹: “考えさせる ICT 活用型避難訓練の実践”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.31, No.7, pp.65-72 (2017)
- (2) 光原弘幸, 入江祐生, 獅々堀 正幹: “AR とスマートフォン HMD を用いた災害疑似体験システムとその予備実験”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.33, No.5, pp.9-14 (2019)
- (3) 光原弘幸, 獅々堀正幹: “マーカレス AR を用いて仮想の災害状況を可視化するアプリとその予備実験”, 教育システム情報学会第 45 回全国大会講演論文集, pp.255-256 (2020)
- (4) Li, C., Liang, W., Quigley, C., Zhao, Y., and Yu, L.F.: “Earthquake safety training through virtual drills”, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol.23, No.4, pp.1275-1284 (2017)
- (5) Gong, X., Liu, Y., Jiao, Y., Wang, B., Zhou, J., and Yu, H.: “A novel earthquake education system based on virtual reality”, IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E98-D, No.12, pp. 2242-2249 (2015)
- (6) 谷岡樹, 光原弘幸, 獅々堀正幹: “Virtual Reality を用いた不意打ち地震疑似体験における行動分析”, 教育システム情報学会 2020 年度学生研究発表会論文集, pp.211-212 (2021)
- (7) Gamberini, L., Chittaro, L., Spagnoli, A., & Carlesso, C.: “Psychological response to an emergency in virtual reality: Effects of victim ethnicity and emergency type on helping behavior and navigation”, Computers in Human Behavior, Vol.48, pp. 104-113 (2015)
- (8) 小林大吉, 加藤孝明, 河原大, 志村泰知, 江田敏男: “VR(仮想現実) を用いた地震火災時の市街地延焼からの避難行動特性”, 地域安全学会論文集, No.31, pp.59-68 (2017)
- (9) Mitsuhashi, H., Tanimura, C., Nemoto, J., and Shishibori, M.: “Failure-enhanced evacuation training using a VR-based disaster simulator: A comparative experiment with simulated evacuees”, Procedia Computer Science, Vol.159, pp.1670-1679 (2019)
- (10) 今田昇吾, 林田尚子, 葛岡英明, 鈴木健嗣, 大木美加: “VR 空間におけるセルフペース学習の継続支援: 空間内の他者が与える影響の検証”, 情報処理学会インタラクション 2020, pp.31-38 (2020)
- (11) 田中俊成, 朴聖經, 水野雅之: “VR 避難シミュレーターの開発と被験者実験への適用に基づく改善策の検討～仮想地下街での火災避難における出口選択傾向の分析～”, ライフサポート, Vol.32, No.3, pp.90-93 (2020)

課題管理機能を有する

UML プログラミング環境の設計と実装

丸山凌凱^{*1}, 香山瑞恵^{*2}, 永井孝^{*3}

^{*1} 信州大学大学院, ^{*2} 信州大学, ^{*3} ものづくり大学

Design and implementation of a UML programming environment with task management capabilities

Ryoga Maruyama^{*1}, Mizue Kayama^{*2}, Takashi Nagai^{*3}

^{*1} Graduate School of Science & Technology, Shinshu University

^{*2} Shinshu University, ^{*3} Institute of Technologists

本研究の目的は、課題管理機能を有する UML プログラミング環境の提案である。モデリングツールには教育用途に適したものが少ない。提案環境は、状態遷移図を記述するためのモデルエディタと、モデルから対象デバイス向け実行コードを自動生成するシステムにより構成される。DSL に基づく課題設計機能と記述されたモデル図の管理機能を有することで、教育利用での実用性を意識した。本稿では、提案環境の設計と実装について述べる。

キーワード: プログラミング教育, モデル駆動開発, MDD, UML

1. はじめに

近年、小学校でのプログラミング教育の必修化や中学・高等学校での情報関係科目の内容の充実など、わが国では情報教育がより一層推進されている⁽¹⁾。中学校技術科の新学習指導要領解説⁽²⁾では、「D 情報の技術」における計測・制御のプログラミングによる問題を解決する学習活動として、栽培ロボットや生活サポートロボットのモデルの開発が例示されている。その際、統一モデリング言語(Unified Modeling Language, 以下 UML)や構造図の利用を指導するようになっている。このことから、中学校におけるプログラミングの学習として UML のモデル図を扱うことは適しているといえる。

一般に、システム設計におけるモデル図として UML が用いられる。UML では定められた記法に従いモデル図を記述するため、認識の齟齬が少なくなる。産業界ではモデルからプログラムを自動生成する技術であるモデル駆動開発(Model Driven Development, 以下 MDD)が実用化されている。

MDD を教育用途で利用する事例は少ない^{(3),(4)}。しかし、MDD はモデル図による設計の妥当性を視覚的に理解するのに適している。本研究では、制御対象の観察とモデル図の評価を繰り返すことにより、システム開発の本質を学ぶことができると考える。本稿では、教育用途に適した UML プログラミング環境の設計と実装について述べる。提案環境の特徴は以下の三点である。

- 学習者の記述したモデル図の管理
- プログラミング初学者に適した UX
- 課題に応じたドメイン特化言語の定義

2. MDD とドメイン特化言語

MDD とは、モデルコンパイラによりモデル図からソースコードを自動生成する技術である。MDD により、設計図と実装の乖離を無くすることが可能となる。また、コード文法の知識がなくともシステム開発が行える点もメリットといえる。

ドメイン特化言語(Domain Specific Language, 以

下 DSL)とは、特定の問題領域における課題解決用に特化した語彙集合である。DSLを用いることで、解決すべき課題を整理するための語彙を制限することができる。これにより学習者に与える課題の難易度を指導者等が調節することができる。

3. 既存の MDD ツール

MDD ツールの多くは商用ベンダから提供されている。本章ではそれぞれの MDD ツールの概要と、教育利用における問題点について述べる。

3.1 BrigePoint

BrigePoint⁽⁸⁾とは、xtUML.orgにより提供されるオープンソースな MDD ツールである。変換ルールの開発を行うことで、様々なプラットフォームを対象に実行コードを生成できる。モデル図の記述においても技術者が利用するに足るような多様な機能を有しており、汎用的な MDD ツールとして利用可能である。しかし、技術者が用いる高度な機能を備えるツールを、プログラミング初学者が短時間で扱えるようになることは困難だと考えられる。

3.2 astah

astah⁽⁶⁾とは、Change Vision社により提供される UML モデリングツールである。astahには、ユーザ独自のプラグインを導入するための API が用意されている。例えば m2t⁽⁷⁾のプラグインを導入することにより、モデルからソースコードを生成することが可能となる。しかし、DSLに相当する機能のプラグインが現状無い

ため、課題の難易度の設定を指導者等が行えない。

3.3 clooca

clooca⁽⁸⁾とは、Technical Rockstars社により提供される MDD ツールである。メタモデルとテンプレートの機能を利用し、モデルからソースコードを生成できる。メタモデルにより DSL を定義できるため、教育利用に適したモデリング環境といえる。我々はこれまでに、cloocaと独自に開発したコンパイルサーバを組み合わせた S-clooca という UML プログラミング環境を 2012 年より運用してきた⁽⁹⁾。2018 年からは中学校技術科の正規授業へ適用されている。この中学校での運用を通して、いくつかの問題が明らかになった。例えば、中学校の場合は共通の課題をクラスの全生徒が取り組む。指導者はこれを効率的に評価したい。しかし、指導者は学習者のモデル図を確認できない。また、図の書き直しがしにくい等、プログラミング初学者に対して提供する UX が限定的であった。

4. 提案環境：SRPS

これまでの運用で明らかになった問題点を踏まえて、本研究で提案する環境の特徴は以下の 3 点である。

- 学習者の提出したモデル図の管理
- プログラミング初学者に適した UX
- 課題に応じた DSL の定義

本研究ではこれらを実現するために、新たな UML プログラミング環境：SRPS を開発した。

一般的な MDD ツールでは、UML のクラス図と状態遷移図を記述することにより、実行可能なコードを

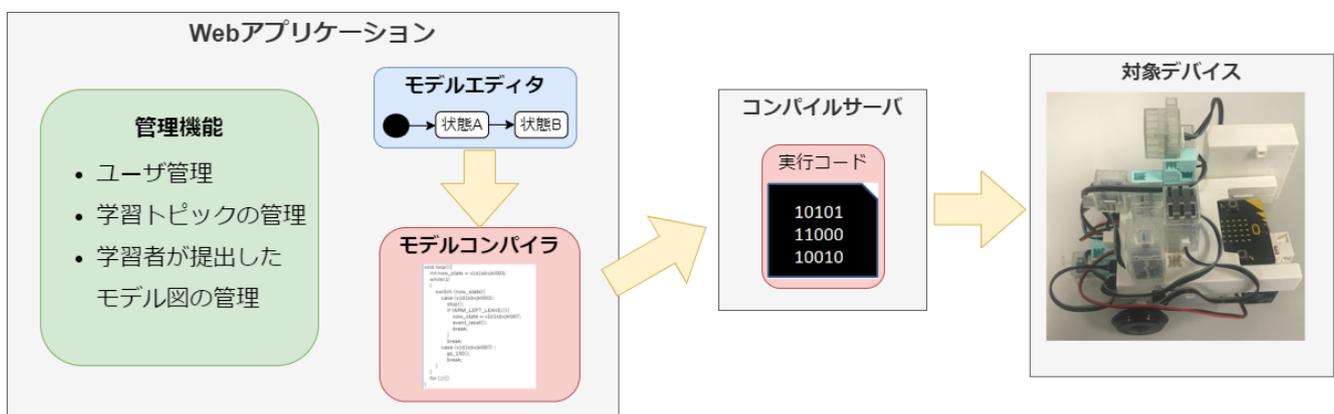


図 1 提案環境の構成

生成する。本研究では、このうち状態遷移図に着目した。扱う図の種類を限定し、学習項目を明確化することで初学者の理解を促進する。状態遷移図では、状態(□)と遷移(→)を用いてシステムの振る舞いを表現する。状態には“動作”を、遷移には“イベント”を記述する。モデル図を構成する要素は、簡単な図形のみであるため初学者による教育利用に適している。

提案環境の構成を図1に示す。SRPSはWebアプリケーション、コンパイルサーバ、操作対象となるデバイスで構成される。このうちWebアプリケーションを新規に設計・開発した。ここでは、学習者向けのUXを工夫し、指導者向けの学習トピック作成・提出されたモデル図の管理機能を充実させた。コンパイルサーバはS-cloocaと同様のものを利用する。対象デバイスはmicro:bit⁽¹⁰⁾で制御可能なものとした。

Webアプリケーションは、モデルエディタ、管理機能、モデルコンパイラからなる。本研究のモデルコンパイラは、モデルエディタで記述したモデル図からC++言語で記述されたソースコードを生成できる。モデル図の動作で指定するDSLに対応する関数が予め用意されている。イベントで指定するDSLが条件分岐となり、動作の関数を呼び出すようなテンプレートファイルを持つことにより、ソースコードを生成している。モデル図の記法が誤っている場合は不具合が生じる可能性があるため、記法チェック機能を使用した後のみソースコードの生成が行える。生成されたソースコードをコンパイルし、実行コードをダウンロードする。これを操作対象のデバイスに書き込むことで、モデル図に記述した動作を実際に確認できる。

5. Webアプリケーションの設計

本研究ではユーザを管理者、指導者、学習者の三つの役割に分類した。本章では学習者向けのモデルエディタ、管理者・指導者向けのユーザ管理、学習トピックの管理、学習者が提出したモデル図管理の各機能について設計した成果について述べる(図2参照)。

5.1 モデルエディタ

Webアプリケーションには、モデル図を描くためのエディタが必要となる。モデルエディタの画面を図2(a)に示す。状態を遷移でつなぎ合わせ、状態には動

作を指定し、遷移にはイベントを指定する。指定できる動作やイベントは課題毎にDSLによって定義されたものである。モデルエディタの機能を以下に示す。

5.1.1 UXの向上を意識した機能

このモデルエディタでは、フローティングポイント(図2(a)右側の桃色二重丸)を選択するとインタラクティブなチュートリアルを表示することができる。基本的な使用法を学習者が自ら確認することで、指導者による使い方の説明を省力化できるようになる。

SRPSにはユーザによる誤操作に対応するために、操作履歴を保持する機能を設計した。「Undo/Redo」機能は、モデル図に対していつでも機能する。複数の授業日で一つのモデル図を記述する場合でも、操作履歴が保持されているため「Undo/Redo」機能が動作する。

モデルエディタの図要素にメモを記述できるものがある。メモの図要素により、指導者が学習者の回答を確認する時に、モデル図の設計意図などを知ることで適切な評価が行える。

5.1.2 モデル図の記法チェック機能

モデル図の記法誤りは、モデルエディタ上で確認できる。記法誤りがある箇所はダイアログで表示され、該当要素が赤くなる。記法チェックにより全ての記法誤りが修正されたモデル図のみ、モデルコンパイラの機能を実行することができる。モデル図の記法チェック機能により、不適切なソースコードが教材ロボットに送られてしまうことを事前に防ぐことに加え、学習者自身でモデル図の誤りを訂正することを支援する。

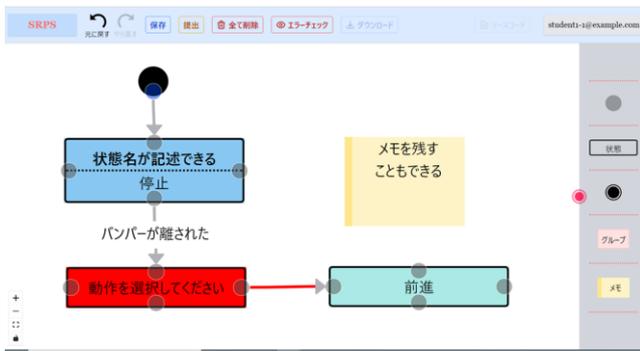
5.1.3 モデル図の保存・提出機能

記述したモデル図は保存・提出ができる。モデル図の保存では、学習者と課題毎にモデル図の保存を行う。モデル図を記述し保存をしておくと、モデル図を記述したユーザで保存を行った課題を選択したときに、前回の続きから再開することができる。

提出機能では、指導者による「学習者が提出したモデル図の管理」(5.5で後述)の対象となるモデル図を保存する。モデル図の提出は複数回行うことができる。

5.2 ユーザ管理

SRPSのユーザはメールアドレス、パスワード、グループ(例えば、学校でのクラスに相当)、役割により区



(a) モデルエディタ画面



(b) ユーザ管理画面



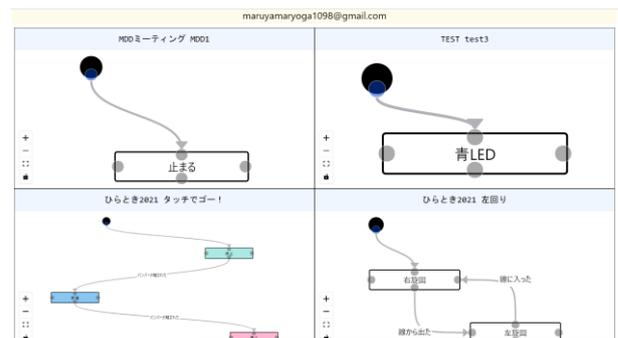
(c) DSL 作成画面



(d) 学習トピック割り当て画面



(e) 回答の確認画面



(f) 一覧表示画面

図 2 SRPS 画面群

別される。役割は Web アプリケーションの機能や権限に関係する。ユーザ管理画面を図 2(b)に示す。SRPSでは管理者は admin, 指導者は teacher, 学習者は student として管理している。

teacher は複数のグループに対応し、そのグループに所属する student の管理、「学習トピックの作成」、「学習トピックの割り当て」、「回答の確認」の機能が使える。student は一つのグループに対応し、モデル図の記述や提出の機能が使える。また、admin は全ユーザに対して teacher と同じ機能が使える。

teacher の場合は自分が管理するグループを登録した後、そのグループに所属する student を登録していく。同じグループを管理する teacher を登録することも可能である。登録は一人ずつ追加する方法と、csv フ

ァイルにより一括で追加する方法がある。一人ずつ追加する場合はメールアドレス、パスワード、グループ、役割を指定する。一括で追加する場合は、student のみに対して利用できる。また、admin の場合は全ての役割のユーザを登録できる。

5.3 学習トピックの管理

5.3.1 学習トピックと学習課題の管理

学習トピックは複数の課題により構成される。特定のグループに与える課題の集合名であり、例えば、「交通事故を減らせ」等の学習テーマ名や「サマーキャンプ」等のイベントの名前等が相当する。DSL 作成画面を図 2(c)に示す。課題に名前を付け、その課題で使用する動作やイベントを選択し、名前を付けることで

DSLを作成する。図 2(c)の例では、レース課題においては、赤外線センサの黒色検知を「ゴールに着いた」、タッチセンサのバンパーが押されたというイベントを「スタートボタンが押された」という語彙で利用する。一方、障害物検知課題においては、赤外線センサは利用しない。タッチセンサのバンパーが押されたというイベントを「障害物に触れた」という語彙で利用する。必要な課題を作成後、SRPS に登録することで学習トピックが作成される。

学習トピックは同じ学校の teacher グループ間での共有や、特定の teacher に共有したい場合がある。SRPS では柔軟に学習トピックの公開・非公開が設定できる。公開に設定した場合は全ての teacher が利用可能な学習トピックとなる。特定の teacher に公開したい場合は、学習トピックの設定ファイル(JSON 形式)を共有する。なお、admin の学習トピックは必ず公開の設定となる。

5.3.2 学習のトピックの割り当て

学習トピックに対し、割り当てるグループを指定することでそのグループに属する student が課題を利用できるようになる。学習トピック割り当て画面を図 2(d)に示す。割り当てが行える学習トピックは、「自分が作成した課題」、「公開されている課題」、「管理者が

作成した課題」の三種類である。

5.4 学習者が提出したモデル図の管理

admin と teacher は student が提出したモデル図(以下、提出図)の確認を行える。提出図の確認画面を図 2(e)に示す。SRPS では、提出図を課題毎またはユーザー毎に管理する。提出図の履歴を保持しており、各提出図の参照と編集ができる。提出図の確認方法は、一覧表示と個別表示がある。一覧表示の画面例を図 2(f)に示す。特定の課題について、グループ全体の提出図を一度に確認したい場合や、特定の student の提出図を一度に確認したい場合は一覧表示が適している。一方、特定の student の特定の課題の提出履歴を遡りたい場合や一つの提出図を詳しく確認したい場合は個別表示が適している。提出図の確認では、提出履歴を参照しない場合は最新の提出図が確認対象となる。

6. Web アプリケーションの実装

6.1 フロントエンド

開発には、JavaScript 用ライブラリである React のフレームワーク Next.js⁽¹¹⁾を用いた。Web アプリケーションは Vercel⁽¹²⁾によりホスティングした。開発言語には TypeScript を使用した。図を記述するためのライ

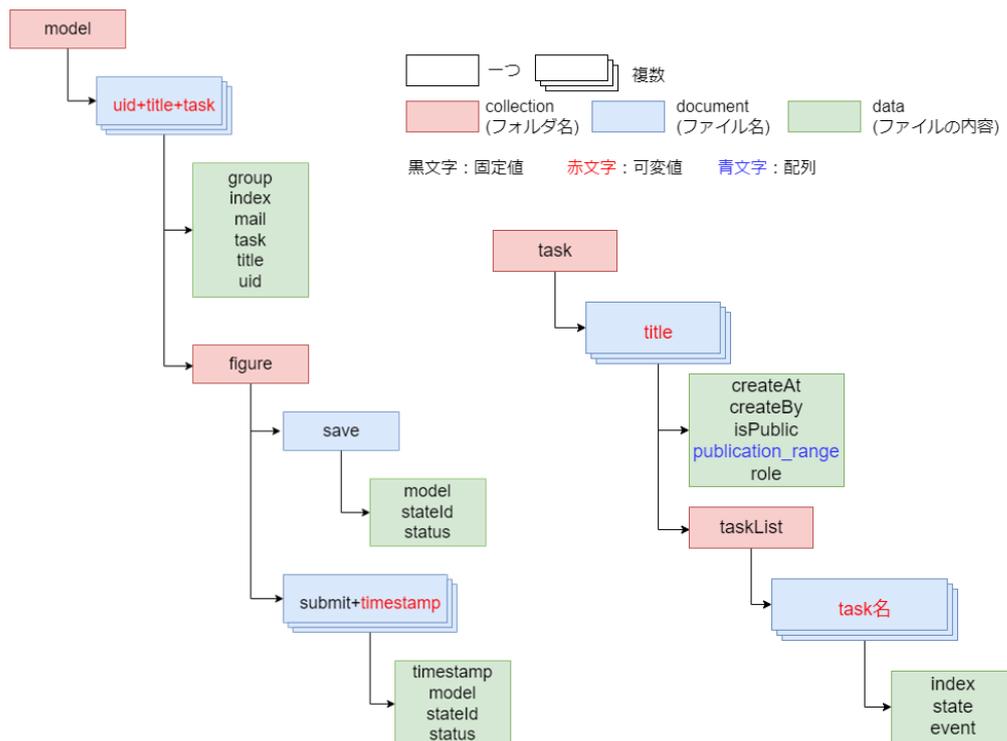


図 3 データモデル

ブラリとして React Flow⁽¹³⁾を利用した。

6.2 バックエンド

SRPS では、モデル図から C++ のソースコードを生成する。このコードを、我々が独自開発したコンパイラサーバ⁽¹⁴⁾に POST メソッドのリクエストで送る。そして、コンパイラサーバのレスポンスとして対象デバイス用の実行コードをユーザ端末にダウンロードする。

Web アプリケーションの各種機能は Firebase⁽¹⁵⁾を利用することにより実現した。認証は Firebase Authentication により行い、データベースには Cloud Firestore を利用した。認証機能は Node.js のフレームワークである Express により作成した REST API を Cloud Functions にデプロイすることで提供する。モデル図と課題を管理するデータモデルは図 3 に示す構造となっている。ここでは、提供されている学習トピックと学習者が保存、提出したモデル図が格納される。

7. 評価

SRPS の機能評価とユーザビリティを予備評価するために、2 種のユースケースを設けた。

7.1 モデルエディタとモデルコンパイラ

■小学生向けワークショップでの機能評価

SRPS を利用して、小学校 5 年生 9 名・6 年生 11 名を対象としたワークショップを実施した。ここでの学習トピックは「チョロ Q」とし、2 つの DC モータとタッチセンサ、赤外線センサを主として利用した(課題用の DSL は省略)。

参加者は簡単な利用説明のみでモデルエディタの使い方を理解した。マウスによる図要素の選択やエラーチェック機能を用い、参加者全員が与えた全課題をクリアしていた。このことから、本環境は小学生が利用可能な UX を提供していたことが示唆された。

■大学生対象の使用感調査実験

大学生 4 名・大学院生 5 名を対象に、モデルエディタの UX に関する質問紙調査(5 段階評価[1:最も使いやすい, 5:最も使いにくい]と自由記述)を実施した。これらの被験者は全員、S-clooca の利用経験を有する。ここでの評価項目は以下の 3 点と S-clooca との比較とした。

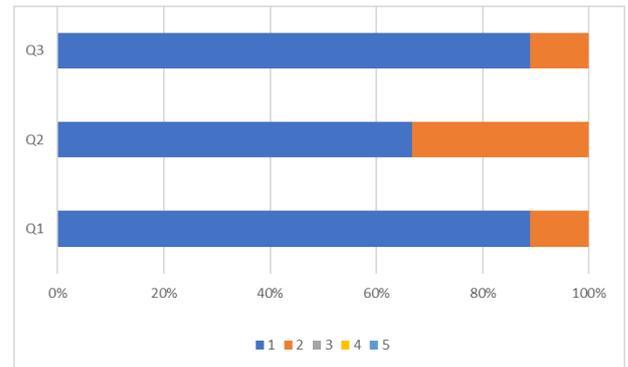


図 4 モデルエディタの UX に関する調査結果

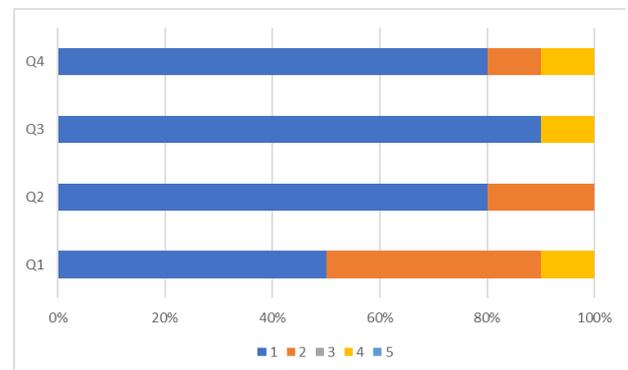


図 5 管理機能質問紙調査の結果

- Q1: ドラッグ&ドロップでの操作の使いやすさ
- Q2: イベントや動作の選択画面の使いやすさ
- Q3: 全図要素の削除, Undo, Redo などの SRPS の機能の使いやすさ

これら 3 項目に対する回答を図 4 に示す。各項目の平均値は Q1=1.11, Q2=1.33, Q3=1.11 であり、全てで 1.5 以下であった。この結果からこの予備調査では SRPS のユーザビリティは高い評価を得たと考える。

S-clooca との比較の自由記述では、全ての回答で SRPS が優位に評価された。具体的には、「状態・遷移の記述がしやすい」(4 名)、「チュートリアル機能があるのが良い」(2 名)ことが評価された。

これらの結果から、SRPS のモデルエディタの UX は良い評価を得たと考える。

7.2 管理機能

大学生 4 名・大学院生 6 名を対象に、SRPS の管理機能に関する質問紙調査(5 段階評価[1:最も使いやすい, 5:最も使いにくい])を実施した。ここでの評価項目は以下の 4 点とした。

Q1 : ユーザの追加しやすさ

Q2 : 学習トピックの作成しやすさ(DSL 定義含む)

Q3 : 学習トピックの割り当てやすさ

Q4 : 提出物の確認しやすさ

これら 4 項目に対する回答を図 5 に示す。各項目の平均値は Q1=1.7, Q2=1.2, Q3=1.3, Q4=1.4 であり、全てにおいて 2 以下であった。この結果から、Q2 に関連する課題に応じた DSL の定義、Q3 に関連する学習者に応じた課題の割り当て、Q4 に関連する学習者の記述したモデル図の管理については、良い評価を得た。Q1 に関連する機能については、登録したユーザの並び替え表示等の改良を検討する。また、特に、Q3 と Q4 で「4」と評価した被験者からは、「課題の共有、非共有が分かりづらいと感じた」等のコメントを得た。この点の改良も今後の課題となる。

8. おわりに

本稿では SRPS の設計と実装、機能とユーザビリティの評価について述べた。

今後は、モデルコンパイラの汎用化を図ることで、micro:bit 以外の制御デバイスにも対応したい。これにより、より教育現場からの多様なニーズに適応的な学習活動が提供できると考える。また、SRPS での操作履歴保持の機能を利用することで、UML プログラミングの学習データによる「ラーニングアナリティクス」や、モデル図を記述する過程を分析することで新たな知見を得る「プロセスマイニング」への応用が考えられる。蓄積されたデータから様々な解析が行えるよう、データを管理する仕組みを設計・構築していく。

謝辞

本研究は科研費基盤研究 B:16H03074 の支援を受けた。

参考文献

- (1) 文部科学省, “情報教育の推進”, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1369613.htm(2021 年 11 月 21 日確認)
- (2) 文部科学省, “【技術・家庭編】中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説”,

https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_009.pdf(2021 年 11 月 21 日確認).

- (3) C. Starrett. “Teaching UML Modeling Before Programming at the High School Level”, Proc. of the 7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2007, pp.713-714.
- (4) Seiko Akayama, Shin Kuboaki, Kenji Hisazumi, Takao Futagami, and Teruaki Kitasuka. “Development of a modeling education program for novices using model-driven development”. Workshop on Embedded and Cyber-Physical Systems Education, 2012, Article 4, pp.1-8.
- (5) xtUML.org : “BrigePoint”, <https://xtuml.org/>(2021 年 11 月 21 日確認)
- (6) Change Vision : “astah”, <https://astah.change-vision.com/ja/>(2021 年 11 月 21 日確認)
- (7) Change Vision : “モデル駆動開発 m2t(Model to Text) プラグイン”, <https://astah.change-vision.com/ja/plugin/astahm2t.md-plugin.html>(2021 年 11 月 24 日確認)
- (8) Shuhei Hiya, Kenji Hisazumi, Akira Fukuda, and Tsuneo Nakanishi. “clooca : Web based tool for Domain Specific Modeling”. ACM/IEEE 16th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems, 2013, pp.31-35.
- (9) 香山 瑞恵, 小形 真平, 永井 孝: “モデル駆動開発方法論に基づく UML プログラミング教育環境”, 教育システム情報学会論文誌, 2019, 第 36 巻, 2 号, pp.118-130.
- (10) BBC, “micro:bit”, <https://microbit.org/>(2021 年 11 月 21 日確認)
- (11) Vercel, “Next.js”, <https://nextjs.org/>(2021 年 11 月 21 日確認)
- (12) Vercel, “Vercel”, <https://vercel.com/docs>(2021 年 11 月 21 日確認)
- (13) webkid, “React Flow”, <https://reactflow.dev/>(2021 年 11 月 21 日確認)
- (14) 大宅剛生, 香山瑞恵, 永井孝: “コンテナ型仮想化によるモデリング教育向けコンパイルサーバでの micro:bit 対応機能の評価”, 第 46 回教育システム情報学会全国大会講演論文集, 2021, pp.107-108.
- (15) Google, “firebase”, <https://firebase.google.com/?hl=ja> (2021 年 11 月 21 日確認)

利用センサに対する汎用性の高い IoT 教材の設計と運用

- 中学校理科「植物のからだのつくりとはたらき」単元への適用事例 -

神田 悠作^{*1}, 香山 瑞恵^{*1}, 舘 伸幸^{*2}, 永井 孝^{*3}, 加藤 孝明^{*1}, 清水 峻司^{*4}

^{*1} 信州大学大学院, ^{*2} マイクロエデュケーション, ^{*3} ものつくり大学, ^{*4} 信州大学

Design and Application of an IoT Teaching Materials with Flexibility in Available Sensors

- A Case Study of Science in Junior High School -

Yusaku KANDA ^{*1}, Mizue KAYAMA ^{*1}, Nobuyuki TACHI ^{*2},
, Takashi NAGAI ^{*3}, Takaaki KATO ^{*1}, Takashi SHIMIZU ^{*4}

^{*1} Graduate School of Science & Technology, Shinshu University

^{*2} Micro Education, ^{*3} Institute of Technologists,

^{*4} Shinshu University

あらまし：本研究の目的は、授業ニーズに適応的な IoT 教材の導入による正規授業の効率化と高度化である。本稿では、利用センサに対する汎用性を意識した IoT 教材の設計と学校での運用成果として、中学校理科での適用事例を示す。

キーワード: IoT 温度・照度・酸素濃度・二酸化炭素計, 理科, 連続計測, 教育用 IoT 基盤

1. はじめに

現在、小中学校でコンピュータやタブレットを利用することが増えている⁽¹⁾。文部科学省が示した「児童生徒 1 人 1 台コンピュータの実現を見据えた施策パッケージ」によれば、令和 5 年度までに児童生徒 1 人 1 台コンピュータを実現するとある⁽²⁾。この政策により教育の情報化が一層図られる。

本研究の目的は、授業ニーズに適応的な IoT 教材の導入による正規授業の効率化と高度化である⁽³⁾。ここでの授業ニーズとは以下の 4 点を指す。

1. 様々な計測単位のデータを扱えること
2. 実験・授業形態に合わせ、計測データの可視化がされること
3. 計測データの可視化手法をユーザが決定できること
4. 同時に複数の学校・クラスで使えるよう安定したサービスを提供すること

2018 年度より、主として中学校を対象に、理科「状

態変化」・技術科「植物育成」等の単元での教材運用を継続してきた⁽⁴⁻⁶⁾。本稿では、特に授業ニーズ 1. に対する解決策となる利用センサに対する汎用性の高い教材の設計成果と授業適用について述べる。この授業運用は、新たな単元：中学校理科「植物のからだのつくりとはたらき」を対象とした。以降、提案教材のシステム構成、授業ニーズ 1. を意識した改良のための設計、改良教材による公立中学校での運用成果と考察、そして今後の課題について示す。

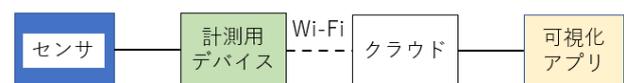
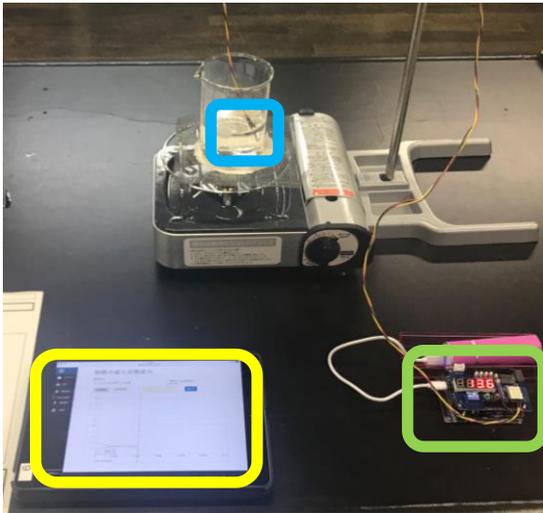
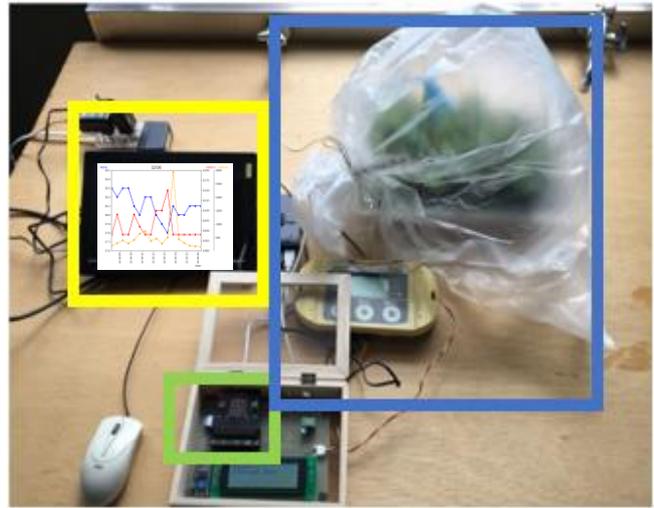


図 1 提案教材の構成概要



(a) 理科「状態変化」単元での教材利用
(センサ：デジタル温度センサ，計測デバイス：Arduino Leonardo，クラウド：MilkCocoa，可視化アプリ：専用 Web サイトをタブレットで利用)

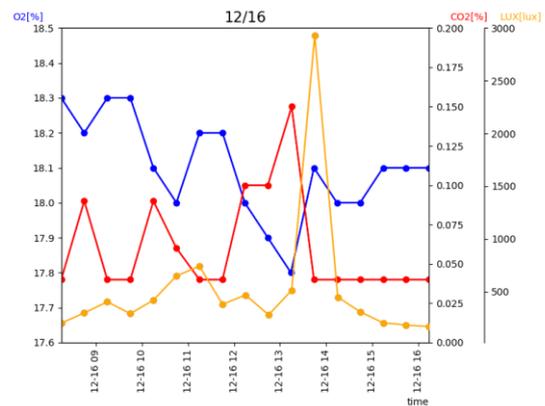


(b) 技術科「植物育成」単元での教材利用
(センサ：酸素・二酸化炭素濃度計とデジタル照度計，計測デバイス：micro:bit と Raspberry Pi[画角外]，クラウド：Firebase，可視化アプリ：ローカル端末上の可視化ツールを Raspberry Pi 用小型モニターで利用)

図 2 提案教材の適用例



(a) 理科「状態変化」単元での参照例



(b) 技術科「植物育成」単元での参照例

図 3 可視化システムの参照例

2. 提案教材の運用事例

提案教材は教育用 IoT 基盤と可視化システムで構成される。本章では、教育用 IoT 基盤の構成と可視化システムのこれまでの運用について述べる。

2.1 教育用 IoT 基盤の構成

教育用 IoT 基盤を構成する要素は、計測用デバイス、センサ、クラウドであり、クラウド上の計測データを可視化システムから参照する。これらの構成要素の関係を図 1 に示す。以降、センサは青色、計測用デバイスは緑色、可視化アプリは黄色で表現する。計測用デバイスに接続されたセンサで対象物の要素を計測する。計測された結果は計測用デバイス(およびクラウド送信用デバイス)を介して学校 Wi-Fi からクラウドへ送

信される。クラウド内では学校・教科・単元・実験等と紐づき、送信データが管理される。教材利用者である教師や生徒は Wi-Fi に接続されたタブレットや PC 等の端末、あるいは計測(送信)デバイスから可視化システムを利用する。

2.2 理科「状態変化」単元への適用

IoT 教材を中学校理科「状態変化」単元へ適用した例を示す(4,5)(図 2(a)参照)。この単元では、純粋な物質と混合物の沸点計測の実験を行う。提案教材の構成は、センサは温度センサ(DS18B20)、計測用デバイスは Arduino Leonardo に enPiT Sheild⁷⁾を追加したもの、クラウドデータストアは Milkcocoa、可視化システムは専用 Web サイトであり、タブレットからアクセスしている。

図 3(a)に可視化の事例を示す。アルコール濃度が異なる 8 種類の混合物に対する沸点計測の結果が参照されている。ここでは 1 クラスで 8 班の計測が同時になされた結果が、グラフを重ね合わせる形式で可視化されている。可視化された個々のグラフは、図 2(a)中の可視化アプリ(黄色枠)でリアルタイムに示されていたものである。リアルタイムでは特定班の結果のみが参照され、実験終了後はクラス全体の計測結果が参照可能となる。ここでは 10 秒間隔で計測された結果が参照されている。アルコールの混合比率が異なる各混合物の沸点変化を読み取ることができ、相互比較が可能となる。

2.3 技術科「植物育成」への適用

IoT 教材を中学校技術科「植物育成」単元へ適用した例を示す⁶⁾(図 2(b)参照)。この単元では植物の育成に適した環境条件を検討する学習活動がなされる。この事例では計測・計測データのクラウドへの蓄積・計測結果の参照が非同期でなされた。提案教材の構成は、センサは、デジタル光センサ(TSL2561)と酸素・二酸化炭素濃度センサ(GOCD-1)、計測用デバイスは micro:bit と Raspberry Pi (クラウドへのデータ送信デバイス)、クラウドは Google Firebase、可視化アプリは Raspberry Pi 内の可視化ツールであり、Raspberry Pi 用小型モニタで計測結果を確認している。

図 3(b)に可視化ツールの内容を示す。ここではセンサでの計測結果がクラウドへ送信前にリアルタイムで参照されている。ここでの計測データは計測とは非同期でクラウドに蓄積された。ここでは 30 分間隔での計測結果が参照されている。照度(オレンジ線)が高くなると、二酸化炭素濃度(赤線)が減り、酸素濃度(青線)が増える様子が読み取れる。光と光合成の関係が定量的に示され、エビデンスに基づく植物育成に適した環境の考察が可能となる。

3. 提案教材の改良

本章では、これまでの提案教材の課題を整理し、改良のための設計・実装の成果について示す。

3.1 提案教材の課題

本節では、これまでの教材運用を通して得られた本

教材の課題を示す。

3.1.1. 計測用デバイスの管理

授業ニーズ 4.に対応するために、計測用デバイスの管理方法を改善する必要が生じた。それは、本教材では計測用デバイス ID を利用者が指定して計測結果を参照するからである。管理者のみならず利用者にも計測用デバイス ID が明示される等、デバイス管理の簡潔化が求められる。

3.1.2. 利用センサの組み合わせの多様化

授業ニーズ 1.に対応するために、計測用センサを利用者が自由に指定・選択・変更できるように改善する必要が生じた。従来教材では、利用者からのニーズに応じて適用単元毎に使用センサを選定し、関連するプログラムを計測用デバイスに書き込んでいた。しかし、この方法では、同一学校内で異なる教科・単元に本教材を同時期に適用しようとした際、プログラムの書き換えが生じるため、教材運用上の不都合があった。利用センサの組み合わせが変わる場合にも、プログラムを書き換える必要がないように、計測用デバイスのプログラムを工夫することが求められる。

3.1.3. センサと計測用デバイスの接続方法の多様化

提案教材で利用するセンサ種が増加したことにより、センサと計測用デバイスの接続方法も多様化する。あらゆるセンサの接続方法に全て対応することは難しい。そのため、センサと計測用デバイスの接続方法を統一する、あるいは必要最小限の規格を選定することが求められる。

3.2 設計

本節では、3.1 の課題をふまえて新たに設計した教育用 IoT 基盤の概要を示す。

3.1 の課題を解決するために、ディスプレイを備えた小型マイコンである M5Stack を計測デバイスとすることとした。M5Stack による計測デバイスを中心とした教育用 IoT 基盤の設計成果の概要を図 4 に示す。構成はセンサ、M5Stack with Plus Encoder Module (以下、M5)、クラウド(Google Firebase)である。

この基盤でのセンサ接続インターフェースは、1-Wire、I2C、UART の 3 種とした。利用センサとしては、照度センサ・温度センサ・酸素二酸化炭素濃度センサを想定する。

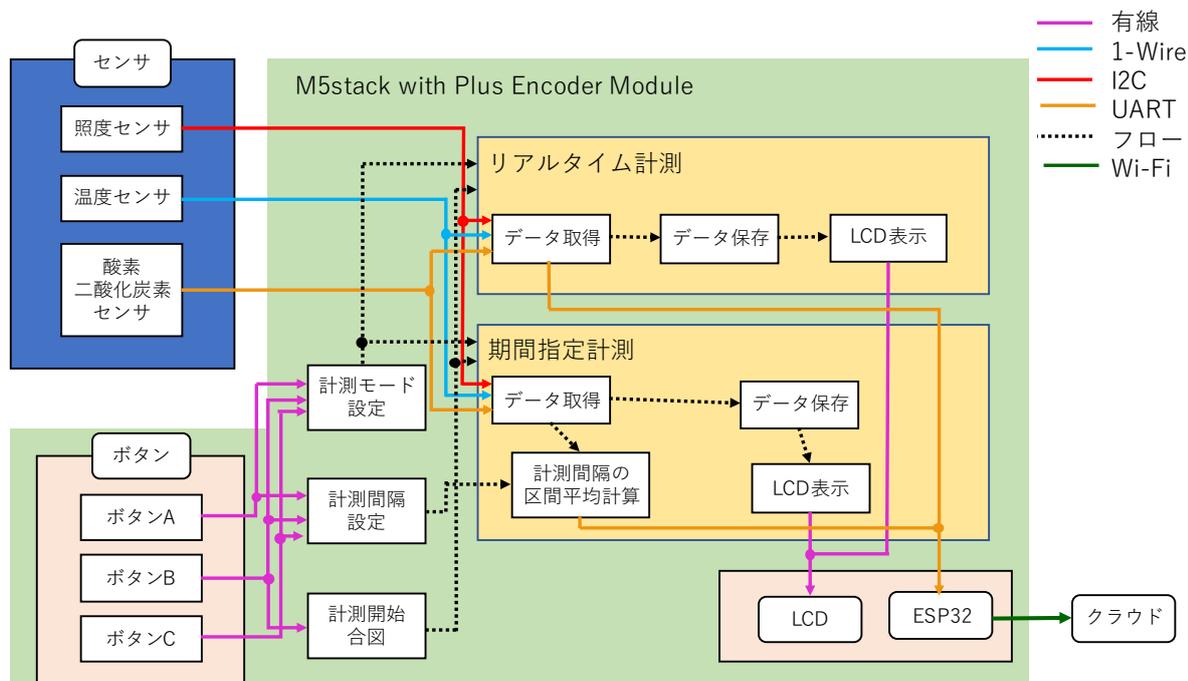


図 4 計測デバイスを中心とした教育用 IoT 基盤の設計概要



(a) Wi-Fi 接続中画面

(b) 計測開始画面

(c) 計測中画面

図 5 計測用デバイスのモニタ上の表示例

M5 では、計測モード・計測間隔の設定を行う。計測モードとはリアルタイム計測と期間指定計測の 2 種である。これらのモードでは計測間隔が異なる。リアルタイム計測では 2 秒間隔(デフォルト)で、期間指定計測では 4 種(5 秒・10 秒・5 分・30 分)から選択可能である。期間指定計測の内、5 分間隔の計測では 1 分毎の区間平均、30 分間隔の計測では 5 分毎の区間平均が計算される。

教材起動後は、Wi-Fi への接続とクラウドへの接続が確認され、M5 上のボタン操作により計測と送信が開始される。M5 は接続されているセンサの計測値を取得し、LCD 小型モニタへの表示と ESP32 を使用したクラウド送信を行う。

3.3 実装

3.3.1 教材構成例

図 6 に教材構成の例を示す。図 6(a)はセンサと計測デバイスの外観である。計測用デバイス(緑枠)は M5 である。センサ(青枠)は照度センサ(TSL2561)、温度センサ(DS18B20)、酸素・二酸化炭素センサ(GOCD-1)である。これら 3 種のセンサには教育現場で利用するための加工を施した。照度センサは卓球玉を用いて減光処理をした。温度センサは熱収縮チューブで防水処理をした。酸素・二酸化炭素センサは UART 通信用端子を加工した。そしてこれら 3 種のセンサを GROVE 接続で M5 と接続する。

この教材での計測結果を参照した様子を図 6(b)に示す。グラフの線は、緑色が照度(Lux)、青色が温度(°C)、



(a) センサと計測デバイス



(b) 計測結果の参照例

図 6 教材構成例

赤色が酸素濃度(%), オレンジ色が二酸化炭素濃度(%)である。図 3 の参照例とは異なり, ここでは参照対象期間の日時を指定している。その期間での計測値の平均値が図 6(b)上部に表示されている。また, 中央のグラフ下部に示された縮小表示グラフ内の区間指定バーにより, 中央のグラフで参照している期間内の特定区間をより詳細に表示できる。

3.3.2 計測デバイスの画面表示

計測デバイスのモニタ表示例を図 5 に示す。計測デバイス起動後, 計測デバイス ID が表示される。この表示は計測デバイスでの計測が開始されるまで表示され続ける。計測デバイスは起動後に Wi-Fi 接続を試みる (図 5(a))。Wi-Fi に接続されるとクラウドへの接続を試みる。クラウド接続中には図 5(a)の「Connecting to Wi-Fi」が「Connecting to Firebase」に変わる。クラウドへの接続を完了すると計測デバイスに接続されているセンサの確認がなされ, 計測開始待機状態となる(図 5(b))。この例では図中の「lux」表示により照度センサのみが接続されていることが分かる。「press」の矢印で指示されているボタンを押下するとセンサでの計測と計測値のクラウド送信が開始される(図 5(c))。

計測中に左ボタン(ボタン A)を長押しすることで計測モードを変更できる。また, 期間指定計測の最中に中央ボタン(ボタン B)を長押しすると計測間隔の変更が随時行える。

3.4 新構成の利点

本節では, 前節までの改良による利点を示す。

3.4.1. 計測用デバイスの変更

2 章で示した従来教材の計測用デバイスは Arduino Leonardo と micro:bit であった。これを新構成では M5 に変更した。この変更により実現するのは, 教材状態の詳細表示と microSD カードの使用である。

教材状態の表示に関して, 従来教材では Arduino Leonardo に組み合わせた enPit Shield 上の 4 桁の 7 セグ LED を使用していた。micro:bit では小型モニタを外付けしていた。これに対して M5 は小型 LCD モニタ(320 x 240 カラー)を内蔵しており, 教材状態を表示する自由度が増した。利用者に対して提示する情報を増やすことが容易になる。

microSD カードが使用可能になったことで, ネットワークセキュリティが向上する。従来は学校 Wi-Fi の SSID とパスワードを個々の計測デバイス用プログラムにハードコーディングしていた。これを新構成では利用者が microSD カードに書き込む仕様に変更した。これにより, IoT 教材利用時でも学校 Wi-Fi の情報を学校関係者のみで管理できるようになる。

3.4.2. Wi-Fi 接続とクラウド接続の確認

従来では計測デバイスが Wi-Fi に接続されたら利用者に通知する仕様であった。この仕様では, 計測結果が可視化アプリで参照できない場合に, 問題箇所が Wi-Fi 接続かクラウド接続のどちらにあるのか判断できない。これを新構成では Wi-Fi 接続の様子(接続中と接続完了)とクラウド接続の様子(接続中と接続完了)を利用者に通知する仕様に変更した(図 5 参照)。また, M5 でのクラウド接続時の認証手続きを暗号化したことで, クラウドの fingerprint 更新時にも接続用プログラムの書き換えを不要にした。

3.4.3. センサ接続

従来では計測用デバイスとセンサの接続に際して, 計測用デバイスのインタフェースに合わせたアダプタを作成したり, ジャンパ線等を用いたりしていた。こ

れを新構成では M5 の Plus Encoder Module を使用することとした。これにより GROVE 接続用端子(I2C 通信用, UART 通信用, GPIO 用)が 3 口利用可能となる。異なる通信方法のセンサであっても GROVE 接続が可能になった。

4. 授業での運用成果

本章では、中学校正規授業へ新構成教材を適用した成果を示す。

4.1 教材の使用方法

2021 年 10 月に長野県伊那市の公立中学校において新構成の IoT 教材を正規授業に適用した。適用対象は理科「植物のからだのつくりとはたらき」であり、中学生 2 年生 36 名向けに授業が展開された。

対象授業では、葉大根の葉・茎・根における呼吸と光合成の条件が検討された。生徒は光の有無による呼吸と光合成の発生の有無を予測した。教師はあらかじめ本教材を用いて、光の有無の条件ごとに各部位での酸素・二酸化炭素濃度の時間変化を計測しておいた(図 7 参照。左の袋が茎、右の袋が根)。図 8 に葉大根の根の計測結果を示す((a)が明るいところでの計測結果、(b)が暗いところでの計測結果)。



図 7 教師による事前計測の様子
(左：葉大根の茎、右：葉大根の根)

4.2 授業での利用の様子

授業では、植物の部位(葉・茎・根)における光の有無による呼吸と光合成の有無を予測する課題が提示された。多くの生徒の予想は、「葉と茎に関しては明るいところでは光合成をするため、酸素濃度が上昇し二酸化炭素濃度が減少する」であった。しかし、根に関しては、明るいところで酸素濃度が上昇するか減少するかで意見が分かれた。その後、教師から図 8 に示す計測結果が提示された。この計測結果より、根は明るいところでも暗いところでも時間経過に伴い二酸化炭素濃度が上昇するので、光合成ではなく呼吸をしているということが説明された。この説明を受け、各生徒は授業のまとめをしていた。その際に、授業資料として提示されたグラフ資料を、生徒が自分のタブレットから参照している様子を図 9 に示す。提案教材での計測結果は、教師による説明のみならず生徒による考察時にも参照されていた。

4.3 教材の機能評価

この適用事例において、3.1 で示した課題は解決され、3.4 で示した利点は効果を示した。また、この適用事例では、提案教材による植物育成用簡易ビニルハウス内での長時間連続計測も試みた。図 6(b)では 10/4～

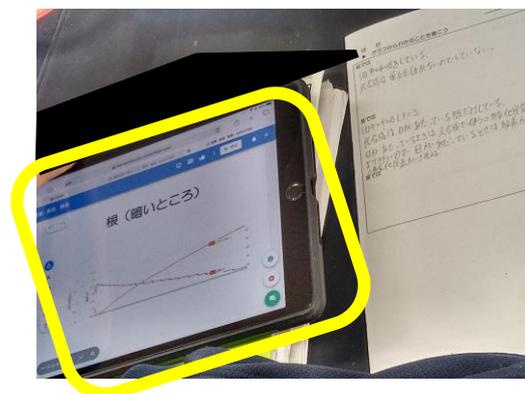
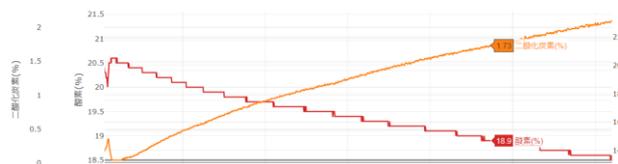


図 9 生徒による計測結果の利用の様子
(根「暗いところ」の資料を自身のタブレット端末で参照している)



(a) 明るいところ



(b) 暗いところ

図 8 葉大根の根の計測結果
(オレンジ線：二酸化炭素濃度、赤線：酸素濃度)

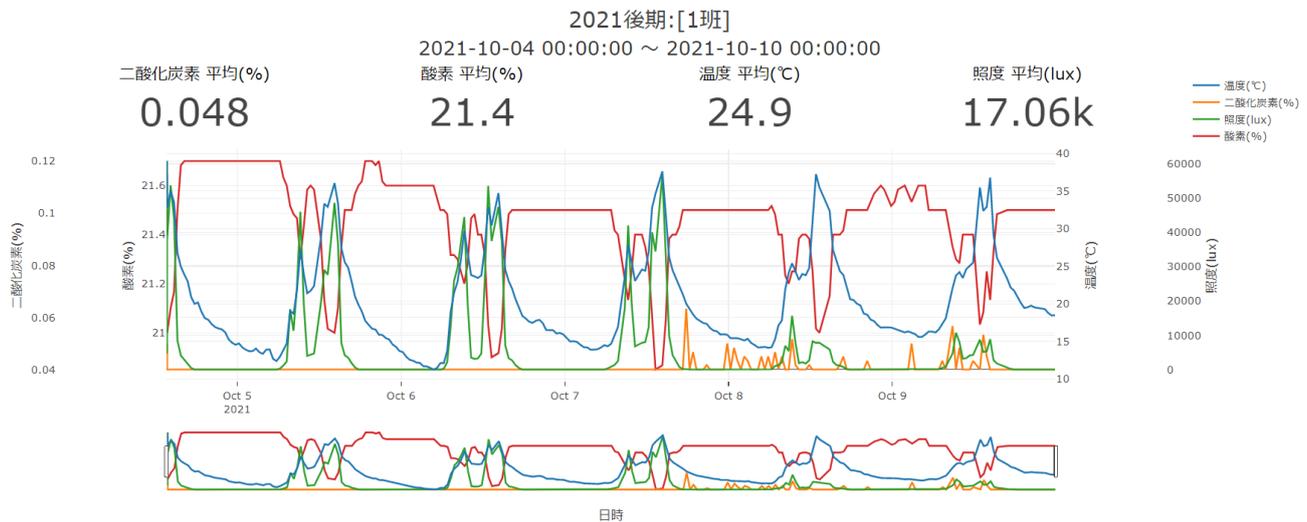


図 10 光合成の様子が確認できなかった計測例

10/19 の約 2 週間の計測結果が示されている。これにより本教材では長時間連続計測は可能であることが示された。

このうち、10/4~10/10 の計測結果を図 9 に示す。ここに示す計測結果では、照度(緑線)が低い時には酸素濃度(赤線)は高い値を維持することは示されるが、二酸化炭素濃度の変化は読み取れない。これは、計測場所とした簡易ビニルハウスの密閉度が低かったことが原因であった。ビニルハウスに常に新しい空気が入ってくる状況では、昼夜での温度と照度の変化は計測データから読み取れるが、酸素濃度と二酸化炭素濃度の時間変化は期待された結果とはならなかった。

5. 考察

本教材による授業運用によって、酸素濃度・二酸化炭素濃度の時間変化と、植物の光合成・呼吸を関連付けた考察が可能となった。従来は、二酸化炭素の存在を石灰水の濁りの有無で確認していた。これに対し、具体的な時間変化をグラフとして提示することで生徒の納得感が増し、授業内容への理解が深まったことが推察された。また、根が明るいところで光合成をするかという問題に対して、生徒間で活発な意見交換があった。本教材は公立中学校において、理科での発展的な内容を授業で取り上げる際の一助となり、授業の高度化を実現する可能性を見いだした。

また、対象物の計測に関して教師が常に温度を見ながら記録する必要がなくなったことから、授業準備の効率化が図られたと考えられる。また、技術科の学習

活動として行われていた、生徒によるビニルハウス内の温度計測は、本教材のよる代替が可能となる。従来は各生徒が 1 日に始業前 1 回だけ計測していたのに対して、本教材により連続計測することで、昼夜の変化や日ごとの変化を考察しやすくなる。生徒の計測が容易になるだけでなく、より詳細な計測が可能になり、授業の効率化と高度化が図られることが期待される。

従来教材を改良し、新構成の教材とした結果、個々の計測デバイスへのプログラムの書き込みは 1 回で済むようになり、計測デバイス等の管理が容易になった。これにより、提案教材を実践校に提供した後は、実践校において microSD カードにネットワーク情報を書き込むだけで教材を利用できるようになる。教材利用途中で、計測用センサの組み合わせも変更可能である。

6. おわりに

本稿では、利用センサに対する汎用性を高めた教材の設計と、中学校理科「植物のからだのつくりとはたらき」単元に提案教材を適用した成果について述べた。その結果、提案教材を使用することで、生徒の授業内容へ理解の深まりが担当教師により確認された。また、提案教材の汎用性が高まったことも運用者により確認された。今回、教材を適用した「植物のからだのつくりとはたらき」単元では、授業運営の効率化と学習内容の高度化が図られた。今後は、他単元や他科目へ提案教材を適用することでの、正規授業の効率化と高度化の可能性を引き続き検討していく。また、計測結果の参照方法の柔軟化と共に、教育用 IoT 基盤と可視化

システムのさらなる改善と授業運用事例の蓄積を進めていく。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 16H03074 の助成を受けた。

参 考 文 献

- (1) 文部科学省 “GIGA スクール構造の実現に向けた ICT 環境整備の進捗状況について(速報値)”, https://www.mext.go.jp/content/20210315-mxt_jogai01-000009827_001.pdf, (2021/11/22 アクセス)
- (2) 文部科学省 “教育の情報化～GIGA スクール構想の実現～”, https://www.mext.go.jp/content/20200626-mxt_kyoikujinzai01-000008282-5.pdf, (2021/11/22 アクセス)
- (3) 等々力崇史:授業ニーズに適応的な IoT 教材の管理環境の設計に関する研究, 信州大学大学院修士論文, 2020.
- (4) Takafumi Todoriki, Mizue Kayama, Nobuyuki Tachi, Takashi Nagai, Takao Futagami, Takehiko Asuke: Proposal of IoT based Learning Material and its Management System for Primary/Secondary Education, Proc. of the 3rd International Conference on Digital Technology in Education, pp.168–171, 2019.
- (5) 等々力崇史, 香山瑞恵, 館伸幸, 永井孝, 二上貴夫, 足助武彦:中等教育向け IoT 教材のための BaaS による情報管理基盤の設計, 第 44 回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.137-138, 2019.
- (6) 山崎進, 館伸幸:実験的オンライン実技実験講義～北九州市立大学 国際環境工学部のチャレンジ, 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 第 10 回講演資料, https://www.nii.ac.jp/event/upload/20200605-6_Yamazaki.pdf (2021/11/22 アクセス)

ニューラル音声を用いた日本語教育用 eラーニング教材の提案

中村しづか^{*1}, 和崎克己^{*1}

^{*1} 信州大学大学院 総合医理工学研究科

Proposal of e-learning materials for Japanese language education using neural voice

Shizuka NAKAMURA^{*1}, Katsumi WASAKI^{*1}

^{*1} Graduate School of Medicine, Science and Technology, Shinshu University

本稿は、従来の日本語教育現場では軽視しがちな発音能力、および、真正な文脈を提示した、正しい発話への架け橋となる教授法を検討した。非漢字圏学習者にとって学習の大きな壁となる日本語表記体系（ひらがな、カタカナ、漢字）による学習ストレスを軽減し、音声を用いた eラーニング用教材開発を行い、内容言語統合型学習（CLIL）、TTS（Text to Speech）および、STT（Speech to Text）による学習プラットフォームである Moodle 上にコースウェアとして公開した。日本語学習における教材開発の経過報告、および、非ニューラル音声、ニューラル音声を用いた教材開発の状況を報告する。

キーワード: TTS (Text to Speech), STT (Speech to Text), eラーニング音声教材, ニューラル音声, 内容言語統合型学習 (CLIL), 日本語教育

1. はじめに

日本語教育現場では、発音能力の土台を固めることが重要であると認識しているはずだが、文法や語彙への学習に偏りがちであり、発音の学習は軽視されがちである。しかしながら、発音のよい学習者は、文法やそのほかの点を間違ってしまったとしても、発音が悪い学習者よりも、対象言語をうまく話すことができると思われる傾向がある。発音が不十分であることは、正当な教育を受けていない⁽¹⁾、知識が不足している、といった誤解を招くことがある⁽²⁾。さらには、文法的には正確な会話をしているにもかかわらず理解してもらえないこともある⁽³⁾。また、語彙を学習する際、直訳による導入によって、学習者の既存知識を用いた解釈の結果、発話の誤用が見られる。これらの要因から、業務や高度コミュニケーション時に必要な、前提としている概要や内容、および、状況に応じた正しい発話レベルの到達が困難である。

本稿では、日本語学習入門、初級レベルの非漢字圏

学習者に対し、効果的な学習法を提案するために、内容言語統合型学習（CLIL）、および、音声学習を合わせた LMS（Learning Management System）教材を Moodle 上に公開し、教材の状況について報告するものである。

2. 日本語音声教材の既存研究および現状

2.1 プロソディグラフ

日本語音声教材の既存研究においては、音声合成・音声認識技術を活用し、入力音声のリズムを視覚的に補正した「プロソディグラフ」を自動出力するシステムの開発がある⁽⁴⁾。プロソディグラフとは、音声分析機を用いて高さを表すピッチ曲線を抽出し、それを音節単位で区切ってわかりやすく示したグラフである。これにより、アクセント、イントネーション、ポーズ、プロミネンス、母音の無性化、音節感覚、リズム、発話速度、文レベルの声の高低などを総合的かつ簡易に学習させることができる。調査対象者である 14 名の

コメントによると、肯定的な意見があげられた。しかしながら、この既存研究の対象者の多くが中国話者であり、投稿者が担当するクラスの対象者、英語話者である非漢字圏学習者への適用がない。また、非漢字圏学習者にとって日本語表記体系（ひらがな、カタカナ、漢字）の学習は大きな壁となっている⁽⁶⁾ことから、日本語表記体系を用いた視覚情報に全てたよった教材提供の困難さを考慮した上で、学習コンテンツの提供方法は慎重に考える必要がある。

2.2 日本語学習者

日本語学習者の学習目的を見ると、アニメやファッションなどの興味から学習をする学習者が多いものの、将来の仕事や就職、今の仕事で必要などといった趣味以外の場面での目的も多く、これらの学習者については、正確に話す必要があることが分かる。また、海外における日本語学習者数を見ると、過去39年間で30.2倍に増加している。教師数も増加傾向にあるものの、学習者に対して教師数は2%にとどまっている⁽⁶⁾。これらの海外における日本語学習者にとっても、eラーニング教材により、内容言語統合型学習（CLIL）の4つの概念である4C（3節にて後述。図1：内容 Content, 言語知識・言語使用 Communication, 思考 Cognition, 協学・異文化理解 Culture）を用いた、ある一定レベル以上の学習目的として、文化や高度な内容・概念を通じた学習が不可欠である。また、この4つの概念を用いた音声教材は現在存在しないため、新たなeラーニング教材として検討する必要がある。



図 1 CLIL の概念である 4C

2.3 教育現場の変化

2019年3月以降、筆者が担当する日本語講座の全てがオンラインへと移行した。2020年11月現在、今

もなお、オンラインでの授業が続いている。同期型授業では、録画することができ、また、非同期型授業では、自分のスケジュールで授業を受けることができ、欠席者や社会人学習者にとって、授業に遅れることなく自己学習できる点においてメリットが大きい。また、発話については、マスクを着用するよりもはっきり音声聞き取り、発話することができるため、オンラインでのメリットも大きい。With コロナ時代をきっかけに、教育DXが急速に一般化したため、教育提供はeラーニングを基軸とするようになった。そのため、日本語教育現場においてもオンライン授業が急激に増え、eラーニングベースの新たな教材開発が求められている。人間系の代わりに、機械系（Text to Speech, Speech to Text）を利用することによる受講者のスクレーパビリティの確保がより大切な時代の流れとなっている。

3. 教授法

3.1 内容言語統合型学習（CLIL）の適用

内容言語統合型学習（CLIL）とは、特定の内容（強化やテーマ、トピック）を、目標言語を通して学ぶことにより、内容と言語の両方を身につける教育法である⁽⁷⁾。学習者が学ぶべき内容について、動機を高め、情報収集、分析、発表、検討を行うなどの言語活動を行うことにより、自然な言語運用を通してより高度な知識力、思考力へと働きかけることができる。ヨーロッパを中心に英語教育法として急速に広まり、日本では、「New Horizon Elementary」（東京書籍）を使用した小学生の英語の教科書にも採択されている。食物連鎖、食糧産地、栄養など、社会や理科の教科と統合し、英語を学ぶ試みが教育現場で行われている。指導にCLILを用いるメリットは、動機付けが高まることや、意味のあるインプットが与えられること、アウトプットの必要性が生まれること、深い思考に伴い、言語知識が記憶に定着しやすいことなどを挙げている。また、CLILの概念である4Cを意識することで、内容と言語を統合した授業が行いやすくなり、授業の質も向上する⁽⁸⁾。日本語学習においては、CLILを用いた日本語教育の試みが報告されているが、いずれも対面授業、および、同期型授業における報告であり、eラーニング教材としてのCLILの適用はまだない。今後のeラー

ニング教材としての、日本語習得と実践力を兼ね備えた力を身に着ける教材開発に期待したい。

3.2 内容言語統合型学習 (CLIL) の実践

筆者が担当した日本語講座のうち、「Summer Session 2021 Intermediate Course 1」では、CLILを意識し、全8回の短期集中講座を開催した。CLILの概念である4Cを用いて、日本文化を知り(内容)、自国文化と比較し(思考)、高度な日本語を学び(言語)、発表(協学)を通じた授業を展開した(図2, 図3)。受講生6名は事前にMoodleのコースウェアにアクセスし、自己学習を進めたのち、同期型のオンラインクラスに参加した。事前に自己学習を進め、自由に調べ、準備をしておくことで、同期型授業での緊張を緩和し、自信をもって発表することができたとの意見があった。また、日本語の学習を通じて、日本文化に興味を持ち、深く理解することができたとの意見も多かった。語彙導入には音声教材を利用したが、繰り返し練習することで、同期型授業内でも容易に聞き取りが可能となり、従来授業内で行っていた語彙の導入を省くことも可能であった。また、受講生は、今後のコンテンツに期待したいという意見が多数あった。

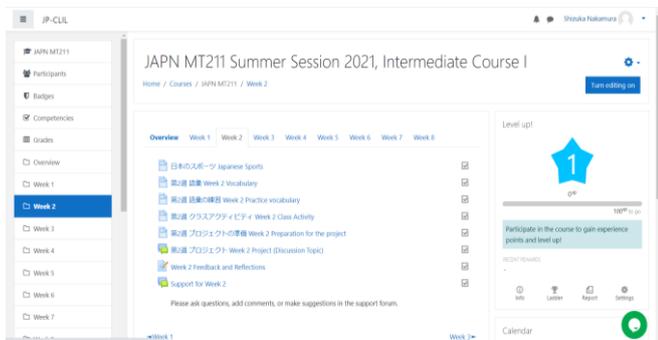


図 2 Summer Session 2021 コースウェア

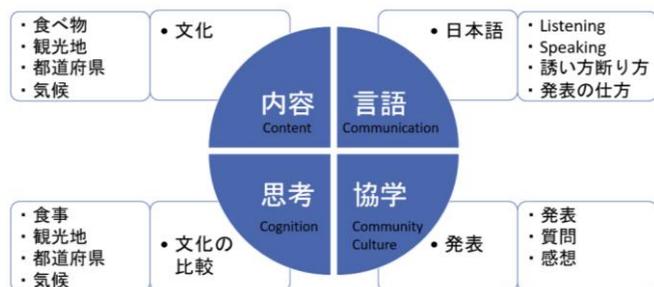


図 3 CLIL の概念である 4C の中級クラス適用例

4. e ラーニング教材開発

4.1 教材開発

教材には、GNU GPL (General Public License) の下で配布されているオープンソース LMS (Learning Management System) である Moodle 上にコースウェアとして展開した⁹⁾。Moodle には、ユーザ管理の機能をはじめ、多くの機能が備わっているため、学習者の学習状況をはじめとする管理を一元化し、試験の自動化など指導者側の作業においても自動化することができる。自動化することで、教師の負担を軽減し、効率化を図ることができる。

また、教材には語彙の導入、練習問題をはじめ、音声教材を導入している(表1)。非漢字圏学習者4名が受講する Basic II Course の宿題として、「Basic II Homework」での練習問題では、日本文化について英語で説明を聞いたのち、音声を使った練習を行う(図4)。Basic II では、漢字の導入は行っていないが、補足情報として日本語表記体系での説明も追加した。これにより、音声を聞き、自分の回答を録音し、音声にて回答を提出する。受講者は、インタラクティブなデザインにより、宿題が楽しくなった、日本文化に興味を持った、自分の音声を入力し、正解するのが嬉しかったなど、肯定的な意見が多かった。しかしながら、問題によってはなかなか正しく発音しているつもりでも次の問題に進むことができないといった不具合も見つかった。



図 4 Basic II Homework 練習問題

4.2 Text to Speech, Speech to Text の導入

Text to Speech (TTS) とは、テキスト(文章)を入力し、望む言語内容の音声を生成する機能である。また Speech to Text (STT) は、TTS とは逆に、音声か

らテキストを生成する機能である。本教材では、合成音声を使うことで、作業の効率化を図り、また多くの音声データ作成を可能にしている。英語の音声合成データは多く存在するが、日本語の音声合成は、現時点において数に限りがある。開発段階においては、非ニューラル音声、および、ニューラル音声の検証を行い、本教材に導入をしている。「Basic II Homework」では、TTS, STT を用いた練習問題を実施している (図 5)。



図 5 Basic II Homework 語彙練習問題

4.3 教材開発の計画

日本語学習 e ラーニング教材の開発ロードマップを図 6 に示す。開発中の e ラーニング教材には、音声教材を利用し、学習者にとって負担の大きい日本語表記体系（ひらがな、カタカナ、漢字）による視覚情報を主な教材として使わず、音声にフォーカスを当てている。開発の Step1 では、インターネット上で利用可能な TTS を用いた。音声ファイルを作成し、Moodle 上に、「Elementary Japanese Course I」として公開した (表 1)。次に、Step2 では、Moodle のプラグインである Poodll を導入し、「Elementary Japanese Course I」の教材をアップデートした。さらに、「Summer Session 2021 Intermediate Course I」、「Basic II Homework」他に適用した。Poodll は、オーディオとビデオの記録、教室用のメディアプレイヤー、タブやストップウォッチなどのウィジェットなど、Moodle の機能のツールボックスであり、音声学習に活用できる機能を多く兼ね備えている。主に英語学習に用いられている。音声合成には、Amazon Polly の非ニューラル音声を利用している。Polly の日本語音声には、Takumi, Mizuki の 2 種類の音声があり、いずれも非ニューラル音声のため、音声教材として利用するには、人間の音声とかけ離れた発音やトーンもあり、検討が必要である。

現在開発中の Step3 の教材では、音声教材としてニューラル音声を用いた。TTS を利用し、音声ファイル生成後、Moodle に音声ファイルとして埋め埋め込み、

評価を行った。また、TTS の合成音声には、Microsoft Azure を用いた。Azure での日本語音声では、2 種類のニューラル音声提供されており、Nanami (Nerul)、および、Keita (Neural) を用いている。しかしながら、汎用性の面から不十分であり、API (Application Programming Interface) を利用した教材開発が必要である。さらに、教師が指導の内容に合わせて、ニューラル音声のトーンやピッチ、スピードを変更できるような GUI (Graphical User Interface) に変更し、簡単に、かつ、自由に変更できるような仕様へと開発中である。Moodle 上で、真正な文脈を提示し、学習者の高速な学習を促進する。

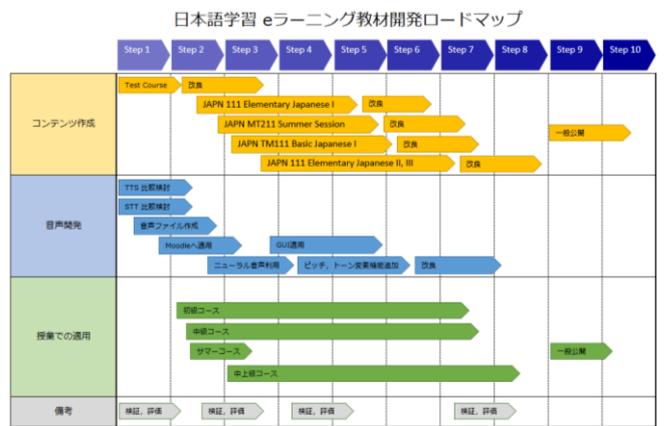


図 6 日本語学習 e ラーニング教材開発ロードマップ

表 1 教材開発過程と音声教材

開発過程	音声教材を用いたコース
Step1	簡易音声教材 - JAPN 111 Elementary Japanese I
Step2	Poodll による音声教材 - JAPN 111 Elementary Japanese I - JAPN MT211 Summer Session 2021 - JAPN TM111 Basic Japanese I - JAPN TM 112 Basic Japanese II - JAPN 111 Trial Lesson
Step3	ニューラル音声による教材 - Sample Voices
Step4	API を利用した開発
Step5	GUI を用いた音声選択

5. 試作中の日本語音声教材の評価

5.1 音声教材 (Step2) の評価 (非ニューラル音声)

開発段階 Step2 では、非漢字圏学習者 20 名に評価を行った。代表的な評価結果 (自由記述によるフィードバック) を表 2 に示す。音声教材を用いた e ラーニング教材を利用することで、何度も音声を聞きながら練習を繰り返すことができ、日本語表記体系 (ひらがな、カタカナ、漢字) の学習が完全に進んでいない状態でも、楽しく音声のみで練習し、理解することができた、CLIL の要素を用いていることで、日本語の文化を理解し、夢中で学習した、といった肯定的な意見が 80% あった。しかし、一方で音声が面白い声だった、教師からのフィードバックをその場でほしいといった、否定的な意見が 20% あった。否定的な意見における音声への指摘は、非ニューラル音声の声のトーンやイントネーションが不自然である点があげられる。そのため、次の開発段階である Step3 ではニューラル音声を導入し、評価を行った。

表 2 開発教材 (Step2) における学習者評価

● 音声を聞いて練習を繰り返すことで、ひらがなを見なくても理解することができた
● 日本文化も学ぶことができ、夢中で学習した
● 単語を覚えるのが簡単だった。また、場面想定できた
● 自分の音声が認識されないと、何度も練習し、認識されたときは嬉しく効果的な学習だった
● 早く日本に行って日本人と日本語で話し、自分の実力を試したくなった
● 自己学習できるのは効率がいい
● 先生からのフィードバックが毎回楽しみだ
● 音声が面白い声だった
● 先生に質問したいときに質問できる対面型授業が望ましい
● なかなか音声が認識してくれない

5.2 ニューラル音声を用いた TTS 品質の評価 (Step3 準備)

教材には、非ニューラル音声 6 パターン、および、ニューラル音声 6 パターンを用いたサンプル音声を合計 12 パターン用意し、非漢字圏学習者 6 名、日本語

教師 5 名による評価を行い、有意性を検証した⁽¹⁰⁾。非漢字圏学習者の日本語レベルは、CEFR (Common European Framework of Reference for Languages: Learning, teaching, assessment) の A1 レベルの学習者である。CEFR とは、2001 年にヨーロッパの言語教育・学習・評価の場で共有される枠組みとして欧州評議会より発表され、以後、世界でも広く外国語教育や評価の場で利用されている評価基準である⁽¹¹⁾。A1 レベルは、自分や他人を紹介することができ、どこに住んでいるか、誰と知り合いか、持ち物などの個人情報について質問したり、答えたりできるレベルである。また、相手がゆっくり、はっきりと話して、助け舟を出してくれるなら、簡単なやり取りをすることができるレベルである。サンプル音声に用いた内容は、学習者が十分に内容を理解できないニュースを用い、音声のトーンや速度により、喜怒哀楽の場面認識が可能かどうかも加え評価を行った。また 12 パターンの音声には、調整していないもの、微調整したものに加え、印象の違いを検証した。学習者は、音声の種類により、楽しい声、悲しい声として場面をとらえることができた。非ニューラル音声では、ロボットのように聞こえるとの回答が多かったが、ニューラル音声については、スムーズに聞こえ、アナウンスのように聞きやすく、音声学習を進めるのに問題ないとの意見が多かった。また、教師の意見では、授業の中ではどうしても文法説明に偏りがちのため、e ラーニングで聴解、および、発話の練習を繰り返すことができると効率がいいとの意見が多かった。また、ニューラル音声については学習者同様、聞き取り易く、授業で使いたいとの意見を得ることができた。開発を続けるにあたり、教材としての有意性があることを確認することができた。

表 3 非ニューラル音声、ニューラル音声を用いた評価用サンプル音声

対象者	非漢字圏学習者、CEFR A1 レベル 日本語講師
音 声	非ニューラル音声 : Mizuki, Takumi ニューラル音声 : Nanami, Keita
記 事	235 文字 2021 年 9 月 1 日 NHK 政治マガジン 「眞子さま 小室圭さんと年内にも結婚の方向で調整」 ⁽¹²⁾ より一部引用

表 3 非ニューラル音声, ニューラル音声を用いた
評価用サンプル音声

1	非ニューラル (男性, 調整なし)
2	非ニューラル (女性, 調整なし)
3	非ニューラル (男性, 速度 1.1, 高低マイナス 20)
4	非ニューラル (女性, 速度 1.1, 高低マイナス 20)
5	非ニューラル (男性, 速度 1.1, 高低プラス 20)
6	非ニューラル (女性, 速度 1.1, 高低プラス 20)
7	ニューラル (男性, 調整なし)
8	ニューラル (女性, 調整なし)
9	ニューラル (男性, ピッチ 0.8)
10	ニューラル (女性, ピッチ 0.8)
11	ニューラル (男性, ピッチ 1.5)
12	ニューラル (女性, ピッチ 1.3)

6. まとめと今後の課題

本稿では, 従来の日本語教育現場では軽視しがちな音声能力, および, 日本語学習者にスムーズな発話を促し, 真正な文脈を提示した, 正しい発話への架け橋となる教授法を検討した. 真正な文脈を提示するため, 音声教材を用いた e ラーニング教材を提案し, 学習者, および, 教師における評価を行った. 音声教材には, 非ニューラル音声, ニューラル音声を用い, 速度やピッチを変更することで, より学習者に真正な文脈の学習に適応可能かどうか検証を行った. 非ニューラル音声では, 長い文章になるとイントネーションが不自然になることが多く, 学習者の学習段階が上がるにつれ, 不十分であることが評価より確認できた. しかしながら, 満足のいく音声もあり, 容易に利用可能な Moodle のプラグインである Poodll の継続利用も一部可能であることが分かった. 細かな音声の変更については, ニューラル音声に頼る必要がある. ニューラル音声では, より人間に近い合成を期待でき, 学習者, 教師共に教材適用において, 高評価を得ることができた. し

かしながら, 既存のニューラル音声は, スムーズで聞き取り安いが, 感情が加味されておらず, 学習内容においては, トーンやピッチ, スピードを細かく変更し, 場面に応じた音声教材を使う必要がある. ニューラル音声のカスタマイズし, Moodle に公開中の教材へ API を用いた音声を導入する必要がある. 人間に劣らない高度な合成音声により, より真正な学習教材を期待したい. また, 今後の e ラーニング教材における日本語教授法の一つとして有効であるかどうか, 検証を続けていきたい.

参 考 文 献

- (1) Sato, C.J.: “Sociolinguistic variation and language attitudes in Hawaii, English around the world, Sociolinguistic perspectives, pp647-663 (1991)
- (2) Gilakjani, A.P.: “The Significance of Pronunciation”, English Language Teaching, pp97-107 (2012)
- (3) Shibuya, T., Hurtig, R.: “Prosody acquisition by Japanese learners”, In understanding Second Language Process, pp176-203 (2007)
- (4) 松崎寛: “音声認識技術を活用したプロソディグラフ自動出力システムの開発”, 日本語教育方法研究会誌, Vol 19, No. 1, pp.72-73 (2012)
- (5) 中村かおり: “非漢字圏学習者の負担を軽減する漢字指導の試み”, 拓殖大学日本語教育研究 (4), pp.34-51 (2019)
- (6) 国際交流基金: “2018 年度 海外日本語教育機関調査, pp25-26 (2020)
- (7) 和泉伸一, 池田真, 渡部良典: “CLIL 内容言語統合型学習 上智大学外国語教育の新たな挑戦 第 2 巻 実践と応用”, 上智大学出版, (2012)
- (8) 小林明子, 佐藤礼子, 元田静, 渡部倫子: “日本語教師のための CLIL (内容言語統合型学習) 入門”, 株式会社凡人社, 東京 (2018)
- (9) Moodle Organization (2021 年 11 月 1 日確認), <https://moodle.org/>
- (10) Moodle サイト TTS 音声の評価用サンプル (公開) <https://ns.wakasato.jp/moodle/course/view.php?id=21>
- (11) JF 日本語教育スタンダード, (2021 年 11 月 1 日確認) <https://jfstandard.jp/cefr/ja/render.do>
- (12) NHK 政治マガジン, (2021 年 9 月 1 日確認) <https://www.nhk.or.jp/politics/articles/lastweek/66845.html>

モデリング教育支援環境における コンパイルサーバの機能と問題点の整理

大宅 剛生^{*1}, 香山 瑞恵^{*1}, 永井 孝^{*2}
信州大学大学院^{*1}, ものづくり大学^{*2}

Functions and Problems of the Compile Server in Modeling Education Support Environment

Kouki Ootaku^{*1}, Mizue Kayama^{*1}, Takashi Nagai^{*2}

^{*1} Graduate School of Science & Technology, Shinshu University

^{*2} Institute of Technologists

あらまし:本研究の目的は,モデリング教育支援環境の改良である. このモデリング教育支援環境はモデルエディタ, モデルコンパイラ, ソースコンパイラの 3 種のツールからなる. ここではソースコンパイラであるコンパイルサーバを対象とした改良を検討する. 中学校技術科正規授業での運用を通して, コンパイルサーバの問題点を整理した. 本稿では本支援環境の概要を述べ, コンパイルサーバの機能を示す. そのうえで, 授業運用を通じたコンパイルサーバの問題点をまとめ, 改良方針を示す.

キーワード: コンパイルサーバ, モデル駆動開発, モデリング

1. はじめに

近年, 問題を効果的に解決するための方法として, モデル化の能力の育成が重要視されている. モデル化の能力を習得することで「考える力」や「捉える力」, 「表現する力」を養成できるといわれている⁽¹⁾. そのため, 大学などの高等教育機関の情報専門学科のカリキュラム標準⁽²⁾にモデル化の能力を育成するための学習項目が組み込まれている. この傾向は, 義務教育においても同様である. 中学校技術科の学習指導要領解説⁽³⁾では, 「D 情報の技術」における計測・制御のプログラミングによる問題を解決する学習活動として, 栽培ロボットや生活サポートロボットのモデルを開発することが例示されている.

モデル化の能力の育成に当たり, モデル駆動開発 (Model Driven Development. 以下, MDD) ツールを用いた授業が実践されている⁽³⁻⁵⁾. 一般に, MDD ツールは商用のソフトウェアが多く, 技術者向けの機能が充実している. それに応じて, モデリング教育向けの MDD ツールの機能拡張も必要となる. そこで, 我々

は MDD 機能を有するモデリング教育支援環境を構築し, 運用してきた⁽⁵⁻¹¹⁾.

本研究では, モデリング教育支援環境のうちコンパイルサーバに焦点を当て, 教育向け機能の改良を行ってきた. 今回, これまでの運用を通して, コンパイルサーバの問題点を整理した. 本稿では本支援環境の概要を述べ, コンパイルサーバの機能を示す. そのうえで, 授業運用を通じたコンパイルサーバの問題点をまとめ, 改良方針を示す.

2. MDD とモデリング教育支援環境

2.1 MDD

MDD は, 「システムのモデルを作成し, それを実際のものに変換することが可能である (we can construct a model of a system that we can then transform into the real thing.)」という考えに基づくソフトウェア開発方法論である⁽¹²⁾. 既に, 産業界において, MDD はモデルからプログラムを自動生成する技術として実用化されている⁽¹³⁾.

一般的な MDD ツールは、モデルエディタとモデルコンパイラから構成される。モデルエディタは利用者がモデルを記述するツールである。モデルコンパイラは、利用者が記述したモデルからソースコードを生成するツールである。

2.2 モデリング教育支援環境

我々は MDD 機能を有するモデリング教育支援環境を運用してきた⁽⁵⁻¹¹⁾。具体的には、2012 年からは大学教育に適用し、2018 年からは中学校技術科の正規授業に適用している。この環境は、クラウド型 MDD ツールである clooca⁽¹⁴⁾と、原らの研究⁽¹¹⁾により開発されたコンパイルサーバを統合したものである。

本支援環境の概要を図 1 に示す。この環境は、MDD

ツールとコンパイルサーバから成る。このうち、MDD ツールには astah⁽¹⁵⁾, clooca, SRPS⁽¹⁶⁾を用いている。本研究ではこれらの MDD ツールに対して、モデル図の記法誤りを自動チェックする機能を具備した^(7,9,17)。コンパイルサーバは本研究で独自開発したものであり、3つのアプリケーション：front, chief, builder からなる。コンパイルサーバは、モデルコンパイラで生成されたソースコードをコンパイルし、対象デバイスに応じた実行コードに変換する。対象デバイスごとのコンパイル環境は Docker コンテナ化されている。コンパイルサーバから実行コードが学習者の端末にダウンロードされる。学習者は実行コードを対象デバイスに転送・実行することで、モデルの妥当性を判断する。コンパイルサーバについては 3 章で詳述する。

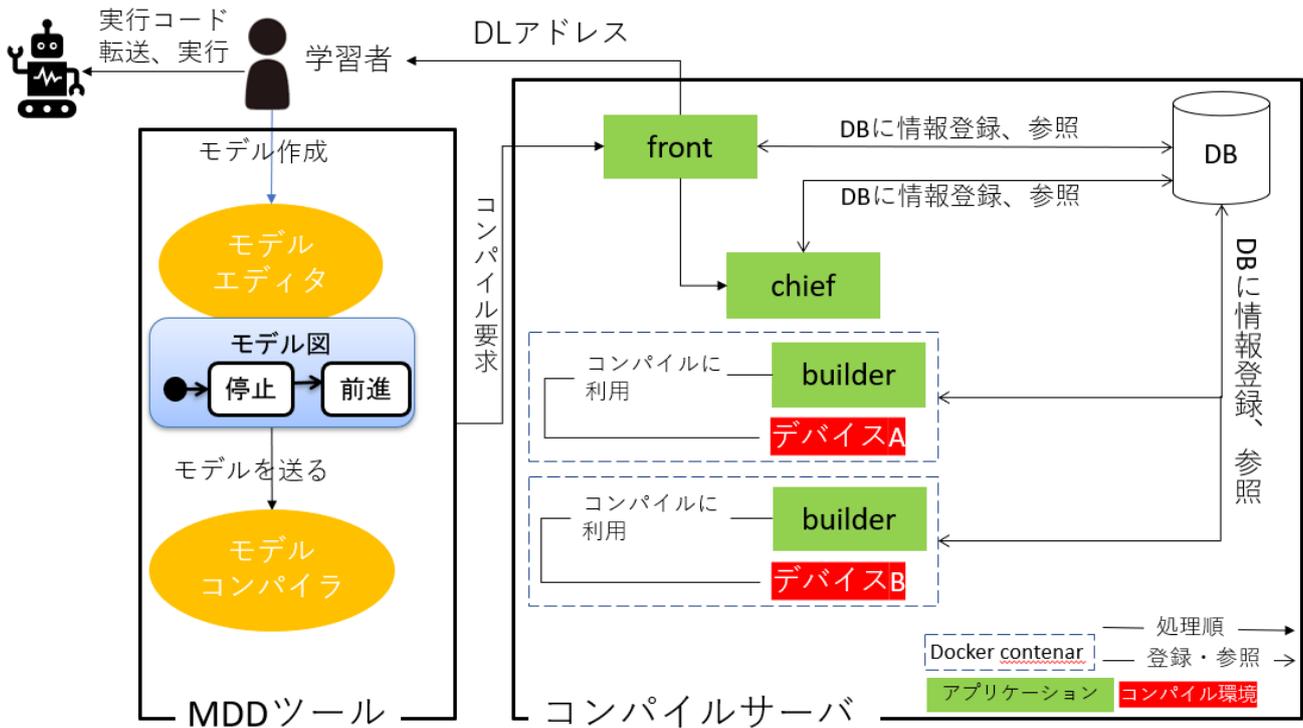


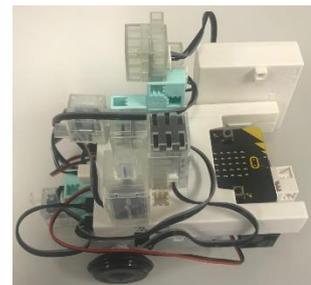
図 1 モデリング環境概要図



(a) Lego Mindstorm NXT



(b) Studuino



(c) micro:bit

図 2 対象デバイス

2.3 対象デバイス

本支援環境での対象デバイスは Lego Mindstorm NXT (図 2(a), 32bit ARM7 デバイス), Studuino (図 2(b), AVR デバイス), micro:bit (図 2(c), ARM coretex M0 デバイス)の 3 種類である。これらのデバイスで使用可能なセンサは、赤外線センサ、タッチセンサ、光センサ、音センサ等である。アクチュエータは、電子ブザー、各色 LED, DC モータ等が利用できる。

3. コンパイルサーバの機能と動作

本章では、コンパイルサーバの機能と動作を述べる。MDD ツールとコンパイルサーバ(各アプリケーションと DB)の動作をシーケンス図として図 3 に示す。

3.1 コンパイルサーバの概要

本コンパイルサーバは 3 つのアプリケーション : front, chief, builder からなる。front は MDD ツールからのコンパイル要求を受け付ける。chief はコンパイル処理を負荷分散する。builder はコンパイルを実行する。3 つのアプリケーションの情報は専用 DB で管理される。これらのアプリケーションが独立に機能することでコンパイル処理を効率化する。

3.2 front

このアプリケーションの機能は主として 2 つである。1 つ目は、MDD ツールからコンパイル要求を受け付けて、ソースコードなどの情報を DB へ登録する機能である。2 つ目は、builder の動作が終わった後に実行コードを学習者にダウンロードさせる機能である。

front が機能するのは 2 つのタイミングである。1 つは、MDD ツールから POST メソッドを受信したタイミング(図 3 中 1)である。もう 1 つは、MDD ツールからコンパイル要求 ID の GET メソッドを受信したタイミング(図 3 中 17)である。以下、動作の番号は図 3 中の番号に対応させる。

[POST メソッドの場合]

2. zip ファイル内の対象デバイス名の取得。
3. DB に、ユーザ名、コンパイル要求 ID、モデルから生成したソースコードを含む zip ファイル、コンパイル対象デバイス名を登録。
4. chief のアドレスに GET メッセージを送信。

5. DownloadURL を含めたレスポンスを MDD ツールに送信。

[GET メソッドの場合]

18. コンパイル要求 ID をキーとしたレコードを DB から取得。
19. 実行コードを取得。
20. 実行コードを取得できた場合、実行コードを送信。
21. 実行コードを取得できない場合、該当するエラーとしてレスポンスを送信。

3.3 chief

このアプリケーションの機能は、コンパイル要求を振り分け、負荷分散を行う。各コンパイル要求を振り分ける際には、コンパイルを担当する Builder のアドレスを DB に登録する。chief が機能するのは front から GET メッセージを受け取ったタイミングである。

6. 対象デバイスに応じた builder のアドレスを DB に登録。

3.4 builder

このアプリケーションの機能は、対象デバイス毎のコンパイルを行い、生成された実行コードを DB に登録する。builder が機能するのは chief が DB に情報を登録したタイミングからコンパイル要求のタスクが完了するまでである。

7. DB からコンパイル要求 ID をキーに該当するレコードを検索・取得。
8. 該当するレコードの状態を「コンパイル中」に変更。
9. 該当レコードからソースコードが圧縮された zip ファイルを取得。
10. 該当デバイスのツールチェーンを用いてソースコードをコンパイル。

コンパイルが成功した場合:

12. 実行コードを該当レコードに登録。
13. 該当レコードの状態を「成功」として登録。

コンパイルが失敗した場合:

14. 該当レコードにコンパイル時のトレースバックを登録。
15. 該当レコードに状態を「失敗」として登録。

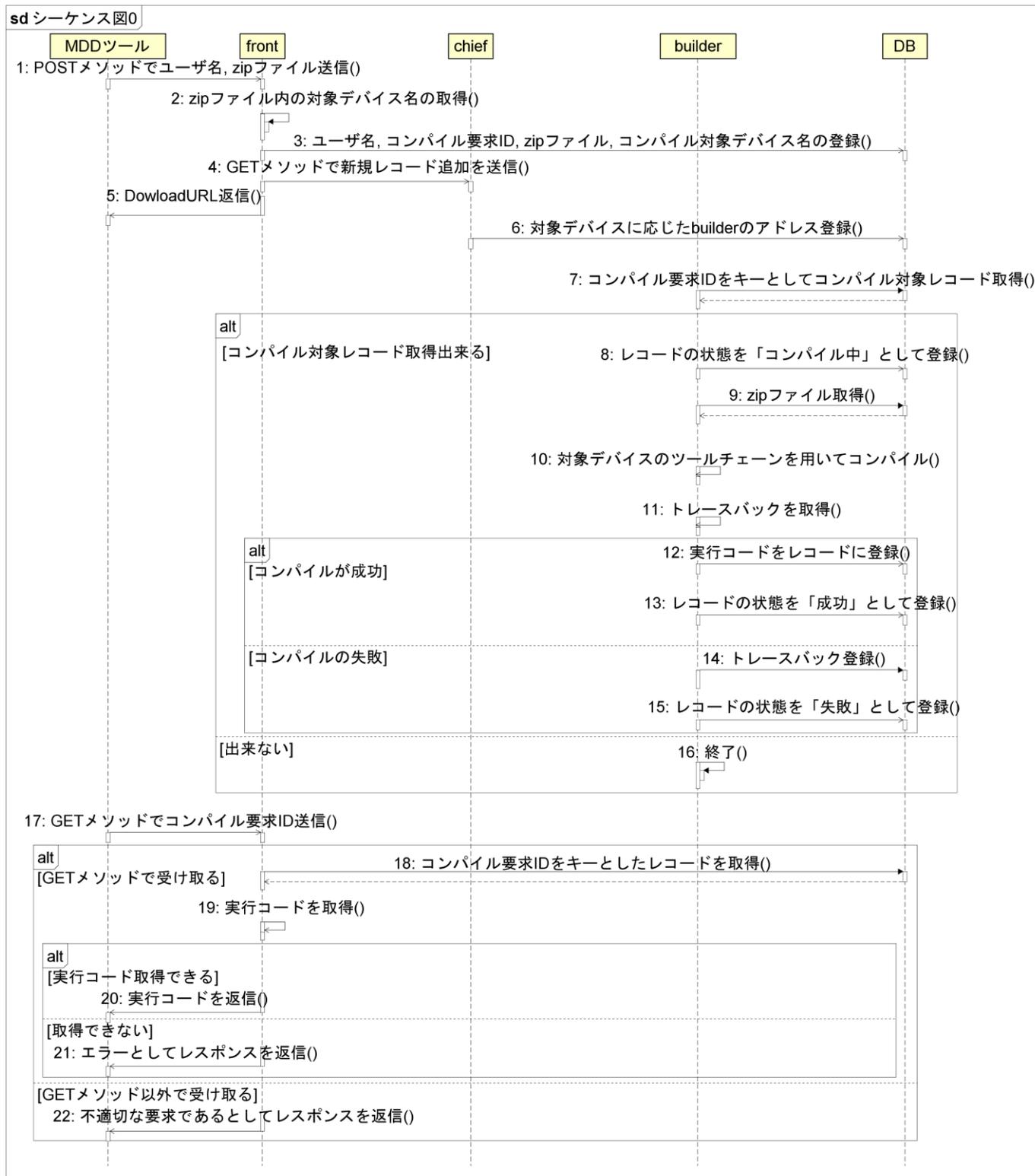


図 3 コンパイルサーバの動作概要図

4. コンパイルサーバの問題点と改良方針

4.1 中学校技術科での運用概要

本モデリング教育支援環境は 2018 年度より公立中

学校技術科の正規授業で運用している。利用者数は毎年約 280 名である。2018・2019 年度は Studuino を対象デバイスとした。2020・2021 年度は Studuino と micro:bit の 2 種の対象デバイスを用いている。これらの授業では、信号機をモデリング対象としている。

2018 から 2020 年度の 3 か年で合計 6,619 回のコンパイルリクエストがあった。学習者 1 人あたりでは、7.9 回のリクエストとなる。

4.2 問題点

図 4 にコンパイルリクエストの成否の割合を年度毎に示す。この中学校の運用では 3 か年平均で 4.6%(6,619 回中 306 回)のコンパイルが失敗となっていた。しかし、2020 年度のある授業では、52.0%(25 回中 13 回)が失敗となり、別の授業では、50.0%(80 回中 40 回)が失敗となることもあった。コンパイルが失敗すると、学習者のみでの対応は難しい。それは、コンパイルが失敗した際に表示されるメッセージが学習者にとっては難解、あるいは情報不足だからである。これは、円滑な授業の妨げになりえる。解決するためには、モデル図の作成に問題があるのか、支援環境の不具合なのか等、コンパイルが失敗した問題箇所を特定する必要がある。更に、学習者自身や、学習者を指導する教師が即座に対策をとれるようなメッセージをコンパイルサーバが提示することが考えられる。

コンパイルが失敗する主な理由は 2 つある。図 3 のシーケンス図における 2 と 10 である。これらは、builder が関連する処理である。

2. zip ファイル内の対象デバイス名の取得。
10. 該当デバイスのツールチェーンを用いてソースコードをコンパイル。

2 は、MDD ツールで生成された zip ファイルの中にある対象デバイスの情報と、DB に登録されたコンパイル対象名を比較する動作である。この比較が原因と

なるコンパイルの失敗は、①zip ファイルが破損している場合、②zip ファイルに対象デバイスの情報が含まれていない場合等が考えられる。

10 でコンパイルが失敗する要因は、③コンパイルに時間がかかる場合、④生成されたソースコードに不備がある場合である。

一方、現状のコンパイルサーバから提示されるコンパイルの失敗に関する情報は 2 種類である。1 つ目の情報はコンパイルのエラー文である。その表示が出るのは④の場合である。この場合、提示される情報が難解であり、学習者自ら対策をとることは難しい。2 つ目の情報は「none」である。この表示が出るのは①～③の場合である。この場合は、提示される情報が不足しており、学習者自らが対策をとることは難しい。それはコンパイルサーバの管理者や学習者を指導する教師も同様である。

4.3 コンパイルサーバの改良方針

学習者にとって難解あるいは、情報不足なコンパイルの失敗に関する情報提供の内容を改良する。

学習者にとって難解なコンパイルのエラー文が表示される場合(④)、現状はコンパイルのツールチェーンのトレースバックが示される。これを、実行コードを生成する言語コンパイラのトレースバックに変更する。これにより、不具合のあるソースコードの行数と不具合の内容が提示できるようになると期待する。また、不具合の内容は、学習者や教師にも理解できるように表現しなおす必要があろう。

学習者にとって情報不足な「none」が表示される場合は、①～③の要因に応じた情報提示が必要となろう。①と②は主として MDD ツールに起因する。これらの場合には、コンパイル対象となる zip ファイルに不具合がある旨の情報提供が考えられる。③は Docker コンテナ化された builder 内でコンパイル待ちが生じることに起因する。これは同時に多数のコンパイル要求が与えられた場合に生じる可能性がある。この場合には、builder の数を増加させる対策をしたうえで、コンパイル結果を得るまでに待機が必要である旨や待機時間等の情報提供が考えられる。

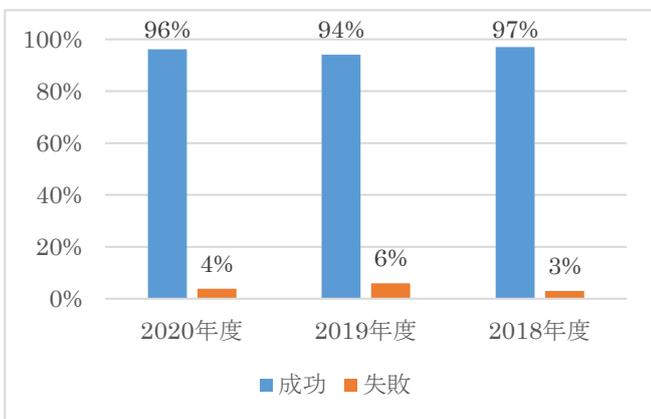


図 4 年度毎のコンパイルリクエストの成否の割合

5. おわりに

本研究の目的はモデリング教育支援環境のコンパイルサーバを対象とした改良である。中学校技術科正規授業での運用を通して、コンパイルサーバの問題点を整理した。コンパイルが失敗した際に表示されるメッセージは、学習者にとって難解、あるいは情報不足である。シーケンス図にまとめたコンパイルサーバの動作を概観し、コンパイルが失敗する要因を整理した。そのうえで、コンパイルが失敗した際に学習者に提示されるメッセージの改良方針をまとめた。

今後改良方針に従い、コンパイルサーバを改良していく。また、授業運用を通し、改良したコンパイルサーバを評価していく。

謝辞：本研究は科研費基盤研究 B:16H03074 の支援を受けた。

参 考 文 献

- (1) 情報処理学会, “カリキュラム標準 J17 カリキュラム標準ソフトウェアエンジニアリング領域(SE) J17-SE-報告書-20180319,” 2018.
- (2) 文部科学省, “中学校学習指導要領(平成 29 年告示) 解説技術・家庭編,” https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_009.pdf (accessed 2021/12/1).
- (3) 赤山聖子, 久住憲嗣, 部谷修平他, “オブジェクト指向モデリング教育におけるモデル駆動開発ツールの活用方法の検討”, 情報処理学会論文誌, 55(1), pp.72-84, 2014.
- (4) Starrett C., “Teaching UML Modeling Before Programming at the High School Level”, Proc of the 7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, pp.713-714, 2007.
- (5) 香山瑞恵, 小形真平, 永井孝, “モデル駆動開発方法論に基づく UML プログラミング教育環境”, 教育システム情報学会誌, 36(2), pp.118-130, 2019.
- (6) 小形真平, 香山瑞恵, “モデリング教育支援のためのステートマシンモデル評価手法の提案” 組込みシステムシンポジウム 2019 論文集, pp.45-52, 2019.
- (7) 但馬将貴, 香山瑞恵, 小形真平, 橋本昌巳, “UML に基づく概念モデリングにおける状態遷移図に対するモデル記法チェック機能の効果”, 信学技報知能ソフトウェア

工学, 116(418), pp.7-12, 2017.

- (8) 宮島和音, 小形真平, 香山瑞恵, 岡野浩三, “UML モデリング教育を支援するルールベースのクラス図採点支援ツール”, 情処研報ソフトウェア工学, 2015-SE-189(23), pp.1-6, 2015.
- (9) 増元健人, 香山瑞恵, 小形真平, 橋本昌巳, “クラス図を用いた基礎的概念モデリングにおける誤り分析に基づく初学者向け誤り自動検出機能の開発”, 情処研報ソフトウェア工学, 2015-SE-187(15), pp.1-7, 2015.
- (10) 横田寛明, 香山瑞恵, 小形真平, 橋本昌巳, 大谷真, “ロボット動作設計を対象にした状態遷移図による概念モデリング教育へのモデル駆動開発方法論導入の効果”, 情処研報コンピュータと教育, 2014-CE-126(9), pp.1-6, 2014.
- (11) 原行人, 西尾圭太, 増田壮志, 香山瑞恵, 久住憲嗣, 伊東一典, 橋本昌巳, 大谷真, “MDD のための基礎教育環境の構築”, 組込みシステムシンポジウム 2011 論文集, pp.16-1-16-5, 2011.
- (12) Mellor, S. J., Clark, A. N., Futagami, T., “Model-Driven Development”, IEEE Software, 20 (5), pp.14-18, 2003.
- (13) 経済産業省, 自動車産業におけるモデル利用のあり方に関する研究会, https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/automobile/mbd/mbd.html (accessed 2021/12/1).
- (14) Hiya, S., Hisazumi, K., Fukuda, A. et al., “clooca: Web based tool for Domain Specific Modeling,” Proceedings of 16th ACM/IEEE MoDELS Demonstrations, pp.31-35, 2013.
- (15) Change Vison, Inc., “Premier Diagramming, Modeling Software & Tools | Astah”, <https://astah.net/> (accessed 2021/12/1).
- (16) 丸山凌凱, 香山瑞恵, 永井孝, “課題管理機能を有する UML プログラミング環境の設計と実装”, 教育システム情報学会研究会, 2021(5) (印刷中).
- (17) 中野敬久, 香山瑞恵, 永井孝, 大宅剛生, “コンテナ型仮想化によるモデリング教育用コンパイルサーバ利用の考察”, 信学技報, 120(335) ET2020-49, pp. 17-22, 2021.
- (18) 大宅剛生, 香山瑞恵, 永井孝, “コンテナ型仮想化によるモデリング向けコンパイルサーバでの micro:bit 対応機能の評価”, 第 46 回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.107-108, 2021.