

も く じ

■開催日時：2021年3月21日（日）

■テーマ：一人1台時代の情報活用能力の育成／一般

- 1) 拡張性を有する学習支援システムアーキテクチャに基づく
分散マルチプラットフォーム学習環境の設計と試作-----1
○仲林清(千葉工業大学, 熊本大学), 森本容介(放送大学)
- 2) ラーニングアナリティクスシステムの導入とその評価：京都市内の中高一貫校における生徒の意識調査---9
○黒宮寛之(京都大学大学院), フラナガンブレンダン(京都大学学術情報メディアセンター),
マジュンダールリトジット(京都大学学術情報メディアセンター),
緒方広明(京都大学学術情報メディアセンター), 星野佐和(京都大学大学院)
- 3) ICTを活用した看護教育のための新しいオンラインコンテンツの開発 -----15
○小池武嗣(聖隷クリストファー大学)
- 4) ロボット講義における講義シナリオの適応的制御-----19
○柏原昭博(電気通信大学大学院), 菅原歩夢(電気通信大学大学院)
- 5) オンラインでのキャリア教育科目におけるSELの設計と進路選択自己効力の向上-----27
○田中洋一(仁愛女子短期大学)
- 6) VR会議とテレビ会議利用時の周辺環境の違いにおける対話のしやすさ評価 -----31
○串田愛佳(共立女子大学), 永岡慶三(早稲田大学), 米谷雄介(香川大学),
卯木輝彦(フォトロン 研究開発センター), 谷田貝雅典(共立女子大学, 共立女子大学大学院)
- 7) COVID-19の影響で実施したオンライン授業に対する児童生徒の認識と
ハイブリット型授業に対する教員の認識-----39
○北澤武(東京学芸大学大学院), 黒飛雅樹(八千代市教育センター),
中村めぐみ(つくば市総合教育研究所), 毛利靖(つくば市立みどりの学園義務教育学校),
渡邊茂一(相模原市教育センター), 渡部昭(墨田区教育委員会), 石坂芳実(ICT CONNECT 21),
赤堀侃司(ICT CONNECT 21)

8) 学習活動の準備状態を高めるオンライン・バズセッションの要求と仕様-----	47
○浅羽修丈(北九州市立大学), 斐品正照(東京国際大学)	
9) 児童1人1台端末の授業実践に向けた小学校教員の認識-----	55
○高田京輔(東京学芸大学大学院教育学研究科), 北澤武(東京学芸大学大学院教育学研究科)	
10) 1人1台端末環境に対応した教員養成および教員研修のあり方の提案-----	63
○谷塚光典(信州大学), 森下孟(信州大学), 林寛平(信州大学), 佐藤和紀(信州大学)	
11) ELECOAにおける教材オブジェクト間通信削減方式-----	65
○森本容介(放送大学), 仲林清(千葉工業大学)	
12) ARマーカーにより人物と場所を結び付ける歴史学習支援システムの構築-----	73
○竹中裕樹(和歌山大学大学院), 曾我真人(和歌山大学)	
13) 中等教育向けVR校外学習用史跡学習コンテンツの制作と評価-----	81
○杉澤香織(共立女子大学), 永岡慶三(早稲田大学), 米谷雄介(香川大学), 卯木輝彦(フォトロン 研究開発センター), 谷田貝雅典(共立女子大学, 共立女子大学大学院)	
14) 誤答を含めた力学概念調査(FCI)の回答分析の試-----	89
○近藤隆司(大分大学), 後藤善友(別府大学短期大学部)	
15) 複数シチュエーションでのMIF誤概念解消を目的とした学習手法の開発と評価-----	91
○石井稜悟(千葉工業大学大学院), 仲林清(千葉工業大学)	
16) アナロジーと操作を活用したメンタルローテーション能力向上のための学習支援システム-----	99
○河中晋規(広島市立大学大学院), 松原行宏(広島市立大学大学院), 岩根典之(広島市立大学大学院), 岡本勝(広島市立大学大学院)	
17) 一次方程式の解法を題材とした「教えることにより学ぶ」学習支援システムに関する研究-----	103
○梶岡瑞貴(広島市立大学大学院), 松原行宏(広島市立大学大学院), 岩根典之(広島市立大学大学院), 岡本勝(広島市立大学大学院)	
18) CNNを用いた音高想起時の脳波デコーディングの試み-----	107
○清水菜々子(和歌山大学大学院), 曾我真人(和歌山大学)	

19) 三角ロジックモデルに基づく論理組立演習の拡張と実験的評価 一情報不備化, 無意味綴り化, 非常識命題化一-----	113
○中野謙(広島大学大学院工学研究科), 北村拓也(広島大学学術・社会連携室), 姫宮恵(広島大学工学部), 沖永友広(広島大学工学部), 林雄介(広島大学大学院工学研究科), 平嶋宗(広島大学大学院工学研究科)	
20) 他者視点の認知を促すプレゼンシナリオ設計支援システム-----	121
○正門和己(大阪府立大学大学院), 林佑樹(大阪府立大学大学院), 瀬田和久(大阪府立大学大学院)	
21) VRを利用したプレゼンテーションセルフレビューシステムの評価-----	129
○平田雄也(電気通信大学), 柏原昭博(電気通信大学)	
22) 運転シミュレータのシナリオ制御モデルの評価-----	137
○齊藤玲(電気通信大学大学院), 柏原昭博(電気通信大学大学院), 内藤弘望(徳島大学), 松浦健二(徳島大学), 戸井健夫(三菱プレジジョン), 栗田弦太(三菱プレジジョン)	
23) 安全な走行領域を考慮した段階的危険予測学習支援システムの開発-----	145
○辻文武(広島市立大学大学院), 松原行宏(広島市立大学大学院), 岩根典之(広島市立大学大学院), 岡本勝(広島市立大学大学院), 山元翔(近畿大学)	
24) 初等力学問題を対象とした問題間構造組立演習システムの設計開発と実験的評価-----	149
○元川凱喜(広島大学大学院工学研究科)	
25) 視聴覚刺激の呈示によるタスク処理中の予期的時間評価の変化に関する検証-----	157
○佐々木直人(和歌山大学大学院), 曾我真人(和歌山大学)	
26) 透視図法の学習を目的としたスケッチ学習支援システムの構築-----	165
○島治季(和歌山大学大学院), 曾我真人(和歌山大学)	
27) シェアリングエコノミーのビジネスモデルを主題とした学習手法-----	173
○長嶋啓太(千葉工業大学 大学院), 仲林清(千葉工業大学)	
28) 外国語学習・デジタル教科書を用いた遠隔授業支援と学習ガイド機能の構想-----	181
○喜久川功(常葉大学), 有富智世(常葉大学)	

- 29) 肢体不自由者のための自立活動支援アプリケーション開発-----187
○春日源太郎(東京工業高等専門学校), 畑中正介(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)
- 30) 発達障害のある子どもへのプログラミング教育の提案 -算数の文章題解決につなげるために-----191
○坂口夢羽斗(大阪府立大学), 真嶋由貴恵(大阪府立大学大学院), 榊田聖子(大阪府立大学大学院)
- 31) デンマークにおける若者へのチャットキャリアカウンセリングとカウンセラーの能力開発-----197
○森田佐知子(高知大学)

拡張性を有する学習支援システムアーキテクチャに基づく 分散マルチプラットフォーム学習環境の設計と試作

仲林 清^{*1,2} 森本容介^{*3}

*1 千葉工業大学 *2 熊本大学 *3 放送大学

Design and Prototype Implementation of Distributed Multi-Platform Learning Environment based on an Extensible Learning Support System Architecture

Kiyoshi Nakabayashi^{*1,2} Yosuke Morimoto^{*3}

*1 Chiba Institute of Technology *2 Kumamoto University *3 The Open University of Japan

拡張性を有する学習支援システムアーキテクチャ ELECOA に基づく分散マルチプラットフォーム学習環境の検討を進めた。ELECOA の特徴は、プログラムモジュールである教材オブジェクトを構成要素とし、機能拡張性とコンテンツ再利用性を両立させた柔軟な学習環境を提供することにある。これまでに教材オブジェクト間の基本的な通信パターンとこれを遵守・再利用するためのデザインパターンを示し、このデザインパターンで独習型・グループ学習型のさまざまな環境を実現できることを示した。本稿では、このデザインパターンに則って、教材オブジェクトを Web サーバやスマートフォンなど複数プラットフォームに動的に再配置する方式、および、実用的な学習支援環境への適用について述べる。

キーワード: 学習者適応, 拡張可能学習支援システム, 教材オブジェクト, 分散プラットフォーム

1. はじめに

e ラーニング教材や教授方略を共有・流通・再利用するため、さまざまな標準規格が開発されている⁽¹⁾。教材については、SCORM 規格⁽²⁾、QTI 規格⁽³⁾、教授方略については、LD 規格⁽⁴⁾⁽⁵⁾が挙げられる。これらの標準規格に準拠した学習環境では、規格範囲外の機能拡張を行うことは困難である。拡張機能を有するコンテンツは、非対応のプラットフォームでは動作せず、相互運用性が損なわれてしまうためである⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

筆者らは、相互運用性と機能拡張性の両立を図るため、教材オブジェクトという概念を導入した拡張可能な学習支援システムアーキテクチャ Extensible Learning Environment with Courseware Object Architecture (ELECOA) を提案してきた⁽⁸⁾⁽⁹⁾。さらに、独習、グループ学習の学習制御に共通する教材オブジェクト間の基本通信パターン⁽¹⁰⁾、教材オブジェクトがこの通信パターンを遵守するためのデザインパターンを導いた⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。このデザインパターンに則って教材オブジェクトを実装し、個別に開発された独習用コンテンツをグループ学習で再利用することが可能になること、グループ型作問学習など実用的な学習環境が実現できることを示した⁽¹²⁾。また、近年提案された独習環境規格の cmi5 に適用した⁽¹³⁾。

本稿では、ELECOA のアーキテクチャを踏まえて、再利用可能な教材オブジェクトが、Web サーバやスマートフォンなどに分散・連携するマルチプラットフォーム学習環境⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾の検討・開発状況を報告する。以下、第2章で ELECOA の概要、第3章で教材オブジェクト間通信パターン、第4章で通信パターンを実装するためのデザインパターンについて述べる、第5章で分散マルチプラットフォーム学習環境の概要、第6章で教材オブジェクトの動的再配置方式、第7章で実用的学習支援環境への適用について述べる。

2. ELECOA の概要

従来の学習支援システムは、コンテンツとプラットフォームを分離する構成が一般的である⁽⁷⁾。学習内容に依存しない共通機能はプラットフォームに実装し、コンテンツ作成者はプラットフォームの実装に関与せずに、学習内容に応じたコンテンツを作成する。このような構成では、プラットフォームに予め決められた機能を実装するため、後からの機能拡張が困難であり、不用意な改造で既存コンテンツが動作しなくなるといった問題が発生する。また、コンテンツとプラットフォームの相互運用のためには標準規格が必要であるが、規格準拠のシステムに独自機能を追加すると、相互運

用性が確保できなくなる。このように、従来の構成では機能拡張性と相互運用性の両立は非常に困難である。

そこで、筆者らは「教材オブジェクト」⁽⁶⁾と呼ぶ概念を取り入れた学習支援システムアーキテクチャ ELECOA⁽⁶⁾⁽⁷⁾を提案した。図 1 に示すように、ELECOA は、コンテンツ、教材オブジェクト、プラットフォームの 3 層の構成になっている。教材オブジェクトは、従来型アーキテクチャでプラットフォームに実装されていた、学習者適応などの機能を取り出したプログラム部品である。機能追加の際は、新規の教材オブジェクトを作成する。既存コンテンツは既存教材オブジェクトのみで動作するため、機能追加の影響を受けない。このため、カスタマイズが格段に容易になり、機能拡張性を向上できる。また、コンテンツと教材オブジェクトを一緒に流通させることで、相互運用性、コンテンツ再利用性を確保できる。

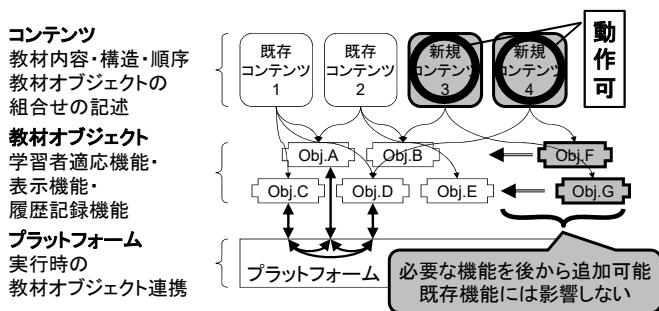


図 1 ELECOA の構成

3. 教材オブジェクト間通信パターン

3.1 通信パターンの機能

ELECOA では階層型コンテンツの各ノードに教材オブジェクトを配置する。木構造の一部のサブツリーを取り出して再利用可能とするため、教材オブジェクト間のもっとも基本的な通信は、直接の親子間に限定する⁽⁷⁾。ツリー全体の学習制御機能は、直接の親子間通信を組み合わせる。このための通信パターンは、独習型コンテンツ⁽⁷⁾で規定された以下の 4 つの処理に対応する⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。

- (1) ロールアップ処理
- (2) ポストコンディショナルルール処理
- (3) シーケンシング処理
- (4) 学習コマンドリスト生成処理

グループ学習環境でも、各学習者に階層型コンテンツを割り当て、教材オブジェクトが、他学習者の教材

オブジェクトと情報交換することで学習制御を行う。グループ学習では、「他学習者の状態を条件とする分岐」、「他学習者との同期（待ち）」、「他学習者の状態を条件とする強制移動」が必要となる。これらのうち、分岐は上記(3)のシーケンシング処理で、同期と強制移動は(2)のポストコンディショナルルール処理で実現できる⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。このように、上記の 4 つの通信パターンで、独習型コンテンツ・グループ学習環境のいずれも実現することができ、これらの通信パターンを遵守している教材オブジェクトは自由な組み合わせが可能となる。

3.2 通信パターンの実装

前節で述べた 4 つの処理に対応した通信パターンは、いずれも、ツリーの直接の親子の教材オブジェクト間の通信で実現される。また、いずれも、学習者に提示されている学習資源に対応する葉の教材オブジェクト（これをカレントオブジェクトと呼ぶ）が通信の起点となり、親の教材オブジェクトに向けて順次コマンドを送り、それに対する親の応答が子が受け取るという動作を行う。それぞれの教材オブジェクトでは、コマンドに対する処理を独自に実装することができ、さらに新たなコマンドを追加することができる。これによって ELECOA の機能拡張性が実現される⁽⁷⁾。

4 つの通信パターンは、前節に示した(1)~(4)の順で実行される。ツリーのどのレベルのノードまで通信が伝搬するかは、処理によって異なる。ポストコンディショナルルール処理では、下位のコンテンツを再利用しつつ大域的な学習制御を可能とするため、必ずルートまで伝搬が行われ、最もルートに近いノードのルールが優先される。一方、シーケンシング処理では、配下のサブツリー内に次の提示候補となる葉ノードが見つかった教材オブジェクトで伝搬は終了し、カレントオブジェクトに提示候補のノード指定情報が返却される。

4. 教材オブジェクトのデザインパターン

ELECOA の機能拡張性やコンテンツ再利用性を実現するためには、すべての教材オブジェクトが前章の通信パターンを遵守する必要がある。この通信パターンは、以下の処理レイヤーに分離することができる。

- (1) 隣接する親子教材オブジェクト間の通信処理
- (2) (1)の隣接通信を組み合わせた 4 つの通信パター

ンの処理

(3) (2)の 4 つの通信パターンのコマンドに対する個々の教材オブジェクトの処理

そこで、図 2 に示すように、各処理レベルに対応した層を設けたレイヤーデザインパターン⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾を適用する⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。このデザインパターンは、「隣接通信層」、「基本通信層」、「アプリケーション層」から構成され、それぞれが、上記の(1), (2), (3)の処理に対応している。左端の Command Entry は、学習者がコマンドを入力すると、カレントオブジェクトに対して、順次 4 つの通信パターンを起動するコマンドを送り、これが葉ノードからルートまで伝搬して学習制御処理が実行される。このように、レイヤーデザインパターンを適用し、「隣接通信層」、「基本通信層」は各教材オブジェクトで共通とし、「アプリケーション層」で独自機能を実装することで、機能の異なるすべての教材オブジェクトが通信パターンを遵守することができる⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。

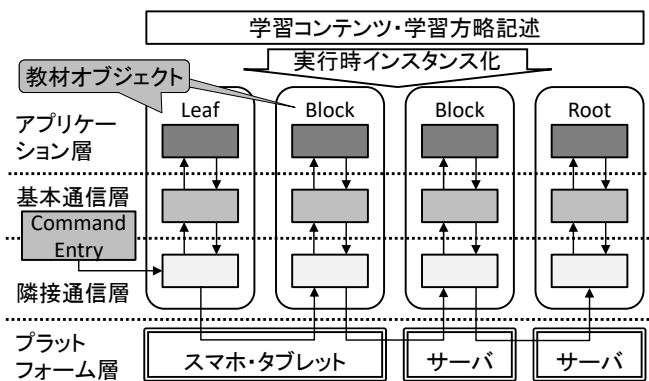


図 2 レイヤーアーキテクチャにおける物理的な通信の隠ぺい

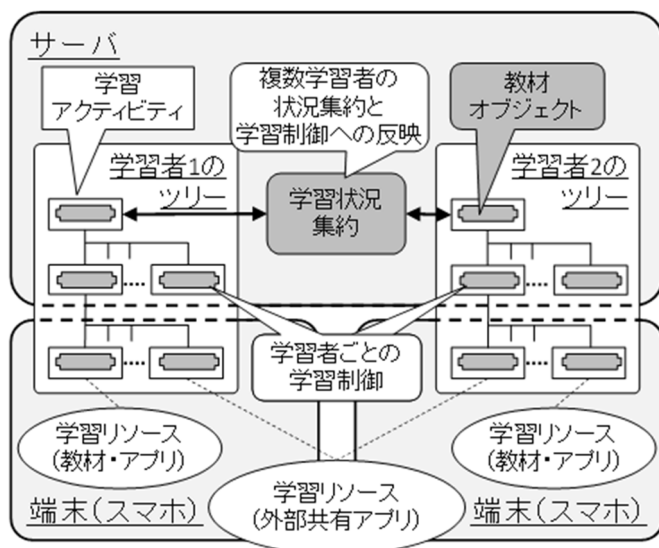


図 3 分散マルチプラットフォーム学習環境

5. 分散マルチプラットフォーム学習環境

5.1 概要

ここまで、4 つの通信パターンを遵守した教材オブジェクトの組合せで、独習やグループ学習などさまざまな学習制御が可能となることを示した。さらに、これらの学習制御を実装するための教材オブジェクトのデザインパターンを示した。このデザインパターンは、図 2 のようなレイヤーデザインパターンであり、隣接教材オブジェクト間の通信を司る隣接通信層と各教材オブジェクトの学習制御を実装する基本通信層、アプリケーション層が明確に分かれている。従って、図 2 のように物理的な通信手段を上位層から隠ぺいすれば、教材オブジェクトとして実装されたさまざまな学習制御機能がサーバ、スマートフォン、電子教科書など、複数プラットフォームで再利用可能な分散マルチプラットフォーム学習環境を実現できる⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾。

この学習環境の構成イメージを図 3 に示す。コンテンツツリーは、サーバとスマートフォンなどの端末にまたがって配置される。通常は、端末がサーバと通信してグループ学習のための学習制御が行われる。端末がオフラインになった場合も、端末上の教材オブジェクトによって独習を進めることができる。

このような分散マルチプラットフォーム学習環境を実現するうえで検討すべき課題を挙げる。

- (1) 分散プラットフォームアーキテクチャ
- (2) 教材オブジェクト間通信削減方式
- (3) 教材オブジェクト動的再配置方式
- (4) 実用的学習支援環境への適用

本章では、(1), (2)を簡単に紹介し、以降の章で、(3), (4)について述べる。

5.2 分散プラットフォームアーキテクチャ

前節で述べたように、教材オブジェクトの複数プラットフォームにまたがる流通・再利用性を確保するために、上位層から下位層の物理実装を隠ぺいする。図 2 の隣接通信層とプラットフォーム層の間に、隣接通信のための API を設ける。教材オブジェクトが通信を行う際には、通信相手の教材オブジェクトの論理 ID を指定して、この API を起動する。プラットフォーム層では、教材オブジェクトの論理 ID と教材オブジェク

トが配置されたプラットフォームのマッピングを保持している。これによって、プラットフォーム層は、通信相手の教材オブジェクトが、自プラットフォーム内のものか、他プラットフォーム上のものかを判断し、通信メッセージを転送する。これによって、教材オブジェクトの隣接通信層以上は、通信がプラットフォームをまたがっているか、プラットフォーム内に閉じているかを関知する必要がなくなる。

プラットフォーム層の制御プログラムは、教材起動時に、サーバ、スマートフォンなどの物理的なプラットフォームごとに配置され、WebSocket による相互通信の確立、および、教材オブジェクトのマッピングを行う。以後の教材オブジェクト間通信は、このWebSocket を通じて行われる。

教材オブジェクトの実装言語には、Web サーバ、ブラウザ、スマートフォンなどで共通に実行可能なJavaScript を選択した。これによって、同一の教材オブジェクトがいずれのプラットフォームでも動作可能となる。

5.3 教材オブジェクト間通信削減方式

教材オブジェクトは複数プラットフォームに分散配置されるため、その間の通信オーバーヘッドが問題となる。例えば、ポストコンディションルール処理では、最もルートに近いノードのルールを優先するために、必ずルートまで伝搬が行われる。このため、コンテンツ内の移動がひとつのプラットフォームに閉じていても、プラットフォームをまたぐ通信が発生する。そこで、教材オブジェクト間の通信パターンが定型化されていることを活用して通信オーバーヘッドを抑制できる通信方式の検討と削減効果の評価を行っている⁽¹⁵⁾⁽¹⁸⁾。

6. 教材オブジェクト動的再配置方式

携帯端末や電子教科書は、学校内外で通信環境が異なることが考えられる。一方、5.2 節で述べたように、プラットフォーム層は、隣接通信層以上から隠ぺいされており、教材オブジェクトはどのプラットフォームでも動作する。これを活かして、教材オブジェクトを動作させるプラットフォームを動的に変更する方式を検討する。具体的には、教室内のように学校サーバと直接通信が可能な環境では、グループ学習などが円滑

に実施できるように、サーバ上で教材オブジェクトを動作させて学習者間の通信オーバーヘッドを低減する。家庭や移動中など、サーバと通信できない環境で学習を継続するためには、サーバ上の独習教材部分を携帯端末にダウンロードし、後で学習状態をサーバと同期する方式を検討する。

教材オブジェクトが複数プラットフォームに分散配置されている場合、プラットフォーム間での通信が可能な場合でも通信を抑制することが望ましく、オフライン環境の場合は、通信を遮断しても学習が継続できる必要がある。一般的な通信量の削減については、キャッシュなどを用いる方式を提案した⁽¹⁵⁾⁽¹⁸⁾。ここでは、図3に示したような分散マルチプラットフォーム学習環境で、スマートフォンなどに配置されたコンテンツツリーの一部が、他のプラットフォームに配置されたコンテンツ部分と通信を行わずに学習動作を継続できる条件とそのための方策を検討する。また、それに基づくオフラインでの学習継続のための教材オブジェクト動的再配置方式について述べる。

6.1 プラットフォーム間通信の分類

プラットフォーム間の通信は、コンテンツツリー上の親子間のパス、および、プラットフォームをまたがる共有学習目標を通じた通信で生じる。以下、それぞれについて、図4を例に検討していく。

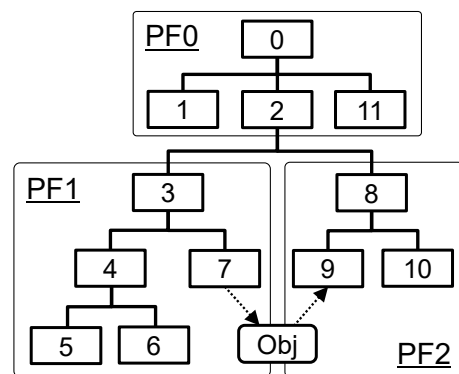


図4 プラットフォームをまたがる共有学習目標の例

6.1.1 コンテンツツリー上の親子間パス

3.1の4つの通信パターン⁽¹¹⁾⁽¹²⁾のうち、「(1) ロールアップ処理」、「(2) ポストコンディションルール処理」、「(4) 学習コマンドリスト生成処理」では、末端のカレントオブジェクトからコンテンツツリーの最上位のルートノードを結ぶパス上の親子ノード間で通信が生じ

る。「(3)シーケンシング処理」では、次に提示するノードを探索するため、現在提示されているカレントオブジェクトと次に提示するノードを含むサブツリー内で通信が起きる。以上の各処理について、プラットフォームをまたがる通信が発生する状況を検討する。

(1) ロールアップ処理

学習状態の変化は、カレントオブジェクトからルートノードに向けて順次伝搬する。状態変化が同一プラットフォーム内のノードで留まれば⁽¹⁵⁾⁽¹⁸⁾、プラットフォーム間通信は起きない。例えば、図4でノード5が状態変化してロールアップ処理を行った場合、ノード5→4→3→2→0の順に伝搬が起きるが、4ないし3が状態変化しなければ、その上位への通信は不要でPF1からPF0への通信は起きない。

(2) ポストコンディションルール処理

カレントオブジェクトからルートノードに向けて、ポストコンディションルールが設定されているノードの学習状態を参照して実行される。従って、プラットフォーム外のルートノードまでのパス上のノードにポストコンディションルールが設定されていなければ、プラットフォーム間通信は起きない。例えば、図4でノード2、0にルールが設定されていなければこれらへの通信は不要でPF1からPF0への通信は起きない。また、ルールが設定されていても、そのルールの評価が以前に行われていて条件が成り立たず、その後、当該ノードの状態が変化していなければ、やはり通信は不要である。一方で、ポストコンディションルールは、ルートに近いノードのルールが優先される⁽¹²⁾。従って、図4で、ノード3と0にポストコンディションルールが設定されていて、学習状態が変化した場合、ノード3のルールの成立いかんによらず、ノード0のルールも評価する必要がある。この場合は、PF1からPF0への通信が必要である。

(3) シーケンシング処理

カレントオブジェクトを含むサブツリーの中で、次に提示するカレントオブジェクトを検索する⁽¹²⁾。このとき、サブツリーのルートノードまでの通信が起きる。サブツリー内で条件を満たす提示候補が見つからなければ、一段外側のサブツリーを検索範囲とする。従って、図4の例では、ノード5がカレントオブジェクトとすると、まずノード4以下のサブツリー内を検索し、

提示候補が見つからなければノード3以下のサブツリー内を検索する。ここで提示候補が見つければ、PF1からPF0への通信は発生しない。提示候補が見つからなければ、ノード2以下のサブツリー内を検索する必要があり、プラットフォーム間の通信が発生する。

(4) 学習コマンドリスト生成処理

カレントオブジェクトからルートノードまでの各ノードが、自身に定義された実行可能コマンドをカレントオブジェクトに返却する⁽¹²⁾。各ノードの実行可能コマンドが、ノードの状態に依らず変化しなければ通信は不要である。状態に依存していても状態が変化していなければ通信は不要である。

6.1.2 プラットフォームをまたがる共有学習目標

図4の共有学習目標Objが存在するような場合は、コンテンツツリーに沿った通信以外に、共有学習目標を介した学習状態の伝搬が生じる⁽⁷⁾。このような状態伝搬は、直接的には、ロールアップ処理で発生するが、共有学習目標の変化がさらに他のノードの状態変化を起こして、そのノードに設定されているルールに影響を及ぼすほか、ポストコンディションルールなどは共有学習目標を直接参照することもできるので、それらへの影響も検討が必要である。

(1) ロールアップ処理

学習状態の変化は、共有学習目標を介しても伝搬する。従って、図4のノード7で状態変化が起きた場合、Objを経由して、ノード9→8→2→0のパスのロールアップも発生する。

(2) ポストコンディションルール処理

処理はカレントオブジェクトからルートノードに向けて実行される。そのため、ノード7がカレントオブジェクトの場合、ノード7→3→2→0のパスで処理が行なわれ、Objは無関係である。ただし、(1)のロールアップ処理でノード2、0の状態が変化し、それらのノードにルールが設定されていた場合は、Objを経由した状態変化もルールの評価に影響を及ぼす。

(3) シーケンシング処理

前節で述べたように、処理はカレントオブジェクトを含むサブツリー内で行われる。従ってサブツリーの範囲に、共有学習目標を参照する他のノードが含まなければ影響はない。図4の例では、ノード2以下のサブツリー内を検索するまでは影響はない。

(4) 学習コマンドリスト生成処理

前節(4)で述べたように、処理はカレントオブジェクトからルートノードまでの各ノードが関係する。各ノードの実行可能コマンドが、ノードの状態に依らず変化しなければ通信は不要である。依存していても、ノードが(1)で述べた共有学習目標からのロールアップの範囲外であれば影響を受けない。

6.2 分散プラットフォーム間学習状態伝搬方式

以上の検討に基づき、複数プラットフォーム間で共有学習目標経由の学習状態伝搬を遅延させて、プラットフォーム間の通信を軽減する方式を検討した。

着目した点は、シーケンシング処理における移動先の検索範囲である。探索処理はカレントノードを含むサブツリー内で行われる。このサブツリーがカレントオブジェクトが配置されたプラットフォームに閉じていれば、プラットフォーム間通信は発生しない。

一方、検索範囲が他プラットフォームにまたがる場合は、プラットフォーム間通信は必須である。しかし、このとき、探索範囲のノードの学習状態は、シーケンシング処理の対象となるまでに確定していればよい。従って、図4でObjを経由してPF2およびPF0のロールアップによる状態変化が発生する可能性があっても、シーケンシング処理の検索範囲がPF1に閉じている間は、このロールアップ処理の実行は遅延でき、プラットフォーム間の通信を抑制できる。具体的な処理を図4を例に説明する。

- (1) PF1のロールアップ処理でObjの学習状態が変化した場合これを記録し、PF2への伝搬は行わない。
- (2) シーケンシング処理でPF1からPF2への移動が起きた(PF2が探索範囲に含まれた)場合、シーケンシングコマンドとObjの学習状態をPF2へ送る。
- (3) PF2はObjの学習状態とシーケンシングコマンドを受け取り、まず、Objを起点とするロールアップ処理を実行し、その後、シーケンシングを実行する。すなわち、まずObjにロールアップコマンドを送り、ロールアップ処理が完了してから、ノード8配下のサブツリーでシーケンシング処理を行う。

通常の処理の順序は、「ロールアップ処理」→「ポストコンディショナルルール処理」→「シーケンシング処理」であるので、上記の(3)では、シーケンシング処理

の途中で、ロールアップ処理が入れ子になって実行されていることになる。これによって、PF2でシーケンシング処理が行われるまで、Obj経由のロールアップ処理を遅延できる。なお、(1)~(3)の処理は、教材オブジェクトのデザインパターンに則って各レイヤーの処理が規定されているが、詳細は紙幅の都合で割愛する。

ここで、ポストコンディショナルルール処理は、シーケンシング処理の前のカレントオブジェクト(ノード7)からコンテンツツリーのルートノードへのパス上で実行されるので、PF2中のノードに設定されたポストコンディショナルルールの評価は不要である。しかし、上記のパス上にあるPF0中のノード2,0にポストコンディショナルルールが設定されている場合は、ObjからPF2を経由した学習状態変化がこれらのルール評価に影響を及ぼす。ポストコンディショナルルールが成り立つと、シーケンシング処理の対象コマンド自体が置き換えられるため、ノード2,0にポストコンディショナルルールが設定されている場合は、ロールアップ処理の遅延実行を適用することはできない。ただし、このような共有学習目標を経由した学習状態変化が、上位ノードのポストコンディショナルルールに影響を及ぼすケースは実用的に意味が薄く、実際SCORMのテストケースにもみられない。今回、これに関する議論の詳細は紙幅の都合で割愛する。

同様に、学習コマンドリスト生成処理についても、ノード2,0の実行可能コマンドがノードの学習状態に依存する場合は、ObjからPF2を経由した学習状態変化がこれらのノードの実行可能コマンドリストに影響を及ぼす可能性があるため、ロールアップ処理の遅延実行を適用することはできない。ただし、ほとんどの場合、実行可能コマンドはノードの学習状態に依存しないため、現在の実装では実行可能コマンドリストは初期化時に一度だけ設定している。これについては今後の実装で修正予定である。

6.3 動的再配置方式

前節では、共有学習目標が複数プラットフォームにまたがっている場合に、共有学習目標を経由したロールアップ処理を遅延させて、プラットフォーム間通信を抑制する方式を検討した。本節では、これに加えて、6.1.1で述べたコンテンツツリー上の親子間パスに着

目し、サーバ上のコンテンツの一部をタブレット端末などにダウンロード（再配置）し、端末上でオフラインで学習を継続し、再度、サーバと学習履歴を同期して学習を継続する方式を示す。

図4のコンテンツツリー全体が最初PF0に配置されていて、その後、一部のサブツリーを図のようにPF1に再配置して、オフラインで実行することを考える。ここで、前節で述べたように、PF0中のノード2,0にポストコンディショナルルールが設定されていて、ObjからPF2を経由した学習状態変化がこれらのルールに影響を与える場合は、通信が必要でオフライン実行はできない。そこで、ここでは、ポストコンディショナルルールとObjが同時には存在しないケースを考える。

Objが存在する場合は、前節の議論と同様、PF1外への移動が生じるまでObj経由のロールアップを遅延させることで、プラットフォーム間の通信を行わずにオフラインで学習を継続できる。従って、PF1では、前節と同様の処理を行う。

一方、上位ノード（図4のノード2,0）にポストコンディショナルルールがある場合は、PF1内に閉じた動作中でも、これらのルールがシーケンシングコマンドに影響を与える可能性があるため、ルール評価が不可欠である。また、ポストコンディショナルルールは当該ノードの状態を参照するので、そのノードの状態更新のためにロールアップ処理も必要である。

そこで、6.1.1で述べたように、ロールアップ処理、ポストコンディショナルルール処理が、カレントオブジェクトからルートまでのパス上のみで発生し、かつ、ロールアップ処理による学習状態の更新は、処理を行うノードの子ノードの状態のみに依存することに着目し、オフライン環境にルートまでのパス上のノードの教材オブジェクトをコピーする方式を検討した。これらのコピーには、ポストコンディショナルルールがそのまま含まれている。各ノードは子ノードの状態をキャッシュしていて⁽¹⁵⁾⁽¹⁸⁾、子ノードの状態が変化しない限り最新状態を保持しているため、PF1外への移動が生じるまでは、オフラインでオンラインと同一の処理を継続できる。なお、サブツリーをPF1にダウンロードし、PF0に学習状態をアップロード・更新する手順も、教材オブジェクトのデザインパターンに則って規定されているが、詳細は紙幅の都合で割愛する。

7. 実用的学習支援環境への適用

これまで開発を進めてきた分散マルチプラットフォームアーキテクチャを、以前検討した学習者適応型コンテンツ⁽⁷⁾やグループ型作問学習機能⁽¹²⁾を組み合わせた学習シナリオへ適用する。図5に概要を示す。全体は、学習者適応型の独習コンテンツ、テストバンク、グループ型作問学習から構成される。まず、独習コンテンツで学習を行い、一定のレベルに達したと判断されたらテストバンクに移動する。テストバンクで理解度の詳しいチェックを行い、その結果に応じてグループ分けを行って、独習コンテンツで学習した内容を応用するグループ型作問学習を行う。共有学習目標Ob1, Ob2は、独習コンテンツからテストバンク、テストバンクから作問学習に、理解度などの学習状態を引き渡すために用いる。また、テストバンクと、それ以外の機能はPF1とPF0に分散配置され、さらに、独習コンテンツはスマートフォンにダウンロード（再配置）してオフラインで学習することも想定している。

この環境では、すべての構成要素は第4章のデザインパターンを用いて実装され、第3章の通信パターンに準拠した通信を行う。また、本稿で示したプラットフォームをまたがる共有学習目標や動的再配置方式が適用されている。テストバンクは、内部に適応型テストロジックや問題データベースを有する複雑な構成が想定されるが、教材オブジェクトとしてのインターフェースをデザインパターンに則ったものとする事で、他の教材オブジェクトと連携させることができる。

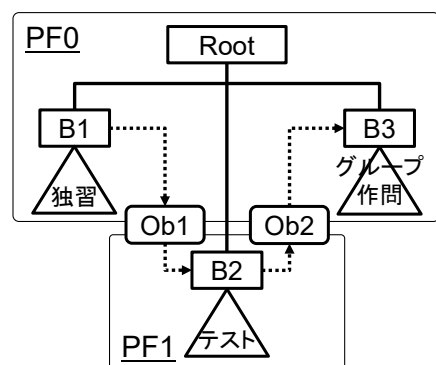


図5 実用的な学習支援環境の例

8. まとめ

拡張可能な学習支援システムアーキテクチャELECOAを基とした分散したマルチプラットフォーム

ム学習環境の検討・開発の状況について述べた。
ELECOA のデザインパターンはレイヤー型であり、物理的な通信手段を上位のレイヤーから隠ぺいすれば、さまざまな学習制御機能を実装した教材オブジェクトが複数プラットフォームで再利用可能な、分散マルチプラットフォーム学習環境を実現できる。本稿では、この特徴を生かして、教材オブジェクトをダウンロードしてオフラインで学習継続する方式、および、実用的な学習支援環境への適用例を示した。現在、これらについて最終的な実装開発を進めている。

謝辞

本研究は科研費 26280128, 17H00774 の助成を受けた。

参考文献

- (1) 仲林 清：“e ラーニング技術標準化と学習教授活動のデザイン —オープンな教育エコシステムの構築を目指して—”，人工知能学会誌, Vol.25, No.2, pp.250-258 (2010)
- (2) Advanced Distributed Learning: “Sharable Content Object Reference Model SCORM® 2004 3rd Edition” (2006)
- (3) IMS Global Learning Consortium: “IMS Question & Test Interoperability™ Specification Ver. 2.1 Final Specification” (2012)
- (4) Koper, R. and Tattersall, C. (Eds.): “Learning Design: A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training”, Springer (2005)
- (5) IMS Global Learning Consortium: “IMS Learning Design Ver. 1.0 Final Specification” (2003)
- (6) Nakabayashi, K., Morimoto, Y. and Hada, Y.: “Design and Implementation of an Extensible Learner-Adaptive Environment”, Knowledge Management & E-Learning: An International Journal, Vol.2, No.3, pp.246-259 (2010)
- (7) 仲林 清, 森本容介：“拡張性を有する適応型自己学習支援システムのためのオブジェクト指向アーキテクチャの設計と実装”，教育システム情報学会誌, Vol.29, No.2, pp.97-109 (2012)
- (8) 仲林 清, 永岡慶三：“拡張性向上のための教材オブジェクトアーキテクチャを用いた WBT システムの開発”，信学論(D-I), Vol.J88-D-I, No.6, pp.1104-1114 (2005)
- (9) 森本容介, 仲林 清, 芝崎 順司：“ELECOA における教材オブジェクト・プラットフォーム間インタフェースの設計と実装”，電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J98-D, No.6, pp.1033-1046 (2015)
- (10) 仲林 清, 森本容介：“拡張性を有する学習支援システムアーキテクチャにおける教材オブジェクト間通信パターンの検討”，信学技報, ET2014-100 (2015)
- (11) 仲林 清, 森本容介：“拡張性を有する学習支援システムにおける教材オブジェクトのためのデザインパターンの検討と試作”，信学技報, ET2016-39 (2016)
- (12) 仲林 清, 森本容介：“拡張性を有する学習支援システムにおける再利用性向上のための教材オブジェクトデザインパターンの設計と実装”，教育システム情報学会誌, Vol.35, No.3, pp. 248-259 (2018)
- (13) 森本容介, 仲林 清, 星野忠明, 前田宏：“ELECOA を用いた cmi5 対応学習管理システムの設計と実装”，教育システム情報学会誌, Vol.37, No.1, pp.19-31. (2020)
- (14) 仲林 清, 森本容介：“拡張性を有する学習支援システムの分散マルチプラットフォーム学習環境への適用検討”，電子情報通信学会技術研究報告, ET2017-34, pp.17-22 (2017)
- (15) 仲林 清, 森本容介, 池田 満, 瀬田 和久, 田村 恭久：“拡張性を有する学習支援システムアーキテクチャに基づく分散マルチプラットフォーム学習環境の検討と試作”，教育システム情報学会研究報告, Vol.33, No.5, pp.59-66 (2019)
- (16) Buschmann, F., Meunier, R., Rohnert, H. et al.: “Pattern-Oriented Software Architecture: A System of Patterns”, John Wiley (1996)
- (17) Gamma, E., Helm, R., Johnson, R. et al.: “Design Patterns”, Addison-Wesley (1994)
- (18) 森本容介, 仲林 清：“ELECOA における教材オブジェクト間通信削減方式”，教育システム情報学会研究報告, Vol.35, No.6, 発表予定 (2021)

ラーニングアナリティクスシステムの導入とその評価： 京都市内の中高一貫校における生徒の意識調査

黒宮寛之^{*1}, フラナガン・ブレンダン^{*2},
マジュンダール・リトジット^{*2}, 緒方広明^{*2}, 星野佐和^{*3}

^{*1} 京都大学大学院情報学研究科

^{*2} 京都大学学術情報メディアセンター

^{*3} 京都大学大学院人間・環境学研究科

Evaluation of the Introduction of the Learning Analytics System at a Junior High School in Kyoto

Hiroyuki Kuromiya^{*1}, Brendan Flanagan^{*2}, Rwitajit Majumdar^{*2},
Hiroaki Ogata^{*2}, Sawa Hoshino^{*3}

^{*1} Graduate School of Informatics, Kyoto University

^{*2} Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University

^{*3} Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University

This report describes a survey of students' utilization of learning analytics system in junior high schools in Kyoto. In April, 2019, we introduced tablet computers for all the students and a learning management system (Moodle), an e-book reader (BookRoll) and LA-View that were developed by our laboratory. This report shows the results of a questionnaire regarding the use of tablet PC and systems by students, which was conducted one and a half years after the introduction of the systems.

キーワード: 一人一台端末, 中等教育, LMS, デジタル教科書, ラーニングアナリティクス

1. はじめに

「公正に個別最適化された学び」をキーワードに現在初等・中等教育学校において1人1台端末の導入が進められている(文部科学省, 2020)。国内の中等教育段階における一人一台端末の導入に関しては, 小林(2019), 山口(2020)などでその効果が報告されているものの, 実際の教育現場で端末がどのように運用されているのか定量的に報告を行った事例は少ない。

京都大学緒方研究室では科研費・基盤研究(S)および内閣府戦略的イノベーション想像プログラム(SIPプログラム)の一環として, 京都市内の中高一貫校(以下, 調査対象校)と連携して, 2019年4月から主に中学校を対象としてタブレットの一人一台端末の導入とラーニングアナリティクス等の教育データの活用に関

する検証をつづけてきた。タブレット端末としてはMicrosoft Surface Goを配布し, さらに学習支援アプリケーションとして学習管理システム Moodle と電子教材閲覧システム BookRoll および, 学習分析ダッシュボード LAView を提供してきた。本報告では調査対象校における一人一台端末の活用状況を説明するとともに, 2020年の8月に行った中学生全学年に対するタブレット端末の利用に関するアンケートの集計結果を報告する。

2. 調査対象校でのタブレット端末活用状況

2.1 LMS の利用状況

調査対象校では LMS として Moodle を導入し, 各教科をコースとして登録し, 教材の配布や課題の収集

を行っている。コースはクラス単位で分かれており、クラス毎のアナウンスメントなどを行う際に便利である。生徒の家庭学習を支援する目的で、LMS は各家庭の PC・スマートフォンからもアクセス可能な設定にしている。



図 1 調査対象校における Moodle のコース画面

2.2 電子教材配信システムの活用状況

京都大学緒方研究室では電子教材閲覧システム BookRoll (Ogata et al., 2015) を開発しており、調査対象校にも導入している。BookRoll は Moodle の拡張アプリケーションという位置づけであり、LTI 認証によって生徒は Moodle からアカウント情報を引き継いだ形で利用可能である。BookRoll にはあらかじめ教科書や問題集などがアップロードされており、生徒は BookRoll の機能を使って、教材の上に直接マーカーを引いたりやメモなど取ることができる。また BookRoll にはクイズのレコメンド機能や辞書機能なども備わっており、生徒は教材に埋め込まれたクイズやアンケートに回答したり、英文中の分からない単語などをその場で調べることができる。

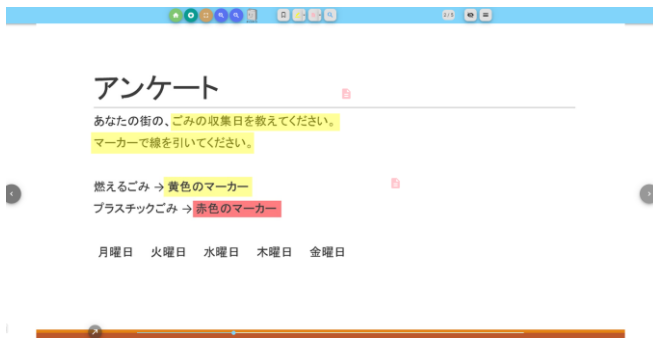


図 2 BookRoll による教材の配信

2.3 学習分析ダッシュボードの活用状況

緒方研究室では BookRoll 上で蓄積された学習ログを分析するアプリケーションとして LAView を開発し

ている。確認できる項目としては、生徒の教材閲覧時間、教材閲覧達成率、操作回数、マーカー、メモの数とその内容などがある。またここで明らかになった学習上のデータをもとに、教員は生徒に Moodle 上で個別にメッセージを送ることもできる。

学生名	時間 (分)	達成率	操作回数	赤マーカー	黄マーカー	メモの数	ブックマーク
Ogata-student Hiroaki	0	0	0	0	0	0	0
Horuchi Chika	23	100	83	1	3	2	0
Takii Kensuke	109	100	224	0	4	9	4
Kurumiya Hiroyuki	8	100	33	0	2	2	0
Nakagawa Ayumi	490	100	1081	8	9	24	10
Ogata Hiroaki	51	100	129	0	4	5	0
Hoshino Sanae	6	60	8	0	0	0	2
Shimamoto Miho	0	0	0	0	0	0	0
テストユーザー 学生 1.0	0	0	0	0	0	0	0
テストユーザー 学生 1.1	0	0	0	0	0	0	0

図 3 分析ツールによる学習履歴の確認 (フィードバックパネル)

3. 1人1台端末の利用に関する生徒意識

3.1 アンケートの実施と結果

1人1台端末導入後の生徒意識を調査するため、中学1年から3年の生徒360名を対象に質問紙調査を行った。調査は Google Form を利用して記名式(学籍番号のみ)で実施した。質問紙は全部で28問で1)回答者の属性に関する質問、2)タブレット端末の利用に関する質問、3) Moodle の利用に関する質問、4) BookRoll の利用に関する質問、の大きく以下の3つの項目で構成された。今回は2~4の項目全25問に関する回答の集計結果を掲載する。

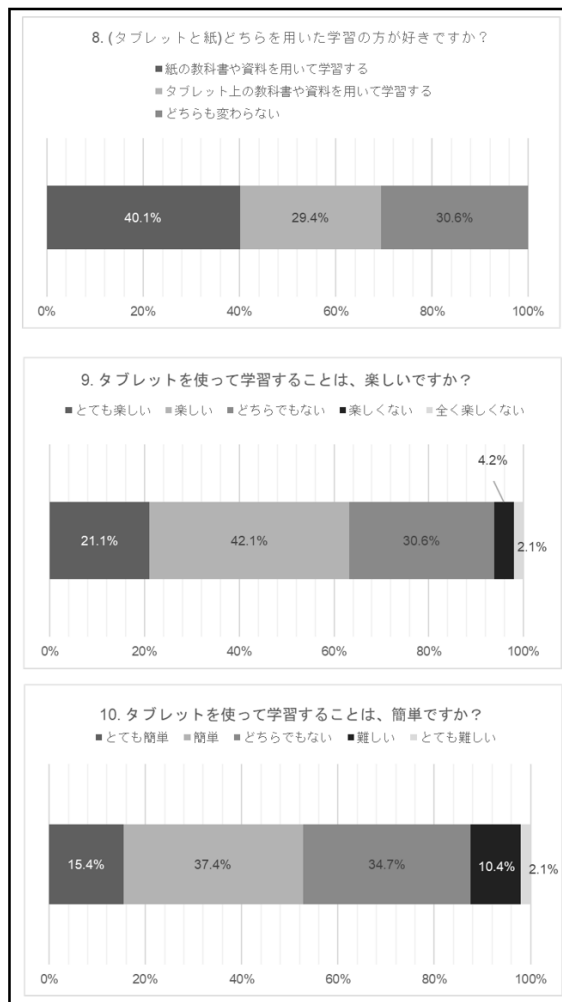
アンケート調査の結果337名(回答率93.6%)の生徒から回答を得た。アンケート調査の結果を図4、図5に示す。図4は質問カテゴリ1)、2)、図5は質問カテゴリ3)にそれぞれ対応している。各質問文下の値(%)は、当該選択肢を選んだ生徒の率である。

図4「8. タブレットと紙のどちらを用いた学習が好きか?」という質問に対しては「紙の教科書や資料」を好む生徒が40.1%、「タブレット上の教科書や資料」を好む生徒が29.4%と紙派のほうが10.7%多い結果となった。ただし設問「9. タブレットを使って学習することは楽しいですか?」「10. タブレットを使って学習することは簡単ですか?」については、それぞれ「楽しくない」「難しい」と答えた生徒の割合は6.3%、12.5%にとどまっており、生徒はタブレットの操作に関して困難さを感じているわけではないことがわかる。

LMSの利用については、設問12より、約9割の生徒がほとんど毎日 Moodle にアクセスしていることが明らかになっており、「13. Moodle は自身の学習にとって便利ですか？」に対して約74%の生徒が「便利」と回答していることから、一定の学習効果をあげてい

ると思われる。また「14. Moodle の操作は簡単ですか？」に対して「難しい」と回答した生徒の割合は4.5%にとどまることから、大半の生徒たちは Moodle の使用に問題なく適応しているようである。

1) タブレットを使った授業や学習について



2) Moodleの利用について

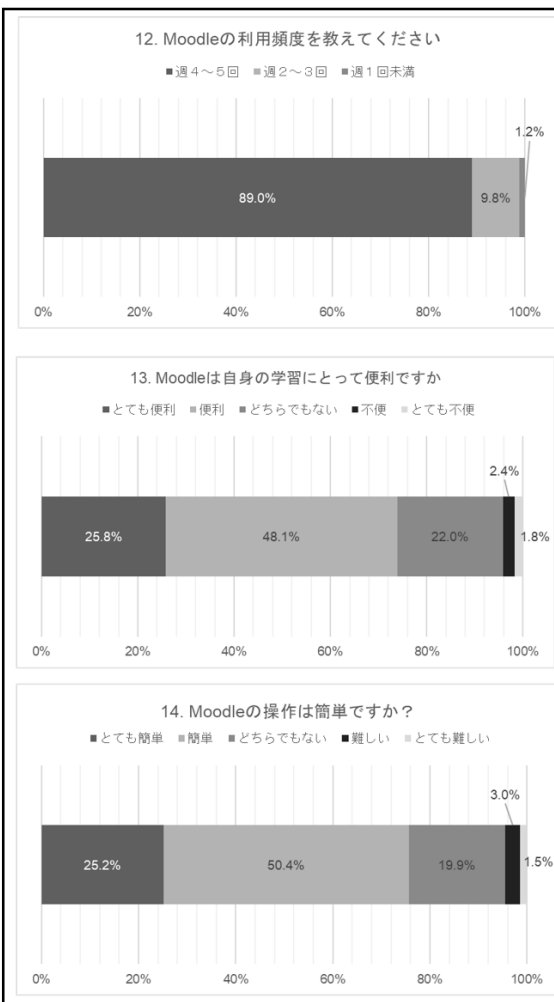


図4 アンケート結果 (タブレット・Moodleの利用について)

また図5「BookRollについてのアンケート結果」を見ていくと、設問17「BookRollの利用頻度を教えてください」より、Moodleよりは頻度が落ちるものの、約6割の生徒がほぼ毎日利用していることがわかる。また、操作感に関しても設問18「BookRollを使うのは簡単ですか？」に対して「難しい」と回答した生徒は4.8%であることから、大半の生徒は問題なく使いこなしていると考えられる。ただし、設問21「教科書(問題集)をBookRollを使って閲覧することは便利ですか？」、設問22「宿題をBookRollを使ってすることは便利ですか？」という質問に対しては一定数(それぞ

れ11.0%、16.0%)の生徒が「便利でない」と回答しており、紙の教材と比較して便利かと問われるとそうでないと感じる生徒が少数ではあるがいるようであり、今後のUIなどの改善が必要と思われる。一方で、設問27「Moodle/BookRollを継続して利用したいですか？」という質問については76.3%の生徒から肯定的な回答を得た。

また本質問紙にはMoodle/BookRollの利点・欠点について生徒に自由記述回答を求めた項目があった。設問文としては設問15, 16「Moodleを使ってみて良い/良くないと感じたところ」、設問23, 24「BookRoll

を使ってみて良い／良くないと感じたこと」が対応した。
 表 1 にその回答のうち代表的な反応を抜粋して示

BookRollの利用について

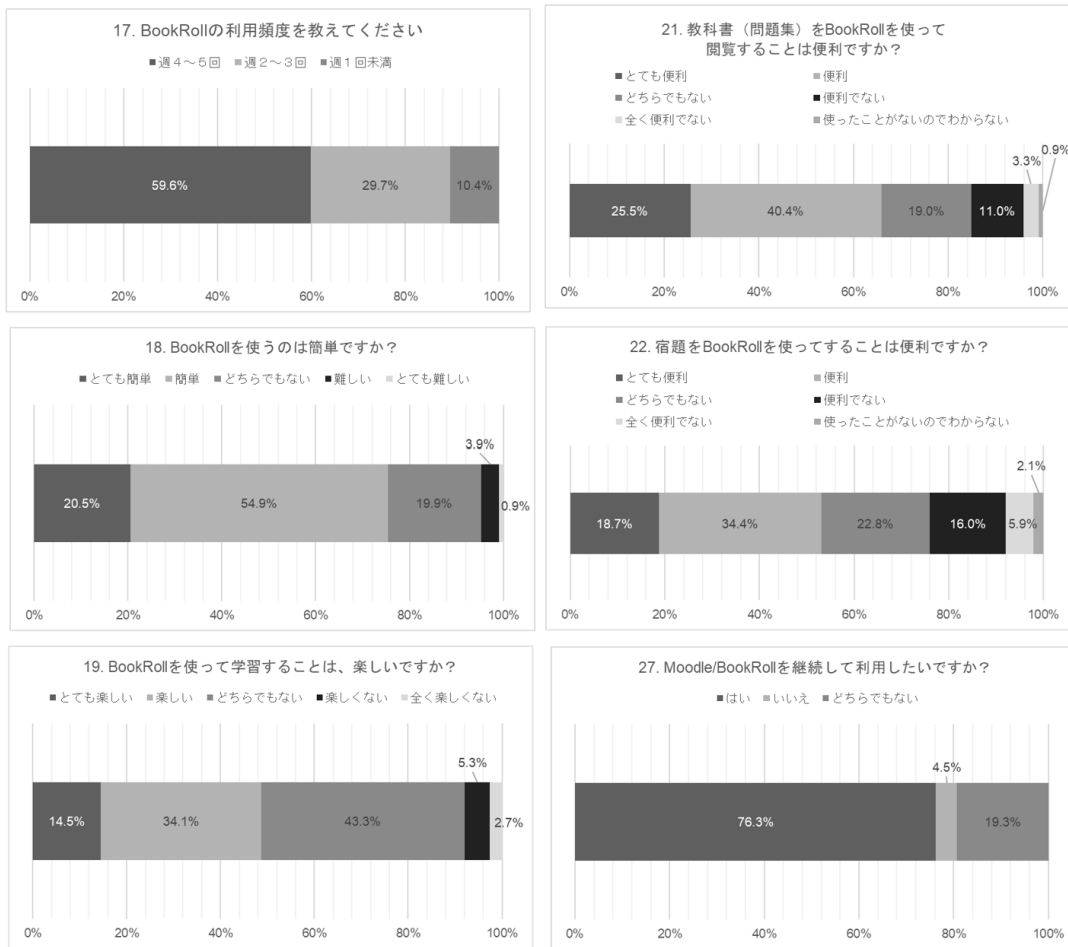


図 5 アンケート結果 (BookRoll の利用について)

表 1 Moodle/BookRoll の利点と欠点

項目	Moodle	BookRoll
利点	<p>【荷物の軽減】かさばらない／教科書を持ってこなくていい</p> <p>【情報共有】生徒同士のやりとり／先生とのやりとり／意見交換</p> <p>【パソコンスキル向上】苦手なパソコンに慣れ、使えるようになった</p>	<p>【多機能】何でも BookRoll ができる／様々な教科書をタブレット一つで見れる／メモが取れる</p> <p>【多読】英語の本（絵本）が読める</p> <p>【時間・場所を問わず学習が可能】家でも簡単に多読や問題ができる／何度も解ける</p>
欠点	<p>【健康面】目が悪くなる／痛くなる／疲れる</p> <p>【紙の方が便利】充電／ネット環境がないと使えない／メモがしづらい</p> <p>【不具合が起きやすい】ときどきバグる／うまく繋がらない／誤作動が多い</p>	<p>【データが重い】ページに飛ぶのが重いと大変／鈍い</p> <p>【不具合が多い】触っただけでページが不意に飛ぶ／次のページに行こうとすると固まる</p> <p>【リマインド】チェックを忘れやすい</p>

また設問 28 では Moodle/BookRoll の継続を希望する／しない理由を尋ねた。継続を希望する理由として「便利だから」「かさばらない」「使っていて面白い」といった意見がみられたほか、継続を希望しない理由としては「アナログのほうが思った通りに動く」「いちいちタブレットを起動するのがめんどくさい」といった意見がみられた。また「どちらでもない」と回答した生徒の中には「紙とタブレット、それぞれにメリット・デメリットがあり優劣をつけられない」「タブレットを使う授業と使わない授業があり、タブレット使用による学習環境の向上が実感しにくい」という意見もみられた。

3.2 アンケート結果についての考察

調査結果から、調査対象校におけるタブレット端末に対する生徒の意識の一端が伺える。タブレット端末の学習利用全体としてみるとタブレット端末での学習よりも紙を使った学習のほうが選好されているという結果が得られたが、LMS や電子教材閲覧システムという単位で見るとその利点が認識され、継続利用を希望する生徒が多数派であった。

また、自由記述の回答から「タブレットを使う授業と使わない授業があることで学習効果を実感しにくい」という意見もあり、どちらかに統一することで生徒の利便性の向上が図れる可能性も示されており、今後タブレット端末をどのように全体的に活用していくかは大きな課題である。また、そのために継続的にソフトウェアの改善していくことも必要である。

ただし本調査の結果から一つ確実に分かったことはタブレット端末の利用に関して困難さを感じている生徒はごく少数であるということである。現在教員の ICT 活用スキルが課題となる中で（国立教育政策研究所、2020）、学習者側の ICT 機器への適応能力は非常に高い傾向がある可能性が示された。このことは、教える側に ICT 機器の使用スキルに関する不安があっても、生徒側としては難なく適応してしまう可能性が高いことを示している。

また、今回生徒向けのアンケートのほかに教員向けのアンケートも行った。今後は教員用アンケートに関する分析も行い、教員から見た 1 人 1 台端末の効果についても明らかにしていきたい。

4. まとめ

本事例ではおおむねタブレット端末の授業利用は生徒から好評で、これからも LMS/BookRoll の利用も含めて継続的に活用していきたいとの意見を得た。タブレット端末の配布を機に生徒と教員のコミュニケーションの機会も増え、教科書を持ち運ばなくてよくなったという点で学生の負担軽減も確認されている。今後は主に学習ログの活用に関した、タブレット端末の効果的な活用法を提案・実践し、データの活用によるエビデンスに基づく教育の実現を目指したい。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金・基盤研究 S

「教育ビッグデータを用いた教育・学習支援のためのクラウド情報基盤の研究」(16H06304) 及び内閣府戦略的イノベーション創造プログラム (S I P) / ビッグデータ・A I を活用したサイバー空間基盤技術：エビデンスに基づいたテラーメイド教育の研究」(課題番号：18102059-0) の支援を受けたものである。

参考文献

- (1) 文部科学省：“GIGA スクール構想の実現へ 1 人 1 台端末は令和の学びの「スタンダード」”，文部科学省，2020-06-25，https://www.mext.go.jp/content/20200625-mxt_syoto01-000003278_1.pdf，（参照：2021-02-09）
- (2) 小林道夫：“一人一台タブレット PC 必携の効果と課題”，神奈川大学心理・教育研究論集，第 46 号，pp. 173-183（2019）
- (3) 山口大輔：“貸与端末によるデジタル教科書・教材端末用意の重要性”，日本デジタル教科書学会発表予稿集，Vol.9，pp.11-12，2020
- (4) 赤堀侃司・和田泰宜：“学習教材のデバイスとしての iPad・紙・PC の特性比較”，白鷗大学教育学部論集，6(1)，15-34，2012
- (5) 国立教育政策研究所編：“教員環境の国際比較：OECD 国際教員指導環境調査 (TALIS) 2018 報告書 [第 2 巻]”，明石書店，2020。
<https://www.nier.go.jp/kokusai/talis/pdf/tails2018-vol2.pdf>，（参照：2021-02-10）

「ICT を活用した看護教育の新しいオンラインコンテンツの開発」

小池武嗣

聖隷クリストファー大学看護学部

Report on the Development of Online Content

for Nursing Education Utilizing ICT

Takeshi KOIKE

Seirei Christopher University

This report is an experimental study of new online content for nursing education. Currently, university students can study various online contents on a personal computer. In order to create more effective online content for nursing education, we compared it with existing online teaching materials and investigated the characteristics of necessary ICT equipment. It became the basic material for creating new online content for nursing education.

キーワード:看護教育、オンラインコンテンツ、シミュレーション、バーチャルリアリティ、アクティブラーニング

1. はじめに

今回、コロナ禍となり、ようやく様々な教育機関が、オンラインによる教育方法について、真剣に試行錯誤を行う（行わざるを得ない）段階となった。新しい映像技術や ICT は年々、高性能化および利便化されてきており、様々な分野での活用が期待されている。特に医療系の養成学校では、より効果的な技術習得などのため、次々と新しい映像技術や ICT の活用が行われてきている。

本研究は、新しい映像技術や ICT 技術の応用により、どのような看護教育におけるオンラインコンテンツを開発していくことができるのか、その可能性を探るための実験的調査である。

実際に新しい映像機器および ICT を使用し、看護の演習での活用できるオンラインコンテンツを作成し、数パターンの実験的検討を行った。同時に、最新の映像技術や ICT に関する基礎知識および特徴を理解し、現在、看護教育に使用している教材などとの比較調査も行った。

そして、オンラインコンテンツ制作における必要な機材などについても比較検討を行った。調査内容をまとめ、どのような看護教育におけるオンラインコンテンツを制作していく必要があるのか、また、オンラインコンテンツの開発サイクルについても明確にした。

いつでもどこでも学生が自由に利用できるオンラインコンテンツ環境を整えていくための基礎資料となるよう、研究及び調査内容をまとめた。

今後、教育現場において、新しい映像技術や

ICT の活用は、必要不可欠であり、新しいオンラインコンテンツの開発が、より有意義な教育方法のひとつとして、質の高い選択肢となるのではないかと考えている。

筆者はすでにパソコン上で動作する看護教育のためのオンラインコンテンツの開発に着手しており（写真 1）、いくつかの実証実験も行っている。今回の報告により、看護教育の関わる教員だけでなく、様々な教育機関の関係者との情報共有も期待している。



写真 1 看護教育におけるオンラインコンテンツの例

2. 研究方法

まず、看護教育における現状のオンライン教材と、最新の映像技術や ICT を活用したオンラインコンテンツの比較検討を行った。

そして、新しい映像技術や ICT を用いた演習に必要な機材やコンテンツおよび看護教育オンラインコンテンツにおける開発サイクルを検討した。

次に実際にオンラインコンテンツを開発していくプロセスをまとめ、どのような開発環境やプラットフォームを形成していく必要があるかを検討した。

最後に、後のオンラインコンテンツの限界、具体的には実際の対面実習や演習との比較を検討した。

3. 研究結果

看護教育における現状のオンライン教材と、最新の映像技術や ICT を活用したオンラインコンテンツの比較検討を行った結果をもとに、「現実感」と「相互性」に焦点を当てた比較図を作成した。(図 1)

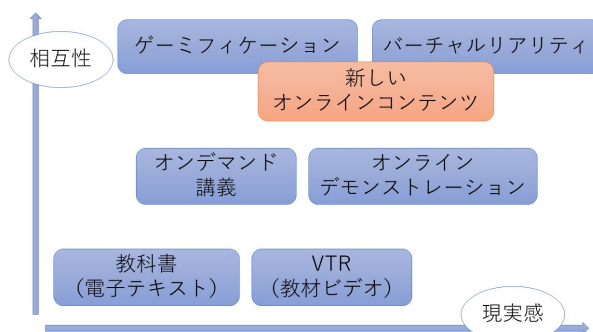


図1 現状のオンライン教材と、最新の映像技術やICTを活用したオンラインコンテンツの比較

実際にオンラインコンテンツを開発するにあたり、必要な機材を実際に購入して、試行し、それぞれの効果や特徴をまとめた図を作成した。(図 2)



図2 看護教育のオンラインコンテンツ作成に活用できる機材のまとめ

看護教育オンラインコンテンツにおける開発サイクルを検討した結果をもとに、効果的な開発サイクルの図を作成した。(図 3)

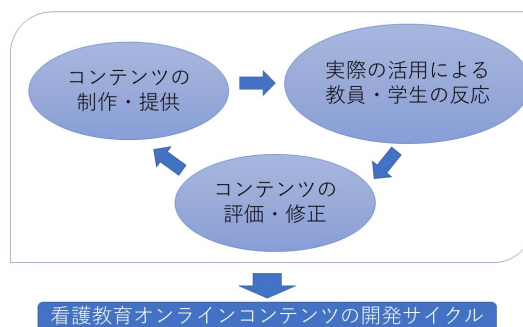


図3 オンラインコンテンツの効果的な開発サイクル

次に実際にオンラインコンテンツを開発していくプロセスをまとめ、どのような開発環境やプラットフォームを形成していく必要があるかを検討した結果、学内におけるオンラインコンテンツを取り巻く環境やどのようなコーディネートが必要であるかが明らかになった。(図 4)(図 5)



図4 オンラインコンテンツを取り巻く学内の環境

オンラインコンテンツ開発コーディネートの流れ

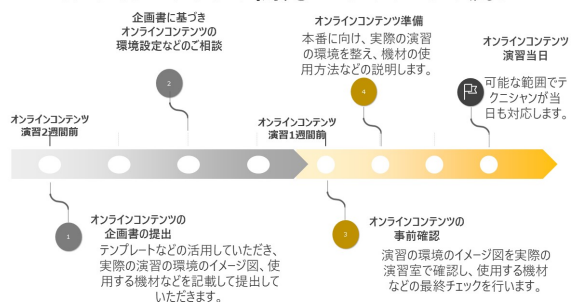


図5 オンラインコンテンツ開発のコーディネートの流れ

最後にオンラインコンテンツの限界、具体的には実際の対面実習や演習との比較を検討した結果、「実際の演習」時における「動作」「触知」「場所」に焦点をあてた比較図を作成することができた。(図 6)

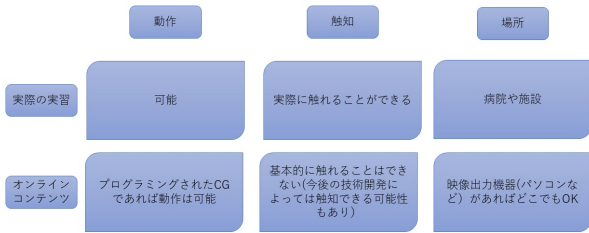


図6 オンラインコンテンツと実際の実習との比較

4. 考察

今回、実際に ICT を活用して様々なオンラインコンテンツを制作してみた結果、技術の進化とともに、安価で高性能な映像関連の機器が手に入り、そしてそれほど難しくないレベルで操作ができることがよく分かった。具体的には、図2にあるような360度カメラや構成のパソコンでのCG(コンピュータグラフィックス)制作ソフトなどである。ここでいくつかを紹介する。下の画像は、ホームページのHTMLプログラムで制作したもの、CG(コンピュータグラフィックス)を活用したもの、そして360度カメラで制作したものである。(写真2~4)



写真2 360度カメラを活用したオンラインコンテンツ



写真3 CGを活用したオンラインコンテンツ

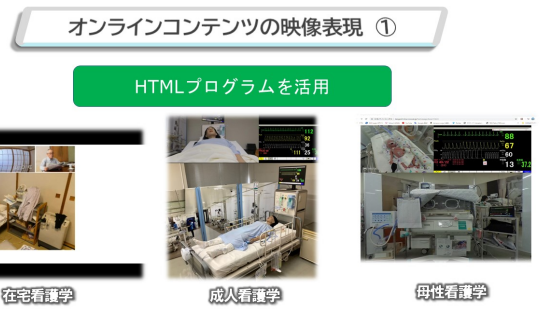


写真4 HTMLプログラムによるオンラインコンテンツ

看護教育における現状のオンライン教材と、最新の映像技術やICTを活用したオンラインコンテンツの比較検討を行った結果より、演習などにおける、「相互性」や「現実感」といった観点から考察すると、新しい映像技術やICTを活用する演習の位置づけが明確になった。この位置づけを意識しながら、ほかの教材との組み合わせを検討していくことで、「相互性」や「現実感」をそれぞれで補完しながら、効果的な学修を行っていくことができるのではないかと考える。

今まで行われていた実際の実習と新しい映像技術やICTを活用する演習とでは、それぞれのメリットおよびデメリットが存在し、習得する技術の内容や学修目標に応じて、演習方法の検討や使い分けが必要であると考えられる。

新しい映像技術やICTの種類と特徴を調査し、実際に検証することで、看護教育において新しい映像技術やICTなどをどのように活用していくべきかを検討するための現実的な基盤を構築できたのではないだろうか。

看護教育における現状の教材と新しい映像技術やICTの特徴、看護教育における教材と新しい映像技術やICTの比較、看護教育における必要な機材やコンテンツについて、それぞれの特徴が明確になったため、これらを情報共有することで、より効率的に質の高いオンラインコンテンツの開発を進めていけるのではないかと考える。

そして多くの看護教員がこのようなオンラインコンテンツの開発を行っていきけるようなプラットフォームの形成が重要であり、コーディネートを行う教員や委員会などの組織づくりが重要となってくると思われる。

看護教育におけるオンラインコンテンツは、使用用途、使用人数によっても様々な調整が必要である海外に比べ、日本における看護系オンラインコンテンツの種類もまだ不十分であるため、様々な専門家との連携をはかり、より効果的に看護教育のオンラ

インコンテンツの充実を急ぐ必要がある。

現在の映像技術によるオンラインコンテンツは、とてもリアリティ（現実感）があるため、それを用いた教育は、実際の現場での看護の質の向上にどのくらい影響があるのかについては、引き続きオンラインコンテンツの開発とともに調査を行っていく予定である。

今後は、実際の経験が重要とされている、病院などの現場での実習場面をオンラインコンテンツの目玉として、開発を進めていきたいと考えている。新しい映像技術や ICT を活用したオンラインコンテンツで、どのように、実習などのリアリティを表現していけるのか、そして、そのオンラインコンテンツの教育効果の検証も同時に行っていく必要があるだろう。

現在、コロナ禍において、オンライン演習や、シミュレーションや新しい映像技術や ICT を活用した教育方法のニーズは高まっており、すぐに実践で活用できるような新しいオンラインコンテンツの誕生が望まれている。

今後も、実際に新しい映像技術や ICT を活用して、オンラインコンテンツの開発を行っていくとともに、たくさんの看護系学校の教員との連携をはかり、学校の垣根を越えた、皆で共有できる新しい教材作成のためのプラットフォームを形成しながら、看護教育のためのオンラインコンテンツに関する研究を継続していく予定である。今回の報告は、それらの研究活動をさらに推し進めていくための基礎資料となった。

参考文献

- [1]Chang-Yen LIAO; Wen-I LIU
Current Status and Prospects for Information Communication Technology (ICT) in Allied Health Education.
Journal of Nursing (J NURS (ROC)), Oct2020; 67(5): 6-11. (6p)
- [2]Petit dit Dariel, Odessa J.; Raby, Thibaud; Ravaut, Rothan-Tondeur, Monique
Developing the Serious Games potential in nursing education.
Nurse Education Today (NURSE EDUC TODAY), Dec2013; 33(12): 1569-1575. (7p)
- [3]Brunges, Michele; Hughes, Theresa E.
Using Virtual Human Technology in Perioperative Team Training Simulations. AORN Journal (AORN J), Jun2020; 111(6): 617-626.
- [4]Liaw, Sok Ying; Wu, Ling Ting; Soh, Shawn Leng Hsien; Ringsted, Charlotte; Lau, Tang Ching; Lim, Wee Shiong;

Virtual Reality Simulation in Interprofessional Round Training for Health Care Students: A Qualitative Evaluation
Study, Clinical Simulation in Nursing Aug2020; 45: 42-46.

[5]Zackoff, Matthew W.; Li Lin; Israel, Keith; Ely, Kelly; Raab, Dana; Saupe, Jennifer; Klein, Melissa; Sitterding, Mary: The Future of Onboarding: Implementation of Immersive Virtual Reality for Nursing Clinical Assessment Training. Journal for Nurses in Professional Development (J NURSES PROF DEV), Jul/Aug2020; 36(4): 235-240.

[6]CHU Jie; YAN Min; YU Jiabin: Application of virtual reality+immersive experience learning model in nursing practice teaching of vascular surgery, Chinese Nursing Research (CHINESE NURS RES), 5/15/2020; 34(10): 1804-1806.

ロボット講義における講義シナリオの適応的制御

柏原 昭博^{*1}, 菅原 歩夢^{*1}

^{*1} 電気通信大学 大学院情報理工学研究科 情報学専攻

An Adaptive Lecture Scenario for Interactive Robot Lecture

Akihiro Kashihara^{*1}, Ayumu Sugawara^{*1}

^{*1} Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

あらまし：筆者らは、これまでロボットを用いて少人数向けの講義を代行するシステムを開発し、人間による講義をエンハンスできることを検証してきた。本稿では、学習者の受講状態に応じてロボットが講義シナリオを再構成しながら、インタラクティブに講義を実施する方法について述べる。本システムを用いたケーススタディの結果、講義に追従するのが難しい学習者に対して、インタラクティブロボット講義が有効に機能する可能性が示唆された。

キーワード：インタラクティブロボット講義，講義動作，講義シナリオ制御，注意制御

1. はじめに

人型のロボットは、学習メディアとしてモノではなく人とみなされる傾向（擬人化傾向）があり⁽¹⁾、物理的な身体性を有していることから、学び相手として学習者に存在感（presence）を与えることができる⁽²⁾。このようなロボットが醸し出す存在感は、人同士のコミュニケーションに近い真正さを生み出し、学習者から学びの心理的・情動的効果や向社会的行動⁽³⁾を引き出す可能性が指摘されている。特に、ロボットを用いた場合、言語情報に加えて表情や視線、ジェスチャーなどの非言語動作（振る舞い）を伴わせることで、学習者の共感や安心感、エンゲージメント（積極的関与）や動機付けなどを高め、認知的効果につながることを期待できる⁽⁴⁾。

筆者らは、これまで少人数向けの講義を題材として学習者のエンゲージメントを引き出すためにロボット講義を実現してきた^{(5),(6),(7)}。通常、講義では学習者自身が講義コンテンツ（スライド内容や口頭説明）に興味を持ち、注目すべき箇所に注意を向けて集中するように、講義に対する学習者のエンゲージメントを引き出

すことが重要である。しかしながら、熟練講師でも、講義中継続して学習者の興味を喚起し、注意・集中を促すことは容易ではなく、しばしば学習者は講義に追従できず、不十分な理解のまま講義を終えてしまうことが起こる。ロボット講義では、こうした問題を解決するために、人間講師の講義動作をモデルベースに診断し、不十分な注意制御動作を同定するとともに再構成して、講義を再現することができる^{(5),(6)}。評価実験の結果、人間講師によるビデオ講義やロボットによる講義の単純再現と比べて、ロボットによる講義動作の再構成によって学習者の講義理解が有意に高まることが確認され、学習者のエンゲージメントを引き出すことに貢献する可能性が示唆された⁽⁷⁾。

一方、ロボット講義では、学習者の受講状態に関わらず講義を遂行するため、学習者が講義に追従できないことが起こる可能性がある⁽⁸⁾。通常の講義では、学習者が分かっていないようであれば該当箇所を繰り返す、講義の進行に追いつけないときは間（ポーズ）を取る、すでに理解しているコンテンツならスキップする等、学習者の受講状態に応じて適応的に講義シナリオが変

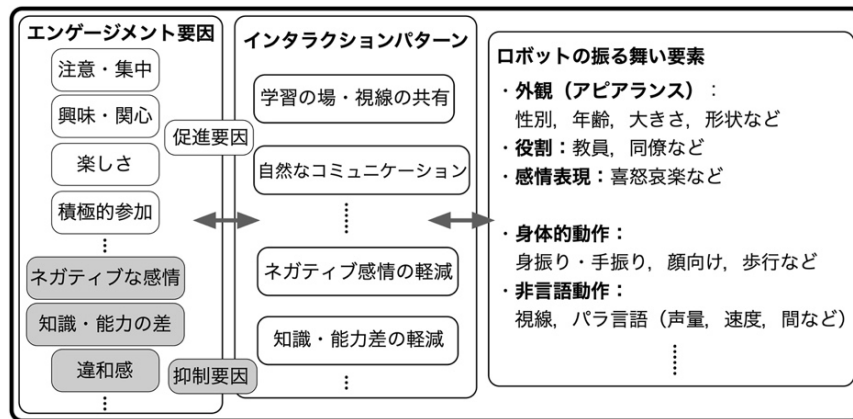


図1 エンゲージメントモデル (文献⁽⁷⁾に掲載の図を改変)

更される。

本稿では、こうしたインタラクティブな講義をロボットが遂行するための講義シナリオ制御方法について述べる。また、その有効性を評価するために実施したケーススタディについて報告する。実験の結果、これまでのロボット講義と比較して、講義の追従が困難な学習者の講義理解を有意に高める可能性があることが示唆された⁽⁹⁾。

以下、2章ではこれまでのロボット講義について概観した上で、インタラクティブロボット講義の枠組みを示す。3章では、講義シナリオ制御方法を論じ、4章では本手法を用いたケーススタディについて報告する。

2. ロボット講義

2.1 エンゲージメントモデル

本研究では、ロボット講義の前提として、学びのコミュニケーションにおけるエンゲージメント (engagement) について検討を進めてきた^{(1),(7)}。エンゲージメントとは、興味や楽しみをもって学びの対象やプロセスに没入・熱中することであり、学びにおける認知的な気づきを得ることにつながる点で重要な役割を担っているといえる⁽¹⁰⁾。しかしながら、学習者とのコミュニケーションを通してエンゲージメントをいかに引き出すかは、人間教師にとっても自明ではない。

そこで、筆者らはロボットを学び相手として、学習者のエンゲージメントをいかに引き出すかを表現するモデルをデザインしている。図1に、エンゲージメントモデルを示す^{(7),(11)}。本モデルでは、エンゲージメン

トに影響を与える要因 (エンゲージメント要因)⁽¹²⁾を踏まえて、学習者からエンゲージメントを引き出すためのコミュニケーションパターンを対応づけている。また、そのパターンでのコミュニケーションを可能とするためのロボットの振る舞い要素 (外観、役割、感情表現、身体動作、視線など) を対応づけている。例えば、学習者の興味・関心を引き出すためには、ロボットが学習者と学びの場や視線を共有することが有効であり、これは学び相手の身体的動作としてロボットの視線や顔向けを制御することで可能となる。このようなモデルを参照しながら、これまで具体的な文脈として講義や英会話⁽¹³⁾を取り上げ、学習者のエンゲージメントを促進するために、モデルを詳細化してきた。

ロボット講義では、エンゲージメント要因として興味/注意・集中を取り上げ、講義コンテンツ伝達の場と視線の共有を可能とするロボットの振る舞い要素として顔向け、指さし、パラ言語に着目して、図2に示すような講義動作モデルを構築した⁽⁵⁾。講義動作モデルは、講義意図、動作カテゴリ、講義動作の基本構成要素から構成されており、講義意図を達成するための講義動作を基本構成要素の組み合わせとして導き出す。

例えば、講義コンテンツの注目すべき箇所への集中を促す意図 (意図2) については、動作カテゴリとして注意誘導が対応し、その動作を(a)視線をスライドに向けて指差しする、(b)声量を大きくするといったパラ言語、などの組み合わせで実施することで、その箇所に学習者の注意を誘導できることが表現されている。なお、講義意図は、図2に示すように4つに分けた学習者の受講状態を遷移させることとして定義されている。ロボット講義では、人間講師が事前に学習者の受

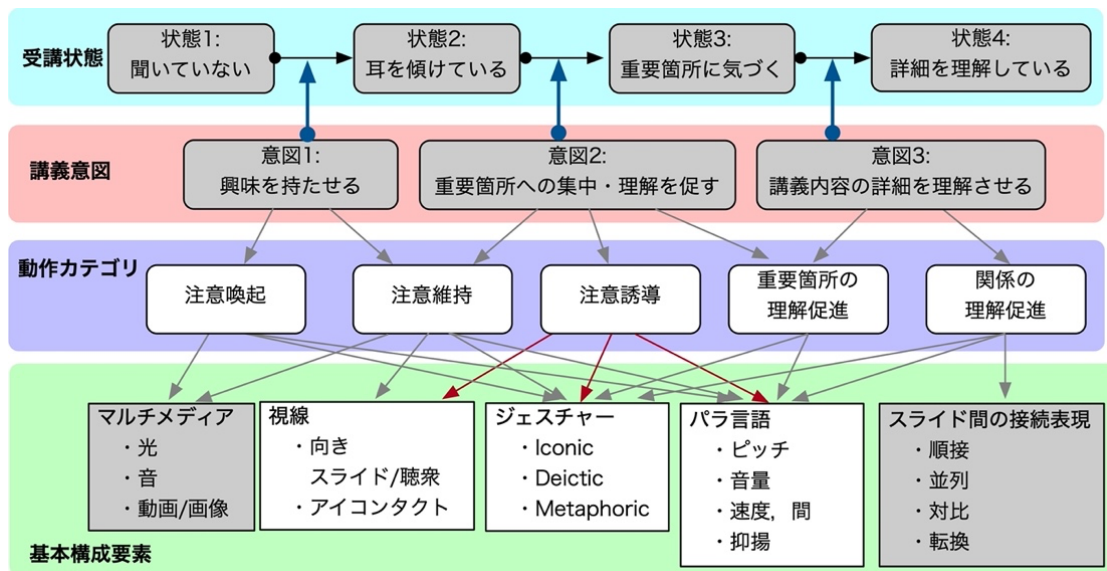


図2 講義動作モデル

講状態を想定した上で、講義意図を設定する。

2.2 ロボット講義システム

図3に、講義動作モデルを用いてロボット講義を遂行するシステムの枠組みを示す⁽⁶⁾。本システムでは、まず人間講師による講義コンテンツ（スライド、口頭説明、非言語動作）を収録する。収録データは、講義スライドの系列と、スライドごとに対応する口頭説明、非言語動作を含む講義シナリオとしてまとめられる。次に、講義動作モデルに基づいて講義意図に関わる講義動作を同定し、講義動作の適切さを診断する。そして、学習者の興味・注意・集中を喚起・誘導すべき動作のうち不十分・不適切な部分を同定して適切な動作に再構成する。このような再構成によって、講師による講義をエンハンスすることがロボット講義システムの主目的である。なお、本システムでは、人型ロボッ

トとしてVstone社のSotaを用いている。

また、ロボット講義システムの有効性を検証するケーススタディを実施した⁽⁶⁾。ここでは、同一講師による講義について、講師のビデオ講義、講義動作の再現によるロボット講義、講義動作の再構成を伴うロボット講義の3条件を設定し、受講後に講義コンテンツ伝達の場と視線の共有の度合いを問うアンケートと、講義コンテンツの理解度を問うテストを行った。

その結果、再構成を伴うロボット講義が、他の条件よりも有意にコンテンツ伝達の場・視線の共有を感じさせ、またテストの点数を有意に高めることにも寄与した。一方、再現によるロボット講義とビデオ講義の間には有意な差は見られなかった。これらの結果は、ロボットによる講義動作の再現ではなく講義動作の再構成が、エンゲージメントおよび認知的な効果の両面に寄与したことを示唆していると考えられる。

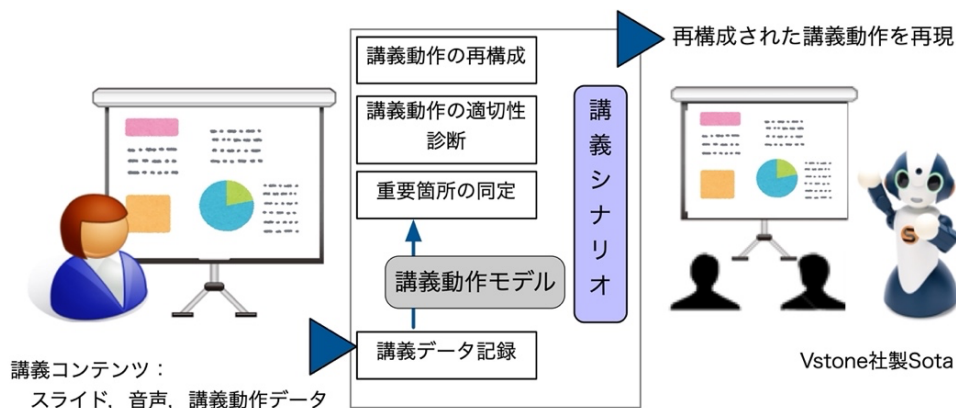


図3 ロボット講義システム

2.3 インタラクティブ講義

一方、講義では、通常学習者の受講状態が一定であることはなく、しばしば変化する。そのため、講義シナリオを適応的に変更し、学習者が講義の進行に追従できるように支援する必要がある。これまでのロボット講義では、事前に想定したシナリオにしたがい講義を実施していたが、学習者の受講状態を認識し、事前の想定とは異なる受講状態が検知されたときに講義シナリオを制御するようなインタラクティブなロボット講義について検討を進めている^{(8),(14)}。

インタラクティブロボット講義では、学習者の受講状態認識による講義意図の変更をトリガーとして、講義シナリオのシーケンスを制御する。そのために、講義動作モデルをベースに、図4に示すようなシナリオ制御モデルをデザインした。このモデルでは、講義意図の変化に応じてシナリオを再構成する際の動作カテゴリを定義し、その講義動作をポーズ・スキップ・リピートのいずれかとして実施するように、シナリオシーケンスに挿入する。

例えば、学習者が講義に耳を傾けている状態（状態2）を想定していたが、学習者がよそ見しており（状態1）、講義意図を意図2から1へと変化させる必要があると考えられる場合、このモデルでは「注意喚起」動作（学習者の方に視線を向け、声を上げて注意を行う等）が「よそ見」を正す上で必要であることから、シナリオシーケンスにポーズを挿入するという制御が行われる。そして、そのポーズにおいて注意を実施する。

また、講義の重要箇所気づいている状態（状態3）

を想定していたが、学習者がスライドを見ておらず、講義意図を意図3から2へ変化させる場合、「注意誘導」動作（スライド間をつなぐ表現を補完する等）が必要であるとして、スライドの該当箇所を繰り返し説明するという制御が行われる。なお、再構成の動作カテゴリで示される講義動作は、図2に記載された構成要素の組み合わせで実施される。次章では、講義シナリオの制御方法について詳述する。

3. 講義シナリオの適応的制御

インタラクティブロボット講義では、①学習者の受講状態推定、②講義シナリオの再構成、③シナリオに基づく講義の実演、の3フェイズで実施される。以下では、各フェイズでの処理について述べる。なお、技術的な詳細は文献に譲る^{(8),(14)}。

3.1 受講状態推定

このフェイズでは、図2に示す学習者の4状態を、非集中状態（状態1に相当）と集中状態（状態2～4）の2つの受講状態に分け、Kinectを用いて学習者のスケルトンデータと顔のトラッキングデータを取得し、姿勢と顔向きから非集中/集中状態を推定する。推定は、講義スライドごとに行う。

基本的に、顔が正面を向き、上体がまっすぐあるいは軽度な傾きの時間が最も多い場合に集中状態と推定される。それ以外の場合は、非集中として推定され、そのうち手の位置が机上にある割合が一定以上認められる場合はノートテイキングしている状態と推定され

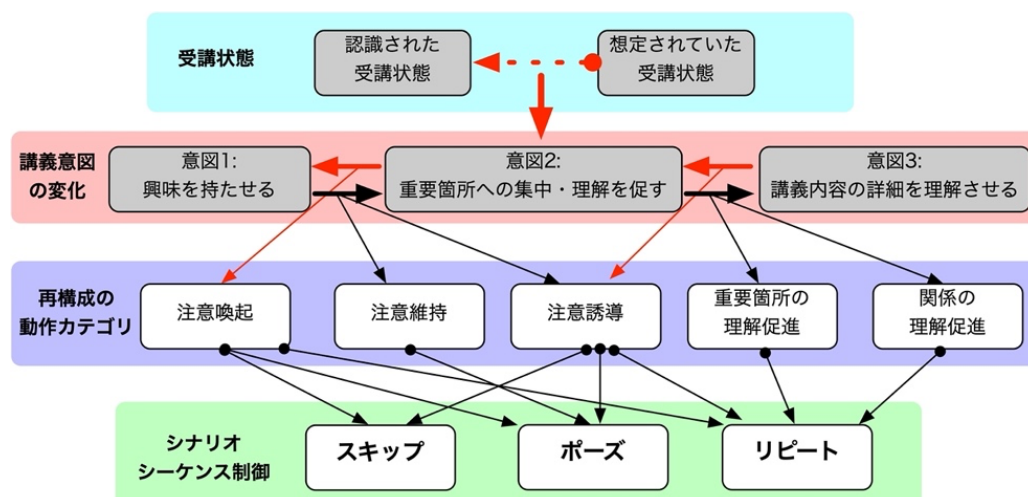


図4 シナリオ制御モデル

る。

なお、本推定手法では、熟練講師の推定方法を反映しており、ケーススタディの結果熟練講師並みの推定精度を実現できる可能性が示唆されている⁽¹⁴⁾。

3.2 シナリオ再構成

講義シナリオの再構成では、現在のスライドを説明しているときに推定された学習者の受講状態が、次のスライドで想定されている状態と一致している場合は、シナリオ通り次のスライドの説明に移行するが、不一致の場合には次のスライドで想定していた講義意図を変更し、図4のシナリオ制御モデルにしたがい、不一致を解消するための講義動作をスライドシーケンスに挿入する。

例えば、図2における意図1で現在のスライドの説明を終え、次に意図を1から2に変えて次のスライドの説明に進むシナリオにおいて、現在の説明時に推定された学習者の状態が非集中状態（状態1）だった場合、想定される状態2とは一致しない。この場合、意図を2ではなく1に変更して、(a)ポーズを入れるために注意喚起の動作を施す、(b)現在のスライドをリピートする等、スライドシーケンスを再構成する。このような講義意図の変更パターンに応じて、挿入すべき講義動作やそれに伴わせる口頭説明の内容（再構成用コンテンツ）を事前に用意しておき、シナリオシーケンスに適宜挿入することで、シナリオを再構成することになる。

3.3 講義の実演

シナリオに基づく講義の実演では、事前に準備した講義シナリオ、およびこれを再構成したシナリオをSotaが読み込むことで実施される。講義シナリオには、スライド切り替えタイミング、講義動作、再生音声、講義意図が含まれている。講義シナリオシーケンスを変更する動作を実施する場合は、SotaがWebブラウザを介して学習者に変更の可否を問いかけるようなインタラクションを想定している。

例えば、スライドを繰り返す場合には、学習者に対して再度スライドを説明すべきか問いかけ、学習者が同意すれば講義スライドシーケンスを変更する。繰り返しを不要とした場合は、もとのシナリオ通りに次の

スライドへ移行する。

4. ケーススタディ

インタラクティブロボット講義が、学習者の受講状態を考慮しないロボット講義と比べて、学習者の講義理解を促すかどうかを検証するために、開発システムを用いたケーススタディを実施した⁽⁹⁾。詳細は次の通りである。

4.1 実験手順・実験条件

被験者は、理工系大学生・大学院生16名とした。講義の条件は、講義シナリオ再構成ありのロボット講義（IL条件）とシナリオ再構成なしのロボット講義（NL条件）の2条件とし、実験条件の遂行順序によって被験者を2群（IL-NL群、NL-IL群）に分けた。各群に、被験者をランダムに8名ずつ配置し、被験者内実験として実施した。

本ケーススタディでは、「学習工学」について、内容の異なる2つの講義（講義1：学習工学と学習支援システム、講義2：社会構成主義的学習観に基づく支援）を準備した。各講義の時間およびスライド枚数は、ほぼ同程度とした（講義1：24分30秒、スライド28枚；講義2：22分40秒、スライド30枚）。IL-NL群の被験者は、講義1をIL条件で受講した後、講義2をNL条件で受講した。NL-IL群は、条件の試行順序を逆にして、講義1をNL条件で受講した後、講義2をIL条件で受講した。

講義受講中、すべての被験者に対して、講義内容について自由にメモを取ることを許可した。また、各講義終了後に講義内容に関する理解度テストを実施した。テスト問題は、スライド内問題3問、スライド間問題2問の計5問であった。スライド内問題とは個々のスライド内容だけで解答できる問題であり、スライド間問題とは複数のスライド内容に関係づけることで解答できる問題である。また、各理解度テストの後（事後アンケート）と、実験の最後（全体アンケート）にアンケートを行った。いずれのアンケートでも、講義やシステムに関する印象評価を行った。事後アンケートでは7件法で問い、全体アンケートでは講義1か2か二者択一で問うた。

なお、IL条件では、再構成用シナリオとして、①注

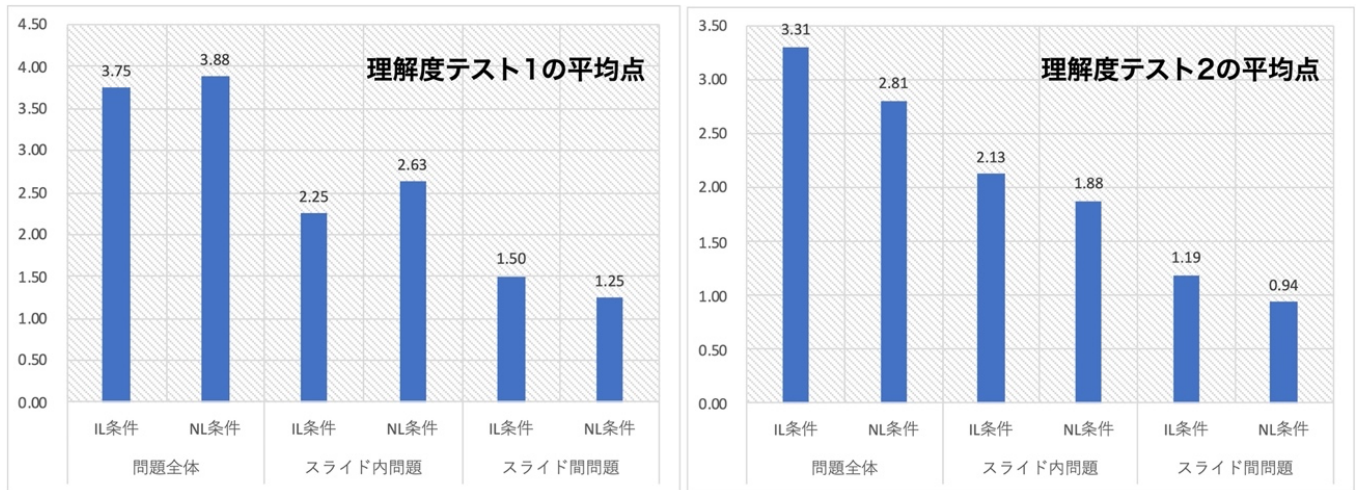


図5 理解度テストの平均点

意, ②スライド繰り返しの確認, ③間を空けるかの確認, ④注意とスライド繰り返しの確認の4つを用意した. ①と③は, 図4に示すポーズ, ②はリピート, ④はポーズとリピートに対応している. 今回の講義では, スキップ可能な箇所がないため, スキップは用いていない.

4.2 結果・考察

本研究では, すでにロボット講義が人間講師の講義ビデオに比べて講義理解に貢献することを確認しているが, 今回のケーススタディではこのロボット講義をベースラインとして, インタラクティブロボット講義の有効性を検討しようとするものである.

まず, 図5に, 講義1・2に対する理解度テスト(理解度テスト1・2)の結果を示す. 図5から, 理解度テスト1では両条件の被験者とも比較的高い点数を取っており, 両側t検定の結果有意な差は見られなかった ($t(14)=-0.228, p>0.10$). 理解度テスト2では, IL条件の被験者のほうが高い平均点となったが, 有意な差はなかった ($t(14)=-0.790, p>0.10$).

次に, 講義中のメモの取得状況を分析した. ここでは, NL条件でのメモ取得について, 理解度テスト5問中, 解答に必要なキーワードがメモ書きされていた問題数を調べた. 表1にその結果を示す. 両理解度テストともに, 約半数の被験者が全問題についてキーワードをメモに残しており, 講義に追従できていたことが示唆される. 一方, メモにキーワードを書けていない被験者については, 理解度テストが低くなる傾向となっていることが分かり, 講義の追従が難しかったこと

が示唆される.

表1 理解度テストにおけるNL群のメモの割合

理解度テスト1のNL群		
被験者	メモの割合	テスト点数
A	2/5	1
B	5/5	4.5
C	4/5	4
D	1/5	3
E	5/5	5
F	5/5	4.5
G	5/5	4.5
H	5/5	4.5
理解度テスト2のNL群		
被験者	メモの割合	テスト点数
I	5/5	3
J	2/5	2
K	5/5	4
L	4/5	2.5
M	2/5	0
N	5/5	3.5
O	4/5	3
P	5/5	4.5

そこで, 両理解度テストにおいて, IL条件の被験者と, NL条件の被験者のうちテスト点数が低い4名(NL-Low条件)を比較した結果を図6に示す. 両側t検定を行った結果, 理解度テスト1ではスライド間問題においてIL条件のほうがNL-Low条件より有意に高くなる傾向が見られた ($t(10)=1.97, p<.10, d=1.33$). Cohenの効果量dも大きくなった. また, 理解度テスト2でも, テスト全体, および各問題タイプの点数について, IL条件のほうがNL-Low条件よりも高いという傾向が見られた(テスト全体の点数: $t(10)=-1.97, p<.10, d=1.22$, スライド内問題の点数: $t(10)=-1.91, p<.10,$

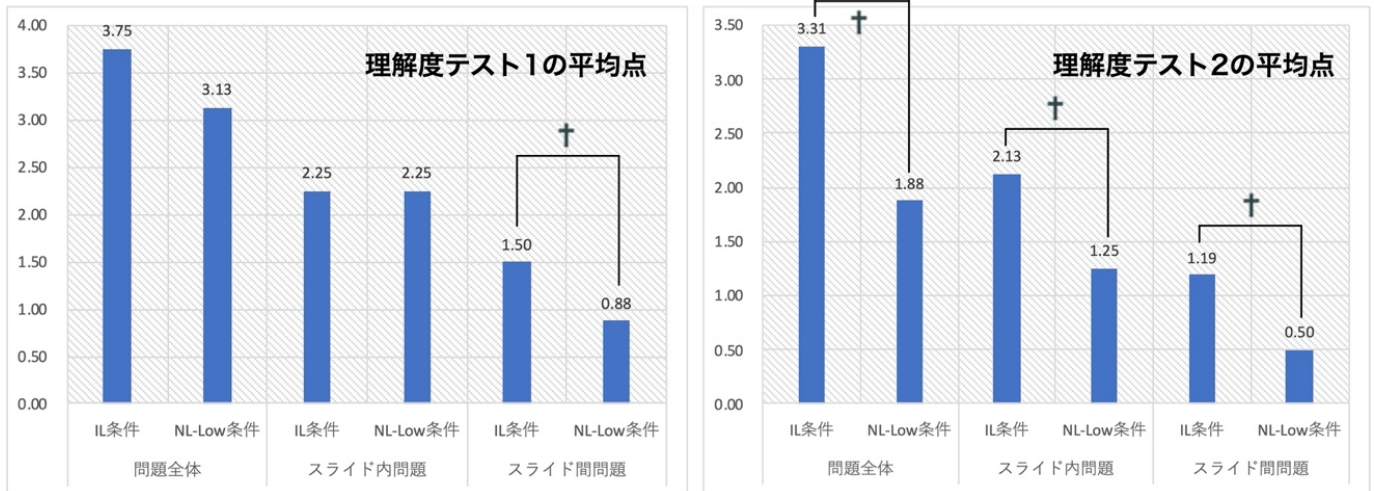


図6 IL群とNL-Low群との比較 († $p < 0.10$)

$d=1.82$, スライド間問題の点数: $t(10)=-1.91$, $p<.10$, $d=2.35$). また, 効果量もすべてにおいて大きい結果となった.

アンケートでは, IL条件での講義について複数の被験者から, 途中でポーズが入ったり, 繰り返すか確認してくれるので講義に追従しやすいとのコメントがあった. これらの結果からも, インタラクティブロボット講義が講義内容に追従できない学習者に対して有効に機能することが示唆された.

今回のケーススタディでは, 総じて両条件とも理解度テストの点数が高かったといえる. これについては, 事後アンケートで必ずしも被験者が講義内容を簡単と感じていたという結果は得られていないが, 被験者となった大学生・大学院生の多くはスライドを用いた講義に慣れており, ポーズやリピートなどがなくても講義に追従することができたことが一因と考えられる.

5. おわりに

本稿では, ロボット講義において講義シナリオを適応的に再構成してインタラクティブに講義を進行する手法について述べた. 人間講師の場合, 学習者の受講状態に応じたバリエーション豊かな講義シナリオ変更が可能であるのに対して, 本インタラクティブロボット講義システムはポーズ・リピート・スキップといった限定的かつ基本的なシナリオ制御しかできない. しかしながら, ケーススタディの結果, 講義進行の追従が困難な学習者に対して有効に機能する可能性が示唆された.

また, ロボット講義では, スライドを用いた講義を対象としているが, 板書型の講義に比べて講義の進行スピードは一般的に速くなる傾向がある. そのため, 学習者の受講状態に応じて講義シナリオを再構成し, インタラクティブに講義を進める必要性は高いと考えられる. 今回のケーススタディでは, スライドを用いた講義に比較的慣れている被験者を対象としたため, 効果が限定的となったが, 今後はこうした講義に不慣れな学習者を対象として再度ケーススタディを実施し, インタラクティブロボット講義の適用範囲をより明確にしたいと考えている.

謝辞 本研究の一部は, JSPS 科研費 JP20H04294, JP18K19836 の助成による.

参考文献

- (1) 柏原昭博: エンゲージメントを引き出す学習支援ロボット, コンピュータ&エデュケーション Vol.46, pp.30-37 (2019)
- (2) 神田崇行: コミュニケーションロボットによる学習支援”, 人工知能学会誌 Vol. 23, No.2, pp.229-236 (2008)
- (3) B. Kuehnlenz, F. Busse, P. Foertsch, M. Wolf, and K. Kuehnlenz: Effect of Explicit Emotional Adaptation on Prosocial Behavior of Humans towards Robots depends on Prior Robot Experience, Proc. of the 27th IEEE International Symposium on Robot and Human

- Interactive Communication (RO-MAN 2018), pp.275-281 (2018)
- (4) M. Saerbeck, T. Shut, C. Bartneck, and M.D. Janse: Expressive Robots in Education, Proc. of CHI2010, pp.1613-1622 (2010)
- (5) T. Ishino, M. Goto, and A. Kashihara: A Robot for Reconstructing Presentation Behavior in Lecture, Proc. of 6th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI2018), pp. 67-75 (2018)
- (6) A. Kashihara, T. Ishino and M. Goto: Robot Lecture for Enhancing Non-Verbal Behavior in Lecture, Proc. of the 20th International Conference on Artificial Intelligence (AIED2019), pp.128-132 (2019)
- (7) 柏原昭博: ソーシャルロボットを用いた学びの研究, 教育システム情報学会誌, Vol.37, No.2, pp.73-82 (2020)
- (8) 菅原歩夢, 後藤充裕, 柏原昭博: シナリオ変更可能なロボット講義システム, 電子情報通信学会 教育工学研究会 (ET), 信学技報, vol. 119, No. 236, ET2019-44, pp. 69-74 (2019)
- (9) 菅原歩夢, 後藤充裕, 柏原昭博: インタラクティブなロボット講義の評価, HAI シンポジウム 2021 (2021 in press)
- (10) E.A. Skinner, T.A. Kindermann, J.P. Connell, and J.G. Wellborn: Engagement and disaffection as organizational constructs in the dynamics of motivational development. In K. R. Wenzel & A. Wigfield (Eds.), Educational psychology handbook series. Handbook of motivation at school, pp. 223-245, Routledge/Taylor & Francis Group (2009)
- (11) 柏原昭博: 学習システム研究における学びのモデルデザイン, 人工知能学会誌, Vol.35 No.2, pp.201-207 (2020)
- (12) 鹿毛雅治: 学習意欲の理論—動機づけの教育心理学—, 金子書房 (2013).
- (13) Y. Adachi, and A. Kashihara: A Partner Robot for Promoting Collaborative Reading, Proc. of the International Conference on Smart Learning Environments (ICSLE 2019), pp.15-24 (2019)
- (14) 菅原歩夢, 石野達也, 後藤充裕, 柏原昭博: インタラクティブ講義ロボットのための学習者状態推定, 教育システム情報学会第 44 回全国大会, pp.403-404 (2018)

オンラインでのキャリア教育科目における SEL の設計と進路選択自己効力の向上

田中洋一
仁愛女子短期大学

Designing SEL in Online Career Education Courses: Improving Career Decision-Making Self-Efficacy

Yoichi Tanaka
Jin-ai Women's College

対面に対話したことが無い新入生が学習共同体を形成するためには、オンライン授業に SEL (Social and Emotional Learning) を取り入れることが大切だと考えている。また、主体的なキャリア形成のためには進路選択に対する自己効力を高めることが必要である。本稿では、2020 年度 1 年前期に実施したキャリア教育科目における SEL の設計及び進路選択自己効力の向上に関して報告する。

キーワード: SEL (Social and Emotional Learning) , 進路選択自己効力, 情動知能, キャリア教育

1. はじめに

仁愛女子短期大学 (以下、本学と記す) では、2020 年度は COVID-19 の対策として、入学式を中止とし、5/7 (木) にオンライン (非同期型) 新入生ガイダンスを実施した上、5/11 (月) からオンライン授業 (前期の全科目) を開始した。本学では、オープンソースの LMS (学習管理システム) である Moodle を用いた非同期型 (オンデマンド配信) を推奨したが、必要に応じてオンライン会議アプリ Zoom を用いた同期型 (リアルタイム配信) を活用している。また、自宅における ICT 環境調査の結果にもとづき、5 月末までは全科目においてスマートフォン対応とした。対面で会ったことが無い新入生たちに対して、どのように学習共同体の意識づけをするかが筆者らの課題であり、SEL (Social and Emotional Learning) の重要性を強く感じたため、キャリア教育科目を見直した。

SEL とは、「社会性と情動の学習」のことであり、欧米で広く実践されている自尊感情や対人関係能力の育成を目的とした教育アプローチである。Collaborative for Academic, Social and Emotional Learning (CASEL) ⁽¹⁾ は、SEL において重要な 5 つの能力 (「Self-awareness : 自己理解」「Self-management :

自己マネジメント」「Social awareness : 社会や他者の理解」「Relationship Skill : 対人関係スキル」「Responsible Decision-Making : 責任ある意思決定) をクラスルーム、学校、家庭や地域社会の中で育てていくことを目的にしている。

筆者は、日本の高等教育における SEL の必要性を考え、本学にて担当する「キャリアプランニング」の授業設計に、マインドフルネス、質問ワークショップ、ライフデザイン・ポートフォリオの作成等を数年前から取り入れている。本稿では、オンライン授業における SEL を構築するために、既存科目「キャリアプランニング」を再設計した結果、主体的なキャリア形成に必要な進路選択自己効力が向上したことを報告する。

2. SEL の設計

筆者が所属する生活科学学科 生活情報専攻 (以下、本専攻と記す) は、事務職に就く学生が多い。本専攻学生全員が履修する 1 年前期選択科目「キャリアプランニング (以下、本科目と記す)」の授業目的は、自分のアイデンティティを探り、自分の目標を設定、行動プランを作成し、実行することである。そのため、ジ

エネリックスキルテスト及びその振り返り、自己PRの作成、働く価値に関するカードを用いたワーク、マインドフルネスの実践、ピアメンタリング、ライフデザイン・ポートフォリオの作成を通して、自己理解及び自己目標の設定を行う。

本科目の到達目標は下記の5つである。

- ① 客観的に自己や他者を観察できる。
- ② 経験を省察することにより、マイセオリーを作成できる。
- ③ 自分の経験から判断し、ライフデザイン・ポートフォリオを作成できる。
- ④ 自分の強みや経験にもとづき、他者に対して自己をPRできる。
- ⑤ 自分の強み・弱みを理解した上、自らの働く価値やキャリアを設計できる。

2.1 授業計画

急なオンライン授業化に伴い、授業の計画は下記のとおり再設計した。オンライン化による授業計画、評価方法の変更等は、本科目の Moodle コースにすべて明記してある。

(1) 自己紹介【同期型】

Zoom の使用方法を学ぶ。科目ガイダンス、教員紹介、キャリアとは。対話ルールの説明。

グループでの自己紹介1巡目：①氏名とニックネーム、②最近のマイブーム（オススメの過ごし方）。グループでの自己紹介2巡目：①氏名とニックネーム。②最近、心配なこと&不安なこと。③ここ1週間で1番 Happy だったこと。

課題「自己紹介」：Moodle のプロフィールを変更。①印象が伝わる自己画像（一人での顔写真・似顔絵・アバター）をアップロード。②自己紹介文の作成：ニックネーム（呼ばれたい名前）、今の自分が好きなのは…、今の自分が嫌いなのは…、今の自分が得意なのは…、今の自分が苦手なのは…、みんなに一言！

(2) 自分のトリセツ【非同期型】

「何が起こるかわからない人生への準備のために」^②の動画視聴。キーワード：キャリア・アンカー、レジリエンス等。

課題：自分の取扱説明書を作って、みんなと共

有。クラス全員分読んだ上、3名分へのコメント付け。

(3) マインドフルネス入門【同期型】

マインドフルネスの説明&動画視聴。呼吸瞑想の実践→グループでの共有。ジャーナリングの実践→グループでの共有。「Well Being：幸福の4因子」^③の動画視聴。

課題：呼吸瞑想&ジャーナリングの記録。

(4) マインドフルネス：ヨーガ瞑想①【非同期型】 Breathing Exercise & Isometric Exercise.

「ヨーガ瞑想の説明」動画視聴。「イス①手の上げ下げ」動画視聴&体験。「イス②脚の上げ下げ」動画視聴&体験。「イス③手と脚の押し合い」動画視聴&体験。「イス④ねじり」動画視聴&体験。

課題：ヨーガ瞑想（座位）の記録。

(5) マインドフルリスニング&ヨーガ瞑想②【同期型】

マインドフル・リスニング（同期型）。「あおむけ①手と脚の上げ下げ」動画視聴&体験。「あおむけ②腿と手の押し合い」動画視聴&体験。「あおむけ③腰の上げ下げ」動画視聴&体験。「あおむけ④ねじり」動画視聴&体験。「あおむけ⑤膝かかえ」動画視聴&体験。

課題：マインドフル・リスニング&ヨーガ瞑想（あおむけ）の記録。

(6) 質問ワーク「自分の課題」【同期型】

質問ワークの説明。「自分の課題」を探す。質問ワーク1巡目～5巡目。振り返りの共有。

課題：質問ワークの記録。

(7) 過去回帰から理念を導く【同期型】

過去回帰の説明。学生生活の割合シート。メンタリングでの約束。過去を回想する際のポイント。ピアメンタリング。

課題：割合シート、過去回帰シート

(8) ジェネリックスキルテスト【非同期型】

リテラシーテスト（学び方）、コンピテンシーテスト（態度）。

(9) 人生の核心をつかむ【同期型】

ピアメンタリング。

課題：理念シート、核心シート

(10) 核心に沿った目標を立てる【同期型】

ピアメンタリング。

課題：目標シート，ライフデザイン・ポートフォリオ。

(11) ライフデザイン・ポートフォリオの発表【同期型】
グループ発表。

課題：ライフデザイン・ポートフォリオの説明（音声）。

(12) 働く価値に関するワークショップ【同期型】

はたかちカードの個人ワーク。はたかちカードのグループワーク。

課題：はたかちワークシート，言の葉カード。

(13) ライフプランの作成【同期型】

将来デザインシートの作成。目標設定シートの作成。ライフプランシートの作成。グループワーク。

課題：各シート。

(14) ジェネリックスキルの振り返り【同期型】

学習成果の評価に関する説明。PROG 及び結果報告書の説明。「PROG の強化書」ワーク。

課題：PROG の強化書ワークシート。

(15) 自己 PR のプレゼンテーション【同期型】

プレゼンのチェックリスト。プレゼンのコツ。プレゼンのループリック。

課題：自己 PR スライド，自己 PR スピーチ（音声）

2.2 振り返りシート

本科目では，毎回課題として「振り返りシート」を記述してもらい。内容は下記のとおり，Kolb の経験学習サイクル⁽⁴⁾にもとづいている。

- ① 経験「やってみよう！」
今回の授業&課題で経験したことは何ですか？
なるべく具体的に書きましょう。
- ② 振り返り「どうだった？」
先の経験から自分が気づいたことや分かったことは何ですか？
- ③ マイセオリー「次はこうしよう！」
先の振り返りをふまえて，今後，他の場面でも活用できるようなマイセオリー（仮説や教訓）は何ですか？
- ④ チャレンジ「試してみよう！」
振り返りシートには書かなくていいですが，先のマイセオリーを実際に試してみよう！

SEL としても，この振り返りシートが重要だと考えている。本科目で実施した Zoom でのグループワーク

（ブレイクアウトルーム）では，明確なインストラクションとタイトな時間制限をかけた上，全体メッセージによる各グループへの指示はしたが，各グループ自体は巡回しなかった。対面授業の場合，対話が活性化していないグループへは介入をしていたが，遠隔授業では放任した訳である。この効果は，振り返りシートで確認できた。学生は沈黙の時間を体験することから気づいたことを振り返り，自分なりのマイセオリーを考えていた。そこで，筆者は，「沈黙や失敗を体験したことを大切にしたいこと。その時，どのようなことを感じたか，そこから何を考えたかが重要なこと。」等を学生ごとへフィードバックした。

3. 心理尺度を用いた学習効果の分析

3.1 進路選択自己効力

主体的なキャリア形成のためには進路選択に対する自己効力感を高めることが必要である。進路選択に対する自己効力尺度⁽⁶⁾を授業 5 回目と 14 回目の授業終了時に実施した。本尺度は 30 項目を 4 件法で回答しており，両方に回答した有効回答数は 70 名である。2 回とも正規性があり，14 回目に進路選択自己効力が 0.1% 有意で向上した（表 1）。

表 1. 進路選択自己効力の測定結果

	平均	(標準偏差)
5 回目	82.4	(10.9)
14 回目	85.9***	(10.8)

※ $n=70$, *** $p<0.001$

3.2 情動知能

日本における SEL と同じような概念として，情動知能や非認知能力というキーワードがある。特に，Goleman がいう EQ（情動知能）の「5つの側面（自己認識，自己統制，意欲，共感，社会的能力）」⁽⁶⁾と SEL は重なる点が多い。そのため，本科目 4 回目終了時と 13 回目終了時に，情動知能の質問紙である日本語版 WLEIS⁽⁷⁾を使って測定を行った。日本語版 WLEIS は，「自己の情動評価」「他者の情動評価」「情動の利用」「情動の調節」という 4 つのカテゴリーに分かれる。本尺度は 16 項目を 7 件法で回答しており，両方に回

答した有効回答数は 68 名である。「情動の調節」カテゴリーは 1%有意で向上した (表 2)。

表 2. 情動知能の測定結果：平均 (標準偏差)

	自己の 情動評価	他者の 情動評価	情動の 利用	情動の 調節
4 回	20.9 (3.41)	21.0 (2.99)	16.9 (3.53)	17.1 (4.43)
13 回	21.5 (3.24)	21.3 (2.75)	17.1 (3.57)	18.1** (4.17)

$n=68$, ** $p<0.01$

3.3 進路選択自己効力と情動知能との相関

先述した進路選択自己効力及び日本語版 WLEIS の両方ともに 2 回回答した有効回答数は 66 名である。14 回目の進路選択自己効力及び 13 回目の日本語版 WLEIS の相関係数を調べたところ、「他者の情動評価」以外は正の相関があった (表 3)。

表 3. 進路選択自己効力と情動知能の相関

	自己の 情動評価	他者の 情動評価	情動の 利用	情動の 調節
相関 係数	0.52	0.27	0.51	0.47

$n=66$

4. おわりに

COVID-19 対策として、急遽、リアルタイム配信 (同期型) オンライン授業へ変更した「キャリアプランニング」であるが、15 回終了後の授業評価アンケートにおける質問 4 つに対する平均 (標準偏差) は下記のとおりである (4 件法, 有効回答数 70 名)。「①あなたは、この授業に対して意欲的に取り組んだ」3.81 (0.39), 「②この授業において、教員の指示は適切だった」3.77 (0.42), 「③全体的に、この授業の内容は理解できた」3.64 (0.51), 「④総合的に判断すると、良い授業だった」3.76 (0.43)。すべて平均すると、3.75 と高い評価である。また、主体的なキャリア形成の指標になる進路選択自己効力は 0.1%有意で向上したため、キャリア教育としての学習効果があったと考えている。情動

知能の指標として用いた日本語版 WLEIS は、「情動の調節」カテゴリーしか有意に向上しなかった。これは、急なオンライン授業のため、初めの調査がマインドフルネスの実践を始めた後の 4 回目終了時だったことも要因の一つと考えている。本科目終了時における進路選択自己効力及び日本語版 WLEIS カテゴリー (他者の情動評価以外) には正の相関があったため、2021 年度においても SEL を設計していく予定である。本科目は、今年度同様、2021 年度もオンライン授業として計画している。2021 年度は、1 回目と 15 回目で心理尺度の調査を実施して、SEL 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 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) CASEL, <https://casel.org> (2021/2/14 閲覧)
- (2) 児美川孝一郎: “何が起るかわからない人生への準備のために”, YouTube”わくわくエンジンチャンネル”, <https://www.youtube.com/watch?v=wHNdoUrPzxI>, (2021/2/14 閲覧)
- (3) 前野隆司: “Well Being ～幸福の 4 因子～”, YouTube”TEDxTalks”, <https://www.youtube.com/watch?v=UCKRPE8CLX0> (2021/2/14 閲覧)
- (4) Kolb, D. A. : “Experiential learning: Experience as the source of learning and development”, Prentice Hall, Englewood Cliffs. (1984)
- (5) 浦上昌則: “学生の進路選択に対する自己効力に関する研究”, 名古屋大学教育学部紀要, Vol.42, pp.115-126 (1995)
- (6) Goleman, D. : “Emotional Intelligence: Why it Can Matter More Than IQ?” (1995). (土屋京子訳, EQ : こころの知能指数, 講談社)
- (7) 豊田弘司ら: “日本版 WLEIS (Wong and Law Emotional Intelligence Scale) の作成”, 奈良教育大学教育実践総合センター研究紀要, 20 巻, pp.7-12 (2011)

VR 会議とテレビ会議利用時の周辺環境の違いにおける 対話のしやすさ評価

串田愛佳^{*1}, 卯木輝彦^{*2}, 米谷雄介^{*3}, 永岡慶三^{*4}, 谷田貝雅典^{*1}

^{*1} 共立女子大学文芸学部, ^{*2}(株)フォトロン研究開発センター, ^{*3} 香川大学創造工学部,
^{*4} 早稲田大学人間科学学術院

Evaluation of Ease of Dialogue to Differences in the Surrounding Environment when using VR conferences and Video conferences

Aika KUSHIDA^{*1}, Teruhiko UNOKI^{*2}, Yusuke KOMETANI^{*3}, Keizo NAGAOKA^{*4},
Masanori YATAGAI^{*1},

^{*1} Faculty of Arts & Letters, Kyoritsu Women's University, ^{*2} R&D Center, Photron Limited,
^{*3} Faculty of Engineering and Design, Kagawa University,
^{*4} Faculty of Human Sciences, Waseda University

COVID-19(新型コロナウイルス感染症)拡大により人の往来が制限され、テレビ会議の利用が急速に広まった。多くの人が利用しなければならない双方向オンラインコミュニケーション環境を想定し、広く普及している PC を使用した「Zoom」によるテレビ会議システムと音声会議、および「Mozilla Hubs」による VR 会議で比較実験を行った。水平思考実験を遠隔で行うことで、どの環境が対話しやすいのか比較評価をおこない、それぞれのメリットとデメリットを明らかにする。

キーワード: テレビ会議, VR 会議, 音声会議, 水平思考

1. はじめに

2020 年, COVID-19(新型コロナウイルス感染症)拡大により人の往来が制限され、「テレワーク」や「オンライン授業」等において、テレビ会議による双方向オンラインコミュニケーションが急速に広まった。しかし、十分に使い慣れたシステムではないことから、テレビ会議を通すことにより様々な不都合も生じている。

他方、現行のテレビ会議は視線が合わないなどの問題点があり、これを克服した先行研究⁽¹⁾では、裸眼 3D 視線一致型テレビ会議システムを使用し、教育利用において現行システムよりも双方向オンラインコミュニケーションが効果的に行えることを

明らかにしている。しかし、先行研究⁽¹⁾における同システムはまだ研究段階であり、大学のような研究機関なら活用できるであろうが、一般的に広く利用できるシステムではない。

よって、本研究では、先行研究⁽¹⁾で示された現行テレビ会議の視線が合わないなどの問題点を参考に、一般的な PC(パーソナルコンピュータ)を利用した双方向オンラインコミュニケーション時の対話のしやすさに着目し、「利用システム」と「利用時周辺環境」の違いから比較検証し評価することを目的とする。

2. 利用システムと利用時周辺環境の概要

2.1 利用システムについて

本研究では、COVID-19によって多くの人が双方向オンラインコミュニケーションを利用しなければならない環境を受け、一般的なPCで利用可能なシステムとして、「Zoom」⁽²⁾によるテレビ会議および音声会議と、「Mozilla Hubs」⁽³⁾によるVR(バーチャルリアリティ)会議で比較実験を行う。

この中で、VR 会議を比較対象に加える理由は、聴覚情報のみの音声会議と、実写を投影するテレビ会議の中間的なシステムと考えたからである。特にVR 会議は、音声会議のみでは伝わらない視覚情報の提示が可能で、かつ、テレビ会議における視線が合わないなどの実写の表情や姿を投影することに起因する各種問題が、仮想化されたアバターを介すことにより根本的に無関係となる。以上より、音声会議、テレビ会議、VR 会議を利用した際の対話のしやすさを比較検証する。

なお、「Zoom」とは、Zoom ビデオコミュニケーションズが提供するテレビ会議アプリケーションソフトウェアであり、複数あるテレビ会議ソフトのうち、学校・教育産業で24.3%の利用率⁽⁴⁾があり、一般的なものと考え本研究で採用した。

また、「Mozilla hubs」とは、Mozilla Mixed Reality チームにより製作されたVR 共同作業アプリケーションソフトウェアであり、参加者はPC やHMD(ヘッドマウントディスプレイ)から接続し、VR 空間内でアバターを介した対話からプレゼンテーション等の様々な議論や会議等が可能である。本研究に先立ち、筆者所属の共立女子大学文芸学部文芸学科文芸メディアコース谷田貝ゼミと遠隔共同ゼミを実施している、香川大学創造工学部米谷研究室と合同で行われているVゼミ内で使用されているVR 会議ソフトであることから採用した。

2.2 利用時周辺環境について

「テレワーク」や「オンライン授業」等における双方向オンラインコミュニケーションは、原理的に

通信環境さえ整えばどこからでも実行できることが大きなメリットである。

特にテレビ会議では、離れた場所でも基本的に自分の姿と背景の様子が実写で映る。これは顔を見て話せるというメリットであるが、同時に否応なくプライバシーが伝わるというデメリットともなる。よって、通信を実行する場所から対話のしやすさに影響するものと考えられ、本研究ではテレビ会議の利用環境を「自宅」と「大学」に設定した。

他方、比較対象とするVR 会議と音声会議は、実写の姿や背景が映らないため、実施場所による区別はしないこととした。

以上より、本研究では双方向オンラインコミュニケーション利用時周辺環境として、「自宅テレビ会議」「大学テレビ会議」「音声会議」「VR 会議」の4つを設定した。

3. 研究方法

3.1 研究方法の概要

被験者は、学内と自宅を利用環境としたテレビ会議通信、および利用環境を問わない音声会議とVR 会議による通信の計4つの環境で実験を行う。実施内容は、3.2節で詳説する水平思考実験を行い、実験後に先行研究⁽¹⁾と比較可能とするために、先行研究⁽¹⁾にて実施したテレビ会議利用感に関する事後主観評価アンケートと、実験中の注視箇所に関するアンケートを実施し、主観的な対話のしやすさについての評価を取得した。

3.2 水平思考実験について

本研究では、被験者同士がコミュニケーションを取り協力することで、問題を解いていく水平思考法を実施した。水平思考⁽⁵⁾とは既成の理念や概念にとらわれず創造的なアイデアを生み出す方法で、出題者と解答者が1対1となり、協力して複雑な問題の回答を導くものであり、思考ゲームとしてウミガメのスープ⁽⁶⁾とも呼ばれている。ルールとして、解答者は、適宜、出題者に対して「はい」または「いいえ」のみで答えられる質問を行い、出題者はその質問に対し、「はい」「いいえ」

「どちらでもない」で返答する。また、一定時間経過後に出題者よりヒントを伝える。これらの過程から解答者は問題の正解を導き論理的に説明する。ただし、あらかじめ設定されているキーワードを含めて説明することで正解とする。

なお、本実験では、正解を導くことが目的ではなく、お互いに共通目的をもってコミュニケーションすることを目的とした。以下に、出題例を示す。

問題 1

お金を投げて遊ぶタロウはいつも両親に怒られていました。しかし今日はお金を投げて怒られませんでした。むしろ「よくやったね」と褒められました。

ヒント:「投げたのは本物のお金です」「誰かにぶつけたわけではない」

正解例:タロウは初詣に行き「お賽銭」を投げた。

正解キーワード:「お賽銭」

問題 2

ある歌手は歌詞を間違えたことで実力を証明することができました。

ヒント:「この歌手はいつもとても歌が上手であった」「生放送中の出来事だった。」「この放送には字幕が流れていた。」

正解例:この歌手は「ロパク」を疑われていました。

しかし「字幕と違う歌詞」を歌ったことでロパクでないことを証明し、生放送でも「上手に歌えることを証明」しました。

正解キーワード:「ロパク」「字幕と違う歌詞」「上手に歌えることを証明」

3.3 実施概要

共立女子大学の学生(延べ84人)を対象とし、1回の実験につき被験者2人が出題者と解答者にわかれて実施した。なお、進行係は筆者が音声のみで行った。利用時周辺環境は、表1に示すように、学内と自宅のそれぞれでPCを通じた双方向オンラインコミュニケーション環境を整えた。

本実験の流れは、まず進行係が口頭でルールを説明し、問題をオンライン上に提示し被験者双方で共有し

た。制限時間は最大20分で、開始後3分おきに出題者はヒントを考え解答者へ提示した。解答者の正解判定は、あらかじめ正解キーワードを設定し、これを必ず含め論理的な説明を完成させることとした。

表 1 利用時周辺環境と使用したシステム

利用時周辺環境	利用システム
自宅から	Zoom(テレビ会議)
大学から	Zoom(テレビ会議)
自宅または大学から	Zoom(音声会議)
自宅または大学から	Mozilla Hubs(VR 会議)

3.4 事後アンケートについて

本研究は、藤本ら⁽¹⁾・伊藤⁽⁶⁾・山本⁽⁷⁾の先行研究と比較可能とするために、これら先行研究で用いられたテレビ会議システムによる遠隔交流学习実験アンケート(35項目5段階評定尺度)を事後アンケート(以下実施内容評価アンケートと称する)として採用した。

また、実験中PC画面内のどこに着目していたのかを調査をするため注視箇所に関するアンケート(11項目5段階評定尺度)もあわせて事後アンケート(以下注視点評価アンケートとする)として実施した。

4. 結果

4.1 実施内評価アンケート分析結果

実施内容評価アンケート(46項目5段階評定尺度)を分析対象とし、SPSSで最尤法プロマックス回転(斜交回転)を実行した。結果、表2に示す5因子を得た。なお、表2中の項目6、26、27は、因子負荷量が負の値であったため、逆転項目の処理をした。

表2における各因子を構成する各項目から次のように因子を命名した。因子1を「満足感」。因子2を「視線・動作・表情認知」。因子3を「疲労・違和感」。因子4を「立体感」。因子5を「受容感」と命名した。これら5因子の抽出後の負荷量平方和の累積寄与率は55.0%となった。

得られた5因子を構成する各項目のうち因子負荷量が0.5以上のものを因子代表項目と定め、その回答値平均値から、因子代表値を求めた。得られた結果か

表2 実施内容評価アンケート因子分析結果

	因子				
	満足感	視線・動作・表情認知	疲労・違和感	立体感	受容感
13. 発言しやすかった	0.867	-0.011	-0.065	-0.089	-0.070
12. 自分の考えなどを伝えられた	0.842	-0.057	0.115	-0.054	-0.076
14. 今後も交流を続けたい	0.784	-0.046	0.050	0.020	-0.126
34. 今回の交流は積極的に参加することができた	0.764	-0.009	0.047	-0.145	0.040
3. 今回の交流はコミュニケーションはうまくいった	0.743	-0.100	-0.106	-0.075	0.074
10. 今回の交流は気軽に話すことができた	0.730	-0.099	0.002	0.075	0.119
7. 今回の交流は親近感を感じた	0.653	0.135	-0.055	0.042	-0.147
9. 今回の交流では自分は参加していると感じた	0.619	0.117	0.083	0.048	0.240
31. 今後交流するなら、この形態がいい	0.585	-0.032	-0.020	0.140	0.052
30. 今回の交流は相手の発言を集中して聞けた	0.566	-0.048	-0.022	0.011	0.037
4. 今回の交流の内容を理解できた	0.561	0.065	0.055	-0.197	0.092
1. 今回の交流は楽しめた	0.462	0.126	-0.144	0.049	0.255
25. 今回の交流のポイントが理解できた	0.375	0.004	0.150	0.056	0.251
18. 表情がよく分かった	0.025	0.983	0.002	-0.091	0.114
24. 発言しているとき、聞いている人たちがどこをみているのかよく分かった	-0.139	0.859	-0.113	-0.184	0.084
23. 発言しているとき、聞いている人の状態を把握できた	0.094	0.857	0.111	-0.216	0.128
33. 相手の身ぶり手ぶりが伝わった	-0.014	0.784	0.090	0.033	0.194
28. 相手から見られていると感じた	0.114	0.699	-0.021	0.281	-0.095
17. 話している相手が自分を見たと思う	0.135	0.618	-0.176	0.273	-0.232
16. 相手と視線があった	-0.069	0.525	-0.028	0.516	-0.096
2. 今回の交流は緊張した	-0.179	0.453	0.169	-0.068	-0.084
29. 今回の交流は相手との視線に違和感を感じた	-0.170	0.360	0.219	-0.080	0.039
35. 今回の交流は目に痛みを感じた	0.216	-0.176	0.896	-0.025	-0.128
20. 今回の交流は眼が疲れた	-0.080	0.122	0.777	0.214	0.204
32. 今回の交流は全身に疲労を感じた	-0.051	0.021	0.762	-0.098	-0.070
5. 今回の交流では眼に違和感を感じた	0.142	0.180	0.749	-0.045	-0.018
21. 交流相手に違和感を感じた	-0.066	-0.120	0.591	0.263	-0.146
8. 今回の交流は疲れた	-0.261	0.160	0.461	-0.049	-0.042
11. 見ている相手に立体感を感じた	-0.084	-0.373	0.095	1.040	0.186
19. 見ている相手に奥行を感じた	-0.147	0.193	-0.102	0.809	0.153
15. 臨場感を感じた	0.120	0.133	0.117	0.438	0.006
22. 相手との距離感がつかめた	0.177	0.229	0.086	0.344	-0.197
6. 今回の交流は退屈ではなかった	0.088	0.081	-0.183	0.117	0.650
26. 今回の交流は疎外感を感じなかった	0.287	0.010	-0.029	0.195	0.555
27. 相手のしぐさなど動きが見えにくくなかった	-0.024	0.230	0.027	0.013	0.250

因子間相関	満足感	視線・動作・表情認知	疲労・違和感	立体感	受容感
満足感	—	0.258	-0.198	0.304	0.242
視線・動作・表情認知		—	0.193	0.531	-0.104
疲労・違和感			—	0.201	-0.162
立体感				—	-0.101
受容感					—

ら、4つの実験環境の因子代表値を図1に示す。なお、4つの実験環境における因子代表値を比較するために、分散分析を行いその結果もあわせて図1に示す。図1より、分散分析の結果、有意であった因子については、その後の検定として多重比較(Dunnnett T3)を行った。以下、多重比較の結果有意であったものを記す。

「視線・動作・表情認知」因子では、「自宅テレビ会議」(3.5)・「音声会議」(1.2)の平均の差は有意($p<0.001$)に大きな値であった。「自宅テレビ会議」(3.5)・「VR会議」(1.8)の平均の差は有意($p<0.001$)に大きな値であった。「大学テレビ会議」(3.4)・「音声会議」(1.2)の平均の差は有意($p<0.001$)に大きな値であった。「大学テレビ会議」(3.4)・「VR会議」(1.8)の平均の差は有意($p<0.001$)に大きな値であった。「音声

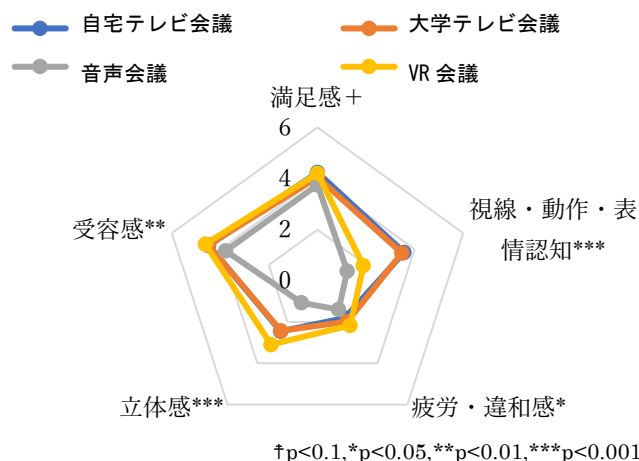


図1 実施内容評価アンケート各因子代表値の平均

会議」(1.2)・「VR会議」(1.8)の平均の差は有意であった($p<0.05$).

「疲労・違和感」因子では、「大学テレビ会議」(1.9)・「音声会議」(1.4)の平均の差は有意であった

($p<0.05$). 「音声会議」(1.4)・「VR 会議」(2.1)の平均の差は有意であった($p<0.05$).

「立体感」因子では、「自宅テレビ会議」(2.4)・「音声会議」(1.0)の平均の差は有意($p<0.001$)に大きな値であった. 「大学テレビ会議」(2.4)・「音声会議」(1.0)の平均の差は有意であった($p<0.05$). 「音声会議」(1.0)・「VR 会議」(3.0)の平均の差は有意($p<0.001$)に大きな値であった.

「受容感」因子では、「大学テレビ会議」(4.5)・「音声会議」(3.7)の平均の差は有意であった($p<0.1$). 「音声会議」(3.7)・「VR 会議」(4.6)の平均の差は有意であった($p<0.05$).

4.2 注視点評価アンケート分析結果

注視点評価アンケート(11項目5段階評定尺度)を分析対象とし.SPSS で最尤法プロマックス回転(斜交回転)を実行した. 結果, 表3に示す. 4因子を得た. なお, 表3中の項目10は, 因子負荷量が負の値であったため, 逆転項目の処理をした.

表3における各因子を構成する各項目から次のように因子を命名した. 因子1を「画面内注視」. 因子2を「自他顔注視」. 因子3を「自他背景注視」. 因子4を「緊張感」と命名した. これら4因子の抽出後の負荷量平方和の累積寄与率は59.0%となった.

得られた4因子を構成する各項目のうち因子負荷量

が0.5以上のものを因子代表項目と定め, その回答値平均値から, 因子代表値を求めた. 得られた結果から, 4つの実験環境の因子代表値を図2に示す. なお, 4つの実験環境における因子代表値を比較するために, 分散分析を行いその結果もあわせて図2に示す. 図2より, 分散分析の結果, 有意であった因子については, その後の検定として多重比較(Dunnett T3)を行った. 以下, 多重比較の結果有意であったものを記す.

「画面内注視」因子では、「自宅テレビ会議」(2.9)・「音声会議」(1.7)の平均の差は有意($p<0.001$)に大きな値であった. 「大学テレビ会議」(2.9)・「音声会議」(1.7)の平均の差は有意($p<0.001$)に大きな値であった. 「音声会議」(1.7)・「VR 会議」(2.5)の平均の差は有意であった($p<0.05$).

「自他顔注視」因子では、「自宅テレビ会議」(3.8)・「音声会議」(1.3)の平均の差は有意($p<0.001$)に大きな値であった. 「自宅テレビ会議」(3.8)・「VR 会議」(2.6)の平均の差は有意であった($p<0.05$). 「大学テレビ会議」(3.6)・「音声会議」(1.3)の平均の差は有意($p<0.001$)に大きな値であった. 「大学テレビ会議」(3.6)・「VR 会議」(2.6)の平均の差は有意であった($p<0.1$). 「音声会議」(1.3)・「VR 会議」(2.6)の平均の差は有意であった($P<0.01$).

「自他背景注視」因子では、「大学テレビ会議」(2.0)・「音声会議」(1.3)の平均の差は有意であった($P<0.01$).

表3 注視点アンケート因子分析結果

	因子			
	画面内注視	自他顔注視	自他背景注視	緊張感
10. 今回の実験では、画面の外を見ている方が多くなかった。	0.958	-0.085	-0.099	0.019
11. 今回の実験では、画面内を見ている方が多かった。	0.869	0.030	0.037	0.072
1. 相手は自分の顔を見ているように感じた。	-0.089	1.050	-0.047	-0.038
7. 自分は画面の相手の顔を見ていた。	0.383	0.547	0.104	-0.019
5. 相手の視線が気になった。	-0.164	0.391	0.015	0.361
9. 自分は画面に映る自分の顔を見ていた。	0.143	0.353	0.148	0.092
8. 自分は画面の相手の後ろ・背景を見ていた。	0.080	-0.054	0.997	-0.102
2. 相手は自分の後ろ・背景を見ているように感じた。	-0.105	0.156	0.531	0.027
3. 相手の緊張が伝わってきた。	0.129	-0.049	0.008	0.748
4. 相手に自分の緊張が伝わった。	0.067	0.073	-0.082	0.628
6. 今回の実験は気が慣れた。	-0.215	-0.132	0.330	0.340
因子間相関				
画面内注視	—	0.369	0.230	0.081
自他顔注視		—	0.165	0.408
自他背景注視			—	0.162
緊張感				—

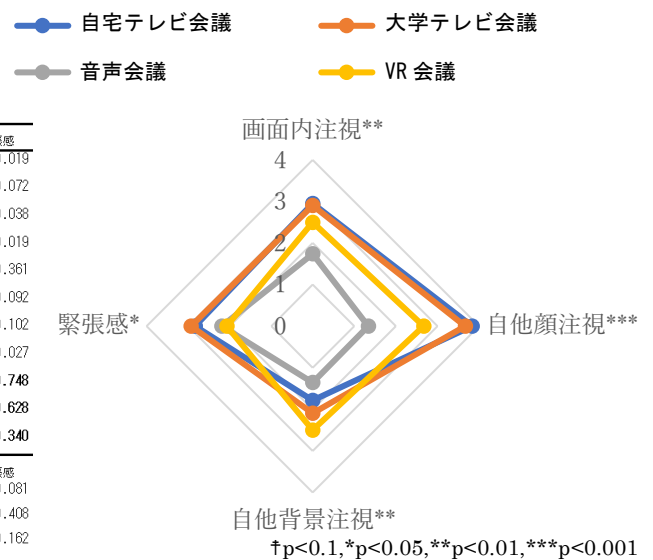


図2 注視点アンケート各因子代表値の平均

「音声会議」(1.3)・「VR 会議」(2.5)の平均の差は有意であった(P<0.01)。

4.3 「満足感」に対する規定因を調べる重回帰分析

実施内評価アンケートにおける「満足感」因子に対し、他の各因子がどの程度影響を与えているかを調べるために重回帰分析を行った。実施内容評価アンケートより得られた「満足感」を従属変数とし、「視線・動作・表情認知」、「疲労・違和感」、「立体感」、「受容感」、および注視点評価アンケートより得られた「画面内注視」、「自他顔注視」、「自他背景注視」、「緊張感」の各因子を独立変数とし、強制投入法による重回帰分析を実行した。得られた結果を表4に示す。

以下、表4より、各実験環境内における特徴的な規定因を調べるために標準化偏回帰係数(B)を参照する。

「自宅テレビ会議」において決定係数は0.286で有意ではなかった(p>0.1)ため、参考程度となるが規定力のある係数を参照する。「満足感」因子に対し高い規定力があった因子は、「視線・動作・表情認知」(β=0.381 p>0.1)と、「画面内注視」(β=0.321 p>0.1)であった。ついで、「立体感」(β=-0.223 p>0.1)と、「緊張感」(β=-0.201 p>0.1)が同程度で負の規定因を示し「満足感」を下げる要因であった。

「大学テレビ会議」において、「満足感」因子に対し、有意で高い規定力があった因子は「立体感」(β=-

-0.430 p<0.05)が負の規定因となり、「満足感」を下げる要因で、「視線・動作・表情認知」(β=0.427 p<0.05)と「自他背景注視」(β=0.416 p<0.05)が同程度に正の規定因であった。ついで、有意傾向で「自他顔注視」(β=0.361 p<0.1)となった。

「音声会議」において、「満足感」因子に対し、高い規定力があった因子は「受容感」(β=0.683 p<0.05)で、次いで「画面内注視」(β=0.467 p<0.05)となった。なお、有意ではなく参考程度となるが「自他顔注視」(β=-0.412 p>0.1)も比較的に大きな規定力を示し、負の規定因であることから「満足感」を下げる要因であった。

「VR 会議」において、「満足感」因子に対し、有意傾向で高い規定力があった因子は「緊張感」(β=-0.504 p<0.1)で、ついで「疲労・違和感」(β=-0.382 p<0.1)であり、どちらも負の規定因を示し「満足感」を下げる要因であった。なお、有意ではなく参考程度となるが、「自他顔注視」(β=0.509 p>0.1)と、「立体感」(β=0.416 p>0.1)が比較的に高い正の規定因となり、「視線・動作・表情認知」(β=-0.424 p>0.1)が負の規定因であった。

次に以上の結果から、各実験環境において「満足感」へ特徴的な規定力を示した各因子に関し、各実験環境間における規定因を比較するために、表4における非標準化偏回帰係数(B)を参照する。

表4 「満足感」を従属変数とした重回帰分析結果

	満足感							
	自宅テレビ会議		大学テレビ会議		音声会議		VR 会議	
	β	B	β	B	β	B	β	B
視線・動作・表情認知	0.381	0.250	0.427*	0.249*	-0.015	-0.045	-0.424	-0.298
立体感	-0.223	-0.110	-0.43*	-0.179*	-0.022	-0.055	0.416	0.219
受容感	0.184	0.130	0.252	0.169	0.683*	0.552*	0.189	0.177
画面内注視	0.321	0.161	0.251	0.107	0.467*	0.442*	-0.041	-0.030
自他顔注視	0.165	0.095	0.361†	0.227†	-0.412	-0.509	0.509	0.231
自他背景注視	0.169	0.128	0.416*	0.299*	0.185	0.230	-0.029	-0.015
緊張感	-0.201	-0.124	0.091	0.039	0.001	0.001	-0.504†	-0.295†
疲労・違和感	0.026	0.018	-0.205	-0.140	0.107	0.187	-0.382†	-0.231*
自由度調整済みR ²	0.286		0.704*		0.571*		0.389†	

†p<0.1,*p<0.05,**p<0.01,***p<0.001

β=標準偏回帰係数 B=非標準偏回帰係数

「自宅テレビ会議」「大学テレビ会議」「VR 会議」において、「満足感」因子に対し、高い規定力を示した「視線・動作・表情認知」を参照すると、「VR 会議」(B=-0.298 p>0.1), 「自宅テレビ会議」(B=0.250 p>0.1), 「大学テレビ会議」(B=0.249 p<0.05)と同程度の規定力であった。また、同3環境で高い規定力を示した「立体感」を参照すると、「VR 会議」(B=0.219 p>0.1)が最も高い規定力であった。

「大学テレビ会議」「音声会議」「VR 会議」において、「満足感」因子に対し、高い規定力を示した「自他顔注視」を参照すると、「音声会議」(B=-0.509 p>0.1)が最も高い規定力であった。

「自宅テレビ会議」「VR 会議」において、「満足感」因子に対し、負の高い規定意を示した「緊張感」を参照すると、最も高い規定力があったのは「VR 会議」(B=-0.295 p<0.1)であった。

5. 考察

前章 4. をもとに、「自宅テレビ会議」「大学テレビ会議」「音声会議」「VR 会議」の各実験環境における特徴を対話時の話しやすさに関するメリットとデメリットにまとめ、それぞれ改善策も示す。

「自宅テレビ会議」のメリットは、図1「視線・動作・表情認知」と、図2「自他顔注視」が他の環境よりも高く、実写で映ることから、姿や動作と顔や表情を認知して話せる環境である。特に「視線・動作・表情認知」は表4の結果から「満足感」を上げる最も重要な要因であり、「画面内注視」も「満足感」を上げる高い要因であることから、自由に画面内を注視でき、実写の相手を観れる環境は対話時の「満足感」を上げる大切な条件と考えられる。また、デメリットは、表4の結果から「満足感」を下げる要因として「立体感」と「緊張感」が一定の負の規定力を示していた。従って、改善策としては、対話時に「緊張感」が生じない様に、本題前にお互いが打ち解けられる手立てを講ずることと、

「立体感」を軽減するようなバーチャル背景などを活用することが考えられる。ただし、この「立体感」因

子の意味は、本研究からでは明らかにならなかった。

「大学テレビ会議」のメリットは、「自宅テレビ会議」と同じく、図1「視線・動作・表情認知」と、図2「自他顔注視」が他の環境よりも高く、実写で映ることから、姿や動作と顔や表情を認知して話せる環境である。また、同様に表4の結果から「満足感」を上げる要因として、「視線・動作・表情認知」と「画面内注視」が正の規定力を示し、「自宅テレビ会議」との違いは「自他背景注視」も「満足感」を上げる要因となった。よって、自宅部屋のプライバシーを気にすることなく自由に画面内を注視でき、対話時の「満足感」を上げたものと考えられる。また、デメリットは、表4の結果から「満足感」を下げる要因として「立体感」が高い規定力で負の値となり、「疲労・違和感」も同様に負の規定因を示した。従って、改善策としては、対話時に適度に休憩を設け「疲労・違和感」を軽減するとともに、「自宅テレビ会議」と同じく、「立体感」を軽減するようなバーチャル背景などを活用することが考えられる。ただし、この「立体感」因子の意味は、本研究からでは明らかにならなかった。

「音声会議」のメリットは、表4の結果から、他の環境とは違い、唯一「受容感」が「満足感」因子に対し最も高い正の規定力を示した。よって、他の3環境より疎外感や退屈さを感じない環境と考えられる。また、デメリットは図1より「視線・動作・表情認知」と、図2「自他顔注視」が他の環境よりも有意に低く、顔や姿を認知できない環境である。また、表4より「自他顔注視」が他の環境と違い唯一「満足感」因子に対し負の高い規定力を示した。よって改善策としては、特徴的なメリットであった「受容感」を向上させる取り組みを意識的に行い、対話時にお互いの姿や顔が見えないデメリットを補う方策が有効と考えられる。また、テレビ会議利用時の負の要因であった「緊張感」や「立体感」は、表4より「音声会議」ではほとんど規定力がなく影響がないので、テレビ会議利用時にこれらを緩和するために、まずは「音声会議」で開始し、一定時間後にテレビ会議へ切り替えると双方のメリットを活かした通信が可能と考えられる。

「VR 会議」のメリットは、図 1「立体感」と図 2「自他背景注視」が高く、唯一アバターの操作により空間内を移動しながら話せる環境である。また、表 4 の結果から、他環境とは違い、唯一「立体感」が「満足感」因子に対し高い正の規定力を示し、かつ「大学テレビ会議」「自宅テレビ会議」と同じく「自他顔注視」が「満足感」因子に対し高い正の規定力を示した。よって、VR 空間特徴を持ちつつテレビ会議の環境にも近い環境と考えられる。また、デメリットは、他環境に比べ、「緊張感」「疲労・違和感」「視線・動作・表情認知」が、「満足感」に対し高い負の規定因を示している。改善策としては、対話時に適度に休憩を設け「緊張感」「疲労・違和感」を軽減するとともに、「緊張感」を和らげるためにバーチャル空間内の装飾をシンプルなものにすること、アバターによる不自然な「視線・動作・表情認知」を軽減するために、アバターで視線や動作に由来する感情を表現する仕組みを取り入れるべきであると考えられる。

6. おわりに

本研究で得られた成果は以下の通りである。

- ・「自宅テレビ会議」は、対話時に実写の相手を自由に注視できることから対話時の「満足感」が向上する。他方、「緊張感」が生じない手立てが必要である。
- ・「大学テレビ会議」は、対話時に自宅部屋のプライバシーを気にすることなく実写の相手を自由に注視できることから対話時の「満足感」が向上する。他方、対話時に適度に休憩を設け「疲労・違和感」を軽減する手立てが必要である。
- ・「音声会議」は、疎外感や退屈さを感じない環境と考えられる。他方、対話時にお互いの姿が見えないデメリットを補う方策が必要と考えられる。
- ・「VR 会議」は、VR 空間を動ける特徴を持ちつつテレビ会議にも近い環境である。他方、アバターで視線や動作に由来する感情を表現する仕組みを取り入れるとより効果的である。

また、本研究では、実験中の注視点について被験者の主観アンケートから調査した。しかし、客観的評価も得

ることで、効果的な環境をより理解できる可能性が考えられる。また、「満足感」を下げる要因となった「立体感」の意味が不明であった。よって、今後の課題としてはアイトラッカーを用いた客観的な生体情報の取得が有効と考えられる。

謝辞

実験に協力して頂いた谷田貝ゼミの 4 年生, 3 年生, 2 年生, 共立女子大学の関係者の皆さんに感謝致します。

本研究は、2019 年度科学研究費補助金基盤研究(C) (課題番号: 19K03091) の助成によるものです。

参考文献

- [1] 藤本彩華, 永岡慶三, 米谷雄介, 谷田貝雅典, 裸眼 3D 視線一致型テレビ会議システムを用いた高校・大学間遠隔対話型学習のデザイン, 教育システム情報学研究報告, vol133, no6, pp. 79-86, 2019 年 3 月
- [2] Zoom「Zoom ミーティング」, <https://zoom.us/jp-jp/meetings.html> (2021.02.17 最終閲覧)
- [3] Mozilla Hubs「はじめての Mozilla Hubs」 <https://support.mozilla.org/ja/kb/get-started-hubs-mozilla> (2021.02.17 最終閲覧)
- [4] ITmedia ビジネス ONLINE,「学校は Zoom, 広告に Google Meet, 通信業は Webex 業界によって異なる Web 会議ツールシェア」 <https://www.itmedia.co.jp/business/articles/2008/19/news080.html> (2021.02.17 最終閲覧)
- [5] なぞなぞ・クイズ問題集【ピコククエスト】 , 「ウミガメのスープ問題(水平思考クイズ)の良問」 <https://quizmondai.com/lateral-thinking/> (2021.02.17 最終閲覧)
- [6] 伊藤綾, 永岡慶三, 米谷雄介, 谷田貝雅典, 視線一致型テレビ会議システムにおける遠隔面接試験の実用性について, 教育システム情報学研究報告, vol133, no6, pp. 91-92, 2019 年 3 月
- [7] 山本実雨, 永岡慶三, 米谷雄介, 谷田貝雅典, 裸眼 3D 視線一致型テレビ会議システムを用いた遠隔芸術系実技試験対策学習, 教育システム情報学研究報告, vol133, no6, pp87-89, 2019 年 3 月

COVID-19 の影響で実施したオンライン授業に対する児童生徒 の認識とハイブリット型授業に対する教員の認識

北澤武^{*1}, 黒飛雅樹^{*2}, 中村めぐみ^{*3}, 毛利靖^{*4}, 渡邊茂一^{*5}, 渡部昭^{*6}, 石坂芳実^{*7}, 赤堀侃司^{*7}

*1 東京学芸大学大学院, *2 八千代市教育センター, *3 つくば市総合教育研究所,
*4 つくば市立みどりの学園義務教育学校, *5 相模原市教育センター,
*6 墨田区教育委員会, *7 ICT CONNECT 21

Research on Students' Recognition towards Online Classes Conducted under Influence of COVID-19 and Teachers' Recognition of Hybrid-Type Classes

Takeshi Kitazawa^{*1}, Masaki Kurotobi^{*2}, Megumi Nakamura^{*3}, Yasushi Mouri^{*4},
Shigekazu Watanabe^{*5}, Akira Watabe^{*6}, Yoshimi Ishizaka^{*7}, Kanji Akahori^{*7}

*1 Tokyo Gakugei University, *2 Yachiyo City Education Center,
*3 Tsukuba City Comprehensive Education Research Institute,
*4 Tsukuba City Midorino Gakuen Compulsory Education School,
*5 Sagami City Education Center, *6 Sumida City Board of Education,
*7 ICT CONNECT 21

本研究は、COVID-19 の緊急事態宣言下で実施したオンライン授業に対する児童生徒の認識と、対面授業とオンライン授業を融合させたハイブリット型授業に対する教員の認識を Web による質問紙で調査分析を行った。児童生徒に対する調査分析の結果、なりたい職業があることや、なぜ勉強するかの考えを持つこととオンライン授業に対する認識に関係が認められた。教員に対する調査分析の結果、構成主義的教授・学習観が高い教員のほうが、オンラインやハイブリット型授業に対する認識が高いことが分かった。

キーワード: COVID-19, オンライン授業, ハイブリット型授業, 児童生徒, 教員研修

1. はじめに

平成 29・30 年改訂の学習指導要領は、2020 年度より小学校から段階的に施行されている。この総則には、「情報活用能力の育成を図るため、各学校において、コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を活用するために必要な環境を整え、これらを適切に活用した学習活動の充実を図ること」と記されている^①。これに向けて、GIGA スクール構想が立ち上がり、児童生徒 1 人 1 台タブレット端末や校内の Wi-Fi 環境の整備が行われている^②。ICT の環境整備に加えて、

1 人 1 台のタブレット端末を用いた授業力を向上させることが教員に求められており、教員研修等でこの能力を高める方法が課題となっている。

一方、COVID-19 の影響で 2020 年の初旬に緊急事態宣言が発令された。これにより 2020 年 3 月 2 日から、各地の学校では休校を余儀なくされた。この状況下で、先導的に ICT を活用し、オンラインを活用して児童生徒の学びを止めないようにする授業（例えば、オンデマンド型授業や同時双方向型授業）を実施した学校がいくつか存在した。

本研究では、このようなオンライン授業を体験した児童生徒に、オンライン授業に対する認識や対面授業と家庭でのオンライン授業の組み合わせ方について問うた。加えて、将来なりたい職業の有無となぜ勉強するのかという勉強の意義についての認識度を問うた。この理由として、自己調整学習の理論から、長期目標と短期の行動目標を連動できる学習者はオンライン授業の学習方略を獲得しやすいと予想したためである^③。これにより、将来期待される1人1台端末による、対面授業とオンライン授業を融合させたハイブリット型授業の在り方への示唆を得ることが期待できる。

また、教員には教授・指導観^④とハイブリット型授業に対する認識を問い、この関係性について分析する。この理由として、教員の教授・指導観に関する信念に応じたハイブリット型授業に対する認識が明らかになることで、教員の信念に応じた研修の在り方を検討することに貢献できると考えたためである。

本研究では、以下の4つの調査分析を行い、得られた結果から、児童生徒1人1台端末環境とハイブリット型授業に関する今後の教員研修への示唆を提言することを目的とする。

- ・調査1：教員のオンデマンド型授業動画配信とeラーニングを体験した小中学生に対する調査
- ・調査2：教員のオンデマンド型授業動画配信とeラーニング及び同時双方向型授業を体験した中学生に対する調査
- ・調査3：教員のオンデマンド型授業動画配信を体験した中学生に対する調査
- ・調査4：教員を対象とした教授・指導観とオンラインやハイブリット型授業に対する認識の調査

2. 調査1

教員のオンデマンド型授業動画配信とeラーニング

を体験した小中学生に対する調査について述べる。

2.1 対象と調査日

本研究の対象は、関東圏にある義務教育学校の児童生徒491名（小4：127名、小5：136名、小6：91名、中1：81名、中2：56名）とした。調査日は、2021年1月14日～2月4日であった。

2.2 方法

本調査は、Webによる質問紙調査で行った。質問項目は、「将来、なりたい職業がありますか（3件法：0. わからない、1. いいえ、2. はい）」、「なぜ勉強するのか自分なりの考えをもっていますか（以下、勉強の意義についての認識度、5件法：1. まったくそう思わない～5. とてもそう思う）」の問いと、オンライン授業に関する問い（8問、5件法）を問うた（表1）。

得られた回答結果は、第一に、肯定的、あるいは否定的な傾向を分析するために、尺度（5件法）の中央値（3）を母平均とする検定（*t*検定）を実施した。

第二に、将来、なりたい職業の有無別、および「なぜ勉強するのか自分なりの考えをもっていますか」の認識とオンライン授業の関連を分析した。

第三に、「学校の対面授業と家でのオンライン授業（先生の授業動画・eラーニングのいずれか）をどのように組み合わせると、あなたにとって楽しい勉強になりますか。アイデアがあれば、できる限りたくさん書いてください」の自由記述を問い、KH Coder 3の共起ネットワーク分析で自由記述の特徴を分析した。

2.3 結果

2.3.1 質問紙調査の結果

表1は、オンライン授業に対する項目について、尺度（5件法）の中央値（3）を母平均とする検定（*t*検定）を行った結果を示したものである。結果、全ての

表1 質問紙調査の結果（調査1、*N* = 491）

項目	平均値	標準誤差	<i>t</i> 値	<i>p</i> 値
なぜ勉強するのか自分なりの考えをもっていますか。	3.94	0.05	19.58	.000
先生が作ったオンライン授業動画があなたの勉強に役立ちましたか。	3.85	0.04	19.79	.000
学校のホームページから問題を解くことができるeラーニングがあなたの勉強に役立ちましたか。	3.70	0.04	15.86	.000
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも家で勉強ができますか。	3.67	0.05	13.13	.000
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも先生はいつも自分達のことを考えてくれていると思いますか。	3.53	0.05	11.03	.000
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも先生や友達やいろいろな人と交流できると思いますか。	3.30	0.06	5.23	.000
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも友達の考えを知ることができると思いますか。	3.25	0.05	4.56	.000
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも自分の考えを発表することができますか。	3.14	0.05	2.67	.008
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも学校に通っているときと同じような生活リズムで勉強できると思いますか。	3.14	0.06	2.45	.015

表2 相関分析の結果 (調査1)

項目	1	2
1. 将来, なりたい職業がありますか. (0. いいえ, わからない, 1. はい)	—	—
2. なぜ勉強するのか自分なりの考えをもちますか.	.313 **	—
3. 先生が作ったオンライン授業動画があなたの勉強に役立ちましたか.	.150 **	.299 **
4. 学校のホームページから問題を解くことができる eラーニングがあなたの勉強に役立ちましたか.	.187 **	.333 **
5. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも家で勉強ができるとおもいますか.	.122 **	.242 **
6. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも先生や友達やいろいろな人と交流できるとおもいますか.	.146 **	.193 **
7. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも先生はいつも自分達のことを考えてくれるとおもいますか.	.131 **	.278 **
8. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも学校に通っているときと同じような生活リズムで勉強できるとおもいますか.	.153 **	.234 **
9. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも自分の考えを発表することができるとおもいますか.	.161 **	.235 **
10. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも友達の考えを知ることができるとおもいますか.	.123 **	.203 **

** $p < .01$

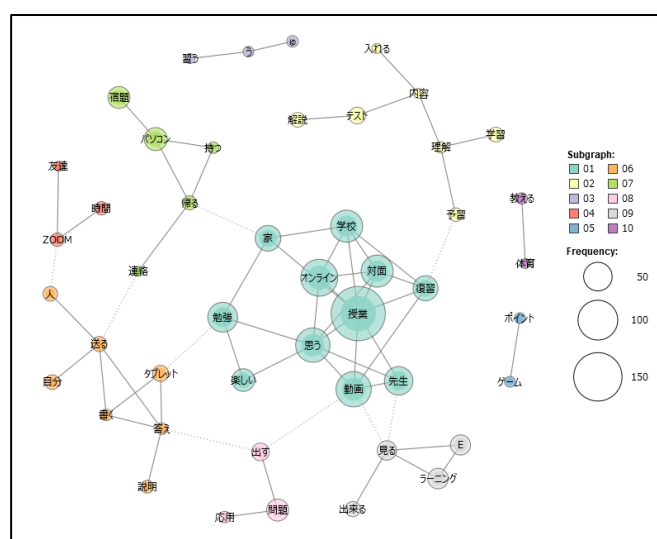


図1 共起ネットワーク分析の結果 (調査1)

項目において 5%水準未満で有意差が認められた。

各項目の平均値が中央値3を超えたことから、どの項目も多くの児童生徒は、肯定的な認識である割合が高いことが分かった。

2.3.2 なりたい職業の有無および勉強の意義についての認識度とオンライン授業の関連

表2は、なりたい職業の有無(0を無し, 1を有り)、および勉強の意義についての認識度(5件法)と、オンライン授業に対する認識について相関分析の結果を示したものである。結果、なりたい職業と関連する項目は1つも存在しなかった。

「なぜ勉強するのか自分なりの考えをもちますか」との関連に着目すると、「4. 学校のホームページから問題を解くことができる eラーニングがあなたの勉強に役立ちましたか ($r = .333, p < .01$)」が弱い正の相関関係が認められたが、これ以外の項目は無相関と判断された。

2.3.3 自由記述の分析

図1は、「学校の対面授業と家ででのオンライン授業(先生の授業動画・eラーニングのいずれか)をどのように組み合わせると、あなたにとって楽しい勉強になりますか。アイデアがあれば、できる限りたくさん書いてください」の自由記述(344件)の共起ネットワーク分析を行った図である。結果、子ども達の自由記述から以下の知見が得られた。

- (1) 対面授業をオンライン動画で、家で勉強する時に見られるようにすること。
- (2) 学習を理解するために予習をできることにすることやテスト内容の解説動画。
- (3) TV 会議システムで友達と交流する。
- (4) タブレットで答えや説明を書いて送る。
- (5) パソコンを持って帰って宿題をする。
- (6) 応用問題を出す。
- (7) eラーニングをする。

3. 調査2

教員のオンデマンド型授業動画配信と eラーニング及び同時双方向型授業を体験した中学生に対する調査について述べる。

3.1 対象と調査日

本研究の対象は、関東圏にある義務教育学校の中学3年生(52名)とした。調査日は、2021年1月14日～2月4日であった。

3.2 方法

本調査は、Webによる質問紙調査で行った。質問項

表3 質問紙調査の結果（調査2，N = 52）

項目	平均値	標準誤差	t値	p値
なぜ勉強するのか自分なりの考えをもっていますか。	4.15	0.11	10.71	.000
先生が作ったオンライン授業動画があなたの勉強に役立ちましたか。	4.06	0.11	9.81	.000
学校と家をテレビ会議でつないだ授業があなたの勉強に役立ちましたか。	3.83	0.13	6.18	.000
学校のホームページから問題を解くことができるeラーニングがあなたの勉強に役立ちましたか。	3.79	0.12	6.70	.000
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも家で勉強ができると思いますか。	3.75	0.14	5.17	.000
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも先生はいつも自分達のことを考えてくれていると思いますか。	3.63	0.16	4.08	.000
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも友達のことを知ることができると思いますか。	3.60	0.14	4.24	.000
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも先生や友達やいろいろな人と交流できると思いますか。	3.50	0.13	3.76	.000
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも学校に通っているときと同じような生活リズムで勉強できると思いますか。	3.44	0.17	2.63	.011
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも自分の考えを発表することができると思いますか。	3.44	0.15	3.02	.004

表4 相関分析の結果（調査2）

項目	1	2
1. 将来、なりたい職業がありますか。（0. いいえ、わからない、1. はい）	—	—
2. なぜ勉強するのか自分なりの考えをもっていますか。	-.004	—
3. 先生が作ったオンライン授業動画があなたの勉強に役立ちましたか。	.057	.245
4. 学校のホームページから問題を解くことができるeラーニングがあなたの勉強に役立ちましたか。	-.048	-.009
5. 学校と家をテレビ会議でつないだ授業があなたの勉強に役立ちましたか。	-.305 *	.141
6. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも家で勉強ができると思いますか。	-.260	.121
7. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも先生や友達やいろいろな人と交流できると思いますか。	-.021	.131
8. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも先生はいつも自分達のことを考えてくれていると思いますか。	.254	-.137
9. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも学校に通っているときと同じような生活リズムで勉強できると思いますか。	.080	.406 **
10. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも自分の考えを発表することができると思いますか。	.015	.250
11. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも友達のことを知ることができると思いますか。	.132	.055

* $p < .05$; ** $p < .01$

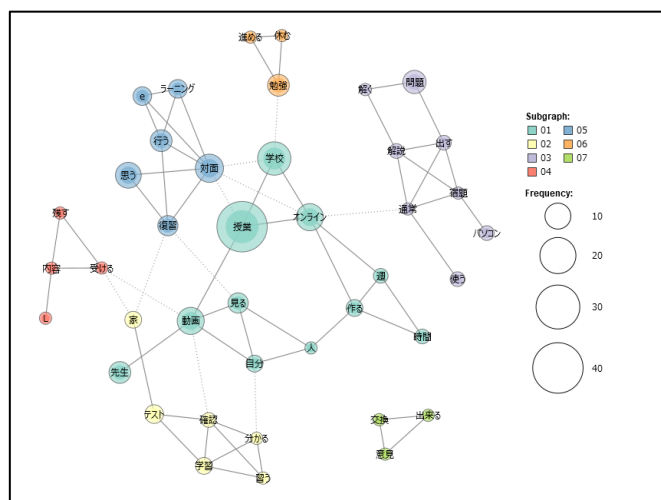


図2 共起ネットワーク分析の結果（調査2）

目は2.2と同様、「将来、なりたい職業がありますか(3件法)」、「なぜ勉強するのか自分なりの考えをもっていますか(5件法)」の問いと、オンライン授業に関する問い(9問(2.2の8項目に「学校と家をテレビ会議でつないだ授業があなたの勉強に役立ちましたか」を追加)、5件法)を問うた(表3)。

得られた回答結果の分析は2.2と同様、第一に、肯定的、あるいは否定的な傾向を分析するために、尺度(5件法)の中央値(3)を母平均とする検定(t検定)を実施した。

第二に、将来、なりたい職業の有無別、および「なぜ勉強するのか自分なりの考えをもっていますか」の認識とオンライン授業の関連を分析した。

第三に、「学校の対面授業と家でのオンライン授業(先生の授業動画・eラーニング・テレビ会議のいずれか)をどのように組み合わせると、あなたにとって楽しい勉強になりますか。アイデアがあれば、できる限りたくさん書いてください」の自由記述を問い、共起ネットワーク分析で自由記述の特徴を分析した。

3.3 結果

3.3.1 質問紙調査の結果

表3は、オンライン授業に対する項目について、尺度(5件法)の中央値(3)を母平均とする検定(t検定)を行った結果を示したものである。結果、全ての項目において5%水準未満で有意差が認められた。各項目の平均値が中央値3を超えたことから、どの項目も多く生徒は、肯定的な認識である割合が高いことが分かった。

3.3.2 なりたい職業の有無および勉強の意義についての認識度とオンライン授業の関連

表4は、なりたい職業の有無(0を無し、1を有り)、

表5 質問紙調査の結果（調査3，N = 62）

項目	平均値	標準偏差	t値	p値
先生が行ったオンライン授業はあなたの勉強に役立ちましたか。	3.89	0.11	7.86	.000
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも家で勉強ができますと思いますか。	3.77	0.14	5.66	.000
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも自分の考えを發表することができると思いますか。	3.74	0.14	5.31	.000
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも友達のことを知ることができると思いますか。	3.74	0.14	5.38	.000
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりもその教科の理解力が高まると思いますか。	3.61	0.14	4.25	.000
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも先生はいつも自分達のことを考えてくれていると思いますか。	3.53	0.12	4.32	.000
なぜ勉強するのか自分なりの考えをもっていますか。	3.52	0.14	3.81	.000
学校で対面授業が行われていても、オンライン授業があれば家で利用したいですか。	3.52	0.14	3.70	.000
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも先生や友達やいろいろな人と交流できると思いますか。	3.40	0.14	2.90	.005
オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも学校に通っているときと同じような生活リズムで勉強できると思いますか。	3.31	0.17	1.84	.071

表6 相関分析の結果（調査3）

項目	1	2
1. 将来、なりたい職業がありますか。（0. いいえ、わからない、1. はい）	—	—
2. なぜ勉強するのか自分なりの考えをもっていますか。	.200	—
3. 先生が作ったオンライン授業動画があなたの勉強に役立ちましたか。	.263 *	.581 **
4. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも家で勉強ができますと思いますか。	.222	.331 **
5. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも先生や友達やいろいろな人と交流できると思いますか。	.230	.282 *
6. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも先生はいつも自分達のことを考えてくれていると思いますか。	.239	.395 **
7. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも学校に通っているときと同じような生活リズムで勉強できると思いますか。	.234	.295 *
8. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも自分の考えを發表することができると思いますか。	.185	.464 **
9. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも友達のことを知ることができると思いますか。	-.023	.456 **
10. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりもその教科の理解力が高まると思いますか。	.312	.397 **

* $p < .05$; ** $p < .01$

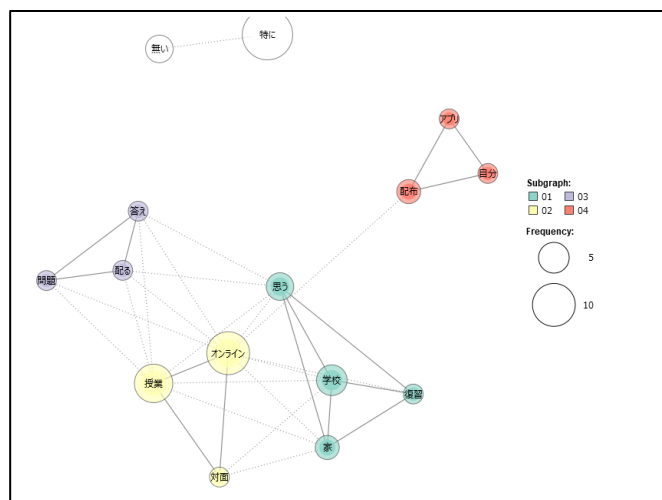


図3 共起ネットワーク分析の結果（調査3）

および勉強の意義についての認識度（5件法）と、オンライン授業に対する認識について相関分析の結果を示したものである。結果、なりたい職業の有無と「5. 学校と家をテレビ会議でつないだ授業があなたの勉強に役立ちましたか（ $r = -.305, p < .05$ ）」に、負の弱い相関関係が認められた。また、勉強の意義についての認識度と「9. オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも学校に通っているときと同じような生活リズムで勉強できると思いますか（ $r = .406, p < .01$ ）」に中程度の正の相関関係が認められた。

3.3.3 自由記述の分析

図2は、「学校の対面授業と家でのオンライン授業（先生の授業動画・eラーニング・テレビ会議のいずれか）をどのように組み合わせると、あなたにとって楽しい勉強になりますか。アイデアがあれば、できる限りたくさん書いてください」の自由記述（45件）の共起ネットワーク分析を行った図である。結果、子ども達の自由記述から以下の知見が得られた。

- (1) 対面授業をオンライン動画で、家で勉強する時に見られるようにすること。
- (2) 家でテストの確認をすること。
- (3) パソコンで宿題や問題を解いたり、解説を読んだりすること。
- (4) eラーニングを行うこと。
- (5) 意見の交流をすること。

4. 調査3

教員のオンデマンド型授業動画配信を体験した中学生に対する調査について述べる。

4.1 対象と調査日

本研究の対象は、都内23区内にある中学生62名

(中2:28名, 中3:34名)とした。調査日は、2020年10月20日であった。

4.2 方法

本調査は、Webによる質問紙調査で行った。質問項目は2.2と同様、「将来、なりたい職業がありますか(3件法)」、「なぜ勉強するのか自分なりの考えをもっていますか(5件法)」の問いと、オンライン授業に関する問い(8問, 5件法)を問うた(表5)。

得られた回答結果の分析は2.2と同様、第一に、肯定的、あるいは否定的な傾向を分析するために、尺度(5件法)の中央値(3)を母平均とする検定(t 検定)を実施した。

第二に、将来、なりたい職業の有無別、および「なぜ勉強するのか自分なりの考えをもっていますか」の認識とオンライン授業の関連を分析した。

第三に、「学校の対面授業と家でのオンライン授業をどのように組み合わせると、あなたにとって楽しい勉強になりますか。アイデアがあれば、できる限りたくさん書いてください」の自由記述を問い、KH Coder 3の共起ネットワーク分析で自由記述の特徴を分析した。

4.3 結果

4.3.1 質問紙調査の結果

表5は、オンライン授業に対する項目について、尺度(5件法)の中央値(3)を母平均とする検定(t 検定)を行った結果を示したものである。結果、「オンライン授業があるとオンライン授業なしよりも学校に通っているときと同じような生活リズムで勉強できると思いますか」以外の項目において5%水準未満で有意差が認められた。有意差が認められた項目の平均値が中央値3を超えたことから、これらについて、多くの生徒は肯定的な認識である割合が高いことが分かった。

4.3.2 なりたい職業の有無および勉強の意義についての認識度とオンライン授業の関連

表6は、なりたい職業の有無(0を無し, 1を有り)、および勉強の意義についての認識度(5件法)と、オンライン授業に対する認識について相関分析の結果を示したものである。結果、なりたい職業の有無と「5.3.先生が作ったオンライン授業動画があなたの勉強に役立ちましたか。($r=.263, p<.05$)」に、正の弱い

相関関係が認められた。また、勉強の意義についての認識度と「5.3.先生が作ったオンライン授業動画があなたの勉強に役立ちましたか($r=.581, p<.01$)」に中程度の正の相関関係が認められた。

4.3.1 自由記述の分析

図3は、「学校の対面授業と家でのオンライン授業をどのように組み合わせると、あなたにとって楽しい勉強になりますか。アイデアがあれば、できる限りたくさん書いてください」の自由記述(37件)の共起ネットワーク分析を行った図である。結果、子ども達の自由記述から以下の知見が得られた。

- (1) 対面授業をオンライン動画で見られるようにすること。
- (2) 学校の復習を家ですること。
- (3) 問題の答えを配ること。
- (4) アプリを自分で使えるようにすること。

5. 調査4

教員を対象とした教授・指導観とオンライン授業やハイブリット型授業に対する認識について述べる。

5.1 対象と調査日

本研究の対象は、全国の教員831名(配信数1364, 回収率60.9%)とした。内訳は、小学校教諭:315名, 中学校教諭:162名, 高等学校教諭:209名, 義務教育学校:7名, 中等教育・一貫:16名, 特別支援学校:81名であった。調査日は、2020年12月1日~2020年12月7日であった。

5.2 方法

本調査は、Webによる質問紙調査で行った。質問項目は教授・指導観尺度(計8項目:構成主義的教授・学習観4項目, 直接伝達主義的教授・学習観4項目, 5件法)^⑤と、ハイブリット型授業に関する認識を問う質問項目(7項目, 5件法)を実施した(表7)。

得られた回答結果から、教員の教授・指導観を構成主義的教授・学習観および直接伝達主義的教授・学習観の傾向に分類した。具体的には、個々の構成主義的教授・学習観の4項目の合計点(4~20ポイント)と、直接伝達主義的教授・学習観の4項目の合計点(4~20ポイント)を比較し、例えば、構成主義的教授・学

表 7 質問紙調査の結果（調査 4）

項目	1 (n = 216)		2 (n = 163)		3 (n = 411)		F値	df1	df2	p値	多重比較 Holm法
	平均値	標準誤差	平均値	標準誤差	平均値	標準誤差					
1 新型コロナウイルスの影響による休校期間中、子供がオンラインでの授業やコミュニケーションを求めていることを実感した。	2.91	0.08	3.09	0.09	3.13	0.06	2.52	2	787	.081	
2 教師はハイブリット型授業（対面授業と家庭でのオンライン学習の併用）の教育を実施できるようにしなければならない。	3.26	0.08	3.39	0.09	3.57	0.05	5.83	2	787	.003 **	1<3
3 ハイブリット型授業で子供の主体的・対話的で深い学びを促す指導ができる。	2.58	0.07	2.93	0.08	2.91	0.05	9.00	2	787	.000 **	1<2,1<3
4 子供にハイブリット型授業での学び方を指導することが重要である。	3.03	0.07	3.20	0.08	3.33	0.05	6.32	2	787	.002 **	1<3
5 ハイブリット型授業の実践事例を知ることが自身の課題である。	3.36	0.07	3.45	0.08	3.60	0.05	3.96	2	787	.019 *	1<3
6 ICTに関する機器の理解や操作技能を高めることが自身の課題である。	3.65	0.07	3.67	0.09	3.73	0.05	0.40	2	787	.670	
7 対面授業とオンラインのハイブリット型授業をデザイン・実践する機会を設けることが自身の課題である。	3.18	0.07	3.39	0.08	3.45	0.05	5.02	2	787	.007 **	1<3

※ 1：直接伝達主義的教授・学習観，2：中立，3：構成主義的教授・学習観

習観の合計点が大きい場合は構成主義的教授・学習観と定義した。同点の場合は、中立とした。その後、構成主義的教授・学習観と直接伝達主義的教授・学習観の違いによる、オンライン授業やハイブリット型授業に対する認識の差異について、分散分析で分析した。

5.3 結果

5.3.1 質問紙調査の結果

表 7 は、オンライン授業に対する項目について、教授・学習観別に分散分析を行った結果を示したものである。結果、項目 2，3，4，5，7 で有意差が認められたことから、Holm 法による多重比較を行った。その結果、これらの項目全てで直接伝達主義的教授・学習観である教員よりも、構成主義的教授・学習観である教員のほうが、有意に平均値が高かった。このことから、「ハイブリット型授業の教育を実施できるようにしなければならない」などのハイブリット型授業に対する認識は、構成主義的教授・学習観である教員のほうが高い傾向であることが示唆された。

6. 総合考察

調査 1～3 の結果から、先生の授業動画・e ラーニング・テレビ会議のオンライン授業を経験した児童生徒は、総じてこれらのオンライン授業に対して好意的であることが分かった。このことから、児童生徒はオンライン授業を体験させ、これによる学びの利点を理解させることが重要である。今後、GIGA スクール構想の実現により児童生徒 1 人 1 台タブレット端末環境が整備される予定であるため、先生の授業動画・e ラーニング・テレビ会議のオンライン授業を経験する児童生徒が増えることが期待できる。

一方、調査 3 では、勉強の意義について認識度が高

いことと、オンライン授業に対する認識の高さに相関関係が認められた。つまり、子供に学習に対する目的を明確にさせることことが、オンライン授業に対する認識を高めることと関連することが予想される。本調査の児童生徒は、コロナ禍の中で学びを止めないためにオンライン授業を体験していたが、これは学ぶためにはコンピュータが必要であることを子供達自身が認識するきっかけになっていたと考えられる。

日常的な授業の中で、1 人 1 台タブレット端末を利用することがどれだけ有用で、意義あることかを子供達自身で気づき、理解させる手立てを講じることが求められる。その具体的方法は、子供たちが考えた対面授業と家庭学習を繋げた、学びが楽しくなるハイブリット型授業の自由記述に表れていた。例えば、「対面授業をオンライン動画で、家で勉強する時に見られるようにすること」「学習を理解するために予習をできることにすることやテスト内容の解説動画」「TV 会議システムで友達と交流する」ことなどが挙げられた。これらの取り組みを行うことで、子供たちはタブレット端末を学習に使う意義を見出しながら個別最適な学びを行うようになるかもしれない。

しかしながら、調査 4 の結果の通り、教員はハイブリット型授業に対する指導の自信は高いとは言えず、教授・学習観によってハイブリット型授業に対する認識に差が認められた。教員の教授・学習観にかかわらず、ハイブリット型授業の指導に対する自信を高めるためには、各教科等の見方・考え方を向上させるような児童生徒 1 人 1 台端末の活用方法について教員研修で身に付けることが求められる。だが、世の中には数多くの ICT を活用した先導的な実践事例が公開されているにもかかわらず、中々全国にこの実践例が定着しない現実がある。この理由として、学校独自の文化

があるために、必ずしも先行事例が役に立つとは限らなかつたり、教員のメンタルモデルが影響していたりすることが考えられる⁽⁶⁾。そこで、教員のメンタルモデルに着目し、例えば教員の判断や欲求を確認しつつ、1人1台端末を活用する子供と関わりながら教員が振り返ったり自己反省したりできるような授業改善や教員研修の機会が求められる。

7. まとめ

本研究では、オンライン授業を体験した児童生徒に、オンライン授業に対する認識や、対面授業と家庭でのオンライン授業の組み合わせ方について問うことで、1人1台端末による、対面授業とオンライン授業を融合させたハイブリット型授業の在り方への示唆を得ることを目的とした。さらに、教員にハイブリット型授業に対する認識について質問紙調査を行うことで、児童生徒1人1台端末環境とハイブリット型授業に関する今後の教員研修への示唆を提言することを目的とした。4つの調査を行った結果、以下の知見を得た。

- ・先生の授業動画・eラーニング・テレビ会議のオンライン授業を経験した児童生徒は、総じてこれらのオンライン授業に対して好意的であるため、児童生徒はオンライン授業を体験させ、これによる学びの利点や意義を理解させることが重要である。
- ・教員のオンデマンド型授業動画配信を体験した中学生に対する調査結果から、勉強の意義について認識度が高いことと、オンライン授業に対する認識の高さに相関関係が認められたため、子供にコンピュータを活用した学習に対する目的を明確にさせることが、オンライン授業に対する認識を高めることと関連することが予想された。
- ・「学校の対面授業と家でのオンライン授業をどのように組み合わせると、あなたにとって楽しい勉強になりますか」などの自由記述を児童生徒に問うた結果、「対面授業をオンライン動画で、家で勉強する時に見られるようにすること」「学習を理解するために予習をできることにすることやテスト内容の解説動画」「TV会議システムで友達と交流する」ことなどが挙げられたため、これらの取り組みを行うことで、子供たちは端末を学習に使う意義を見出しながら個

別最適な学びを行うようになることが予想された。

- ・教員はハイブリット型授業に対する指導の自信は高いとは言えず、教授・学習観によってハイブリット型授業に対する認識に差が認められたため、学校独自の文化や教員のメンタルモデルに着目した教員研修が求められる。

今後の課題として、児童生徒を対象とした質問紙調査の改善や、教師信念にかかわらず、1人1台端末の授業を指導する自信を高めるような教員研修の在り方について追究することが挙げられる。

付記・謝辞

統計分析はHAD17⁽⁷⁾を使用した。本研究は、令和2年度公益財団法人パナソニック教育財団と一般社団法人ICT CONNECT 21の共同研究助成の支援を受けた。調査にご協力いただいた皆様にお礼申し上げる。

参考文献

- (1) 文部科学省：平成29・30年改訂学習指導要領のくわしい内容(2017) http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1383986.htm (参照日 2021/2/14)
- (2) 文部科学省：GIGA スクール構想の実現パッケージ(2019) https://www.mext.go.jp/content/20200219-mxt_jogai02-000003278_401.pdf (参照日 2021/2/14)
- (3) 西田寛子，久我直人：“自己調整学習の理論に基づいた「生徒の自律的な学び」を生み出す英語科学学習指導プログラムの開発とその効果”，日本教育工学会論文誌，42(2)，pp.167-182 (2018)
- (4) OECD：“OECD 教育白書：効果的な教育実践と学習環境をつくる(第1回 OECD 国際教員教授・学習観調査(TALIS) 報告書)”，明石書店，東京(2012)
- (5) 清水優菜，山本光：“教育実習のエンゲージメントと教授・学習観の関連”，日本教育工学会論文誌，43，pp.57-60 (2019)
- (6) 望月紫帆，西之園晴夫，坪井良夫：“チームで推進する授業研究の研修プログラムの開発事例”，日本教育工学会論文誌，37(1)，pp.47-56 (2013)
- (7) 清水裕士：“フリーの統計分析ソフト HAD：機能の紹介と統計学習・教育，研究実践における利用方法の提案”，メディア・情報・コミュニケーション研究，1，pp.59-73 (2016)

学習活動の準備状態を高める

オンライン・バズセッションの要求と仕様

～基盤となる機能（コア・モジュール）について～

浅羽 修丈^{*1}, 斐品 正照^{*2}

^{*1} 北九州市立大学, ^{*2} 東京国際大学

Requirements and Specifications of the Core Module for Online Buzz Session on Pre-Learning

Nobutake Asaba^{*1}, Masateru Hishina^{*2}

^{*1} The University of Kitakyushu, ^{*2} Tokyo International University

We have made the hypothesis that watching lecture videos on the Web in pre-learning (i.e. in-between time) leads to efficient knowledge acquisition and activation of discussions on the class. However, lonely watching may lead to limited intellectually stimulating and lack of social presence. Some students rarely pre-learn because of these disadvantages. Therefore, we propose the “Online Buzz Session on Pre-Learning” aimed at solving these disadvantages. In this paper, we have reported on requirements and specifications of its core module.

キーワード: 事前学習, バズ学習, 共同学習, 講義ビデオ, ソーシャルメディア, 発達の最近接領域

1. はじめに

授業中における学習をより効果的にするためのひとつの手段としては、事前学習がある。例えば、一般的にも、教科書や参考書、資料、Web ページ等の事前の閲読（いわゆる予習）は、授業での知識の獲得や理解の促進の助けになることが期待されている。また、近年増えてきた反転学習に代表されるように、事前に講義ビデオを視聴したり課題に取り組んだりすることにより、あらかじめ知識を獲得することができれば、授業中において、知識の応用的な活用や学習者同士のディスカッションといった、より高度な学習活動に取り組めることが期待される。

しかしながら、近年の学生は事前に学習を行う時間が少ないという報告がある^{(1),(2)}。実際に事前学習がなされていなければ、当然のことながら上記に示したような学習効果は期待できない。筆者らは、学生が事前学習を行う時間が少ない要因として、以下の3つが大きいと考えている。

- 知識を獲得しなければならない・覚えなければならないという心理的負担（実際には時間があっても、事前学習のために割きたくない）
- 知識を獲得するために要する時間的負担（アルバイト等で忙しく、まとまった時間が確保できない）
- 社会的存在感の欠如（事前学習が一般的に独学で行われることを想定しており、他者がいないので孤独）

筆者らは、この3つの要因を軽減するための手法として「プレ・バズセッション (Pre-Buzz-Session : Buzz Session on Pre-Learning)」とそのオンライン化を提案している⁽³⁾。プレ・バズセッションは、学習のタイミングこそ反転学習と同じであるが、反転学習とは異なり、知識の獲得が目的ではない。次回の授業のテーマについて、学生同士で事前に情報交換や意見交換を行うことで、授業に対する“準備状態を高める”ことが目的である。

プレ・バズセッションを実現する方法の中でも、大

学教育での実践を想定したオンライン化したプレ・バズセッションでは、まず、次回の授業テーマについて説明した5分～10分程度の短いビデオ（Web配信）をスマートフォン等で視聴し、それをきっかけにして学生同士がオンライン（非同期）のテキストで意見交換するという手法を採用する。これは、多くの大学生がスマートフォン等を所持していることと、SNSや動画共有サイト等でテキストを書き込み、共有するソーシャルメディアに慣れ親しんでいることに適合させたものである。なお、スマートフォンを活用した短時間学習環境にマイクロラーニングがあるが、その目的は知識の獲得が主体であり、プレ・バズセッションとは目的が異なる。

本研究の目的は、事前学習に対する学生の心理的負担、時間的負担、社会的存在感の欠如という現状に合わせたオンライン化したプレ・バズセッションを実現する環境を提供することである。現状ではそのために実装された環境は存在しないため、この目的を達成するためには、オンライン上で非同期にテキストで情報交換・意見交換ができる基盤機能（コア・モジュール）と、学生同士の活発な情報交換・意見交換により思考活動を支援する思考支援機能（拡張モジュール）を具体的に検証し、システムとして実装する必要がある。

本稿では、特に基盤機能（コア・モジュール）に注目し、その機能にはどのような要求・仕様を満たせば良いかを検討したので、その結果について報告する。

2. プレ・バズセッション

2.1 プレ・バズセッションの概要

プレ・バズセッションのねらいは、学習者の授業に対する“準備状態を高める”ことにある。ここでいう“準備状態を高める”とは、授業テーマに関連するスキーマの活性化と、知的好奇心の促進、および、対人関係の構築を意味する。詳細は、筆者らの先行研究⁽³⁾に譲るとして、ここではプレ・バズセッションについて簡単に概観する。

まず、スキーマの活性化では、次回の授業テーマに関連する生活的概念^{(4),(5)}、および、生活的概念と未だリンクしていない科学的概念^{(4),(5)}の想起・注意・喚起を促す。すなわち、既有知識や経験の想起・注意・喚

起に集中させることで、新たな知識の獲得のときに伴う心理的負担の軽減をねらう。さらには、既有知識や経験の想起・注意・喚起ができれば、授業中で新しく伝えられる知識の効果的な獲得や応用、ディスカッションが期待できる。これらの効果は、有意味受容学習⁽⁶⁾の理論でもこの効果は説明されるが、本研究の特徴は、授業の事前のタイミングで、かつ、学生同士の議論の中で構成しようというところにある。

次に、授業中での能動的な学習態度を引き出すためには、事前での知的好奇心の促進が重要となる。プレ・バズセッションでは、「拡散的好奇心」と「特殊的好奇心」⁽⁷⁾の促進をねらう。つまり、情報の飢えを生じさせたり、知識が不十分であることを認識させたりすることをねらう。知的好奇心は、外側からせき立てられない状況や、自分の好むやり方で好むだけの時間取り組める事態といった、心的余裕がある状況において発揮される⁽⁸⁾。知識の獲得や課題への取り組みといった活動にせき立てられている授業中や、反転授業とは異なり、プレ・バズセッションは授業の事前に取り組むので、心的余裕があり、知的好奇心の促進が期待できる。

最後に、対人関係の構築については、筆者らの先行研究⁽⁹⁾では述べていなかったが、プレ・バズセッションに必要な要素として、本稿において新たに加える。ここでいう対人関係とは、教員と学生の間だけでなく、特に学生同士の関係のことである。階層性理論（A.H. マズローなど）によると、「人間関係的な欲求」を満たすことで、次の階層である「自己実現的な欲求」に移ることができる⁽⁹⁾。すなわち、学習成立に重要な自己実現したいという気持ちは、学習を共有している仲間の存在、良好な対人関係が満たされてこそ湧き上がるものである。ただし、対人関係を構築するためには、情緒的な人間関係を中心としたインフォーマルコミュニケーション⁽¹⁰⁾が欠かせない。プレ・バズセッションでは、学生同士が気軽に自由に情報効果や意見交換する場を用意することで、フォーマルコミュニケーション⁽¹⁰⁾に限らず、インフォーマルコミュニケーションも促進し、学生同士の対人関係の構築をねらう。

2.2 プレ・バズセッションのオンライン化における基本的な考え方

2.2.1 プレ・バズセッションを実現するためのスマー

トフォンとソーシャルメディア

プレ・バズセッションを行うために、わざわざ指定した時間・指定した場所に来てもらい、短い時間の情報交換・意見交換を行うことは、学生への負担も大きく、現実的ではない。一方で、現状では、多くの大学生がスマートフォンを所持しているため、スマートフォンから利用できるソーシャルメディアを活用することで、非同期分散環境における他者との情報交換・意見交換が容易に実現できる。オンライン化したプレ・バズセッションにおいても、Web 配信講義ビデオを基に、学生同士がソーシャルメディアを活用して自由にテキストで情報交換・意見交換できる環境を実装する必要があると考える。加えて、配信する講義ビデオの内容は、前述のように知識の獲得を目的としないので、次の授業テーマについての 5 分～10 分程度のなるべく短い説明にとどめることが望ましいと考える。

これにより実現されたオンライン化したプレ・バズセッションの環境は、学生の心理的負担、および、時間的負担が軽減されることが期待でき、独学になりがちで社会的存在感の欠如が懸念されるという事前学習の問題を解決し、前述した対人関係の構築も期待できる。加えて、ヴィゴツキーの発達の最近接領域^{(4),(5),(11)}の理論にあるように、学習者が独力で解決できる問題の指標である「現下の発達水準」を超えて、独力で解決はできないが誘導的な質問・ヒントや他の学習者との議論や共同の中で解決に至ることができる問題の指標である「明日の発達水準」へと発達させることも期待できる。

2.2.2 インフォーマルなコミュニケーションを促す

ソーシャルメディア

オンライン化したプレ・バズセッションは、教育学習用のソーシャルメディアなので、そのままではフォーマルコミュニケーションに偏ることが予想される。

2.1 節で述べたように、インフォーマルなコミュニケーションを促すためには、「バズ感(ワイワイ感やガヤガヤ感)」がある状態でのテキストによる情報交換・意見交換が可能な環境の実現が不可欠である。

そこで、バズ感を感じることができ画面設計としてヒントとなるのは、niconico⁽¹²⁾である。再生されるビデオ画面上に、テキストコメントがその入力された

タイミングで流れるようにすることで、学生同士が同じ画面を見ている印象を抱くことが可能となり、賑やかな感じや他の視聴者との共有感が期待できる。

2.2.3 立場を変えたテキストの書き込みと共有

これまでの筆者らの研究では、講義ビデオの視聴時に単にソーシャルメディアの環境を用意しても、あまり多くの発言や議論は期待できないことが分かっている⁽¹³⁾。そこで、筆者らは、発言や議論を活発化させるために、学生の「学ぶ立場」だけでなく、「研究者のように、論理的に主張したり、解説したり、教えたりする立場」(以下、教える立場と記す)に立って授業テーマを捉えてみて、その立場から発言する機会を作る手法に注目している。

市川(1998)は、Researcher-Like Activity という学習スタイルを提唱している⁽¹⁴⁾。その基本的なコンセプトは、「研究者の活動の縮図的活動を学習の基本形態とする」ことである。ここでいう縮図的活動とは、本物の研究者の活動を、学習者のレベルに合わせて模擬したものである。すなわち、学習者は、模擬的に研究者の立場になって、物事の因果関係を的確に推論したり、自分の主張を論理的に述べたり、他者の意見を批判的に吟味し議論したりといった学習活動を行う。学生は、研究者のような教える立場に立つことで、これまでの立場とは別の観点から学習を眺めることができ、そこには学習者のような学ぶ立場だけでは気付かなかった新たな発見が期待できる。ただし、授業中では難しく、授業が開始されるまで(事前)に立場を変えておくことが望ましいと考える。

オンライン化したプレ・バズセッションでは、授業を単に受講するだけという立場から、授業を自らも一員として作る立場へ、受動的な存在から能動的な存在へと意識的に変えることを目指し、そのための環境をソーシャルメディア上に実現する必要があると考える。そのため、ソーシャルメディア上でテキストを入力する際に、教える立場と学ぶ立場を意識(自由に選択)させる。また、教える立場と学ぶ立場がまるで対話をしているかのように画面上に流す(共有)ことで、どちらの立場で送信されたものかが分かるよう区別できるようにする。これらにより、新たな気付きや授業への参加意識の変化を期待する。

3. オンライン・プレ・バズセッションの基盤機能の要求分析

プレ・バズセッションをオンライン上で実施する学習環境(オンライン・プレ・バズセッションの略で OPB と記す)を実現するためには、まずは 2.2 節で説明した基本的な考え方を踏まえて、基盤機能(コア・モジュール)を実装する必要がある。本章では、その基盤機能に関する要求分析について説明する。

3.1 講義ビデオ視聴に関する要求分析

OPB では、まず、次の授業テーマについて説明する 5 分～10 分程度の講義ビデオを Web 配信する。そのため、学生が配信された講義ビデオを自由に再生や一時停止、シークバーによる視聴シーンの選択といった制御ができるインタフェースが必要である(表 1 の要求 1, 第 2.2.1 項参照)。

3.2 テキストコメントの送信に関する要求分析

OPB では、一種のソーシャルメディアとして、学生同士がテキストでバズセッションを行えるようにする必要がある。そのため、まず、学生が講義ビデオを視聴しながら考えたことや感じたこと、思い出したことを、テキストボックス欄にテキストコメントを入力して送信できる機能が必要である(表 1 の要求 2, 第 2.2.1 項参照)。また、教える立場として送信する場合と、学ぶ立場として送信する場合とを分けて送信することができるようにする必要がある(表 1 の要求 3, 第 2.2.3 項参照)。加えて、その送信する際には、各立場を意識しつつ、間違いや迷いなく立場を分けて送信することが望まれる(表 1 の要求 4, 第 2.2.3 項参照)。

3.3 共有されたテキストコメントに関する要求分析

OPB では、学生が講義ビデオを視聴しながら、他の学習者や自らが送信したテキストコメントを画面上で確認できる必要がある(表 1 の要求 5, 第 2.2.1 項参照)。加えて、その画面上に流れるテキストコメントは、送信したタイミングと講義ビデオの再生時間とをリンクさせることで、講義ビデオのどの場面でどのような思考の想起や意見等が出たかが分かるようにすることが必要である(表 1 の要求 5, 第 2.2.2 項参照)。

また、OPB では、講義ビデオの画面上に流れるテキ

ストコメントは、教える立場として送信されたものか、それとも学ぶ立場として送信されたものかによって、画面上の異なる位置に表示され、かつ、どちらの立場として送信されたのかを間違いなく認識できる必要がある(表 1 の要求 6, 第 2.2.3 項参照)。加えて、教える立場に立ったテキストコメントと学ぶ立場に立ったテキストコメントとのやり取りが、対話のように見える画面が必要である(表 1 の要求 7, 第 2.2.3 項参照)。

以上に加えて、OPB は、niconico のような娯楽用ではなく、教育学習用のソーシャルメディアなのでいくつかの付加機能も必要である。まず、OPB で共有されたテキストコメントは、そのままでは講義ビデオの特定のシーンを再生しないと確認することができない。これでは、どのような情報交換・意見交換があったかを確認する際にその都度、講義ビデオを再生しながらテキストコメントが流れたシーンを探すのでは手間がかかる。次の授業のテーマに対して全体的にどのような意見交換がなされたかを、一目で、かつ講義ビデオに連動する形式で把握できるようにするとより効果が期待できる。そのためにも、送信された全てのテキストコメントが一目で確認できる一覧表と、その一覧表から興味のあるテキストコメントを選択すると、そのテキストコメントが送信された講義ビデオのタイミングに自動的に飛んで再生される機能が必要である(表 1 の要求 8)。

次に、OPB のテーマによっては、送信されたテキストコメントに、誰が送信したものが特定できると、限られた学生による意見交換なのか、それとも、多くの学生が参加している意見交換なのか分かる。これにより、まだ意見交換に加わっていない学生にテキストコメントの送信を促すことができるので、テキストコメントに送信者の情報を付加する機能が必要である(表 1 の要求 9)。ただし、逆に、OPB のテーマによっては、誰が送信したかが特定されない方が良いこともあるので、このテキストコメントの送信者情報の表示/非表示は、教員が授業の目的に応じて自由に設定できることが必要である(表 1 の要求 10)。

4. OPB の仕様とシステムの試作

3 章で説明した要求分析に従い、本章では OPB の仕

表 1 OPB の基盤となる機能に対する要求分析

要求分析	
ビデオ視聴	要求 1: 講義ビデオを再生・一時停止・シークバーによる視聴シーンの選択といった制御ができる。
テキストコメントの送信	要求 2: 講義ビデオを視聴しながら考えたことや感じたこと、思い出したことをテキストコメントとして送信することができる。 要求 3: 教える立場と学習者の立場に分けてテキストコメントを送信することができる。 要求 4: 各立場を意識しつつ、なるべく間違いや迷いなく立場を分けてテキストコメントを送信することができる。
共有されたテキストコメント	要求 5: 送信されたテキストコメントは、その送信されたタイミングと講義ビデオの再生時間とが同期して、講義ビデオ画面上に流れる。 要求 6: 教える立場として送信されたテキストコメントか、学ぶ立場として送信されたテキストコメントかを、間違えることなく分けて確認することができる。 要求 7: 教える立場として送信されたものと、学ぶ立場として送信されたものが、まるで対話しているような見せ方をする。 要求 8: 全てのテキストコメントを一覧表として表示し、その中のテキストコメントを選択するとテキストコメントが送信された講義ビデオの場面に飛んで再生することができる。 要求 9: 送信されたテキストコメントの送信者を特定できるようにする。 要求 10: テキストコメントの送信者の表示/非表示は、教員が設定できるようにする。

様について明らかにしていく。ただし、要求 8~10 に対する仕様については、まだ現時点では検討中のため、本原稿では割愛し今後の課題とする。

4.1 講義ビデオ視聴に対する仕様

要求 1 に対して、画面サイズ 16:9 の講義ビデオを Web ブラウザ画面左上に配置する。講義ビデオ画面の下に再生ボタン（ビデオ再生時は一時停止に切り替わる）と停止ボタン、シークバーを配置し、講義ビデオの操作ができる仕様とする。ただし、再生できる動画ファイル形式は、HTML5 で再生できるものに限る。

4.2 テキストコメントの送信に対する仕様

要求 2 に対応するために、テキストコメントを入力する欄を講義ビデオの直下に配置する。テキストコメント入力後に送信ボタンをクリックすることで、新しく入力されたテキストコメントを直ちに講義ビデオ画面の下から上に向けて流す仕様にする。なお、このテキストコメントは、全角/半角文字を入力できるが、気軽な意見交換という趣旨から、あまり長文になり過ぎない全角 75 文字以内に制限する。

要求 3 にあるように、教える立場と学ぶ立場に立った場合を分けてテキストコメントを送信できるようにする必要がある。そこで、教える立場に立ったテキストコメント入力欄を講義ビデオの左下に、学ぶ立場に

立ったテキストコメント入力欄を講義ビデオの右下に、それぞれ別々に用意することで対応する。これにより、入力欄をクリックしてからテキストコメントを入力する必要があるため、学生は、どちらの立場で送信するのかを意識しなければならない。これは要求 4 への対応にもつながる。

また、立場を明確にしてテキストコメントを入力する際に、なるべく間違いや迷いなく入力できるようにするため、それぞれの入力欄にテキストコメントが入力されるまで一時的に「教える立場に立ったコメント」「学ぶ立場に立ったコメント」と表示するプレースホルダーを設定する。これは、要求 4 に対する仕様となる。

4.3 共有されたテキストコメントに対する仕様

要求 5 に対しては、入力された全てのテキストコメント群を、入力された講義ビデオの再生時間のタイミングに合わせて、講義ビデオの画面上の下から上に向けて流すようにする。ただし、要求 6、および、要求 7 に対応するために、教える立場に立って送信されたテキストコメントは講義ビデオ画面の左側（左寄せ）に、学ぶ立場に立って送信されたテキストコメントは講義ビデオ画面の右側（右寄せ）に表示する。すなわち、教える立場に立って送信されたテキストコメントは、

送信された再生時間と同期されて講義ビデオ画面の左下から現れ、画面の上に向かって流れていき、一方で、学習者の立場に立って送信されたテキストコメントは、送信された再生時間と同期されて講義ビデオ画面の右下から現れ、画面の上に向かって流れていくことになる。

加えて、講義ビデオ画面の左側と右側は、どちらが教える立場でどちらが学ぶ立場なのかを明確に意識できるようにしなければ、誤って書き込んでしまう可能性がある。それを回避するための要求6に対応するために、講義ビデオ画面の左下、すなわち、教える立場に立って送信されたテキストコメントが現れる箇所に、教師をイメージさせるグラフィカルなキャラクターを置き、一方で、講義ビデオ画面の右下、すなわち、学ぶ立場に立って送信されたテキストコメントが現れる箇所に、学生をイメージさせるグラフィカルなキャラクターを置くことにする。

4.4 試作したシステム

本研究では、前述まで述べた仕様を基にして、OPB（コア・モジュール）のプロトタイプを作成した。開発言語は、JavaScriptとPHP、MySQLである。プロトタイプのスクリーンショットと、実装された各要求を図1に示す。

5. 考察

本研究で提案したプレ・バズセッションは、事前学習における新しい教育学習方法の概念を提案するものである。そのオンライン化は、現在の学生の環境に適合させたものであり、これまでの事前学習の考え方を変えるきっかけになることが期待できる。本章では、前章までに述べたOPB（コア・モジュール）の要求・仕様に関して、事前学習としての期待される効果と、その限界について考察する。

まず、要求2・要求5とその仕様について考察する。要求5に対する仕様は、講義ビデオの場面ごとにバズ感を出すためのものである。学生にとってはniconicoのような娯楽用で見慣れているインタフェースであり、バズ感が演出されることにより、テキストコメントを送信する抵抗感が低くなり、情報交換・意見交換が頻繁になることが期待される。つまり、情報交換・意見交換により、授業テーマに対する学生の思考の外化と内化が活発に行われるということであり、その結果、授業に対する準備状態が高くなるという学習効果が得られることが期待される。

しかしながら、例えば、初期の状態では再生される講義ビデオの画面上にはテキストは無く、かつ、その状態が続くようであれば、バズ感が無く、さらに学生

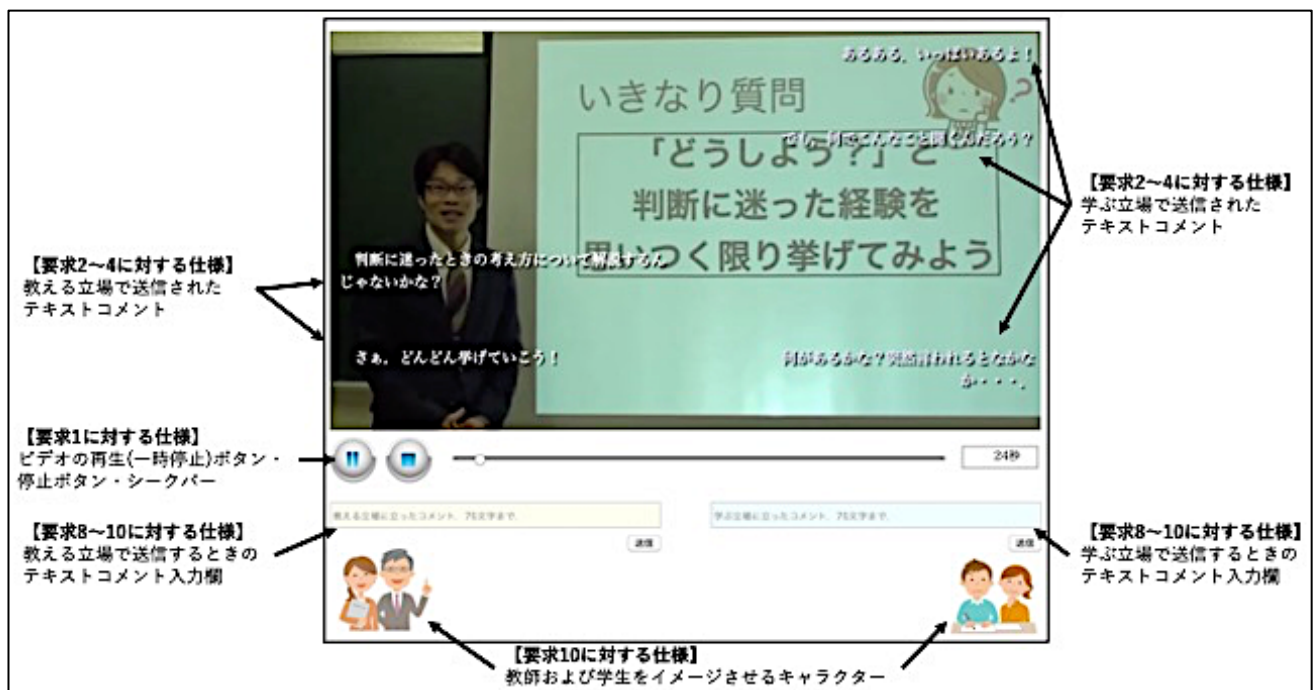


図1 OPBのプロトタイプシステムのスクリーンショット

はテキストを書き込みにくい状態が続き、敬遠してしまう限界も予想される⁽¹³⁾。

また、逆に、講義ビデオの同じタイミングでほぼ同時に一斉に多くのテキストコメントが送信されてしまうと、画面上に流すテキストコメントの順序や配置に関する問題が生じる。同じタイミングで送信されたテキストコメントを重ねて表示すると、テキストコメントの内容を確認することができない。少量であれば、テキストコメントの配置を少しずらして表示できるかもしれないが、より多くのテキストコメントが一斉送信された場合は、講義ビデオのタイミングとは無関係に流れることになってしまう。この問題は、教える立場と学ぶ立場が対話をしているような画面設計を提案している要求 7 とその仕様についても影響が生じることが予想され、対話しているようなテキストコメントの順序と配置にならなくなる可能性も予想される。これらの問題は、本稿で提案した基盤機能の仕様の限界といえるだろう。

次に、テキストコメントの送信に関する要求 3・要求 4 とその仕様について考察する。教える立場と学ぶ立場に立ってテキストコメントを送信するということは、教える立場と学ぶ立場の両者の立場から講義ビデオを視聴することを学生に求めるということである。立場を変えて（様々な立場に立って）ものごとを観察すると、これまでと違った視点が浮かび上がってくるように、OPB でも立場を変えることを意識させることで、授業に対する捉え方が変わることが期待される。特に、教える立場に立つということは、論理的に授業を捉えようとしたり、授業の意義を把握しようとしたりする思考活動につながると考えられるので、教員と共に授業を作っていくという意識の変化についても期待される。もしも期待通りに意識が変化すれば、授業に向き合う態度にも好影響がでるだろう。

しかしながら、立場を変えてものごとを捉えることが本当に容易にできるものであろうかといった疑問は残る。本稿で示した OPB の仕様として、教える立場と学ぶ立場で送信できるテキストコメント入力欄をそれぞれ別々に用意しただけでは、単純には期待する学習効果は表れないかもしれない。その意味で、今回の研究で提案した要求 3・要求 4 とその仕様については、現状では限界があるといえる。

本稿で提案した OPB の要求と仕様には、可能性と限界が両立している状態であるといえる。今後は、拡張モジュールである思考支援機能などを提案し、実装することにより、その限界を少しずつ乗り越えることが求められる。

6. まとめ

本稿では、プレ・バズセッションを概観したあと、プレ・バズセッションのオンライン化に向けた基本的な考え方を示した。その上で、OPB の実装に向けた基盤機能（コア・モジュール）についての要求分析と仕様、および一部実装した内容について述べた。基盤機能（コア・モジュール）の要求分析では 10 件の要求を示し、その内の 7 件の要求に対する仕様を明らかにした。そして、仕様に従ってシステムのプロトタイプを実装した。

加えて、基盤機能（コア・モジュール）の要求分析と仕様について考察した結果、本稿で提案した要求分析と仕様には、高い学習効果が得られる可能性が期待できることを確認できた反面、現時点ではいくつかの限界があることも確認できた。

今後は、基盤機能（コア・モジュール）に関して残る要件 8~10 の 3 件の検討・実装を進める。また、思考支援機能をはじめとする拡張モジュールについても検討・実装を進める。これにより、本稿で明らかになったいくつかの限界を乗り越えることを目指していきたい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP19K12276 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) 京都大学高等教育研究開発推進センター，電通育英会：“『大学生のキャリア意識調査 2016』報告書”（2018）
- (2) 谷村英洋：“大学生の学習時間分析-授業と学習時間の関連性-”，大学教育学会誌，第 31 巻，第 1 号，pp.128-135（2009）
- (3) 浅羽修丈，斐品正照：“Web 配信講義ビデオを用いた事前学習でのオンライン・バズセッションの構想”，教育シス

- テム情報学会研究報告, Vol.34, No.6, pp.131-136 (2020)
- (4) ヴィゴツキー (著), 柴田義松 (訳): “思考と言語”, 新読書社, 東京 (2001)
 - (5) 柴田義松: “ヴィゴツキー入門”, 寺子屋新書, 東京 (2006)
 - (6) 多鹿秀継: “学習の理論”, 教育工学事典 (日本教育工学会編), pp.97-99, 実教出版, 東京 (2000)
 - (7) 波多野誼余夫, 稲垣佳世子: “知的好奇心”, 中公新書, 東京 (1973)
 - (8) 稲垣佳世子, 波多野誼余夫: “人はいかに学ぶか - 日常的認知の世界-”, 中公新書, 東京 (1989)
 - (9) 市川伸一: “学ぶ意欲の心理学”, PHP 研究所, 東京 (2001)
 - (10) 矢野米雄: “ネットワークとグループ学習”, 岡本敏雄 (編著) インターネット時代の教育情報工学 1-ニュー・パラダイム編-, 森北出版, pp.152-153, 東京 (2000)
 - (11) ヴィゴツキー (著), 土井捷三, 神谷栄司 (訳): “「発達最近接領域」の理論 - 教授・学習過程における子どもの発達”, 三学出版, 滋賀県 (2003)
 - (12) dwango: “niconico”, <https://www.nicovideo.jp/> (参照 2021.2.16)
 - (13) 浅羽修丈, 倉光貴子, 斐品正照: “講義ビデオとテキストコメントが同期表示されるソーシャルメディアを用いた共同学習における議論の分析とシステムの要件定義の検討”, 電子情報通信学会技術研究報告 (教育工学: ET), Vol.116, No.266, ET2016-49, pp.45-50 (2016)
 - (14) 市川伸一: “開かれた学びへの出発 - 21 世紀の学校の役割-”, 金子書房, 東京 (1998)

児童 1 人 1 台端末の授業実践に向けた小学校教員の認識

高田 京輔^{*1}, 北澤 武^{*1}

^{*1} 東京学芸大学大学院教育学研究科

Study on Recognition of Elementary School Teachers toward Lessons that Students use Their Own Tablet PC

Kyosuke TAKADA, Takeshi KITAZAWA

Graduate School of Teacher Education, Tokyo Gakugei University

あらまし: 「GIGA スクール構想」に向け, 小学校教員は児童 1 人 1 台端末の環境で指導力を向上させることが必要である. そこで, 小学校教員が ICT を活用した授業や, 児童 1 人 1 台端末の ICT 活用に関する研修について, 何を求めているのかインタビュー調査を行い, 共起ネットワーク分析から特徴を明らかにした. 結果, 調査対象となった小学校教員は児童 1 人 1 台端末の授業は児童の興味を引くことができるため良いと捉えているものの, 「指導法が分からない」, 「準備の時間がない」, 「上手く指導できるか不安」といったネガティブな捉え方をしていた. 研修について, 「具体的な教科や単元によるものを学びたい」の回答があったことから, 研究授業を通して児童 1 人 1 台端末の授業を参観したり, これを実践して他者からコメントをもらったりすることで不安が解消されることが予想された.

キーワード: GIGA スクール構想, 児童 1 人 1 台端末, 教育の情報化, 計量テキスト分析,
共起ネットワーク分析

1. はじめに

文部科学省 (2020) の「令和 2 年度補正予算概要説明～GIGA スクール構想の実現～」では, 「多様な子供たちを誰一人取り残すことのない, 公正に個別最適化された学びを全国の学校現場で持続的に実現させるために, 高速大容量の通信ネットワークを前提とした児童生徒 1 人 1 台端末を整備する。」と記載されており, 児童生徒が 1 人 1 台端末を所持した学校内外での学習を目指している⁽¹⁾. そのため, どの自治体の教員も 1 人 1 台環境で ICT を活用した授業を実践できる能力が必要である. しかし, 「令和元年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果 (概要)」⁽²⁾で報告されている教員の ICT 活用指導力の状況によると, 項目 B「授業に ICT を活用して指導する能力」と項目 C「児童生徒の ICT 活用を指導する能力」が, 項目 A「教材研究・指導の準備・評価・校務などに ICT を活用する能力」, 項目 D「情報活用の基盤となる知識や態度に

ついて指導する能力」よりも低くなっている. これらのことから, 児童生徒 1 人 1 台端末下での教員の指導力向上に向けて, 現職教員が認識している課題と, 課題解決に向けて何をすればよいと思っているかについて明らかにすることが重要と考える. と記載されており, 小学校教員の指導力向上は早急に必要である.

本研究では, 小学校教員を対象に児童 1 人 1 台端末の ICT を活用する授業についてインタビュー調査を行い, 得られた回答の特徴を分析することで, GIGA スクール構想の実現に向けての小学校教員の課題と今後の展望を明らかにすることを目的とする. なお, 小学校教員を対象とする理由として, 2020 年度から新学習指導要領が実施されており, 上述した ICT 活用指導力の向上がより早く求められているためである.

2. 調査概要

2.1 調査対象と調査時期

ICT の推進指定校ではない, 都内公立小学校の教員

17名(男性7名,女性10名,教員歴平均14.0年)に、2020年9月1日(火)~9月8日(火)の期間中にインタビュー調査を行った。

2.2 調査方法

対象の教員17名に、対面によるインタビュー調査をおこなった。インタビューでは「項目1. ICTを活用した授業について、どのように思っているか」、「項目2. 1人1台環境についてどう受け止めているか」、「項目3. ICT活用に関するどのような研修を受けたいか」の3つを質問した。得られた回答は全てテキスト化した。

3. 分析方法

インタビューの項目1, 2, 3について、テキスト化した回答を、計量テキスト分析用ソフトウェアのKH Coder 3を用いて、共起ネットワーク分析を行った。なお、計量テキスト分析とは、計量的分析手法を用いてテキスト型データを整理し、内容分析を行う方法である。共起ネットワーク分析とは、2つの単語について同じ文章中に同時に出現(共起)すると関連が強いと見なす。また、共起ネットワーク分析を行う際、本研究では、サブグラフ検出を用いて分析した。サブグラフ検出は、共起の程度が強いコードを線で結ぶことで関連性を把握できる。共起関係が大きい円ほど出現数が多いことを示す⁽³⁾。

さらに、2つの集合間の類似性を表す指標であるJaccard係数を用いることで、語と語の関連を比較的正確に示すことができ、関連が強いほど1に近づく。なお、Jaccard係数では「0.1以上は関連あり」、「0.2以上は強い関連あり」、「0.3以上はとても強い関連がある」と解釈できる⁽⁴⁾。

4. 結果

4.1 項目1: ICTを活用した授業について、どのように思っているか

「項目1. ICTを活用した授業について、どのように思っているか」について、共起ネットワーク分析の結果を図1に示す。KH Coder 3の設定は、次の通りである。集計単位は段落、最小出現数は2、Jaccard係数

は0.3以上、共起関係の検出方法はサブグラフ検出(媒介)を用いた。対象語数は総抽出語が625語、使用語数が292語であり、6つの分類に抽出された。以降、図中の「Subgraph:」に示された番号を抽出された分類の番号として定義し、(01)のように記述する。また、図中の色のついていない語は、他の語とサブグラフを形成していない単独の語である⁽³⁾。

(01) 抽出された用語は12で、「パワポ」と「動画」のJaccard係数は0.75、「パワポ」と「スライド」のJaccard係数は0.67、「パワポ」と「作る」のJaccard係数は0.67と、他よりも強い関連があった。具体的な回答としては、「パワポでスライドを作ったり、動画を作ったりしている。」、「パワポで作ったクイズなどを見せたりして、児童の興味を引いている。しかし、忙しくて中々いじれていない。」といった回答があり、「教員は時間があるときにプレゼンテーションソフトを用いてICTを活用した授業をしている」と解釈できた。

(02) 抽出された用語は4で、「児童」と「興味」のJaccard係数は0.67、「児童」と「引く」のJaccard係数は0.60と他よりも強い関連があった。具体的な回答としては、「拡大掲示して児童の興味を引くことができる。」、「児童が興味を持つので良い。ノートの理想的な書き方などをしめしやすい。」といった回答があり、「教員はICTを活用することで、児童の興味を引けると認識している」と解釈できた。

(03) 抽出された用語は2で、「授業」と「導入」のJaccard係数は0.50と、他よりも強い関連があった。具体的な回答としては、「授業の導入で調べた画像や動画を見せている。」といった回答があり、「教員は授業の導入でICTを活用する」と解釈した。

(04) 抽出された用語は8で、「電子」と「黒板」のJaccard係数は0.83、「アプリ」と「使い方」のJaccard係数は0.67、「分かる」と「良い」のJaccard係数は0.67と、他よりも強い関連があった。具体的な回答としては、「電子黒板の画面が大きいので、拡大掲示がしやすく良い。」、「良い点はたくさんあると思うが、導入されているアプリの使い方が分からない。電子黒板は使わない授業の時に邪魔である。」といった回答があり、「教員は電子黒板などのICT機器の良さは分かっているものの、使い方が分からない、使わない時は電子黒板はいらないと認識している」と解釈した。

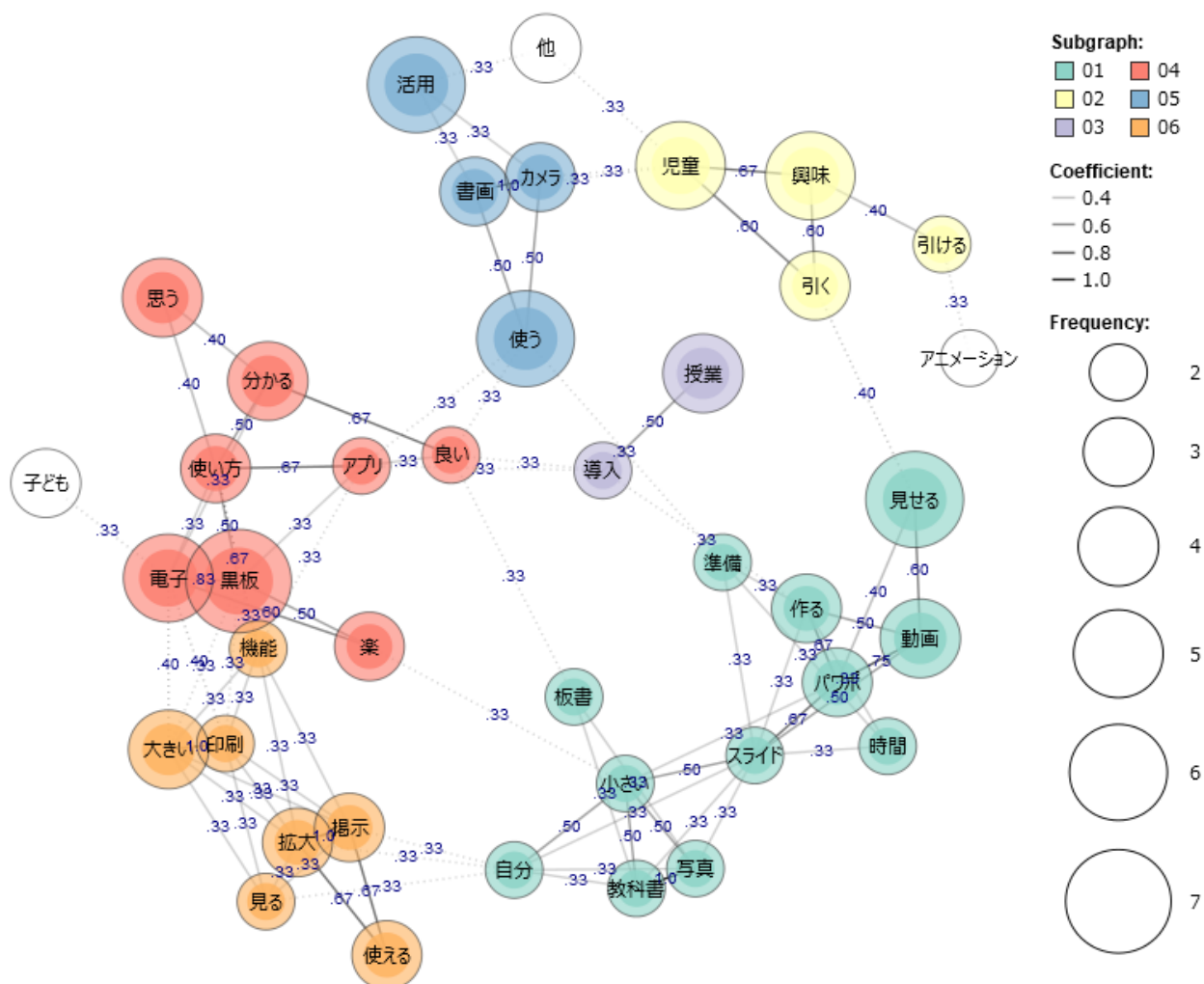


図 1 共起ネットワーク分析の結果（項目 1：ICT を活用した授業について、どのように思っているか）

(05) 抽出された用語は 4 で、「書画」と「カメラ」の Jaccard 係数は 1.0, 「書画」と「活用」の Jaccard 係数は 0.33, 「カメラ」と「活用」の Jaccard 係数は 0.33 と、他よりも強い関連があった。具体的な回答としては、「書画カメラの利用は特に何も考えず使っている。他はぱぱっと準備ができないため、やろうとは思っているができていない.」, 「書画カメラを使って、今ここのページをやっていることを児童に示しやすい。しかし、他はどう活用したら良いかわからず、板書に頼ってしまう。」といった回答があり、「教員は授業内で書画カメラの利用はできるものの、他の ICT 機器やソフトの利用はなかなかできない」と解釈した。

(06) 抽出された用語は 7 で、「拡大」と「掲示」の Jaccard 係数は 1.0, 「拡大」と「使える」の Jaccard 係数は 0.67, 「掲示」と「機能」の Jaccard 係数は 0.33 と、他よりも強い関連があった。具体的な回答としては、「電子黒板の画面が大きいので、拡大掲示がしやすく良い。拡大掲示以外の機能があることは知ってい

るが、使い方が分からない。使えたら楽になると思う。」という回答があり、「教員は拡大掲示機能を使えると認識している」と解釈した。

4.2 項目 2：1 人 1 台環境についてどう受け止めているか

「項目 2. 1 人 1 台環境についてどう受け止めているか」について、共起ネットワーク分析の結果を図 2 に示す。KH Coder 3 の設定は、次の通りである。集計単位は段落、最小出現数は 2, Jaccard 係数は 0.3 以上、共起関係の検出方法はサブグラフ検出（媒介）を用いた。対象語数は総抽出語が 531 語、使用語数が 242 語であり、7 つの分類に抽出された。

(01) 抽出された用語は 8 で、「差」と「パソコン」の Jaccard 係数は 0.67, 「差」と「教員」の Jaccard 係数は 0.50 と、他よりも強い関連があった。具体的な回答としては、「児童や教員によって、パソコンやタブレットを扱う技量に差があるので、不安である.」, 「教員の

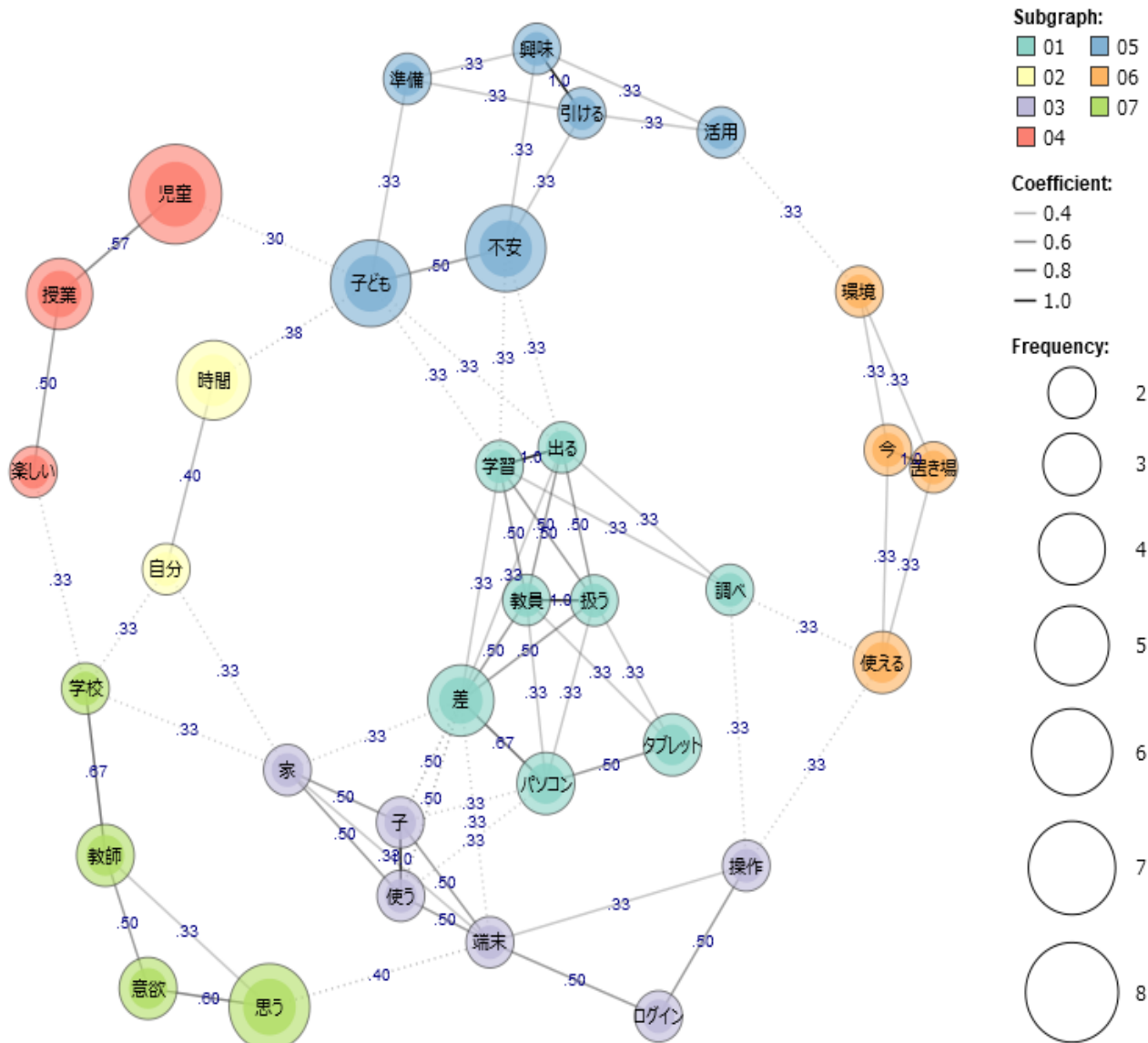


図 2 共起ネットワーク分析の結果 (項目 2 : 1 人 1 台環境についてどう受け止めているか)

差があると、授業で扱わない人が出てしまい、クラス間に差が出る。」といった回答があり、「教員は、個人によって、パソコンやタブレット端末の技量差があるため、授業内で使いづらいと認識している」と解釈した。

(02) 抽出された用語は 2 で、「自分」と「時間」の Jaccard 係数は 0.40 と、他よりも強い関連があった。具体的な回答としては、「子どもが意欲的になり、良いと思うが、自分がやり方を分からず不安である。覚える時間がない。」といった回答があり、「教員は自分が端末の使い方や活用法を分からず、また勉強する時間がなかなかとれない」と解釈した。

(03) 抽出された用語は 6 で、「端末」と「ログイン」の Jaccard 係数は 0.50、「端末」と「使う」の Jaccard 係数は 0.50、「家」と「子」の Jaccard 係数は 0.50,

「家」と「使う」の Jaccard 係数は 0.50 と、他よりも強い関連があった。具体的な回答としては、「端末の ID、パスワードのログインに時間がかかると思うが、ログインしてしまえば児童はスムーズに操作できると思う。」、「家でパソコンや端末を使う子と使わない子で差が生まれてしまう。」といった回答があり、「教員は端末のログインと、ICT の家庭環境による子どもの技能差に悩んでいる」と解釈した。

(04) 抽出された用語は 3 で、「児童」と「授業」の Jaccard 係数は 0.57、「授業」と「楽しい」の Jaccard 係数は 0.50 と、他よりも強い関連があった。具体的な回答としては、「児童は学校が楽しくなり、意欲的に授業に参加すると思う。」、「昨年、1 人 1 台端末で Scratch を使って授業を行い、児童が楽しく活動できた。ぜひやっていきたい。」といった回答があり、「教

員は、1人1台端末での授業は児童にとって楽しいものと認識している」と解釈した。

(05) 抽出された用語は6で、「興味」と「引ける」の Jaccard 係数は 1.0, 「子ども」と「不安」の Jaccard 係数は 0.50 と、他よりも強い関連があった。具体的な回答としては、「子どもの興味は引けるが、準備時間がかかるので不安.」, 「1年生だと不安であるが、興味が引けるので活用したいという想いはある.」といった回答があり、「教員は、1人1台端末の活用は子どもの興味を引けるため好意的にとらえているものの、準備時間などに不安を感じている」と解釈した。

(06) 抽出された用語は4で、「今」と「環境」の Jaccard 係数は 0.33, 「環境」と「置き場」の Jaccard 係数は 0.33 と、他よりも強い関連があった。具体的な回答としては、「今の教室環境では、鍵盤ハーモニカや絵具で棚がいっぱいで置き場所がない.」, 「体育館に電子黒板がなく、児童の動画を共有することなどができないなど、環境がまだまだ整っていない.」といった回答があり、「教員は、1人1台端末環境の実現に向けて、環境面の整備が必要と認識している」と解釈した。

(07) 抽出された用語は4で、「学校」と「教師」の Jaccard 係数は 0.67, 「意欲」と「思う」の Jaccard 係数は 0.60 と、他よりも強い関連があった。具体的な回答としては、「児童は学校が楽しくなり、意欲的に授業に参加すると思う.」, 「子どもは意欲的にとにかく取り組むと思うが、教師の準備、負担が大きい.」といった回答があり、「児童は ICT を活用して意欲的に取り組むものの、教員の負担が増えてしまうと不安に感じている」と解釈した。

4.3 項目3：ICT 活用に関するどのような研修を受けたいか

「項目3. ICT 活用に関するどのような研修を受けたいか」について、共起ネットワーク分析の結果を図3に示す。KH Coder 3 の設定は、次の通りである。集計単位は段落、最小出現数は2、Jaccard 係数は0.3以上、共起関係の検出方法はサブグラフ検出（媒介）を用いた。対象語数は総抽出語が322語、使用語数が138語であり、5つの分類に抽出された。また、図中の色のついていない語は、他の語とサブグラフを形成していない単独の語である。

(01) 抽出された用語は2で、「時間」と「分かる」の Jaccard 係数は 0.33 と、他よりも強い関連があった。具体的な回答として、「実際の授業で使えて、時間のかからないものを知りたい.」, 「使うかどうか分からない機能より、必要である具体的な情報だけ学びたい.」といった回答があり、「教員は覚えるのに時間がかからず、実際に必要であるものを研修で学びたいと認識している」と解釈した。

(02) 抽出された用語は2で、「機能」と「研修」の Jaccard 係数は 0.40 と、他よりも強い関連があった。具体的な回答としては、「1回程度研修を受けただけでは、使いこなすのは無理。こんなことができる!といった機能が理解できない.」, 「アプリなどの使い方を聞いているだけでは使いこなせないで、理論より実践を重視した研修を受けたい.」といった回答があり、「教員は実際に端末やアプリを操作するなどの実践的な研修を受けたいと認識している.」と解釈した。

(03) 抽出された用語は4で、「動画」と「見る」の Jaccard 係数は 0.50, 「動画」と「作り方」の Jaccard 係数は 0.5, 「実践」と「作り方」の Jaccard 係数は 0.50 と、他よりも強い関連があった。具体的な回答としては、「実践的な、パワーポイントの動画の作り方や、動画の作り方などを学びたい.」, 「実際にそのアプリなどを活用している授業を参観する、授業動画を見るといったことをしたらイメージしやすい.」といった回答があり、「教員は授業で使える動画作成の方法や、実際にアプリやソフトの使っている様子を知りたいと認識している.」と解釈した。

(04) 抽出された用語は4で、「授業」と「実際」の Jaccard 係数は 1.0, 「授業」と「使える」の Jaccard 係数は 0.50, 「実際」と「使える」の Jaccard 係数は 0.50 と、他よりも強い関連があった。具体的な回答としては、「実際に教師が児童役になり、そのアプリ等を使った模擬授業などを行いたい.」, 「実際の授業につながる具体的な使い方を知りたい.」といった回答があり、「教員は実際に模擬授業を行うといった、授業に直接関わることをやってみたいと認識している.」と解釈した。

(05) 抽出された用語は3で、「知る」と「具体」の Jaccard 係数は 0.75, 「知る」と「単元」の Jaccard 係

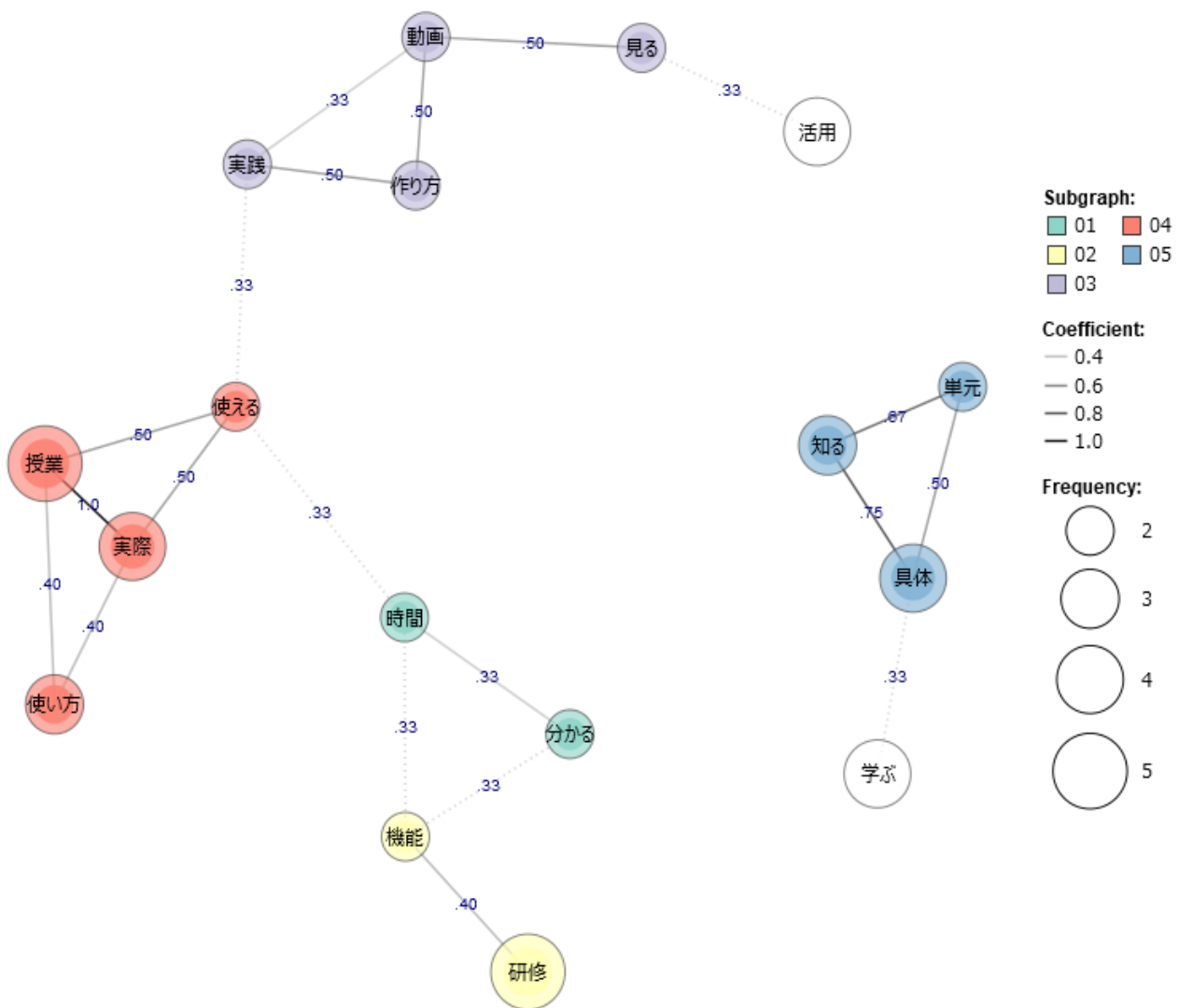


図 3 共起ネットワーク分析の結果（項目 3：ICT 活用に関するどのような研修を受けたいか）

数は 0.67 と、他よりも強い関連があった。具体的な回答としては、「具体的な教科，単元での活用法を知りたい。不具合への効果的な対処法も知りたい。」、「具体的な単元によるものをたくさん知りたい。」といった回答があり、「教員は，具体的な教科や単元を想定した ICT の研修を受けたいと認識している。」と解釈した。

5. 考察

「項目 1. ICT を活用した授業についてどのように思っているか」の結果から，小学校教員は「書画カメラで教科書などの図を，電子黒板に拡大掲示する。」といった教師の ICT 活用をイメージしていると考えられた。また，ICT を活用した授業に対しては，教員は児童の興味を引けるため良いと捉えていた。しかしながら，機器や教材の準備時間がかかることから，拡大掲示以外の機能を知らない，使えないといった教員が

多いことが予想された。このような問題を解決するために，例えば ICT 支援員に，休み時間に機器を準備しておいてもらう方法が考えられる。

「項目 2：1 人 1 台環境についてどう受け止めているか」の結果から，小学校教員は「児童は子どもの興味を引ける，意欲的に取り組む。」という好意的に捉えていた。しかし，それと同時に家庭間で子どもの技量差があり，使いづらいと否定的に捉えていた教員もいた。これは，「協働的な学び」を取り入れることで，児童同士の協働的な学びによって解決できると予想される。また，教員自身の技量差があり，勉強する時間や準備時間がなかなかとれないことから，1 人 1 台環境で実際に授業をしようとする教員がなかなかいないのではないかと予想された。そこで，1 人 1 台環境で授業を実施した経験のある教員が実際に授業を行い，そ

の様子を参観することで活用への意識が高まるのではないかと考えられる。

「項目3：ICT活用に関するどのような研修を受けたいか」の結果から、小学校教員はICT機器やアプリなどの説明や操作方法を聞いているだけの研修では、実際の実践につながらないと考えているのではないかと予想された。実践につなげるためには、校内等で研修の機会を設け、実際に活用している動画を見たり、授業を参観したりすることが必要ではないかと考える。

6. まとめと今後の課題

本研究では、小学校教員を対象に、児童1人1台端末のICTを活用する授業についてインタビュー調査を問い、得られた回答の特徴を分析することで、GIGAスクール構想の実現に向けての小学校教員の課題と今後の展望を明らかにすることを目的とした。そこでは、「項目1. ICTを活用した授業についてどのように思っているか」「項目2. 1人1台環境について、どう受け止めているか」「項目3. ICT活用に関するどのような研修を受けたいか」の3つについて教員にインタビュー調査し、得られた回答をテキストに起こした後、KH Coderによる共起ネットワーク分析により回答の特徴を明らかにした。

その結果、項目1について、ICTを活用した授業に関する小学校教員のイメージは、書画カメラなどを利用した拡大掲示をはじめとするものは、児童の興味を引くことができると良いという捉え方をしているものの、他の活用法を知らない、もしくは中々扱う時間がなく、活用できていないと捉えていた。項目2について、児童1人1台環境の受け止め方に対する教員の認識は、項目1と同様に児童の興味が引けて良いと捉える一方、今以上に負担が増えることと、家庭環境の差による児童の技能差があるため、使いづらいと捉えていた。項目3について、ICT活用に関する研修の認識は、具体的な教科や単元での活用法を知りたがっている教員がいることが明らかになった。

これらの知見を踏まえて、小学校教員はICTを活用した授業を実際に参観したり、実践したりした経験がないため、「指導法が分からない」、「準備の時間がない」、「うまく指導できるか不安」とネガティブに捉えてい

ることが予想された。また、研修については、「具体的な教科や単元によるものを学びたい」の回答があったことから、校内での教員研修を計画し、研究授業を通して、児童1人1台端末の授業を参観したり、これを実践して他者からコメントをもらったりすることで不安が解消されることが予想される。

今後の課題として、教員歴によって教員の不安な点や支援、研修の在り方が異なるかどうかがある。また、教員の信念の1つである教授・学習観⁶⁾によって、児童1人1台端末を活用した授業の在り方や教員研修で求める内容が異なると予想されるため、これに着目した調査分析が求められる。

謝辞

本研究にご協力いただいた都内公立小学校の皆様、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- (1) 文部科学省：“令和2年度補正予算概要説明～GIGAスクール構想の実現～”，
https://www.mext.go.jp/content/20200509-mxt_jogai01-000003278_602.pdf（参照日2021年1月31日）（2020）
- (2) 文部科学省：“学校における教育の情報化の実態等に関する調査—令和元年度結果（概要）”，
https://www.mext.go.jp/content/20201026-mxt_jogai01-00009573_1.pdf（参照日2021年1月30日）（2020）
- (3) 樋口耕一：“社会調査のための計量テキスト分析”，ナカニシヤ出版，（2020）
- (4) 小孫康平：“AIの教育現場への活用に関する教職志望大学生の意識”，AI時代の教育論文誌，2，pp.7-12（2020）
- (5) 清水優菜，山本光：“教育実習のエンゲージメントと教授・学習観の関連”，日本教育工学会論文誌，43，pp.57-60（2019）

1人1台端末環境に対応した 教員養成および教員研修のあり方の提案の試み

谷塚光典^{*1}, 森下孟^{*1}, 林寛平^{*1}, 佐藤和紀^{*1}

^{*1} 信州大学

Proposal of Preservice and Inservice Teacher Education Corresponding to One-to-One Computing Environment

Mitsunori YATSUKA^{*1}, Takeshi MORISHITA^{*1}, Kampei HAYASHI^{*1}, Kazunori SATO^{*1}

^{*1} Shinshu University

In this study, based on the survey on professional development school classes related to "ICT use in schools" and the learning outcomes of the classes, We will try to propose the future classes in preservice and inservice teacher education for one-to-one computing environment toward the realization of the GIGA school concept.

キーワード: 教職大学院, 教師教育, 授業研究, ICT活用指導力, GIGA スクール構想

1. はじめに

2020年1月の「Society5.0時代に対応した教員養成を先導する教員養成フラッグシップ大学の在り方について(最終報告)」では、教師に求められる役割や力の1つとして「先端技術を効果的に取り入れたICT活用指導力」が挙げられ、こうした力は教師の養成・研修を通じ教職生活全体にわたって育成・充実を図っていくことが望まれるとしている⁽¹⁾。また、2017年10月の「大学院段階の教員養成の改革と充実等について(報告)」では、教職大学院に共通に開設すべき授業科目として、「新たな学びに対応する必要性や教育委員会等からの要請が高いことを踏まえ、現代的な教育課題として、特別支援教育やICT教育を取り扱う科目をそれぞれ共通科目の一部として必修とする。」としており、教職大学院におけるICT活用指導力育成の必要性が示されている⁽²⁾。

そこで、本研究では、「学校におけるICT活用」に関連する教職大学院授業の開講状況とその履修による学修成果から、GIGAスクール構想の実現に向けて1人1台端末環境に対応した教員養成および教員研修のあり方の提案を試みる。

「学校におけるICT活用」に関連する教職大学院授業としては、Webシラバスや文献調査から、信州大学、岡山大学、大阪教育大学を取り上げる。

2. 「学校におけるICT活用」に関連する教職大学院授業の開講状況

2.1 信州大学教職大学院

信州大学大学院教育学研究科高度教職実践専攻(教職大学院)は2016年度に開設された。開設の時点から、1単位の選択科目として「学校におけるICT活用」が開講されてきた。2020年度の改組後は、教育課題探究プログラムの選択科目に位置づけられている⁽³⁾。

授業の概要を「授業参観とその検討及び授業実践とその検討により、小グループで展開する」としており、授業参観と授業実践を「①ICT活用授業の設計、②ICT活用の効果、③ICT活用による個々の児童・生徒の変容および学習集団としての学級の変容」の3視点から検討するとしている。そして、授業のねらいを「タブレットPCや電子黒板等の最新のツールの効果的利用法や、ネット環境において配慮すべきセキュリティやマナー等の教育を具体的に学び合う。また、新学習指

導要領に対応した教育実践のための ICT 活用法も追究する。」としている。

2.2 岡山大学教職大学院

岡山大学大学院教育学研究科教職実践専攻（教職大学院）では 2020 年度、「今日的学力に対応するに関する科目群」の 1 単位の選択科目として「学校における ICT 活用」が開講されている⁽⁴⁾。

授業の概要として「学校教育における ICT の活用について、これまでの歴史や現状を踏まえた新しい教育の在り方を検討し、授業等での ICT の効果的な活用の仕方を探る。」としており、全 16 回の授業の中で、「教育現場における ICT の普及現状」「教育現場の ICT 機器の特性と使用状況」「教育現場における ICT の位置付け」「学習効果を高める ICT の活用（効果的な資料提示）」「学習効果を高める ICT の活用（思考支援）」「情報の管理とセキュリティ対策」「情報モラル」等が含まれている。

学習目的を「学校教育における ICT の活用について、これまでの歴史や現状について理解するとともに、ICT を活用した学習指導のこれからの在り方について見方や考え方を深める。」としており、その到達目標としては、「学校教育における ICT の活用について、これまでの歴史や現状について理解するとともに、ICT を活用した学習指導のこれからの在り方について見方や考え方を深める。」としている。

2.3 大阪教育大学連合教職大学院

大阪教育大学連合教職実践研究科（連合教職大学院）では、選択科目として「ICT 環境の活用」を開講しており、教員免許更新講習との連動を試みている⁽⁵⁾。

授業の概要として、「学校現場のタブレット端末を中心とする ICT 機器の導入は、近年予想をはるかに超えて急速に進んでおり、教員自身の活用能力の習得と授業実践における活用の両面で喫緊の課題となっている。本授業は、「ICT 活用の授業研究」をテーマにして、現職教員を対象とする教員免許更新講習の内容を受講生が企画運営するという設定を中心にした実践的な演習である。教育委員会および本学附属学校園の協力を得て、研究発表会の内容や附属学校教員の授業実践を教材等する総合的な構成とした。」としている。

3. 「学校における ICT 活用」を履修した教職大学院生の学修成果

上記 2.1 の信州大学教職大学院「学校における ICT 活用」では、2020 年度の改組後の最終レポートとして、ICT 活用授業の参観と実践の振り返りに加えて、「GIGA スクール構想の実現にあなたはどのように寄与しますか、今年度の実践から考察してください。」という課題を出した。受講生（学部卒院生、現職教育院生とも）は、自己の ICT 活用授業実践をこれからの 1 人 1 台端末環境に関連付けた考察を行っていた。

4. おわりに

本研究は 3 つの教職大学院における「学校における ICT 活用」関連授業の内容とその履修による学修成果から、ICT 活用に関する教員養成および教員研修のあり方の検討を試みた。今後は他の教職大学院における同様の授業科目に関する情報を収集・分析することにより、検討をさらに深めたい。

参考文献

- (1) 中央教育審議会初等中等教育分科会教員養成部会教員養成のフラッグシップ大学検討ワーキンググループ：“Society5.0 時代に対応した教員養成を先導する教員養成フラッグシップ大学の在り方について（最終報告）” https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo03/082/sonota/1421812_00001.htm (2021 年 2 月 17 日確認)
- (2) 教員の資質能力向上に係る当面の改善方策の実施に向けた協力者会議：“大学院段階の教員養成の改革と充実等について（報告）” https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/093/houkoku/attach/1340445.htm (2021 年 2 月 17 日確認)
- (3) 「信州大学シラバス検索システム」 <https://campus-3.shinshu-u.ac.jp/syllabusj/Top> (2021 年 2 月 17 日確認)
- (4) 「岡山大学のシラバス」 https://www.okayama-u.ac.jp/tp/student/syllabus_link.html (2021 年 2 月 17 日確認)
- (5) 富田福代，中西修一，尾崎拓郎，乾武司：“ICT 利活用による教職大学院科目と教員免許更新講習科目の有機的連動の試み”，大阪教育大学紀要（総合教育科学），第 66 巻，pp.155-172

ELECOA における教材オブジェクト間通信削減方式

森本 容介^{*1}, 仲林 清^{*2}

^{*1} 放送大学教養学部, ^{*2} 千葉工業大学情報科学部

Reducing Methods of the Amount of Communication between Courseware Objects in ELECOA

Yosuke Morimoto^{*1}, Kiyoshi Nakabayashi^{*2}

^{*1} Faculty of Liberal Arts, The Open University of Japan,

^{*2} Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology

eラーニングシステムのアーキテクチャである ELECOA において, 通信要否の判断やキャッシュの使用により, 教材オブジェクト間の通信回数を削減する実装を行った. 次に, SCORM のテストケースを用いて, 実装前後の通信回数を計測した. その結果, 全体として, 79.7%の通信が削減できた. また, ELECOA における各処理の特性を考慮した分析を行い, 各方式の効果を考察した. 本実装により, マルチプラットフォームに配置したコンテンツの動作速度の向上が期待できる.

キーワード: ELECOA, SCORM, 分散環境

1. はじめに

著者らは, eラーニングシステムのアーキテクチャである ELECOA (Extensible Learning Environment with Courseware Object Architecture) を提案している^{(1)~(3)}. ELECOA では, 教材オブジェクトと呼ぶ概念を導入した. 教材オブジェクトは eラーニングシステムのプラットフォーム上で動作するプログラム部品である. ELECOA の学習制御機能は, コンテンツに配置された教材オブジェクト同士の連携動作によって実行される. 独習型のコンテンツのほか, グループ学習のコンテンツや, 両者を組み合わせるコンテンツも実現できる.

現在, 教材オブジェクトをマルチプラットフォームに配置する方法の研究を行っている⁽⁴⁾. 例えば, 学習者の端末上に配置された教材オブジェクトを用いて独習を行った後, サーバに配置された教材オブジェクトを用いてグループ学習を行うコンテンツが実現できる.

教材オブジェクトは木構造に配置され, 隣接するノード間で通信を行う. 通信のパターンとして, 葉ノードから根ノードまでのような大域的な通信が発生する処理を規定している. これまでの設計においては, 教材オブジェクトのツリーが単一プラットフォーム上で

動作することを前提としていた. また, これまでの実装における教材オブジェクト間通信の実体は, PHP のメソッド呼び出しであり, 通信のオーバーヘッドが低い. そのため, 通信が発生する範囲や回数は, 意識する必要がなかった.

教材オブジェクトをマルチプラットフォームに配置する場合, プラットフォームをまたぐ通信による動作速度の低下が課題となる. 特に根ノードまでの通信を削減できれば, プラットフォームをまたぐ通信を削減することにつながる. 前述の構成では, 学習者の端末とサーバの間の通信回数を削減することが望ましい.

そこで, 本研究では, これまでの ELECOA の設計と同等の動作を担保したうえで, 教材オブジェクト間の通信回数を削減する方策を策定し, 実装する. また, SCORM のテストケース⁽⁵⁾を用いて, 削減効果を評価する. 本稿では, 参考文献⁽⁶⁾における報告を詳述するとともに, ELECOA における各処理の特徴を踏まえて分析した結果を報告する.

以下, 2章で ELECOA の教材オブジェクト間通信の仕組みを述べる. 3章で教材オブジェクト間通信を削減する方式を述べ, 4章でその効果を評価する. 5章

で本研究をまとめる。

2. ELECOA の教材オブジェクト間通信

2.1 ELECOA の動作の概要

ELECOA は図 1 のような階層型（木構造）のコンテンツを対象とする。内部ノードを含むすべてのノードに教材オブジェクトを配置する。教材オブジェクトは、配置されたノードを頂点とするサブツリーを制御する。また、ノード間で情報を共有するために、階層構造とは独立した共有学習目標を持つことができる。本稿においては、“ノード”には共有学習目標を含めない。共有学習目標にも教材オブジェクトを配置する。学習制御機能は、教材オブジェクト間でのコマンド送信により実現される。ここで、直接通信可能な教材オブジェクトは、親子ノード間、およびノードとそれに結びつけられた共有学習目標間に限る。以降の図においては、ノード、および共有学習目標に配置される教材オブジェクトの描画を省略する。また、ノードおよび共有学習目標と、それらに配置された教材オブジェクトとを区別せずに説明する。

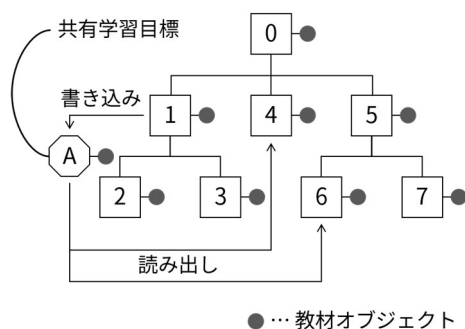


図 1 ELECOA のコンテンツの構成
(参考文献(2)の図 3 を改変)

コンテンツの起動時に、コンテンツの階層構造に従った教材オブジェクトのツリーを作る。ある時点で学習中のノードをカレントノードという。カレントノードに対応する学習リソースが学習者の端末に配信される。学習者からの学習制御の要求は、“学習コマンド”としてカレントノードに送られる。学習コマンドを受け取ったカレントノードは、次の処理を順に行う。まず、カレントノードから根ノードまで、各ノードの教材オブジェクトが持つ学習状態を更新する。次に、コンテンツに定義されたルールが成立すれば、学習者が指定した学習コマンドを別の学習コマンドに置き換え

る。次に、学習コマンドを実行し、次の配信ノード（新しいカレントノード）を決定する。そして、カレントノードの移動後に、その時点で実行可能な学習コマンドのリストを生成する。これら 4 つの処理を ELECOA の基本的な通信パターンとして規定し、それぞれをロールアップ処理、ポストコンディショナルルール処理、シーケンシング処理、学習コマンドリスト生成処理と呼ぶ。それぞれの処理の詳細を、次節以降に示す。

2.2 ロールアップ処理

まず、カレントノードが自身の学習状態を更新する。次に、親ノードにロールアップコマンドを送り、親ノードは自身の学習状態を更新する。これを根ノードまで繰り返す。カレントノードが共有学習目標を持つときの動作は次の通りである。図 2 の例では、ノード 2 から共有学習目標 A に学習状態を書き込み、ノード 4 とノード 5 から読み出している。ノードにおける共有学習目標の参照は、主学習目標に対応するものと、そうでないものの 2 種類に分けられる。ノード 4 においては共有学習目標 A が主学習目標に対応しており、ノード 5 においてはそうではないとする。ノード 2 における共有学習目標 A にも、主学習目標に対応しているか否かが決められているが、以降の説明に影響を及ぼさないため、この例では特定していない。

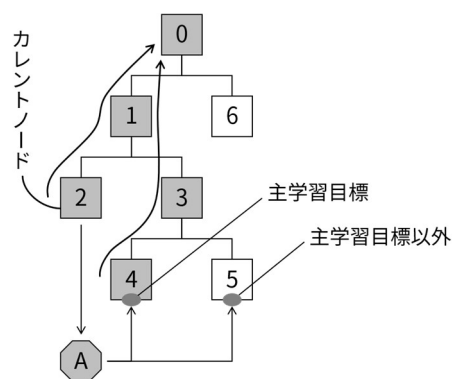


図 2 共有学習目標経由でのロールアップ処理の例

カレントノードからロールアップ処理を行うとき、そのノードが書き込む共有学習目標を、主学習目標に対応する共有学習目標として読み込むノードからもロールアップが発生する。図 2 の例では、ノード 2 からに加えて、ノード 4 からロールアップが発生する。このとき、ノード 1 には、ノード 2 を起点とするロールアップコマンド、およびノード 4 を起点とするロー

ルアップコマンドが送られる。ノード1では、両者が届くのを待ち合わせてから、ノード0にロールアップコマンドを送る。

図2で背景色をつけたような、ロールアップ処理によって学習状態を更新するノードと学習目標をロールアップセットと呼ぶ。ELECOAのロールアップ処理においては、まずロールアップセットを求める処理を行い、次にロールアップセット内にロールアップのためのコマンドを伝播させる⁽¹⁾。

2.3 ポストコンディショナルルール処理

カレントノードから根ノードまで、各ノードが持つルールが評価される。ルールが成立した場合、学習コマンドを置き換える。その際、そのノードを新しい学習コマンドの実行ノードとする。複数のノードでルールが成立する場合、より根ノードに近い方を優先する。

図3の状況を考える。ノード4で、“次へ”コマンドを発行した。ポストコンディショナルルール処理により、ノード2では“やり直し”に置き換えるルールが、ノード1では“次へ”に置き換えるルールが成立した。この場合、より根ノードに近いノード1が優先され、ポストコンディショナルルール処理の結果は、ノード1を実行ノードとする“次へ”となる。

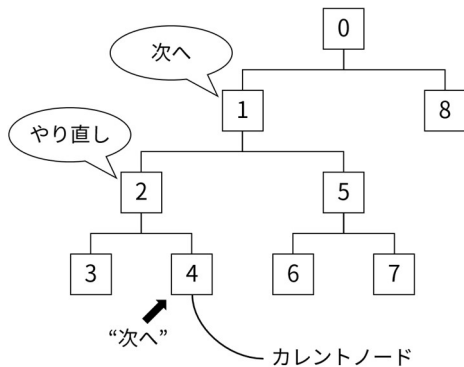


図3 ポストコンディショナルルール処理の例

2.4 シーケンシング処理

自ノードを頂点とするサブツリー内で次の配信ノードを探し、決定できなければ、親ノードに処理を依頼する。図4は、ノード3で“次へ”を実行した例である。ノード3は子ノードを持たず、“次へ”に対応する次の配信ノードを決定できない。そこで、親ノードであるノード1に処理を依頼した(図4①)。ノード1も自ノードの配下から決定できないため、ノード

0に処理を依頼した(図4②)。ノード0は、ノード4に配信可能か問い合わせた(図4③)。ノード4は、まず、ノード5に配信可能かを問い合わせた(図4④)。ノード5には習得済みならば飛ばすというルールが設定されており、すでに習得済みであったため、配信できない旨の結果が返った(図4⑤)。次に、ノード4がノード6に問い合わせた(図4⑥)ところ、配信可能という結果が返った(図4⑦)。ノード6が配信できるという情報が、ノード3まで戻された(図4⑧～⑩)。その結果、ノード6が新しいカレントノードとなる。なお、①と⑩は1回の通信におけるコマンド送信とその戻りであり、その他も同様である。

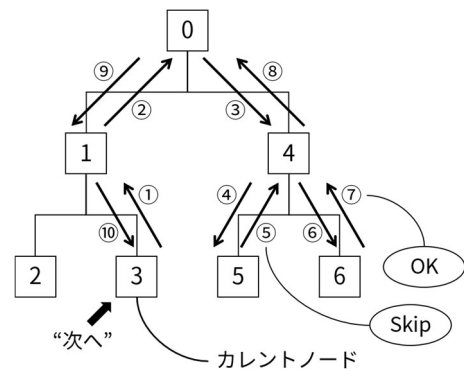


図4 シーケンシング処理の例

ポストコンディショナルルール処理により、学習コマンドの実行ノードがカレントノードでない場合も、シーケンシング処理の起点はカレントノードである。自身が実行ノードでなければ、親ノードに学習コマンドを送る。

2.5 学習コマンドリスト生成処理

学習コマンドはカレントノードから根ノードに向かって伝播されるため、両者を結ぶパス上にあるノードが実行できる学習コマンドを集約し、カレントノードが実行可能な学習コマンドを生成する。

2.6 制御状態の更新

各ノードは、現在試行中であることを示すアクティブフラグと、親ノードの学習状態の決定に影響を及ぼすカレントフラグを有している。図5の構造を持つコンテンツにおいて、ノード3からノード4に進み、その後ノード3に戻ることを考える。ノード1を頂点とするサブツリーは、ノード4に進んだときに試行が終

わり、ノード 3 に戻ったときに新しい試行が始まる。その後、ノード 1 の学習状態を決定するため、ノード 2 について現在の試行、つまり新しい試行の学習状態を用いるか、最新の試行、つまり前回またはそれ以前の学習状態を用いるかの 2 通りが考えられる。これらの 2 通りの値を選択できる状態にあることを表すフラグがカレントフラグである。

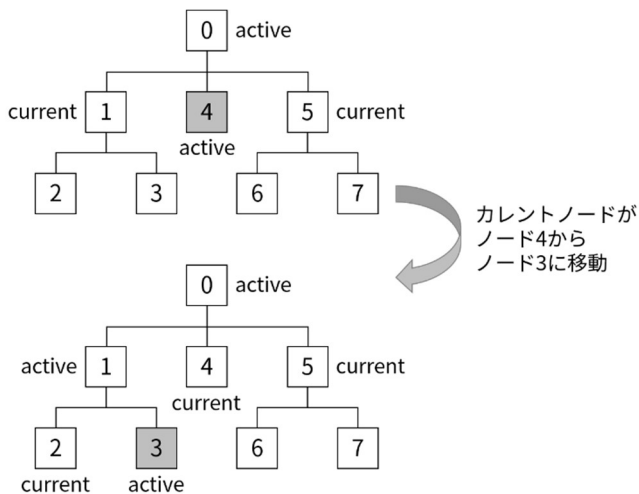


図 5 アクティブフラグとカレントフラグ

図 5 において、カレントノードがノード 4 からノード 3 に戻ったときを例に、アクティブフラグ、およびカレントフラグの更新方法を説明する。なお、図 5 には、カレントノードの移動開始前、および移動完了後において、アクティブフラグが真であるノードに“active”，カレントフラグが真であるノードに“current”と記載している。

ロールアップ処理のタイミングで、葉ノードのアクティブフラグを偽にする。これによりノード 4 のアクティブフラグが偽に変わる。

シーケンシング処理において、次の配信ノードが決定できず、親ノードに処理を依頼した場合は、アクティブフラグを偽にする。ノード 0 は子孫ノードから次の配信ノードが決定できたため、アクティブフラグは真のままである。

カレントノードが移動した後、学習コマンドリスト生成のタイミングで、新しいカレントノードの先祖ノードの中から、アクティブフラグが偽である最上位のノードを見つける。図 5 の例ではノード 1 である。そのノードの子孫ノードのカレントフラグ、および先祖ノードの子ノードのカレントフラグを真にする。これ

により、ノード 1～ノード 5 のカレントフラグが真となる。次に、カレントノードのアクティブフラグを真にし、アクティブフラグを真にする役割を持つコマンドを根ノードまで伝播する。このとき、各ノードにおいて、アクティブフラグが真に変わるタイミングで、つまり新しい試行が始まる場合は、カレントフラグを偽にする。これにより、ノード 3 とノード 1 のアクティブフラグが真に、カレントフラグが偽に変わる。ノード 0 までコマンドが送られるが、アクティブフラグは真、カレントフラグは偽のまま変化しない。

以上が、各フラグの更新方法である。子ノードの学習状態を取得する通信には、現在の試行を用いるか、最新の試行を用いるかの指定を含める。子ノードでは、その指定とカレントフラグにより、適切な学習状態を返却する。

3. 教材オブジェクト間通信の削減方式

前章で述べた ELECOA の通信を、次のような観点から削減する。

- コンテンツの状態によらず静的に決まる事柄を求める処理は、教材の実行時ではなく事前に行う。
- 教材オブジェクト間の通信を行っても、教材オブジェクトの状態や、以降の処理に影響を及ぼさないことがわかっている場合は、通信を省略する。
- 通信相手の教材オブジェクトから取得すべきデータをキャッシュとして保持し、通信を省略する。以降、本研究で設計した通信削減方式を述べる。

3.1 コンテンツの起動時の処理

- ① 各ノードにおけるロールアップセットはコンテンツの実行中に変化しない。そこで、コンテンツの起動時に、各ノードに対してロールアップセットを求め、各ノードが保持する。これにより、ロールアップ処理の際の、ロールアップセットを求めるための通信が省略できる。
- ② 各ノードのポストコンディショニングルールの有無は、実行時に変化しない。そこで、コンテンツの起動時に、各ノードに対して先祖ノードのポストコンディショニングルールの有無を求め、各ノードが保持する。また、各ノードにおいて、自ノードの学習状態が変化しなければ、ポストコンディショ

ンルール処理を省略できることを確定できる場合は、その旨を保持する。

3.2 根ノードまでの通信の省略

- ③ あるノードでロールアップ処理を行った結果、学習状態が変化しなかった場合、先祖ノードの学習状態が変化することはない。そこで、親ノードへのロールアップコマンドの送信を行わない。
- ④ 3.1 節の②で述べた方法により、親ノードへのポストコンディションルール処理のコマンド伝播が不要と判断できる場合は、自ノードで止める。
- ⑤ 学習コマンドリスト生成処理のタイミングにおいて、アクティブフラグとカレントフラグが更新されるのは、カレントノードから根ノードのうち、アクティブフラグが真である最下位のノードを頂点とするサブツリー内のみである。そこで、アクティブフラグが真の場合、親ノードへのコマンド伝播を省略する。

3.3 キャッシュの使用

親ノードへのロールアップコマンドの送信時に、自ノードの学習状態、および“次へ (Continue)”と“前へ (Previous)”コマンドによる自ノードを頂点とするサブツリー内のノードからの配信可否を親ノードに伝える。親ノードはそれらをキャッシュする。

- ⑥ 内部ノードにおける典型的なロールアップ処理では、子ノードの学習状態から自ノードの学習状態を求める。ここで、子ノードの学習状態を取得する通信を省略し、キャッシュを用いる。学習状態の決定に子ノードの現在の試行を用いる場合は、自ノードの試行を終える際、つまりアクティブフラグが偽に変わるタイミングで、子ノードの学習状態のキャッシュを初期状態に戻す。
- ⑦ 配信可否のキャッシュは、シーケンシング処理において、子ノードに配信可否を問い合わせる通信の省略に用いる。例えば、図 4 における④・⑤の通信が省略できる。子ノードの配信可否の状態が変わるときはロールアップ処理が発生し、キャッシュが更新されるため、キャッシュの無効化は考慮しなくてよい。

4. 通信削減方式の実装と効果の評価

4.1 通信削減方式の実装

ELECOA の実装として、PHP を用いた `php-elecoa`⁽²⁾、および `php-elecoa` を JavaScript で再実装した `js-elecoa` が存在する。前章で述べた教材オブジェクト間通信の削減方式を `js-elecoa` に実装した。同一のコンテンツに対する同一の操作を、`php-elecoa` と `js-elecoa` の両方で行い、教材オブジェクト間の通信回数を比較することにより、設計した通信削減方式の効果を測定できる。`php-elecoa` と `js-elecoa` に、教材オブジェクト間通信のログを出力する機能を組み込んだ。

4.2 通信削減効果の評価方法

SCORM 2004 3rd Edition⁽⁷⁾には、適合性テストに用いるテストケース (テスト用コンテンツ) が 100 種類用意されている⁽⁸⁾。それぞれのテストケースには、テストを進めるためのステップ (手順) が定義されている。SCORM のテストケースは、独習型の教材として妥当な構成と考えられることから、これを用いて通信削減効果を評価する。

詳細な条件は次の通りである。

ELECOA では、SCORM のナビゲーションリクエスト (学習コマンド) のうち、`Abandon All`、および `Abandon` を実装していない。これらを使ったテストケースである `SX-04a` と `SX-04b` を除外する。

各テストケースの最初のステップ (ステップ 1) はコンテンツの起動である。`php-elecoa` と `js-elecoa` では、コンテンツの起動方法が異なるため、通信回数の単純な比較が行えない。そこで、ステップ 1 は除いて集計する。これにより、ステップ数が 1 しかない `OB-03c` は除外される。ここまでの条件により、対象となるテストケース数は 97、総ステップ数は 419 である。

`js-elecoa` では、コンテンツの起動時に学習コマンドリストを静的に生成し、実行時には学習コマンドリストの生成を行わない。`php-elecoa` では実行時に行っているが、これを行わないとしても通信回数は変わらない。そこで、この違いは考慮しない。

`php-elecoa`、`js-elecoa` とともに、意図しない教材オブジェクト間通信が発生する不具合があった。これらは無害な通信であるが、それぞれの実装の設計とは異なる

る。そこで、これらの不具合による通信は除いて集計する。なお、集計から除いた通信は、php-elecoa では全通信回数 25,671 回のうち 134 回 (0.5%)、js-elecoa では 5,216 回のうち 41 回 (0.8%) であった。

4.3 通信回数の計測結果

テストケース OB-01a のステップ 2 における通信回数の計測結果を、表 1 に示す。各通信を、2 章で述べた 4 種類の通信パターンに分類した。ロールアップ処理は php-elecoa の 40 回に対して、js-elecoa は 14 回に削減できている。合計で 46 回から 17 回に減少し、63.0%の通信を削減できた。

表 1 OB-01a のステップ 2 における通信回数

	php-elecoa	js-elecoa
ロールアップ	40	14
ポストコンディションルール	1	0
シーケンシング	4	2
学習コマンドリスト生成	1	1
計	46	17

評価対象とする 419 ステップにおける通信回数の総計、および通信回数の削減率を、表 2 に示す。通信回数の総計は、php-elecoa の 25,537 回に対して、js-elecoa は 5,175 回であり、79.7%削減できた。ロールアップ処理における通信回数は全体に占める割合が大きく、削減率への寄与度が高い。

表 2 総通信回数、および削減率

	php-elecoa	js-elecoa	削減率
ロールアップ	21,697	2,374	89.1%
ポストコンディションルール	770	230	70.1%
シーケンシング	1,915	1,610	15.9%
学習コマンドリスト生成	1,155	961	16.8%
計	25,537	5,175	79.7%

次節以降で、各処理の特性を踏まえた分析を行う。

4.4 ロールアップ処理の分析

ロールアップ処理は、起点ノードから根ノードに向かって ROLLUP コマンドを伝播することにより行われる。3.2 節の③により、状態変化が起こらなかったノードで、親ノードへの ROLLUP コマンドの伝播を止める。そこで、起点ノードの深さ、およびそのノードからの距離ごとに、ROLLUP コマンドによる通信の削減率を計算した。ノード間の距離は、隣接していれば 0 で、エッジが 1 つ増えるたびに距離も 1 増えると定義する。図 2 の例では、ノード 2 の深さは 2 である。また、ノード 2 を起点とする ROLLUP コマンドの伝播において、ノード 2 からノード 1 への通信は距離 0、ノード 1 からノード 0 への通信は距離 1 である。ノード 1 からノード 0 への通信は、ノード 2 を起点とみると距離 1、ノード 4 を起点とみると距離 2 であり、一意に定まらない。しかし、今回用いたテストケースにはこのようなケースがなく、ROLLUP コマンドの距離はすべて一意に定まった。結果を表 3 に示す。

表 3 ROLLUP コマンドの削減率

		計	距離			
			0	1	2	3
深さ	1	30.0%	30.0%			
	2	31.0%	7.7%	56.5%		
	3	54.7%	33.9%	64.1%	76.9%	
	4	39.3%	0.0%	48.6%	54.3%	54.3%
総計		35.4%	21.0%	56.6%	66.2%	54.3%

深さ 2 のノードを起点とする ROLLUP コマンドは、距離 0 の通信が 7.7%、距離 1 の通信が 56.5%削減でき、距離を考慮しない削減率は 31.0%であった。設計から想定される通り、起点からの距離が離れるほど削減できていることが分かる。なお、深さを考慮しない総計行の結果は、距離 2 より距離 3 の削減率が少ない。これは、深さ 4 のノードを持つコンテンツが少なく、それらのコンテンツにおいては削減率が低かったためである。

表 2 に示した通り、ロールアップ処理における通信は大幅に削減できている。これには、3.1 節の①で述べたコンテンツの起動時におけるロールアップセットの作成、3.3 節の⑥で述べたキャッシュの使用、およ

び本節で評価した ROLLUP コマンドの省略 (3.2 節の③) が寄与している。

4.5 ポストコンディショナルルール処理の分析

ポストコンディショナルルール処理は、カレントノードから根ノードに向かって、EXITCOND コマンドを伝播することにより行われる。3.2 節の④により、親ノードへの EXITCOND コマンドの伝播が不要と判断できるノードで伝播を止める。そこで、前節におけるロールアップ処理と同様の分析を行う。結果を表 4 に示す。

表 4 EXITCOND コマンドの削減率

		計	距離			
			0	1	2	3
深さ	1	85.6%	85.6%			
	2	69.1%	38.7%	99.4%		
	3	77.8%	53.8%	82.1%	97.4%	
	4	47.9%	34.3%	48.6%	54.3%	54.3%
総計		70.1%	58.7%	89.5%	77.0%	54.3%

設計から想定される通り、カレントノードからの距離が離れるほど削減できていることがわかる。

4.6 シーケンシング処理の分析

シーケンシング処理における学習コマンドの伝播は、探索範囲を広げるための子ノードから親ノードに向かっての通信と、自ノードを頂点とするサブツリー内で次に配信するノードを探すための親ノードから子ノードに向かっての通信に分けられる。3.3 節の⑦により、親ノードから子ノードへの通信が削減されることが期待できる。計測の結果、親ノードから子ノードに学習コマンドを送る通信の削減率は 21.9%であった。

通信回数は削減できているが、ロールアップ処理やポストコンディショナルルール処理と比較して削減率は低い。図 4 の例では、新旧カレントノードを結ぶパス上のノードは、ノード 3、ノード 1、ノード 0、ノード 4、ノード 6 である。キャッシュにより、ノード 4 からノード 5 への学習コマンドの伝播を省略できる可能性があるが、新旧カレントノードを結ぶパス上の学習コマンドの伝播は省略できない。削減率が相対的に低い理由として、通信を省略できる可能性があるエッジ

が限られることがあげられる。

なお、シーケンシングコマンドによる子ノードから親ノードへの通信は省略できず、計測結果は全く同じであった。

4.7 学習コマンドリスト生成処理の分析

3.2 節の⑤では、学習コマンドリスト生成処理に付随するアクティブフラグの更新処理における通信を削減した。⑤の方法を実装しない場合は根ノードまでの通信が発生するのに対して、実装する場合は新旧カレントノードの最小共通祖先ノードより上位の通信が省略できる。ここでは、新しいカレントノードの深さ、および新しいカレントノードと通信元ノードの距離ごとに、学習コマンドリスト生成処理におけるアクティブフラグとカレントフラグを更新するための通信の削減率を求めた。例えば、新しいカレントノードから親ノードへの通信は距離 0、逆の通信は距離 1 である。結果を表 5 に示す。

新しいカレントノードの深さが 4 となるステップにおいて、根ノードから子ノードへの通信が発生すれば、その距離は 4 である。今回用いたテストケースでは、通信削減方式の実装有無にかかわらず距離 4 の通信はなかったため、表 5 には記載していない。

表 5 制御状態更新処理の通信削減率

		計	距離			
			0	1	2	3
深さ	1	0.0%	0.0%	0.0%		
	2	17.3%	0.0%	25.3%	0.0%	
	3	16.0%	0.0%	14.6%	26.5%	0.0%
	4	30.1%	0.0%	25.4%	33.3%	53.1%
総計		16.8%	0.0%	22.6%	28.9%	47.3%

距離 0 とは、新しいカレントノードから親ノードへの通信である。また、深さと距離が同じ通信は、根ノードから子ノードへの通信である。本研究で設計した通信削減方式では、これらの通信は削減できない。後者の通信は、回数が少なく、総計に及ぼす影響は小さい。距離が離れるほど削減率が高いことがわかる。

4.8 通信が行われたエッジ数

同一プラットフォーム内での通信よりも、プラットフォームをまたぐ通信に時間がかかる。また、プラットフォーム間通信は、接続の確立に時間がかかる。プラットフォームをまたぐ通信は、回数に加えて、有無も重要な指標となる。そこで、各テストケースの各ステップについて、通信が行われたエッジ数を調査した。

根ノードからの距離ごとに集計した結果を、表 6 に示す。ここでは、根ノードからの距離を、親子ノード間の通信は親の深さ、ノードと共有学習目標間の通信はノードの深さと定義する。例えば、php-elecoa による OB-01a のステップ 2 では、距離 0 で 3 エッジ、距離 1 で 2 エッジにおいて通信が発生した。これらをそれぞれ、php-elecoa の距離 0、距離 1 のエッジ数に加算する。

表 6 通信が行われたエッジ数の削減率

距離	php-elecoa	js-elecoa	削減率
0	1,276	653	48.8%
1	1,206	873	27.6%
2	352	291	17.3%
3	277	231	16.6%
計	3,111	2,048	34.2%

通信が行われたエッジの延べ数は、php-elecoa の 3,111 に対して、js-elecoa は 2,048 であり、34.2%削減できた。なお、この延べ数を評価対象とする 419 ステップで割ると、1 ステップあたりの平均が求まる。各ステップにおける平均は、php-elecoa が 7.4、js-elecoa が 4.9 であった。平均して、2.5 のエッジにおいて、通信回数が 1 以上から 0 になった。距離別に見ると、距離が短いほど、つまり根ノードに近い位置であるほど削減率が高い。本研究における通信削減方式の実装により、通信が行われるエッジ数が減少し、その割合は根ノードに近いほど高いことがわかった。

5. まとめ

本研究では、ELECOA における教材オブジェクト間通信を削減する方式を設計し、実装した。そして、

SCORM のテストケースを用いて通信回数の削減効果を評価した。その結果、全体として、79.7%の通信を削減できたことを確認した。また、各処理やプラットフォーム間通信の特徴を考慮した分析を行った。その結果、根ノードに近づくほど通信が削減できることや、通信が発生するエッジ数を減らせることを確認した。カレントノードから距離が離れたノード間での通信が削減できたことにより、プラットフォームをまたぐ通信の削減に有効であることを示した。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 17H00774 の助成を受けた。

参考文献

- (1) 仲林清, 森本容介: “拡張性を有する適応型自己学習支援システムのためのオブジェクト指向アーキテクチャの設計と実装”, 教育システム情報学会誌, Vol.29, No.2, pp.97-109 (2012)
- (2) 森本容介, 仲林清, 芝崎順司: “ELECOA における教材オブジェクト・プラットフォーム間インタフェースの設計と実装”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J98-D, No.6, pp.1033-1046 (2015)
- (3) 仲林清, 森本容介: “拡張性を有する学習支援システムにおける再利用性向上のための教材オブジェクトデザインパターンの設計と実装”, 教育システム情報学会誌, Vol.35, No.3, pp.248-259 (2018)
- (4) 仲林清, 森本容介, 池田満, 瀬田和久, 田村恭久: “拡張性を有する学習支援システムアーキテクチャに基づく分散マルチプラットフォーム学習環境の検討と試作”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.33, No.5, pp.59-66 (2019)
- (5) Advanced Distributed Learning Initiative: “SCORM ® 2004 (3rd Edition) Conformance Test Suite”, <https://adlnet.gov/projects/scorm-2004-3rd-edition-conformance-test-suite/> (参照 2021.2.11)
- (6) 森本容介, 仲林清: “ELECOA における教材オブジェクト間通信削減方式の実装と評価”, 教育システム情報学会第 45 回全国大会講演論文集, pp.233-234 (2020)
- (7) Advanced Distributed Learning: “SCORM 2004 3rd Edition Specification”, <https://adlnet.gov/projects/scorm-2004-3rd-edition/> (参照 2021.2.11)

AR マーカーにより人物と場所を結び付ける

歴史学習支援システムの構築

竹中裕樹^{*1}, 曾我真人^{*2}

^{*1} 和歌山大学大学院システム工学研究科

^{*2} 和歌山大学システム工学部

Development of a history learning support system that connects characters and places with AR markers

Hiroki Takenaka^{*1}, Masato Soga^{*2}

^{*1} Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

^{*2} Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

人は何かをするときに「知覚」、「認識」、「理解」、「適切な行動選択」、「行動」の5つを順番にサイクルさせる。このサイクルのことをインタラクションサイクルといい、このサイクルを循環させることによって知識を蓄えることや、素早く行動を終えることができるようになる。しかし、一般的な学習方法の一つである教科書を読む学習では、学習者は行動を起こすことがなく記憶に残りにくい。本研究ではARマーカーと地図を用いて、テキストを読んだ後武将が布陣を構えた位置や、進軍した位置を学習者に提示させることで行動を起こし、人と場所を関連づけて記憶させようと考えた。実験では実験群と統制群を用いてそれぞれ別の学習をさせ、紙媒体の学習と比べてシステムの学習に有意性があるかを検証した。

キーワード: AR マーカー, 学習支援, 歴史学習

1. はじめに

1.1 研究背景

文部科学省は2022年を目標に、「歴史総合」という新科目を高等学校の教育に必修科目として組み込むことを決定した⁽¹⁾。また、山川出版社が20~60代の男女を対象に行ったアンケートの結果によると、学生時代に歴史の勉強が好きだったかという問いに対して、「嫌い」と回答したのは全体の56%に上り、半数以上の方が歴史学習に対して苦手意識を持っていたことが分かった⁽²⁾。この苦手意識を克服するためにはシステムを用いた学習支援が有効であると考えられる。

我々の研究グループでは学習意欲の向上と学習したことを長期記憶とすることを目的として、ARマーカーを用いた歴史学習支援システムを構築した⁽³⁾。このシステムは学習者に、タブレット上に表示された史実の説明を読ませた後、地図上にARマーカーを置くと

いう行動を取らせることで、インタラクションサイクルを完成させようと考えた。ここで、インタラクションサイクルについて説明する。人は何かをするときに「知覚」、「認識」、「理解」、「適切な行動選択」、「行動」の5つを順番にサイクルさせる。このサイクルのことをインタラクションサイクルといい、このサイクルを循環させることによって知識を蓄えることや、素早く行動を終えることができるようになる。また、学習者に行動を取らせながら学習させることで、その学習したことをエピソード記憶として記憶できると考えられる。エピソード記憶とは、「個人が体験した出来事に関する記憶」のことで、体験を伴った記憶のために長期の記憶がしやすいとされている⁽⁴⁾。そのため、インタラクションサイクルを完成させることと、エピソード記憶に残らせることを目的に学習者に行動を取らせるシステム構成としていた。また、ARマーカーを用いた理由は、ARを用いた学習が学習意欲の向上に有用で

あることや、テキストを読んで思い浮かべるイメージ図を、AR マーカーを使い動かして実際に作り出すことで、より史実の流れを理解しやすくなり記憶の定着につながると考えたためである。

しかし、このシステムには問題点があった。それは情報提示が文字だけと、場所と合わせて覚えるには情報が少ない点や、説明文が読みにくいなどユーザーインターフェース上の問題、更に学習したことのアウトプットがなかったため、学習内容を理解できたかどうかを確認する方法がないということである。そのため、学習支援システムとしては未完成な部分が多くあった。

1.2 研究目的

本研究では、先行研究時のシステムの問題点を改善させる機能を追加して、学習した内容をより記憶に残りやすくさせ、学習支援システムとして完成させることを目的とした。追加する機能に関しては、まずテスト機能をつけて、学習したことを理解できたかどうかを学習者にフィードバックできるようにして、学習者に学習内容を正しく記憶させる。テスト機能では一問ごとに正誤の判定を行い、学習者の記憶している情報と正解が一致するかを即座に確認できるようにした。AR の機能の追加として戦国武将の 3D モデルを作成し、そのモデルに動作を加えることでその時その武将が何をしていたのかを視覚的にも分かりやすくした。また、3D モデルを史実の説明に合わせて地図の上を移動させることで、その武将が治めていた場所や戦った場所などを提示し、その後で AR マーカーを配置させることで学習者に場所と人物を関連付けて覚えさせる。学習させる史実の内容は、先行研究の時と同じく関ヶ原の戦いを用いた。これは、多くの武将が参加しており、それらが各地へと移動していくため AR マーカーを動かして場所と関連付けて学習する手法と相性がいいと考えたためである。

1.3 関連研究

1.3.1 地図上 AR アニメーションを用いた戦乱史実学習支援システムの開発

田端が開発した歴史学習を支援するソフトウェアである⁵⁾。こちらのシステムは、3DCG のアニメーションを用いて史実の流れに沿って学習することで、容易

に史実の流れや特徴などを覚えられるようにすることを目標に構築されている。こちらは AR マーカーとして登録された日本地図を Web カメラで映すことで、地図上に 3D モデルや史実の説明などがアニメーションで表示されるシステムとなっている。学習者はそのアニメーションを視聴することで史実の流れに沿って歴史の学習を行う。こちらのシステムではアンケートを用いた評価実験を行っており、その結果によると 3D モデルの表示やそのモデルの移動を提示することで、武将の名前や出身地の理解をしやすくすることや学習意欲の向上が見込めることが分かった。関連研究のシステムと本システムは、どちらも AR マーカーを用いた歴史学習支援システムとなっているが、関連研究のシステムはアニメーションの視聴をさせるだけで学習者に行動を取らせないのに対して、本システムは AR マーカーを動かすという行動を取らせて学習をさせる。つまり、この 2 つのシステムには学習方法という点で異なっており、その点によって記憶のしやすさや学習意欲の向上の度合いなどが異なるのではないかと考える。

1.3.2 マーカーを用いた拡張現実感の英単語学習システムの試作

間城らが開発した英単語の学習を支援するシステムである⁶⁾。こちらのシステムは、英語学習の学習意欲を保つことができずに自分から学習をしなくなる問題の解決策として開発された。パソコンに表示された問題の解答となる英単語を、AR マーカーとして登録されたアルファベットのカードを並べ替えて解答し、正しく綴りや単語の意味を覚えているかを学習者にフィードバックするシステムとなっている。こちらの研究ではアンケートを用いた評価実験を行っており、実験結果によると学習を楽しく行えることや学習意欲の向上といった目的を達成している。この研究結果から AR マーカーを用いた学習支援システムは、学習意欲の向上に対して有効的であると考えられる。

2. システム概要

2.1 システム構成

本システムを構成しているものは以下の通りである。

2.1.1 Android タブレット

本システムアプリケーションをインストールしたタブレット端末である。本研究で使用した Android バージョンは 8.0.0 であり、他の OS で動作できるかは未確認である。

2.1.2 戦国武将の AR マーカー

本システムで使う戦国武将の AR マーカーであり、全部で 26 種類ある。この AR マーカーを配置し動かすことでシステムを進めていく。この AR マーカーを映すと 3D モデルが表示され、移動や刀を振るなどのアニメーションが再生される。

2.1.3 戦国武将の 3D モデル

戦国武将の AR マーカーを映したときに表示される 3D モデルである。青い鎧の武将と赤い鎧の武将の二種類が登場し、青い鎧の武将は関ヶ原の合戦において東軍、赤い鎧の武将は西軍に所属していることを表している。

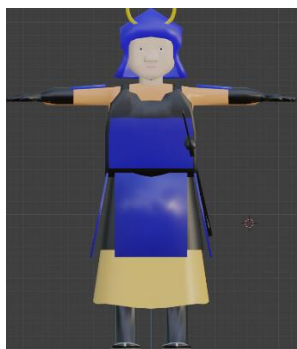


図 1 戦国武将の 3D モデル

2.1.4 LOCATION AR マーカー

地図の指定された場所に配置することでこの AR マーカーを原点とし、武将の AR マーカーがどこに置かれたのかを検出する AR マーカーである。戦国武将の AR マーカーの位置や、戦国武将の AR マーカー同士間の距離を測り、正誤の判定に使用する。また、3D モデルの移動はこの AR マーカーを基準にして動いているため、正確な位置を知るためにはこの AR マーカーと戦国武将の AR マーカーはセットで映す必要がある。



図 2 LOCATION AR マーカー

2.1.5 地図

この上に武将の AR マーカーや LOCATION AR マーカーを配置する。日本全体を映した地図 1、岐阜県の一部を拡大した地図 2、関ヶ原の戦いの戦場を拡大した地図 3 の 3 種類となっており、システムを進めていくごとに地図を替えていく。

2.2 システムの説明

本システムの目的や操作方法について説明する。本システムは史実の説明を読み進めて、その流れに沿って学習するシステムとなっている。学習する方法として、まず「学習モード」にて史実の流れを確認し、その後テストモードにて学習した内容を理解できたかどうかの確認を行うことが、このシステムによる学習の流れである。システムの使い方としては、地図を広げて Android タブレットを持ち、地図上に AR マーカーを配置するというようになっている。

2.2.1 学習モード

まず学習モードの操作について説明を行う。学習モードはタイトルの「学習モード」のボタンを押すことで始まる。ボタンを押した後、このシステムの操作についての説明が流れ、その後システムが起動する。システムが起動すると、カメラも起動して画面にボタンと史実を表すテキストが表示される。図 3 はシステムを起動した後、地図を画面に映したものである。このテキストを最後の文章まで読み進めていくことが、学習モードの目的となる。このテキストを読み進めるには、テキスト中に出てくる赤色や青色に色づけされた戦国武将の名前に対応した AR マーカーを正しい位置に配置して、その AR マーカーを画面の中に映してボタンを押す必要がある。この手順をとらせることによって、学習者に AR マーカーを配置する行動をとらせ

てインタラクションサイクルを完成させようと考えた。このとき、AR マーカーを置く際の正しい位置の提示方法として、LOCATION AR マーカーと戦国武将のAR マーカーを同時に画面内に映すことで、戦国武将の3Dモデルが移動するという機能がある。この移動した位置を確認することで、学習者は正しい位置を知ることができる。

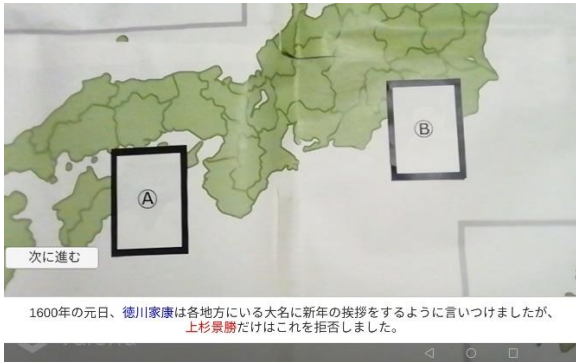


図3 学習モード画面

2.2.2 テストモード

次にテストモードの説明を行う。テストモードはタイトル画面の「テストモード」のボタンを押すことで始まる。システムが起動すると、カメラも起動して画面にボタンと使う地図の指示が表示され、ボタンを押すことで問題文が表示される(図4)。問題の数は全部で25問であり、一問あたり4点である。問題の内容は、正解の武将は誰なのかを答える問題と、ある武将がいた場所を答える問題の二つになっている。どちらの問題に対しても学習者はAR マーカーを使って解答し、不正解だった場合正しい情報を学習者にフィードバックして正しく記憶させる。



図4 テストモードの画面

3. 検証実験

本システムの学習による有用性や学習意欲の向上を確かめるために、検定やアンケートを用いて実験を行った。

3.1 検証実験の概要

まず、実験群と統制群を用いた検証実験について説明する。被験者数は実験群8名、統制群8名の合計16人で行った。被験者は20歳~25歳の情報工学系の大学生、および大学院生である。被験者には、歴史学を専攻する学生や院生はいなかった。

3.1.1 実験の手順

行った実験の手順について説明する。実験群、統制群の実験の流れは図5の通りで行った(図5)。

まず実験群と統制群それぞれに、事前テストを行わせた。問題の内容は一問一答形式で、戦国武将の名前を答える問題や、ある戦国武将が治めていた場所や布陣を構えた場所など、場所を答える問題を出題した。その後、実験群と統制群で分け、実験群ではシステムの学習モードを使った学習を、統制群では紙媒体のテキストを使った学習を行わせた。学習が終了した後は、システムによる学習の有意差を検証するために1回目の事後テストを行わせた。その後、再び実験群と統制群に学習を行わせて、学習が終了次第実験群はシステムのテストモードを使い、統制群は紙媒体のテストを使い自己採点をさせることで、学習したことを正しく記憶できているかどうかの確認をさせた。確認のテストが終了した後は2回目の事後テストを行い、テストの終了後アンケートに回答してもらった。その際、統制群にもシステムを一部使用してもらった。そして、2回目の事後テストが終了してから3日後に3回目の事後テストを行った。この時、被験者にはこの3回目の事後テストが終了するまで、学習した内容の復習を行わないように指示した。この一連の流れをもって本研究における実験を完了とした。

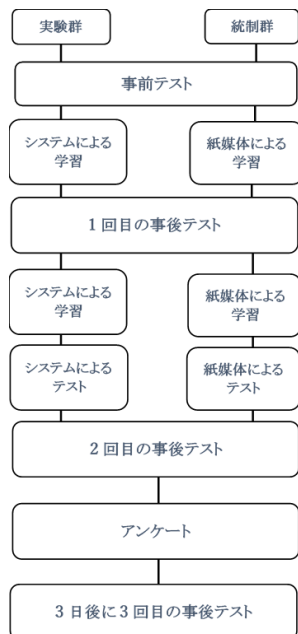


図5 実験の手順

3.1.2 実験の目的

検証実験での目的は、システムによる学習は紙媒体による学習よりも記憶に残りやすいのかどうかについて検証することである。実験において複数回事後テストを行っているが、1回目の事後テストではシステムの学習と紙媒体の学習では、事前テストからそれぞれどれだけ点数を伸ばすことができるのかを確認する。2回目の事後テストでは学習した後、システムを使ったテストによる復習と、紙媒体のテストを使った復習を行った後の実験群と統制群の点数の差や、1回目の事後テストからどれだけ伸びているかを確認する。3回目の事後テストでは2回目の事後テストから3日後に実施し、システムによる学習は紙媒体による学習よりも時間を空けても記憶に残っているのかを検証する。

3.2 実験の結果と考察

実験群と統制群の得点の推移は以下の図の通りになった(図6)(図7)。これらの図から読み取れることは、統制群の方が実験群よりも、1回目の事後テストでの得点の伸びが全体的に良いということが分かる。実際、事前テストから事後テスト1の向上値を有意水準5%で片側t検定に掛けてみたが、実験群に有意差は見られなかった。また、事後テスト1から事後テスト2の向上値や、事後テスト2から事後テスト3での低下量も片側t検定に掛けてみたが、いずれも有意差が出ないという結果になった。

この結果から本システムを用いた学習方法は、紙媒体による学習方法よりも有効的に記憶に残りやすいとは言えないことが分かった。これは、起用した被験者が全員学生であり、文字ベースの学習に対して慣れているため文字による学習の方がやりやすかったという可能性がある。そのため文字ベースの学習に慣れていない、または文字の学習に苦手意識を持っている学習者に対しては違った結果になるのではないかと考える。具体的には小学生や中学生など、長い文章を読んで学習することに苦手意識を持ちやすい年齢層では異なった結果を得られるのではないかと考える。

他にも有意差が出なかったのは、実験で行った事後テストは全て紙と文字形式によるテストであり、文字による情報の提示より視覚の提示に多く力を入れた実験群よりも、事後テストと同じ形式である統制群の方が知識の呼び出しがしやすかったからではないかと思われる。そのため、事後テストの問題の形式を文字で出題・解答するのではなくARマーカーを使い、実験群の学習に近いものになれば実験群の知識の呼び出しがしやすくなる可能性がある。

また、期間を空けた実験で得点が低下している被験者の人数は全被験者中4名と少なく、3日後に行うのでは空けた期間が短すぎると思われる。実際、被験者の一人に実験の終了後に聞き込みをしたところ、問題を見てすぐにスラスラと解答をすることができたという回答を得た。そのため、空ける期間を一週間もしくはそれ以上の期間など、もっと長期のものにして行うことで、長期記憶になったかどうかの検証ができるのではないかと考える。

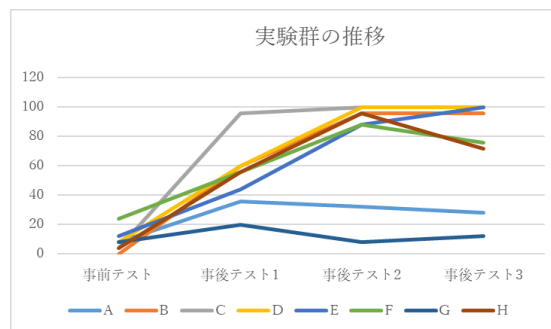


図6 実験群の推移

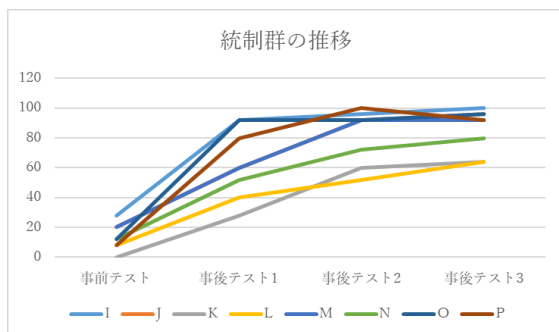


図 7 統制群の推移

3.3 アンケート結果と考察

次にアンケートの結果を見ていく。アンケートの内容は5段階評価と自由記述の二種類である。この実験の目的は、システムを使って学習した時にどう感じたのかを明らかにしてシステムを評価することである。

5段階評価アンケートの質問の内容と結果は以下の通りである(表 1)。なお、統制群の被験者はシステムを途中までしか使用していないため、質問 12 の結果は全て実験群によるものである。

質問 1 このシステムは使っていて楽しかったか

質問 2 このシステムは使いやすいか

質問 3 このシステムの説明文はわかりやすいか

質問 4 AR マーカーをどこに置けばいいかわかったか

質問 5 武将がどこで何をしていたかわかりやすかったか

質問 6 場所と合わせて学習することで理解しやすかったか

質問 7 AR マーカーを動かすことで内容の理解がしやすかったか

質問 8 このシステムの学習は教科書を読む学習よりも日本史の学習をしたくなると思うか

質問 9 このシステムの学習は教科書を読む学習よりも日本史の理解がしやすと思うか

質問 10 このシステムは日本史の学習に役立つと思うか

質問 11 このシステムを用いることで、日本史の学習意欲向上につながると思うか

質問 12 このシステムを用いることで、関ヶ原の戦いの始まりから結末までの流れを理解できたと思うか

表 1 5段階評価アンケートの結果

質問番号	中央値	最頻値	平均値
1	4	4	4.25
2	3	3	3.53
3	4	4	4.25
4	4	4	4.19
5	4	4	4.19
6	5	5	4.69
7	4.5	5	4.44
8	4.5	4	4.5
9	4	5	4.25
10	4	4	4.44
11	4	4	4.31
12	5	5	4.63

この結果を見ると、システムを使った学習は楽しいという意見や、本システムを使うことで日本史学習の学習意欲が向上すると思うといった項目に同意する意見が多く得られた。また、自由記述のアンケートの「楽しいと思った点」の項目では 3D モデルがあることやアニメーションがあること、AR マーカーを動かして学習することが楽しかったと回答している被験者が多くいた。このことから、3D モデルとアニメーションを用いたことや動作をしながら学習を行うことで楽しく学習を行え、それによって学習意欲が向上する可能性があることが分かった。また、AR マーカーを動かして場所と関連づけて学習することや、システムを使った学習は理解しやすいという項目に同意する意見も多く得られた。本研究では検証実験で、学習における記憶のしやすさにおいての有意差は見られなかったが、このように理解しやすいという意見は多く得られた。これは史実と場所との関連付けやインタラクションサイクルを完成させたことが要因なのではないかと思われる。このことから、史実と場所を関連付けて学習する本システムの狙いは間違っていないと思われる。

しかし、システムの使いやすさに関してはあまり良い評価を得られなかった。これはタブレットを持ったまま、片手で AR マーカーの配置をすることや、AR マーカーに認識精度の低いものがあったことが原因と思われる。また、自由記述の「改善点」の項目では腕が疲れるという意見が多く得られており、学習の妨げになることが懸念される。対策として、タブレットを手を持つのではなく固定して使うことや、AR マーカーの認識精度をあげるために認識しやすい加工を行うことが考えられる。

4. おわりに

本研究では、先行研究時に開発したシステムの機能の改良と新たな機能を追加して、歴史学習支援システムとして改善させることを目的とした。検証実験では被験者を 16 名集めて、システムによる学習は紙媒体のテキストによる学習よりも記憶に残りやすいかどうかの検証を行った。検証の結果、本システムによる歴史学習は、紙媒体の学習よりも記憶に残りやすいとはいえないという結果になった。しかし、アンケートによる結果では、本システムを用いた学習は教科書による学習よりも楽しく学べ、学習意欲が向上する可能性が示唆された。そのため、本システムは学習者に歴史の学習意欲を向上させ、学習者自身に学習を促すという使い道ができる可能性があることが分かった。

参 考 文 献

- (1) 第一ゼミナール, “2022 年、高校の授業に新科目導入。
「歴史総合」とは?” 第一ゼミナール, 9 5 2016.
<https://www.daiichisemi.net/column/2022年、高校の授業に新科目導入。>「歴史総合」と。[アクセス日: 2021 年 2 月 15 日].
- (2) 山川出版社, “HISTORIST,” 山川出版社, 2018 年 5 月
<http://www.historist.jp/articles/entry/themes/other/006335/>. [アクセス日: 2021 年 2 月 15 日]
- (3) 竹中裕樹 曾我真人 ” AR マーカーを用いた史実の流れの学習支援環境の構築” 教育システム情報学会 第 44 回全国大会 pp.351-352, 2019
- (4) 脳科学辞典 エピソード記憶 川崎 伊織, 藤井 俊勝.
<https://doi.org/10.14931/bsd.2598>. [アクセス日: 2021 年 2 月 15 日].

- (5) 田端 剛 “地図上 AR アニメーションを用いた戦乱史実学習支援システムの開発” 2019 年度 卒業論文
- (6) 間城 裕喜, 山内 俊明, 関 靖夫, 服部 哲, 速水 治夫 “マーカーを用いた拡張現実感の英単語学習システムの試作” マルチメディア、分散協調とモバイルシンポジウム 2011 論文集 2011 年 6 月 30 日 p1209-1214

中等教育向け VR 校外活動史跡学習コンテンツの制作と評価

杉澤香織^{*1}, 卯木輝彦^{*2}, 米谷雄介^{*3}, 永岡慶三^{*4}, 谷田貝雅典^{*1}

*1 共立女子大学文芸学部, *2(株)フォトロン研究開発センター, *3 香川大学創造工学部,
*4 早稲田大学人間科学学術院

Creation and Evaluation of VR Off-campus Historic Site Learning Content for Secondary Education

Kaori SUGISAWA^{*1}, Teruhiko UNOKI^{*2}, Yusuke KOMETANI^{*3}, Keizo NAGAOKA^{*4},
Masanori YATAGAI^{*1},

*1Faculty of Arts & Letters, Kyoritsu Women's University, *2R&D Center, Photron Limited,
*3Faculty of Engineering and Design, Kagawa University,
*4Faculty of Human Sciences, Waseda University

VR 機器を利用した学習教材は臨場感と没入感から生徒の関心を引き、学習意欲を上げられる。VR の特徴を生かし、移動することなく校外学習が可能なコンテンツとして、特別史跡「江戸城跡」をモデルとした VR 教材の制作を行った。本研究では制作過程におけるコンテンツの改善評価も含め、学校教育の現場における最適な VR 教材の開発に関する考察を行った。

キーワード:VR, 学習コンテンツ, 中等教育

1. はじめに

なぜ勉強をするのか。中学生や高校生の学習者と交流をすると必ず耳にする言葉である。現在の勉強が何に役立つのか分からない、日常生活にどう関わっているのか分からない、このような疑問によって学習意欲がそがれていると考えられる。現在、学習者のこのような疑問を解決させる新たな学習方法が求められると考えた。学校教育における学習者の学習意義は、教師の立場からも大きな命題である。例えば、岡本⁽¹⁾は理科嫌いの理由のうち「なぜ理科を勉強するのか解らない」ことに焦点を当て考察している。他方、斎藤ら⁽²⁾は、美術教科の学習意義について中学・大学生に調査し、美術に関する技能について中学2年生は半数以上が先天的能力であると考え、特に「デザインセンスは、学習で伸びない」と考えている生徒が「学習で能力が伸びる」と考えている生徒よりも上回っていることを示していた。また、岡本⁽¹⁾は「日常生活に密着した科学教育」と「理科教育

が目指すものが何であるのか」の重要性を示し、斎藤ら⁽²⁾は他教科と同様に美術の技能も「学習と努力によって獲得できる」と「個々の資質や発達の個別性」が重要であることを述べている。つまり学習者自身に学習意義を実感させる必要があり、これによって能動的な学習を生徒が行えると考えられる。

他方、現代では学校教育における ICT 機器の活用が進められ、電子黒板をはじめとする様々な機器が学習に利用されている。多様なメディア教材の提示が容易で、かつ追加書き込みや拡大縮小表示など自由度があることから、授業へ積極的に活用されるようになった。今野⁽³⁾は、今後の学校教育で一人一台のタブレット端末導入環境に向けた、教師への手立てについて、事例を挙げて解説し、ICT を活用した近未来の授業設計について考察している。ICT 機器を利用した学習は、活用の余地がまだ多く存在し、授業形態の変革が期待されている分野である。また、近年一般に VR

(Virtual Reality) 技術が浸透し注目されている。ICT 機器が導入されている昨今の教育現場においても、VR で表現される仮想空間を活用すれば新たな学びや、発見学習に有効と考えた。

よって、本研究では VR 空間における校外活動を想定し、教科教育に活用可能な史跡学習コンテンツの開発とその効果について検証する。

2. 研究目的

坪谷らの先行研究⁽⁴⁾では VR を活用し離れた学校間の地域学習と修学旅行を結びつける試みを行っている。また、坪谷らの先行研究⁽⁵⁾では「VR が今後あったら良いと思う分野」の間に多数の学習者から「社会科」との回答を得、加えて「VR によって興味、理解感を持った」ことが示されていた。さらに柴田⁽⁶⁾は VR 活用を想定した 3D 映像による「社会科」授業で、2D 映像に比べ、探求的な学習や協働学習が促進させるという成果を示している。以上を踏まえ、本研究では VR の持つ没入感や臨場感を生かし、かつ娯楽性も考慮することにより、探索的に発見学習が行える中等教育社会科向け VR 学習コンテンツの開発とその評価を行うことを目的とする。

3. 研究方法

本研究では、実際に皇居に赴き、特別史跡江戸城を皇居東御苑入口から出口まで、一本のルートとして 360° カメラで連続撮影した。その後、撮影素材をアドビ社製 Adobe Premiere Pro と Adobe After Effects を使用し、映像編集を行った。完成したコンテンツは都度 VR ゴーグルにて適宜評価を取得し、これを繰り返しコンテンツの改良を進めた。都度のコンテンツ評価は、完成毎に被験者を募り VR 学習コンテンツを体験していただき、アンケートにて評価を取得した。

3.1 学習コンテンツ設定

学習コンテンツは撮影条件の整った、特別史跡

「江戸城跡」をモデルとした。「江戸城跡」を選択した理由は以下の 2 点である。

第一に、日本史における近世の中核である江戸時代を代表する中心地であり、中等教育における日本史学習として数多くの学習ポイントがあり、かつ、全国的に広く活用できる史跡である。また、文科学省による中学校学習要領(社会編)には「諸資料から歴史に関する様々な情報を効果的に調べまとめる技能を身に付けるようにする。」⁽⁷⁾という目標が記載されており、教科教育の観点からも、広大な「江戸城跡」における VR 校外活動史跡学習は有効であると考えられる。

第二に、本研究を行うにあたり筆者の所属する共立女子大学は「江戸城跡」(皇居)に最も近い大学であり、徒歩数分で撮影フィールドに赴ける。よって、詳細な事前調査や、継続的な撮影およびコンテンツ改良に向けた複数回の撮影が容易である。

3.2 コンテンツ(360°映像)撮影方法

撮影にはリコー社製 360° カメラ THETA V を利用した。また、映像は人の目線に合わせ自然に歩いている 360° 風景を得るために以下のような工夫をした。

360° カメラは原理的に死角がないため、目線に合わせて人が持って撮影をする場合、必ず撮影者が映り込む。よって、撮影時は完成コンテンツから削除できる画像位置(映像の真下方向)に撮影者が映るよう配慮した。このように撮影するためには、図 1 に示すように、頭上に 360° カメラを立て、両手で支えながら撮影を行う必要がある。他方、カメラ支持三脚の高さ(20 cm)と 360° カメラ下部から撮影レンズまでの高さ(10 cm)を合わせると約 30 cm ある。よって、頭上に乗せて撮影し、かつ人の自然な目線の映像を得るには、試行の結果から、高くとも撮影者の身長は 150cm 以下であるがことが望ましく、本研究では身長 148cm の協力者に撮影依頼をした。

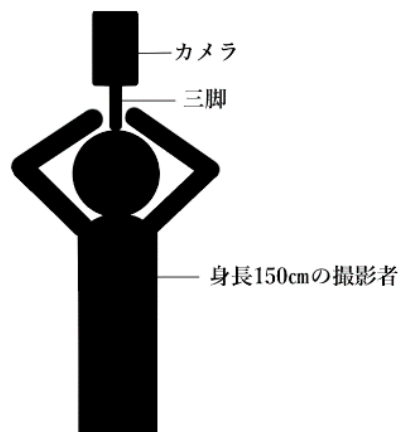


図1 撮影者の撮影スタイル

3.3 コンテンツ制作

特別史跡「江戸城跡」の撮影ルートを図2に示す。スタートは大手門から入り、ゴールは平川門として出る一本の道を撮影する。大手門から入り、三の丸尚蔵館の前を通過し、その後同心番所の角を曲がり、百人番所を抜けて二の丸雑木林を経由して二の丸庭園内を散策する。汐見坂を上り、天守台を一周した後本丸を横に石室を通過し、富士見多聞の方へ向かい、中雀門を経て、最後に、平川門から東御苑を抜ける。複数回の撮影テストを経て、最終的に以上のルートを設定撮影し、コンテンツ制作を実行した。

映像コンテンツの制作段階は、原型となる1作目(以下 Ver. 1 と表記する)と、1作目に改良を加えた2作目(以下 Ver. 2 と表記する)、および2作目に改良を加えた3作目(以下 Ver. 3 と表記する)の合計3つのコンテンツを評価ポイントとし、その過程を比較評価可能なものとした。

Ver. 1 では、撮影者の削除の編集、および学習ポイントの強調(テキストの明確化、効果音、BGMの挿入)を行い教材の原型を整えたとともに、主にモーション機能を活用し、視聴時に視点につられないテキスト配置と、学習に適した移動再生速度の調整を行った。

Ver. 2 では、評価結果を参考に、視聴時の問題を改善するために、映像の揺れの軽減、コンテン



- | | | | |
|------------|---------|-----------|---------------|
| 1 富士見櫓 | 9 展望台 | 17 桃華楽堂 | 25 二の丸休憩所 |
| 2 江戸城本丸園 | 10 緑の泉 | 18 書院部庁舎 | 26 大手仮休憩所 |
| 3 松の廊下跡 | 11 大番所 | 19 梅林坂 | 27 三の丸尚蔵館 |
| 4 富士見多聞 | 12 同心番所 | 20 諏訪の茶屋 | 28 皇居東御苑管理事務所 |
| 5 石室 | 13 百人番所 | 21 都道府県の木 | 29 皇宮警察本部 |
| 6 本丸 | 14 汐見坂 | 22 二の丸雑木林 | |
| 7 本丸休憩所 | 15 天守台 | 23 二の丸庭園 | |
| 8 本丸休憩所増築棟 | 16 楽部庁舎 | 24 ハナショウブ | |

図2 撮影ルートと皇居東御苑略図⁽⁸⁾

ツ利用説明の追加、学習ポイントの整理と解説文の精査を行った。

Ver. 3 では、複数回の評価結果を参考に、更なる映像の揺れと移動再生速度の調整、解説テキストの配置とエフェクトの調整、皇居等の対象建築物と解説文の同時視聴の最適化と移動ルートの明確化を実行し完成版を制作した。

3.4 コンテンツ評価概要

コンテンツ評価は共立女子大学2~4年生(のべ42名)を被験者とし、Ver. 1~3 コンテンツをVRゴーグル(Oculus社製Oculus QuestおよびOculus Quest 2)を装着して視聴していただいた。各コンテンツ視聴後に評価アンケート(30項目5段階評定尺度および自由記述)を実施し、コンテンツ評価を取得した。なお、評価アンケートの作成は、坪谷らの先行研究⁽⁴⁾を参考に各項目を設計した。

Ver. 1~3の評価実施にあたり、各Ver.が完成後に個別に評価していただき、その後の改良に役

立てたデータと、Ver. 1~3 すべてが完成したのちに、比較のために個々の Ver. ごとに評価していただいたデータとがある。

4. 結果

4.1 評価アンケートに対する因子分析結果

コンテンツ評価アンケート 30 項目の回答に対し、最尤法、プロマックス回転を用いて、因子分析を行った。結果、当てはまりの悪い 6 つの質問項目を抜き、スクリープロットを参照し 8 因子構

造で表 1 に示す最良な結果が得られた。なお、得られた因子分析結果の累積寄与率は全分散の 53.0%であった。

得られた因子を構成する各項目から判断し、第一因子は VR によって起こる障害に関する項目のため「違和感」と命名、第二因子は実際に使用することの検討に関する項目のため「実用性」と命名、第三因子はこの学習によって得られるものに関する項目のため「学習効果感」と命名、第四因子は VR 教材の検討に関する項目のため「教材と

表 1：コンテンツ評価アンケートの因子分析結果

	(最尤法プロマックス回転解)							
	違和感	実用性	学習効果感	教材としての有効性	娯楽性	映像の適正性	興味関心	快適性
この映像によって酔いを感じた	0.827	0.121	0.039	-0.019	0.031	0.272	-0.046	-0.092
この映像によって疲労を感じた	0.753	-0.016	-0.046	0.085	-0.084	-0.001	-0.071	0.125
VR教材で不快感を感じた	0.538	-0.048	-0.113	-0.041	-0.042	-0.080	-0.252	0.057
VR教材で緊張感を感じた	0.506	-0.137	0.007	0.111	0.030	-0.125	-0.007	-0.057
映像上の歩く速度は適切だった	0.114	0.777	-0.225	0.036	0.106	0.218	-0.089	-0.093
教材としてVRに将来性があると感じた	-0.227	0.758	-0.051	-0.055	-0.008	-0.058	0.057	-0.099
中学生でも使いこなせると感じた	0.203	0.689	0.112	-0.162	-0.058	-0.205	0.304	0.026
今回の教材によって学習意欲があがった	0.050	0.343	0.240	0.260	-0.020	0.131	-0.108	0.147
中学生が楽しめると感じた	-0.065	-0.139	0.854	0.041	-0.041	0.064	0.056	-0.165
VRを利用した教材は学習意欲が上がると感じた	0.049	0.062	0.587	0.156	-0.015	-0.140	0.160	0.180
映像に没入感があった	0.200	-0.115	0.486	-0.181	0.356	0.167	-0.034	-0.066
VR教材に興味を持った	-0.232	0.067	0.448	-0.050	-0.021	0.015	-0.142	0.247
VRを利用した学習は2Dの映像より身に付きやすいと感じた	0.129	0.001	-0.019	0.874	0.067	-0.058	0.012	-0.113
VRを利用した学習は参考書より身に付きやすいと感じた	-0.021	-0.035	0.050	0.518	-0.142	0.100	0.010	0.099
中学生には飽きてしまう教材であると感じた	-0.017	0.068	-0.109	-0.390	-0.172	0.180	-0.036	-0.023
映像内容に面白みを感じた	-0.069	0.023	-0.094	0.128	1.011	-0.085	0.152	0.015
自分の意思で自由に周りを見渡すことができた	-0.070	0.194	0.150	-0.115	0.339	-0.097	-0.299	0.139
映像の長さは適切だった	0.131	-0.064	0.008	-0.118	-0.041	0.927	0.266	0.126
カメラワークは見やすかった	-0.188	0.255	0.121	0.136	-0.100	0.434	-0.032	-0.155
今回の教材によって皇居に興味を持った	-0.192	-0.018	0.128	0.000	0.037	0.162	0.637	-0.146
今回の教材によって皇居に実際に行ってみたいと思った	-0.009	0.049	0.032	0.043	0.176	0.244	0.425	0.128
今回の教材によって学びたい分野が増えた	-0.086	0.105	-0.156	0.050	-0.041	0.110	0.385	0.307
夢中になれると感じた	0.140	-0.100	0.070	-0.032	-0.032	-0.044	0.067	0.709
映像が切り替わるタイミングは適切だった	-0.131	-0.072	-0.160	-0.011	0.099	0.212	-0.055	0.627
因子相関	違和感	実用性	学習効果感	教材としての有効性	娯楽性	映像の適正性	興味関心	快適性
	-	-0.185	-0.232	-0.453	-0.165	-0.308	-0.186	-0.116
		-	0.415	0.329	0.213	0.473	0.160	0.538
			-	0.193	0.292	0.255	0.252	0.318
				-	-0.073	0.329	0.292	0.140
					-	0.360	0.035	0.160
						-	-0.004	0.166
							-	0.083
								-

しての有効性」と命名，第五因子はVRの自由さに関する項目のため「娯楽性」と命名，第六因子は映像の内容に関する項目のため「映像の適正性」と命名，第七因子は教材の題材に使ったものへの調査に関する項目のため「興味関心」と命名，第八因子は見ている際の気持ちに関する項目のため「快適性」と命名した。

表1の因子間相関より，「実用性」因子が他の複数の因子と中程度の相関を示しており，かつ因子内容から判断し，コンテンツを総合的に評価する最も重要な因子であると判断した。

なお，因子を構成する各項目の因子負荷量が0.5以上のものを，因子代表項目と定め，以降の分析では，各因子を構成する因子代表項目の回答平均値を因子代表値と定める。

4.2 Ver.1~3の各因子代表平均値の比較

各因子が制作コンテンツ Ver.1~3 ごとにどのような違いがあるのか各因子代表値の平均を比較する。Ver.1~3 コンテンツ別の因子代表値の差が有意であるかを比較するために，分散分析を行った。分散分析の結果有意であった因子に対してその後の検定としてTukey HSD法による多重比較を行い，Ver.1~3 ごとの差異を検証した。結

果を図3に示す。

分散分析の結果，有意な差を得られたのは「映像の適正性」(Ver.1=3.56, Ver.2=4.14, Ver.3=3.96, : $p<0.05$)と，「快適性」(Ver.1=3.85, Ver.2=4.33, Ver.3=4.21, : $p<0.05$)であった。

よって両因子に対し多重比較を行った結果，「映像の適正性」はVer.1(3.56)とVer.2(4.14)の差が有意($p<0.05$)であった。また，「快適性」は(3.85)とVer.2(4.33)の差が有意($p<0.05$)であった。

4.3 重回帰分析結果

因子分析の結果，総合評価に値する「実用性」因子と，学習における主観評価と判断できる「学習効果感」因子を，従属変数と定め，両因子を規定する要因を探るため重回帰分析(強制投入補)を行った。結果を表2および表3に示す。

4.3.1 「実用性」への規定因について

表2の「実用性」を従属変数とした重回帰分析結果から，Ver.1の標準化係数を参照すると，「映像の適正性」($\beta:0.400, p<0.05$)が最も高く正の規定因，次いで「娯楽性」($\beta:0.358, p<0.05$)が高く正の規定因を示した。

Ver.2の標準化係数を参照すると，「映像の適

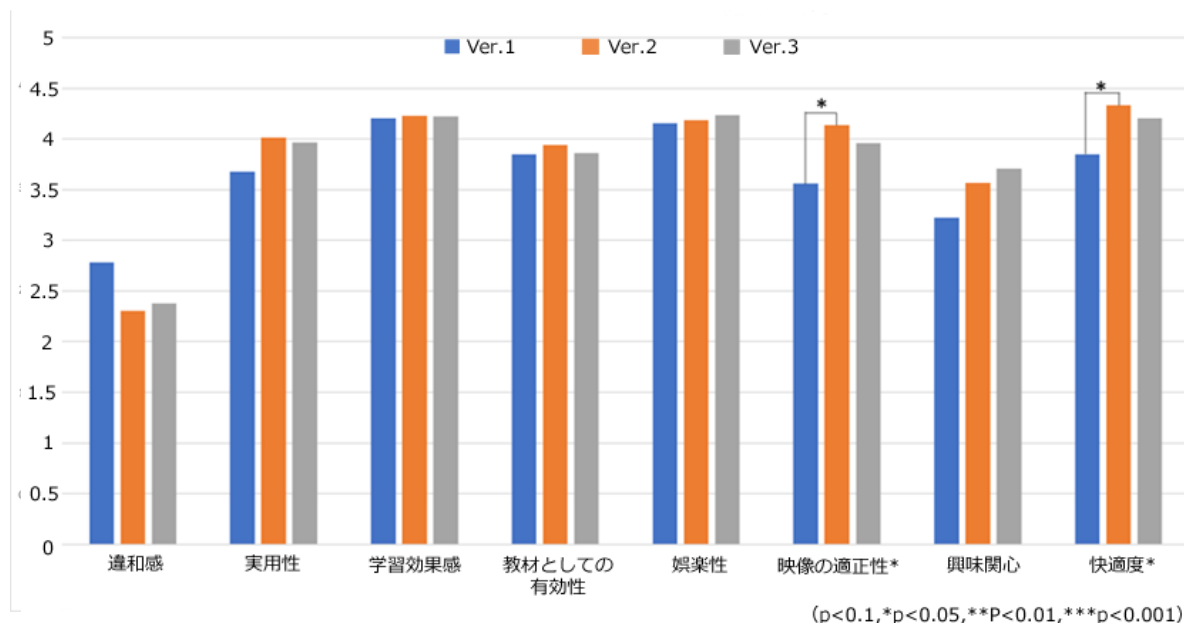


図3：評価アンケートによる Ver1-3 ごとの因子代表値の平均の比較

正性) ($\beta : 0.368, p < 0.05$)と「興味関心」($\beta : 0.357, p < 0.05$)が同程度に高く正の規定因を示した。

Ver. 3の標準化係数を参照すると、 R^2 の値が有意ではなく参考程度となるが、「映像の適正性」($\beta : 0.318, p > 0.1$)と「興味関心」($\beta : 0.290, p > 0.1$)が同程度に高く正の規定因を示した。

以上より、「実用性」を向上させる重要な要因は、Ver. 1~3ともに「映像の適正性」であり、非標準化係数を参照すると Ver. 1(B : 0.376, $p < 0.05$)と Ver. 2(B : 0.355, $p < 0.05$)が同程度に高く正の規定因を示した。また、Ver. 2と Ver. 3で「映像の適正性」に次いで重要な要因であった「興味関心」の非標準化係数を参照すると、Ver. 2(B : 0.325, $p < 0.05$)が最も高く正の規定因を示した。

4.3.1 「学習効果感」への規定因について

表3の「学習効果感」を従属変数とした重回帰分析結果から、Ver. 1の標準化係数を参照すると、「興味関心」($\beta : 0.384, p > 0.1$)と「娯楽性」($\beta : 0.328, p > 0.1$)が同程度に高く正の規定因を示した。

Ver. 2の標準化係数を参照すると、 R^2 の値が有意ではなく参考程度となるが、「映像の適正性」($\beta : 0.326, p > 0.1$)が最も高く正の規定因、次いで「娯楽性」($\beta : 0.249, p > 0.1$)と「興味関心」($\beta : 0.230, p > 0.1$)が同程度に高く正の規定因を示した。

Ver. 3の標準化係数を参照すると、「違和感」($\beta : -0.341, p < 0.05$)が負の規定意で、「娯楽性」($\beta : 0.337, p < 0.05$)が正の規定意で、どちらも同程度の規定力を示した。

以上より、「学習効果感」を向上させる重要な要因は、Ver. 1~3ともに「娯楽性」であり、非標準化係数を参照すると Ver. 3(B : 0.336, $p < 0.05$)が最も高く正の規定因を示した。他方、Ver. 3のみ「違和感」が高い規定力で「学習効果感」を下げる負の規定意となったことから、「違和感」因子も非標準化係数を参照すると、Ver. 3(B : -0.341, $p < 0.05$)が最も高く負の規定因を示した。

5. 考察

4.2の結果より、「映像の適正性」と「快適性」は Ver. 2(4.14)が最も高く、改良したはずの

表2：実用性を従属変数とした重回帰分析結果

	実用性					
	作成コンテンツ原型 (Ver. 1)		情報表示方法を改善 (Ver.2)		映像にルートの流れを追加 (Ver.3)	
	β	B	β	B	β	B
違和感	0.164	0.154	0.034	0.029	0.203	0.163
教材としての有効性	0.145	0.173	0.028	0.029	0.033	0.027
娯楽性	0.358*	0.428*	-0.053	-0.044	0.039	0.040
映像の適正性	0.400*	0.376*	0.368*	0.355*	0.318	0.268
興味関心	0.025	0.025	0.357*	0.325*	0.290	0.280
快適度	0.263	0.325	0.251	0.267	-0.030	-0.028
自由度調整済み R^2	0.347*		0.318		0.081	

$p < 0.1, *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001$
 β = 標準化係数, B = 非標準化係数

表3：学習効果感を従属変数とした重回帰分析結果

	学習効果感					
	作成コンテンツ原型 (Ver. 1)		情報表示方法を改善 (Ver.2)		映像にルートの流れを追加 (Ver.3)	
	β	B	β	B	β	B
違和感	-0.141	-0.078	0.148	0.113	-0.341*	-0.265*
教材としての有効性	-0.125	-0.088	0.005	0.005	0.155	0.123
娯楽性	0.328	0.233	0.249	0.183	0.337*	0.336*
映像の適正性	-0.060	-0.033	0.326	0.279	0.228	0.186
興味関心	0.384	0.235	0.230	0.186	0.012	0.011
快適性	0.060	0.044	-0.108	-0.102	0.241	0.224
自由度調整済み R^2	0.179*		0.084		0.423*	

$p < 0.1, *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001$
 β = 標準化係数, B = 非標準化係数

Ver. 3を上回っていた。また、グラフ1からも他の因子で有意に Ver. 3 がすぐれている点は見いだせなかった。よって、Ver. 3 へ施した改良は、特段に効果的なものではなかったと考えられる。

また、4.3 表 2 の結果から、「実用性」を向上させる大きな要因は、「映像の適正性」であり、これは Ver. 1 と Ver. 2 が Ver. 3 よりも優れていたことを示しており、Ver. 3 への改良で相対的に「映像の適正性」が削がれたものと考えられる。また、同規定因から「興味関心」が効果的に表現できていたコンテンツは Ver. 2 であったことも分かった。

他方、4.3 表 3 の結果から、「学習効果感」を向上させる大きな要因は「娯楽性」であり、これは Ver. 3 がすぐれていたことを示している。ただし、同時に Ver. 3 のみが「違和感」が高い負の規定力を示し「学習効果感」を下げる要因があることから、Ver. 3 への改良で「違和感」が生じたものと考えられる。

以上の結果から、Ver. 3 で施した改良の内、「映像の適正性」が相対的にそがれた原因は、Ver. 2 までの評価結果から、映像の揺れに関する気分の悪さ等を改善した操作が行きすぎており、この編集の重ねすぎにより必用最低限とされる揺れ具合まで消してしまったものと考えられる。よって、Ver. 3 のコンテンツに求められるのは適度なリアリティさであったと考えられる。

また、Ver. 3 においては「娯楽性」が効果的に「学習効果感」を向上していることから、楽しさを映像内に演出することも学習上重要であることがわかった。ただし、「実用性」向上の面から、Ver. 1 と Ver. 2 より劣ってしまった「興味関心」をうまく引き出す方が必要である。よって、「娯楽性」を担保しつつ「興味関心」を向上させる方策として、ゲーム性をコンテンツに加えれば解決できるのではないかと考えた。例えば、歩行ルートを選ぶ分岐選択肢の設定や、特定操作で建造物の奥を透視できる仕組みなど、発見学習的であり

ゲーム性がある操作を追加すれば「実用性」および「学習効果感」因子を向上させる要因になるものと考えられる。

6. おわりに

今後の研究課題としては、本研究で明らかとなった改善策を実行し、Ver. 4 コンテンツを制作し、更にコンテンツ評価と検証を行うことである。本研究のようなコンテンツ開発では積み重ねを経て、初めて実用的な教材が完成するものと考えられる。また、活用が見込めるコンテンツが出来たのならば実評価試験として本来のターゲット層である中学生に体験していただき、更に教育現場における実用性を向上させることが必要と考えられる。

謝辞

本研究は、令和元年度科学研究費補助金基盤研究(C) (課題番号:19K03091) の補助によるものである。

参 考 文 献

- (1) 岡本正志：理科教育目標の時代的変遷，日本科学教育学会年会論文集 17(0)，pp. 55-56，1993
- (2) 齋藤千香子，種倉紀昭：美術科の学習意識に関する中学生のアンケート例について，岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要(2)，pp. 175-189，2003
- (3) 今野貴之：1人1台タブレット端末環境における学校放送番組活用のための手立て日本教育工学会論文誌 40(Suppl.)，101-104，2016
- (4) 坪谷里咲，永岡慶三，米谷雄介，谷田貝雅典：VRを活用した地域学習とVR修学旅行について，第43回教育システム情報学会全国大会講演論文集(43)，pp. 195-196，2018
- (5) 坪谷里咲，卯木輝彦，永岡慶三，米谷雄介，林幹夫，谷田貝雅典：VRを活用した遠隔間地域学習の効果と教材開発について，第44回教育システム

情報学会全国大会講演論文集(44), pp. 111-112,
2019

- (6) 柴田隆史：学校教育における情報化の推進と VR
の活用, 映像情報学会メディア誌 Vol.1(74),
pp. 54-59, 2020

- (7) 【社会編】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_003.pdf (最終アクセス
2021. 1. 11)

- (8) 宮内庁 皇居東御苑の略図

<https://www.kunaicho.go.jp/event/higashigyoen/gyoen-map.html> (最終アクセス 2020. 12. 10)

誤答を含めた力学概念調査 (FCI) の回答分析の試み

近藤隆司*1, 後藤善友*2

*1 大分大学理工学部, *2 別府大学短期大学部

Attempt to analyze the answers of Force Concept Inventory including incorrect answers

Ryuji Kondo*1, Yoshitomo Goto*2

*1 Faculty of Science and Technology Oita University, *2 Beppu University Junior College

理工系学部初年度の講義で実施した、力学概念テスト (FCI) の報告である。正答に基づく主成分分析では、主成分と誤概念カテゴリーとの相関は観察されなかったが、誤概念に相当する選択肢の選択回数に対して局所線形埋め込み (LLE) を適用したところ、カテゴリーCI3 に依存した分布が見られた。

キーワード: 力学概念調査, FCI, 誤概念, 局所線形埋め込み, LLE

1. はじめに

力学分野の概念把握を調べる手法としては、力学概念調査 (FCI) がある⁽¹⁾。これは定性的な問い 30 問で構成されている。それぞれ 5 つの選択肢から選んで回答し、正答以外の選択肢は力学現象に対する素朴な誤概念を抽出するように工夫がなされている。D. Hestenes 等は、誤概念として 31 個のカテゴリーを示しているが⁽²⁾,その幾つかと対応する FCI における誤答の選択肢を表 1 にあげる。この調査を初年次の「力学」の講義の最終日に、117 名を対象として実施した。

表 1 誤概念のカテゴリーと対応する FCI 選択肢

I1	Impetus supplied by "hit" Inventory Item : 5CD, 11BC, 27D, 30BDE
I3	Impetus dissipation Inventory Item : 12CDE, 13ABC, 14E, 23D, 24CE, 27B
AR1	Greater mass implies greater force Inventory Item : 4AD, 15B, 16B, 28D
AR2	Most active agent produces greatest force Inventory Item : 15C, 16C, 28D
CI3	Last force to act determines motion Inventory Item : 8A, 9B, 21B, 23C

2. 調査結果

FCI 得点の平均値は 17.5 点であった。力学学習の準備ができているとされる 60% (18 問) 以上は 54 人、概念を把握していると言われる 85% (26 問) 以上は

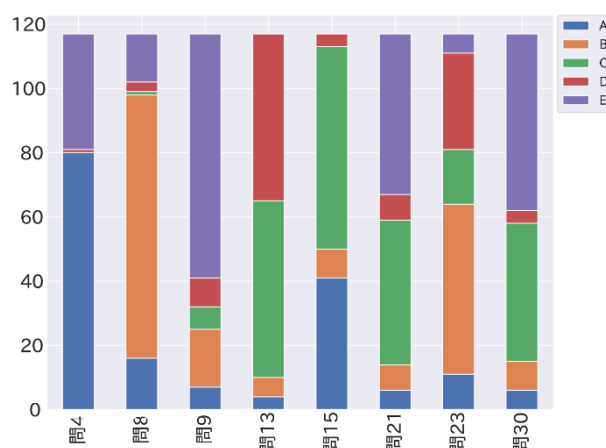


図 1 問いごとの各選択肢回答数

10 人であった。図 1 に問いごとの選択の割合を幾つかあげる。問 4, 問 13, 問 15, 問 30 は誤答の選択肢が最多となった。当てはまるカテゴリは、問 4 の 4A は AR1, 問 13 の 13C は I3, 問 15 の 15C は AR2, 問 30 の 30E は I1 である。表 1 に示すように、4A と 15C は作用反作用に関わる誤概念で、13C と 30E はインペタスといわれる誤概念と関連している。図 2 に FCI 総得点と中間期末試験との相関をあげる。正の相関はあるものの、FCI の得点が 20 点付近を境にして分布に違いが見られる。20 点以上では分布のばらつきが小さく、20 点以下では大きい。これは力学的な概念の把握が不十分であっても通常の試験では高得点を得る場合があることを示している。

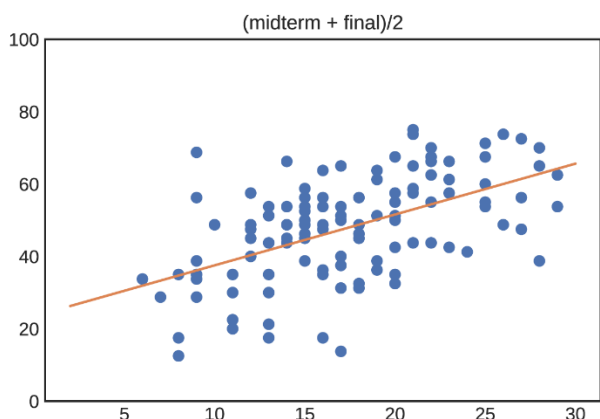


図 2 FCI 総得点と中間期末試験の相関

3. 調査結果の解析

FCI の各問いの得点を 30 次元のデータとして取り扱い主成分分析を実施した。図 3 はその第 1 と第 2 主成分による散布図である。FCI 総得点によって色分けされている。

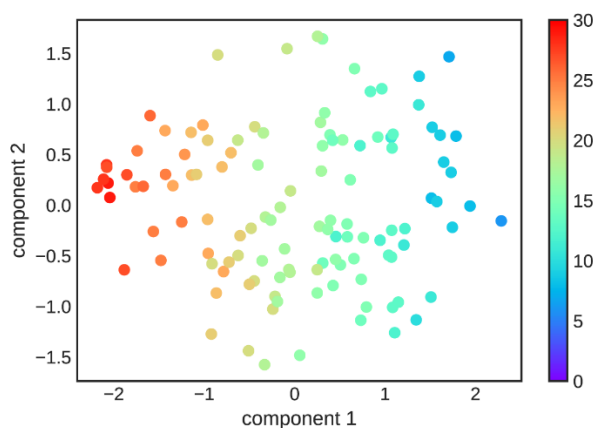


図 3 FCI 得点の第 1 主成分と第 2 主成分

図 3 からは総得点と第 2 主成分の関連は見る事ができない。横軸に沿っての総得点の変化が顕著である。また、誤概念の категорияと第 2 主成分との関連も見受けられなかった。FCI の特徴は工夫された誤答にある。そうであるなら、誤答の選択の有り様によって学生の類型評価を試みることも有意義と考え、誤答に基づく分析を試みた。誤概念の 31 の categoriaごとに選択数の和を集計し 31 次元のデータとして分析を実施した。その結果単純な主成分分析では、先と同様に、第 1 主成分は FCI 総得点と強く相関し、他の主成分と関連する誤概念 categoriaは見受けられなかったが、局所線形埋め込み (LLE) を利用した方法では FCI 総

得点以外の指標の重要性を示す分布が得られた (図 4)。

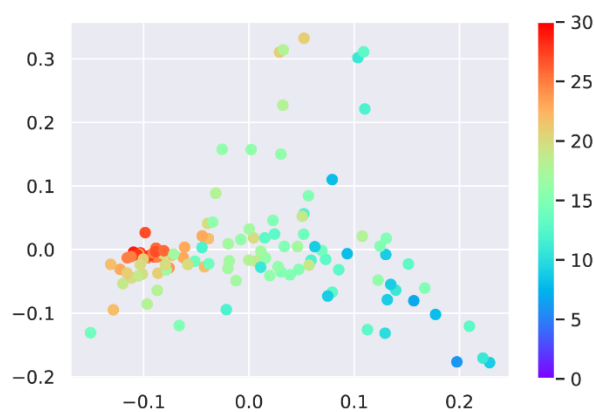


図 4 LLE による誤概念選択数分析の散布図

図 4 は LLE による散布図を FCI 総得点で色分けしたものである。第 1 成分と総得点との間に相関があり、また第 2 成分と関連して分布が上方に伸びている。

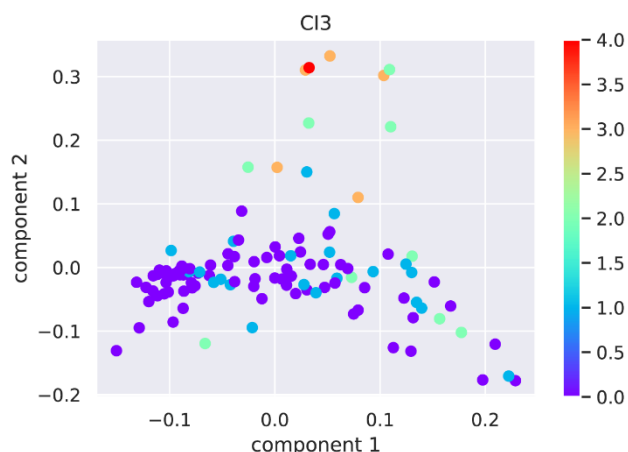


図 5 図 4 を CI3 カテゴリー得点数で色分け

図 4 の散布図を categoria CI3 の選択肢の選択回数 (最大 4 回) で色分けしたものが図 5 で、これによると第 2 成分方向への分布の伸びは categoria CI3 と関連したものと推察される。CI3 にあたる誤答は図 1 において、8A, 9B, 21B, 23C であり、これらを選択した学生がこの分布の要因となっていると思われる。以上のことから、正解に限らず誤答を用いた類型評価も可能ではないかと推測している。

参考文献

- (1) E.F. レディッシュ : “科学をどう教えるか”、丸善出版、東京(2012)
- (2) Hestenes, David and Malcolm, Wells and Swackhamer Gregg : “Force concept inventory”, The Physics Teacher, 30, pp.141 (1992)

複数シチュエーションでの MIF 誤概念解消を目的とした 学習手法の開発と評価

石井 稜悟^{*1}, 仲林 清^{*2}

^{*1} 千葉工業大学大学院, ^{*2} 千葉工業大学

Development and Evaluation of Learning Method

Intending to Resolve MIF-Misconception in Various Situations

Ryogo ISHII ^{*1}, Kiyoshi NAKABAYASHI ^{*2}

^{*1} Graduate School of Chiba Institute of Technology, ^{*2} Chiba Institute of Technology

「物体が運動をするとき、進行方向には力が働いている」と考える Motion Implies a Force (MIF) 誤概念は、高校物理学を学習済みの大学生にも多く確認される。このような学習者に対して、運動の第 2 法則 ($ma=F$) が正しいという前提のもと、質量と加速度を正しく理解できれば、働いている力について論理的に思考させることができると考えた。そこで MIF 誤概念解消を目的とした学習手法の開発を行い、大学 3 年生 7 名に対して実験を行った。実験の結果、7 中 4 名の学習者は MIF 誤概念が確認される 3 つの問題（水平転がし問題、鉛直投げ上げ問題、斜め投射問題）すべてで進行方向に対する力の認識が確認されなくなった。一方、残りの学習者は鉛直投げ上げ問題と斜め投射問題で誤答がみられた。

キーワード: 物理学, 誤概念, 運動の法則, 学習手法

1. はじめに

高校物理学を勉強する際、学習者が経験則に基づく誤概念を所持している可能性に留意する必要がある。経験則に基づく誤概念の具体例として、Clement が提唱した「運動をする物体には運動の向きに常に力が働いている」と考える Motion Implies a Force (MIF) 誤概念⁽¹⁾や、質量の異なる二つの物体が互いに力を及ぼし合うとき、質量の小さい物体が他の物体に及ぼす力よりも、質量の大きい物体が他の物体に及ぼす力の方が大きいという考えなどがある⁽²⁾。このような誤概念の保持は、高校物理学の初学者だけでなく一度学習をした高校生や大学生にも多くみられる⁽³⁾。

このように校物理学を既習にも関わらず MIF 誤概念を保持してしまう原因のひとつとして、従来の教育が「力」というわかりにくい概念をあいまいに説明したまま問題を解かせようとしていることが考えられる。高校物理学の教科書では、まず、重力・張力・摩擦力などの種々の力を学習した後に運動方程式の学習

を行う。運動方程式の説明では「力を加えると加速度が生じる」という記述や、「運動方程式の問題を解答する際には、力を最初に図に書き込むべき」というような記述がみられる⁽⁴⁾。また、学習指導要領でも力が原因で運動が起きる、という考え方が示されている⁽²⁾⁽⁵⁾。このように、正しく理解すること困難な力の概念から問題を解かせようとするのが、学習のつまずきや誤概念の保持の一因になっていると考えられる。

そこで、本研究では学習者が正しく「力」を認識できるようにするために、質量や加速度、運動の法則といった学習者が理解しやすいものから確認を行い、それらの知識を結び合わせて「力」の説明を行う授業を設計した。この授業を映像教材として作成し、高校物理学既習者の大学生を対象に学習効果についての調査を行った。

2. 先行研究と本研究の位置づけ

MIF 誤概念の解消については、今日まで様々なアプ

ローチで研究が行われてきた。学習者の力の把握に関する誤りを物体の挙動へと反映することによって不自然な運動のシミュレーションを生成する EBS を用い、既知である現実での物体の運動と比較することでそれらの間の矛盾に気づかせ、学習者の誤りの修正を目的とする研究⁽⁶⁾や、個々の具体的な素朴概念が心内に形成される過程・根拠について、正しい科学的概念と共にビデオで学習させる方法と素朴概念という一般的な心理現象の存在をメタ認知的知識としてテキストで教示する方法を用いた研究⁽⁷⁾、MIF 素朴概念を解消するために簡単で安価な振り子つき運動教材の開発を行い、力の様子を可視化できる教材を用いた授業実践を行った研究⁽⁸⁾などがある。

先行研究ではシミュレーションやビデオ、教材を通じ、正しい物体の運動あるいは現実とは異なる不自然な運動を学習者に体験させ、MIF 誤概念を所持していた場合の解答と実際の物体の動きが異なることを示し、学習者に思考させることで誤概念を払拭させようと試みている。本研究では、力というあいまいな概念を理解させるために、質量や加速度といった学習者が理解しやすいものから運動の第 2 法則 ($ma=F$) への結びつけを行う学習手法を提案する。先行研究のように、可視化された力を学習者に提示し矛盾に気が付かせようとするのではなく、運動の第 2 法則 ($ma=F$) が正しいものであるということを前提に、質量と加速度から論理的に力について考えさせることで、自身の持つ誤った力の認識との矛盾を感じさせ、概念変化を起こさせることを目的とする。

3. 学習の設計

3.1 学習手法

本研究では力学分野の既習者を対象とするため、学習者は運動の法則を既有知識として所持している。そこで、運動の第 2 法則 ($ma=F$) をベースとして、これまでに学習したことのある知識を用いて順序立てた説明を行うことで、自身の間違い部分 (MIF 誤概念の所持) について気がつかせることができると考えた。例えば、力について理解をしたい場合、力学を学習済みの学習者は図 1 のように、質量と加速度について理解をしていれば、運動の第 2 法則 ($ma=F$) が正しいと

いう前提のもと、働いている力について論理的に考えることができる。

そこで、質量と加速度についての確認をはじめに行い、次に運動の法則に結びつけることで力についての理解へとつなげる (自身の持つ誤った考えとの矛盾を気が付かせる) 学習を設計した。これは、力が原因で運動が起きる、という考え方が示される場合がある従来教育や、正しいあるいは現実とは異なる力を確認することによって学習者の認識を正そうとする先行研究とは逆のアプローチ方法となっている。

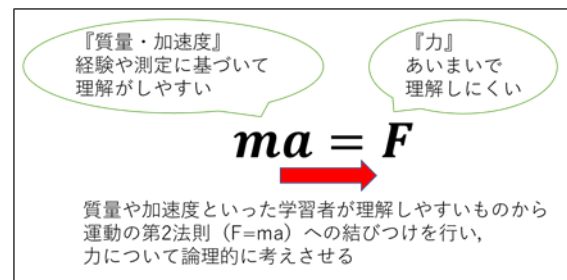


図 1 運動方程式と力

3.2 実験で扱う問題

実験で扱う問題は、高校の力学の例題として多く出題される「人が物体を手放したときの物体の運動」に絞った。誤概念の保持を調査した先行研究⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾を参考に、MIF 誤概念の所持が確認される 3 シチュエーション (水平転がし、鉛直投げ上げ、斜め投射) の問題を用意した。この問題は、本研究で作成した学習教材の使用前後の MIF 保持状況の確認のため、事前・事後問題として 2 度同じ問題を出題する。3 問題のうち、水平転がし問題は後述する学習教材で解説する等速直線運動に関するものであるが、鉛直投げ上げ問題と斜め投射問題については学習内容に含まない転移課題となっている。これによって、本研究の学習教材で等速直線運動のシチュエーションでの誤概念がみられなくなった場合、解説を行っていない他のシチュエーションにも理解が転移するかを確認する。以下の各項で各シチュエーション (床の摩擦、空気抵抗は考えない) における誤概念の特徴を解説する。

3.2.1 水平転がし問題

物体を転がすと等速で転がり続けることは多くの学習者が理解している。しかし、MIF 誤概念により物体が転がり続けるからには力が働き続けているはずだと

考える学習者が多い。問題例を図 2 に示す。

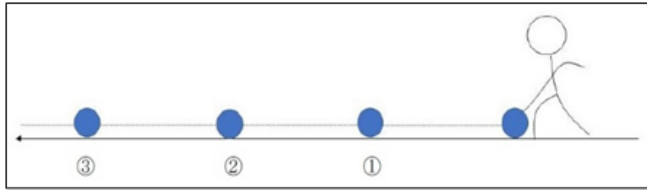


図 2 水平転がし問題

3.2.2 鉛直投げ上げ問題

重力下の物体の投げ上げでは、物体が上昇している間は重力に勝る上向きの力が働き、下降するのは上向きの力が徐々に減少した結果、重力が勝って下向きに力が働いていると MIF 誤概念を持つ学習者は考える⁽¹¹⁾。問題例を図 3 に示す。

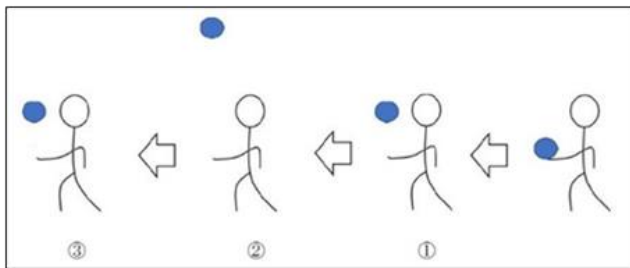


図 3 鉛直投げ上げ問題

3.2.1 斜め投射問題

斜め投射の問題では、水平転がしと鉛直投げ上げの誤概念の特徴が合わさったものになる。MIF 誤概念を持つ多くの学習者は物体の描く放物線に沿って力が働いていると考えるが、水平方向に力が働いていると解答する学習者も一部存在する⁽¹¹⁾。問題例を図 4 に示す。

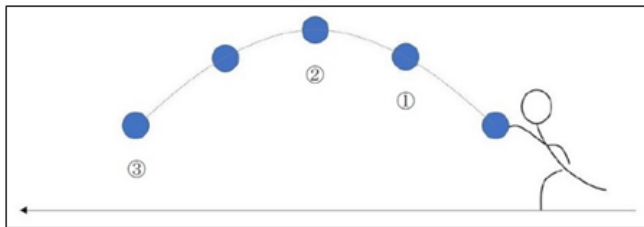


図 4 斜め投射問題

3.2.2 評価の留意点

物体に働く力の正誤評価として、水平転がし問題では物体の進行方向に働く力にのみ着目をする。水平転がし問題の状態では、運動の第三法則（作用反作用の法則）による力も問題内で確認されるが、運動の第三法則（作用反作用の法則）は MIF 誤概念とは別の誤概念の原因ともなっている⁽¹¹⁾。このため、MIF 誤概念

のみに着目した本研究では、水平転がし問題では、重力と床からの垂直抗力は対象とせず物体の進行方向に働く力にのみ、鉛直投げ上げ問題と斜め投射問題に関しては、学習者が物体に働いていると判断した力すべてを評価対象とした。

3.3 学習教材の作成

第 3 章第 1 節で述べた学習手法をもとに学習教材の設計を行った。学習教材では、宇宙船が加速後、エンジンを止めて等速直線運動に移るという例を用いて、質量や加速度、運動の法則の解説を行う。設計した学習のステップを表 1 に示す。

表 1 学習のステップ

	学習内容
ステップ 1	これまでの学習と力学に関する内容のおさらい
ステップ 2	質量についての確認・理解
ステップ 3	加速度についての確認・理解
ステップ 4	運動の第 1 法則, 第 2 法則についての確認・理解
ステップ 5	力についての確認・理解

ステップ 1 では、従来の高校物理学の教科書や参考書ではどのように「力」が説明されているかを振り返り、力学に関する知識の投げかけやおさらいを行った。ステップ 2 では質量についての確認を行った。学習者がすでに持つ知識を活用するため、従来の高校物理学の質量に関する教育時に多く用いられる「同じ物体でも地球と月で計ってみると重さが変わる」とう話を交えながら説明を行った。重さと質量の違いを確認することで、質量について正しく理解し、重さは「力」と関係があると気がつかせる意図がある。ステップ 3 では加速度について確認を行った。はじめに加速度と速度の違いについて確認し、等加速度運動と等速度運動といった学習者が混同し間違えやすい部分に関してはアニメーションを用いることで、学習者が運動の違いについて視覚的にわかりやすくなるよう工夫をした。また、同時に重力加速度についても説明を行った。ステップ 4 では、運動の第 2 法則はこれまでに確認した質量と加速度、そして最終的に理解をしたい「力」で成り立っていると確認を行う。その後運動の第 1 法則（慣性の法則）の内容について確認し、運動の第 1

法則が成り立つ場合は運動方程式 ($ma=F$) において $F=0$ であるともいえると説明を行う。そして最後のステップ 5 において、等速直線運動の例で、ステップ 2、ステップ 3、ステップ 4 で理解した知識をひとつに結び付けを行い、運動の法則を用いて働く力について考える実例を行った。

学習教材は PowerPoint を用いて作成し、スライドに音声解説を付けて動画化した。動画再生時間は 13 分 23 秒である。教材画面例を図 5、図 6、図 7 に示す。

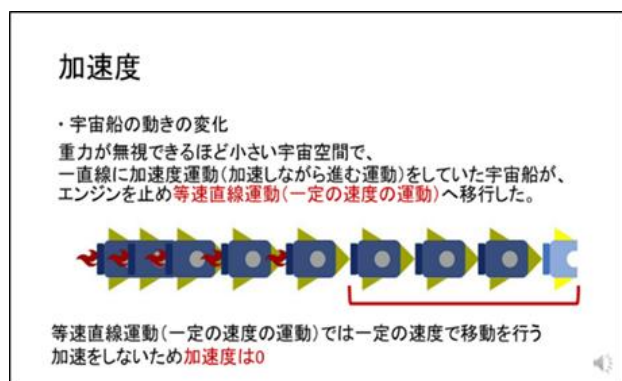


図 5 教材の画面例①

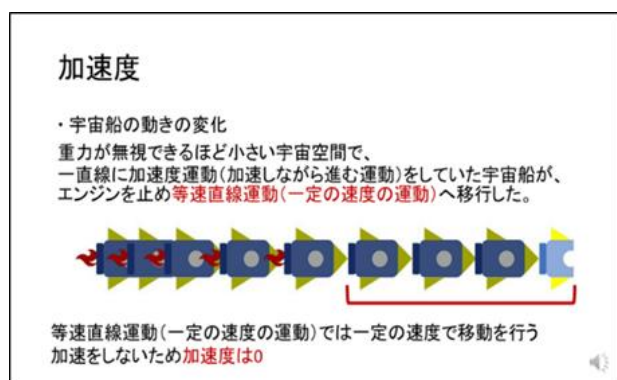


図 6 教材の画面例②

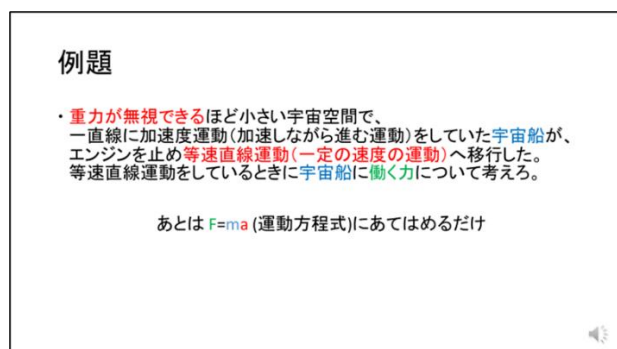


図 7 教材の画面例③

4. 実験概要

この章では本研究における学習の流れおよび、提示した問題について説明する。表 2 に学習の流れを示す。

表 2 実験の流れ

1	参加同意書を確認。これまでの物理学学習状況についてのヒアリングに回答を行う。
2	事前問題の解答を行う。(15分)
3	教材の動画を視聴する。(13分23秒)
4	確認問題の解答を行う。(15分)
5	事後問題の解答を行う。(15分)
6	事後アンケートに回答する。

4.1 事前問題

事前問題では、第 3 章第 2 節で説明を行った物体の水平転がし (問題 1)、鉛直投げ上げ (問題 2)、斜め投射 (問題 3) の 3 シチュエーションについて計 3 題の問題を提示し、それぞれの状態において物体に働く力と大きさを表す矢印の記入とその理由の記述を行わせた。事前問題の例を図 8 に示す。実際に提示した問題には、文だけでなく図 2 が含まれている。

【課題 1】ある人がボールを転がしています。この時、ボールは右から左の水平方向に等速直線運動をしています。空気抵抗や床からの摩擦力は受けないと仮定したとき、①、②、③の時点で、ボールにはどのような力が働いていますか？ 矢印で表してください。

課題 1 について力が働いていると思った (矢印を書き込んだ) 理由を記述してください。(複数回答可) 力は働いていないと思ひ矢印を記入しなかった場合はその理由を記述してください。

図 8 事前問題の例

4.2 確認問題・事後問題

確認問題では学習者が映像教材視聴後に質量と加速度について正しい理解をしているか確認するため、質量について問う問題に加え、事前問題と同じシチュエーション (水平転がし・鉛直投げ上げ・斜め投射) を

用い、加速度や運動の状態を問う問題を出題した。確認問題の例を表 3 に示す。

事後問題は、事前問題と同一の問題を出題した。ただし、問題の解答欄では図中への力を表す矢印の記入とその理由の記述の他に、運動方程式の記入欄を追加している。

表 3 確認問題

	確認問題
水平転がし (図 2)	運動中の物体に加速度は生じているか
	この物体の運動は何と呼ばれる法則に対応しているか
鉛直投げ上げ (図 3)	各場面において、運動中の物体にはどのような加速度が生じているか。向きとその理由 (説明) を述べよ。
斜め投射 (図 4)	斜め投射された物体の運動を鉛直方向と水平方向に分けたとき、鉛直方向は鉛直投げ上げ運動と同じ運動であるとみなすことができる。一方、水平方向はどのような運動とみなせるか。

4.3 アンケート

実験の最後に 2 つの項目に関して 5 件法アンケートを行った。1 つ目は、映像教材視聴前後の力学に関する知識の理解度について調査する項目である。この項目に関しては、映像視聴前と視聴後の理解度についての回答をお願いした (1. 理解していない ~ 5. とても理解している)。2 つ目は、学習 (実験) 内容全体を通じて感じた印象について調査する項目である (1. とてもそう思わない ~ 5. とてもそう思う)。

5. 実験結果

情報系大学の必修物理学科目を受講した学部 3 年生 7 人を対象として、オンライン会議システム Zoom を用いて実験を行った。

5.1 事前問題

事前問題の結果を表 5 に示す。学習者 C 以外の学習者がすべてのシチュエーションにおいて物体の進行方向に働く力を書き込んだ。学習者 C は、問題 1, 問題 2, 問題 3 のすべてで下向きの重力のみを正しく書き込んでいた。しかし、事後問題で誤答していたため、

事前問題に関して事後にヒアリングを行ったところ、運動の法則などを意識せずに、以前同じような問題で不正解になった経験から進行方向の力を書き込まない解答をしていたことがわかった。そのため、MIF 誤概念の所持を不明と判断し、統計処理からは学習者 C を除くこととした。この学習者については第 6 章の考察で詳しく述べる。

5.2 確認問題・事後問題

事後問題の結果を表 6 に示す。学習者 A, D, E, F の 4 名は確認問題を全問正解し、事後問題のすべてのシチュエーションで MIF 誤概念がみられなくなった。残りの学習者 B, C, F の 3 名は、問題 2 と問題 3 で誤答していた (学習者 F は問題 3 で、図への記入解答は正答していたが、理由の記述では誤った解答をしていたため、誤答と判断した)。確認問題については、学習者 B は鉛直投げ上げに関する問題で誤答していた。学習者 C は、水平転がしに関する問題で、この物体の運動が対応する法則は何かという問いに対し、「慣性の法則」ではなく「エネルギー保存則」と誤答し、鉛直投げ上げに関する問題でも誤答していた。学習者 F は確認問題を全問正答していた。これらの学習者の鉛直投げ上げ確認問題と事後問題の解答の詳細を表 7 に示す。

表 5 事前問題の結果

	MIF 誤概念不明	MIF 誤概念あり
問題 1, 2, 3	学習者 C	学習者 A,B,D,E,F,G

表 6 事後問題の結果

	MIF 誤概念なし	MIF 誤概念あり
問題 1	学習者 A,B,C,D,E,F,G	—
問題 2, 3	学習者 A,D,E,G	学習者 B,C,F

表 7 事後問題誤答者の解答詳細

	学習者 位置	B		C		F	
		上昇・下降中	最高到達点	上昇・下降中	最高到達点	上昇・下降中	最高到達点
問題2	確認問題 (加速度)	上+下向き ^(注1)	上+下向き	下向き	なし	下向き	下向き
	事後問題 (力)	上+下向き	上+下向き	下向き	上下で釣合い ^(注2)	下向き	上下で釣合い
問題3	事後問題 (力)	上+下向き	上+下向き	下向き	上下で釣合い	下向き	上下で釣合い

5.3 事前問題と事後問題の結果の比較

事前問題の正答数と事後問題の正答数について、第5章第1節で述べたように学習者Cの結果を除いてウィルコクソンの符号付き順位検定を行ったところ、 $p=0.08 < 0.1$ で有意傾向があった。また、事前問題と事後問題での MIF 誤概念所持人数についてフィッシャーの直接確率検定を行ったところ、 $p=0.03 < 0.05$ で有意差がみられた。

5.4 アンケート結果

学習教材視聴前後の理解度について、学習者Cを除きウィルコクソンの符号付き順位検定を行った。結果を表8に示す。加速度、運動の第1法則項目では5%水準で有意差があった。力、運動の第2法則項目では $p=0.06 < 0.1$ で有意傾向があった。質量項目では有意差がみられなかった。

学習内容の印象アンケートの結果を表9に示す。「映像を通して学習内容を十分に理解できたか」という質問に対し、全学習者が「4. そう思う」または「5. とてもそう思う」と答え高い数値となっていた。

しかし、この2つのアンケートについては、MIF 誤概念がみられなくなった学習者群と誤答があった学習者群の間に差はみられなかった。また、学習者Cの回答は、表8、表9に示すように、一部の項目を除いて、事前・事後ともに他の学習者6名の平均値より低い数値となっていた。

表 8 学習教材視聴前後の力学の概念の理解度アンケート (5件法)

	学習者Cを除く 平均値			学習者C	
	事前	事後	p値	事前	事後
質量	4.17	4.83	0.13	3	4
加速度	2.50	4.33	0.03	3	4
力	2.66	4.33	0.06	2	4
運動の第1法則	2.50	4.00	0.03	2	3
運動の第2法則	2.33	4.17	0.06	2	4

表 9 学習内容の印象アンケート (5件法)

	学習者Cを 除く平均値	学習者C
映像を通して学習内容を十分に理解できた	4.50	4
何が重要な内容か注意して学習に取り組むことができた	4.50	3
自分が何をどこまで理解できているか確認しながら取り組むことができた	4.17	2
自分なりに学習した知識を整理(まとめる)ことができた	4.33	3

(注1) 上+下向きは、上向きと下向きの両方に加速度(力)が存在するという考えを示す。

(注2) 上下で釣合いは、上向きと下向きの両方の力が存在しその力が釣り合っているため0となるという考えを示す。

6. 考察

表 6 に示したように、水平転がし問題（問題 1）については、映像教材で等速直線運動のシチュエーションを用いて説明を行ったため、全学習者が事後問題で進行方向の力を書き込まなかった。さらに、全学習者の半数を超える 4 名の学習者は、転移問題である鉛直投げ上げ問題（問題 2）と斜め投射問題（問題 3）でも MIF 誤概念がみられなくなった。

それ以外の学習者は、表 7 で示すように鉛直投げ上げ問題と斜め投射問題で誤答箇所があった。ただ、学習者ごとの誤答内容にばらつきはあるが、いずれの学習者も、斜め投射問題で事前問題時に書き込んでいた進行方向（放物線の接線方向）の力の書き込みが事後問題では無くなっていった。また、学習者 F の最高到達点の解答を除いて、加速度の向きが下なら力も下向きと解答するなど、加速度の向きと力の向きの解答には一貫性がみられた。これから、今回の加速度から力を教える、という学習手法が、これらの学習者にもある程度有効に働いたと考えられる。また、運動の鉛直投げ上げ問題と斜め投射問題の誤答は、垂直方向における加速度の認識といった同一の要因によるものと考えられる。

鉛直投げ上げ問題と斜め投射問題の事後問題の誤答について、学習者 B は、上昇中、下降中、最高到達点いずれの状態においても上向きの力（人が物体に与えたという間違った力）と下向きの力（重力）の力が存在すると解答していた。これは加速度の理解があいまいで、水平方向での理解が垂直方向に転移していないと思われる。学習者 C、F は、上昇中と下降中は下向きの重力のみが働くと正しく解答していて、MIF 誤概念がみられなくなっている。しかし、最高到達点では上向きと下向きの両方の力が存在しその力が釣り合っているため 0 となるという誤答をしていた。

これから、等速直線運動の説明で得た知識を鉛直投げ上げ問題と斜め投射問題に適応するとき、第一の壁として水平方向で MIF 誤概念がみられなくなっても、垂直方向に転移しないという問題、第二の壁として最高到達点で速度が 0 の時に、加速度や力も 0 となると考える誤概念があると考えられる。

事前問題で MIF 誤概念に相当する進行方向の力を、

唯一書かなかった学習者 C について、その理由をヒアリングしたところ、MIF 誤概念については知らず、運動の法則なども意識はせずに、昔同じような問題で不正解になった経験から進行方向の力を書き込まなかったと回答をした。また学習教材内で慣性の法則について解説を行ったが、水平転がし問題（等速直線運動に関する問題）で、この運動に対応する法則を、慣性の法則ではなくエネルギー保存則と解答していた。さらに、表 8、表 9 のように、理解度アンケートの値も他学習者より低かった。これから、この学習者は、法則の意味をよく考えずに言葉や正答だけを暗記する学習習慣が定着していて、実験では理解度の低いままに暗記していた内容をただ当てはめていたと推測される。このような学習者に対して、本研究のように基本法則にさかのぼる学習を行うと、通常の MIF 誤概念だけでなく、暗記で獲得していた不完全な知識が学習の阻害要因となる可能性が示唆された。

7. おわりに

運動の第 2 法則 ($ma=F$) が正しいものであるということ的前提に、質量と加速度から論理的に力について考えさせることで、自身の持つ誤った力の認識との矛盾を感じさせ、概念変化を起こさせることを目的とする教材を設計し、高校物理学を学習済みの大学生 7 名を対象として実験を行った。教材視聴前は、提示した問題（水平転がし、鉛直投げ上げ、斜め投射）すべてで MIF 誤概念の保持を確認した学習者が 6 名、MIF 誤概念の保持が不明であった学習者が 1 名という結果だった。しかし、設計した教材を視聴させたところ、7 名中 4 名の学習者が、教材視聴前と同一の問題すべてで MIF 誤概念が確認できなくなった。ただ、残りの 3 名の学習者については、部分的に学習効果はみられたものの、鉛直投げ上げ問題と斜め投射問題では誤答する結果となった。

今後の課題として、鉛直投げ上げ問題における物体の加速度を正しく認識させるための工夫や、最高到達点で加速度や力が 0 と考える学習者への対応が挙げられる。また、学習者 C のように、暗記で不完全な知識を保持している学習者に対しては、従来から知られている MIF 誤概念とは異なる対処が必要と考えられる。

参 考 文 献

- (1) Clement, J.: "Students' preconceptions in introductory mechanics", *Am. J. Phys.* 50, pp.66-71 (1982)
- (2) 文部科学省：“高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編”，pp.50-52 (2018)
- (3) ブルーアー, J.T. 著 (松田文子・森敏昭監訳)：“授業が変わる 認知心理学と教育実践が手を結ぶとき”，北大路書房，pp.116 (1997)
- (4) 三浦 登, 他：“改訂物理基礎 (高等学校理科用 文部科学省検定済教科書)”，東京書籍 (2020)
- (5) 文部科学省：“中学校学習指導要領解説 理科編”，pp.32-34 (2017)
- (6) 今井 功, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗：“中学理科における Error-based Simulation を用いた授業実践 :「ニュートンに挑戦」プロジェクト”，*教育システム情報学会誌*, Vol.25, No.2, pp.194-203 (2008)
- (7) 吉野 巖, 小山道人：“「素朴概念への気づき」が素朴概念の修正に及ぼす影響－物理分野の直落信念と MIF 素朴概念に関して－”，*北海道教育大学紀要 (教育科学編)*, 第 57 卷, 2 号, pp.165-175 (2007)
- (8) 山崎翔平, 定本嘉郎, 牧井 創：“MIF 素朴概念をなくす教材の開発と中学校での授業実践”，*物理教育*, 第 57 卷, 第 3 号, pp.215-219 (2009)
- (9) 神高垣マユミ：“大学生はいかに力のプリコンセプションを変容させるか”，*発達心理学研究*, 第 15 卷, 2 号, pp.217-229 (2004)
- (10) 飯田洋治：“こう教えればもっとわかる“運動の法則””，*パリティ*, Vol.19, No.7, pp.56-60 (2004)
- (11) 徐 丙鉄, 安部保海, 道上達広：“物理学における誤概念と答案分析”，*近畿大学工学部紀要. 人文・社会科学篇*, 45, pp.1-22 (2015)
- (12) 鈴木 亨：“作用反作用の法則の説明論理に見られる誤概念の起源”，*物理教育*, 第 56 卷, 第 4 号, pp.272-277, (2008)

アナロジーと操作を活用したメンタルローテーション能力 向上のための学習支援システム

河中 晋規^{*1}, 松原 行宏^{*1}, 岡本 勝^{*1}, 岩根 典之^{*1}

^{*1} 広島市立大学大学院情報科学研究科

Learning Support System for Improving Mental Rotation Skills using Analogy and Manipulation

Shinki KAWANAKA^{*1}, Yukihiro MATSUBARA^{*1}, Masaru OKAMOTO^{*1} and Noriyuki IWANE^{*1}

^{*1} Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

メンタルローテーション能力を鍛える際は操作を伴った学習を繰り返し行うことが重要であると言われる。そこで本稿では操作を伴った学習であっても短時間で出来ることを目的とした、操作とアナロジーを組み合わせたメンタルローテーション能力向上のためのシステムを提案する。本研究ではインタフェースや操作方法の異なるシステムを用いた比較検証と、その結果を受けて選定した提案システムを用いた学習効果の検証を行った。

キーワード:メンタルローテーション, Augmented Reality, Virtual Reality, 操作

1. はじめに

人間にとって本質的な能力の1つとしてメンタルローテーション能力が挙げられる[1]。この能力を鍛える際は、3次元物体を用いた操作を伴う学習を行うことが重要である[2]。しかし、従来では操作を伴わない学習方法が多く取られてきた。

そこで中野らはICT技術を活用することで、操作を伴うメンタルローテーション能力向上のための学習支援システムを実現した[2]。中野らのシステムでは立方体の形をしたARマーカを使用し、それを手に持って移動・回転操作することができる。実験の結果、正答率の向上といった部分的な学習効果が確認されたが、操作を伴う学習により学習時間が長くなる傾向が見られた。また、メンタルローテーション能力は繰り返しの学習により身につけることができると考えられている[1]。そのため、操作を伴う学習であっても短時間で効率的な学習を行えることが重要である。

そこで本研究では、アナロジーとメンタルローテーションの関係に着目した。頭部を使用したアナロジーにより、メンタルローテーションの問題の正答率や反

応時間の短縮効果が現れることが確認されている[3]。そのため、アナロジーを組み合わせることで操作を伴う学習であっても短時間で効率よく学習することが可能になると考えた。しかし、アナロジーと操作は単体で使用した場合の有効性は分かっているが、組み合わせた場合の効果については明らかになっていない。また、メンタルローテーション能力を鍛える際に適した操作方法やインタフェースも不明瞭である。本稿ではそのような点を明らかにするため、インタフェースや操作方法の異なる、アナロジーと操作を活用した3種類のメンタルローテーション能力向上のための学習支援システムを開発し、比較検証を行った。そして得られた結果から提案システムを選定し、学習効果の検証を行った。

2. インタフェースや操作方法の異なる3システム

本研究では頭部を利用したアナロジーにより、メンタルローテーションの問題にどのような影響が現れるか検証するために、インタフェースや操作方法の異なる

る3種類のシステムを作成した。以下、各システムをジャイロセンサ型システム、AR型システム、VR型システムとする。本章では各システムの特徴について述べる。

2.1 ジャイロセンサ型システム

図1にジャイロセンサ型システムの使用時の外観を、図2にシステム画面をそれぞれ示す。本システムはHMDコントローラとモニターから構成される。使用するコントローラにはジャイロセンサ機能が搭載されており、コントローラの角度情報を取得することができる。取得した角度情報は画面上に表示される仮想図形の角度と対応付けされており、これによりコントローラを用いた図形の操作を実現している。



図1 ジャイロセンサ型システム使用時の外観

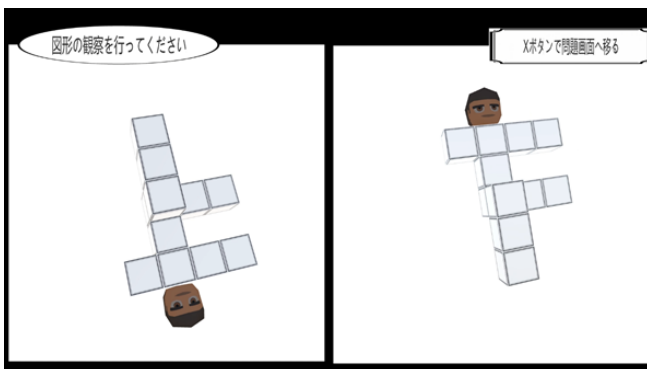


図2 ジャイロセンサ型システムのシステム画面

2.2 AR型システム

図3にAR型システム使用時の外観を、図4にシステム画面をそれぞれ示す。本システムはスマートフォンとARマーカから構成され、学習者はARマーカを用いた操作やタップ入力により学習を進める。ARマーカは実物を用いて操作を行っている感覚が得られる

よう、6枚のマーカを組み合わせる立方体の形にし、手に持って動かせるようにしている。ARマーカをスマートフォンのカメラを用いて認識することで、画面上に仮想図形を表示することができる。また、表示される図形はマーカの位置・角度情報と対応付けされており、マーカに対して行った動作が反映される。これによりマーカを通した図形の操作を実現している。



図3 AR型システム使用時の外観

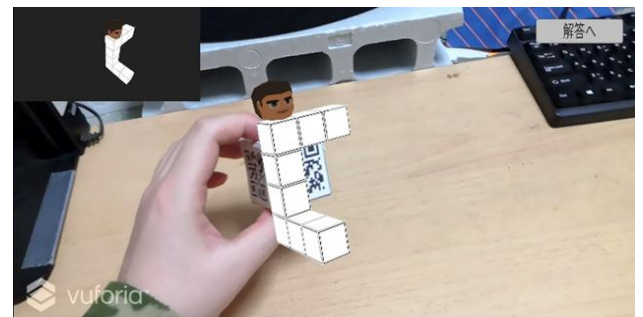


図4 AR型システムのシステム画面

2.3 VR型システム

図5にVR型システムの使用時の外観を、図6にシステム画面をそれぞれ示す。本システムはHMDとHMDコントローラから構成される。学習者はHMDを



図5 VR型システム使用時の外観



図6 VR型システムのシステム画面

かぶり、HMDのディスプレイ上に表示される仮想現実空間内で問題の解答及び操作を伴う図形の観察を行う。HMDとコントローラにはジャイロセンサや加速度センサといった機能が搭載されており、これにより両インタフェースの位置・角度情報を取得することができる。取得した情報をもとに観察画面を構築することで、学習者はHMDのディスプレイ上に表示される映像を見ながら、コントローラを用いて仮想図形の操作を行うことができる。

3. 3 システムの比較による検証実験

本実験は2章で紹介した3システムにおいて、アナロジーと操作を活用した学習がメンタルローテーションに対してどのような影響を与えるかを検証するために実施した。

被験者は理系の大学生・大学院生とし、ジャイロセンサ型システムが8名、AR型システムが6名、VR型システムが7名とした。検証ではまずシステムの使用方法について説明を行った後、アナロジー有りのメンタルローテーションの問題を30問使用して学習を行ってもらった。その後、アナロジー無しの問題を30問使用して学習をしてもらった後、提案システム選定のために事後アンケートとして各システムを使用した際の操作性等について回答してもらった。

表1に各システムを使用して学習を行った際の平均正答率と解答時間の結果を示す。表内の「/」で区切られた数字のうち、前の値がアナロジーを使用した場合の、後の値がアナロジーを使用しなかった場合の結果を示している。また、アナロジー有りと無しの結果に対して有意水準5%でt検定を行った際のp値が0.05未満の場合は有意差が見られたとして「◎」、0.05以上

表1 アナロジー有・無の結果と有意差の有無

項目	ジャイロセンサ型	AR型	VR型
平均正答率(%)	(90 / 88) ×	(98 / 91) ◎	(91 / 83) ○
平均解答時間(秒)	(7.7 / 9.4) ○	(6.9 / 8.5) ○	(8.1 / 11.2) ◎

0.1未満の場合は優位傾向として「○」、それ以上の場合は有意差無しとして「×」とした。

ジャイロセンサ型システムについては平均正答率に有意差は見られなかったが、平均解答時間に優位傾向が確認された。このことから、アナロジーがメンタルローテーションの速さに対して影響を及ぼしている可能性が確認された。AR型システムについては平均正答率に有意差が見られ、平均解答時間については優位傾向が確認された。そのため、アナロジーがメンタルローテーションの正確性や速さに影響を及ぼしているのではないかと考えられる。また、2次元上での学習に関しても先行研究同様、アナロジーによる影響が現れることが示唆された。VR型システムについては平均正答率に優位傾向が確認され、平均解答時間には有意差が見られた。このことから、アナロジーがメンタルローテーションの正確性や速さに影響を及ぼしている可能性があることが確認された。また2次元のみならず3次元上での学習においても、先行研究同様にアナロジーによる影響が現れる可能性が示唆された。全体的な結果としては、ジャイロセンサ型システムの平均正答率以外の全項目において優位傾向以上が確認されたことから、インタフェースや操作方法に関わらずアナロジーがメンタルローテーションに対して影響を及ぼすのではないかと考えられる。

表2に各システムにおける操作を伴う観察画面での一問あたりの平均所要時間を示す。表内の「/」で区切られた数字は表1同様にアナロジー有りと無しの結果を示している。得られた結果に対して有意水準5%でt検定を実施した結果、各システムとも有意差は見られなかった。これは各被験者が図形の観察を丁寧に行ったためであると考えられる。表1の結果を合わせて考えると、アナロジーによる効果は問題画面では有効であり、操作を伴う観察画面ではあまり有効ではないと

表2 観察画面での一問あたりの平均所要時間

項目	ジャイロ センサ型	AR 型	VR 型
平均所要 時間(秒)	(12.3/15.1)	(14.3/17.9)	(25.1/20.8)

考えられる。

提案システム選定のために実施した事後アンケートでは、ジャイロセンサ型システムが最も使いやすいという結果が得られた。また、AR型システムについては「操作時にARマーカに指がかかり、認識が途切れる事があった」、VR型システムについては「学習時に酔いを感じる」といった否定的な意見が見られた。メンタルローテーション能力を鍛える際は繰り返しの学習が重要である⁽¹⁾。そのため、長期間の学習を考えた際に、ジャイロセンサ型システムが最も適していると考え、提案システムとして選定し、以降の学習効果検証を実施した。

4. 提案システムを用いた学習効果検証

本実験は、提案システムであるジャイロセンサ型システムを用いて学習を行うことで、メンタルローテーション能力向上のための学習が行えるか検証するために実施した。被験者は理系の大学生・大学院生の12名とし、12名を4人ずつの3グループに分けて実験を行った。グループ分けは、アナロジーを使用して学習を行うグループ1、アナロジーを使用せずに学習を行うグループ2、学習者の解答状況に応じてアナロジーの有無が切り替わるグループ3とした。グループ3については問題開始時点ではアナロジー有りの状態で始まり、指定した問題数連続で正解した場合、アナロジー無しの状態に切り替わる。その状態で間違えた場合、再度アナロジー有りの状態へと移行する。

検証ではシステムの使用方法について説明を行い、説明終了後に全ての被験者に事前テストとして共通の問題を30問解答してもらった。そして各グループに割り当てられた方法で、共通の問題を30問使用して学習を行ってもらった後、事前テストと同じ問題を事後テストとして30問解答してもらった。

表3に各グループにおける事前・事後テストの平均

解答時間と平均正答率の結果を示す。表内の「/」で区切られた数字の前の値が平均解答時間を、後の値が平均正答率を表している。各グループ間で得られた結果に対して有意水準5%でt検定を実施したところ、全グループにおいて平均解答時間、正答率に有意差は見られなかった。しかし、メンタルローテーション能力を鍛える際は繰り返しの学習を行うことが重要であると考えられている⁽¹⁾。また、有意差は見られなかったが、全グループとも平均解答時間、正答率は向上していた。そのため、長期間システムを用いて学習を行った場合、有効性が示される可能性が考えられる。

表3 各グループの平均解答時間と平均正答率の結果

グループ	事前テスト	事後テスト
1	8.7秒/88%	8.3秒/90%
2	7.7秒/83.4%	7.3秒/90.8%
3	11.7秒/88.3%	9.9秒/92.5%

5. おわりに

本研究ではアナロジーと操作を組み合わせた学習がメンタルローテーションに及ぼす影響の比較検証と提案システムを用いた学習効果の検証を行った。実験の結果から各システムでの操作を伴う学習においてアナロジーが影響を及ぼすことと、提案システムを使用することでメンタルローテーション能力向上のための学習が行える可能性が示唆された。今後の課題として、アナロジーのみを使用し検証実験を実施するといった、実験条件の見直しなどが挙げられる。

参考文献

- (1) 池谷裕二:メンタルローテーション“回転脳”をつくる, pp. 4-16 (2019)
- (2) Moore, DS. Johnson, SP: Mental Rotation of Dynamic, Three-Dimensional Stimuli by 3-Month-Old Infants. *Infancy, the official journal of the international Society on Infant Studies*, Vol. 16, pp. 435-445 (2011)
- (3) 中野美登里, 松原行宏, 岩根典之, 岡本勝:メンタルローテーション課題のためのAR型学習支援システム, *日本感性工学会論文誌*, Vol. 18, No. 3, pp. 201-208 (2019)
- (4) Saeki, Y: 'Body analogy' and the cognition of rotated figures, *The Quarterly Newsletter of the Laboratory of Comparative Human Cognition*, Vol. 3, pp. 36-40 (1981)
- (5) Michel-Ange Amorim, Brice Isableu, Mohamed Jarraya, "Body Analogy" for the Mental Rotation of Objects, *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 135, No. 3, pp. 327-347 (2006)

一次方程式の解放を題材とした

「教えることにより学ぶ」学習支援システムに関する研究

梶岡 瑞貴^{*1}, 松原 行宏^{*1}, 岩根 典之^{*1}, 岡本 勝^{*1}

^{*1} 広島市立大学大学院情報科学研究科

Learning Support System based on "Learning by Teaching" for Linear Equations

Mizuki KAJIOKA^{*1}, Yukihiro MATSUBARA^{*1}, Noriyuki IWANE^{*1} and Masaru OKAMOTO^{*1}

^{*1} Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

本研究では、一次方程式の解法手順をユーザが対話的に「教える」システムを開発する。システムは一次方程式に対する操作を提案し、ユーザはそれに対するフィードバックを行う。システムはフィードバックを基に学習して新たな操作を提案する。システムの学習精度をシミュレーションした結果、適切な操作を必ず操作候補の中を含むことを確認した。意識調査では、システムの使用前後で一次方程式の解法に対する意識の変化を確認した。

キーワード: Learning by Teaching, ITS, 人工知能, 一次方程式

1. はじめに

「教えることにより学ぶ」という学習形態は古くから提唱されている⁽¹⁾。近年、この形態の学習支援システムに人工知能を実装したものが開発されてきた。そのいずれもが *teachable agent* と呼ばれる擬似的な学習者を実装し、学習者が対話的に教授できる機能を有している。

この学習形態の学習支援システムの学習効果の向上には様々なアプローチがなされている。Matsudaらは、*SimStudent* と呼ばれる擬似的な学習者を開発し、それを実装した *APLUS* と呼ばれる「教えることにより学ぶ」学習形態の学習支援システムを開発し、学習効果の調査を行った⁽²⁾。このアプローチでは、ユーザに問題の解き方を支援するより、問題の教え方を支援する方が、学習効果が高いことを示している。この他にも様々なアプローチで「教えることにより学ぶ」学習形態の学習支援システムがあり、その学習効果が期待されている。

そこで本稿では、「教えることにより学ぶ」を志向した学習支援システムでユーザがどのように学習するの

かを調査するためのシステムの開発をする。題材としては一次方程式の解法手順を用いる。シミュレーションでは、一括に大量の問題を学習した後にどの程度システムが学習できたかを確認した。また、ユーザがシステムに「教える」ことを通して一次方程式の解法に対する意識の変化について調査した。

2. 提案システム

提案システムは、ユーザがシステムにインタラクティブに一次方程式の解放手順を教授するシステムである。図1にシステム構成を示す。また、システムのUI画面を図2に示す。図1より、システムは方程式部が問題情報データベース（以下、データベースを *DB* と略記）にある 36 パターンの問題からランダムに選択し、方程式表示部が図2の方程式表示部分に表示する。その表示された方程式に対応した操作をシステムが一般化知識 *DB* の情報を元にシステム操作選択部で選択し、その選択結果をチャット表示部がチャット表示画面に出力を行う。図2のチャット表示画面より、システムからの情報はチャット表示画面の左側に白い背景

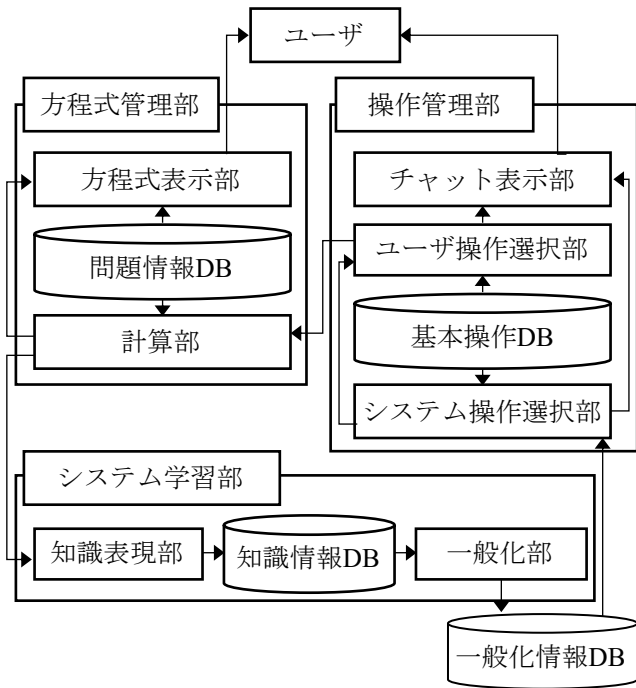


図 1 システム構成図

で表示する。本稿で使用する操作は、「左辺のカッコを計算する」や「2を右辺に移項する」など18個を基本操作DBに実装し、各操作選択部から呼び出す。実装した操作は、「左辺から右辺に移項する際に符号を変えずに移項する」などの間違えた操作で間違えた解答に到達するような操作は実装していない。ユーザーは、システムが選択した操作に対して回答を図2の操作選択部分から行う。ここで提示される操作選択部の表示例を図3に示す。ユーザーはシステムが選択した操作が正しいと判断した場合は、操作選択部で「AIの言うとおりに」という操作を選択してシステムに選択した操作が正しいことを教授する。システムが選択した操作が間違っていると判断した場合は、ユーザーが正しいと思う操作を選択してシステムに教授する。操作が決定したら計算部で計算を行い、計算結果を方程式表示部から画面に表示し、ユーザーが選択した操作をチャット表示画面に表示する。ユーザーが選択した情報は、チャット表示画面の右側に緑色の背景で表示する。また、計算前の方程式とその時に選択した操作を用いてシステム学習部でシステムが学習を行う。

システムの学習は、方程式の状態を表現する属性表現と知識の一般化で実装する。まず、システム学習部の知識表現部で現在の方程式の状態を左辺右辺それぞれ75個の属性で表現する。システムに実装した属性の一部を表1に示す。属性は、辺全体に関する属性と1

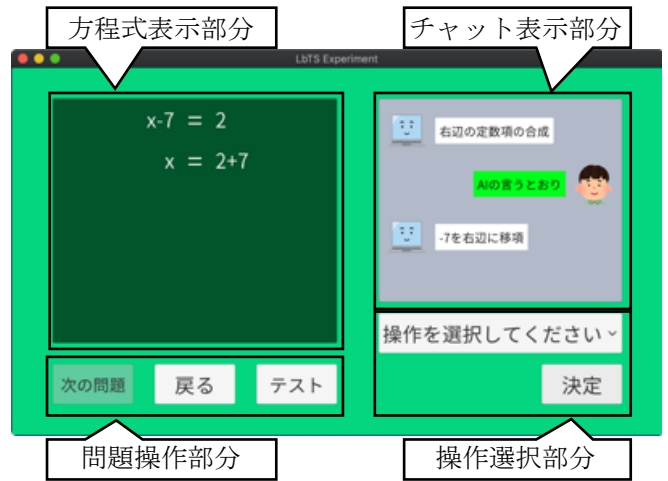


図 2 システムの UI 画面

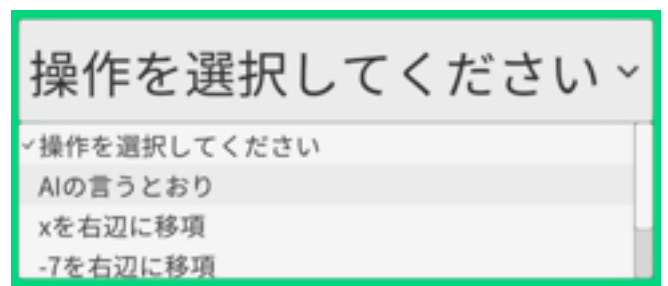


図 3 操作選択部分の表示例

表 1 属性例

	属性内容	属性値
辺全体に関する属性	項の個数	数値
	一次項の個数が1	1または0
	辺にカッコがある	1または0
1つの項に着目した属性	その項が一次項か	1または0
	項の値が正の値か	1または0
	カッコの中か	1または0

つの項に着目した属性で方程式を表現する。表1の属性値は属性内容を満たす数値がそのまま入るものと、属性内容を満たす場合は1、それ以外は0が入るものがある。このようにして方程式を属性表現したものと適応した操作のセットを知識情報として知識情報DBに保存する。知識情報DBに保存されたデータを基に一般化部が一般化を行い、そのデータを一般化知識DB

表 2 学習前の操作選択例

方程式	システムの選択	ユーザの選択
$3x - 4 = 2$	$3x$ を右辺に移項	-4を右辺に移項
$3x = 2 + 4$	$3x$ を右辺に移項	右辺の定数項の合成
$3x = 6$	両辺に-1をかける	両辺を3で割り 終了

表 3 学習後の操作選択例

方程式	システムの選択	ユーザの選択
$4x + 3 = 8$	3を右辺に移項	AIの言う通り
$4x = 8 - 3$	右辺の定数項の合成	AIの言う通り
$4x = 5$	両辺を4で割り 終了	AIの言う通り

に保存する。一般化は、ある操作に対する知識情報が複数ある場合、そのすべての条件部で共通している条件を抽出し、それをこの操作の条件部としたものを一般化知識とする方法を用いた。このようにすることで操作をどのような条件が揃えば使用するかを操作の適応条件以外にユーザの特徴を学習できるようにした。そして新たに計算後の方程式に対応した操作をシステム操作選択部が選択し、チャット表示画面に表示する。このようにして方程式をシステムに解かせていく。解答が終了した時は問題操作部分で次の問題に移行する。そして複数の問題をシステムに解かせて解法手順を教授していく。表 2, 3 に実際に提案システム使用時に、表示されている方程式に対して操作の選択例を示す。表 2 は、システムが解法手順を学習する前の様子を示す。表 3 は、ランダムに選ばれた 40 問を学習した後の様子を示す。表 2 では、ユーザはシステムの選択した操作が間違っていると判断し、異なる操作を選択し教授している。表 3 では、ユーザはシステムの選択が正しいと判断しシステムの選択が正しいことを教授している。このようにしてシステムの選択が、ユーザが教授したものと同じものになるまで教授していく。

3. シミュレーション

提案システムが、一次方程式の解法操作を知識表現

表 4 シミュレーション結果

	(1)	(2)
パターン 1	1.00	1.10
パターン 2	1.00	1.11
パターン 3	1.00	1.01
パターン 4	1.00	1.00

と一般化を用いて学習できるかをシミュレーションにより確認した。シミュレーションは、同じ問題を用いて教授する時に、適応する操作の順番に差をつけて行った。操作の差は変数項と定数項（項の合成が変数項と定数項同時にできる場合にどちらを優先して使用するのか）の差と、項の移項と合成（変数項が合成可能な時にまだ他の辺に変数項がある場合に先に合成するのかと、移項してまとめて合成するのか）の差である。

それぞれの差を以下のパターン

- ・パターン 1：変数項，合成優先
- ・パターン 2：変数項，移項優先
- ・パターン 3：定数項，合成優先
- ・パターン 4：定数項，移項優先

で教授した時、システムが問題に操作を適応させるたびに、(1) 必要な操作をシステムが選択できるか、(2) 不必要な操作も選択していないかについて調べた。(1) は方程式に操作を適応する度に必要な操作を選択している確率、(2) は操作を適応する度にシステムが選択した操作数の平均を調べ、結果を表 4 に示す。表 4 の (1) より、すべてのパターンで値が 1 となっていることから必要な操作を選択していることがわかる。また (2) より全てのパターンで値が 1 に近いことから、適応する操作に差をつけてもシステムからの提案をある程度 1 つに絞れていることがわかる。以上よりシステムが教授された内容を学習した結果、必要な操作を教授された内容まで学習して、選択する様子を確認することができた。

4. 意識調査実験

本実験は、ユーザが提案システムを用いて学習を進めることで「教える」という行為から方程式解法に対する意識の変化を検証した。被験者は理系大学生、大学院生 15 名とし、提案システムを用いて学習を行い方

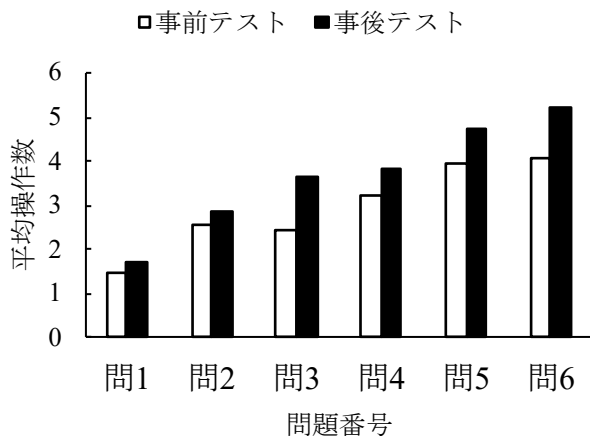


図4 平均操作数

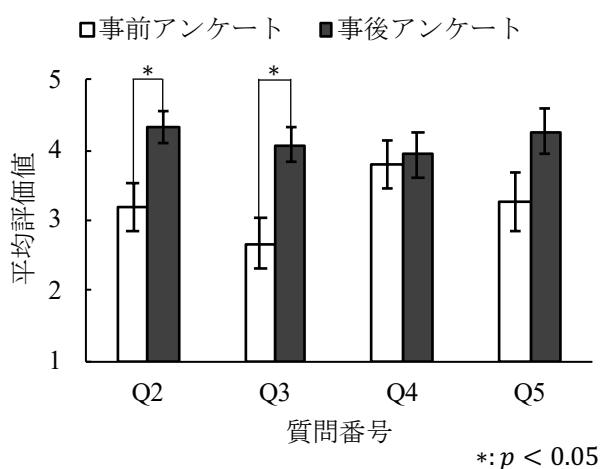


図5 Q2からQ5のアンケート結果

程式に対する知識の状況やシステムを使用した感想について回答させた。実験は事前テスト、事前アンケート、提案システムを用いた学習、事後テスト、事後アンケートの流れで行った。被験者に、事前、事後テストとしてシステムで作成する36パターンの問題から6問選択して「なるべく詳細に」と条件を付けた状態で回答させた。条件は、被験者に方程式の解法手順を細かく示させて、システムを使用する前後で無意識のうちに省略している操作を確認するために追加した。そして方程式を解答する際に考えていることなどを確認するためのアンケートを行った。その後、提案システムを用いてシステムに方程式の解法手順を教授させる。事前テストと同じパターンで数値が異なる問題を6問解答させた。そして、事前アンケートと同様の内容の質問とシステムを使った感想などに関する内容を追加した事後アンケートに回答させた。

事前、事後テストでの操作適応回数の平均を図4に

示す。図4から全ての問題において操作適応回数が増加したことが確認できる。よって操作数が増加したことから、被験者が無意識に省略している操作をシステムに「教える」ことを通して省略させない様に行うことができること考えられる。また図5にアンケート結果の一部を示す。ここで示すのは、方程式を解く際の意識について5段階(すごく当てはまる:5, 当てはまらない:1)で回答させものを示す。図5からQ2(変数項の数をどの程度気にしながら解きますか)とQ3(定数項の数をどの程度気にしながら解きますか)では有意水準5%で差が確認できた。すなわち、提案システムを用いて「教える」ことを行うと変数項と定数項の数に対する意識を変えることができたと考えられる。

5. おわりに

本稿では、ユーザがシステムにインタラクティブに一次方程式の解放手順を教授するシステムの開発を行った。システムの学習は方程式を150個の属性で表現する知識表現とその知識を一般化することで実装した。また、システムの学習精度を確認するためのシミュレーションを行った。シミュレーションは、方程式の解法を教授する順番に差をつけて行った。結果より、システムが必要な操作を教授された手順の差まで選択するように学習することを確認した。さらに、システムを用いることで方程式に対する意識に変化あるのかを確認するための意識調査実験を行った。テストの結果、無意識に省略している操作を省略させないようにすることがわかった。また、アンケートの結果から提案システムを用いることで方程式解法に対する意識に変化を見ることができた。提案システムでは、方程式の解法に対する方針などの意識を変化させることが今後の課題として挙げられる。

参考文献

- (1) S. Brophy, et al., : Teachable Agents: Combining Insights from Learning Theory and Computer Science, Proceedings of the International Conference on Artificial intelligence in education, pp. 21-28, (1999)
- (2) N. Matsuda, E. Yarzebinski, V. Keiser, et al., : Cognitive Anatomy of Tutor Learning: Lessons Learned With SimStudent, Journal of Educational Psychology, Vol. 105, No. 4, pp. 1152-1163, (2013)

CNN を用いた音高想起時の脳波デコーディングの試み

清水菜々子^{*1}, 曾我真人^{*2}

^{*1} 和歌山大学大学院システム工学研究科

^{*2} 和歌山大学システム工学部

Attempt of EEG Decoding When Recalling Pitch Using CNN

Nanako Shimizu^{*1}, Masato Soga^{*2}

^{*1} Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

^{*2} Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

In recent years, research on a technique called brain decoding has been actively conducted. The data obtained by measuring brain activity is thought to be the conversion of human mental states and thoughts into codes. Therefore, attempts have been made to clarify a human mental state and thoughts by decoding the data obtained by measuring brain activity. This attempt is called brain decoding. Brain decoding attempts have been made for various tasks, but much has not been clarified for the task of recalling sound. Therefore, in this study, we measured the electroencephalogram (EEG) when recalling sounds with different pitches. In addition, we applied the obtained data to a convolutional neural network to verify whether it is possible to identify the recalled pitches.

キーワード: ブレイン・デコーディング, 脳波, 音高, 想起, CNN

1. 研究背景

1.1 ブレイン・デコーディング

近年、ブレイン・デコーディングと呼ばれる技術の研究が盛んに行われている。脳活動を計測して得られたデータは、人の精神状態や思考がコード化されたものであると考えられている。そのため、脳活動を計測して得られたデータをデコーディングすることで人の精神状態や思考を明らかにしようとする試みがなされている。この試みをブレイン・デコーディングと呼ぶ(図1)。ブレイン・デコーディングに関する研究事例として、睡眠中の脳活動データを解読することで、見ている夢の内容を明らかにする研究や⁽¹⁾、映像を見ているときの脳活動データを解読することで、映像を見て感じた内容を言語化する研究などが挙げられる⁽²⁾。

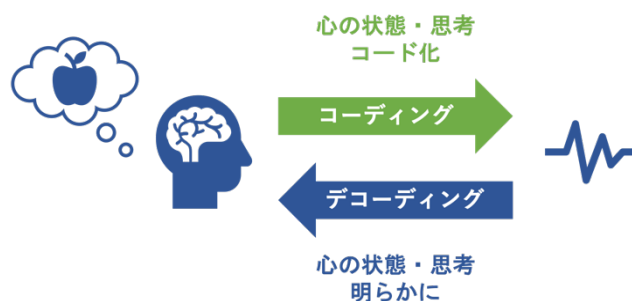


図1 ブレイン・デコーディング

1.2 脳と音楽

聴取した音楽を脳内で処理するときには、聴覚野が深く関係している。聴覚野は一次聴覚野、二次聴覚野、三次聴覚野に分けられる。一次聴覚野は音圧や音高、音色などの音を構成する要素の認識に関係していると考えられており、二次聴覚野はリズム、メロディ、ハーモニーなどの音楽を構成する要素の認識に関係していると考えられている。そして、三次聴覚野は音楽の全てを統合する処理を行なっていると考えられている⁽³⁾。音楽に関する処理については一般的に脳の右半球

が優位となることが多い⁽⁴⁾。また、楽曲の想起時において運動前野が活性化した事例が報告されている⁽⁵⁾。ただし、実施する課題の内容や被験者の違いによって異なる結果が得られることもあり、音楽に関する脳内の働きは明確にはなっていない。

聴取した音の音高の違いが脳波に与える影響について検証を行なっている研究が存在する⁽⁶⁾。この研究では、110, 220, 440, 880, 1760[Hz]の周波数の純音を聴取しているときの脳波に含まれる α 波(8~13[Hz])、 β 波(14~30[Hz])、 θ 波(4~7[Hz])について分析を行なっている。結果として、 α 波の総和と β 波の総和の比について有意差があること、440[Hz]において α 波、 β 波、 θ 波のパワーが低下する傾向があること、脳の右半球と左半球を比較すると β 波において有意差があることが明らかになった。

1.3 脳波と CNN

脳波を識別する際に深層学習を活用する試みが近年では活発に行われている。通常、脳波を解析し識別を行うためには専門的知識や経験が必要とされる。そのため、深層学習を用いることで、専門的知識や経験がなくとも脳波を識別できるようになることが期待されている。ここでは、CNN(畳み込みニューラルネットワーク)を用いて脳波の識別を行なっている研究について説明する。なお、CNNは主に画像認識の分野で用いられる深層学習の一種である。先行研究として、4つの異なる思考を行なっているときの脳波を画像化し、CNNを用いて識別を行なっている研究が存在する⁽⁷⁾。この研究では、「利き腕を動かす」、「計算する」、「回転する3次元物体を想像する」、「食べ物を食べる」という4つのイメージを被験者に行ってもらい、そのときの脳波を計測している。そして、脳波に対してウェーブレット変換を施し得られた画像をCNNの入力データとして使用している。結果として、40.4%の平均識別率が得られた。

2. 研究目的

ブレイン・デコーディングは様々な課題遂行時の脳活動データに対して行われているが、音を想起したときのブレイン・デコーディングについては明らかになっていない点が多く存在している。そこで、本研究で

は音高の異なる音を想起したときの脳波を計測し、得られたデータをCNNに入力することで、被験者がどの音高を想起していたのか識別することが可能かどうかの検証を行なった(図2)。

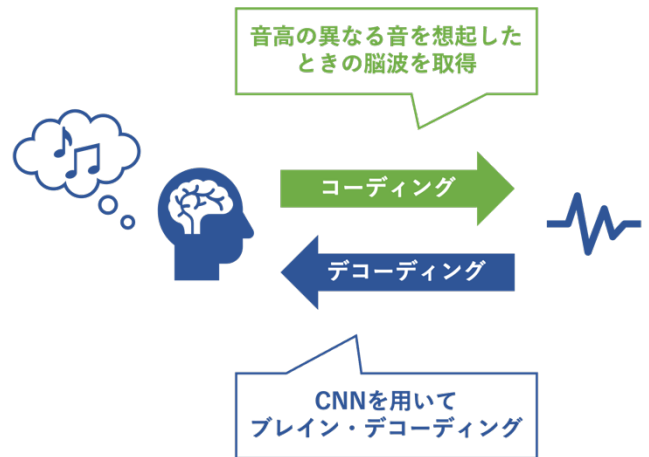


図2 音高想起時の脳波デコーディング

3. 研究の意義

本研究の意義は、ほとんど知見のない異なる音高を想起したときの脳波を識別するという課題に対して新しい知見を得ることができることである。また、本研究が発展することで、医学領域およびエンターテインメント領域における活用が期待できる。脳からの命令が筋肉に伝わらなくなり、コミュニケーション手段を失ってしまうALS患者の音楽的表出に寄与できる可能性が考えられる。また、例えば頭の中でメロディを思い浮かべるだけで作曲ができるようになるなど、作曲の知識がない人の制作活動に役立つ可能性も考えられる。

4. 関連研究

本研究と関連性のある脳と音と深層学習に関する研究として2つの先行研究が存在する。1つは及川らが2019年に発表した「畳み込みニューラルネットワークを用いた脳波による音響信号再構成」⁽⁸⁾、もう1つは2019年に繁本らが発表した「fMRIを用いたヒト聴覚野からの音階デコードアルゴリズムの検討」である⁽⁹⁾。1つ目の先行研究では、聴覚刺激として262[Hz]の純音を呈示したときの脳波から聴覚刺激を再構成することを試みている。結果として、脳波に短時間フーリエ

変換を施し得られたスペクトログラムを CNN の入力データとして用いることで、262[Hz]の周波数の波形を再構成することに成功している。2 つ目の先行研究では、聴覚刺激として C7(2097[Hz])と C#7(2217[Hz])の 2 種類の純音を呈示したときの fMRI データを深層学習の一種である Deep Belief Network に入力し識別することを試みている。結果として、1 人の被験者において 62.50%、もう 1 人の被験者において 70.83%の識別率を得ることができている。

これら 2 つの先行研究と比較した上での本研究の位置付けについて説明する。これら 2 つの先行研究は、深層学習を活用することで脳活動の内容を明らかにしようと試みている点、および音に関する脳活動を対象としている点で本研究と類似している。一方で、これら 2 つの先行研究は、音を聴取しているときの脳活動データを深層学習に適用しているのに対し、本研究では音を想起しているときの脳活動データを深層学習に適用するという点で異なっている。

5. 実験手法

5.1 実験課題

本研究では、被験者に「低いラ」、「ラ」、「高いラ」の 3 つの異なる音を想起してもらい実験を実施し、そのときの脳波を計測した。そして、計測した脳波を CNN の入力データとし、識別率を算出した。また、想起課題を実施してもらい前に聴覚刺激を呈示した。聴覚刺激の呈示は、想起する音高を全ての被験者でなるべく統一すること、想起課題は繰り返し行なってもらいするため、試行の度に想起する音高がずれていくのをなるべく防ぐことを目的としている。「低いラ」を想起する実験では A3 (220[Hz])、「ラ」を想起する実験では A4 (440[Hz])、「高いラ」を想起する実験では A5 (880[Hz]) の聴覚刺激を呈示した。なお、聴覚刺激の種類として、純音とピアノの音の 2 種類を用意した。

5.2 実験システム

実験システムの流れを図 3 に示す。実験システムは、スタート画面を呈示した後、「注視点の呈示」、「聴覚刺激の呈示」、「注視点の呈示」、「想起課題の実施」を一連の流れとして繰り返し実行される。

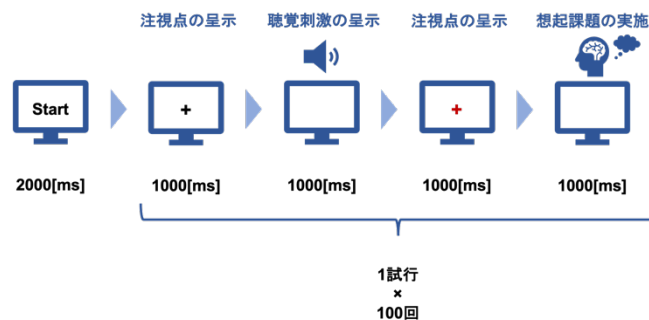


図 3 実験システム

5.3 脳波計

脳波計測には、BIOSEMI Active Two を使用した。64 電極を頭部全体に設置し、512[Hz]のサンプリングレートで脳波の計測を行なった。電極の配置は図 4 に示す通りである。なお、両耳の乳様突起に設置した電極の平均電位を基準電位としている。

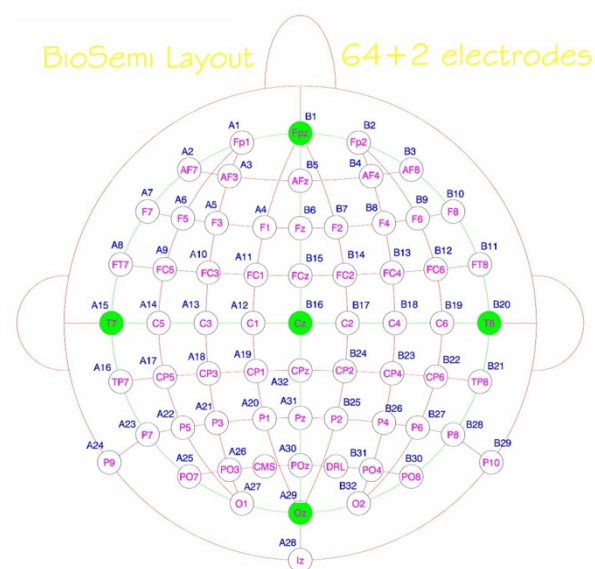


図 4 電極の配置

(引用元 : BIOSEMI, "Headcaps"⁽¹⁰⁾)

6. CNN による識別

6.1 脳波解析の方針

先行研究より、音楽に関する脳の働きは右半球が優位であること⁽⁴⁾、楽曲を想起したときに運動前野が活性化することが分かっている⁽⁵⁾。したがって、本研究では右半球の運動前野に相当する位置に設置した電極 (FC6) のデータを使用することとした。また、異なる音高の音を想起したときに α 波、 β 波、 θ 波のパワーに影響がある可能性が示唆されている⁽⁶⁾。したが

って、本研究は想起したときの脳波を対象としているが同様に α 波、 β 波、 θ 波のパワーに影響があると仮定する。また、脳波は時間分解能が高いため時間変化も重要な要素となる。そのため、 α 波、 β 波、 θ 波を含む周波数帯域 (0.5~30[Hz]) のパワーの時間変化に着目することとした。

6.2 脳波の前処理・解析

脳波の前処理では、ノイズ除去を目的として 0.5[Hz] のハイパスフィルタと 30[Hz] のローパスフィルタを適用した。その後、解析対象となる電極のデータのみを抽出し、「想起課題の実施」中の脳波のみを全体から切り出した。そして、切り出した脳波のデータ群から $\pm 100[\mu V]$ を超える脳波をまばたきや身体を動かしたことなどによるノイズを含むものとして除外した。これらの前処理を施した後にウェーブレット変換を行った。

6.3 CNN への適用

CNN に適用するにあたり、ウェーブレット変換の結果得られるスカログラムを画像化した。このスカログラム画像に被験者が想起していた音高を正解ラベルとして紐付けたものをデータセットとした。なお、ノイズを含む脳波を除外したことでデータセットの各クラスに属するサンプル数に偏りができたため、アンダーサンプリングを実施し、各クラスに属するサンプル数を揃えた。そして、データセットの 3/4 を学習データとして、1/4 をテストデータとして使用した。本研究で使用した CNN の構造を図 5 に示す。なお、ネットワークの学習にはモーメンタム項付き確率的勾配降下法を使用し、初期学習率を 0.01、ミニバッチサイズを 16、エポックの最大数を 3 とした。

6.4 結果・考察

10 名の被験者の脳波を計測した。各被験者における識別率を表 1 に示す。どの被験者においても聴覚刺激の種類によらず 33.3% の識別率となった。これはチャンネルレベルと変わらない値である。また、CNN による学習の過程を確認したところ、識別率が向上する傾向は見られなかった。

「低いラ」、「ラ」、「高いラ」をそれぞれ想起したときの脳波に対して CNN を適用することで脳波を識別することが可能かどうか検証したが、結果として高い識別率を得ることはできなかった。高い識別率を得ることができなかった原因として 3 つの可能性が考えられる。1 つ目は、CNN に入力したデータが不適切であった可能性である。本研究では、「低いラ」、「ラ」、「高いラ」をそれぞれ想起したときには、 α 波、 β 波、 θ 波のパワーに影響があると仮定した。そして、0.5~30[Hz] の周波数帯域を解析対象とした。しかし、本研究での仮定に誤りがあった場合、解析対象とした脳波に CNN が識別するに足る特徴が含まれていなかった可能性が考えられる。今後の課題として、脳波に含まれる要素のうちどの要素を深層学習の入力データとして使用することが適切かを検証する必要があると考えられる。2 つ目は、脳波の前処理・解析の手法が不適切であった可能性である。本研究での仮定に誤りがなかった場合において、脳波の前処理・解析の手法が適切でなかったために脳波に含まれていた特徴をうまく表現できなかった可能性が考えられる。例えば、計測した後どのような解析手法も適用していない生波形の状態では特徴が現れている可能性も考えられる。今後の課題として、脳波に対してどのような前処理・解析手法を施すことが本研究での課題において適切であるかを検証する必要があると考えられる。3 つ目は、学習データの数が不足していた可能性である。深層学習においてはデータセットの数が多ければ多いほど良いとされる。そのため、本研究で用意したデータセットの数が不十分であったために高い識別率を得ることが出来なかった可能性が考えられる。脳波のような生体情報は被験者負担の観点から多量にデータを収集することが困難であるという課題を抱えている。そのため、人工的に脳波のデータを増やす試みをしている先行研究も存在する⁽¹¹⁾。今後の課題として、実験内容の

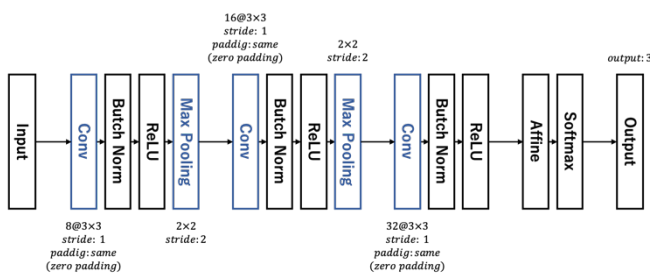


図 5 CNN の構造

工夫により取得できるデータ数を増やすことやデータ拡張を行うことが考えられる。

表 1 識別率

被験者	A	B	C	D	E
純音 (%)	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3
ピアノの音 (%)	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3

F	G	H	I	J	平均	標準偏差
33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	7.49×10^{-15}
33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	7.49×10^{-15}

7. 脳波の特徴量の検証

7.1 検証手法

6.4 節の考察を受け、CNN に入力したデータが不適切であった、すなわち本研究での仮定に誤りがあったため CNN に入力したデータに脳波を識別するに足る特徴が含まれていなかった可能性についての検証を行うこととした。そこで、 α 波、 β 波、 θ 波のパワーに対して、想起する音高の違いが影響を与えているかどうかについて検定を実施した。この検定において、「低イラ」、「ラ」、「高イラ」をそれぞれ想起したときの脳波に含まれる α 波、 β 波、 θ 波それぞれについて音高による優位な差があれば、脳波の前処理・解析手法を変更する、もしくはデータセットの数を増やすことで、脳波を識別することができるようになる可能性が考えられる。

データに対して正規性と等分散性の検定を行い、正規性と等分散性を仮定できるパターンに対してはパラメトリック検定である対応のない二元配置分散分析を適用し、仮定できないパターンに対してはノンパラメトリック検定であるフリードマン検定を適用した。検定では、帰無仮説を「想起する音高の効果はない」、対立仮説を「想起する音高の効果はある」とした。また、有意水準を 5% とした。

7.2 結果・考察

対応のない二元配置分散分析の結果を表 2~5, 7 に、フリードマン検定の結果を表 6 に示す。全てのパターンにおいて p 値が有意水準を上回ったため、帰無仮説は棄却されない。すなわち、聴覚刺激の種類によらず、

α 波、 β 波、 θ 波それぞれのパワーは、想起する音高の影響を受けているとは言えないことが明らかになった。

以上より、脳波に含まれる α 波、 β 波、 θ 波のパワーに着目する方法では深層学習を用いて脳波を識別することは困難である可能性が示唆された。深層学習を用いて脳波から想起した音高を識別する際に高い識別率を得るためには、想起する音高の違いが脳波にどのような影響を与えるかについての検証をさらに行う必要があると考えられる。今後の課題として、本研究において解析対象としなかった γ 波 (26~70[Hz])、HFO (80[Hz]以上) などの高周波数成分について検証することや、脳波の生波形について検証することが挙げられる。また、音楽の想起に関する脳内の働きは明確にはなっていないため、脳波の検証と並行して、解剖学・生理学的な観点から音楽想起時の脳内の働きを明らかにしていくことも重要であると考えられる。

表 2 α 波のパワー (聴覚刺激: 純音)

因子	平方和	自由度	平均平方	F 値	p 値
音高	46.04	2	23.022	1.62	0.2251
標本	1606.25	9	178.472	12.57	0
誤差	255.48	18	14.193		
全体	1907.77	29			

* p < 0.05

表 3 β 波のパワー (聴覚刺激: 純音)

因子	平方和	自由度	平均平方	F 値	p 値
音高	11.784	2	5.8921	0.77	0.4793
標本	417.977	9	46.4419	6.04	0.0006
誤差	138.401	18	7.6890		
全体	568.162	29			

* p < 0.05

表 4 θ 波のパワー (聴覚刺激: 純音)

因子	平方和	自由度	平均平方	F 値	p 値
音高	7.135	2	3.5677	1.49	0.2527
標本	840.736	9	93.4151	38.92	0
誤差	43.204	18	2.4002		
全体	891.076	29			

* p < 0.05

表 5 α 波のパワー（聴覚刺激：ピアノの音）

因子	平方和	自由度	平均平方	F値	p値
音高	10.18	2	5.091	0.52	0.6018
標本	1678.34	9	186.483	19.14	0
誤差	175.41	18	9.745		
全体	1863.94	29			

* p < 0.05

表 6 β 波のパワー（聴覚刺激：ピアノの音）

因子	平方和	自由度	平均平方	カイニ乗値	p値
音高	3.8	2	1.9	3.8	0.1496
誤差	16.2	18	0.9		
全体	20	29			

* p < 0.05

表 7 θ 波のパワー（聴覚刺激：ピアノの音）

因子	平方和	自由度	平均平方	F値	p値
音高	4.542	2	2.271	0.26	0.7711
標本	467.906	9	51.9896	6.04	0.0006
誤差	154.971	18	8.6095		
全体	627.419	29			

* p < 0.05

8. まとめ

人が異なる音高で音を想起したときの脳波を計測し、深層学習に適用することで、脳波からどの音高の音を想起していたか識別することが可能かどうかの検証を行なった。本研究では、 α 波、 β 波、 θ 波を含む周波数帯域のパワーの時間変化に着目し、計測データにウェーブレット変換を行い得られたスカログラム画像を CNN の入力データとして使用したが、高い識別率を得ることはできなかった。高い識別率とならなかった原因として、CNN に入力したデータが不適切であった可能性、脳波の前処理・解析の手法が不適切であった可能性、学習データの数が不足していた可能性が考えられる。そこで、CNN に入力したデータが不適切であった可能性について焦点を当てて、 α 波、 β 波、 θ 波のそれぞれのパワーが想起する音高による影響を受けているかについて検証を行なった。検定の結果、 α 波、 β 波、 θ 波それぞれのパワーは、想起する音高の影響を受けているとは言えないことが明らかになった。深層学習を用いて異なる音高を想起したときの脳波を識別する課題において高い識別率を得るためには、想

起する音高の違いが脳波に与える影響についてさらに検証を重ねることが必要であると考えられる。今後の課題として、本研究で解析対象としたかった周波数帯域や、脳波の生波形について検証することが挙げられる。また、脳波の検証と並行して解剖学・生理学的な観点から音楽の想起に関する脳内の働きを明らかにしていくことも重要であると考えられる。

参考文献

- (1) T. Horikawa, et al., "Neural Decoding of Visual Imagery During Sleep", *Science* 340(6132), pp.639-642 (2013)
- (2) NICT 国立研究開発法人 情報通信機構, "映像を見て感じた内容を脳から言葉で読み解く脳情報デコーディング技術を開発 ~名詞・動詞だけでなく"印象"を形容詞の形で解読に成功~", <<https://www.nict.go.jp/press/2017/11/01-1.html>> (2020年10月22日確認)
- (3) Alison Abbott, "Music, maestro, please!", *Nature* 416, pp.12-14 (2002)
- (4) 安井拓也ら, "言語と音楽と脳科学", *JOHNS* Vol.27 No.8 (2011)
- (5) 澤隆史ら, "音楽を鑑賞する脳", *情報処理* Vol.50 No.8 (2009)
- (6) 中村貴展ら, "音高が脳波に及ぼす影響", *音楽情報科学* 45-6 (2002)
- (7) 藤中雄大ら, "畳み込みニューラルネットワークを用いた多思考脳波判別手法の開発", 第33回ファジィシステムシンポジウム 講演論文集 (2017)
- (8) 及川大樹ら, "畳み込みニューラルネットワークを用いた脳波による音響信号再構成", *IPSJ SIG Technical Report* (2019)
- (9) 繁本成美ら, "fMRI を用いたヒト脳聴覚野からの音階デコードアルゴリズムの検討", 日本機械学会 中国四国支部 第57期総会・講演会 (2019)
- (10) BIOSEMI, "Headcaps", <<https://www.biosemi.com/headcap.htm>> (2020年10月19日アクセス)
- (11) Kahoko Takahashi, et al., "Empirical mode decomposition for improved EEG signal classification with Convolutional Neural Network in Brain-Computer interface experiments", *The 28th Annual Conference of the Japanese Neural Network Society* (2018)

三角ロジックモデルに基づく論理組立演習の拡張と実験的評価

—情報不備化，無意味綴り化，非常識命題化—

中野謙^{*1}，北村拓也^{*2}，姫宮恵^{*3}，沖永友広^{*3}，林雄介^{*1}，平嶋宗^{*1}，

^{*1} 広島大学大学院工学研究科，^{*2} 広島大学学術・社会連携室，^{*3} 広島大学工学部

Deficiency Information Tasks in Triangle Logic Exercise

-Lack, Meaningless and Unacceptable Information Tasks-

Ken Nakano^{*1}，Takuya Kitamura^{*2}，Megumi Himemiya^{*3}，Tomohiro Okinaga^{*3}，
Yusuke Hayashi^{*1}，Tsukasa Hirashima^{*1}

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

^{*2} Academic / Social Collaboration Office, Hiroshima University,

^{*3} School of Engineering, Hiroshima University

We have already developed an interactive exercise system of triangle logic re-composition and have also confirmed that the exercise is useful for logic learning through experimental uses. In the tasks in the exercise all necessary information are provided. In this paper, as an extension of the exercise, we designed three kinds of deficiency information tasks: the first is lack information task, the second is meaningless information and the third is unacceptable information task. Through experiment, we examined the difficulties of the tasks comparing with the original task.

キーワード：論理的思考力，三角ロジックモデル，情報過不足問題，無意味命題，非常識命題

1. はじめに

近年，個々の領域に依存しない一般的な能力としての論理的思考力が重視される傾向にある⁽¹⁾。しかしながら，具体的に訓練を提示しようにも，その育成方法は明確に確立されていないのが現状である。この課題を解決しようとする試みの一つが，学習課題の意味的構造を可視化し，それをインタラクティブに操作できる環境を実装することで，学習課題に対する学習者の活動をより活動的で深いものにする「オープン情報構造アプローチ」である⁽²⁾。筆者はこの考え方に従って，対象を情報構造として記述し，その情報構造についてのインタラクティブな操作を計算機上で実現することで，その対象についてのより深い学びを可能にする学習環境の設計開発と実践利用を行ってきており，その

有用性を確認している。そして，このオープン情報構造アプローチを論理的思考にも適用しようとする研究がこれまでになされてきた。

論理の構造の可視化表現の一つとして Toulmin モデルがある⁽³⁾。これを根拠，理由付け，主張の三要素で構成されるものとし，取り扱う論理構造をモダスポネンスおよび三段論法に限定することで計算可能としたのが三角ロジックモデルである。これまでにこのモデルを組み立てることで論理構造を身につけることが可能とし，論理的思考力の育成を図れると仮定して演習システム開発が行われ，論理的思考力の育成に資することを示唆する結果が実験的に得られている⁽⁸⁾。

この三角ロジック演習システムだが，演習はシステムの仕様上「与えられた要素で与えられた型の三角形を元に三角ロジックを組む」という活動に限定されて

いた。しかし、実際の論理思考活動の中では、現在ある要素から論理組立に必要な要素を推論することや、論理を構成する命題の意味を吟味する必要も出てくる。

本研究では、既存の三角ロジック演習システムに対し、(1)論理思考活動における情報過不足課題演習への拡張、(2)有意味命題と無意味綴り命題を用意した演習への拡張、(3)非常識的な有意味命題を用意した演習への拡張、を行い、実践利用することで、学習者の論理思考力へ影響を与えるか検証した一連の結果を報告する。

2. 先行研究

2.1 Toulmin モデル

Toulmin は何らかの主張を論理的に展開するためには、主張・理由づけ・根拠・限定・反証・裏付けの6要素が構造的に関係づけられている必要があるとしたモデルを提唱しており、そのモデルは Toulmin モデルと呼ばれている⁽⁹⁾。論理の構造をこの6要素で定式化することで、論理を構成する要素や要素間の関係が明確化され、構造自体の理解に役立つとともに、その正誤の判定や修正、さらに、論理の組み立ての方法自体を学ぶことが可能になるとされている。この Toulmin モデルをもとに構成された論理構造を自動診断し即時的なフィードバックを返すといったインタラクティブ化を指向した研究はこれまでに見当たらなかったが、北村の研究ではそのインタラクティブ化を目指し、システム開発および実践利用がなされた⁽⁸⁾。

2.2 三要素への限定

Bryan は Toulmin モデルの六要素のうちの主張・理由づけ・根拠の3つが論理構造の本質であり、この三つだけでも論理構造とみなせるとの主張を行っている⁽¹⁰⁾。また、三要素を用いて論理の学習を行っている事例も多く存在する^(12,13)。北村は、この三つの要素だけで構成できる論理構造に限定した上で、その演習化を試みている。当論文では、この三要素を三角形の頂点に配置し、それぞれの要素を他の要素と結んだ構造的表現を三角ロジックモデルと呼んでいるが、その具体例を図1に示した。

本研究では、取り扱う論理構造を三段論法に限定す

ることで「根拠」、「理由づけ」、「主張」の構成要素とそれらの要素間の関係を定式化し、さらに三角形の各辺に推論としての意味付けを追加して、それぞれの推論を演習化していることが特徴となる。

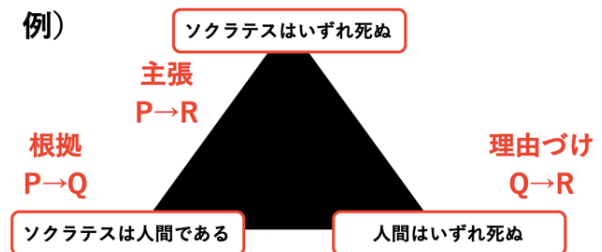


図 1 三角ロジックモデルの具体例

2.3 論理構造の組み立て操作

本研究では、予め教授者が正解となる論理構造を三角ロジックモデルに基づいて記述する（教授者三角ロジックと呼ぶ）。作成された教授者三角ロジックは三段論法を構成しており、左底辺に根拠に相当する命題、右底辺に理由づけに相当する命題、底辺の対頂点に主張に相当する命題が配置される。

教授者三角ロジックが作成されると、これを分解することで三つの命題を取り出すことができる。この三つの命題を再構成して三角ロジックを組み立てるためには、三つの命題の関係を表す三角形の枠組み（三角ロジックフレームと呼ぶ）も必要となる。命題と三角ロジックフレームのセットをキットとして学習者に提供し、このキットから妥当な論理構造を組み立てるのが、本演習における学習者の活動となる。なお、学習者の組み立てた三角ロジックについては、学習者三角ロジックと呼ぶ。

2.4 従来型三角ロジック組み立て

「三角ロジック」を可視化された論理の三角形を組み立てることで論理の構造的な理解を促し、自動診断によるフィードバックで、学習者が自ら試行錯誤をしながら論理構造を身につけるためのシステムの開発がこれまでなされてきた。この演習環境では、三角ロジックを提供された部品を使って組み立てる演習（組み立て演習）が実装されている。

国立教育政策研究所教育課程研究センターが公開している特定の課題に関する調査（論理的な思考）の間

題⁽¹⁹⁾を上記システムの前後で実施したところ、システムの課題を終了するまでの時間と問題の得点との間に負の相関が見られたという結果が得られている⁽⁸⁾。つまり、システムの論理組み立て問題を早く解ける学習者ほど、論理思考力が身につけているので問題の得点も高いということが言える。

2.5 先行研究における課題

「他者の意見や思考を論理的に説明する」というクリティカルシンキングの概念は、論理的思考において重要な要素の一つである。しかし、実際にその行為の実施は難しく、我々はその原因を「命題完備性」や「意味的完備性」の欠如によるものだと考えている。

「命題完備性」とは、論理を組み立てる要素である命題が充足しているか否かのことを指す。これが不足すると、「他者が自身の暗黙知を元に論理を組み立てていて、自分の中では再構成できないため理解できない」という問題が発生しうる。三角ロジック再構成演習においては、モデルを組み立てるための命題が欠如した状態である。

「意味的完備性」とは、論理を組み立てる要素である命題の意味が理解できるものか、あるいは合意できるものか否かである。これが不足すると、「他者が自分の知らない要素を元に論理を組んでいて理解できない」

「自分が正しいと考えていない要素を元に、他者が論理を組んでいて理解できない」という問題が発生する。三角ロジック再構成演習においては、モデルを組み立てるための命題が自然言語で記述されているか否か、あるいは常識的に妥当とされない命題であるか否かという状態である。

これまでの三角ロジック再構成演習は、上記二点が保証された上での組み立て演習だったため、クリティカルシンキングの範囲にまでは至らなかった。そこで本研究では、上記二点が欠如した「情報不足問題」「無意味綴り命題」「非常識命題」の拡張を三角ロジック再構成演習に対して行い、まずは学習者の論理的思考にどのように影響を及ぼすのかを調査した。

3. 情報過不足問題演習

3.1 情報不足問題

演習で用いられる問題は、解くために必要な情報だけで構成されるのが一般的であり、学習者はそのことを前提として解決に取り組むことが多い（以下、このような問題を「情報完備問題」と呼ぶ）。これに対し、問題解決に不要な情報が含まれていたり（以下、「情報過剰問題」と呼ぶ）、あるいは必要な情報が欠落していたり（以下、「情報不足問題」と呼ぶ）した場合には、より深い理解を要する問題になるとされている⁽¹⁴⁻¹⁷⁾。情報完備問題と比較すると、情報過剰問題は提供されている情報が解決に必要なものかどうかを吟味することが求められる。情報不足問題では、提供されている情報だけでは答えを導くことができないと判断することと、不足した情報を補間して答えを導けるようにすることが必要となる。

3.2 三角ロジックにおける情報過不足問題

これまでの三角ロジック再構成演習では、提供された部品を用いて論理の構造を組立てることが学習者に求められる。この時、三角ロジックを構成する三要素のみ命題カードを提供している場合は情報完備問題、不要な命題カードを含めて提供している場合は情報過剰問題として位置付けることができる。そこで、本研究では先行研究の演習に情報不足問題及び情報過剰問題（過剰な情報を含み、かつ、欠落した情報のある問題）を追加することを目指して、情報補間活動を不足した部品を構成要素から組立てる外在化された操作として実装した（図 2）。この外在的操作化は、ある思考を習得するうえで、対応する操作を具体物に対する外在的な操作として行えるようにすることが有効であるとする Galperin の知的行為多段階形成モデルに基づくものである⁽³⁾

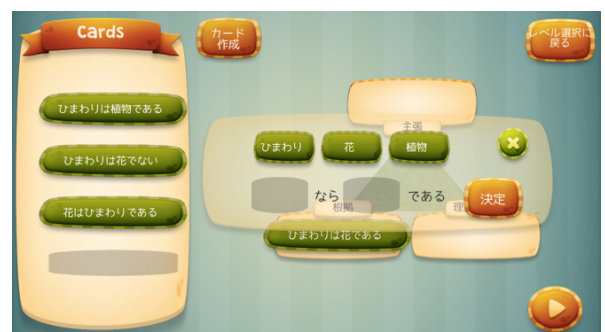


図 2 情報補間活動の例

3.3 演習実施結果

情報過不足問題を含んだ三角ロジック再構成演習の実施結果を表 1 に示した。なお、対象は情報工学系の学生であり、演習は情報完備問題、情報過剰問題、情報不足問題、情報過不足問題で構成されている。情報不足問題と情報過不足問題を比べると、一問あたりの解答数が 2 割、所要時間が 5 割増加しており、不足を過不足化したことで難度が高くなったことが示唆された。

また、論理的思考力の調査問題⁽¹⁹⁾のスコアと各演習の所要時間の相関も調べた。その結果が表 2 である。なお、論理的思考力の調査問題のスコアは、平均 34.5(SD=3.5)、であった (46 点満点)。

その結果、情報完備、情報過剰、情報不足に弱い相関があり (0.2~0.4)、情報過不足、混合において中程度の相関(0.4~0.7)が見られた。多重検定 (FDR 法) を行ったところ、情報過不足問題においてのみ、有意であった。このことは、論理組立における情報過不足問題は、論理的思考力との関係が深く、したがって論理的思考力育成のための問題として有望であることが示唆された。

情報不足問題の相関が弱かったのは、三つの命題で構成される単純な論理構造のみを扱ったことで、不足情報が比較的自明であったことが影響していると考えられる。またこのことは、単純な構造を対象とするような初歩の段階における過不足の有効性を示唆するものといえる。混合演習は、問題を吟味することで完備、不足、過剰、と判断させる意図があったが、本演習の性質上、完備と不足に関してはその種類がカードの枚数で判別できてしまうことが影響したと考えられる。

3.4 三角ロジックにおける論理変換問題

ここまで、命題が不足していることへの対応策として、「命題を追加する」という情報補間活動を実装し実験利用まで行なった。しかし、命題が不足していない環境でも、論理組立に利用する命題がそのまま三角ロジックモデルに当てはまるような形式ではない場合もある。そうした場合の一つに、「命題に対して論理変換を行う」という情報補間活動を行うことで三角ロジックモデルに適用可能となることがある。そこで、与えられた要素では論理が組み立てられないことを判断す

る経験、および論理を組み立てるのに必要な要素を自分で見つける経験、を演習に組み込むため、三角ロジック再構成演習にて提供される命題に対して逆・裏・対偶の変換を可能とし、それらの変換を行なって初めて三角ロジックが成立する演習も組み込んだ (図 3)。

この論理変換問題を組み込んだ三角ロジック再構成演習を情報工学系の大学生の学習者に対して実験利用した結果、7 割以上の学習者がすべての問題に到達し、試行錯誤できたという結果が得られた。このことから、拡張演習として滞りなく実施できることが確認できた一方、学習効果については確認できなかったため、より拡張を洗練することが今後の課題となる。

表 1 演習結果

(n=21)	平均所要 時間 (秒)	秒/問	平均解答数 /問	カード 作成数/問
情報完備 問題演習 (3 問)	57 (SD=28)	19	1.25 (SD=0.35)	
情報過剰 問題演習 (3 問)	58 (25)	19	1.12 (0.22)	
情報不足 問題演習 (3 問)	106 (58)	35	1.03 (0.10)	1.06 (SD=0.13)
情報過不足 問題演習 (3 問)	160 (142)	53	1.23 (0.46)	1.28 (0.63)
混合演習 (全 12 問)	384 (171)	32	1.23 (0.17)	0.708 (0.15)
全演習	763 (373)			

表 2 調査問題スコアと演習時間の相関

	相関係数	p 値	FDR の 有意水準
情報完備	-0.34	0.149	0.04
情報過剰	-0.221	0.349	0.05
情報不足	-0.39	0.092	0.03
情報過不足	-0.61	0.004	0.01
混合	-0.48	0.032	0.02



図 3 命題カード論理変換機能画面

4. 無意味綴り命題

4.1 有意味命題と無意味綴り命題

三角ロジックで取り扱っている命題は、「犬である」というような一要素のみで構成される単純命題，もしくは「犬であるならば動物である」というような単純命題二つで構成される含意命題の二種類である．数学の記号的論理で表すと，単純命題は p ，含意命題は $p \rightarrow q$ とそれぞれ表現できる．ここで， p や q に現実世界では意味を持たない言葉（無意味綴り）が当てはまっている場合を無意味綴り命題とし，一方，意味を持った言葉で構成されている命題を本稿では有意味命題と呼ぶ．図 4 は無意味綴り命題を用いた三角ロジック再構成演習の課題例である．

有意味命題の演習の場合，提供された命題が学習者の既有知識に含まれる可能性がある．そのため，演習に対して精緻化が発生することにより，無意味綴り命題の演習よりも効率のよい三角ロジックの組み立てができると考えられる．

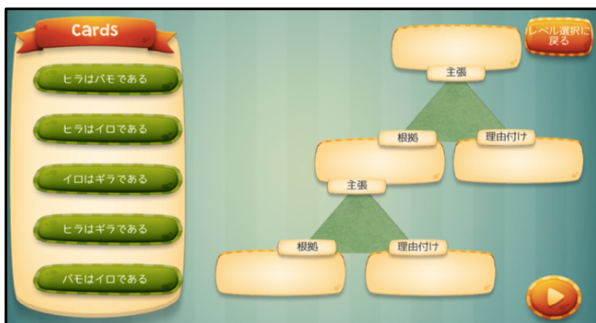


図 4 無意味綴り命題を用いた組み立て演習例

4.2 演習実施結果

今回利用した演習は，先行研究で開発した三角ロジック組立演習システム⁽⁶⁾において，課題を本研究用に入れ替えたものであり，レベル 1 から 4 の 4 段階用意

した．レベルが上がるごとに埋める三角ロジックの穴が増えていき，レベル 4 では根拠側に拡張した三角ロジックを組み立てることになる．

被験者は，文学部系大学生 14 名（文系群）と情報工学系大学生・大学院生の 17 名（理系群）であった．いずれもすべての演習を終えるまで連続して行なってもらった形式をとった．ログとしては，各レベルの各課題の開始時間と終了時間を記録し，その差分を課題の所要時間とした．また，各課題に対する部品組立操作も記録した．被験者は全員全問正答にたどり着き，文系群，理系群それぞれの総所要時間平均は 958 秒 ($\sigma=202$)，681 秒 ($\sigma=255$) であった．

各レベルでの各課題に対する一問あたりの平均所要時間を表 3 にまとめた．各レベルにおける有意味命題課題と無意味綴り命題課題の一問あたりの所要時間に違いがあるかどうかを検定したところ（ウィルコクソンの符号順位検定），レベル 2 において有意な差がみられたが，レベル 1，レベル 3 およびレベル 4 では，有意差は見られなかった．レベル 1 及びレベル 2 で有意味・無意味の三角ロジックの導入的な組立課題を行って慣れたうえで，すべての命題を組立てるレベル 3 及びレベル 4 において所要時間に差が出なかったことは，三角ロジックの組立課題を遂行する上で，有意味命題と無意味命題の違いは顕著なものではないことを示唆すると判断している．レベル 2 においてのみ差が出た理由としては，無意味な命題の組立という，慣れない活動に戸惑った可能性があると考えている．また，理系の大学生と文系の大学生では，所要時間が概ね理系群が短かったが，無意味・有意味間や各レベル間での傾向に差はなく，無意味綴り化の影響は理系・文系で差は見られなかったと判断している．

所要手数は，正解までにカードを三角ロジックに当てはめた回数である．結果は表 4 のようになり，所要時間と同様にレベル 2 においてのみ有意差が現れ，他のレベルでは有意差は見られなかった．所要時間と同様，レベル 3 及びレベル 4 で手数に差がなかったことから，有意味命題・無意味命題の違いは，三角ロジックの組立の手数には影響を及ぼさないことを示唆している．

表 3 一問あたりの平均所要時間の分析

演習 レベル	単語 綴り	平均所要時間 (秒/問)		p 値
		文系群 (14名)	理系群 (17名)	
1	有意味 (6問)	13.7 ($\sigma=4.2$)	11.9 (5.2)	文系群： $p=0.389$
	無意味 (3問)	15.9 (5.9)	12.6 (5.0)	理系群： $p=0.112$
2	有意味 (6問)	28.8 (11.7)	15.6 (5.6)	文系群： $p=0.003^*$
	無意味 (3問)	46.7 (21.3)	22.9 (11.5)	理系群： $p=0.002^*$
3	有意味 (3問)	30.5 (12.3)	26.8 (27.1)	文系群： $p=0.135$
	無意味 (3問)	38.4 (16.9)	31.8 (25.1)	理系群： $p=0.138$
4	有意味 (3問)	54.5 (22.1)	42.2 (20.9)	文系群： $p=0.437$
	無意味 (3問)	48.6 (16.3)	35.6 (14.0)	理系群： $p=0.176$

表 4 一問あたりの平均所要手数の分析

演習 レベル	単語 綴り	平均所要手数 (手数/問)		p 値
		文系群 (14名)	理系群 (17名)	
1	有意味 (6問)	3.8 ($\sigma=1.5$)	2.4 (0.5)	文系群： $p=0.057$
	無意味 (3問)	5.3 (2.6)	2.2 (0.3)	理系群： $p=0.056$
2	有意味 (6問)	6.5 (2.5)	4.0 (1.2)	文系群： $p=0.003^*$
	無意味 (3問)	13.5 (5.5)	5.0 (2.3)	理系群： $p=0.044^*$
3	有意味 (3問)	11 (4.4)	5.9 (1.7)	文系群： $p=0.062$
	無意味 (3問)	14.0 (5.2)	8.7 (4.8)	理系群： $p=0.098$
4	有意味 (3問)	21.4 (5.7)	9.9 (5.2)	文系群： $p=0.86$
	無意味 (3問)	21.7 (5.6)	11.7 (5.9)	理系群： $p=0.056$

表 5 最初に埋める空欄の割合

	単語綴り	主張	理由付け	根拠
文系群	有意味	72	7	19
	無意味	75	2	19
理系群	有意味	46	4	31
	無意味	31	10	37

組立手順とは、三角ロジックの組立をどの部分（主張、理由付け、根拠）から行うかである。レベル3、4について分析した結果、表5の結果となった。文系群では、有意味命題・無意味命題ともに主張から組立てる場合が多く、有意味命題で72%、無意味命題で75%であった。理系群の場合は、有意味命題・無意味命題ともに、根拠と主張から組立てる場合が、有意味命題については、主張:46%、根拠:31%、無意味命題の場合は、主張:31%、根拠:37%であった。これらの結果は、組立手順に関して、有意味命題と無意味命題に差がないことを示唆している。ただし、文系群と理系群の組立て方に違いがある可能性も示された。

5. 非常識命題

5.1 三角ロジックにおける非常識命題

三角ロジック再構成演習における有意味命題と無意味命題の及ぼす影響については第4章で述べた通りである。本章では、その演習問題に非常識な有意味命題の問題を混合した演習を設計した。

図5は非常識命題問題の演習画面である。なお、非常識命題は、基本的に元々常識的に妥当とされる命題に否定の論理変換を行うことで作成している。例としては「ペンギンは鳥である、鳥であるなら卵を生む生き物であるから、ペンギンは卵を生む生き物である」という三角ロジックの構成に対し、「ペンギンは鳥である、鳥であるなら卵を生む生き物ではないから、ペンギンは卵を生む生き物ではない」となる。



図 5 非常識命題演習例

5.2 演習実施結果

今回の演習は、第4章で利用した三角ロジック再構成演習システムにおいて、課題を本研究用に入れ替えたものであり、レベル1から4の4段階用意している。

本研究では、各レベルで、有意味命題を扱う課題と非常識命題を扱う課題、無意味綴り命題を扱う課題を用意した。

被験者は、情報工学系大学生・大学院生の22名であり、実験として利用してもらった。いずれもすべての演習を終えるまで連続して行なってもらう形式をとった。ログとしては、各レベルの各課題の開始時間と終了時間を記録し、その差分を課題の所要時間とした(表6は一问あたりの平均)。また、各課題に対する部品組立操作も記録し、ここではその中でも、部品を移動させる操作手数の一问あたりの平均を表7に示した。被験者は全員全問正答にたどり着き、総所要時間平均は717秒($\sigma=313$)であった。なお、三種類の命題の一问あたりの平均所要時間および平均所要手数の比較はウィルコクソンの符号付き順位検定で行い、多重検定であることを考慮し、有意水準は5%/検定回数3回=1.67%(0.0167)と設定した(ボンフェローニ補正)。

結果として、まず一问あたりの所要時間において、非常識命題と有意味命題とでは全てのレベル、無意味命題とではレベル3以外のレベルにて有意差がみられた。その一方、一问あたりの所要手数においては、非常識と有意味・無意味綴りとでレベル1とレベル2のみでしか有意差はみられなかった。

このことは、まず有意味命題として三角ロジックを組み立てようと試行する学習者にとって、命題を認識する上で非常識な命題はノイズとなるものの、実際に組み立てる段階では、その認識の上で組み立てる段階へ移ることで有意味、非常識、無意味綴りそれぞれの違いがほぼなくなるため、認識の所要時間に影響は出ても、その後の操作手数については影響が出にくかったのではないかと考察される。

6. まとめ

本研究では、既存の三角ロジック演習システムに対し、(1)論理思考活動における情報過不足課題演習への拡張、(2)有意味命題と無意味綴り命題を用意した演習への拡張、(3)非常識的な有意味命題を用意した演習への拡張、を行い、実践利用することで、学習者の論理

表6 一问あたりの平均所要時間

演習レベル	単語綴り	平均所要時間 (秒/問)
1	有意味(4問)	11.8 ($\sigma=3.4$)
	非常識(2問)	18.4 (8.0)
	無意味(3問)	11.9 (5.7)
2	有意味(4問)	16.4 (6.9)
	非常識(2問)	31.5 (29.6)
	無意味(3問)	17.3 (7.2)
3	有意味(2問)	19.5 (9.1)
	非常識(1問)	27.5 (11.4)
	無意味(3問)	40.5 (45.1)
4	有意味(2問)	30.5 (18.5)
	非常識(1問)	61.9 (54.6)
	無意味(3問)	35.3 (17.1)

表7 一问あたりの平均所要手数

演習レベル	単語綴り	平均所要手数 (手数/問)
1	有意味(4問)	2.1 ($\sigma=0.3$)
	非常識(2問)	2.8 (1.2)
	無意味(3問)	2.0 (0)
2	有意味(4問)	3.4 (0.5)
	非常識(2問)	4.3 (1.4)
	無意味(3問)	3.4 (0.5)
3	有意味(2問)	4.6 (0.8)
	非常識(1問)	5.5 (1.9)
	無意味(3問)	5.4 (2.3)
4	有意味(2問)	7.8 (2.7)
	非常識(1問)	9.9 (5.9)
	無意味(3問)	9.1 (2.8)

的思考力へ影響を与えるかを検証した。

その結果、情報過不足課題演習は三角ロジック再構成演習上で実装でき、大学生を対象とした実験的利用を通して、従来用いていた情報完備及び情報過剰問題よりも、情報過不足問題の難度が高いこと、および、論理的思考の調査問題のスコアと情報過不足問題の解決に要する時間に有意な負の相関が見られたことから、今回実装した情報過不足問題も先行研究⁽¹⁴⁻¹⁷⁾が指摘

するように論理的思考力を要するものとなっていることが再確認された。また、有意味命題と無意味綴り命題を用意した演習では、所要時間、所与手数および組立手順において、理系群、文系群ともに、有意味命題を扱った場合と無意味命題を扱った場合で顕著な違いは見られなかった。一方で、非常識な有意味命題を追加した場合、同様の基準で有意義命題や無意味綴り命題の問題と比較した時に、論理構造を組み立てる際にノイズとなるような影響が見られた。

参 考 文 献

- (1) 文化庁:「これからの時代に求められる国語力について」文化審議会答申(2004).
- (2) 平嶋宗:“ディープアクティブラーニングを指向した課題設計法としてのオープン情報構造アプローチ:外在タスク・メタ問題・仮説検証的試行錯誤”, 人工知能学会全国大会資料(第32回)(2018).
- (3) 平嶋宗:「学習課題」中心の学習研究:情報構造としての学習課題の再定義と構造操作としての学習活動の設計, 人工知能学会誌 Vol. 30 No. 3, pp. 277-280 (2015).
- (4) Hirashima, T., Hayashi, Y., Yamamoto, S., Maeda, K.: Bridging Model between Problem and Solution Representations in Arithmetic/Mathematics Word Problem, Proc. of ICCE2015, pp. 9-18 (2015).
- (5) 山元翔, 神戸健寛, 吉田祐太, 前田一誠, 平嶋宗: 教室授業との融合を目的とした単文統合型作問学習支援システムモンサクン Touch の開発と実践利用, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J96-D, No. 10, pp. 2440-2451 (2013).
- (6) Horiguchi, T., Imai, T., Toumoto, T., Hirashima, T.: Error-Based Simulation for Error-Awareness in Learning Mechanics: An Evaluation, Journal of Educational Technology & Society, Vol. 17, Issue 3, pp. 1-13 (2014).
- (7) 平嶋宗, 長田卓哉, 杉原康太, 中田晋介, 舟生日出男: キットビルド概念マップの小学校理科での授業内利用の試み, 教育システム情報学会誌, Vol. 33, No. 4, pp. 164-175 (2016).
- (8) 北村拓也, 長谷浩也, 前田一誠, 林雄介, 平嶋宗: “論理構造の組み立て演習環境の設計開発と実験的評価”, 人工知能学会論文誌, Vol. 32, No. 6, pp. C-H14_1-12 (2017).
- (9) 水山光春: 合意形成をめざす中学校社会科授業—トゥールミンモデルの「留保条件」を活用して—, (1997).
- (10) Bryan, H. J., et al.: A NEW LEARNING PROGRESSION FOR STUDENT ARGUMENTATION IN SCIENTIFIC CONTEXTS (2014).
- (11) 井上尚美: “言語論理教育入門—国語科における思考”, 明治図書 (1989).
- (12) 堀江祐爾, 成瀬雅巳: “思考力・判断力・表現力を育成するために言語活動を取り入れた効果的な指導方法の研究: 論理的に「話す・聞く」「書く」指導をとおして”, 平成 24・25 年度「理論と実践の融合」に関する共同研究活動成果報告書 (2003).
- (13) 佐藤佐敏: “解釈する力を高める発問”, 上越教育大学研究紀要 第 29 卷 (2010).
- (14) 石田淳一: “算数科における「読み」の指導に関する研究—情報過剰問題を中心として(1)—”, 愛知教育大学研究報告, 教育科学, Vol. 33, pp. 239-251 (1984).
- (15) Verschaffel, Lieven, Erik De Corte, and Sabien Lasure: “Realistic considerations in mathematical modeling of school arithmetic word problems”, Learning and Instruction. 4, pp. 273-294 (1994).
- (16) 金田茂裕: “不備のある算数文章問題に対する小学生と高校生の解決方略”, 京都大学大学院教育学研究科紀要, Vol. 48, pp. 468-477 (2002).
- (17) 竹綱誠一郎, 斎藤寿実子, 吉田美登利, 佐藤朗子, 瀧沢絵里, 小方涼子: “児童の作文学力と算数文章題学力との関係”, 人文, Vol. 10, pp. 85-92 (2012).
- (18) 中道孝之, 平嶋宗: “力学の情報不備問題を対象とした演習支援システム”, 教育システム情報学会誌, Vol. 27, No. 2, pp. 155-163 (2010).
- (19) 国立教育政策研究所: “特定の課題に対する調査(論理的な思考)” (2017), https://www.nier.go.jp/kaihatsu/tokutei_ronri/index.html, (閲覧日 2020 年 4 月 9 日).
- (20) 北村拓也, 平嶋宗: “論理構造の構造化演習と分節化演習の演習順序による演習難易度の差”, 人工知能学会論文誌, Vol. 34, No. 5, pp. C-I73_1-5 (2019).
- (21) 中野謙, 姫宮恵, 北村拓也, 林雄介, 平嶋宗: 論理組立演習における情報過不足問題の開発, 教育システム情報学会論文誌(採録決定)
- (22) 中野謙, 北村拓也, 林雄介, 平嶋宗: 無意味綴り命題に対する三角ロジック組立活動の分析, 第 45 回教育システム情報学会全国大会講演論文集(2020).

他者視点の認知を促すプレゼンシナリオ設計支援システム

正門 和己*1, 林 佑樹*1, 瀬田 和久*1

*1 大阪府立大学大学院 人間社会システム科学研究科

Presentation Scenario Design Support System by Prompting Awareness of Others' Viewpoints

Kazumi MASAKADO*1, Yuki HAYASHI*1, Kazuhisa SETA*1

*1 Graduate School of Humanities and Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture University

学習者にとって十分に吟味・検討した内容であっても、他者（熟達者）から見れば検討の余地が残っていることは少なくない。これは、他者視点で思考を吟味的に見直し、再構成するといったメタ認知活動が十分に行えていないことが原因にある。そこで本研究では、他者視点の認知を促す機会としてプレゼン資料作成活動に着目し、学習者が設定する聴衆モデルとプレゼンシナリオに則した助言を提示する情報システムの仕組みを提案する。

キーワード: 他者視点, プレゼンシナリオ, 聴衆モデル

1. はじめに

本研究では、プレゼンテーション（以下、プレゼン）の準備をいかに有意義な知識創造機会へと導くか、その支援に必要なことは何か、という高等教育現場が抱える課題について検討する。研究活動場面を例に挙げると、自分が取り組む研究を学術的に位置づけ、その価値や内容を他者が了解可能とするプレゼンを構成することは研究初学者にとって必ずしも容易なことではない。他者（先輩、後輩、指導者）と議論を通じたさまざまな意見を踏まえ課題を認識し、試行錯誤しつつ、この難しさの克服に取り組むことになる。

プレゼン設計は、他者の理解を目標状態に導くプランを、他者が抱える疑問（葛藤）の予見とその（解消を課題と見立てた）課題解決策を内包するよう形成する活動である。例えば、「学習目標の達成に向けて学習者が抱える困難性とその軽減に向けたアプローチの合理性（疑問）」を予見し、「専門知識を要しない具体例により共感を得ることで論旨を伝える（課題解決策）」プレゼンを構成する。

プレゼン設計活動は本質的に、課題とその解決プロセスが明確に定義できない ill-defined なタスクであるため制御が難しいことではあるが、議論を含めたプレ

ゼン準備の取り組みがホルナゲル^①の言う混乱状態である場当たり的なものとなるのではなく、戦略的で知識創造的なものへと移行を促す支援はどのようなものであるか検討することが本研究の目標とするところである。

そのような戦略的で知識創造的な機会とするためには、指導者との議論に先立ってなされる自己内対話を充実化し、議論の準備性を高めるとともに、プレゼン設計時の自己内対話のプロセス（プレゼン構成の意図）が指導者と共有可能になることが重要であると考えている。そこで本研究では、研究プレゼン設計を機会とし、他者視点での吟味を促す助言提示を実現するとともに、助言に応じた学習者の修正活動を指導者が理解可能な形で議論が行えるプレゼンシナリオ設計支援システムを開発した。

2. 基本思想

2.1 アプローチ

伊藤^②は、学習方略としての言語化効果について検討し、知識陳述（の一連の活動）、認知的葛藤、知識構築（の一連の活動）の三つのプロセスからなる学習モデルを提唱している。図1に伊藤が提唱する学習方略としての言語化の目標達成モデルを示している。知識

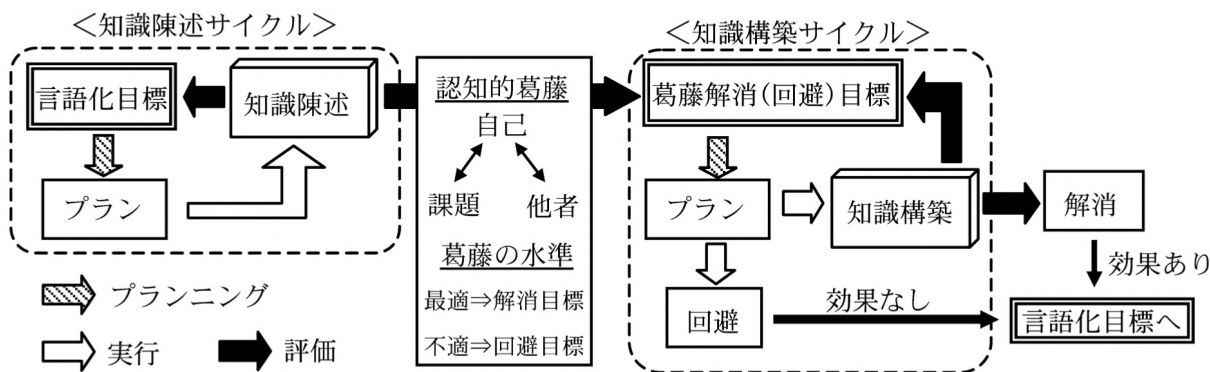


図1 学習方略としての言語化の目標達成モデル⁽²⁾

陳述の一連の活動は自らの知識を外化する言語化目標を達成するための自己認知過程である。認知的葛藤は、言語化された自分の見解が課題とのずれ、または他者との異なる認知から葛藤を作り出すプロセスである。知識構築の一連の活動は、認知的葛藤を解消することを目的として、自らの考えを訂正したり、解決案を新しい知識として構築する新たなアイデアを生み出すことである。

研究初学者と指導者の議論を有意義なものとする阻害理由をこのモデルに基づいて考えてみると、研究経験が長く背景や指向性が異なる他者の頭の中で生じる葛藤（課題）を予見し、解消目標を設定することが容易でないことがある。このため、(疑似聴衆者として)指導者が指摘する課題に対する自分の考えや解決策を内包しない準備性が低い状態で議論に臨むことになる。そうすると、指導者との他者対話が、自分の考えの再吟味に至らず、学習者主導の知識創造機会としては機能しなくなり、十分な理解を伴わないままの表層的なプレゼンの修正活動となりがちになる。

このような状況になってしまう主たる原因の1つに、研究初学者であるため研究領域固有の概念的つながりについての俯瞰的なスキーマが体制化されていないことがある。この課題に対して、研究領域の構造的関係性について指導者が有するモデルをメタモデルとして計算機可読な形式で構築し、その下で領域固有の言語化目標体系を「問い」として定義する。そして、自身の研究内容、研究段階に応じて、これに対する「答え」を掘り下げることができる環境を学習者に提供することで知識陳述サイクルの活性化にアプローチする。さらに、学習者が設定した複数の「問いと答え」の間の合理性について、その検討を促す「(メタ認知的)問い」

を提示することで葛藤を誘発し、知識構築サイクルへ（新たな葛藤解消目標の設定、その解決方針の形成、知識構築）の移行促進にアプローチする。

こうした本研究の基本的着想にもとづいて、森ら⁽³⁾は教育システム情報学を対象とした自己内対話促進支援システム（図2）の開発を行ってきた。そこでは、「(学習目標の達成に向けて)学習者が抱える困難性はどのようなものですか?」と言った概念が定義され、学習者は日常の研究活動においてこれを活用している。プレゼン設計活動においては、日常の研究文脈で積み上げてきたことを基礎に焦点化される主題に対して、自己完結性のあるストーリーフレームを形成することが求められる。研究内容のどのような側面に光を当てるかは一般に多様であるので、このとき焦点化された主題に即した掘り下げの思考と暗黙にされていた論理的つながりの検討がなされれば、プレゼン準備が学習者駆動の知識創造機会となり研究内容も深化することになる。

こうしたことから、本研究では日常の研究活動文脈で用いられる森のシステムと連携してこれを拡張する形で、プレゼンシナリオ設計支援環境を新たに構築し、

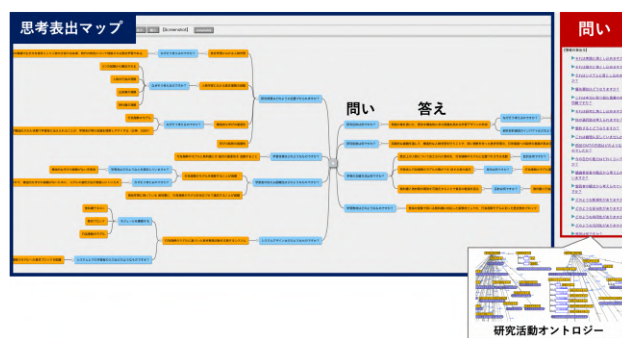


図2 自己内対話促進支援システム

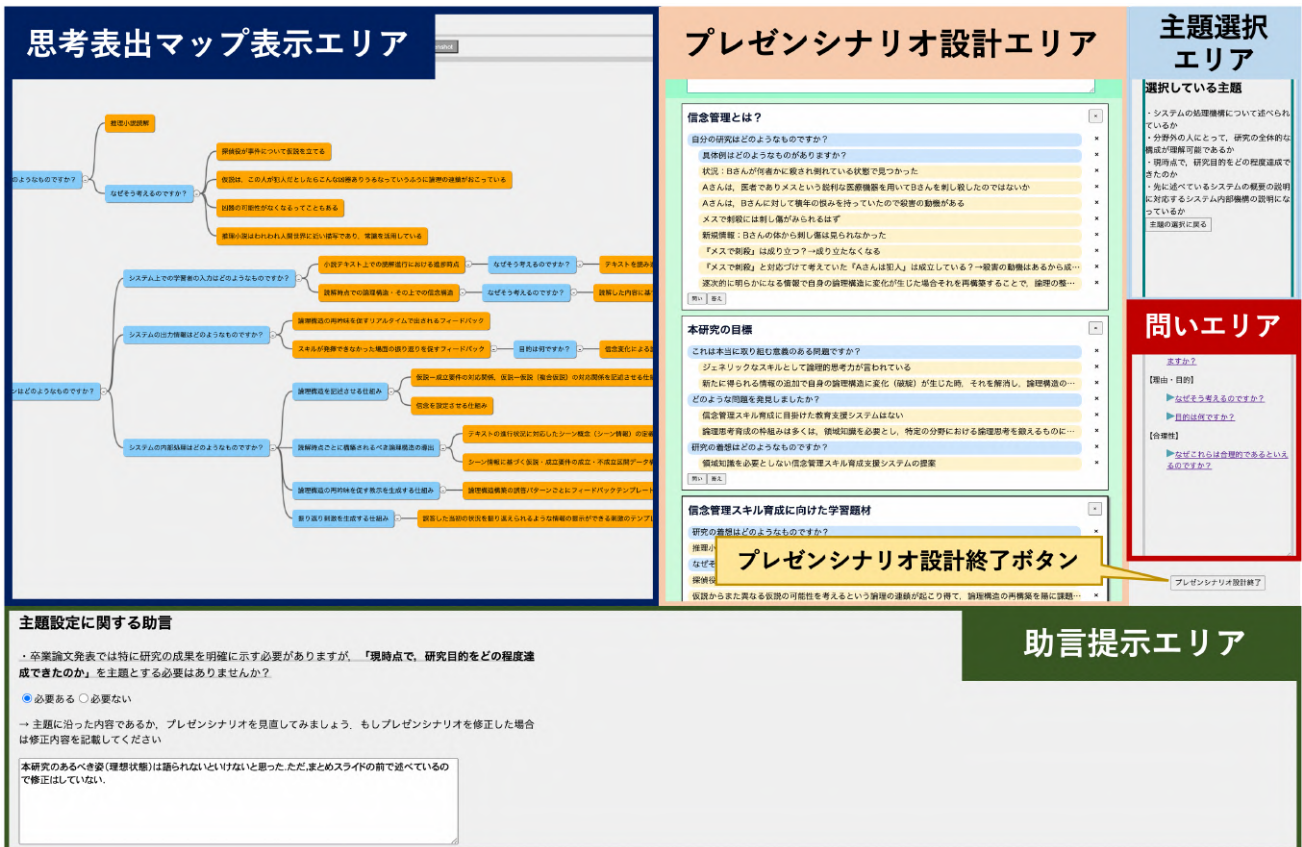


図3 システムインターフェース

焦点化された主題に即した知識構築サイクルの活性化へつなげる支援の実現を目標とした。

2.2 機能要件

プレゼン準備は ill-defined なタスクであり、複数のタスクを同時並列的に実行する必要があるため研究初学者にとって認知的負荷が高く統制が難しい。同時並列的に実行するタスクとして、聞き手のモデルの形成、研究内容の焦点化、主題設定、とりあげる内容の優先度設定、疑問（葛藤）の予見、解決策の立案などがあり、プレゼンシナリオの形成に伴ってそれらを随時、修正、更新することが求められる。これらをどのような状況で行うべきかは暗黙的であり陽に課題化されない。本研究では、これらの基本となる認知活動の実行を課題化するとともに、プレゼン設計の任意のタイミングでこれを見直し更新可能とする（機能要件1）。

第2に、研究活動の日常の場面で構築した思考構造を基礎としてプレゼンシナリオを形成できるとともに、主題の焦点化に伴って深掘りすべき課題（葛藤）を認識した場合には、思考構造の再吟味をできるものとする（機能要件2）。

第3に、主題の焦点化に伴って考慮すべき課題や論

理的整合性の吟味を促す刺激を生成することで、それらの深掘りを促すことができるものとする（機能要件3）。

第4に、そこでの意思決定過程を記録することで自身の判断の内省を促し、指導者との議論の準備性を高めることができるものとする（機能要件4）。これを参照することで、指導者にとってはプレゼン設計における初学者の判断や意図を理解した上で議論を行うことができる。

3. プレゼンシナリオ設計支援システム

2章で述べたアプローチを具体化し、自己内対話促進支援システムと連動して動作するプレゼンシナリオ設計支援システムを開発した。図3に開発したシステムを示している。システムはWebアプリケーションとして開発され、思考表出マップ表示エリア、プレゼンシナリオ設計エリア、主題選択エリア、問いエリア、助言提示エリアから構成されている。

3.1 学習プロセスの概要

図4に本システムを活用した学習プロセスを示して

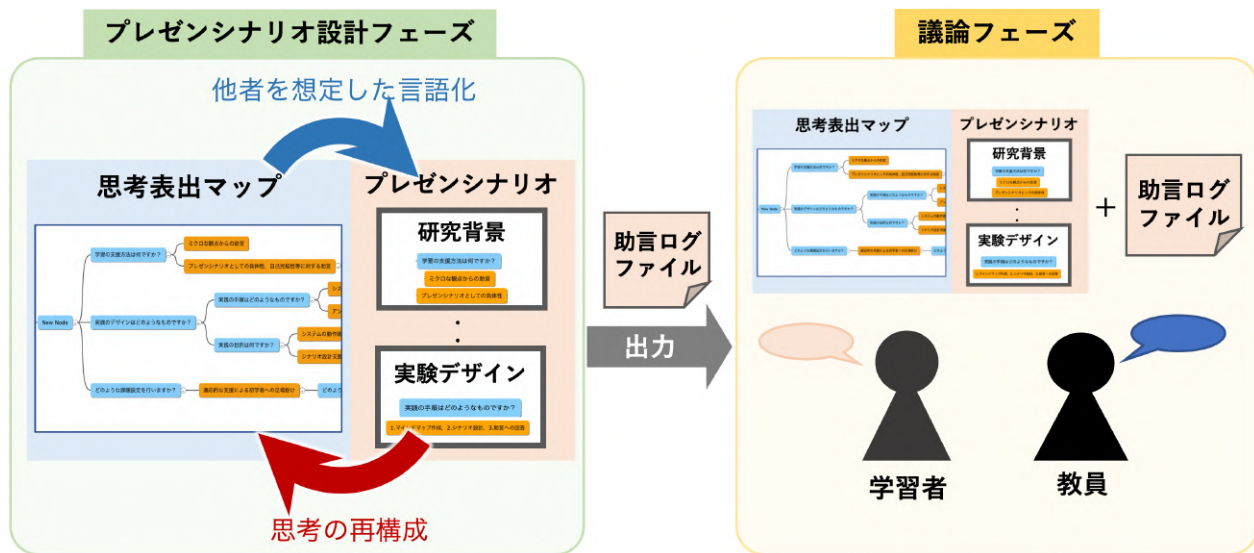


図4 学習の流れ

いる。図3左の思考表出マップエリアにおいて、自身の研究内容に沿った問いと答えの連鎖構造を日常の研究活動で形成していく。

図3右側のプレゼンシナリオ設計エリアは、研究発表場面で用いるプレゼンテーションを作成する際に、画面右上部のプレゼン設計ボタンを押すことで表示される。ここでは、スライドに対応するフレーム毎の主題を、聴衆に伝える問いと答えの構造として設定する。このとき、プレゼンで焦点化する主題によって生じた新たな問いを思考表出マップに反映し、その答えを検討する思考の再構成ができるようになっている。

こうして十分に吟味したプレゼンが形成された段階で、学習者からの求めに応じて他者視点からの助言をシステムが生成する。これらの助言に対する学習者の判断（助言を反映する／しないとその理由）やプレゼンシナリオへの反映内容はログとして記録され、それをもって指導者との議論に臨むことができるようになっている。

このプロセスに沿って学習者が取り組む内容について以下で詳述する。

3.2 思考整理プロセス

学習者は自己内対話促進支援システムを用いて、日常の研究活動で自身の研究内容を思考表出マップとして整理する。このシステムでは、学習者は、考えるべきと考える問いとそれに対する回答の連鎖形式（マインドマップ形式⁽⁴⁾）として自身の思考を外化し、自己内対話に取り組むことで思考を整理する。図3に示す

青色のノード（問いノード）は、考えるべきと判断した問いをシステムから提示される問いエリアから選択するか、自作することによって配置し、それへの回答を橙色のノード（答えノード）として配置していく。問いエリアに表示される問いは、3.5.1節で述べる研究活動オントロジーに基づいて定義されているので、思考表出マップ上に学習者が配置した「問いと答え」から、その問いの検討において参照すべきものがハイライト表示されたり、その問いに関連して検討すべき問いが問いエリアに推薦表示される。

3.3 プレゼンシナリオ設計プロセス

3.3.1 プレゼン課題設定

プレゼン設計のタイミングで、プレゼン設計ボタンを押下すると、プレゼンシナリオ設計エリア、主題選択エリアがインターフェースに追加表示される。ここで学習者は、今回の発表の場（例：卒業論文発表等）を主題選択エリア（図3右上）で選択することで、聞き手のモデルを形成する。このとき主題設定エリアには、「学術的な意義が述べられているか」、「技術的な背景が述べられているか」といった聞き手にとっての了解可能性を吟味する視点が提示されるので、学習者はプレゼンによって解消すべき課題を意識して選択することになる。加えて、学習者が重視する領域固有の主題を作成することもできるようになっており、プレゼンシナリオ設計の任意のタイミングでこれを追加・修正できる。これにより機能要件1の充足を意図している。

3.3.2 思考構造を基礎としたプレゼンシナリオ設計

日常の研究活動で形成した思考構造を基礎とし、設定した主題を意識したプレゼンシナリオ設計に取り組む。具体的には、思考表出マップに表示された問いと答えノードを構成要素とし、スライドに対応するフレーム単位にプレゼンシナリオを設計する。このとき、主張としての答えのみではなく、その意図としての問いとともに配置することができるようになっているので、アーギュメント（問い・主張・根拠）としての論理的整合性が焦点化されたフレーム単位で検討、掘り下げることができるようになっている。この焦点化に伴ってより掘り下げて検討すべき問いを認識した場合には、ここで新たな問いと答えを作成するとともに、思考表出マップに反映して、俯瞰的に位置づけて検討、再吟味することも可能になっている。このことで、機能要件2の充足を意図している。

3.3.3 プレゼンシナリオの再吟味

プレゼンシナリオを十分に吟味し、自己完結性のあるシナリオが形成できたと判断したタイミングで学習者はプレゼンシナリオ設計終了ボタンを押下し、システムは検討すべきと思われる助言をオントロジーにもとづいて提示する（このタイミングで助言提示エリア（図3下）が追加表示される）。

システムから提示される助言は3.5.2節で述べる聴衆モデルに基づいて生成され、(a)主題の観点からの助言、(b)研究領域のメタモデル的視点からの助言、(c)リフレクションを促す助言の3つのタイプの助言が示される。

(a) 主題の観点からの助言: 学習者が設定したプレゼン発表の場面および主題と聴衆モデルに基づいて、検討すべき葛藤解消課題が提示される。例えば、卒業論文発表を想定した聴衆モデルの場合、「現時点で、研究目的をどの程度達成できたのか」ということがプレゼンによって解消される必要がないかを検討するメッセージとして『卒業論文発表では研究の成果を明確に示す必要がありますが、「現時点で、研究目的をどの程度達成できたのか」を主題として設定する必要がありますか?』という学習者の明示的な判断を求める助言が提示される。

これに対して学習者は“必要ある”，もしくは“必要ない”を判断（選択）し，“必要ある”を選択した場合

には、その主題に沿った内容であるかの視点からプレゼンシナリオを再吟味して、その内容をテキストエリアに記載する。“必要ない”と判断した場合にも、その根拠をテキストエリアに記載する。

このようにシステムから提示する助言への対応は学習者の判断を尊重することになるが、葛藤解消目標としての必要性を明示的に判断してその根拠、解決策とともに記録できるようにすることで、自身の判断に対する学習者自身の内省を促すとともに、指導者との議論の材料（暗黙的な自己内対話プロセスの共有）にできるようになっている。

(b) 研究領域のメタモデル的視点からの助言: (a)の助言が、学習者が設定したプレゼンの場面と主題にもとづいて生成されるのに対して、形成したプレゼンシナリオの自己完結性を研究領域のメタモデル的視点から助言する。この助言は基本的には思考表出マップに対して自己内対話促進システムが提示するメタ認知的刺激生成の仕組みに基づいて出力されるものであるが、プレゼンシナリオにおいて焦点化され深掘りされた葛藤や解決策を含めた、ストーリーフレームとしての自己完結性を吟味する観点から出力される。例えば、「学習者が抱える困難性（フレーム番号3）で設定した困難性と、学習支援システムの機能（フレーム番号7）で設定した支援機能と整合していますか?」や「研究目的（フレーム番号1）で設定した研究目的と、まとめ（フレーム番号12）で設定した結果と整合していますか?」といった助言が出力される。これへの対応は学習者による明示的判断が求められ、その結果は(a)と同様に記録される。

(c) リフレクションを求める助言: (a)(b)での意思決定過程において“必要ある”，“見直す”を選択したもののに対し、どのような気づきを得たか振り返りを求める助言である。自分では十分に吟味した結果としてのプレゼンシナリオに対し、システムから提示された葛藤解消目標の再吟味を促す助言を受けることでプレゼンシナリオの修正に至った自己の意思決定過程を学習資源とした明示的な内省課題を与える。

例えば、『卒業論文発表では研究の成果を明確に示す必要がありますが、「現時点で、研究目的をどの程度達成できたのか」を主題として設定する必要がありますか?』という主題設定に関する助言に対して、“必要

ある”を選択していた場合には、『卒業論文発表では研究の成果を明確に示す必要がありますが、「現時点で、研究目的をどの程度達成できたのか」を主題として設定する必要はありませんか?という助言に対して“必要ある”を選択し、「まとめスライドにおいて研究目的と実験結果の説明を追加した」という修正を加えました。この助言が出てきた時に、どのような気づきを得ましたか?』といった助言が提示される。

こうした3つのタイプの助言生成の仕組みを備えることで、学習者の準備性を高めるとともに、機能要件3の充足を意図している。

3.4 議論フェーズ

設計したプレゼンシナリオと助言ログファイルに基づいて教員との議論に臨むことになる。助言ログファイルには、主題設定に関する助言とプレゼンシナリオに関する助言を受けた学習者の判断とプレゼンシナリオの修正内容が記載されている。これに基づいて指導者は、学習者が行った思考過程と意図を把握した上で、その妥当性について議論することができる。こうした学習者の作成意図や判断の過程は暗黙になりがちであるが、こうした思考過程を顕在化して共有可能とすることで、葛藤解消課題に焦点化した知識創造的議論を促すことを意図している（機能要件4の充足）。

3.5 オントロジー

3.5.1 研究活動オントロジー

森らは、オントロジー工学的手法⁵⁾に基づき、教育システム情報学を対象とした研究領域の構造的関係性について、そこでなされる行為（行動、認知活動、メタ認知活動）の観点から体系化している。そして、それらの活動遂行により取り組まれる問いがインスタンスとして規定されている（研究活動オントロジー）。森が開発した自己内対話促進支援システムでは、この体

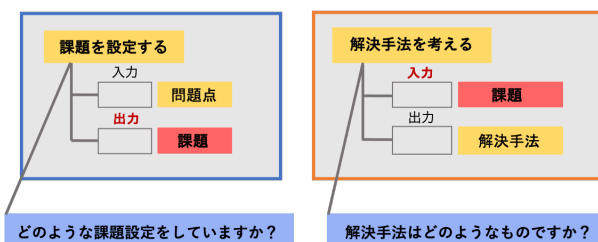


図5 研究活動オントロジーの一例

系を備えることで研究領域の一般性を踏まえたメタモデルとして機能させることで、問いを適応的に提示し、学習者自己内対話を促進する仕組みを実現している。例えば、「解決手法はなにか」を考えるとときにはまず、「課題はなにか」を考える必要がある」といった、研究活動において考えるべき問いの意味構造が計算機可読な形式で規定した概念定義を備えている（図5）。こうした思考活動の概念定義では当該思考活動を行う際に必要な情報が入力として、その実施により生み出さず結果を出力として規定されている。これらが思考活動毎に定義されていることで、当該活動の実施に関連して実施されるべき思考活動をシステムが捉えることができる。したがって、学習者が実施しようと考えている思考活動や取り組もうと考えている問いが把握できれば、3.3.3節で述べたようなその実施に必要な思考活動や参照することが望ましいと考えられる情報を学習者に提示できるようになる。

3.5.2 聴衆オントロジー

プレゼン設計活動においては聞き手を想定し、主題の焦点化に伴った掘り下げ的思想がなされることが望ましい。そこで本研究では、森らの研究活動オントロジーを拡充する形で、新たにオントロジー（聴衆オントロジー）を構築した。具体的には、聴衆の観点と聴衆モデルの2つの概念を定義している。

聴衆の観点では、プレゼンを聞くときに聴衆が持つ観点（例：学術的な意義が述べられているか）が定義されている。また、他者の書いた文章を理解する際には、テキストをもとに書き手の意図を推測することで、読み手の中に意味が構成されていく。これより、聴衆の観点の部分概念として、「新規性を考える」や「同種の学習目標を設定している関連研究との違いを考える」

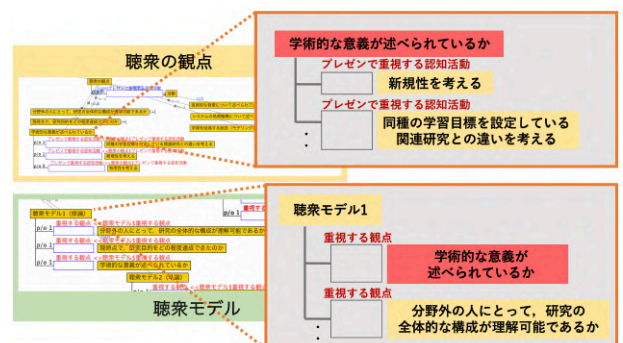


図6 聴衆オントロジーの一例

といった、研究活動オントロジーで既に定義されている、認知活動を参照する形で定義している（図6）。これにより、自己内対話促進支援システムの問いノードについても聴衆オントロジーとの対応付けが可能になる。

これに基づいて、様々なプレゼンの場を想定した聴衆モデル（例：修士論文発表を想定した聴衆モデル）を典型的なパターンの概念として定義した。具体的には、聴衆の観点の組み合わせによって聴衆モデルをパターンとして定義して提示することで、学習者はプレゼン発表の主題に合わせてこれを選択し、システムからの助言を受けることが可能となっている。このことで、研究初学者にとっての聴衆を適切に想定する難しさを軽減するとともに、プレゼン設計における聞き手を想定した知識構築サイクルの活性化を意図している。

4. 開発したシステムの初期的利用

3章で述べたシステムを卒業研究発表と修論発表の機会に利用し、システムの利用が他者視点からの認知を促し、思考の再構成に寄与するか初期的に確認している。これまでに、研究室の学生5名（学部4年：4名、修士2年：1名）が本システムを実践利用した。本稿では、得られた実験結果から初期的な評価を行い、

システムの有用性に関する所感を述べる。

4.1 プレゼンシナリオ設計プロセスの実践

学習者が作成したプレゼンシナリオの一部を図7に例示している。このシナリオ作成の過程では、思考表出マップに記述された問いと答え以外にも、新たな問い問いと答えが多く設定されたことから、プレゼンシナリオ作成において主題に沿った焦点化や掘り下げがなされることが見て取れた。

システムを利用したプレゼンシナリオ作成の過程で、この学習者が行ったシステムとのインタラクション（システムからの助言とそれに対する学習者の判断）を以下に示している。

- (1) **主題の観点からの助言**：『修士論文発表では特に研究の成果を明確に示す必要がありますが、「現時点で、研究目的をどの程度達成できたのか」を主題とする必要はありませんか?』。 **学習者の判断**：“必要ある”を選択し、その理由として「本研究のあるべき姿(理想状態)は語られないといけないと思った。ただ、今後の課題のスライドで述べてはいるので修正はしていない。」と記載。
- (2) **研究領域のメタモデル的視点からの助言**：『現時点で、研究目的をどの程度達成できたのか』という主題と照らしたとき、説明すべき「今後の課題は何ですか?」といったことが、あなたのプレゼンシナリオには含まれていないかもしれません。これについて研究目的を基に見直してみてもいいでしょうか?』。 **学習者の判断**：“見直さない”を選択し、その理由として「記述済みである」と記載。
- (3) **リフレクションを求める助言**：『修士論文発表では特に研究の成果を明確に示す必要がありますが、現時点で、研究目的をどの程度達成できたのかを主題とする必要はありませんか?』。 **学習者の判断**：“必要ある”を選択し、その理由として「本研究のあるべき姿(理想状態)は語られないといけないと思った。ただ、今後の課題のスライドで述べてはいるので修正はしていない。」という修正を加えました。このことからどのような気づきを得ましたか?』。 **学習者の判断**：“修士論文発表で特に求められている研究成果の報告について意識に挙げられていなかったということに気づいた”と記載。



図7 実際に設計されたプレゼンシナリオ

4.2 議論フェーズの実践

4.1 節で例示した自己内対話の過程はログファイルとして出力される。これをもとに実施された議論の内容をとりあげる。

4.1 節(2)のインタラクションで、学習者が根拠とした「記述済みである」について議論を行う中で、該当する内容は「現状のままでは計算機支援の知的さに欠ける」ということであることが明らかになった。このことについてさらに掘り下げた議論を通じて、当該内容は今回のプレゼンで設定した研究目的の範囲外のことであり、「今回のプレゼン発表で設定している研究目的をどの程度達成できたのか?」という助言への回答には馴染まないという議論になった。プレゼンにおいて言及すべき「今後の課題」の概念について学習者の認識の違いが明らかになり、指導者との認識の擦り合わせを通じた概念獲得の機会となるとともに、自己完結性の観点からプレゼンシナリオを洗練させていく機会となったことを確認した。

4.3 初期的効用の確認

議論後に行った当該学習者のアンケートからは、「議論の準備に非常に役立ったこと」や、その理由として「自分がシステム上で表現したものに対して、足りないこと（失念していたこと）を指摘してくれるので、それをシナリオには反映できなかったけれども、その話題を議論の俎上にあげられたため」、「十分に考えたつもりであったが、助言によって足りていないところへの気づきを得ることができた」と言ったコメントがあった。このことから、システムから提示される助言や明示的な判断が議論への準備性を高めていることが示唆された。

また、事前に研究内容を整理しておく、プレゼンシナリオは作りやすかったか、プレゼンシナリオを作っていると、研究内容の理解が深まったか、自分のプレゼンシナリオを聞き手がどのように理解するかを想定しやすくなったか、といったことについても学習者に肯定的に受け止められていることが確認された。

一方、指導者の感想として、「通常のプレゼンテーション資料に関する議論では、学習者の主張のみが記述され、主張の意図が暗黙になることが多くある。このシステムで設計されるプレゼンシナリオは通常のプレ

ゼン資料とは異なり、問いノードが含まれるため学習者の主張の意図が陽に表出される仕組みとなっている。これにより、学習者の意図をスムーズに汲み取ることができた。」ということや「自己内対話のログを参照することで議論が焦点化しやすかった」といった言及があった。

まだ少数の事例ではあるが、これらのことから他者視点の認知を促し、プレゼンの準備を有意義な知識創造の機会へと繋げることの感触を得た。

5. おわりに

本研究では、他者視点で思考を吟味的に見直し、再構成するといった困難性の軽減を目掛けて、プレゼン資料作成活動に着目し、聴衆モデルに則した助言を提示するとともに、助言に応じた学習者の修正活動を指導者が理解可能な形で議論が行えるプレゼンシナリオ設計支援システムを開発した。そして、本システムがプレゼンの準備を知識創造の機会へと繋げることに寄与し得るかを確認する初期的な実践を行った。少数の事例であるが、システムの有用性に関する肯定的な感触を得ることができた。

真正な学習場での運用を継続し、得られたデータの分析を進めることで、本システムの有用性を確認していく予定である。

参 考 文 献

- (1) エリックホルゲナル：“認知システム工学—情況が制御を決定する”，海文堂出版（1996）
- (2) 伊藤貴昭：“学習方略としての言語化の効果—目標達成モデルの提案”，教育心理学研究, Vol. 57, pp. 237-251（2009）
- (3) Mori, N., Hayashi, Y., and Seta, K.: “Ontology Based Thought Organization Support System to Prompt Readiness of Intention Sharing and Its Long-term Practice, The Journal of Information and Systems in Education”, 18(1), pp. 27-39 (2019)
- (4) トニー・ブザン(著), 神田昌典(訳): “ザ・マインドマップ”, ダイアモンド社 (2005)
- (5) 溝口理一郎, 古崎晃司, 來村徳信, 笹島宗彦: “オントロジー構築入門”, オーム社 (2006)

VR を利用したプレゼンテーション セルフレビューシステムの評価

平田 雄也*¹, 柏原 昭博*¹

*¹ 電気通信大学 情報理工学研究科

A Presentation Self-Review System with VR and Its Evaluation

Yuya HIRATA*¹, Akihiro KASHIHARA*¹

*¹ Graduate School of Informatics and Engineering,

The University of Electro-Communications, Japan

プレゼンテーションのセルフレビューは自分自身の姿や声を見直すことへの心理的抵抗感があり効果的な振り返りが難しい。筆者らは、これまで学習者のプレゼンテーションをロボットが再現するセルフレビューシステムを提案し、学習者に心理的抵抗感の軽減や非言語動作の改善点への気づきを促した。一方、プレゼンテーションを客観的に見直すだけで、プレゼンテーションに含まれる非言語動作の不十分さや不適切さに気づき、動作を改善するには限界があることも分かってきた。そこで、本研究では非言語動作への的確な把握と理解を支援するために、非言語動作の体感を伴う主観的視点からのセルフレビューを提案し、VR 空間でプレゼンテーションを客観的視点および主観的視点から見直すセルフレビューを開発した。ケーススタディの結果、VR 空間でのセルフレビューは非言語動作の改善点への気づきを促し、特に主観的視点からのレビューが身体的な非言語動作の改善につながることを示唆された。

キーワード: プレゼンテーション, セルフレビュー, 非言語動作, 体感, VR

1. はじめに

研究発表のリハーサルにおいてプレゼンテーションの質を高めるためには、発表者（学習者）が実施したプレゼンテーションを自分自身で見直すセルフレビューによってプレゼンテーション中の非言語動作の必要性や有効性を振り返ることが重要である。一般的なセルフレビューの方法として学習者が自分のプレゼンテーションをビデオ撮影してその動画を見直す方法があるが、自分自身の姿や声を見直すことに対する心理的抵抗感が原因で改善点に気づきにくいという問題がある。

先行研究では、ロボットによるプレゼンテーションの再現を見直すセルフレビューシステムを提案し、学習者に心理的抵抗感の軽減や非言語動作の改善点への気づきを促すことが示された(1)。しかし、研究初学者にとって、プレゼンテーションを客観的に見直すだけ

で非言語動作の不十分・不適切な箇所気づき、さらにはその動作を改善することは難しいことが課題として指摘されている。

本研究では、研究初学者に対して非言語動作の的確な把握と理解を促し、その不十分・不適切な点への気づきを促進するために VR を利用した主観的なプレゼンテーションセルフレビューを提案する。提案手法では、VR 空間の中でプレゼンテーションを実施し、そのプレゼンテーションをプレゼンタの視点から追体験するようにセルフレビューを行なう。学習者がプレゼンテーション中に実施した非言語動作を体感しながら振り返ることで、非言語動作の把握と理解を促進する効果が期待される。

本稿では、VR 空間でのプレゼンテーションの実施および客観的視点と主観的視点の二種類の視点からのセルフレビューを実施するシステムを開発し、提案手法を評価するケーススタディを実施した。ケーススタ

ディの結果，VR 空間でのセルフレビューはプレゼンテーションの理解を促進し，特に主観的視点からのレビューにおいて身体的な動きを伴う非言語動作の気づきを促してプレゼンテーションの改善につながる可能性が示唆された。

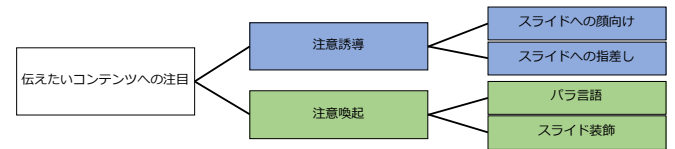


図 2 本研究のプレゼンテーション動作モデル

2. プレゼンテーションセルフレビュー

2.1 プレゼンテーションの構成要素

プレゼンテーションは発表スライドである P ドキュメント，P ドキュメントに合わせて行なう口頭説明，P ドキュメントや口頭説明の内容を的確に伝達するための非言語動作の 3 つの構成要素からなる。質の高いプレゼンテーションを実施するためには，特にプレゼンテーション中の非言語動作が重要である。

代表的な非言語動作には，聴衆やスライドへの顔向けやスライドへの指差しなどのジェスチャーや発話の音量，話速，間の開け方などのパラ言語が存在する。また，これらの非言語動作はやみくもに実施するだけでは効果はなく，動作の意図を持って実施することが重要である。

2.2 プレゼンテーション動作モデル

筆者らは，プレゼンテーション中の意図的な動作を支援するために，これまでプレゼンテーション中の意図とその意図を達成するための非言語動作，そして各動作は具体的にどのような要素によって成立するかを表す基本構成要素の関係をモデル化した(1)。先行研究におけるプレゼンテーション動作モデルを図 1 に示す。本研究ではこの動作モデルに基づいたセルフレビュー支援を実現する。

また，本研究では支援の対象を動作モデルにおける「伝えたいコンテンツへの注目」に限定し，レビュー

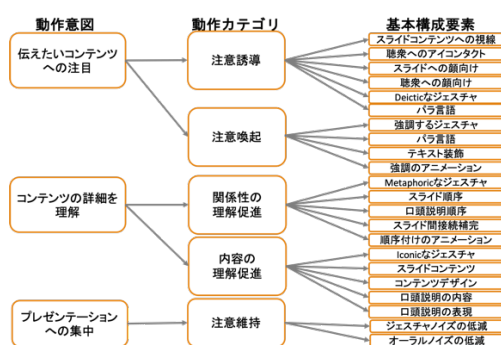


図 1 プレゼンテーション動作モデル

表 1 レビュー対象

支援対象	内容
ジェスチャー	顔向け / 指差し
パラ言語	音量 / 話速
スライド装飾	文字色 / 太字 / 下線

対象も特に重要な非言語動作のみに制限する。プレゼンテーション動作モデルの中で本研究の支援対象部分を抜粋した動作モデルを図 2 に示す。また，本研究における具体的なレビュー対象を表 1 に示す。

2.3 支援の枠組み

本研究における支援の枠組みを図 3 に示す。学習者は事前にプレゼンテーション中の動作意図を入力する。次に HMD を装着して人型アバターを操作することで VR 空間の中でプレゼンテーションの収録を行なう。収録後はシステムが動作モデルに基づいたプレゼンテーションの認識と診断を行なう。その後学習者はアバターの再現するプレゼンテーションを客観的視点および主観的視点から視聴し，チェックリストにもとづいた非言語動作の振り返りを行なう。また，必要に応じて認識結果を活用したフィードバックを行なう。

3. VR セルフレビューシステム

本研究では，提案した支援の枠組みを実現するためのセルフレビューシステムを開発した。支援の詳細を述べる。

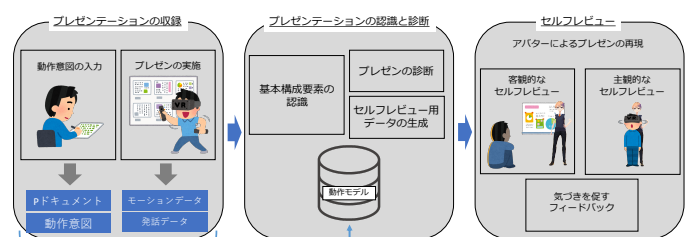


図 3 支援の枠組み

3.1 プレゼンテーションの収録

3.1.1 動作意図の入力

プレゼンテーションの診断やフィードバックを行なうためには学習者の動作意図情報が必要である。しかし、学習者のプレゼンテーション中の非言語動作から動作意図を推定することは難しい。そのため、本研究では学習者が事前に P ドキュメントの中から聴衆に注目を促すべき重要箇所を決定し、先行研究で開発された動作意図入力システム(2)を使用して動作意図の入力を行なう。

学習者は P ドキュメントを閲覧しながら動作意図を持って説明したいスライドの箇所を決定し、そのスライド中のテキストや画像に対して動作意図を表す動作カテゴリを選択する。本支援における動作カテゴリの種類は「注意誘導」または「注意喚起」の 2 種類であるため、選択可能な動作カテゴリは「注意誘導」、「注意喚起」、「注意誘導と注意喚起」の 3 通りとなる。学習者の付与した動作カテゴリとその対象となるテキストや画像を一意に定めるための位置情報（テキスト本文または画像・スライドのページ番号・スライド内の座標）をまとめて学習者の動作意図リストとして取得する。この動作意図リストはプレゼンテーションの診断やセルフレビューで使用する。

3.1.2 プレゼンテーションの実施

学習者は動作意図の入力後に VR 空間内のプレゼンテーション会場でプレゼンテーションを行なう。プレゼンテーション会場を図 4 に示す。プレゼンテーション会場は発表者エリアと聴衆エリアに分けられていて、発表者エリアには P ドキュメントを表示するスクリーンと発表者アバターが表示される。学習者は発表者エリアに立ち、HMD とコントローラーを用いてアバターを操作することでプレゼンテーションを実施する。プレゼンテーションの様子を図 5 に示す。プレゼンテーション中の HMD にはアバターの顔が向いている方向の映像が学習者の視界として表示される。学習者の視界映像の例を図 6 に示す。視界映像はアバターの動きに合わせてリアルタイムで表示される。学習者は両手に持つコントローラーのボタンでスクリーンに表示された P ドキュメントのページ遷移を行なう。

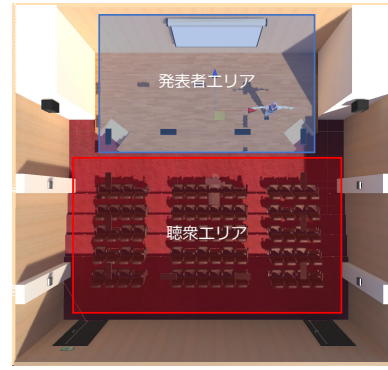


図 4 VR 空間のプレゼンテーション会場



図 5 プレゼンテーションの様子



図 6 学習者の視界映像

3.1.3 プレゼンテーションの収録

プレゼンテーションの実施中にプレゼンテーション中のモーションデータ、発話データ、P ドキュメントを取得する。モーションデータとは、プレゼンテーション実施中のアバターの顔と両手の座標と角度および表示中のスライド番号の情報をプレゼンテーション開始からの経過時間と合わせて記録したデータである。同時にプレゼンテーション中の学習者の発話を録音し、発話データとして保存する。また、プレゼンテーションに使用した PowerPoint ファイルを P ドキュメントとして保存する。これらのデータは次のフェイズであるプレゼンテーションの認識と診断およびセルフレビューで使用する。

3.2 プレゼンテーションの認識と診断

本節では、学習者のプレゼンテーション中の非言語

動作を認識し、動作意図が達成できているかどうか診断する方法について、非言語動作ごとに述べる。

3.2.1 認識と診断の前処理

非言語動作の認識の前処理として、学習者の発話データを話の間ごとに分割し、音声認識を用いてテキスト化する。また、プレゼンテーション全体における分割された各発話データの発話開始時間と収録時間を記録する。加えて、動作意図リストに含まれるそれぞれの意図が分割されたどの発話データに含まれるテキストに付与されたものであるか同期を取り、分割された発話データと動作意図の対応付けを行なう。

3.2.2 ジェスチャーの認識と診断

注意誘導を達成するためのジェスチャーにはスライドへの顔向きとスライドへの指差しがある。顔向けの認識では、モーションデータに含まれる顔の角度から単位時間ごとに学習者の顔の向きが聴衆方向かスクリーン方向かを決定する。次に分割された発話データごとの学習者の顔向きを単位時間の顔向き方向の多数決によって決定する。最後に動作意図が付与された発話データではスクリーン方向であり、その直前の発話データでは聴衆方向だった場合に注意誘導のための顔向きが達成できていると診断する。

指差しの認識では、モーションデータに含まれる両手の座標データとプレゼンテーション実施前に指差しを収録して決定した閾値を比較して指差しの有無を求める。動作意図が付与された発話データ中に一度でも指差しが行なわれていれば注意誘導のための指差しが達成できていると診断する。また、顔向きと指差しの両方とも達成していた場合に注意誘導の動作を実施できているものと診断する。

3.2.3 パラ言語の認識と診断

本システムにおけるパラ言語には声量と話速がある。声量の診断では、注意喚起の意図が付与された発話データとその直前の発話データの音量の平均値を比較し、事前にシステムが決定した閾値より音量の増加率が大きい場合に声量の変化による注意喚起が達成できていると認識する。話速の診断では、注意喚起の意図が付与された発話データとその直前の発話データの発話速

度をそれぞれの持つテキストを平仮名に変換した文字数を収録時間で割ることで算出し、直前の発話より発話速度が減少した場合に発話速度の変化による注意喚起が達成できていると認識する。注意喚起のためのパラ言語では、声量による注意喚起と話速の注意喚起の両方とも達成できていた場合に注意喚起のパラ言語が達成できていると診断する。

3.2.4 スライド装飾の認識と診断

スライド装飾の診断では、学習者の作成した PowerPoint ファイルから各スライドに含まれるテキストや図表と、各テキストの文字色、文字のフォントサイズ、下線などの装飾状態を取得する。次にその中で注意喚起の意図が付与された箇所を動作意図リストに記録された位置情報を参照して特定する。該当箇所のテキストに対して赤字、太字、下線のいずれかの装飾が行われていた場合にスライド装飾が達成できていると診断する。逆に、装飾が行われていない場合やテキストの一部分しか装飾されていない場合はスライド装飾が達成できていないと診断する。

また、本システムでは動作モデルで示したようにスライド装飾と合わせて前節のパラ言語が達成できていた場合に注意喚起の動作を実施できているものと診断する。

3.3 プレゼンテーションセルフレビュー

学習者は HMD を装着した状態で VR 空間の中でプレゼンテーション振り返りを行なう。アバターは収録したモーションデータをもとに学習者のプレゼンテーション中の動作の再現を行なう。また、それに合わせてスクリーンに表示された P ドキュメントの遷移が行われる。また、録音した発話データの再生を行なうことでアバターがプレゼンテーションの再現を実施する。発話データは心理的抵抗感を軽減するために先行研究と同様に声質を変換する(1)。

学習者はアバターが再現するプレゼンテーションを客観的視点および主観的視点から視聴し、チェックリストを使用して事前に入力した動作意図のレビューを行なう。以下では、客観的なセルフレビューと主観的なセルフレビューの詳細およびチェックリストを使用したセルフレビューの方法について述べる。

3.3.1 客観的視点からのセルフレビュー

学習者は VR 空間内の聴衆エリアの椅子の位置からアバターによるプレゼンテーションを客観的に視聴する。没入感の高い VR 空間で自分自身とは姿や声が異なるアバターのプレゼンテーション再現を視聴することは客観視を促進し、効果的な振り返りが期待できる。客観的視点からのレビューにおける学習者の役割は聴衆、アバターの役割はプレゼンタと言える。客観的視点からのセルフレビューの様子を図 7 に示す。

3.3.2 主観的視点からのセルフレビュー

学習者は VR 空間内の発表者エリアに立つアバターの位置からアバターの視界を迫体験することでプレゼンテーションを主観的に視聴する。学習者は自分が実施したプレゼンテーション中の非言語動作をもう一度体感しながらセルフレビューを行なうこととなり、特にジェスチャーのような身体的な非言語動作に対して直感的に気づきを得ることが期待できる。主観的視点からのレビューにおける学習者の役割はプレゼンタ、アバターの役割は学習者自身と言える。主観的視点からのセルフレビューの様子を図 8 に示す。

また、主観的視点からのセルフレビューでは学習者が指差しを実施したタイミングで指差しを行なった手に対してコントローラーの振動によるフィードバック



図 7 客観的視点からのセルフレビュー



図 8 主観的視点からのセルフレビュー

が行なわれる。学習者の指差しの再現において、視界映像に手が映るだけでは顔向けやパラ言語と比較して体感が不十分であるため、振動によるフィードバックを与えることで指差しの迫体験を促進し、非言語動作の把握と理解を促す。

3.3.3 チェックリストを使用したセルフレビュー

学習者は事前に動作意図を付与した箇所に対して、チェックリストの項目にしたがってセルフレビューを行なう。チェックリストの項目を表 2 に示す。学習者はセルフレビュー実施前にプレゼンテーション動作モデルやチェックリストの各レビューポイントについて学習している。セルフレビュー時には VR 空間内に表示されるセルフレビュー UI を使用してレビューを行なう。セルフレビュー用 UI を図 9 に示す。本 UI の上部には現在レビューすべき動作意図の番号と、学習者が事前に入力した動作意図が示されたスライドが表示される。したがって、学習者は画面上部を確認することでレビューすべき箇所を把握することができる。画面下部にはレビューすべき各非言語動作の名称と「○」および「×」のボタンが表示される。学習者はレビューポイントが達成できていたかどうかを振り返り、このボタンを選択することでチェックリストに基づいた非言語動作のセルフレビューを実施する。

学習者はレビュー中にコントローラーでプレゼンテーションの早送り・巻き戻し・一時停止を行うことができる。セルフレビュー結果の入力は一時停止中のみ行なう。セルフレビューの様子を図 10 に示す。

表 2 セルフレビューのチェックリスト

動作意図	動作	基本構成要素	レビューポイント
伝えたいコンテンツへの注目	注意誘導	スライドへの顔向け スライドへの指差し	スライドへ顔を向けているか スライドコンテンツを指差しているか
	注意喚起	パラ言語 テキスト装飾	説明している情報を口頭で強調(声の大きさ/話速の変化)しているか スライドの重要な箇所を装飾(文字色/太字/下線)によって強調しているか



図 9 セルフレビューUI



図 10 チェックリストを使用したレビューの様子

4. ケーススタディ

4.1 実験概要

VR 空間における客観的視点からのレビューと主観的視点からのレビューがそれぞれ非言語動作の把握と理解を促進し、プレゼンテーションの改善につながることを検証するためにケーススタディを実施した。実験の概要を図 11 に示す。被験者は理工系大学生および大学院生 13 名で、客観的レビューを行なう実験群 1、主観的レビューを行なう実験群 2、従来方式であるビデオ視聴によるレビューを行なう統制群の 3 群による被験者間実験を実施した。

被験者は最初にプレゼンテーション動作モデルについて学習し、動作意図の入力を行なった。次に実験群は開発したシステムを使用して VR 空間でプレゼンテーションを実施し、統制群は実験室で通常のプレゼンテーションを実施した。その次にセルフレビューを実施した。セルフレビュー後はもう一度プレゼンテーションに取り組み、最後に事後アンケートに回答して実験は終了した。

4.2 実験結果

各群のセルフレビュー方法が非言語動作の把握と理解を促すことを検証するために、学習者の 1 回目のプレゼンテーション中の非言語動作についてシステムによる診断結果と学習者のセルフレビュー結果を比較し、全体の非言語動作数における診断結果とレビュー結果



図 11 実験概要

が一致した割合を一致率として求めた。その結果を図 12 に示す。一致率について、それぞれ各変換を実行して一元配置分散分析によって 3 群間の有意性を検定した結果、条件間に有意差が見られた ($F(2,10)=4.946$, $p=0.032<0.05$)。したがって、セルフレビュー方法によってレビュー結果に有意な差がある可能性が認められた。2 群間の差についてそれぞれ比較を行うために各群の一致率について Tukey-Kramer 法による多重比較を行なった。その結果、実験群 2 と統制群の間に有意差が見られた ($p=0.026<0.05$)。また、実験群 1 と統制群の間には有意差は見られない ($p=0.312$) ものの実験群 1 の方が一致率は高かった。このことから、VR 空間でのセルフレビューは非言語動作の理解と把握を促し、特に主観的なレビューが効果的である可能性が示唆された。

次に、各群のセルフレビュー方法がプレゼンテーションの上達につながることを検証するために学習者の 1 回目のプレゼンテーションと 2 回目のプレゼンテーションの非言語動作をシステムで診断して事前に入力した動作意図が達成できている箇所の割合を求めることで非言語動作の達成率を求めた。このうち、2 回目のプレゼンテーションの達成率を図 13 に示す。各群の達成率についてそれぞれ角変換を実行し、1 回目のプレゼンテーションの達成率について一元配置分散分析によって 3 群間の有意性を検定した結果、条件間に有意な差は見られなかった ($F(2,10)=2.622$, $p=0.122$)。したがって、実験前の被験者のプレゼンテーションスキルに有意な差はない可能性が高いと言える。次に、各群の 2 回目のプレゼンテーションの達成率について

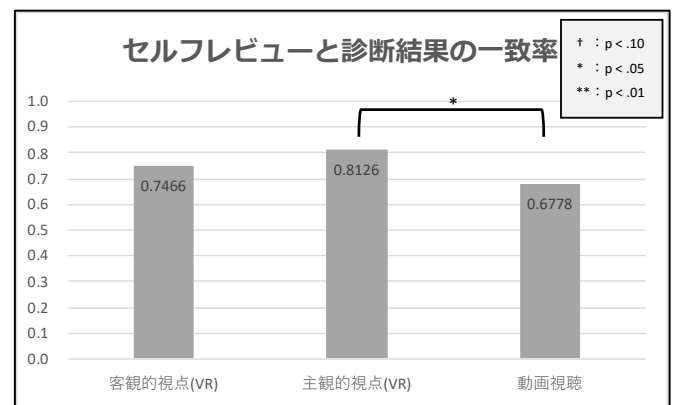


図 12 セルフレビュー結果と診断結果の一致率

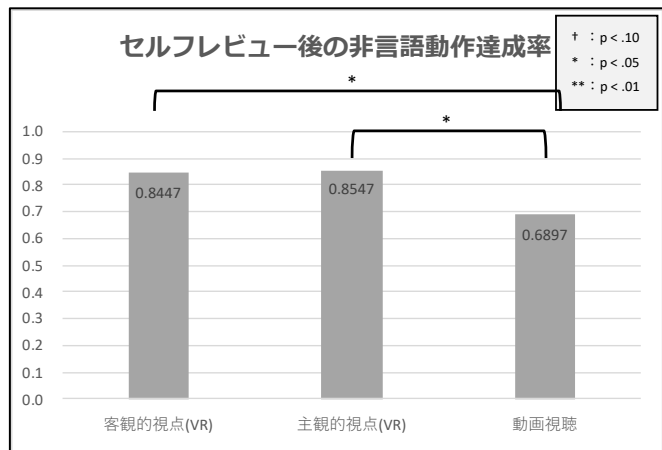


図 13 セルフレビュー後の非言語動作の達成率

一元配置分散分析によって 3 群間の有意性を検定した結果、条件間に有意差が見られた ($F(2,10)=5.567$, $p=0.024<0.05$)。したがって、各群のプレゼンテーションの上達率に差がある可能性が認められた。2 群間ごとの比較を行うためにプレゼンテーション 2 の各群の達成率について Tukey-Kramer 法による多重比較を行った。その結果、実験群 1 と統制群の間に有意差が見られた ($p=0.045<0.05$)。また、実験群 2 と統制群の間にも有意差が見られた ($p=0.032<0.05$)。一方で、実験群 1 と実験群 2 の間に差は見られなかった ($p=0.999$)。この結果は VR 空間でのプレゼンテーションの実施とセルフレビューがプレゼンテーションの改善に効果的である可能性を示唆する。

4.3 考察

1 回目のプレゼンテーションの診断結果とセルフレビュー結果の一致率を非言語動作ごとに求めた結果を図 14 に示す。顔向け、指差し、パラ言語の一致率は主観的レビューを実施した実験群 2 が最も高く、特に顔向けは他の 2 群との間に有意差が見られた ($F(2,10)=4.869$, $p=0.033<0.05$)。顔向けの一致率について 2 群間ごとの比較を行うために前節と同様に多重比較を行った結果、実験群 2 と統制群の間に有意差が見られた ($p=0.020<0.05$)。また、実験群 2 と実験群 1 の間に有意傾向が見られた ($p=0.082<0.10$)。このことから、体感を伴う主観的視点からのレビューにおける視界の追体験が客観的視点からのレビューと比較して特に顔向きの理解と把握を促進し、全体の一

致率の差に影響を与えたと考えられる。一方で、指差しの一致率は全群に共通して高い傾向があるものの実験群 2 が最も低く、客観的視点から見直して学習者自身がアバターの指差しに注意誘導されるかどうかを見直すことで効果的に指差しの有効性を確認できていると考えられる。また、パラ言語の一致率は実験群がどちらも高く、声質の変更が心理的抵抗感を下げてパラ言語の客観的なレビューを促進したと考えられる。

次に 2 回目のプレゼンテーションの非言語動作ごとの達成率を図 15 に示す。各群の非言語動作の達成率について一元配置分散分析によって 3 群間の有意性を検定した結果、特に群間に有意な差は見られなかった (顔向け: $F(2,10)=2.167$, $p=0.165$, 指差し: $F(2,10)=1.198$, $p=0.342$, パラ言語: $F(2,10)=2.668$, $p=0.118$, スライド装飾: $F(2,10)=0.219$, $p=0.807$)。しかし、顔向け、スライド装飾の達成率は実験群 2 が最も高い値

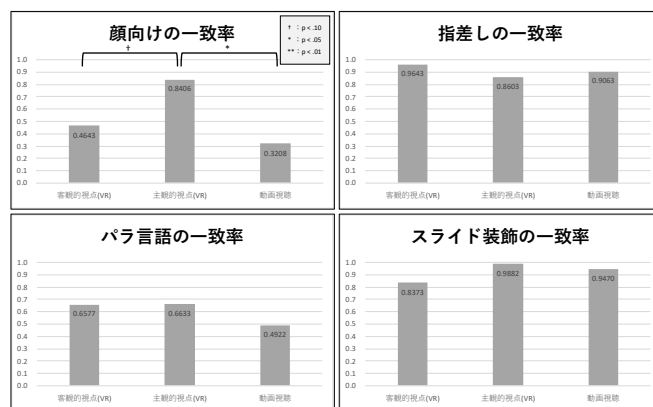


図 14 非言語動作ごとの一致率

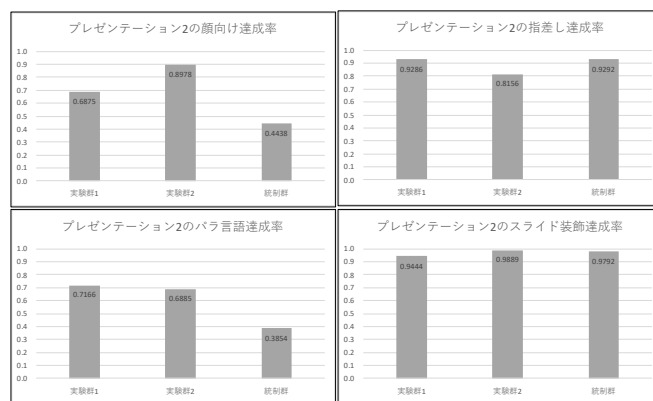


図 15 非言語動作ごとの達成率

を示しており、パラ言語の達成率も実験群の2群が統制群と比較して高い傾向が見られる。この傾向が全体の達成率の差につながったと考えられる。特に顔向けの達成率は実験群2が他の2群と比較して高い値を示しており、体感を伴う非言語動作の追体験が顔向けの非言語動作の上達につながったと考えられる。また、指差しの達成率は客観的視点からのレビューをした群の方が高く、すべての非言語動作について診断結果とセルフレビュー結果の一致率と同様の傾向が表れており、非言語動作の理解度と達成率には相関関係が見られた。このことから、VR空間におけるセルフレビューで非言語動作の理解と把握を促すことでプレゼンテーションの上達につながることが示唆される。

また、群間に差は見られたものの有意差は確認できなかった理由にセルフレビューとレビュー後のプレゼンテーションを一回しか実施していないことが考えられる。全体的に実験群の方が高い値を示す傾向が見られたことから、提案システムを使用した学習を繰り返すことでさらにプレゼンテーションの上達につながると考えられる。

最後に事後アンケートについて述べる。事後アンケートでは提案手法に対する心象を7件法による主観評価と自由記述によって評価した。本稿では、その結果の一部について述べる。実験群の被験者は統制群と比較してレビューに集中できたと回答しており、その理由に没入感を感じたことや心理的抵抗感が低いことを挙げている。また、自由記述には「周りに誰もいないと感じた」などの回答が見られた。このことからVR空間の特性である没入感が集中力の増加や心理的抵抗感の軽減、エンゲージメントの増加につながる可能性が示唆される。また、各群に非言語動作の振り返りができたかを問う質問でも実験群が高い値を示し、特に実験群2では「ステージの上立って本番のプレゼンテーションをしている感覚になれた」、「実際のプレゼンテーションをしているように感じて集中できた」などの理由が挙げられた。このことから体感を伴うレビューの有効性が示唆される。

5. おわりに

本研究では、主観的視点からの体感を伴うセルフレビューによってただ客観的に見直すだけでは十分な改善点への気づきを得ることができない研究初学者に対して非言語動作の改善を促すセルフレビュー方法を提案した。また、VR空間でアバターを使用したプレゼンテーションリハーサルを実施し、そのプレゼンテーションについて客観的視点および主観的視点からセルフレビューを行なうセルフレビューシステムの開発を行なった。開発したシステムを使用したケーススタディの結果、VR空間でのセルフレビューが非言語動作に対して把握と理解を促し、プレゼンテーションにおける非言語動作の改善を促す可能性が示された。特に、体感を伴う主観的視点からセルフレビューを実施することで一部の身体的な動きを伴う非言語動作に対して従来手法よりも効果的なレビューが実現することが示された。

今後の課題としては、客観的視点と主観的視点それぞれの特徴を使い分けた適応的な支援や診断結果を有効活用したフィードバックなどさらに効果的なセルフレビュー手法を検討することが考えられる。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP18K19836 の助成によるものです。

参考文献

- (1) 柏原昭博, 稲澤佳祐: “プレゼンテーションロボットによるセルフレビュー支援”, 第82回先進的学習科学と工学研究会(SIG-ALST), (2018)
- (2) 瀬谷遼太郎, 柏原昭博: “研究プレゼンテーションの診断に基づくロボットセルフレビュー支援”, 電子情報通信学会 教育工学研究会(ET), 信学技報, vol.119, No. 236, ET2019-43, pp. 63-68 (2019)

運転シミュレータのシナリオ制御モデルの評価

齊藤 玲^{*1}, 柏原 昭博^{*1}, 内藤 弘望^{*2}, 松浦 健二^{*2}, 戸井 健夫^{*3}, 栗田 弦太^{*3}

^{*1} 電気通信大学

^{*2} 徳島大学

^{*3} 三菱プレシジョン株式会社

A Scenario Control Model in Driving Simulation and its Evaluation

Rei SAITO^{*1}, Akihiro KASHIHARA^{*1}, Hiromu NAITO^{*2},
Kenji MATSUURA^{*2}, Takeo TOI^{*3}, Genta KURITA^{*3}

^{*1} The University of Electro-Communications

^{*2} Tokushima University

^{*3} Mitsubishi Precision co., Ltd

交通事故のリスク低減のため、日本では様々な場面で交通安全教育が行われている。しかし、日常の運転において事故が起こるリスクがあったとしても回避できたという経験を繰り返してしまうことで、安全運転に対する意識(安全運転意識)が高まらないという問題がある。この問題に対して、運転シミュレータを用いた教育では、交通事故の擬似体験を通して安全運転意識を高める効果が期待されているが、擬似体験した事故を引き起こした要因となった安全運転意識の不足を推定することは困難である。本研究では、運転シミュレータ上で運転者の安全運転意識を推定可能となるように事故を擬似体験させるためのシナリオ制御モデルを提案する。本モデルでは、事故リスクのある場面において、事故回避に要する安全運転意識を見極めた上で、運転者が擬似的に事故を起こした場合に、その意識不足を事故要因と推定し、運転者に対し安全運転意識を促すことを可能とする。横断歩道周辺に関して作成したシナリオ制御モデルの評価実験の結果、提案手法は従来手法に比べ、横断歩道周辺でより安全な運転操作を促すことが示唆された。

キーワード: 交通安全教育, 安全運転意識, 運転シミュレータ, Failure-driven learning

1. はじめに

日本の交通事故による死傷者数は 2019 年時点で 464,990 人⁽¹⁾であり、2004 年から減少傾向⁽¹⁾にはあるものの依然として身近な危険として存在している。このような交通事故のリスクへの対策として、近年では様々な運転支援システムが開発されている。しかし、運転支援システムによる交通事故のリスク低減の前提には、運転者の行動がシステムの有無によって変化しないということがある。しかしながら、運転支援システムにより安全性が向上し、運転者が安全の余裕を知

覚すると、速度増加や安全確認の省略といった負の適応⁽²⁾がリスク補償行動として発現し、結果的に安全性が変化しないというリスクホメオスタシス理論が提唱されている⁽³⁾。このことから、交通事故のリスクを低減させるためには、運転支援システムの導入のようなハード面での対策だけでなく、運転者の安全運転に対する意識(安全運転意識)を高めるソフト面での対策が必要である。現在の日本ではソフト面の対策として、学校での交通安全教室や、街角での交通安全運動など、様々な場面で交通安全教育が行われている⁽⁴⁾。一方で、現状の交通安全教育では、危険な運転行動を取っ

ていても事故を回避する経験を日常的に繰り返している参加者にとっては、交通安全教育への学習意欲が湧かず、安全運転に対する動機付けが高まらないという問題がある⁽⁴⁾。このような交通安全教育の中で、交通違反者に対する講習では、交通事故などの危険な場面を擬似体験させることを目的に、運転シミュレータを用いた交通安全教育が行われている⁽⁵⁾。運転シミュレータにより、交通事故等の危険な場面を擬似体験することは、運転者自身の運転と交通事故の結び付け、安全運転意識を高めることが期待される。一方で、現状の運転シミュレータでは、運転者が体験する運転シナリオは一意に定められており、運転者がどのような運転操作を行なったかに関わらず、交通事故の発生を意図した場面(事故場面)が提示される。このような運転シナリオでは、事故場面において交通事故を回避するために必要な安全運転意識が複数存在するため、事故を擬似体験した際に、事故を引き起こす原因となった安全運転意識の不足を推定することは困難である。そのため、運転者に応じたフィードバックを行うことができず、運転者の安全運転意識の変容を促す効果が限定的となっている。このような問題に対して筆者らは、交通違反者に対する交通安全教育で使用される運転シミュレータを対象に、運転者の運転操作から事故安全運転意識を見極め、安全運転意識の不足があった場合には事故の危険のある場面を提示することで、事故を起こしたことから安全運転意識を推定するための運転シミュレータのシナリオ制御モデルを提案した⁽⁶⁾。提案モデルにより、運転者の運転体験中の運転操作から安全運転意識の程度を見極め、安全運転意識の程度に応じたフィードバックを行うことで安全運転意識を向上させることを目指した。

そこで本稿では、提案モデルの概要と提案モデルに基づき作成した横断歩道周辺におけるシナリオ制御モデルについて述べ、提案モデルによる運転体験が運転者の安全運転意識を高めるかを確認するために行なったケーススタディについて結果を報告する。

2. 運転シミュレータのシナリオ制御モデル

2.1 シナリオ制御モデルの概要

運転シミュレータのシナリオ制御モデルでは、運転

者が体験する運転シナリオは、運転者の安全運転意識の見極めを行う場面(見極め場面)と、交通事故の擬似体験を意図した事故場面により構成される。運転シナリオにおいて、見極め場면을提示する中で、安全運転に必要な操作の有無により運転者の安全運転意識の見極めを行う。安全運転に必要な操作が行われていた場合には、次の安全運転意識の見極めを行う見極め場面へと遷移する。これにより、段階的に安全運転意識の見極めを行うことで、運転者の安全運転意識の程度の推定を実現する。一方で、安全運転に必要な操作が不足していた場合には、対応する事故場面へと遷移する。これにより、運転者の安全運転意識の程度に応じた交通事故の擬似体験を実現する。このように、運転者の安全運転意識の程度を見極め、安全運転意識の程度に応じた交通事故の擬似体験を行うことで、運転者に対してモデルに基づくフィードバックを行うことで安全運転意識の向上を目指した。

2.2 横断歩道周辺におけるシナリオ制御モデル

筆者らは、運転シミュレータのシナリオ制御モデルの第一段階として、横断歩道周辺におけるシナリオ制御モデルを作成した。図1に、横断歩道周辺のシナリオ制御モデルを示す。図1の各ノードは一つの場面を表し、ノードの中にはその場面に注意を向ける必要がある対象が示されている。また、青のノードは見極め場面、赤のノードは事故場面を表し、紫の枠には安全運転に必要な運転操作を示している。横断歩道周辺におけるシナリオ制御モデルは表1に示す7つの見極め場面と、同様の条件で事故の擬似体験をさせるための事故場面により構成される。各場面において安全運転に必要な操作の有無から、各場面の安全運転意識の見極めを行う。

ここで、表1の場面3を例に場面遷移の流れを説明する。場面3では、自転車の左右にいる歩行者が横断歩道に向かって移動している。この際に、自転車が横断歩道の前方で徐行するかを確認し、歩行者優先の意識を見極める。徐行していた場合には、歩行者優先の意識を身につけていると判断し、次の場面として場面4の見極め場面へと遷移し、死角の確認の意識を見極める。一方で、横断歩道の前方で徐行しなかった場合には、歩行者優先の意識が不足していると判断し、同様の場

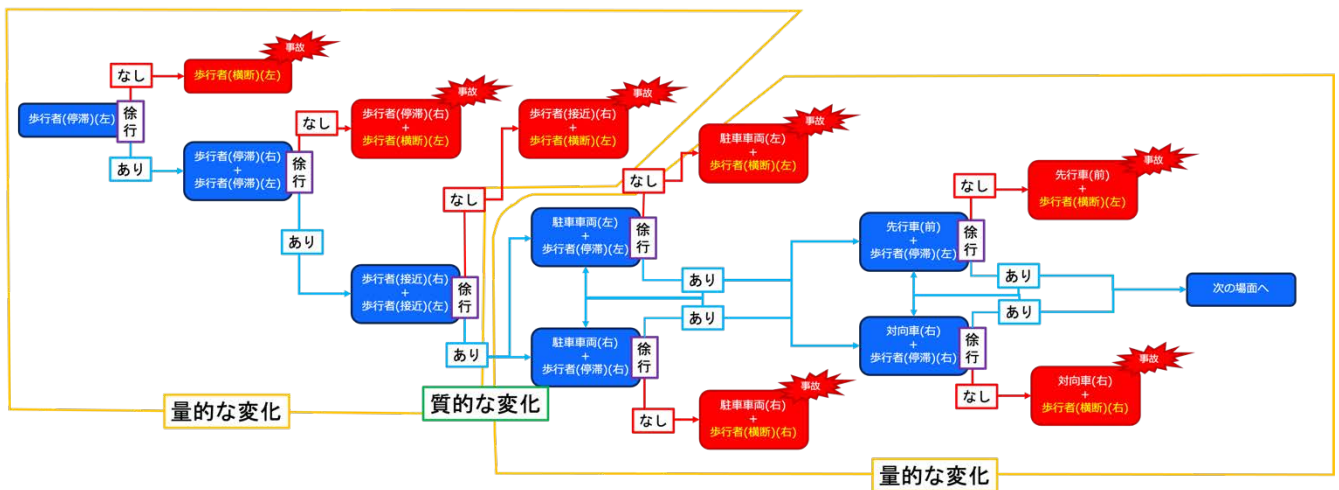


図 1. 横断歩道周辺におけるシナリオ制御モデル

表 1. 各場面に配置するオブジェクトと事故原因

場面	オブジェクト	事故を起こす原因	安全運転意識
1	歩行者(停滞)(左)	歩行者に気がついていない 歩行者が横断を始めることはないと思っている	歩行者確認の意識 歩行者優先の意識
2	歩行者(停滞)(左)+歩行者(停滞)(右)	片方の歩行者に気を取られ、もう一方の歩行者に気がついていない 歩行者が横断を始めることはないと思っている 歩行者に気がついていない	歩行者確認の意識 歩行者優先の意識 歩行者確認の意識
3	歩行者(接近)(左)+歩行者(接近)(右)	横断歩道に接近する歩行者が横断歩道を渡ると予想していない 片方の歩行者に気を取られ、もう一方の歩行者に気がついていない 歩行者が横断を始めることはないと思っている 横断歩道に接近する歩行者に気がついていない	歩行者優先の意識 歩行者確認の意識 歩行者優先の意識 歩行者確認の意識
4	駐車車両(左)+歩行者(停滞)(左)	駐車車両の死角に歩行者がいることを予測していない(気がついていない) 歩行者が横断を始めることはないと思っている	死角の確認の意識、歩行者確認の意識 歩行者優先の意識
5	駐車車両(右)+歩行者(停滞)(右)	駐車車両の死角に歩行者がいることを予測していない(気がついていない) 歩行者が横断を始めることはないと思っている	死角の確認の意識、歩行者確認の意識 歩行者優先の意識
6	先行車(前)+歩行者(停滞)(左)	先行車が横断歩道を通過しているため、歩行者が横断することはないと考えている 先行車の死角に歩行者がいることを予想していない(気がついていない) 歩行者が横断を始めることはないと思っている	歩行者優先の意識 死角の確認の意識、歩行者確認の意識 歩行者優先の意識
7	対向車(右)+歩行者(停滞)(右)	対向車が横断歩道を通過しているため、歩行者が横断することはないと考えている 歩行者が対向車の死角に入ったため、横断を始めることを予想していない 歩行者が横断を始めることはないと思っている	歩行者優先の意識 死角の確認の意識、歩行者確認の意識 歩行者優先の意識

面で事故を発生させるための事故場面へと遷移し、交通事故を擬似体験させる。

3. ケーススタディ

3.1 実験目的

本研究では、提案手法が従来手法に比べ安全な運転操作を促し、安全運転意識を高めるかを確認するため、横断歩道周辺でのシナリオ制御モデルを用いてケーススタディを行なった。本ケーススタディでは、運転者の安全運転意識に応じた交通事故を擬似体験させる提案手法と、運転者が事故を擬似体験する場面があらかじめ定められている従来手法を比較し、交通事故の擬似体験の前後で運転者の運転操作がどのように変化したかを確認することで、提案手法が従来手法に比べ安全運転意識を高めることができるかを評価した。

本ケーススタディでは、提案手法による運転体験により、運転者の安全運転意識に応じた事故の擬似体験を行うことで安全運転意識が高まり、横断歩道周辺において自車の速度を低下させ、横断歩道周辺の安全を確認するようになるという想定のもと次の仮説を立てた。

なお、本ケーススタディでは横断歩道の手前 100m をイベント区間として設定した。

H1: 提案手法による運転体験では従来手法による運転体験に比べイベント区間で徐行する場面数が増加する

H2: 提案手法による運転体験では従来手法による運転体験に比べイベント区間でのアクセルをオフにする場面数が増加する

H3: 提案手法による運転体験では従来手法による運

転体験に比べイベント区間でのブレーキをオンにする場面数が増加する

H4: 提案手法による運転体験では従来手法による運転体験に比べイベント区間での最低速度が低下する

H5: 提案手法による運転体験では従来手法による運転体験に比べ横断歩道周辺における運転に対する自己評価が低下する

ここで、本ケーススタディでは、ブレーキをオンにした際に 1m 以内に停止可能であり、一般的に徐行の目安とされている 10km/h を基準とし、10km/h 以下になった場合を徐行していることとした。

3.2 実験装置

本ケーススタディでは、三菱プレジジョン社製の研究・開発用ドライビングシミュレーションシステム D3sim を使用した。次に、本ケーススタディで被験者に提示した見極め場面の様子を図 2 に、事故場面を図 3 に示す。また、本ケーススタディでは、被験者が事故場面において事故を起こした場合には、前面のガラスにひび割れが描画される。事故発生時の様子を図 4 として示す。

3.3 実験手順

本ケーススタディは、運転歴 1 年から 42 年(平均 19 年)の自動車免許保有者 14 名に対して実施した。また、被験者はケーススタディにて交通事故の擬似体験を行うことから、被験者には事前にインフォームドコンセントにより実験参加の同意を得た。

ここで本ケーススタディでは、個人情報保護の観点から、事故歴、違反歴については、被験者の同意が得られた場合のみ収集した。回答が得られた範囲では、被験者自身の重大な過失により事故を経験したことのある被験者は見られなかった。また、本研究は交通違反者を対象にした研究であるが、本ケーススタディでは交通違反者への効果を確認する前段階として、交通違反者でない運転者も被験者に含めケーススタディを実施した。

被験者は、運転歴と運転頻度に偏りが発生しないよう実験群 8 名(平均運転歴 18 年 1 ヶ月)、統制群 6 名(平均運転歴 19 年 6 ヶ月)に群分けを行なった。図 5 に実験群、統制群の実験の流れを示す。また、運転体験

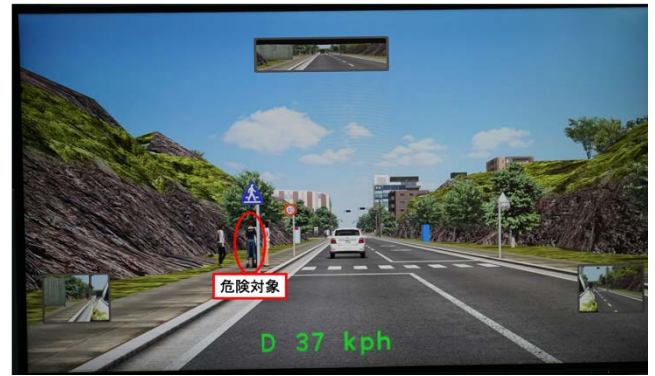


図 2. 見極め場面の様子



図 3. 事故場面の様子



図 4. 事故発生時の様子

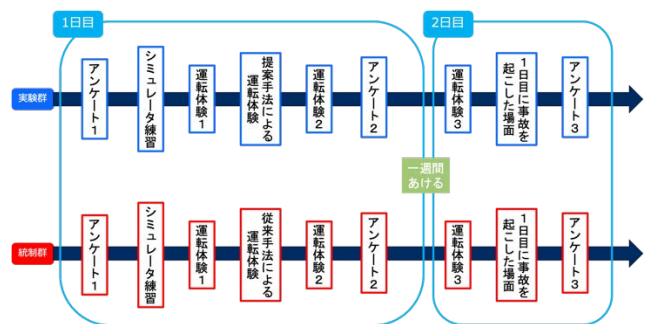


図 5. 実験の流れ

1, 運転体験 2, 運転体験 3, 提案手法による運転体験, 従来手法による運転体験で被験者に提示する場面の構成を表 2 に示す。アンケート 1, アンケート 2, アンケート 3 として実施した自己評価アンケートでは、横断歩道周辺の観点として、安全な速度、一時停止、安全確認、歩行者優先の 4 つを 5 件法で自己評価した。

表 2. 被験者に提示する場面の構成

	提示する場面の順番
運転体験 1	n,C3,n,n,C5,n,C1,n,n,C2,n,n,C4,n,n,n,C6,n,n,C7,n
運転体験 2	C6,n,C3,n,n,C2,n,C5,n,n,C4,n,C7,n,C1,n
運転体験 3	C6,n,C3,n,n,C2,n,C5,n,n,C4,n,C7,n,C1,n
提案手法による 運転体験	n,EX,n,n,EX,n,EX,n,n,EX,n,EX,n,n,EX,n,n,EX,n
従来手法による 運転体験	n,C1,n,n,C2,n,AC3,n,n,C4,n,AC5,n,n,C6,n,n,AC7,n

C1～C7: 見極め場面, AC1～AC7: 事故場面, n: 走行場面

EX: 見極め場面または事故場面

この自己評価は、各項目 5 点満点、合計 20 点満点に換算し、横断歩道周辺の運転についての自己評価点とした。

表 2 に示したように、各運転体験では被験者が実験の意図を推測することを困難にするため、見極め場面や事故場面の他に、分析対象とはせず、事故の危険のない走行場面を設定した。

また、2 日目に行う運転体験 3 では、1 日目に事故を起こした場面に対応する見極め場面は提示せず、運転体験 3 の最後に事故場面として提示することで、同じ場面において事故を回避できるかを確認した。ただし、1 日目に事故を起こさなかった被験者に対しては、表 2 における AC7 の場面を提示した。

図 5 に示したように実験 1 日目は、両群の被験者ともにまず安全運転に対する自己評価をアンケート 1 として行なった。その後、運転シミュレータの操作に慣れるための練習を 10 分間行い、交通事故の擬似体験前の運転操作の確認を行う運転体験 1 を行なった。運転体験 1 終了後、実験群は本研究で提案した横断歩道周辺のシナリオ制御モデルに基づき、被験者が横断歩道の前方で徐行していた場合には次の見極め場面を、徐行していなかった場合には対応する事故場面を提示した。また、事故場面において交通事故を擬似体験した場合には、その時点で提案手法による運転体験を終了した。

一方で、統制群は表 2 に従来手法による運転体験として示したように、事故場面を表 2 における AC3, AC5, AC7 に固定して被験者に提示した。また、実験群と同

様に、交通事故を擬似体験した場合には、その時点で従来手法による運転体験を終了した。

提案手法または従来手法による運転体験後、両群ともに交通事故の擬似体験による運転操作の変化を確認するため運転体験 2 を行い、運転に関する自己評価をアンケート 2 として実施した。

実験 1 日目から 1 週間以上間隔をあけて実施した実験 2 日目は、両群ともに運転体験 3 を行い、交通事故の擬似体験による運転操作の変化が継続しているかを確認した。また、運転体験 3 の最後に、1 日目に事故を起こした場面を事故場面として提示し、同じ場面において事故を回避できるかを確認した。その後、運転に関する自己評価をアンケート 3 として実施した。

3.4 事故を擬似体験した際のフィードバック内容

本ケーススタディでは、交通事故を擬似体験した被験者に対してフィードバックを行なった。実験群に対しては、事故を起こした場面を再生するとともに、事故を起こした場面に応じ、表 3 に示す横断歩道周辺のシナリオ制御に基づき作成した安全運転意識に関する問いかけを行い、被験者の安全運転意識の欠落に対して内省を促した。

一方で、統制群は、事故場面にて事故を引き起こす要因が複数あり、事故の原因を特定することができないため、横断歩道周辺には危険が多く存在するため、気をつけて運転をする必要があることを伝えた。

表 3. 実験群に対するフィードバック内容

場面	フィードバック内容
1	横断歩道付近の歩行者を意識していましたか 歩行者の横断の可能性を意識していましたか
2	横断歩道の左右両側を意識していましたか 歩行者の横断の可能性を意識していましたか 横断歩道付近の歩行者を意識していましたか
3	横断歩道に接近する歩行者の横断の可能性を意識していましたか 横断歩道の左右両側を意識していましたか 歩行者の横断の可能性を意識していましたか 横断歩道付近の歩行者を意識していましたか
4	駐車車両の死角に注意を向けていましたか 歩行者の横断の可能性を意識していましたか
5	駐車車両の死角に注意を向けていましたか 歩行者の横断の可能性を意識していましたか
6	周辺の交通に合わせるだけでなく自身で安全を確認していましたか 先行車の死角に注意を向けていましたか 歩行者の横断の可能性を意識していましたか
7	周辺の交通に合わせるだけでなく自身で安全を確認していましたか 対向車の死角に注意を向けていましたか 歩行者の横断の可能性を意識していましたか

3.5 実験結果

本ケーススタディでは、交通事故の擬似体験を伴う運転体験を行う以前の実験群と統制群に安全運転意識の程度に乖離がないことを確認するため、実験群と統制群のイベント区間での徐行場面数、イベント区間でのアクセルオフ場面数、イベント区間でのブレーキオン場面数、イベント区間での最低速度、横断歩道周辺の運転における自己評価を両側 t 検定により比較した。その結果、全ての項目において有意な差は見られなかった(徐行場面数: $t(12) = -0.591, p > .10$, アクセルオフ場面数: $t(12) = -0.814, p > .10$, ブレーキオン場面数: $t(12) = -0.576, p > .10$, 最低速度: $t(12) = 0.995, p > .10$, 横断歩道自己評価: $t(12) = -0.489, p > .10$)。このことから、交通事故の擬似体験以前において、実験群と統制群の安全運転意識の程度は同程度であったと考えられる。

ここで、提案手法による運転体験、従来手法による運転体験ともに交通事故の擬似体験をすることにより安全運転意識が高まることが予想される。このことから、以降では、実験群と統制群の各運転体験における運転操作の変化に着目することで、提案手法による運転体験が従来手法による運転体験に比べ安全な運転操作を促し、安全運転意識を向上させているかを確認した。また、イベント区間での徐行場面数、イベント区間でのアクセルオフ場面数、イベント区間でのブレーキオン場面数、イベント区間での最低速度、横断歩道

周辺の運転における自己評価の変化を分析するため、両群の変化量を対応のない t 検定で比較をした。また、効果量は Cohen の d を報告する。

図 6 に各運転体験における各群のイベント区間で徐行した場面数の平均を示す。図 6 より、運転体験 1 から 2 の変化では、イベント区間での徐行場面数は、実験群が統制群に比べ大きく増加したが、両群の変化に有意な差は見られず、効果量は中程度であった($t(12) = 1.288, p > .10, d = 0.70$)。本研究で使用した運転シミュレータは特性上、車両の速度感覚が実車の速度感覚に比べ著しく遅く感じられる。そのため、シミュレーション上では十分な減速ができていないにも関わらず、被験者は十分な減速ができていると判断したため、両群の変化に有意な差が見られなかったことが考えられる。また、運転体験 2 から 3 の変化では、実験群は徐行場面数が減少している一方で、統制群は微減にとどまっているが、両群の変化に有意な差は見られなかった($t(12) = -1.447, p > .10, d = 0.78$)。しかし、運転体験 3 で徐行した場面数は両群ともに同程度であることから、提案手法は従来手法と同程度の効果が継続していることが示唆された。

次に、図 7 に各運転体験における各群のイベント区間でアクセルをオフにした場面数の平均を示す。図 7 より、運転体験 1 から 2 の変化では、イベント区間でのアクセルオフ場面数は、実験群が統制群に比べ大きく増加したが、両群の変化に有意な差は見られず、効果量小であった($t(12) = 0.874, p > .10, d = 0.47$)。これは、運転体験 1 の時点で、両群ともにほとんどの場面でアクセルをオフにしていたため、大きな変化が見られなかったことが考えられる。また、運転体験 2 から 3 のアクセルオフ場面数は両群ともに減少したが、両群の変化に有意な差は見られず、小さな効果量が見られた($t(12) = -0.866, p > .10, d = 0.47$)。しかし、運転体験 3 でアクセルをオフにした場面数は両群ともに同程度であることから、提案手法は従来手法と同程度の効果が継続していることが示唆された。

次に、図 8 に各運転体験における各群のイベント区間でブレーキをオンにした場面数の平均を示す。図 8 より、運転体験 1 から 2 の変化では、イベント区間でのブレーキオン場面数は、実験群は統制群に比べ大きく増加し、両群の増加量の差には有意な傾向と大きな

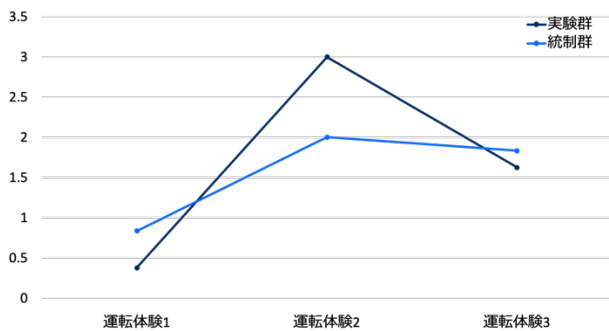


図 6. イベント区間での徐行場面数

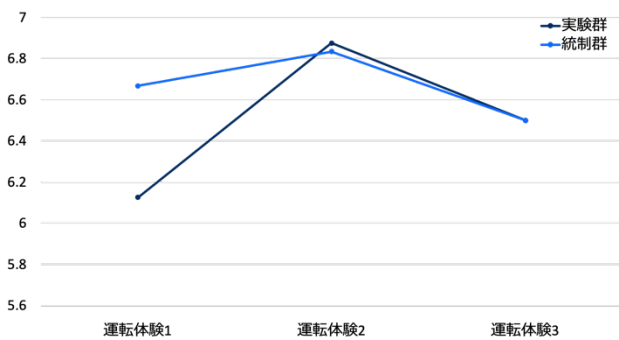


図 7. イベント区間でのアクセルオフ場面数

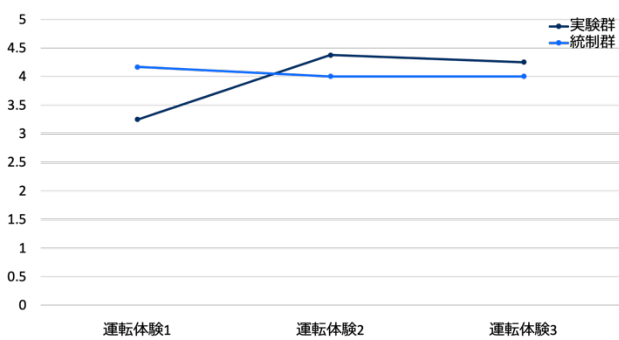


図 8. イベント区間でのブレーキオン場面数

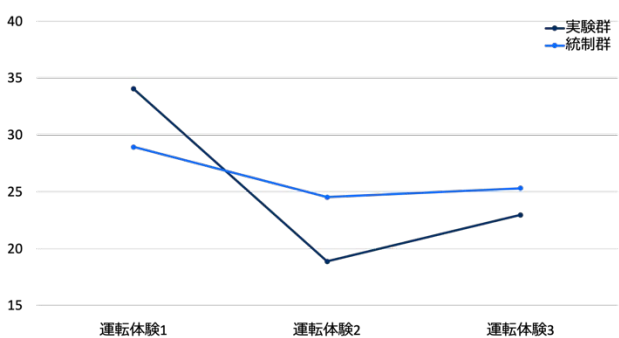


図 9. イベント区間での最低速度

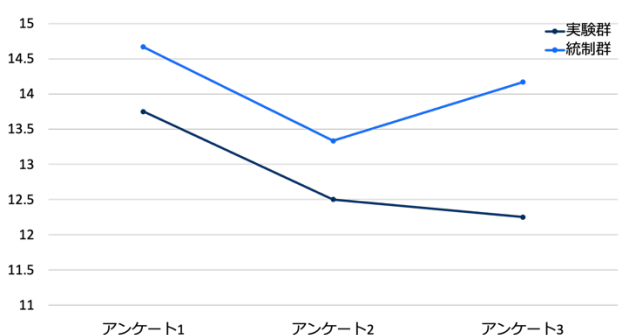


図 10. 横断歩道周辺の運転における自己評価

効果量が見られた($t(12) = 1.842, p < .10, d = 0.99$). こ

のことから、仮説 H3 は支持された。また、運転体験 2 から 3 の変化では、ブレーキオン場面数は両群ともにほとんど変化せず、両群の変化の間に有意な差と効果量は見られなかった($t(12) = -0.217, p > .10, d = 0.11$)。ここで、提案手法は従来手法に比べブレーキオン場面数を大きく増加させ、1 週間後にも同程度の水準を維持していることから、提案手法は従来手法に比べブレーキをオンにする意識を高める可能性が示唆された。

次に、図 9 に各運転体験における各群のイベント区間での最低速度の平均を示す。図 9 より、イベント区間での最低速度は、実験群が統制群に比べ 5%水準で有意に低下し、大きな効果量が見られた($t(12) = -2.337, p < .05, d = 1.26$)。このことから、仮説 H4 は支持された。また、運転体験 2 から 3 の変化では、最低速度は、実験群が統制群に比べ大きく増加したが、両群の変化に有意な差は見られず効果量は小さい効果量であった($t(12) = 0.705, p > .10, d = 0.38$)。一方で、運転体験 3 での最低速度は、実験群が統制群に比べ低いことから、提案手法は従来手法に比べ横断歩道周辺において速度を低下させる効果が高いことが示唆された。

次に、図 10 に各アンケートにおける各群の横断歩道周辺の運転における自己評価点の平均を示す。アンケート 1 から 2 の変化では、両群ともに同程度、自己評価が低下した。また、両群の変化に有意な差は見られず、効果量も見られなかった($t(12) = 0.057, p > .10, d = 0.03$)。これは、両群ともに事故を擬似体験したことで自己評価が低下したことが考えられる。また、アンケート 2 から 3 の変化では、実験群は自己評価が低下した一方で、統制群は自己評価が上昇した。しかし、両群の差に有意な差は見られず、効果量は小さな効果量であった($t(12) = -0.866, p > .10, d = 0.47$)。ここで、アンケート 3 において実験群は統制群に比べ自己評価が低いことから、提案手法は従来手法に比べ自己評価を低下させる効果が高い可能性が示唆された。

以上のことから、提案手法は従来手法に比べ、横断歩道周辺においてブレーキをオンにし、速度を減速させていることから、安全な運転操作を促し、安全運転意識を高めることが示唆された。

次に、運転体験 3 の最後で、1 日目に事故を起こした場面と同様の場面を提示した際に、事故を回避でき

表 4. 1 日目に事故を起こした場面

	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5	AC6	AC7
実験群	6	0	0	0	0	0	0
統制群			5		0		0

表 5. 2 日目の事故を起こした人数

	1 日目と同じ場面で 事故を起こした人数	1 日目に事故を起こさず 2 日目に事故を起こした人数
実験群	3	2
統制群	3	0

たかについて結果を述べる。表 4 に 1 日目に事故を起こした場面とその人数、表 5 に 2 日目に事故を起こした人数を示す。表 4 より、ほとんどの被験者が、各群で最初に提示される事故場面にて事故を擬似体験した。また、表 5 より、両群ともに 1 日目に事故を起こした被験者の約半数が 2 日目の事故を回避できなかった。このことから、提案手法は従来手法に比べ安全運転意識を高めるものの、事故を回避するために必要な安全運転意識を維持するためには、継続的な教育を行う必要があることが示唆された。また、実験群では、1 日目に事故を起こさなかった被験者 2 名が、2 日目に事故を引き起こした。これは、被験者が運転シミュレータの運転に対して慣れが発生し、普段、自動車を運転する際の意識に近い状態で運転体験を行なったことが考えられる。

4. 今後の課題

本ケーススタディでは、使用した運転シミュレータの制約上、被験者が体験する見極め場面と事故場面は全て同一の横断歩道周辺における場面となっていた。そのため、被験者は似たような場면을繰り返すことにより危険が予測しやすくなっていた可能性がある。このことから、提示する場面の多様性を高め、運転シミュレータに対する違和感を軽減させる必要があると考える。

また、本ケーススタディの結果から、提案手法による運転体験を繰り返すことにより、安全な運転操作を継続的に行うようになる可能性が示唆された。このことから、運転シミュレータを用いた交通安全教育の運用として、運転体験を繰り返すことにより、安全運転意識を高める運用方法を検討する必要がある。

さらに、本研究では、横断歩道周辺におけるシナリオ制御モデルの作成を行い、従来手法に比べ安全運転意識を高める可能性が示唆された。一方で、実際に交通事故の危険性が高い場面は横断歩道周辺に限らないことから、他の場面に関するシナリオ制御モデルを作成する必要がある。

5. まとめ

本論文では、運転者の運転操作に基づき、運転者の安全運転意識の程度と事故の要因を推定することで、適応的なフィードバックを行うことで安全運転意識を高める運転シミュレータのシナリオ制御モデルの評価を行なった。ケーススタディでは、横断歩道周辺におけるシナリオ制御モデルに基づいた運転体験と従来手法による運転体験を比較した結果、提案手法による運転体験は、運転者の安全な運転操作を促し、安全運転意識を高めることが示唆された。

今後の課題としては、運転シミュレータに対する違和感を軽減させるため、提示する場面の多様性を高めること、提案手法による運転体験を繰り返すことにより、安全運転意識を継続的に高めるための運転シミュレータを用いた交通安全教育の運用方法の検討、さらに、横断歩道周辺に限らず、交通事故の危険性のある場面に対するシナリオ制御モデルの作成が挙げられる。

参 考 文 献

- (1) 警察庁交通局：“令和元年中の交通死亡事故の発生状況及び道路交通法違反取締り状況等について”（2020）
- (2) 増田貴之、芳賀繁：“自動車運転支援システム導入に伴う負の適応”，自動車技術，Vol.62, No.12, pp.16-21（2008）
- (3) G.J.S. Wilde（訳：芳賀 繁）：“交通事故はなぜなくなるか -リスク行動の心理学-”，新曜社（2007）
- (4) 石田敏郎、松浦常夫：“交通心理学入門”，企業開発センター交通問題研究室（2017）
- (5) 警察庁交通局長：“取消処分者講習の運用について”，警察庁丙運発第 38 号（2016）
- (6) 齊藤玲、柏原昭博、内藤弘望、松浦健二、戸井健夫、栗田弦太：“交通事故の疑似体験を適応的に引き起こすための運転シミュレーションのデザイン”，教育システム情報学会 第 45 回全国大会，pp.263-264（2020）

安全な走行領域を考慮した 段階的危険予測学習支援システムの開発

辻文武^{*1}, 松原行宏^{*1}, 岩根典之^{*1}, 岡本勝^{*1}, 山元翔^{*2}

^{*1} 広島市立大学大学院情報科学研究科

^{*2} 近畿大学工学部

Development of Learning Support System for a Stepwise Hazard Prediction Skill Considering a Safe Driving Area

Fumitake TSUJI^{*1}, Yukihiro MATSUBARA^{*1}, Noriyuki IWANE^{*1}, Masaru Okamoto^{*1},
Sho Yamamoto^{*2}

^{*1} Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

^{*2} Faculty of Engineering, Kindai University

安全かつ余裕のある自動車の運転を行うために危険予測は必要である。先行研究では、段階的に学習状況を変化させることで危険予測を学習できるシステムの開発を行った。本研究では、ドライバの運転ストラテジを定性的に表した Field of Safe Travel を用いて、安全な走行領域を学習する手順を追加し、安全な走行領域を制限する要因を学習できる状況を提案して実装した危険予測学習支援システムの開発を行った。

キーワード:学習支援システム, 危険予測運転, Field of Safe Travel

1. はじめに

自動車による交通事故は、令和元年に約 38 万件発生している。この自動車事故の原因の一つとして、運転中に起こりうる危険を予測する危険予測が十分に行えていないという可能性が挙げられる。危険予測の学習は、危険予測ディスカッションとして自動車教習所で行われている。しかし、技能講習と学科教習を合わせても 3 時間と短く、時間の都合上、十分に学習することができず、学習したことが無い運転状況下で素早く、適切に危険予測を行う、適応的な能力が身につかない可能性がある。そのため、事故映像から危険を探すシステムを開発し、危険予測や事故につながる状況を学習させて危険予測を練習させる研究などが関連研究として行われているが、従来の危険予測学習を拡張する取り組みになっており、危険予測自体を学習する研究はあまり行われていない⁽¹⁾。そこで、先行研究ではオブジェクトに着目をし、オブジェクト個々の理解

を深めることで適応的な能力を身につける危険予測学習支援システムの開発を行った⁽²⁾。また、先行研究では Situation Awareness⁽³⁾と呼ばれる、人の行動モデルに基づいたシステムの演習手順を提案しており、この手順に従って演習を行ってもらうことで、危険予測自体の学習も行うことができた。しかし、先行研究の手順では、危険予測をふまえた運転経路の提示は一例のみであり、具体的にどのように運転経路を決めればよいのか分からない、不十分なものであった。

そこで本研究では、この運転経路の提示に着目し、実際の運転時のように、危険予測をふまえてどのように走行すれば良いのか学習することができる、危険予測の適応的な能力を身につけてもらうための学習支援システムの開発を行った。

2. Field of Safe Travel をふまえた危険予測

周囲の運転状況から、ドライバの運転ストラテジを

表 1 本システムの演習手順

演習手順	演習内容
1	運転状況の確認
2	危険に繋がるオブジェクトの選択
3	起こりうる危険の選択
4	危険に繋がる動作の選択
5	行うべき対処の選択
6	安全な走行領域の選択

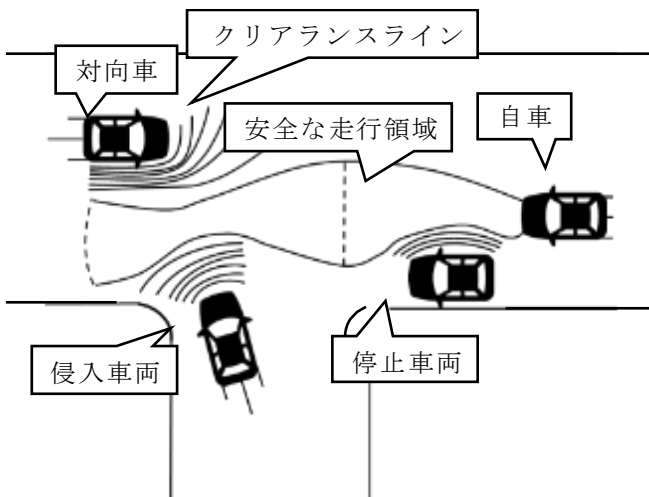


図 1 Field of Safe Travel の例⁽⁴⁾

定性的に表した Field of Safe Travel という概念がある⁽⁴⁾。図 1 に一例を示す。右端にある車が自車であり、自車が直進をしている状況を表している。周囲のオブジェクトとしては、停止車両、侵入車両、対向車がある。周囲のオブジェクトは衝突すると事故につながるため、負の価値を持っており、周囲にはクリアランスラインと呼ばれる、動きの予測を表した負の価値を持った線が表されている。図 1 では、停止車両は動いていないため、クリアランスラインの間隔が狭くなっている。侵入車両は左折をするために速度を落としている状況であるため、クリアランスラインの間隔がやや狭くなっている。対向車は直進をしている状況であるため、前方のクリアランスラインの間隔は広がっているが、左右へはあまり移動しないと考えられるため、間隔は狭くなっている。クリアランスラインは周囲のオブジェクトに近いものほど負の価値が高く、遠いものは負の価値が低いため、クリアランスラインについて考えることで、リスクの大きさについても考えることができる。自車の進行方向上に示されている領域が危険にあう可能性が低いと考えられる安全な走行領域と呼ばれる領域で、周囲のオブジェクトのクリアランスラインや道路の形状等によって曲がったり、奥行や幅が伸縮したりする特性を持っている。この安全な走行領域の幅の中央を走り続けることによって、最も安全に走行することができるというものである。

この Field of Safe Travel をふまえた危険予測は、運転状況(State of The Environment)から、運転状況

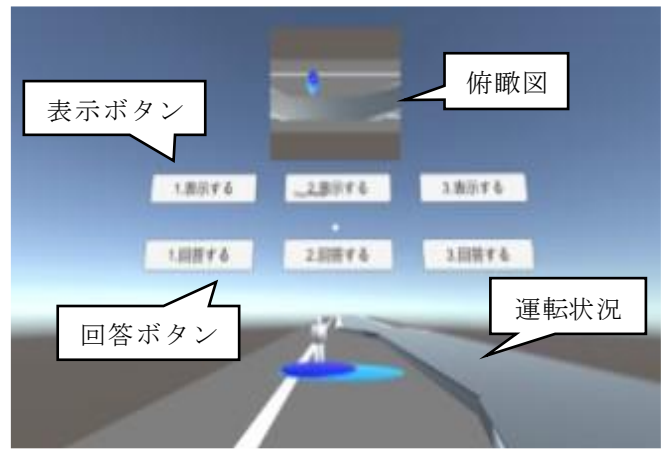


図 2 開発システムでの表示画面

し運転に関係のある要素を抜き出し、要素ごとの関係性を整理する(Situation Awareness Level 1, 2). その要素から、次の状況を予測する(Situation Awareness Level 3). そして危険を回避するための安全な行動と安全な移動領域を選択し(Decision), 実際に操作をして結果を検証する(Performance of Actions). 次の状況の予測では、オブジェクトの振る舞いをふまえた上で、危険な配置に移行しないか推測したのちに、適切な、安全につながる動作の選択と安全な移動領域を選択し、行動する。システムでの演習手順は、この危険予測の手順に沿って表 1 のようにしており、表 1 の手順に沿って問題を解いてもらうことによって、危険予測の手順そのものについても、体験をしながら学習をしてもらう。

Field of Safe Travel に基づいた安全な走行領域を考える手順を図 2 のようにシステムに実装した。上部の「表示する」と書かれた表示ボタンを押すとそれぞれ

のボタンに対応した **Field of Safe Travel** が表示される。表示ボタンは3つあり、それぞれ正解、自車の安全な走行領域が間違っているもの、周囲のオブジェクトのクリアランスラインが間違っているものが表示される。学習者には表示ボタンを押してもらい、それぞれの部分が異なっているか考えてもらうことで間違っている理由まで考えてもらう。その後、対応した番号の「回答する」が書かれた回答ボタンを押すことで正誤のフィードバックを返す。不正解の時は、間違っている部分と理由をフィードバックとして返し、もう一度考え直してもらう。また、**Field of Safe Travel** は図1のように上から見た図で考えると分かりやすいため、画面上部に俯瞰図が表示されるようにした。この俯瞰図と下の運転状況を照らし合わせて考えてもらうことにより、実際の自動車運転時の **Field of Safe Travel** が考えやすいようにしている。

3. 検証実験

実験の目的として、**Field of Safe Travel** を追加した演習の有効性の確認と、**Field of Safe Travel** について学習することができたかの検証を行う。実験手順は、事前の危険予測テストとして、**Q1** は「あなたが自動車学校の教官だとして、危険予測の学習時に学生に危険予測の手順を教えるとき、どのように教えますか」という問で、危険予測をどのような手順で行っているか、**Q2** は「画像1~8を見て、それぞれ「危険だと思ったもの」「それはどんな危険か」「なぜその危険が起こるか」を記述してください」という問でどの程度危険予測ができるのか、**Q3** は「自車が安全に走行できると思う範囲をマーカー等で記述してください」という問で安全な走行領域はどこかの3点を確認する。その後、システムの利用方法の説明をし、システムを用いての学習を、こちらで用意した課題をすべて終えるまで行ってもらおう。演習後、事前危険予測テストと同じ内容で事後危険予測テストを行い、アンケートに回答してもらった。事前と事後の危険予測テストの結果を比較し、システムを用いた演習が危険予測の方法に影響を与えるかどうかを検証する。また、アンケートでは、システムを用いた演習を行うことにより、危険予測の手順や能力に変化があったかどうかを主観的な評価を

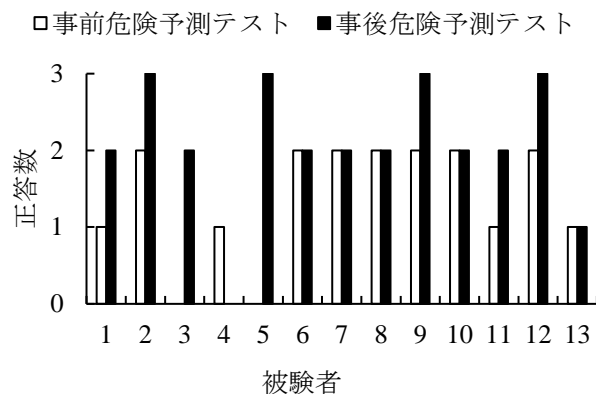


図 3 Q1 の事前事後における正答数の比較

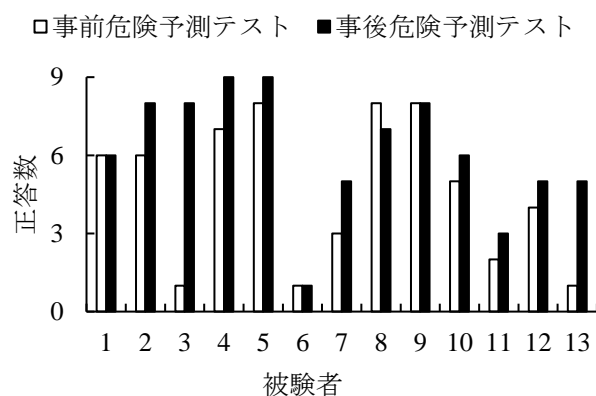


図 4 Q2 の事前事後における正答数の比較

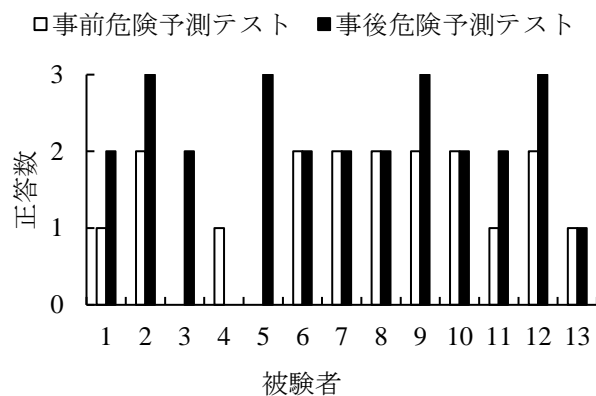


図 5 Q3 の事前事後における正答数の比較

してもらおう。実験の被験者は大学生7名・大学院生6名の計13名を対象とした。

図3にQ1の事前と事後の危険予測テストでの各被験者の結果の比較を示す。「危険に繋がるオブジェクト

の発見」, 「起こりうる危険」, 「危険を回避するための行動」の3点が書けていることを, 一つ1点として確認を行った. 次に, 図4にQ2の事前と事後の危険予測テストでの各被験者の結果の比較を示す. 画像2のみ危険が2つある問題にしたため, 危険1つにつき1点として, 満点は9点とした. 図5にQ3の事前と事後の危険予測テストでの各被験者の結果の比較を示す. 各画像で安全な走行領域が書けていることを確認したため, 満点は8点とした.

Q1, Q2, Q3のいずれも, 事前テストの方が点数が高く, 事後テストでは点数が下がってしまった被験者が1名いたが, 事後の危険予測テストの方が点数が高くなる被験者が半数以上であったという結果が得られた. また, 各問で事前と事後テストの結果を有意水準5%でt検定を行ったところ, Q2はp値が0.14となり有意差が確認できなかったものの, Q1とQ3はp値が0.04となり有意差が確認できた. Q3のField of Safe Travelを考える問題で, 事後危険予測テストの方が点数の低かった被験者10の回答を確認すると, 事前と事後の危険予測テストで車線数が違う問題で正答数が下がっていた. 他の被験者の回答も確認をすると, 同様に事前と事後の危険予測テストで, 車線数が異なる問題で間違えている被験者が数名見受けられた. 事前と事後の危険予測テストで使用した画像は, Q2の危険箇所は同じになるようにしていたものの, 車線数は異なっているものがあつたため, Q3の比較の画像としては不適切であつた可能性がある. また, システムで実装していた学習状況では, いずれも片側1車線であつたため, 2車線以上の場合について学習できなかったと考えられる.

以上の結果より, 被験者の半数以上がシステムで演習を行うことにより, 危険予測の手順や安全な走行領域の考え方を身につけることができたことが確認された. また, 危険予測の能力は有意差が確認できなかったものの, 過半数の被験者が事前より事後の危険予測テストの点数が上がっていることから繰り返し演習を行うことによって危険予測の能力を上げることができると示された. よって, 本システムでの演習によって, 危険予測の仕方に変化を与えることができ, 適応的な危険予測の能力を身につけることができる可能性を示した.

4. おわりに

本研究では, 道路の走行位置周囲の運転状況からドライバの運転ストラテジを定性的に表したField of Safe Travelを用いた, 安全な走行領域を考慮できる危険予測学習支援システムの開発を行った.

検証実験では, システムを用いた演習の前後に危険予測テストを行い, 結果の比較を行うことで危険予測の能力が上がっているか, 安全な走行領域を考える上での知識が身についたかどうかの確認を行った. 実験後に正答数が下がった被験者が各問に1人ずついたものの, 半数以上の被験者は正答数が上がるという結果が得られた. また, 事前と事後テストの結果を有意水準5%でt検定をしたところ, 危険予測の手順と安全な走行領域の学習では有意差が確認でき, システムを用いることで危険予測の手順についての知識が高まり, 安全な走行領域についても学ぶことができたことが確認できた. これらの結果から, システムで演習を行うことで, 危険予測の手順や安全な走行領域について学習することができ, 危険予測の適応的な能力を身につけることができる可能性を示した. 今後の課題として, 正答数が下がってしまった被験者や, 変わらなかった被験者が複数人いたため, システムでの演習手順の提示の方法やシステムに実装する学習状況の追加や整理, フィードバックの明確化の検討を行っていく予定である.

参考文献

- (1) 中村愛, 島崎敢, 伊藤輔, 三品誠, 石田敏郎: “タブレット端末と事故映像を用いたハザード知覚訓練と運転行動の変化”, 人間工学, Vol.49, No.3, pp.126-131 (2013)
- (2) 辻文武, 山元翔, 松原行宏, 岡本勝, 岩根典之: “臨場感を高めた段階的危険予測スキル学習支援システムの開発”, 教育システム情報学会第44回全国大会論文集, pp.257-258 (2019)
- (3) Endsley, M. R.: “Toward a theory of situation awareness in dynamic systems”, HUMANFACTORS, Vol.37, No.1, pp.32-64(1995)
- (4) Gibson, J. J. and Crooks, L. E.: “A THEORETICAL FIELD ANALYSIS OF AUTOMOBILE-DRIVING.”, The American Journal of Psychology, Vol.51, No.3, pp.453-471 (1938)

初等力学問題を対象とした問題間構造組立演習システムの 設計開発と実験的評価

元川 凱喜^{*1}, 藤田 隆雅^{*2}, 林 雄介^{*1}, 平嶋 宗^{*1}

^{*1} 広島大学大学院工学研究科

^{*2} 広島大学工学部

Composition Exercise of Inter-Problem Structure in Preliminary Physics and Its Experimental Evaluation

Kaiki Motokawa^{*1}, Fujita Ryuga^{*2}, Yusuke Hayashi^{*1}, Tsukasa Hirashima^{*1}

^{*1} Graduate School of Engineering Hiroshima University

^{*2} Engineering Hiroshima University

問題は単一で存在するのではなく、その周辺には関係を持つ問題が複数存在しており、それらの関係は問題間構造として記述できる。問題を解くだけではこの問題間構造の理解の促進が十分ではないことから、本研究では、問題間構造の理解促進を指向した問題間構造組立演習システムを、力学を対象領域として設計開発し、実験的利用を通してその有用性を検証したので報告する。

キーワード:問題間構造, 構造組立演習, メタ認知, 問題解決支援, 自己調整学習

1. はじめに

問題を解けた際に、その問題を十分に理解したと言えるのだろうか。問題を解くとは、その問題に合った適切な解法を適用することである。このとき、ただ手続的に解法を適用して問題を解決することと、問題を吟味し適切な解法を選択して解決するのでは大きな隔りがある。先行研究において理解は2つに分類されており、前者を道具的理解、後者を関係的理解とした[1]。問題は単体で存在するのではなく、その問題と関わりの深い問題が複数存在する。問題とその問題と関わりの深い問題を比較することで、その問題の特徴を把握し、問題に合った解法を適用するのが関係的理解である。このように問題同士には関係があり、その問題間の関係を理解することが学習において重要であるとされている。この問題間の関係は一つの問題に対して、複数の関係のある問題が存在し関係し合うことで問題間構造を構築する。この問題間構造を用いた自己克服法が研究された。ポリアは『もしも、与えられた問題がとけなかったならば、何かこれと関連した問題を解こうとせよ。もっと易しくてこれと似た問題は

考えられないか。』と述べている[2]。この考えに基づいた関係的理解を必要とする自己克服法として、単純化方略が研究された[3]。単純化方略では、問題に行き詰った際に、その問題と単純化の関係にあり、且つ、解決可能な問題と元の問題とを比較することで行き詰まりの原因を自ら発見する方法である。

先行研究では初等力学の問題を対象に、この単純化方略を実装した問題演習システム“ICP”が研究された。学習者が問題に行き詰った際に、システムにより、その問題を単純化した問題を学習者が解決可能になるまで提供し、再度元の問題まで複雑化するといった演習システムが設計/開発された。実践的に利用した結果、単純化された問題を解くことで直接的な支援を行うことなく、学習者自身で元の問題が解けるようになるといった自己克服が確認された[4]。さらに、ただ学習者に単純化された問題を解かせるだけでなく、単純化された問題と元の問題を比較/検討させるシステムが設計・開発された。このシステムでは、システムが提示した2つの問題の関係を説明する演習が行われた[5]。

本研究では、より全体の問題間の関係を理解するた

めに、問題間構造を、問題とそれらの問題の関係に分解したパーツを提供し、それを学習者が組み立てる演習を設計した。先行研究での用意された2点の問題間の関係だけでなく、与えられた問題群の全体から関係のある問題を探することで、自身で関係のある問題を発見する能力を習得することを目的とした。また、高等専門学校において本システムの実験的利用を行い、システムの妥当性とその効果を確認した。

2. 単純化

2.1 道具的理解と関係的理解

Skemp[1]は理解を大きく2つに分類しており、道具的理解と関係的理解が存在する。道具的理解とは「規則を身につけそれを用いる能力で、いわゆる理由なき規則を用いる能力」と定義されており、言い換えると、なぜその解法を用いるのかわからないが手続き的に解法を適用することで問題を解いている状態である。対して、道具的理解は「やっていることもその理由も、どちらも理解している状態」と定義されており、他の問題との違いといった関係を把握し問題の特徴をとらえることで、適切な解法を選択し問題を解ける状態である。

2.2 単純化の定義

先行研究[6]において初等力学の問題を表層構造（問題文）、制約構造（物理状況）、解法構造（解法）に分類しており、このうち問題の解き方に特に影響する物理状況と解法の二つにおいて単純化を定義している。

「状況」は重力加速度や質量といった問題を構成する属性と、それらの属性を結ぶ数量関係によって構成されたネットワークであり、「解法」はそのネットワーク内で問題から与えられた入力属性と求めるべき出力属性をつなぎ合わせた木構造で表現される解法構造である[7]。これらの構造に操作を行うことで関連した問題を作ることができる。さらに、状況や解法から一要素を削除したり、入力/出力属性を変更したりすることで、元問題よりも一段階簡単な問題ができる。こういった操作を「単純化」とよび、単純化された問題の構造は元の問題の構造に含まれるため、元問題を解くということは、単純化された問題を解くことを含んでいる。

2.3 特殊化と一般化

「状況」に対する単純化/複雑化を、特殊化/一般化と呼ぶ。特殊化では問題が持つ属性の値を式上において省略してよい値にデフォルト化することで単純化としている。つまり、特殊化された問題を解くことは元の問題の特殊な状況の問題を解くこととなる。逆に、滑らかな床の摩擦係数を任意の値にするといった、状況の属性を追加することが一般化である。たとえば、摩擦係数が0という値に特定されているのが特殊な状態であり、摩擦係数が0でない場合の解決過程では、0である場合の解決過程を含んでいる一般化された解決過程になる。特殊化/一般化における状況の変化は、マイクロワールドグラフと呼ばれるモデルの一部を用いている[8][9]。マイクロワールドグラフとは、物理状況間の関係をその状況を成立させている力学的な仮定の変化とし、ある物理状況から派生しうる状況を網羅的に記述したものである。

2.4 部分化と拡張化

「解法」に対する単純化/複雑化を、部分化/拡張化と呼ぶ。部分化は問題解法構造中に現れる中間属性を出力属性もしくは入力属性として元の解法構造の部分で解決可能な問題にすることで単純化としている。つまり、部分化された問題を解くということは元の問題の一部を解くこととなる。逆に元問題で出力属性や入力属性だった属性を中間属性として、新しい属性を追加することで拡張化を行うことができる。

3. オープン情報構造アプローチ

3.1 オープン情報構造アプローチ

オープン情報構造アプローチ[10]とは課題設計の方法である。学習課題を意味的で記号的な情報構造として記述し、学習者にインタラクティブにその構造を操作できる環境を提供することで、よりアクティブな学習活動が実現できる。オープン情報構造アプローチは次の手順で学習課題に適用する。(1)対象となる情報構造を外在化して学習者に提供する。(2)外在化された情報構造を、学習者にとって操作可能なものにする。(3)学習者が操作した結果を情報構造に反映・フィードバックする。これにより学習を阻害する負荷を軽減し、学習を促進する負荷を維持することが可能になる。

3.2 キットビルド方式

キットビルド方式とは、対象の構造を、「要素」と「要素間の関係」によって記述した上で、その構造を、「要素部品」と「関係部品」に分解して部品集合（キット）とし、その部品集合を用いて元の構造を再組立することである。このキットビルド方式を概念マップに適用したのがキットビルド概念マップである。概念マップとは、二つ以上の概念とそれらの関係によって構成された命題の集まりから意味構造を表した図的表現である[11]。概念マップを作成することは、学習知識や理解の外化・整理活動として学習効果があるとされている[12]。キットビルド概念マップでは、教授者が伝えたい内容を概念マップとして構造的に表現し、その構造を概念（ノード）と関係（リンク）に分解し、キットを作成する。そして、そのキットを学習者に提供し、概念マップを組立させる。元の概念マップが決定されているため、組立てられた概念マップの計算機による自動正誤判定や即時のフィードバックが可能となる[13]。本研究では、文献[14]に基づいて問題間構造を記述し、それを部品化して学習者を組み立てさせることを問題間構造組立演習としており、5章において説明する。

4. 問題比較演習システムの実験的利用

本章では、先行研究で実施した問題比較演習システムの実験的利用とその結果について紹介する。

4.1 実験目的

これまで問題の単純化の関係を利用した自己克服方略を実装したシステムが開発され、自己克服の効果が確認された。しかし、これらのシステムは問題を解くための単純化を用いているものであり、問題間の関係自体を学習対象としものではなかった。そこで先行研究[5]では問題の関係自体を対象とし、問題同士の比較・検討を行う能力の習得を指向した演習システムが設計され、効果の検証がされた。このシステムでは単純化の関係にある2つの問題を与え、それらの問題間の関係を説明させるものであった。しかし問題間の関係は2点間の関係だけでなく、複数の問題と関わり合っており問題間構造を構築するものである。そこで本実験では先行研究のシステムで2つの問題の関係だけ

でなく、より複数の問題との関係に対しても効果があるのかを検証した。

4.2 システム概要

現在取り組んでいる問題と他の問題を関連付けて、どう難しくなっているのか、あるいはどう簡単なのかを比較検討できることは、複数の問題を扱う学習方略の基礎であり、能動的に学習を行っていく上で重要なスキルである。しかし一般的に問題は「解く」ものであり、複数の問題の関係について考えることや、問題同士で比較することが直接的な学びの対象となることは少ない。そこで、まず1ステップとして単純・複雑関係で結びついた問題同士における比較活動を可能とする環境を整え、経験学習として支援を行う。

問題間の差分に注目した活動をプロセスごとに、(1)問題同士が単体としてだけでなく単純・複雑の関係によって結びついていることを認識する。(2)問題に含まれる要素やパラメータレベルの差異を確認する。(3)問題解決レベルの差異を見つけて表現する。(4)結果や問題の成否から自身の活動を評価、応用する。以上の4つに分割して捉えた時、特に(1)～(3)の段階を可視化・演習化して学ばせることで問題間の比較の支援を行う。(1)については1つの問題から生成される単純な問題群の繋がりを表した問題間構造の可視化、(2)および(3)については各問題ペアにおける比較活動を通して問題間の差分を表現する説明演習を設計する。このシステムでは2つの問題を比較したとき差分を抽出し説明できることまでのステップをまず可能とすることが目標として開発された。

4.3 実験手順

初等力学を習得済みの高等専門学生計37名を対象に検証を行った。手順として、事前テスト(10分)、システム利用(55分)、事後テスト(7分)を行った。事前・事後テストで同じ内容のものを使用した。この事前事後テストでは問題の単純化が行えるか否かを測った。出題した問題を図1に示す。このテストでは、まず初期問題を与え、「その問題を解けた人なら必ず解けると思われる問題はどれか？」という質問をした。これは「初期問題を単純化した結果、生成される問題はどれか？」という問いと同義であり、学習者は初期問題と

与えられた問題群の複数の問題間関係を考慮する必要がある。与えられた問題群は初期問題と関係のある問題であるものの、初期問題を複雑化した問題も含まれており、単純複雑といった順序関係による問題間構造を理解していなければならない。更になぜその問題を選択したかという理由も記述させた。この際、単に問題を解く知識が不足しているために比較が満足に行えないことを避けるため、必要な公式も同時に提示した。

図 1 事前事後テストで実施した問題

問題S

以下の状況において物体Aに働く運動方向の加速度を求めよ。
(矢印は物体の運動方向を表す)

- 物体Aの質量を m 、物体Bの質量を M 、重力加速度を g とする。
- 物体Aは摩擦のある平面上を滑っており、動摩擦係数を μ とする。
- 2物体ある状況では、それぞれの物体は重さのない糸でつながっており、滑車は滑らかに回転する。
- 土台は固定されている。

Q: 単純化した結果得られる問題はどれか?
選択した理由は?

① ② ③ ④ ⑤
⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩

4.4 実験の結果と分析

事前事後テストについて2通りの採点方法で採点した。まず、採点法1では、理由も含めて単純化された問題を選択できていたら1点とした。図1のテストでは、①、④、⑧が正解となるため、満点は3点となる。また、このテストでは任意の数の選択を許しているため、正解を選択しているかどうか（再現率）だけでなく、選択したものが正解である（適合率）も考慮する必要があると考え、適合率・再現率・F値での採点も行った。この際には理由づけは採点の対象としていない。採点法1の結果の度数分布を表1に示す。平均点についてウィルコクソンの順位和検定を行ったところ5%の有意差($p = 0.0126$)を確認できた。採点法2における適合率、再現率、F値の事前事後テストにおける平均を表2に示す。同じくウィルコクソンの順位和検定を行ったところ、再現率においてのみ5%の有意差($p = 0.031$)が確認できた。これらの結果から、単純化し問題間の関係まで説明できた学習者が増加したことがわかった。本システムでは問題の比較する能力を習得することが目的であったため、単純化された問題の差分

まで説明できたのだと考える。しかし、適合率とF値においては有意差が確認されなかった。単純化には向きが存在し、ある問題に対しては単純化の関係にあるが、他の問題に対しては、関係はあるものの単純化の関係ではなく複雑になる場合もある。このような順序関係と言った関係構造の習得までには至らなかったと考えられる。したがって、より問題間構造全体を考える演習の必要性が言える。

表 1 比較演習における事前事後テストの得点分布

(採点法1)

	事前	事後
0点	24	20
1点	10	6
2点	1	4
3点	2	7
平均点	0.486	0.946
標準偏差	0.792	1.18
p-value	0.0126	

表 2 事前事後テストにおける
適合率/再現率/F値の変化 (採点法2)

	適合率		再現率		F値	
	事前	事後	事前	事後	事前	事後
平均	0.563	0.651	0.505	0.649	0.522	0.628
標準偏差	0.429	0.400	0.407	0.395	0.407	0.380
p-value	0.196		0.031		0.126	

5. 問題間構造組み立て演習システムの 設計・開発とその効果の検証

5.1 システム概要

本研究の目的は、問題の関係の理解を促進することである。この問題間の構造を理解するために、第3節で述べたオープン情報構造アプローチに基づいた演習を設計開発する。オープン情報構造アプローチは学習対象をインタラクティブに操作可能な学習環境を提供することのできる課題設計方法である。このオープン情報構造アプローチに基づいて設計するため次の手順で演習を設計する。まず、(1)対象となる情報構造を外在化し学習者に提供する。(2)外在化された情報構造の学習者による直接的な操作を可能にする。(3)学習者の操作結果をその情報構造に反映・フィードバックする。本システム演習の学習対象は問題間の構造である。ここで2.3節にて述べた、特殊化による問題間の構造を外在化したマイクロワールドグラフは各問題をノード、それらの問題の関係をリンクとすることで特殊化による問題感構造を外在化している。また、このマイクロワールドグラフはノードとリンクによって構成されて

おり、問題間の関係命題によって構築された概念マップとして捉えることができる。更にマイクロワールドグラフは特殊化の定義に基づいて構成されるため、一意にゴールマップを決定できるので、キットビルド概念マップとして操作可能な情報構造といえる。したがって本システムは(1)対象となるマイクロワールドグラフを(2)キットビルド方式で学習者に提供し再構築演習を行い、(3)解答に合わせたフィードバックを提供する。

5.2 組み立て演習

本システム演習ではマイクロワールドグラフをキットビルド方式で組み立てる演習を行う。問題状況と問題文を組み合わせたものをノード、特殊化の関係によって省略された属性をラベルとしたリンクを学習者に提供する。学習者は与えられたキットで、一意にきまるマイクロワールドグラフを構築することが目標となる。この組み立て演習を行う中で学習者はそれぞれのノードを比較しながら適切なリンクで問題ノードを繋がないといけない。具体的な操作を、図1を用いて説明する。この場合、②、③のノードはどちらも①から摩擦が特殊化されているので一見するとどちらも正解に思える。しかし、①から③では、摩擦だけではなく、張力も特殊化されており、対して①から②は摩擦のみが特殊化されている。したがって、より適切な①と②を接続するのに摩擦リンクを使用する図2が正解のマップとなる。このように学習者は、2つ問題ノードを接続する際に、それらの問題だけでなく他の問題ノードと関係も考慮しなければならない。つまり組み立て演習を行うことは、2つの問題比較だけでなく網羅的に問題を比較が必要となり問題間構造全体を意識することとなる。

図2 問題間構造の構成部品の提供例

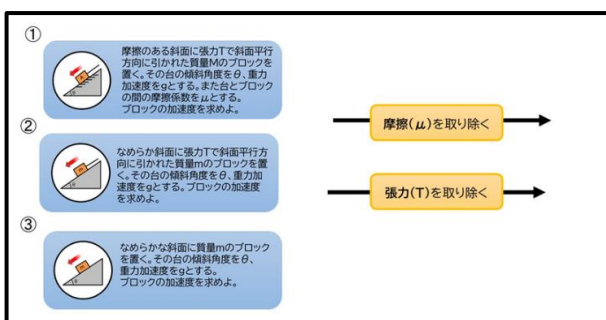
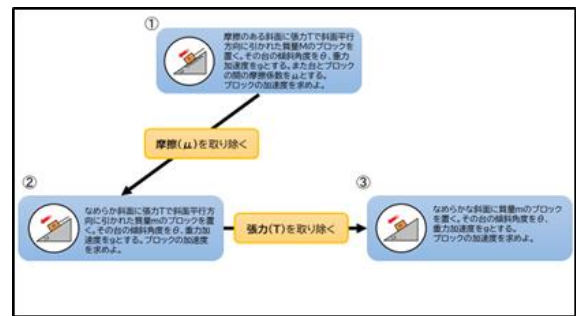


図3 問題間構造の組み立て例



5.3 フィードバック機能

学習者が回答した答えに対してリンクの色を変更することでフィードバックを行う。マップを組み立てる際の誤りの種類として、不足、過剰がある。まず、不足については本来ならばリンクが必要な場所にリンクを接続していない場合が該当する。つぎに、過剰の誤りは本来ならばリンクがないところにリンクが存在する場合が該当する。リンクが必要な場所に誤ったラベルのリンクがある場合も、そのラベルから見た場合、誤った場所に接続されているため過剰リンクの誤りとして表示する。また特殊化には方向があるため、リンクに接続するノードはあっているが向きが異なる誤りもフィードバックをつけた。これらの誤りに対して、リンクの色を不足が青、過剰が赤、向きの誤りが緑に変化させることでフィードバックを与えた。

5.4 実験目的と手順

初等力学を習得済みの高等専門学生計44名を対象に検証を行った。手順として、事前テスト(7分)、システム利用(20分)、事後テスト(5分)、アンケート(10分)を行った。事前事後テストは4章で用いたものと同じものを使用した。採点では全体の成績推移だけでなく、システム演習との関係を調べるために、システムログから演習の進行度を収集し、学習者を演習の進行度別にグループ分けを行って分析した。なお、正確にログを収集できなかった2名を覗いた42人を対象にこの分析を行った。それぞれの演習問題まで進んだ学習者の人数を表3に示す。分析の際にどのデータも正規性は確認されず、対応した集合であるため、検定にウィルコクソンの符号順位検定を用いた。

表3 問題間構造組立演習の達成問題数の分布

演習問題番号	0問	1問	2問	3問	4問
人数	0人	0人	7人	20人	15人

5.5 テスト結果の分析

事前事後テストについて、5章と同様に理由を含めた3点満点の採点（採点法1）と、採点法2による適合率、再現率、F値の検定を行った。まず、採点表1の結果の度数分布を表4に示す。平均点は事前の0.256点から事後では0.930点に上昇し、検定を行ったところ1%の有意差($p=0.0000760$)が確認された。続いて、学習者全体と各グループ別の採点法2による適合率、再現率、F値の事前事後テストにおける平均を表5に示す。この結果、学習者全体においては各指標ともに1%の有意差（適合率： $p=0.000720$ ，再現率： $p=0.0000380$ ，

F値： $p=0.0000770$)を確認できた。システム演習のすべての問題をおえることができた学習者は適合率、再現率は5%有意(適合率： $p=0.390$ ，再現率： $p=0.150$)，F値は1%有意($p=0.00680$)が確認された。続いて4問中3問目まで正解できた学習者においては再現率のみ5%有意($p=0.03174$)であった。一方、問題2までしか正解できなかった学習者は有意差が確認されなかった。また、事前・事後テスト間で有意な上昇が見られたことから、本システムが問題間構造の関係を理解するのに有効であることが言えた。また、システム演習の進行度別で分析を行ったところ、すべての演習問題を終えることができた学習者ほどそれぞれの指標が上昇しており、逆に演習をあまり進められなかった学習者は上昇が見られなかった。このことからシステムを進めることと単純化を行うことは同等の能力が必要となることがわかる。

表4 問題間構造組立演習における
事前事後テストの得点分布（採点法1）

	事前	事後
0点	34	23
1点	8	7
2点	0	6
3点	1	7
平均点	0.256	0.930
標準偏差	0.574	1.15
<i>p-value</i>	0.0000763	

表5 事前事後テストにおける
適合率/再現率/F値の変化（採点法2）

		適合率		再現率		F値	
		事前	事後	事前	事後	事前	事後
学習者全体 (44人)	平均	0.440	0.698	0.356	0.667	0.368	0.636
	標準偏差	0.437	0.395	0.385	0.389	0.370	0.359
	<i>p-value</i>	0.000720		0.0000382		0.000077	
問4まで終了した 学習者(15人)	平均	0.534	0.844	0.467	0.844	0.472	0.816
	標準偏差	0.453	0.319	0.435	0.295	0.412	0.299
	<i>p-value</i>	0.0391		0.0156		0.00684	
問3まで終了した 学習者(20人)	平均	0.369	0.599	0.333	0.596	0.331	0.53
	標準偏差	0.387	0.386	0.359	0.384	0.336	0.313
	<i>p-value</i>	0.121		0.0317		0.0557	
問2まで終了した 学習者(7人)	平均	0.429	0.571	0.238	0.381	0.286	0.429
	標準偏差	0.495	0.495	0.343	0.415	0.364	0.417
	<i>p-value</i>	1.00		1.00		1.00	

5.6 アンケート結果の分析

アンケートでは表6の内容を4段階評価で質問した。また、なぜそのように回答したのかも任意で回答させた。アンケートの集計結果を図3に示す。アンケートの各項目に対して「とてもそう思う」「そう思う」を肯定的意見、「そう思わない」「とてもそう思わない」を否定的意見とする。これらの結果に対して二項検定を行った結果、質問7以外は有意な差が見られた。

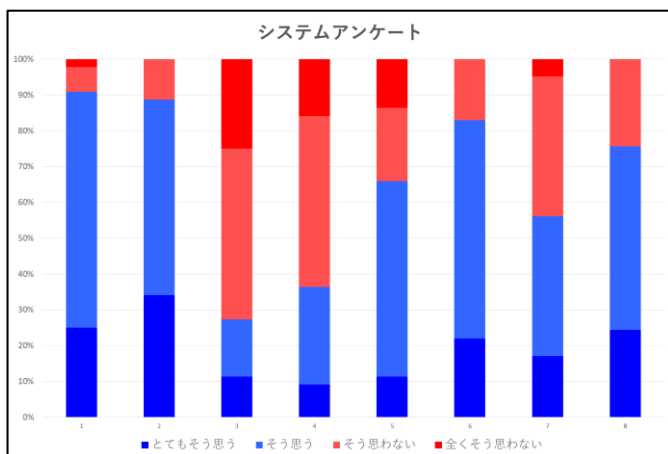
この結果より、単純化の有益性やシステム演習の意義を肯定的に捉える意見が多く見られた。一方、否定的な意見が最も多かった質問3は、「以前から、今解いている問題と似たシンプルな問題ならどうなるかを考えた勉強をよくしていましたか?」という質問であり、単純化が一般的に定着していない思考であることが言える。加えて、質問2,8において問題間の関係を考えることが有益であるという意見が多く見られたため、本演習による単純化による問題間関係の理解支援は必要な演習であることが言える。質問3に次いで否定的な意見が多かった質問4はシステムの使いやすさについてであった。回答とともに記載されていたコメントとして、組み立ての際のタッチ操作のやりにくさや誤作動に不満を持つ声が多く上がっていたので、今後の課題としてシステムの操作性の向上が挙げられる。これに関連して質問5の「今後もこのシステムを使って演習を行ってみたいか」という質問について考察する。アンケートの結果は60%ほどの肯定的な意見であったものの、あまり高い数字とは言えない。しかし、否定的な意見とともに記載されたコメントでは、システ

ムの使いづらさが理由として大半を締めしており、演習内容としては他の問題でもやってみたいとの意見もあった。このことから本システムのユーザービリティの向上を図ることで、改善が見込まれる。これに従い、より効果的に演習できると考える。

表 6 実施したアンケートの内容

質問	内容
1	システムを使うことでシンプルなやさしい問題を考えることができるようになると思いますか
2	シンプルなやさしい問題を考えることに意味があると思いますか？
3	以前から今解いている問題と似たシンプルな問題ならどうなるかを考えた勉強をよくしていましたか？
4	1つ目のシステムは使いやすかったですか？
5	今後も1つ目のシステムのような問題演習を行ってみたいと思いますか？
6	問題に関係性があることを、システムを使う前より意識できるようになりましたか？
7	これらのシステムを使ったことで力学に対する印象が良くなると思いますか？
8	問題の比較が出来るようになったら便利だと思いますか？

図 4 アンケートの集計結果



6. まとめと今後の課題

問題に対してただ解法を道具的に適用するのではなく、問題を関係的に理解して問題を解くことが学習を行う上で重要である。先行研究において、関係的理解を必要とする自己克服法や問題間の関係自体を学習対象とした研究が行われた。本研究では、特定の問題間の関係だけでなく、複数の問題間の構造の理解を支援するためにオープン情報構造アプローチに基づいて問題間構造の再構成演習を設計・開発した。

このシステムの高等専門学校における実験的利用を通して、システムが問題間構造を理解することに効果があることが確認でき、またシステム演習自体も学習者に受け入れられるものだったことがわかった。

今後の課題としては、本システムのユーザービリティの向上が第一に挙げられる。システムの演習内容に対しては肯定的な意見が多かったものの、システムの使いづらさが原因で余計な負荷がかかったためにうまく演習を進められなかった学習者が存在した。また演習を進めるに伴い、テストスコアの上昇が見られたため、ユーザービリティを改善することで、より高い学習効果が期待できる。

参考文献

- (1) Skemp R: “新しい学習理論にもとづく算数教育 -小学校の数学-”, (平林・榮監訳), 新曜社, (1992)
- (2) George Polya: “いかにして問題をとくか”, 柿内賢信訳, 丸善, (1954)
- (3) 武智俊平, 林直也, 篠原智哉, 山元翔, 林雄介, 平嶋宗: “単純化方略を用いた問題解決失敗の自己克服支援システムとその実践的評価—初等力学を対象として—”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J98-D, No. 1, pp. 130-141 (2015)
- (4) 林直也, 篠原智哉, 山元翔, 林雄介, 堀口知也, 平嶋宗: “単純化による問題解決行き詰まりの自己克服支援”, 第39回教育システム情報学会全国大会, I1-28, pp. 55-56, (2014)
- (5) 志水規祥, 林雄介, 平嶋宗: “関係的理解を指向した問題間比較タスクの設計開発および実践評価”, 人工知能学会研究会資料, Vol. 82, pp. 55-60 (2018)
- (6) 大川内祐介, 上野拓也, 平嶋宗: “派生問題の自動生成機能の開発とその実験的評価”, 人工知能学会論文誌, Vol. 27, Issue. 6, pp. 391-400 (2012)

- (7) 平嶋宗,東正造,柏原昭博,豊田純一:“補助問題の定式化”,
人工知能学会誌,Vol. 10,No. 3 ,pp. 413-420(1995)
- (8) 東本崇仁,堀口知也,平嶋宗:“シミュレーションに基づく
学習環境における漸進的な知識獲得支援のためのマイ
クロワールドグラフ” ,電子情報通信学会論文誌,Vol.
J91-D,No. 2 ,pp. 303-313 (2008)
- (9) T.Horiguchi,T.Hirashima : “Graph of Microworld : A
Framework for Assisting Pro-gressive Knowledge
Acquisition in Simulation-based Learning
Environments” ,The 12th International Conference
on Artificial Intelligence in Education,pp.670-
677(2005)
- (10) 平嶋宗,林雄介:“メタ問題設計としてのオープン情報構
造アプローチ” ,人工知能学会研究会資料,SIG-ALST-
B509(2018)
- (11) Novak, J.D,Canas,A.J : “The Theory Underlying
Concept Maps and How to Construct Them” ,
Technical Report IHMC CmapTools” ,2006-01(2006)
- (12) 山口悦司,稲垣成哲,福井真由美,舟生日出男:“コンセプ
トマップ:理科教育における研究動向とその現代的意
義” ,理科教育学研究, Vol. 43,Issue. 1 ,pp. 29-51(2002)
- (13) Kan Yoshida, Kouta Sugihara, Yoshiaki Nino,
Masakuni Shida, Tsukasa Hirashima : “Practical
Use of Kit-Build Concept Map System for Formative
Assessment of Learners’ Comprehension in a
Lecture” ,Proc of ICCE2013,pp. 892-901(2013)
- (14) T.Hirashima, T.Niitsu, K.Hirose, A.Kashihara,
J.Toyoda : “An indexing framework for adaptive
arrangement of mechanics problems for ITS” ,
*IEICE TRANSACTIONS on Information and
Systems*, 77(1), 19-26 (1994).

視聴覚刺激の呈示による タスク処理中の予期的時間評価の変化に関する検証

佐々木 直人*1, 曾我 真人*2

*1 和歌山大学大学院システム工学研究科, *2 和歌山大学システム工学部

A Verification of Changes in Prospective Time Estimation during Task Processing by Presentation of Audiovisual Stimuli

Naoto Sasaki*1, Masato Soga*2

*1 Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

*2 Faculty of Systems Engineering Wakayama University

視聴覚刺激の呈示が、予期的時間評価およびタスク処理に及ぼす影響を検証した。4 要因乗法モデルより、テンポが速く、構成要素の多い視聴覚刺激が、時間感覚を早めると考えられる。そこで、今回は視聴覚・視覚・聴覚・刺激なしの4 パターンのシステムで、2 項2 桁の加算問題を行いながら、被験者自身の感覚で5 分間の計測を課した。その結果、テンポの速い視聴覚刺激の呈示によって時間感覚を早める傾向は見られたが、タスク処理にはポジティブな効果を得ることができなかった。

キーワード: 予期的時間評価, タスク処理, xR, 視聴覚刺激, テンポ

1. 本研究の位置づけ

1.1 研究背景

現在、労働時間の長期化が問題となっている。それに関連する知見として、「仕事はその遂行のために利用できる時間をすべて埋めるように拡大する」というパーキンソンの法則が存在する。これは、仕事に使える時間があるほど浪費する傾向があることを指摘した法則である。ゆえに、効率化だけでなく時間浪費の抑制が必要となる。これらを踏まえ、本研究では xR 技術を活用したタスク処理の支援、特に時間浪費の抑制に繋がる支援をテーマとして掲げている。

1.2 関連研究

タスク処理支援の関連研究として、効率化以外の手法を用いた事例を説明する。まず、聴覚刺激の事例として、Kallinen らは2 種類のテンポの BGM を用意して、BGM を聞きながら文章を読む実験を行った[1]。その結果、速いテンポの BGM を聞いているときの方が、読書ペースが速いことが分かった。

視覚刺激では、有効視野を活用した事例がある。有効視野とは、中心視の外側の約 4° ~20° の視野範囲

のことである。この有効視野では、物体をぼんやりとしか認識できないが、全体像を瞬時に知覚し、運動物体の認知能力に優れており、中心視による文字などの複雑な認知処理と並列処理が可能となっている[2]。この有効視野にどんな刺激を呈示すれば、キーボード入力が速くなるかを桑原らは検証した[3]。その結果、背景に多数の数字が動く刺激を呈示すると、入力速度の向上が確認された。

1.3 本研究の目的

本研究の目的として、テンポの速い視聴覚刺激の呈示が、時間感覚およびタスク処理量に及ぼす影響の検証とする。また、ここでのタスク処理とは、時間を意識しながら行われることを前提とする。パーキンソンの法則を踏まえると、時間感覚の加速により、使える時間の見積もりが小さくなり、時間浪費が抑制されると予想している。

2. 提案手法

2.1 予期的時間評価の概念

心理学における時間感覚の研究は、対象とする時間の長さによって2 種類に分けられる。一般的に5 秒以

内の時間感覚を時間知覚，その範囲を超えた長い時間感覚を時間評価と呼んでいる[4]。特に被験者が時間経過を見積もることが事前に知らされており，タスク処理中に時間経過を意識した状態で見積もる時間評価のことを予期的時間評価と呼ぶ。本研究の目的は，この予期的時間評価を大きくすることで，タスク処理中の時間感覚を早め，時間浪費の抑制を促すと言い換えることができる。また特筆しない限り，今後「時間評価」と述べた場合は「予期的時間評価」のことを示す。

2.2 4 要因乗法モデル

松田らは時間評価の特性より，4 要因乗法モデルを提唱している[5]。図 1 に示したこのモデルは，定量的ではないが，時間評価が 4 つの要因から構成されることを示している。

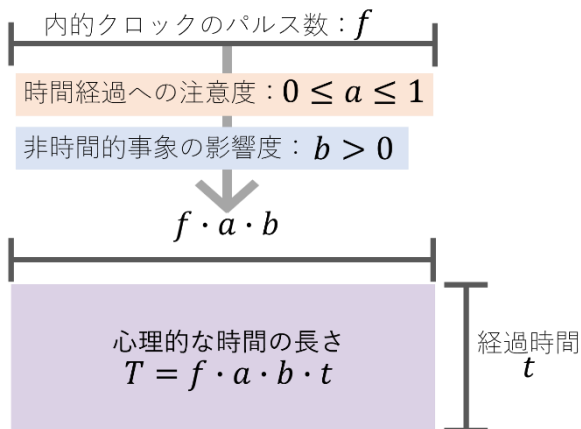


図 1 で示されている内的クロックとは，時間感覚のモデルの 1 種であり，生理的覚醒レベルの向上によって活性化するという実験結果が報告されている[6]。さらに生理的覚醒レベルについて，Satake らは立体的で動きの同期した視聴覚刺激の呈示によって，活性化するという実験結果を報告している[7]。また，Khalifa らは，聴覚刺激において，音程よりも速いテンポが生理的覚醒レベルに影響を与えていると報告している[8]。

したがって，「内的クロックの活性化＝生理的覚醒レベルの向上」「時間経過への意識」「非時間的事象が強く印象に残る」という条件を揃えることで，時間感覚が早くなると考えられる。これらより，立体的で動きの同期したテンポの速い視聴覚刺激の呈示によって，内的クロックが活性化して，時間感覚が早くなると考えられる。時間経過への注意度(a)だが，本研究では時間経過に意識を向けることを前提としている。ゆえに，

a が一定であると本研究では仮定する。最後に非時間的事象の影響度(b)だが，関連研究のような視覚・聴覚刺激の呈示によって，値が向上すると考えられる。

2.3 刺激呈示システム的设计

2.3.1 システム概要

本研究では関連研究や 4 要因乗法モデルを参考に，刺激呈示システムを設計・構築した。まず機材と刺激のテンポについて述べる。機材としては，立体的な視聴覚刺激の呈示のために透過型 HMD を採用した。図 2 にユーザの見るシステムの表示を示した。図 2 に示す通り，タスク表示領域があり，その外側に視覚刺激が見えるようになっている。また視聴覚刺激のテンポは，関連研究などを参考に 60bpm の 1.5 倍である 90bpm とした。



図 2: システムの表示

2.3.2 聴覚刺激の設計

本研究では，時間経過に意識を向けた状態でのタスク処理の支援が対象のため，可能な限り音は単純な方が良くと考えられる。ゆえに本研究では，シンプルな音を繰り返し呈示することで，テンポが知覚されるような聴覚刺激を採用する。

聴覚刺激のテンポを重要視する根拠として，時間評価と音楽の関係性について検証した 2 つの事例を挙げる。まず，松田らは音楽的特徴が時間評価に対してどのように影響を与えるか検討した[9]。この報告では，検証する音楽的特徴として，テンポと単位時間当たりの音符数を変数とした。テンポ条件は 4 種類 (40, 80, 120, 160bpm)，音符条件は 7 種類 (2 分音符，4 分音符，8 分音符，2 分音符と 4 分音符の混合，2 分音符と 8 分音符の混合，4 分音符と 8 分音符の混合，2 分音符

と4分音符と8分音符の混合)、累計28種類用意された。実験としては、用意された曲を聴きながら、被験者の感覚による1分間の計測を行った。その結果、有意差が確認され、時間評価に影響を与えたのがテンポであり、テンポが速いほど物理的時間よりも早い段階で1分経過の判断をしていた。

この報告を参考にして、本研究の聴覚刺激は、音量、音程を考慮しない前提の下、複雑な音楽はタスク処理の弊害になる可能性を踏まえ、テンポ以外の要素を考慮しないこととした。ゆえに、今回の実験では、シンプルな効果音を90bpmで呈示した。

2.4 視覚刺激の設計

本研究の視覚刺激について、主に形状と動きについて必要な要素を整理する。まず形状についてだが、かんれん研究の桑原らの事例の数字刺激[3]、前項2.1で挙げた4要因乗法モデルを踏まえると、複数の要素から構成される刺激が適切であると考えられる。数字刺激は多くの数字が背景に表示されるため、複数の要素から構成される刺激であると言える。桑原らの考察は、膨大なタスク処理をしたという錯覚が集中力を高めたとしているが、4要因乗法モデルから考えると、非時間的な事象が多数発生しているため、時間評価も長くなったと考えられる。したがって、その数字刺激のように、複数の要素から構成される視覚刺激の呈示が効果的であると考えられる。

また、視覚刺激の動きについてだが、タスク処理を阻害しない動きが望ましい。2012年に橘らは、PC作業に集中できる画面背景について研究しており、内向きへ動く輪状の刺激を与えると、集中力が向上すると報告されている[10]。

これらの知見を参考に、図xに示した球形物体による視覚刺激を設計した。白色の球形物体30個を輪状に並べることで、非時間的事象の影響度を強めている。また、2次元的な動きとしては、矢印方向に動いているように見えるが、3次元的には、被験者視点から見て遠ざかるように動いている。したがって、被験者にとっては、遠近感によって内向きに動く輪状の刺激に見える。

視覚刺激のテンポも聴覚刺激と同じく、テンポが90bpmとなるように刺激を呈示した。また、この輪状

刺激が動くスピードは、90bpmの1拍の間にタスク表示領域まで到達する速度に設定することで、聴覚刺激と同期させた。

3. 検証実験

3.1 実験概要

実験目的は刺激ありの3パターン(視聴覚・視覚・聴覚)と刺激なしを比較して、時間感覚とタスク処理量の変化の検証とする。被験者には2項2桁の計算課題を解きながら、自身の感覚による5分の計測を課した。

主な評価項目として、被験者の時間感覚の値である時間評価、計算課題の解答数を設定した。また考察のために、平均解答時間や正答率、RASを用いたアンケートや自由記述なども設定した。RAS(Roken Arousal scale: 疲労・覚醒主観評価指標)はSatakeらの実験で用いられていた主観評価アンケートである[7]、そのアンケートより、本研究では全般的活性度、リラックス度、注意集中困難度の3属性を評価した。

実験フローは、1試行を「刺激慣れ時間→計算課題と5分間計測→アンケート→小休憩」の順番で行った。刺激の慣れ時間では、被験者に1分間刺激の呈示を静観させた。これを刺激パターン数、つまり4試行行った。また、呈示順番はカウンターバランスを取った。

3.2 実験結果

3.2.1 結果の比較方法

本実験では、各評価項目を刺激パターンごとに統計量を算出して比較する。まず、時間評価の値とタスク処理量の比較より、視聴覚刺激がどのような影響を与えたかを検証する。その他の評価項目についても、同様にデータを比較し考察の材料とする。

時間評価の値については、被験者ごとに個人差が大きいと予想される。松田らは、時間評価の値の個人差の影響を排除するために、被験者内における全条件のデータから算出した平均値、標準偏差を用いて各条件における標準得点を算出した[9]。標準得点にすることで、被験者内の時間評価の平均値を0として、各刺激パターンの値がどれだけ平均から離れているかという相対的な値に変換される。松田らは被験者ごとに各条件の標準得点を算出し、条件ごとに標準得点の平均値を算出して検定を行った[9]。本研究でも松田らの分析

手法を参考にし、時間評価の値を標準得点に変換して、各条件の標準得点の平均値を評価項目とした。

解答数データについてだが、本研究の実験は被験者ごとに終了時間が違う都合上、5分間の判定が遅くなるほど解答数が増えてしまう。そこで以下の式で示す通り、平均解答時間を用いて解答数データを補正した。また小数点以下は切り捨てて、整数値とした。

$$\text{補正解答数[問]} = \text{実際の解答数[問]} + (300[\text{s}] - \text{時間評価}[\text{s}]) / \text{平均解答時間}[\text{s}/\text{問}]$$

具体的には、被験者の時間評価が5分より短ければ、5分までの残りの時間で解けていたと予想される解答数を加算、5分より長ければ減算するという処理を行った。評価項目としては、この補正解答数を採用した。

3.2.2 検定の結果

検定だが今回は3回検定が必要な多重比較のため、Bonferroniの方法で有意水準を調整した。検定手法は、ノンパラメトリック検定であるウィルコクソンの符号順位和検定を用いて、有意水準5%（調整すると1回の検定で約1.67%）の両側検定を実施した。

検定を行った結果、全ての評価項目で有意差が出なかった。そこで、主な評価項目である時間評価とタスク処理量を中心に、データの特徴をまとめ、考察を行った。

3.2.3 時間感覚に関する分布

時間感覚に関する評価項目として、図3に時間評価と平均解答時間の分布を示す。まず時間評価についてだが、どのパターンにおいても全体的にばらついてることが読み取れた。中央値で見ると視聴覚刺激のみが負の値を示すため、今回の実験では視聴覚刺激を呈示した場合に、タスク処理中の時間評価が長くなり、5分間の判断が早くなった人が多かったとわかる。一方で四分位範囲を見てみると、視聴覚刺激・視覚刺激は、聴覚刺激・刺激なしより大きいことがわかった。

平均解答時間については視聴覚刺激の四分位範囲が他のパターンより大きいいため、時間評価と同様に平均値や中央値から離れているデータが多い。また視覚刺激の中央値はほかの3パターンと比べて大きい、平均値に差はそれに比べて小さく、四分位範囲も2番目に大きかった。

3.2.4 タスク処理に関する分布

タスク処理に関する評価項目として、図4に補正解答数と正答率の分布を示す。まず補正解答数の分布より、平均値には大きな差は見られないが、視覚刺激の中央値が他のパターンより低い。補正解答数は時間評価と平均解答時間の影響を受けるが、視覚刺激の平均解答時間の中央値はほかのパターンより大きいいため、補正解答数の視覚刺激の結果もその影響を受けていると考えられる。また視聴覚・視覚刺激の四分位範囲は、他の2パターンよりも大きいことがわかった。

正答率の分布は、視聴覚・視覚・聴覚の四分位範囲が大きい一方で、刺激なしのデータは最も四分位範囲が狭い特徴が見受けられた。

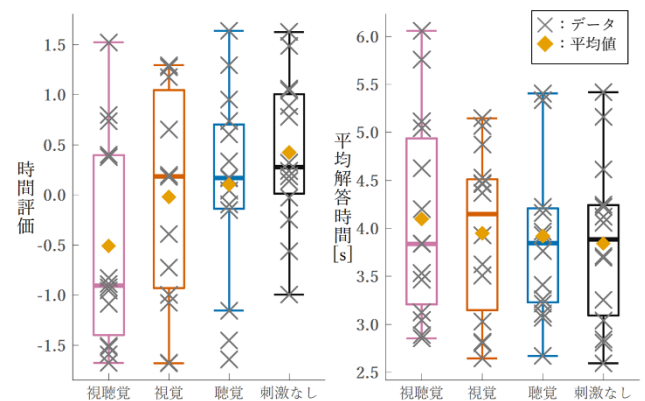


図3：時間感覚データの箱ひげ図

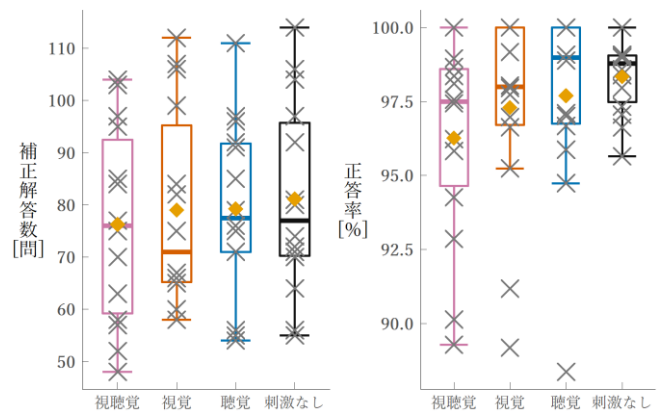


図4：タスク処理データの箱ひげ図

3.2.5 生理的覚醒レベル・集中度に関する分布

図5にRASの各項目と主観集中度の分布について示す。この箱ひげ図では、同じ値にデータが集まっている度合いを、データのプロットの上から四角形の大きさを表している。全般的活性度は、視聴覚・視覚・聴覚の3パターンの平均値が刺激なしより大きいため、何かしら刺激を呈示すると活性化するという可能性があ

る。一方でリラックス度は、刺激なしの平均値・中央値が他のパターンより大きかった。全般的活性度とリラックス度は直感的には、逆の傾向があるように考えられるので、この関係性は妥当であると考えられる。

注意集中困難度では、視聴覚刺激と刺激なしが大きくばらついているように見える。視聴覚刺激はこれまでの傾向と同様だと考えられるが、刺激なしについては今回の実験環境の影響を受けていると考えられる。今回はどの刺激パターンにおいても HMD を着用する条件であったため、装着した状態や操作自体が注意集中困難度を高めた可能性は考えられる。また視覚刺激の中央値・平均値は他のパターンと比べて大きい、外れ値に引っ張られた可能性が考えられる。

主観集中度においては、視聴覚刺激の平均値や中央値が他のパターンより低い傾向が見られる。ほかの3パターンには、大きな違いはないように見える。

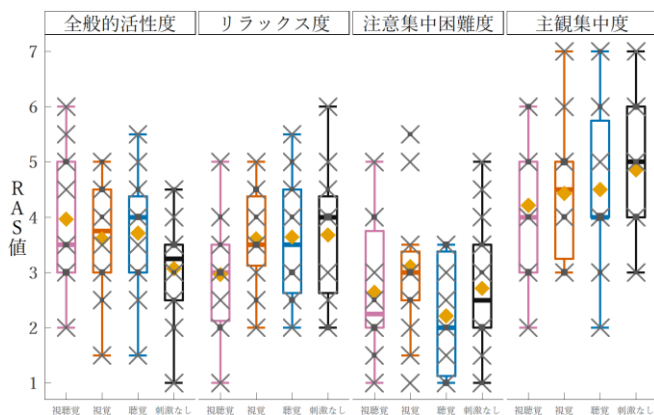


図 5：生理的覚醒レベルと主観集中度の箱ひげ図

3.2.6 自由記述のまとめ

自由記述で被験者から寄せられた意見について、以下に要点をまとめる。

- 「視聴覚刺激は要素が多く途中から集中しづらかった」という意見があった。一方で「視聴覚刺激でも、慣れると問題に集中できた」という意見もあった。
- 聴覚刺激よりは視覚刺激の方が邪魔に感じる。
- 視聴覚刺激の呈示後の意見だが、「聴覚刺激の方がテンポの間隔を感じやすかった」とあった。
- 刺激呈示を受けると早く解かなければと焦るが、刺激なしだとゆったりと時間が流れる感覚があった。
- 時間経過を計るのが難しく、問題への集中がしづ

らかった。

- HMD が重く、操作するのが少し負担だった。

4. 考察

4.1 時間感覚に関する考察

時間感覚の結果を 4 要因乗法モデルから考察すると、視聴覚刺激の呈示によって、非時間的事象の影響度(b)の値が向上したことが考えられる。自由記述においても、「視聴覚刺激は要素が多く途中から集中しづらかった」という意見があり、非時間的事象が強く印象に残っていると推測される。一方で図 3 より、視覚刺激・聴覚刺激と刺激なしの時間評価の中央値を比較すると、視聴覚と刺激なし程の大きな差はなかった。関連研究や仮説を踏まえると、刺激単体でも時間評価の変化は起きると考えられるため疑問点が残る。また、先ほど取り上げた自由記述でも「集中しづらかった」という声があり、視聴覚刺激の呈示によって、計算課題への集中力の障害があったとも考えられる。そこで、4 要因乗法モデルの時間経過への注意度(a)の値が刺激によってどのように変化したのかを考える。

時間経過への注意度(a)は、時間経過を意識するほど値が向上し、その際の時間評価の値が長くなる。前項 1.3 において、「ここでのタスク処理とは、時間を意識しながら行われる」という前提を挙げている通り、本実験ではすべてのパターンにおいて、 a の値は一定であるとしていた。しかし自由記述において、時間評価と計算課題の両立の難しさに言及している被験者も居るため、 a の値は常に一定であるとは考えづらい。ゆえに刺激単体の呈示の場合、計算課題へ没頭したがゆえに、 a の値が視聴覚刺激呈示よりも低下していたと考えられる。刺激単体の呈示によって非時間的事象の影響度(b)や内的クロックのパルス数(f)が向上しても、時間経過への注意度(a)の値が低下したため、時間評価の値が刺激なしの場合と比べて大きな差が出なかった可能性がある。

また自由記述において「聴覚刺激よりも視覚刺激が邪魔に感じる」という意見もあるため、視覚刺激と聴覚刺激においても、 a の値に差があったと考えられる。聴覚刺激が呈示された場合は、刺激なしと同じ水準で計算課題に没頭できたと考えられるが、視覚刺激を邪魔だと感じた被験者は計算課題に没頭できず、 a の値

が向上した可能性がある。したがって、視覚刺激に計算課題を阻害された被験者と気にせず没頭した被験者が居たため、図3に示す通り、視聴覚・視覚の四分位範囲が他の2パターンと比べて大きかったと考えられる。

上述した視覚刺激による阻害の他に、視聴覚刺激の呈示では、視覚・聴覚の2種類の刺激が与える情報量の多さによる戸惑いが影響して、計算課題に没頭することができなかつたとも考えられる。計算課題に没頭できなかつたがゆえに、 a の値が刺激単体と比べると高くなつたと考えられる。また視聴覚刺激と視覚刺激では、本節で最初に述べた通り非時間的事象の影響度(b)の値に差があるため、平均値や中央値に差が出たと考えられる。ゆえに、視聴覚刺激は被験者の時間評価を長くし、5分間の判断を早めることで時間浪費を抑制したが、計算課題を阻害した可能性がある。

また平均解答時間に着目すると、図3より視聴覚刺激における時間評価の値ほど平均値・中央値に大きな差がないことがわかる。ゆえに今回の実験結果では、5分間の判断は早くなつたが、解答するペースには変化がなかつたことが示唆された。ゆえに、関連研究で取り上げた Kallinen らの読書課題[1]や桑原らのキーボード入力課題[3]とは違つた結果が示された。その原因は2つ考えられる。1つ目の原因は、主に視覚刺激の原因だが、今回の視覚刺激のテンポが知覚しづらいことである。桑原らの事例で結果が出ていた数字刺激は、数字が即座に切り替わっていくため、テンポが知覚しやすいと考えられる。一方、本研究で用いた刺激は、輪状刺激の移動時間があるため、関連研究と比較してテンポの知覚がしづらかつたと考えられる。自由記述においても、「聴覚刺激の方がテンポの間隔を感じやすかつた」という意見があつたため、本研究の視覚刺激だとテンポの知覚が難しかつたことが推測される。ゆえに立体的かつ、テンポを知覚しやすいような視覚刺激の設計が必要であると考えられる。

2つ目の原因は、HMDの装着・操作によるストレスの問題である。自由記述でも「HMDが重く、操作するのが少し負担だつた」と言われており、操作自体にもストレスがあつたと推測される。このストレスによって、テンポの知覚がしやすい聴覚刺激においても、刺激なしと比べて平均解答時間に差が出なかつた可能

性がある。ゆえに、速いテンポの刺激の呈示による解答ペースの加速を操作性のストレスが阻害し、平均解答時間に差が出なかつたと考えられる。

4.2 タスク処理に関する考察

前節4.1において、視聴覚刺激が計算課題を阻害した可能性について触れた。本節では、補正解答数や正答率、RASの値から計算課題に及ぼした影響について考察する。まず補正解答数についてだが、図4で示した統計量より、視聴覚刺激と視覚刺激の四分位範囲が聴覚と刺激なしよりも大きいことが分かつた。この結果は、視覚刺激が邪魔と感じる被験者の計算課題を視覚刺激が阻害したため、分布がばらついたと考えられる。一方で補正解答数における視聴覚刺激の平均値や中央値は、ほかのパターンと比べて大きな差はない。ゆえに視聴覚刺激の呈示によって、補正解答数、つまりタスク処理量は増加も減少もしていない可能性が考えられる。しかし、このタスク処理量は補正されており、視聴覚刺激の場合は正の方向に補正されている可能性が高い点も考慮に入れる必要がある。

次に正答率についてだが、図4よりデータの分布を見ると、平均値や中央値に大きな差はないが、視聴覚刺激の箱ひげ図のひげの長さが長い点が顕著である。今までの考察を踏まえて考えると、これは視聴覚刺激の呈示がタスク処理の正確さを阻害したと考えられる。一方で刺激なしの場合は、他と比べて四分位範囲と標準偏差の値が小さい。ゆえに刺激を呈示することで、タスク処理の正確さ全体に悪影響を与えた可能性は否めない。

次に、RASの注意集中困難度と主観集中度の値から計算課題に対する集中度について考察する。注意集中困難度では、図4より視聴覚刺激と刺激なしのデータの平均値、中央値に大きな差はなかつた。刺激なしのデータはHMDの装着・操作がストレスとなる場合があり、注意集中困難度の値をばらつかせたと考えられる。したがって、刺激なしにおけるHMDを装着・操作したストレスは、視聴覚刺激の呈示によって受けたストレスと同等であつたと言える。一方で主観集中度の値に着目すると、図4より視聴覚刺激の平均値が他のパターンと比べて低い点が挙げられる。これは自由記述でも挙げられている通り、視聴覚刺激の構成要素

の多さに戸惑った結果、アンケートの評価が下がったと考えられる。

4.3 生理的覚醒レベル・集中度に関する考察

前項 2.1 で挙げた通り本研究の仮説では、視聴覚刺激の呈示によって生理的覚醒レベルを向上させることで、内的クロックのパルス数(f)を向上できると予想していた。本項では、RAS の全般的活性度とリラククス度から生理的覚醒レベルを考察する。

図 5 より全般的活性度では、刺激なしの活性度の中央値や平均値が他の 3 パターンと比べて小さい特徴があった。しかし、視聴覚刺激と視覚・聴覚刺激の単体では、平均値や中央値に大きな差は見られなかった。Satake らの実験と比較した場合、その実験では動く立体映像を注視するのに対して、本実験では有効視野に立体刺激を呈示しているという違いがある[7]。有効視野への呈示ゆえに刺激を注視していないため、視聴覚刺激の複合による効果がなかったと考えられる。このことにより、視聴覚刺激と視覚・聴覚刺激の単体における全般的活性度の平均値や中央値に大きな差が生まれなかったと考えられる。一方で、視聴覚刺激における時間評価の値は、他のパターンと比べて大きな差があったため、視聴覚刺激の全般的活性度の向上は必ずしも刺激単体より大きい必要はないことも考えられる。ゆえに今回の実験結果では、内的クロックのパルス数(f)の値よりも、時間経過への注意度(a)や非時間的事象の影響度(b)の値の影響の方が強かった可能性がある。またリラククス度についてだが、データの分布は刺激なしの平均値・中央値が大きいという全般的活性度と反対の傾向が見られる。ゆえに、全般的活性度と同じ特徴があると考えられる。

5. 結論

5.1 本研究のまとめ

本研究では、テンポの速い視聴覚刺激の呈示が時間感覚およびタスク処理量に及ぼす影響の検証を行った。まず関連研究の知見を参考にテンポの速い視聴覚刺激の設計を行った。特に 4 要因乗法モデルを取り上げ、非時間的事象の影響度(b)と内的クロックの単位時間当たりのパルス数(f)の値が向上するように設計した。検証実験では、計算課題を行いながら被験者の感覚による 5 分間の時間評価を行った。主な評価項目として、

被験者の時間評価と計算課題の補正解答数、考察の材料として正答率や平均解答時間、アンケートによる生理的覚醒レベルや主観集中度の評価を行った。その結果、各評価項目において有意差は得られなかった。そのため、データの分布を確認したところ、視聴覚刺激を呈示した際の時間評価における平均値や中央値は、ほかのパターンと比べて大きな差が見られた。また、時間評価や平均解答時間、補正解答数において、視聴覚刺激・視覚刺激の四分位範囲が他のパターンと比べて大きく、データのばらつきが見られた。また正答率においては、刺激なしの四分位範囲・標準偏差の値が一番小さかったため、視聴覚や視覚、聴覚刺激の呈示によってタスク処理の正確さに影響を与えた可能性が考えられる。本研究の仮説を踏まえて、今回得られたデータを考察すると、計算課題に没頭するか否かで時間評価の値が変化したと考えられる。視聴覚刺激の呈示は計算課題への没頭を阻害した結果、時間経過への注意度(a)が高い水準で保たれ、5 分間の判断が早くなった可能性が考えられる。補正解答数においては視聴覚刺激の呈示によって四分位範囲が大きくなったものの、視聴覚刺激の呈示によって大きく解答数が下がることはなかった。生理的覚醒レベルでは、刺激を呈示した 3 パターンにおいて平均値や中央値に大きな差は見られなかった。しかし時間評価において視聴覚刺激と刺激単体の差を踏まえると、生理的覚醒レベルよりも、非時間的事象の影響度(a)や時間経過への注意度(a)の影響力が大きいと考えられる。したがって、テンポの速い視聴覚刺激の呈示はタスク処理中の時間感覚を早める傾向は見られたが、タスク処理量や正答率にはポジティブな結果を得ることができなかった。

5.2 今後の展望

実験結果として、時間浪費の抑制になるような傾向は見られたが、タスク処理量やスピードは向上せず、視聴覚・視覚刺激に対して「集中しづらい」という意見があったため、刺激の設計を見直す必要がある。また、時間経過への注意度 (a)の値が一定であるという前提についても考え直さなければならない。したがって、今後の展望として考えるべき事項を 2 つにまとめた。

第 1 に、適用させるタスクの再設計である。今回の

実験では、時間経過に意識を向けるインセンティブが足りなかったと考えられる。現実社会では時間経過に意識を向けないと、何かしら不利益を被るか、報酬を得られる状況が多い。今回の実験では、達成目標もなく、結果に応じて報酬が変化するわけでもなかったため、時間経過に意識を向けず、計算課題へ没頭する状況が作られたと考えられる。ゆえに、インセンティブを用意することで、時間経過を意識しながらタスクをするという状況が作られ、時間経過への注意度(a)の値が一定であるという前提の信頼性が向上する。また今回のような単純作業だと、どのような刺激を呈示しても平均解答時間の向上には限界があり、タスク処理量は大きくなれない可能性もある。そのため、ある程度難易度の高い課題を用意することが考えられる。また、田中らは実験課題の難易度がタスク処理中の時間評価にどのような効果を与えるか検証した結果、簡単な加算課題よりも難易度の高い課題の方が、時間評価が短くなったとしている[11]。ゆえに、難易度の高い課題に対して、インセンティブを設定し、視聴覚刺激を呈示することで時間評価やタスク処理がどのように変化するかを検証するべきである。

第2に、視覚刺激の否定的な意見についてである。特に視覚刺激は、自由記述において「集中しづらい」という意見が多く、テンポの知覚がしづらいという課題も挙げられる。「集中しづらい」という意見は寄せられているが、一方で注意集中困難度では刺激なしと

比べて、平均値や中央値には大きな差はなかった。ゆえに、視覚刺激に対して慣れの時間を十分にとることで対処できる可能性はある。本実験では、刺激呈示前に1分間という短い時間しか慣れの時間を用意していなかった。この慣れの時間をより多くとることで、この集中しづらいという違和感はある程度緩和できると考えられる。視覚刺激のテンポの知覚のしづらさについては改善する必要がある。今回の実験では、輪状刺激が被験者から見て正面方向に離れていく動きとなっている。この刺激に加えて突発的な形状変化や点滅などの変化を加えると、テンポの知覚がしやすくなると考えられる。一方で、過剰な変化はタスクを阻害

する可能性も高まってしまうため、事前にタスクを阻害しない刺激の形状をいくつか考案して実験する必要がある。

以上について再設計を行うことで、視聴覚刺激の呈示が時間浪費を抑制し、タスク処理量にも悪影響を与えない可能性はあるのかを検証することができると考えられる。

参考文献

- (1) Kallinen, K, "Reading news from a pocket computer in a distracting environment: effects of the tempo of background music.", *Computer in Human Behavior*, Vol.18, pp.537-551, (2002)
- (2) 松井啓司, 中村聡史, "周辺視野への視覚刺激提示が時間評価に及ぼす影響," *情報処理学会論文誌*, Vol.59, No.3, pp. 970-978, (2018)
- (3) 桑原樹蘭, 高橋拓, 中村聡史, "一点注視型タスクにおける周辺視野への視覚刺激提示が集中度に及ぼす影響," *情報処理学会 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI)*, 第1巻 (全2巻)2018-HCI-180, issue.13, pp. 1-7, (2018)
- (4) 松田文子, 調枝孝治, 甲村和三, 神宮英夫, 山崎勝之, 平伸二, "序章 現代のアウグスティヌス," 著: 心理的時間 その広くて深いなぞ, (株)北大路書房, pp. 7-30, (1996)
- (5) 松田文子, 調枝孝治, 甲村和三, 神宮英夫, 山崎勝之, 平伸二, "第2章 時間評価," 著: 心理的時間 その広くて深いなぞ, (株)北大路書房, pp. 90-144, (1996)
- (6) J. I. Lake, W. H. Meck, "Differential effects of amphetamine and haloperidol on temporal reproduction: Dopaminergic regulation of attention and clock speed.," *Neuropsychologia*, Vol.51, No.2, pp. 284-292, (2012)
- (7) S. Satake, H. Hagiwara, "Psycho-Physiological Response by 3D Image and Sound," *Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE 2015*, pp. 6171-6178, (2015)
- (8) S. Khalfa, M. Roy, P. Rainville, S. Dalla Bella, I. Perets, "Role of tempo entrainment in psychophysiological differentiation of happy and sad music?," *International Journal of Psychophysiology*, Vol.68, pp. 17-26, (2008)
- (9) 松田憲, 一川誠, 矢倉由果里, "BGMの音楽的特徴が聴覚的時間評価に及ぼす影響—テンポと音符に基づく検討—," *日本感性工学会論文誌*, 第12巻, 4号, pp. 493-498, (2013)
- (10) 橘卓見, 岡部浩之, 佐藤未知, 福嶋政期, 梶本裕之, "PC作業時の集中力向上のための作業用壁紙," *情報処理学会インタラクション2012論文集* pp. 843-848, (2012)
- (11) 田中大介, 水姓由薫, "課題の難易度が時間知覚に及ぼす影響," *日本心理学会大会発表論文集*, 日本心理学会第81回大会, 第81巻, pp. 3B-048, (2017)

透視図法の学習を目的としたスケッチ学習支援システムの構築

島 治季^{*1}, 曾我 真人^{*2}

^{*1} 和歌山大学大学院システム工学研究科

^{*2} 和歌山大学システム工学部

Development of A Sketch Learning Support Environment for Learning Perspective

Haruki Shima^{*1}, Masato Soga^{*2}

^{*1} Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

^{*2} Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

スケッチ学習を目的としたシステムの多くはアドバイスとして提示する情報を直線あるいは平面で表現しており、三次元で表示されるモチーフの立体的な構図を把握することが困難であった。この問題を解決するために、先行研究では、遠近感のある絵を描くときに用いられる透視図法に着目し、二点透視図法を用いたスケッチ学習支援システムを開発している。そこで、本研究では、二点透視図法に加えて、一点透視図法や三点透視図法を用いたスケッチ学習支援システムの開発および評価を行った。

キーワード: 透視図法, 描画支援, スケッチ学習, デジタルスケッチ, 拡張現実感

1. はじめに

1.1 研究背景

初心者がスケッチを学習するために以下の方法が考えられる。まず1つ目が「絵画教室に通う」という方法である。しかし、この方法は教師となる熟練者が必要であり、また、教師と学習者の都合の良い時間を合わせなければならない等の問題がある。次に2つ目が「書籍等で独学する」という方法である。しかし、この方法は描画中の診断がなく、誤りに気が付けない等の問題がある。

これらを解決するために、以前から、コンピュータ内の仮想空間に図画を描くことを支援、またはスケッチ学習や絵画学習を支援するシステムが開発されてきた。曾我らは、学習者が書いた絵に対して診断を行い、誤りから改善のアドバイスを提示するシステムを開発した⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。これらのシステムは、正解画を一意に定めるために、モチーフの位置、机の高さ、椅子の位置と高さなどのシステムを運用する環境を学習者の座高などに合わせ詳細に調整しなければならないという問題を引き起こしていた。次に、城内らによって、拡張現実感を用いたモチーフの配置と視点設定が自由なス

ケッチ学習支援システムが開発された⁽⁵⁾。このシステムでは、ARを用いて現実の物体であったモチーフを3DCGで作成された仮想の物体に置き換えることで、どの視点からであってもモチーフの輪郭線をコンピュータが計算できるようになった。これにより、学習者はモチーフの種類や配置、視点を任意に決定することが可能になった。しかし、学習者に初めからモチーフの輪郭線を描かせるため、画用紙上での配置やモチーフ間の位置関係といった全体の構図を意識しながらバランスの取れた絵を描くことが困難であるという問題点が挙げられた。この問題を解決するために、稲留らは、拡張現実感により任意の視点から構図を決定できるようにしつつも、全体的な構図をしながらスケッチを行えるシステムを開発した⁽⁶⁾。このシステムでは、構図決定、全モチーフを囲む長方形、各モチーフを囲む長方形、各モチーフの輪郭線の4つのフェーズに分割し、順番にスケッチ学習を行わせることで、学習者に段階的な描画誘導を促している。また、澤田らによってタブレット型PCを用いたデッサン学習支援システムが開発されている⁽⁷⁾。これは、デッサンにおけるモチーフの比率と陰影の学習に着目した対話型デッサ

ン学習支援システムである。これらのシステムでは、直線あるいは長方形による補助線を与え、これを描かせていたため、立体的な構図の把握を困難にするという問題を引き起こしていた。

この問題を解決するために、稲留らが、透視図法を学習可能な AR によるスケッチ学習支援システムを開発している⁽⁸⁾。このシステムでは、二点透視図法によって立体的に描画するスキルの向上を目指した。また、このシステムは、外接直方体からモチーフの輪郭線へと段階的な描画誘導を促し、必要なステップごとに学習者の描画に対して診断を行い、構図を把握するスキルや正しい手順が自然と身に付くようになっている。

1.2 透視図法とは

ここで、透視図法について説明する。

三次元立体物を二次元平面図に写したものを投影図という。投影図は、その描き方によっていくつかに分類されるが、最も有名な手法として平行投影と透視投影がある。平行投影は、視点が無限遠にあると仮定し、立体物上の点と視点を結ぶ投影法である。視点が無限遠にあるため、それぞれの投影線は互いに平行となる。一方、透視投影は立体物上の全ての点が、無限遠ではない決まった視点に収束すると仮定し、立体物上の点と視点を結ぶ投影法である。透視投影による描画を行う際、立体物上の線を伸ばしていったとき最終的に収束する点のことを消失点という。これは、近いものほど大きく、遠いものほど小さく見えるという人間の目で見たと同じ像を得ることができる投影法である。同じように直方体を描いた場合でも、図 1 のように 2 つの投影法のいずれの描き方で描くかによって出来上がる像は異なる。

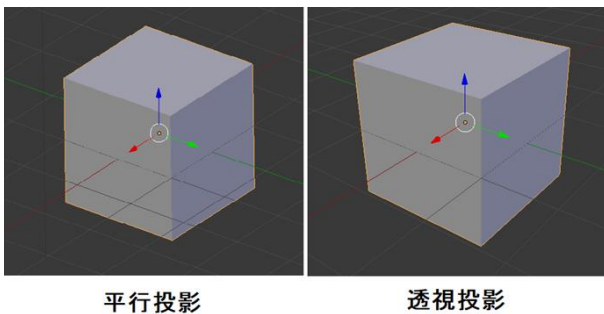


図 1 2 つの投影法

2 つの投影法のうち、人間の目の見え方に近いのは

遠近感を表現できる透視図法である。また、遠近感があり写実的な画像を作成する際には透視投影が利用されることが知られている。

透視投影によって描かれる図は、視点と消失点の設定によって、一点透視図法・二点透視図法・三点透視図法に分類される。一点透視図法は最も単純な透視図法であり、正面から見た構図に効果的であるため、室内などの正面性を重視した表現に利用される。二点透視図法は斜めから見た構図に効果的であり、マンガの背景などによく用いられている。三点透視図法は大きなものを見上げたり（アオリ）、上から見下ろす（フカン）構図に効果的であり、スケール感を強調したいときに用いられる。

1.3 研究目的

稲留らによる先行研究では、二点透視図法を対象としたスケッチ学習支援システムが開発されている。しかし、実際のスケッチでは二点透視図法だけでなく一点透視図法や三点透視図法も使用されている。そこで、本研究では、消失点の数によって分類される 3 つの透視図法を学習することが可能なスケッチ学習支援システムの開発および評価を目的とする。つまり、透視図法をほとんど学習したことがない、あったとしても学校で習った程度の初心者を対象に、透視図法の手順を身に付け、定められた構図について正しく描画できるスキルの向上を目指すものとする。ただし、ここでいう正しい構図とは、定めた構図との輪郭線の合致の度合いを表しており、陰影や芸術性については一切評価しないものとする。

2. システム概要

2.1 システム構成

PC にはマウス、キーボードの他にペンタブレットと Web カメラが接続されている。学習者は PC のディスプレイを見ながらペンタブレットを用いて仮想キャンバスへの描画を行う。また、Web カメラで AR マーカーを撮影することで画面上にモチーフが表示される。システム構成図を図 2 に示す。

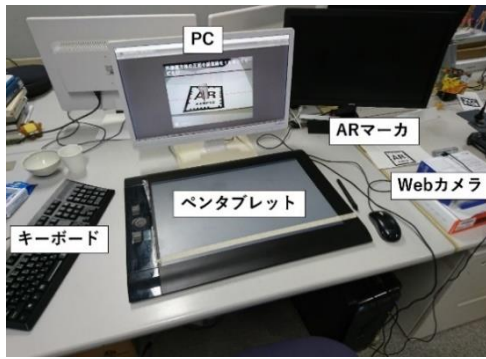


図 2 システム構成図

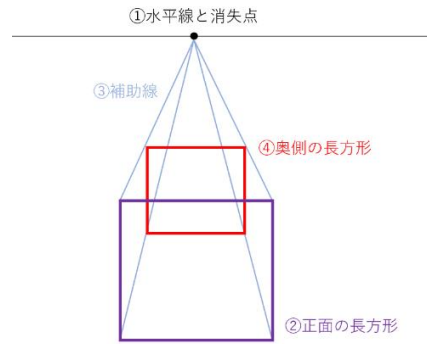


図 4 一点透視図法の作図手順

2.2 システム設計

2.2.1 システムの流れ

システムの手順を図 3 に示す。

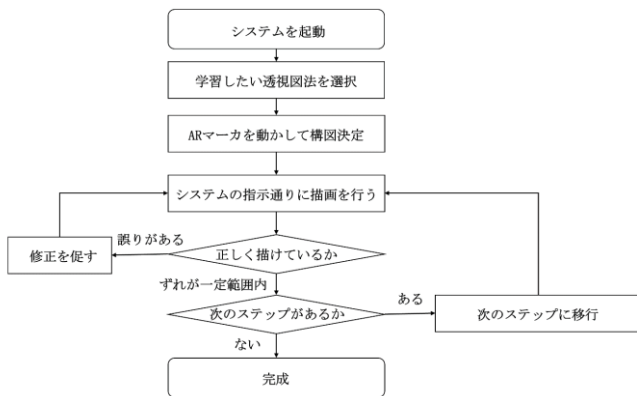


図 3 システムの手順

まず初めに学習者は 3 種類の透視図法からどの図法を学習するかを選択する。その後、学習者は学習する透視図法に対応するような構図の中で描きたい構図になるように Web カメラと AR マーカーを配置し、Enter キーを押すことで構図が決定する。

学習する透視図法と描きたい構図が決定した後、学習者はシステムの指示に従い、モチーフの外接直方体と補助線を描画していく。その際に、システムがステップごとに正しく描画できているかを診断し、大きく誤っている場合は繰り返し修正を促す。正しく描けている場合は次のステップへと進み、これらをモチーフの外接直方体が完成するまで繰り返す。

2.2.2 診断機能

透視図法によって直方体を描く場合、図 4、図 5、図 6 のような一定の手順がある。本システムではこの手順に従い描画を行う。

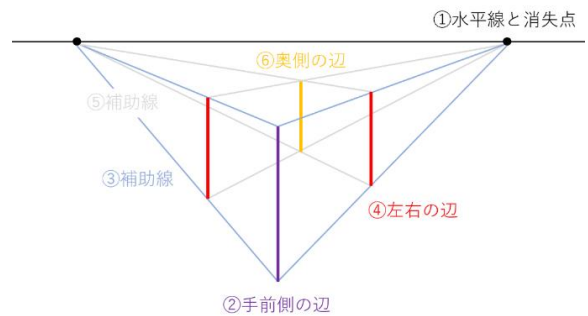


図 5 二点透視図法の作図手順

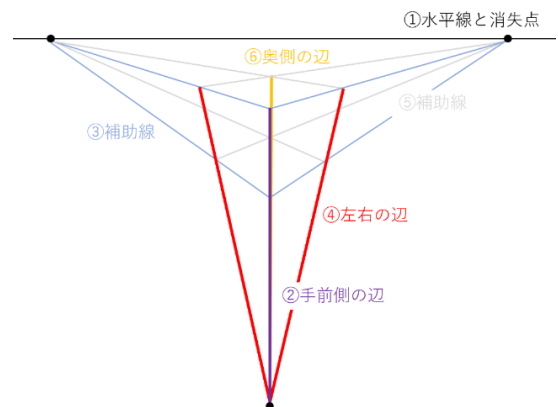


図 6 三点透視図法の作図手順

スケッチの診断は以下のステップで行われる。①水平線を引いたとき、②消失点を決めたとき、③一点透視の場合は正面の長方形、二点透視および三点透視の場合は中央の垂直線を描いたとき、④左右の垂直線を描いたとき(二点透視図法および三点透視図法の場合)、⑤直方体を描き終えたとき、⑥直方体の主要な辺を描くために必要な補助線を描いたとき。三点透視図法を学習しているときのシステムの画面を図 7、図 8 に示す。

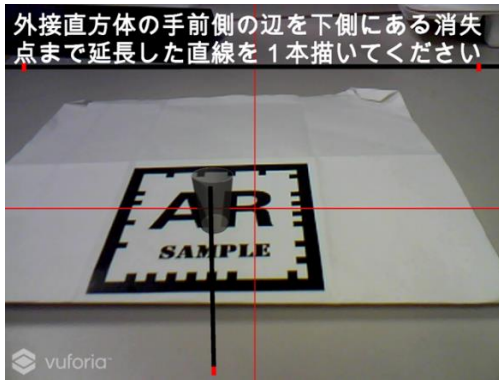


図 7 学習中のシステムの画面

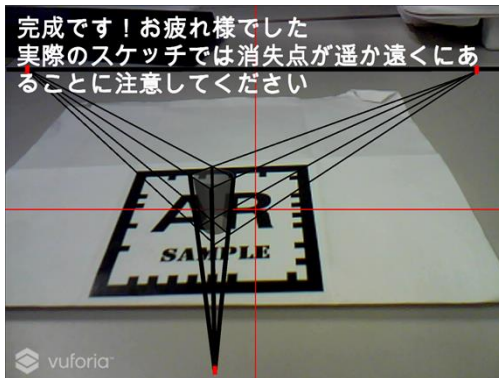


図 8 直方体を完成させた状態のシステムの画面

3. 評価実験

3.1 実験の流れ

本研究で開発したシステムの有効性を確かめるため、被験者を募り、図 9 のような流れで評価実験を行った。



図 9 実験の流れ

なお、実験群は 8 名(男性 6 名, 女性 2 名), 統制群は 8 名(男性 6 名, 女性 2 名)で行った。また、被験者は全員 20 代である。

スケッチ学習では、一点透視図法、二点透視図法、三点透視図法のそれぞれの図法で 1 つの直方体を描画してもらう。実験群では、あらかじめ用意された構図

を使ってもらうため、AR マーカを配置してもらう必要はない。統制群では、システムが提示する情報と同等の内容が記載されたテキストを配布しスケッチ学習を行う。ただし、描画中の診断やアドバイスの提示は行われない。

3.2 評価方法

実験目的の達成度を数値によって測るため、練習前スケッチと練習後スケッチの結果を比較し向上値を求める。まず、実験で使用した構図を透明のシートに写す。これを正解の構図として図 10 のように被験者のスケッチと重ね合わせ、分析画像とする。

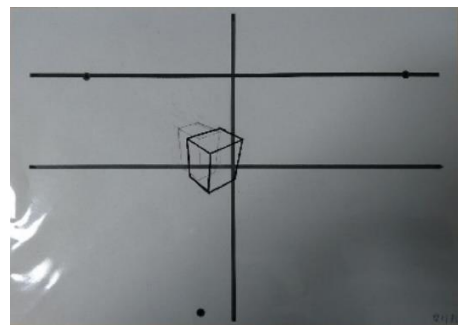


図 10 分析画像の例

分析画像を用いて、スケッチのずれの度合いを計測する。計測するのは直方体の頂点の位置である。各頂点の位置のずれを累積したものを求め、画用紙の中で正しい位置にモチーフの外接直方体を描けているかという位置のずれを調べる値として用いる。計測した頂点は図 11 の丸のついた頂点の位置である。また、一つの頂点の位置を固定したときの他の頂点の位置のずれを累積したものを求め、直方体の形状が正しく描けているかという形状のずれを調べる値として用いる。計測した頂点は図 11 の赤丸のついた頂点とそれを頂点とする赤い辺の角度を正解の構図と重ねたときの丸のついた他の頂点の位置である。

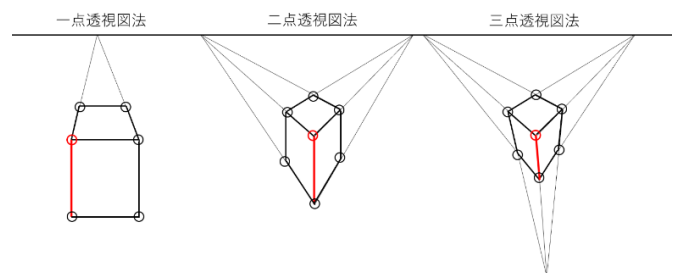


図 11 計測した頂点

練習前のずれの大きさを E_{pre} , 練習後のずれの大き

さを E_{post} とすると、向上値は $E_{pre} - E_{post}$ で求まる。
 向上値が正の値である場合、数値が大きい値であるほど、その被験者の上達の度合いが大きいと判断する。
 なお、ずれの大きさは mm 単位で計測しているため、向上値も mm 単位で表現される。

3.3 実験の結果

3.3.1 実験群の結果

実験群のずれの値と向上値を表 1、表 2、表 3 に示す。ただし、平均値は小数第 3 位を四捨五入している。
 また、被験者 D については、一点透視図法のみ、練習前スケッチの外接直方体の描き方に誤りがあり計測不能であったため、平均には含まれていない。

表 1 実験群の実験結果(一点透視図法)

	位置のずれ			形状のずれ		
	E_{pre}	E_{post}	向上値	E_{pre}	E_{post}	向上値
A	65	54	11	40	29	11
B	102	116	-14	113	58	55
C	119	118	1	33	81	-48
D		121			53	
E	292	75	217	55	35	20
F	52	59	-7	30	38	-8
G	178	133	45	139	141	-2
平均	134.67	92.50	42.17	68.33	63.67	4.67

表 2 実験群の実験結果(二点透視図法)

	位置のずれ			形状のずれ		
	E_{pre}	E_{post}	向上値	E_{pre}	E_{post}	向上値
A	71	44	27	81	43	38
B	133	187	-54	98	21	77
C	155	107	48	45	43	2
D	135	109	26	49	54	-5
E	34	47	-13	47	61	-14
F	66	63	3	55	74	-19
G	148	120	28	123	73	50
平均	101.17	94.67	6.50	74.83	52.50	22.33

表 3 実験群の実験結果(三点透視図法)

	位置のずれ			形状のずれ		
	E_{pre}	E_{post}	向上値	E_{pre}	E_{post}	向上値
A	79	57	22	55	24	31
B	225	84	141	192	26	166
C	89	117	-28	26	28	-2
D	97	100	-3	78	63	15
E	84	68	16	67	43	24
F	63	74	-11	36	23	13
G	276	135	141	203	53	150
平均	136.00	89.17	46.83	96.50	32.83	63.67

3.3.2 統制群の結果

統制群のずれの値と向上値を表 4、表 5、表 6 に示す。ただし、平均値は小数第 3 位を四捨五入している。
 また、被験者 J については、一点透視図法のみ、練習前スケッチの外接直方体の描き方に誤りがあり計測不能であったため、平均には含まれていない。

表 4 統制群の実験結果(一点透視図法)

	位置のずれ			形状のずれ		
	E_{pre}	E_{post}	向上値	E_{pre}	E_{post}	向上値
H	49	18	31	14	22	-8
I	100	147	-47	23	125	-85
J		45			35	
K	80	58	22	36	35	1
L	38	62	-24	24	30	-6
M	49	56	-7	45	51	-6
N	104	76	28	74	32	42
平均	70.00	69.50	0.50	36.00	49.17	-10.33

表 5 統制群の実験結果(二点透視図法)

	位置のずれ			形状のずれ		
	E_{pre}	E_{post}	向上値	E_{pre}	E_{post}	向上値
H	82	59	23	33	51	-18

I	181	129	52	117	117	0
J	82	44	38	40	43	-3
K	122	59	63	40	73	-33
L	82	57	25	54	56	-2
M	63	50	13	84	64	20
N	158	72	86	50	41	9
平均	114.67	71.00	43.67	63.00	67.00	-4.00

表 6 統制群の実験結果(三点透視図法)

	位置のずれ			形状のずれ		
	E _{pre}	E _{post}	向上値	E _{pre}	E _{post}	向上値
H	82	64	18	34	24	10
I	121	103	18	112	96	16
J	78	61	17	40	37	3
K	79	76	3	45	57	-12
L	71	49	22	47	28	19
M	67	55	12	54	49	5
N	38	35	3	19	43	-24
平均	76.33	63.67	12.67	51.83	49.50	2.33

3.4 ユーザビリティ評価

3.4.1 評価方法

評価実験を行った後、実験群と統制群、それぞれにアンケートを行ってもらった。これにより、システムでの学習とテキストでの学習にはどのような差があるか、診断機能は必要か、どちらがより学習に適しているか、システムの使い心地はどうか、システムやテキストが提示する情報で分かりにくいものは何か、などについてアンケートを通して判定してもらうことが目的である。なお、実験目的の達成度を調べるため、実験群と統制群にはそれぞれ異なるアンケート用紙を配布したが、以下の6つの質問事項に関しては、尋ねている内容が同一であるため、実験群と統制群で比較が行える。また、アンケートは1(そう思わない)~5(そう思う)の5段階で回答する。

- ① 1点透視図法の手順が理解できたと思う
- ② 2点透視図法の手順が理解できたと思う
- ③ 3点透視図法の手順が理解できたと思う

- ④ 立体的な構図の把握ができたと思う
- ⑤ このシステム(テキスト)を使えば、一人でも学習を継続できると思う
- ⑥ 文字による情報提示(渡したテキスト)の内容は分かりやすかったと思う

3.4.2 アンケートの結果

6つの質問事項について実験群と統制群の回答結果を表7にまとめる。ただし、表中のA~Gは実験群の被験者、H~Nは統制群の被験者に対応している。

表 7 実験群と統制群のアンケート結果

	①	②	③	④	⑤	⑥
A	5	5	5	4	4	3
B	4	4	4	4	4	2
C	5	5	5	4	3	3
D	5	5	5	3	4	2
E	5	5	5	5	4	3
F	5	5	5	4	4	3
G	5	5	5	4	2	1
平均	4.85	4.85	4.85	4	3.57	2.42
H	4	4	3	3	2	2
I	5	5	5	5	5	5
J	4	4	4	4	3	4
K	2	4	4	2	3	4
L	5	5	5	4	4	4
M	4	4	4	4	4	3
N	4	4	3	4	3	3
平均	4	4.28	4	3.71	3.42	3.57

また、システムに対するユーザビリティ評価を行うため、SUS(System Usability Scale)を用いた。SUSはJohn Brookeにより1986年に開発され、ユーザビリティを測定するために最も広く利用されている質問項目である。SUSで用いられるのは以下の10個質問の項目である。

- (1) このシステムをしばしば使いたいと思う
- (2) このシステムは不必要なほど複雑であると感じた

- (3) このシステムは容易に使えると思った
- (4) このシステムを使うのに技術専門家のサポートを必要とするかもしれない
- (5) このシステムにある様々な機能はよくまとまっていると感じた
- (6) このシステムは一貫性のないところが多くあったと思った
- (7) 大抵の利用者は、このシステムの使用方法について、素早く学べるだろう
- (8) このシステムはとても扱いにくいと思った
- (9) このシステムを使いこなせる自信がある
- (10) このシステムを使い始める前に多くのことを学ぶ必要があると思う

以上の 10 項目に対し、1(全くそう思わない)~5(とてもそう思う)の 5 段階で回答する。質問項目は奇数項目がポジティブな質問、偶数項目がネガティブな質問になっている。奇数項目の場合は回答番号から 1 を引き、偶数項目の場合は 5 から回答番号を引き、それらすべてを足し合わせた合計数値を 2.5 倍することで 100 点を基準とするスコアを算出することが可能である。実験群のシステムに対するユーザビリティ評価の回答結果を表 8 に示す。ただし、平均値は小数第 3 位以下を切り捨てている。なお、表中の(1)~(10)は SUS の質問番号と対応している。

表 8 ユーザビリティ評価の回答結果

	A	B	C	D	E	F	G
(1)	4	4	4	4	4	4	2
(2)	2	1	3	2	1	2	4
(3)	3	4	4	5	5	4	4
(4)	2	2	2	4	2	2	2
(5)	3	4	4	5	5	5	3
(6)	2	2	2	2	1	1	1
(7)	3	4	4	5	4	5	4
(8)	3	2	3	1	2	2	2
(9)	2	4	3	5	4	5	3
(10)	3	2	1	2	1	1	2
得点	57.5	77.5	70	82.5	87.5	87.5	62.5

3.5 考察

一点透視図法、二点透視図法、三点透視図法のいずれにおいても、向上値にばらつきがあり、実験群と統制群の間に有意な差があるとは言えなかった。この理由として、今回の実験では、3つの透視図法を各1回ずつ、合計3回のスケッチ学習を行った。そのため、事後スケッチでは疲労の蓄積が作業精度の低下を招いてしまったことが考えられる。また、スキルを習得するためには反復して学習することが重要である。しかし、今回の実験では実験群、統制群ともに一点透視図法、二点透視図法、三点透視図法の学習をそれぞれ一回ずつしか行っていないため、被験者のスケッチの向上値にばらつきが生まれてしまったと考えられる。この2つの要因から、スキルの上達度があまり見られなかったのではないかと推測する。

また、アンケートの結果から、実験群のほうが統制群より透視図法の手順などの理解が深まったことが分かった。この理由として、一回一回、診断と修正を繰り返しながらステップを踏んで学習できる実験群のほうが透視図法の手順が記憶に残り、理解度が高くなったのだと考える。一方で、被験者の多くがシステムの指示やアドバイスが分かりづらいと回答した。これは、本システムが文字による情報提示しか行わなかったからであり、自由記述の回答にもあるように正解の線を表示する機能の追加が必要であることが分かった。また、システムの仕様により、複数個所誤りがあったとしても、そのうちの一つしか情報提示を行うことができないため、複数の誤りにも対応できるようにシステムを改良することが求められる。

ユーザビリティ評価の観点で見ると、実験群が回答した SUS によるアンケートの結果からスコアを算出したところ、平均が 75 点であった。SUS の平均点は 68 点であるとされているため、これはやや使いやすいと言える数値である。これは、システムに必要な操作が、ペンタブレットと付属ペンを用いて線を描くことと次のステップに移行するために Enter キーを押すことの 2 つであり、単純な作業しか行わないことが要因であると考えられる。

4. おわりに

本研究では、一点透視図法、二点透視図法および三点透視図法の3つの透視図法をそれぞれ学習することが可能なシステムの開発とその評価を目的とした。開発したシステムでは、モチーフの外接直方体を透視図法で描くまでの過程をいくつかのステップに分け、そのステップごとに学習者が描いた線に対して診断を行うことで、構図を把握するスキルや各透視図法の手順が身に付くようにした。

システムの有効性を確かめるため、募った被験者をシステムで学習する実験群とテキストで学習する統制群に分け、評価実験を行った。その結果、平均値では実験群が統制群を上回っていたが、検定を行ったところ、実験群と統制群の間に有意な差は見られなかった。しかし、被験者に対して行ったアンケートの結果を見ると、実験群のほうが統制群よりも透視図法に対する理解度が深まったと回答する被験者が多いことが分かった。よって、システムが提示する情報の内容を吟味し、さらに正解の線を表示するなど必要な機能を追加し、システムを改良することで、評価実験でよりよい結果が得られると結論付けた。

参 考 文 献

- (1) 曾我真人, 松田憲幸, 高木佐恵子, 瀧寛和, 岩城朝厚, 辻達也, 大西隆裕, 吉本富士市: “自動診断助言可能な鉛筆デッサン学習支援システム”, 情報処理学会インタラクシオン 2005, pp.27-28, 東京(2005)
- (2) 曾我真人, 松田憲幸, 瀧寛和: “デッサン描画中に描画領域に依存したアドバイスを提示するデッサン学習支援環境”, 人工知能学会論文誌, Vol.23, No.3, pp.96-104(2008)
- (3) 曾我真人, 栗山翔太, 床井浩平, 松田憲幸, 瀧寛和: “スケッチ学習における概略形状から詳細形状への描画誘導と診断助言機能の構築と学習支援効果の検証”, 第23回人工知能学会全国大会, 1K1-OS8-11(2009)
- (4) Soga,M., Kuriyama,S., Taki,H.: “Sketch Learning Environment with Diagnosis and Drawing Guidance from Rough Form to Detailed Contour Form. Trans. Edutainment 3”, 129-140 (2009)

- (5) 城内和也, 曾我真人, 瀧寛和: AR で自由に決定した視点位置でのスケッチ描画を支援する学習支援環境, 情報処理学会インタラクシオン 2010, CD-ROM (2010)
- (6) 稲留太郎, 曾我真人, 瀧寛和: “段階的な診断を行う拡張現実感を用いたスケッチ学習支援環境の構築”, 人工知能学会 2012, 3L2-R-12-10(2012)
- (7) 澤田明宏, 亀田昌志: “タブレット型 PC を用いた対話的な統合デッサン学習支援システムの開発”, 電子情報通信学会, vol.113, no.164, IMQ2013-10, pp.25-30(2013)
- (8) 稲留太郎, 曾我真人, 瀧寛和: “透視図法を学習可能なARによるスケッチ学習支援システムの開発”, 教育システム情報学会(JSiSE) 2013 年度特集研究会, pp.55-62(2013)

シェアリングエコノミーのビジネスモデルを

主題とした学習手法

長嶋 啓太*1, 仲林 清*2

*1 千葉工業大学大学院 *2 千葉工業大学

Learning Method on Business Model of Sharing Economy

Keita Nagashima*1, Kiyoshi Nakabayashi*2

*1Graduate School of Chiba Institute of Technology, *2Chiba Institute of Technology

Aiming to deepen the understanding of the subject, this research applies learning methods such as activating prior knowledge, sharing reports, discussion, and reconstructing abstract concepts by the learners themselves. Especially for prior knowledge activation, companies such as "Mercari" and "Airbnb" are chosen as examples of sharing economy business model since learners are expected to be familiar with these companies. Experimental results indicates that learners acquired abstract business model concepts in satisfactory level. However, some of them attain a low level understanding. In addition, in the group discussion conducted for re-concretizing the case study of "Uber", poor performance was observed in the group containing several learners who could not achieve sufficient results in abstraction, indicating that the quality of abstraction affects the quality of re-concretization.

キーワード: ビジネスモデル, シェアリングエコノミー, 再具体化, 既有知識の活用

1. はじめに

企業経営のあり方は IT の進歩やカスタマーニーズの多様化など、あらゆる要因の影響を受け、日々変化している。それに伴い、新たな価値を創造する新規のビジネスモデルが出現している⁽¹⁾。同じ産業でも仕組みや考え方は従来のビジネスモデルと大きく異なり、時代に合わせた利便性を追求し、顧客を獲得している。しかし、今後の情報社会において中核的な役割を担う大学生の教育目標として策定された一般情報教育のカリキュラム標準の基礎となる GEBOK の内容はコンピューターリテラシ教育や情報学の教養的内容がほとんどであり、実践的な内容でもプログラミング教育などのシステム開発に関するものに限られている⁽²⁾。しかし、将来産業界で活躍する可能性のある学生にとって、IT 活用を前提に世の中のニーズを把握し、企業がどのようなビジネスモデルを展開しているのかを理解することは進路や就職の選択などにおいても価値があり、

重要な学習項目であると考えられる。

そこで本研究では、大学生を対象に、新規のビジネスモデルの中でも近年注目度が高く、成長性のあるシェアリングエコノミーを題材とした学習手法を構築する。現在、ICT ベンチャーなどが様々な新規のビジネスモデルを展開しているが、書籍やインターネット上のサイトに解説されているような仕組みや収益構造を理解しただけでは、事業者が考える消費者意図や抽象的なビジネスモデリングの過程に踏み込んだ理解に及ばず、ビジネスモデルの本質的な学習とは言えない。

これに対して、本研究では、ビジネスモデルの理解を「抽象化された性質や概念の部分」と「具体的な業界に落とし込んだ時の固有の部分」の両面を結びつけることと定義し、実在するシェアリングエコノミーのサービスを題材として取り上げ、学習主題を設定し、学習手法の設計を行う。

2. シェアリングエコノミー

2.1 概要

シェアリングエコノミーとは、個人が保有する遊休資産（スキルのような無形のものも含む）の売買や貸出しをインターネット上で仲介するサービスである。SNS などのソーシャルメディアの発展とスマートフォンの普及を背景に登場した新規のビジネスモデルである⁽³⁾。

シェアリングエコノミーの起源は 2008 年に開始された民泊サービス「Airbnb」であるが、その後様々なものを対象としたサービスが登場している。日本でもフリーマーケットアプリの「メルカリ」や料理宅配サービスの「Uber Eats」などが該当し、様々なサービス存在する。一般社団法人シェアリングエコノミー協会に所属する法人数は 2019 年現在で 300 社を超える⁽⁴⁾。また将来展望について、図 1 に示す矢野経済研究所の調査によると国内シェアリングエコノミーサービスの市場規模(事業者売上高ベースの 2017 年度から 2023 年度の年平均成長率 CAGR) は 14.1% で推移し、2023 年度に 1691 億 4000 万円に達すると予測している⁽⁵⁾。現在も市場規模が拡大し、今後も注目される新規のビジネスモデルである。



図 1 シェアリングエコノミーサービス
市場規模推移・予測

2.2 仕組み

仕組みについて図 2 を用いて説明する。事業主は互いのニーズが合うゲスト（貸す人，売る人）とホスト（借りる人，買う人）をインターネット上でマッチングさせる，ホストはゲストに対し資産を提供し，ゲストはホストに対しその分の料金を支払う。事業主はホストとゲスト（ないしどちらか片方）から取引が行わ

れる度に手数料をとる⁽⁶⁾。

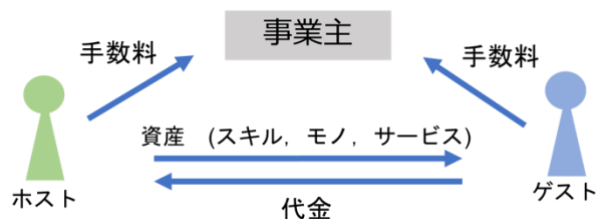


図 2 シェアリングエコノミーの仕組み

2.3 資産の種類

シェアリングエコノミーにおいて，共有する資産には「空間」，「空間」，「移動」，「スキル」，「金」の 5 つの категорияが存在する⁽⁶⁾。表 1 に種類と概要とサービス例を示す。

表 1 シェアリングエコノミーの資産の種類

資産	概要	サービス例
空間	空き家や別荘，駐車場等のシェア	Airbnb ， SPACEMARKET
移動	自家用車や自転車，移動手段のシェア	Uber, notteco, Anyca
モノ	不用品や非稼働有形物のシェア	メルカリ，ジモティー
スキル	空いている時間やタスク，人材のシェア	Crowd Work, アズママ
お金	金銭のシェア，クラウドファンディング	Makuake ， READYFOR

3. 学習主題

前章で述べたように，ひとつのビジネスモデルは複数の産業に適用可能であり，ある産業で成功を収めたモデルを他の産業に展開することができる。シェアリングエコノミーのビジネスモデルはこの点が顕著に表れている。資産が多様に存在し，資産を変えれば，同じ仕組みでも様々な産業のサービスに転用できる。これが，シェアリングエコノミーが急速に拡大している一つの要因として上げられる。

そこで，本研究では，シェアリングエコノミーを例として，ビジネスモデルの複数産業への適用可能性を学習主題として学習設計を行う。

ビジネスモデルの複数産業への適用可能性を学習す

るためには、シェアリングエコノミーのビジネスモデルの基本的な性質や概念を、それぞれのサービスが扱う資産の固有の属性に依存せずに、できるだけ抽象的な形で把握することが重要である。

本研究では、シェアリングエコノミーのビジネスモデルの基本的な性質を以下の3つに整理して学習主題とした。

(1) ネットワーク外部性

シェアリングエコノミーはプラットフォームビジネスの一種であり⁽⁷⁾⁽⁸⁾、ネットワーク外部性という性質が存在する⁽⁹⁾。ネットワーク外部性とは、そのサービスの利用者が多いほど、サービスを利用する価値が向上する性質である。

ホストが増えればゲストは利用できるサービスが増え、その利便性からゲストが増加する。さらにゲストが増えればホストは利益を上げやすくなり、その利便性からホストも増加する。このようにプラットフォーム内の参加者が増えれば増えるほど、サービスを利用する価値が向上し、価値が連鎖的に創造される。

利用者は価値の高いプラットフォームに一気に移動するため、このような性質を考慮したプラットフォームを築く事業主は似通ったサービスを提供する事業主を淘汰して市場を独占できる強力な概念である。

(2) ニーズのロングテール化

ゲストのニーズがニッチなものでも、多量のホストによるサービスで対応できる性質である。

ロングテールとは、主にネットにおける販売における現象であり、売れ筋のメイン商品の売上の他に、あまり売れないニッチな商品群の売上合計が同等に多く、場合によっては上回ることもある現象である⁽¹⁰⁾。図3に示す。

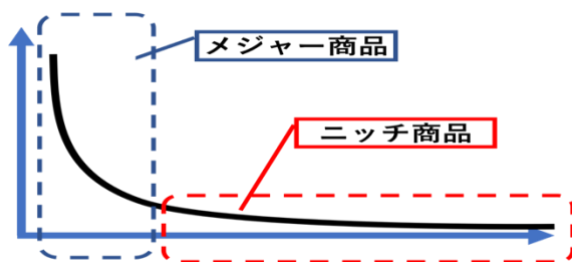


図3 ロングテール

シェアリングエコノミーが普及した背景として、ロングテールの概念と同様にゲストのメジャーなニーズに対応するだけでなく、ニッチなニーズにも対応でき

る点が挙げられる。従来の BtoC ビジネスでは、企業側の業務効率化や利益向上のため、顧客のメジャーなニーズに対応するのが一般的である。しかし、シェアリングエコノミーのプラットフォームでは大量のホストが存在し、ゲストのあらゆるニーズに対応できる。

(3) 個人間取引と安全性

シェアリングエコノミーの事業主はサービスの信頼性や安全性に配慮しなければならない⁽¹¹⁾。事業主は「資産」を直接的に所有しないため、ホストが提供するサービスが良くないと、事業主の展開するプラットフォーム全体の評判が悪くなる。既存産業では事業主がサービスの質を管理するのに対して、シェアリングエコノミーではホストが提供するサービス品質の管理が課題となる。PwC コンサルティングの調査によると日本でシェアリングエコノミーのサービスに抵抗がある人が、最も懸念する理由に挙げるのは「事故やトラブル時の対応」である。他にも価格や品質、責任の所在といったトラブルの原因となる項目についての懸念が強く、「信頼性」が求められていることがうかがえる⁽¹²⁾。事業主は取引の信頼性や安全性を担保する取り組みが必要である。

4. 学習手法

上に述べたようなビジネスモデルの概念は抽象度が高く、単なる知識付与型の学習手法では十分な学習効果は期待できない。よって、本研究では以下の3つの方針を適用する。

(1) 既存知識の活用

学習者に身近な事例を対象とすることで経験や既存知識との結びつきを図る。シェアリングエコノミーは新規のビジネスモデルであり、実際のサービスを認知していない学習者が存在する可能性がある。そこで、本研究では事例の対象を「モノ」、「空間」、「移動」の3カテゴリーに限定する。PwC コンサルティングによる調査では、20代の過半数の51.3%がシェアリングエコノミーを認知していると報告されている⁽¹²⁾。サービスカテゴリー別では、「モノ」、「空間」、「移動」の認知度が70%程度で、「スキル」「お金」の30%程度を大きく上回っている。

とりあげるサービスとして、「モノ」では国内利用者

数最大のメルカリ、「空間」では大手民泊サービスの Airbnb、「移動」では Uber の事例をあげる⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。

(2) 抽象化と再具体化

シェアリングエコノミーのビジネスモデルは、資産を変えることでその特性や概念を生かし他のビジネス分野に適用可能である。この方針について図 4 を用いて説明する。

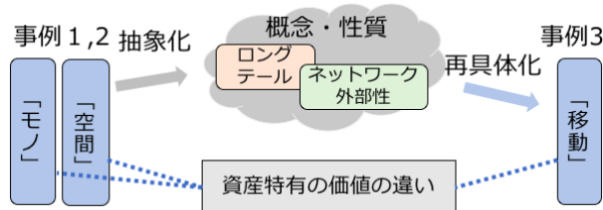


図 4 抽象化と再具体化

まず事例 1, 2 として「モノ」「空間」のシェアについて、実際のサービスである「メルカリ」「Airbnb」の題材を用いて解説を行う。3 章で述べた、サービスに共通する基本的な性質を自ら抽出させ、その後、事例 3 として「移動」のサービス Uber の事例へ学習者に再具体化させ抽象的な概念や性質の理解を深化させる。

(3) ディスカッション

抽象化された概念や性質を「移動」の事例に再具体化させる際に Uber のサービス内容を学習者自身で考察させる。学習者個人では難易度が高いことが想定されるため、学習者同士で意見を持ち寄りながら、再具体化させていく。

また、共有する資産により、利用者のやり取りの「価値」が変化する。表 2 は「ニーズ」の観点でゲストとホストの立場から各資産における価値の違いを示したものである。

表 2 資産特有の価値の違い

	ゲストのニーズ	ホストのニーズ
「モノ」 メルカリ	希少性・匿名性	簡易性・不用品 処理
「空間」 Airbnb	希少性・安全性	安全性・信頼性
「移動」 Uber	安全性・即時性	安全性・即時性

例えば、「モノ」のシェアでは装飾品など、希少性が

重視されるのに対し、「空間」や「移動」のシェアでは即時性や安全性などに価値がある。各資産に固有に存在する利用者にとっての「価値の違い」を同時にディスカッションする事で、資産に依存しない部分とする部分の両面を理解させる。

5. 実験の流れと学習課題

5.1 実験の概要

被験者は千葉工業大学情報科学部の 4 年生 6 名、会議システムを利用しオンラインで開催した。前節で述べた学習設計に基づき実験の手順を 3 つの段階に分けて設計した。図 5 を用いて説明する。

段階 1 ではシェアリングエコノミーの基本的な知識や仕組みと、メルカリに関する具体的な説明を行う。次に段階 2 では同様に Airbnb の具体的な説明したのち、抽象的な概念をレポートにまとめてもらう。なお、3 つの学習主題を際立たせるような説明をせず、サービスの内容や利用する上でのメリット、仕組みなどの説明をありのまま行うことで、あくまでサービス自体を理解してもらうための客観的な説明を行う。レポートを集約したら配布し、段階 3 で他の学習者のレポートを読んでもらう。最後の段階 4 では学習者同士のディスカッションにより段階 2 までに抽象化した「資産に依存しない性質・概念」を Uber のサービスに当てはめていき、考察する。

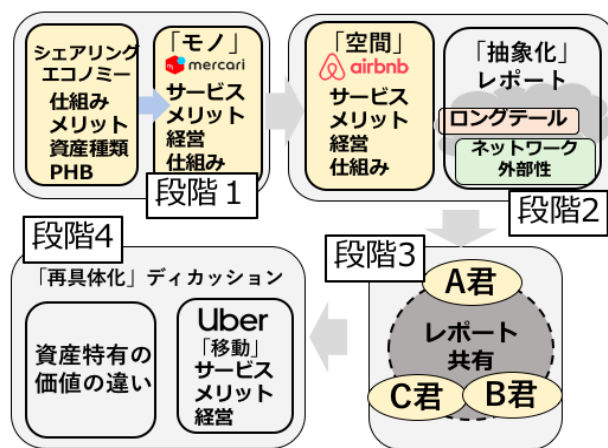


図 5 実験の流れ

5.2 レポートの学習課題

レポートは問 1～問 3 で、学習主題のネットワーク外部性、ニーズのロングテール化、取引上の安全と信頼について出題しており、それぞれに対応している。

また、本研究ではレポートを学生が解くにあたって、想定される理解過程を整理し、「獲得すべき要点」を設けている。レポートを考えていく中で、要となる考えを項目別にまとめ、要点を獲得している場合、抽象化を確認できたとしている。表4に各問題の問題文とそれぞれの獲得すべき要点の対応関係を示す。

学習主題や獲得すべき要点は一見交わりのない固有の概念に思えるが、関連性があり、理解は順序だてて行うよう設計している。それぞれの間について獲得すべき要点(1-1)～(3-4)まで、簡潔に説明する。

問1：シェアリングエコノミーはプラットフォームビジネスであるため、はじめに特性であるネットワーク外部性の特性の理解が必要である。シェアリングエコノミーは利用者が多いことが望ましい。(1-1)、ホストにとってはゲストが増えると売れる対象が増え、資産を効率的に運用する事ができメリットがある(1-2)。ゲストにとってはホストが増えると購入対象が増加し、より質の高いものをより安く、必要なニーズを低コストで利用しやすくなる(1-3)。互いに取引対象が多い事は両者にとってのメリットとなる(1-4)。

問2：シェアリングエコノミーのサービス提供主体は個人のホストであり、ネットワーク外部性によって大量の個人(2-1)による多種多様なサービスが存在し(2-2)、細かなゲストのニーズにも対応できるといった点(2-3)が挙げられる。既存産業ではターゲットの絞り込みをするため、生産管理やスタートアップ資金など、様々な理由で経営上困難になる(2-4)。

問3：一方、ホストの増加に伴い個人の裁量によって変化してしまうサービスの質(3-1)を最低限担保するために、事業主は安全に利用できる環境作りが求められる。具体的には相互評価やエスクロー制度など、事業主側で取引を管理する仕組みなどがある(3-2)。それがないと悪質なユーザーが増加し、サービス全体の評判が悪くなる恐れがある(3-3)。そういった環境作りが更なるプラットフォーム拡大やサービスの利便性(ネットワーク外部性やニーズのロングテール)に、良い影響を与えるといった点(3-4)を理解してもらう。

このように、関連性があるため、問1のネットワーク外部性の問題から出題し、段階を経て理解する。

5.3 レポートの理解度レベル

被験者が学習主題についてどの程度理解しているのか、結果を可視化するため、レポートの内容によってレベル分けを行った。各レベルに到達するための条件について表3を用いて説明する。

レベル5～レベル1の5つの段階に分けた。最高であるレベル5では、全ての学習主題で抽象化ができており、概念の獲得及び定着が確認できる状態であり、最低であるレベル1は全ての学習主題で説明が全くできておらず、的外れな回答をしている場合とした。

表3 レポートの結果による段階分けと条件

レベル	条件
5	全ての学習主題で抽象化ができています
4	3つの学習主題のうち2つは抽象化ができています
3	3つの学習主題のうち1つは抽象化ができています
2	全ての学習主題で説明が曖昧*概念の獲得及び、定着が確認できない。
1	的外れな回答をしている

5.4 ディスカッションの学習課題

レポート執筆後、被験者6名を2つのグループに分けてディスカッションを行った。議題は4つのパートに分かれており、議題1～3に関しては表4に示すようにそれぞれが学習主題である「ネットワーク外部性」、「ニーズのロングテール化」、「取引上の安全と信頼」に対応している。

また、それらの対応関係(例えば、議題1はネットワーク外部性についての問題)は学習者には伝えず、議題のみ提示した。

議題4では表の穴埋めをしてもらう。メルカリ、Airbnb、Uberそれぞれのサービスの相違点について学習者が自由に観点を探し、ディスカッションをしながら表を作成してもらった。各パートにつき約10分間、議題1～議題4まで順に行った。

表 4 学習主題とレポートの課題及びディスカッションの議題との関連性

		ネットワーク外部性	ニーズのロングテール化	取引上の安全と信頼
レポート	課題文	問 1: あなたはフリマサイト A, B, C の利用を検討している. A の利用者は 100 万人, B は 1000 人, C では 10 人. どのサービスを選択するか. 理由も含めて説明しろ. (出品物の制限・手数料等全て同条件)	問 2: メルカリを利用する際「様々な商品が必要な時に買うことができる」や「昔買い損ねたモノや, レアモノを買うことができる」といったメリットがある Airbnb も同様のメリットが存在する. 可能としている理由はなぜか. また, 既存産業では一般的に実現が難しいとされているのはなぜか.	問 3: 両事業主が相互評価制度とエスクロー制度を用いている理由を説明しろ. また, 仮にメルカリの事例でそれらの制度を活用しない場合の問題点を事業主, ゲスト, ホストそれぞれの立場で考察せよ.
	獲得すべき要点	(1-1) A を選択 (1-2)ホスト目線のメリット (1-3)ゲスト目線のメリット (1-4)人数が多い方が両者にメリット	(2-1)サービスを行うのはホスト個人 (2-2)ホストのサービスが多様化 (2-3)ゲストのあらゆるニーズに対応 (2-4)既存産業では難しい理由(コスト, スタートアップ資金等)	(3-1) 個人サービスによる質低下 (3-2) 詐欺防止返品対応の簡略化 (3-3) サービス全体の評判が悪化 (3-4) 安全対策を徹底する事で今後のユーザー獲得に繋がる
ディスカッション	議題	サービスを拡大する取り組みについて予想しなさい	利用シーンや利用目的に合わせたサービスへの取り組みについて予想しなさい	ホストとゲストが安全に利用できる環境について予想しなさい
	項目	ホストの獲得方法 ゲストの獲得方法	事前に車種の選択が可能 事前にルート・目的地が確定 事前に料金が確定 GPS 効率的な配車	完全キャッシュレスの決済 相互評価・エスクロー制度 独自の保険や対策

6. 結果

6.1 レポートの学習結果

次に表 5 で被験者別の結果を示す. 問 1~3 の各問題で抽象化が確認できた場合は○, 曖昧な場合は△, そうでなかった場合は×とした. ○の条件に関しては, 獲得すべき要点の中でも重要なポイントを全獲得する必要がある. また, レポート執筆後のディスカッションでは被験者 1,2,3 がグループ A, 被験者 4,5,6 がグループ B となっている.

表 5 レポートの結果

問	被験者			グループ A			グループ B		
	1	2	3	4	5	6	4	5	6
問 1 NW 外部性	△	○	○	○	△	○			
問 2 ロングテール	○	△	○	×	○	×			
問 3 安全と信頼	○	×	△	×	△	△			
理解度レベル	4	3	4	3	3	3			

問 1 のネットワーク外部性については, ×の学生はおらず, 抽象化は概ね良好な結果となったが, 問 2, 問 3 と続く問題で○の数は減って行き, 正答率が低くなっている. レポートの理解度レベルは 4 の学生が 2 名, 3 の学生が 4 名となった.

6.2 ディスカッションの学習結果

議題 1~3 の再具体化についてグループ A では再具体化が出来ていて, グループ B ではほとんど再具体化できなかったという結果になった. また, 資産特有の価値の違いについての表の穴埋めは, 観点の数が A が 6 個, B が 5 個と, ほとんど変わらない結果となった.

結果に差が現れた議題 1~3 について, さらに細かく項目別に見ていく. 表 6 の左の項目は Uber のサービスの具体的な取り組みを調べ, まとめたものである.

表 6 再具体化できた項目

Uber の具体的な取り組み	A	B
ホストの獲得方法	○	○
ゲストの獲得方法	△	△
事前に車種の選択が可能	○	△
事前にルート・目的地が確定	○	×
事前に料金が確定	△	×
GPS 効率的な配車	○	×
完全キャッシュレスの決済	○	×
相互評価・エスクロー制度	○	×
独自の保険や対策	△	△

議論中の会話や発言の内容を分析し、各項目を獲得した場合は○、獲得できなかった場合は×としている。なお、△の項目については、内容が完全一致にはならなかったものの、学習者がその項目を観点として捉え、近しい結論を出した項目である。

結果としてはグループAでは大半の項目で再具体化できが、グループBでは議論が行き詰まり、ほとんどの項目で観点を出すことができなかつた。グループAとBでは、再具体化できた観点数に大きな差があった。

7. 考察

7.1 抽象化におけるつまずき

まず、レポートの正答率が問2から徐々に減っていったことに関して考察する。表7は、「問2で獲得すべき要点」の被験者別の獲得状況である。問2の学習主題は「ニーズのロングテール化」であり、着目したのは(2-1)のサービスを行うのは個人であることの項目である。この項目の獲得が半数しかいなかったことから、つまずきになりやすいことがわかる。

表7 問2の要点の獲得状況

問2 獲得すべき要点	被験者					
	1	2	3	4	5	6
(2-1)サービスを実際に行うのは「個人」	○		○		○	
(2-2)サービスが多様化	○	○	○	○	○	
(2-3)様々なニーズ対応可	○	○	○		○	
(2-4)既存産業では難しい	○	○	○		○	○

また、この要点を獲得している被験者1,3,5が続く要点もすべて獲得し、問2で○(抽象化が確認できる状態)である事、逆に獲得できなかった被験者2,3,6は問2と続く問3でも○を得ていない事から、抽象化の出来を左右する重要な項目である事がわかった。

先に述べたように、本研究の学習主題には関連性があり、最初のネットワーク外部性から順を追って理解していく必要がある。レポートの獲得すべき要点も同様に、順を追って理解することで下の要点を獲得しや

すくなるよう設計している。(2-1)の獲得の有無が下の要点獲得に影響している、つまり(2-1)を獲得できなかった学生が、続く要点も獲得できず、正答率が徐々に下がっていったのではないかと考えた。

また、レポートの理解度レベルに関しても、レベル3の4名の学生のうち、3名は問2の(2-1)を獲得していないことで問2において○を得ることができていない。それらの学生は続く問3でも○を獲得できなかったことからレポートの理解度レベル3に止まってしまったと考えられる。(2-1)の獲得はレポートの理解度レベルにも影響することから、今後は(2-1)を獲得できなかった原因について検討する必要がある。

7.2 ディスカッションの考察

議題1~3の結果に差が現れ、なぜこのような結果になったのかについて、要因は2点あると考察した。

7.2.1 抽象化の再具体化への影響

まず、グループAには、抽象化ができていた学習者が2名おり、抽象化した内容をうまく活用できていたことが挙げられる。メンバーの3名のうち2名が理解度レベルが4であるグループAの議論中の会話例を紹介すると、「メルカリの商品選択画面で料金やコンディションの記載があること」を「Uberにも活用できないのか」といった会話から、Uberに「事前の料金確定・車種ドライバー(ホスト)の選択権」があるのではないかと予想していた。一方、グループBは、既存産業のタクシー業を議論したため、「料金は事後精算」、「拾った車種、ドライバーはランダム」といった、固定概念にとらわれていた。すなわち、抽象的な要点の再具体化ができず、Uberの仕組みをつかめなかつた。

7.2.2 UberEatsの利用経験

グループAでは「UberEats」の既有知識を活用していた。グループAの中の1名がUberEatsを日常的によく利用する事に加え、以前にUberEatsを題材としたビジネス系のドキュメンタリーTV番組を視聴しており、既有知識を豊富に持っていた。その知識をもとに「GPSによるルート確定システム」や「即時迎車システム」など、グループAでは次々にUberの仕組みを考察していった。

UberEatsのサービスはUberのサービスから派生したものであり、仕組みや技術を応用したビジネスモ

デルとなっている。事後、張本人に個別の質問をした際にも「非常に役に立っていた」と回答し、UberEatsの既有知識が再具体化に与えた影響は大きかったことが分かった。

8. 今後

8.1 獲得すべき要点(2-1)の獲得

抽象化の質は再具体化にも影響する事から、レポートの理解度レベルの向上が今後の目標となる。具体的にはまず、今回の実験でわかったニーズのロングテール化についての問 2 の獲得すべき要点「(2-1) サービスを実際に行うのはホスト個人である事」が、なぜつまりきとなったのかを検討したい。

また、この要点を獲得した学生が、下の要点を獲得していたことから、獲得しやすくなったのはなぜなのか、明確な根拠を考察する必要がある。

8.2 既有知識の活用

今回の実験で UberEats の利用経験や既有知識が、再具体化に影響する事がわかった。今後は UberEats の既有知識を活用した学習手法を組み込むことで、再具体化をさらに促進させることができるのではないかと考えた。

手法として、「ドキュメンタリービデオの視聴」を挙げる。これは、UberEats を題材とした TV 番組などをあらかじめ視聴することで学習者の UberEats に関する既有知識を持ってもらうという手法である。グループ A の中には、UberEats をユーザーとして利用していたことに加え、「カンプリア宮殿」や「クローズアップ現代」などといったビジネスに関する TV 番組を視聴していたことから、「経営的な目線の既有知識」を有していた可能性がある。この学習者がいたグループ A ではその既有知識をベースに、次々と再具体化していったことから、そのようなドキュメンタリービデオがあれば、学習者全員に視聴させることで学習効果が向上する可能性がある。

参 考 文 献

(1) “JNEWS.com ビジネスモデル事例集 2020 年版”, <https://www.jnews.com/bizmdl/bizmdl.html>, (参照 2019.4.9)

- (2) “情報処理学会 一般情報処理教育の知識体系 (GEBOK)”, https://www.ipsj.or.jp/12kyoiku/J07/20090407/J07_Report-200902/9/J07-GE_GEBOK-200803.pdf, (参照 2019.4.9)
- (3) 一般社団法人シェアリングエコノミー協会:”シェアリングエコノミーのビジネスについて”, (2016)
- (4) 総務省:”シェアリングエコノミーの持つ可能性”, 平成 30 年版, 情報通信白書, (2018)
- (5) 矢野経済研究所:”2019 シェアリングエコノミー市場の実態と展望 ~民泊/カーシェア/駐車場予約/クラウドソーシング・ファンディング~”, (2019)
- (6) アルン・スンドララジャン:”シェアリングエコノミー”, 日経 BP, 東京 (2016)
- (7) Gawer A. and Cusumano M.A.:”Platform Leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco Drive Industry Innovation”, Harvard Business School Press (2002). 小林敏男 (訳):”プラットフォーム・リーダーシップ—イノベーションを導く新しい経営戦略”, 有斐閣 (2005)
- (8) 平野敦士カール, アンドレイ・ハギウ, “プラットフォーム戦略”, 東洋経済新報社 (2010)
- (9) Rohlfs, J. H.:”Bandwagon Effects in High Technology Industries”, MIT Press (2003). 情報通信総合研究所 (編), 佐々木 勉 (訳):”バンドワゴンに乗る—ハイテク産業 成功の理論”, NTT 出版 (2006)
- (10) 中田善啓:”ロングテール現象と小売プラットフォーム”, 甲南経営研究, (2012)
- (11) 宮崎康二:”シェアリングエコノミー Uber, Airbnb が変えた世界”, 日本経済新聞出版社, 東京 (2015)
- (12) PwC コンサルティング合同会社 グローバルイノベーションファクトリー:”国内シェアリングエコノミーに関する意識調査 2018”, (2018)
- (13) “プレリリースフリマアプリメルカリ累計取引件数 5 億件を突破 ~捨てられていた不要品に新たな価値を~”, https://about.mercari.com/press/news/article/mercari_500million/(参照 2019.4.9)
- (14) “Airbnb Newsroom”, <https://news.airbnb.com/ja/fast-facts/> (参照 2109.4.9)
- (15) 稲垣忠, 鈴木克明:”授業設計マニュアル Ver2 —教師のためのインストラクショナルデザイナー—”, (株)北大路書房, (2011)

外国語学習・デジタル教科書を用いた遠隔授業支援と

学習ガイド機能の構想

喜久川 功* 有富 智世**

常葉大学社会環境学部* 常葉大学外国語学部**

A Learning Guide Function to Support Online Classes Using Digital Textbooks for Learning Foreign Languages

Isao Kikukawa*

Chise Aritomi**

Faculty of Social and Environmental Studies, Tokoha University*

Faculty of Foreign Studies, Tokoha University**

2020年度、大学での授業形態は新型コロナウイルスの影響を鑑み、遠隔授業による実施を余儀なくされた。このような中、これまで開発を進めてきた外国語学習支援「デジタル教科書・教材」の再考に至った。その結果、遠隔授業を効果的かつ効率的に運営するには、既存の「デジタル教科書・教材」に「学習ガイド機能」を組み込むことが望ましいと考えた。本稿では、まず、今年度の遠隔授業実践から検証した「Microsoft 365 Education等の活用による遠隔授業運営支援方策」について概説する。次に、本方を「デジタル教科書」から円滑に施行できる「学習ガイド機能（構想版）」について報告する。

キーワード: 語学教育, デジタル教科書, デジタル教材, 遠隔授業支援, 学習ガイド機能

1. はじめに

2020年度は、新型コロナウイルスの影響を鑑み、多くの教育機関で試行錯誤しつつ遠隔授業が実施された。常葉大学の語学教育においても同様な状況となり、本年度前期開講のフランス語科目では、これまで開発を進めてきた「フランス語学習支援デジタル教材：Web〈なびふらんせ〉」（eポートフォリオ付き）を活用して対処した。

遠隔授業の形式は「学習指導教材配信型」であり、本試みの中で懸念事項も明らかとなった。そもそもWeb〈なびふらんせ〉は、対面授業における質的向上と改善をベースに設計した「デジタル教材」であったため、本教材単体での遠隔授業運営および支援では問題点が散見された。そこで、本デジタル教材と同時に並行で開発を進めている「デジタル教科書」の構成と併せて問い直すことにした。

本デジタル教科書は、デジタル教材の各種コンテンツ・eポートフォリオ・教材ダウンロード等を束ねて

一体化を図り、一斉授業から授業外の自主学習までも視野に入れた「総合力を備えた教育ツール」の実現を目指したものである。対面授業のみならず遠隔授業にも有効な「デジタル教科書」として再構築すれば、様々な授業形態において効果的な使用が見込める。

本稿では、まず、今年度の遠隔授業実践から得た「Microsoft 365 Education等の活用による遠隔授業運営支援方策」について概説したい。デジタル教科書や教材を本方策によりシームレスに提供できれば、効率の良い遠隔授業の運営支援が可能になる。これに加えて、本方策を開発中の「デジタル教科書」から円滑に施行できる「学習ガイド機能」についても検討した。本機能の実装に関する報告は、「デジタル教科書・教材」をより有効に活用するための参考例になるだろう。

さらに、今後の新たな開発においては、Microsoft 365 Educationといった多くの大学等が利用している「学習支援ツールとの一体化」で「デジタル教科書・教材」の構想を図る提案例になればと考える。

2. Microsoft 365 Education 等の活用による遠隔授業運営支援方策

本章では、Microsoft 365 Education の活用方法について、特に遠隔授業の運営支援といった側面から概説する。なお、ここでは Microsoft 365 Education の各種ツールを取り上げるが、同種ツールの使用(例えば、MS Forms の代わりに Google フォーム、OneDrive の代わりに Google ドライブ、MS Teams のウェブ会議機能の代わりに Zoom 等)も想定しているため、本章のタイトルは「Microsoft 365 Education 等の活用による…」とした。

2.1 OneDrive を用いた資料配布やデータの回収

対面授業と同様に、遠隔授業においても使用中の教科書やデジタル教材に関する補助的資料を教員が追加する等、工夫が求められる。学習する上で特に重要な(強調しておきたい)ポイントはどこか(何か)、また、教科書や教材をいかに用いてどのように学ぶのか、といった内容を学習者に具体的に伝え、段階的学びを補助しつつ学習活動を継続させることが肝要といえる。さらに、教員の裁量で学習者の理解度に合わせた「小テスト」や「練習問題」、「課題(レポート)」の実施といったケース対応も検討すべき点である。

本対処策の一つとして、クラウドストレージサービスである OneDrive 上に PDF 等の電子ファイルを保存・共有し、学習者が共有フォルダにアクセスして確認を行う方法が挙げられる。学習者が作成した電子ファイルを回収する場合にも、この共有フォルダ機能を活用できる。OneDrive は、ファイル保存領域も十分に確保されており、ファイルの配布や回収といった際に、かなり有用なツールとして利用できるだろう(図1)。

2.2 Stream による動画コンテンツの配信

オンデマンド型の遠隔授業では、動画コンテンツ(録画授業・音声付きのスライド資料)への配信対処も考慮すべき点である。全授業回で動画コンテンツを用いる授業スタイル以外にも、ピンポイントで動画コンテンツを含めたいというケースもある。このような場合に有効なツールとしては、Stream が挙げられる。OneDrive で動画コンテンツを共有する方法もあるが、Stream には、デバイスやネットワーク環境に応じて

最適なビデオ再生品質が自動的に選択される。さらに、キャプションが自動で生成される利点もある。

補足すれば、ケースバイケースで OneDrive と Stream を使い分けるのが良いだろう(図2)。



図1 OneDrive の使用例

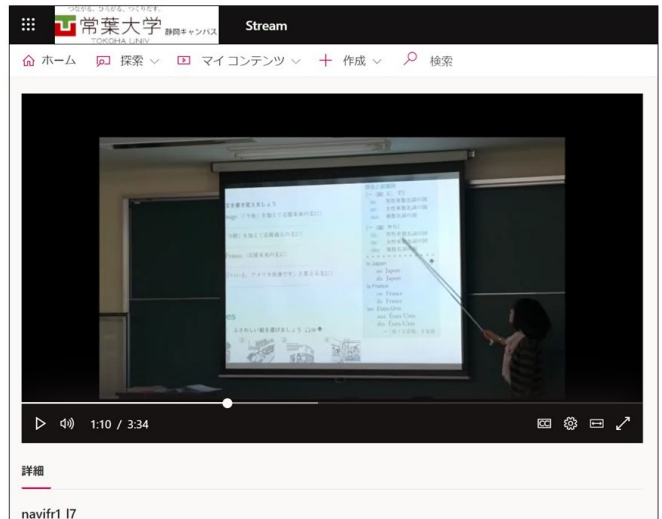


図2 Stream の使用例

2.3 Forms の活用による練習問題等の追加

オンライン上で「小テスト」や「練習問題」を実施する場合、Forms の利用で簡易に設問の追加ができる(図3)。選択問題、記述式問題、語学の和訳解答等、多様な設定も可能である。また、「ファイルのアップロード」機能を用いて、電子ファイルを提出させることもできる。解答結果は Excel に集約されるため、回収後の集計や精査において利便性が高い。フィードバック対処機能もあり、効率的な使用と合理化が図られる。



図3 Formsの使用例

2.4 Teams を活用した同時双方向型授業

Web 会議ツール等を用いた同時双方向型授業の最大のメリットは、対面時のようなリアルタイムでの授業スタイルと指導、質疑応答等が実現できる点にある。毎回の授業を同時双方向型で実施するケース以外にも、内容に応じて授業の一部で実施するケースや、オンデマンド型を原則としつつ、質疑応答や個別指導を特定の曜日・時間帯に指定して対応するケースも考えられる。いずれにしても、Microsoft 365 Education で対処した場合、Teams の Web 会議機能を利用することになる。なお、Teams には Web 会議機能だけでなく、文字ベースで情報交換が行えるチャット機能や、OneDrive や Forms 等との連携機能も備わっているた

め、これらの機能と「チャンネル」等を駆使することで、LMS のような利用が可能となる (図 4)。



図4 Teamsの使用例

2.5 Class Notebook によるフィードバック等の実施

課題等に対するフィードバックは重要である。対面授業では学習者に直接声掛けをすることもできるが、遠隔授業では同時双方向型の授業であっても、授業時間内に個人へ助言を行うことは懸念される点もあるだろう。受講学生にメール機能を使ってメッセージを送ることは可能だが、多くの学生に対応した場合、教員

の負担はかなり大きい。このようなケースには、受講者数にも拠るが、Class Notebook の活用が適している。

Class Notebook は、OneNote ベースのノート型情報共有ツールである。ノートには、テキストの入力以外にも画像や音声の貼り付け、手書き機能による書き込み、電子ファイルの添付といったことが行える。

ノートを教員 - 学生間で共有し、教員は手書き機能を用いて適切な箇所にコメントを記入する(図5・6)。何に対するコメントかを学生に対して明瞭に示せるため、教員 - 学生間の繋がりを簡易に補強することができる(個別あるいはクラス全体への記載提示が可能)。

なお、将来的には、Class Notebook と Web (なびふらんせ) の e ポートフォリオ機能とをシームレスに連動させたいと考えている。当面、技術的な要件を満たせるまでは、e ポートフォリオの画面キャプチャをノートにアップロードさせ、必要に応じてフィードバックを記述する等、臨時的対処で有効性を検証したい。

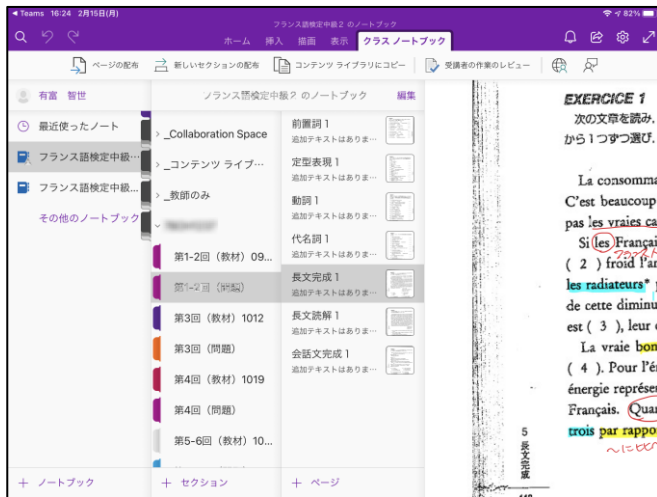


図5 Class Notebook (OneNote) の使用例①

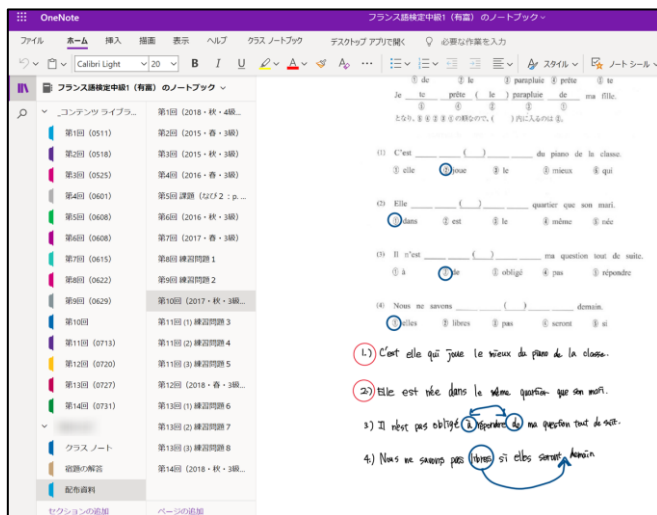


図6 Class Notebook (OneNote) の使用例②

3. 「学習ガイド」機能の構成

本章では、前章で述べた方策を「デジタル教科書」から円滑に施行できるよう構想した「学習ガイド機能」について概要する。

「デジタル教科書」は、図7で示したように、紙媒体の教科書をベースとしてデジタル化を図り、デジタル教材 (Web 上の学習コンテンツ) ・e ポートフォリオ・教材ダウンロード等を一体化する発想から開発を進めてきた。これに、「学習ガイド機能」を組み込むことが新たな構想案である (図7の左下)。

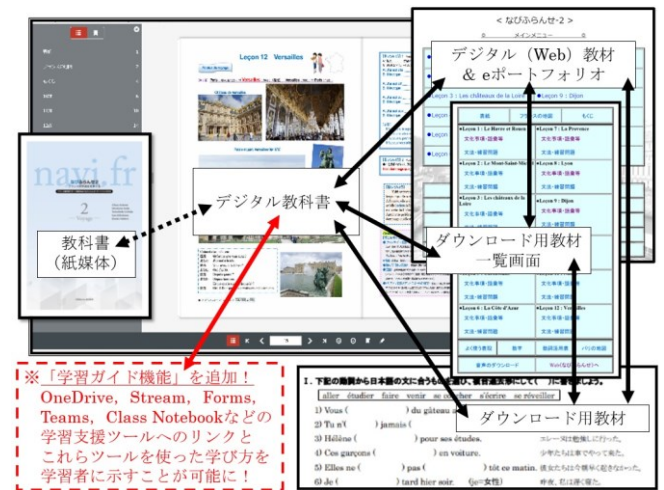


図7 「学習ガイド機能」追加のイメージ

本機能における「学習ガイド」とは、Microsoft 365 Education のような「Web ベースの学習支援ツールとの紐づけ」が可能で、「紐づけられたツールを用いてどのように学ばよいか」を学習者に明示する Web ページのことである。OneDrive 上のファイルやフォルダ、Stream 上で公開されている動画コンテンツ、Forms で作成したクイズ (設問)、Teams にセットした Web 会議やチャンネル、Class Notebook 内のノート等は、「リンク」によるアクセスが可能である。授業者は、必要に応じてこれらの「リンク」を「学習ガイド」内に適切に配置し、学び方の解説を記載することで、学習支援ツールの繋がりを学習者に明確に示すことができる (図8)。学習者は、授業者による「学習ガイド」を参照することで、「デジタル教科書・教材」と学習ツールを有機的に結び付けて学べる。なお、「学習ガイド」は、授業者が設定した「クラス」ごとに作成可能であり、

また、一つのクラス内で複数のページを設置できるものとした(図9・10)。学習者は、「デジタル教科書」の「学習ナビ」から、自分が所属するクラスの「学習ガイド」にアクセスすることが可能となる(図8)。(今後にデジタル教材からもアクセス可とする)

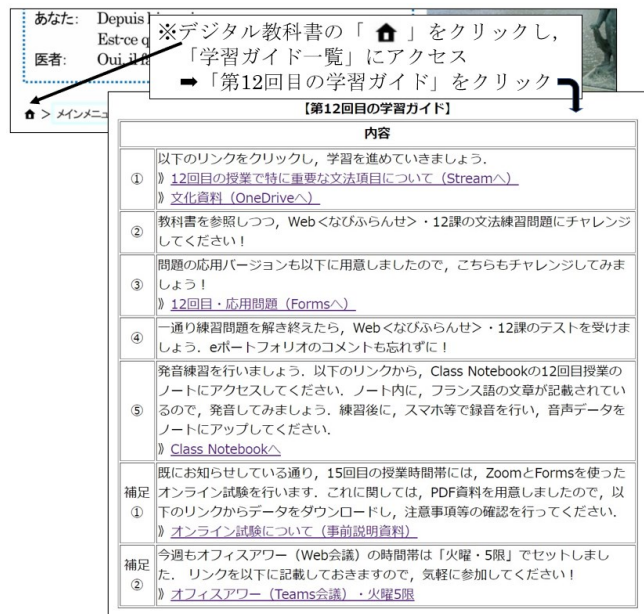


図8 「学習ガイド」の例

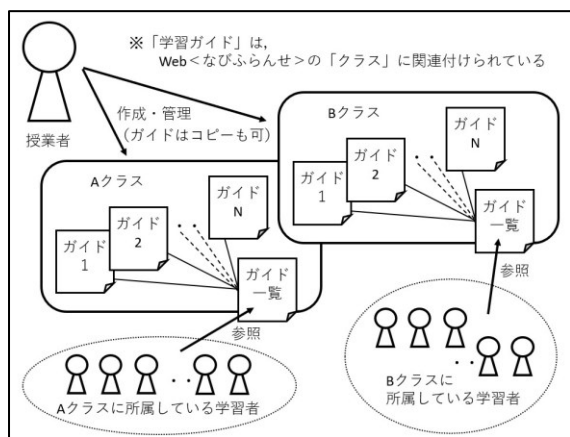


図9 クラスごとの「学習ガイド」のイメージ

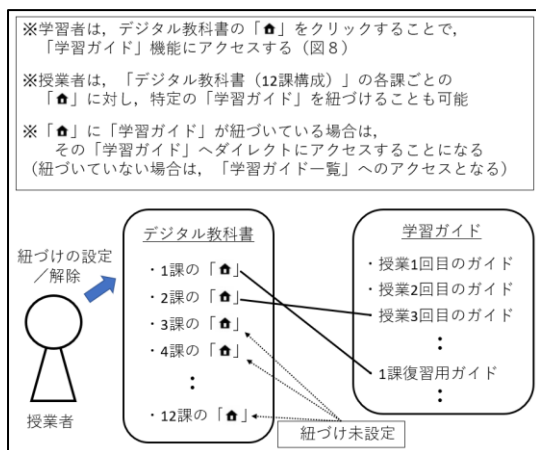


図10 「学習ナビ」と「学習ガイド」の紐づけ

4. おわりに

文部科学省は、コロナ問題の発生以前より教育のデジタル化を勘考し、「デジタル教科書・教材」の使用と普及を推奨してきた。本状況を踏まえ、教育現場で求められる教材の開発を目指して「デジタル教材：Web〈なびふらんせ〉」の改良と拡張を継続してきた次第である。本年度、コロナ禍における教育のあり方と対峙する中、教育機関における情報機器使用のレベルが飛躍的に向上したことは確かである。各教育機関におけるLMS、MicrosoftやGoogleの各種ツールの認知度および使用度も一気に増加したといえるだろう。すなわち、教育機関における情報機器使用の基底は、これまでの想定とは異なるスタンダードがにわかに成立したことになる。本稿では、「Microsoft 365 Education等の活用による遠隔授業運営支援方策」について概説し、これらの方策を「デジタル教科書」からも円滑に施行するために構想した「学習ガイド機能」について報告した。コロナ問題発生以前の想定で考案された教材を、いま見込める一般的使用の可能性と求められるスキルに合致させて整合性を図り、再構築することが重要だと考えたからである。また、新たな開発においても多くの教育機関が採用しているMicrosoft 365 Education、G Suite for Educationといった「学習支援ツールとの一体化」で考案されるならば、授業者と学習者の双方において有用な教材開発になり得る。いま求められる教材は何かと問うならば、対面授業、遠隔授業、ハイブリッド型授業等、どのような授業形態でも効果的使用が見込めることをスタンダードにすべきだろう。

今後も実用の段階に向け、更なる検討と開発を進め、授業実践による検証で精査を重ねたい。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 18K00759 の助成を受けた。

参考文献

- (1) 有富智世, 喜久川功: “デジタル教材「Web〈なびふらんせ〉」”, <http://navifr.sz.tokoha-u.ac.jp/> (2012-現在に至る)
- (2) 喜久川功, 有富智世: “初修外国語における自律的学習

- を促進する学習環境の構築－教科書・教科書連動型 Web 教材・e ポートフォリオ－”, 日本教育工学会第 28 回全国大会講演論文集, pp. 787-788 (2012)
- (3) 有富智世, 喜久川功: “教科書連動型 Web 教材を活用した初修外国語(フランス語)の授業実践”, 日本教育工学会研究報告集, JSET 13-1, pp. 99-102 (2013)
- (4) 有富智世, 喜久川功: “フランス語学習支援の可能性－教材「Web〈なびふらんせ〉2013」の活用と e ポートフォリオのあり方－”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.28, No.3, pp. 39-44 (2013)
- (5) 有富智世, 喜久川功: “語学教育のための学習環境デザイン－e ポートフォリオ連動型フランス語学習デジタル教材－”, 教育システム情報学会第 39 回全国大会講演論文集, pp. 277-278 (2014)
- (6) 有富智世, 喜久川功: “教科書連動型デジタル教材に搭載の e ポートフォリオを取り入れた評価の試み”, 関西フランス語教育研究会, RENCONTRES 28, pp. 5-9 (2014)
- (7) 有富智世, 喜久川功, 黒田恵梨子, 田母神須美子, 服部悦子: 『なびふらんせ 1』, 株式会社朝日出版社, 東京 (2016)
- (8) 有富智世, 喜久川功, 服部悦子, 山田敏之: “フランス語教育の可能性－教科書『なびふらんせ 1』とデジタル教材「Web〈なびふらんせ-1〉」－”, 関西フランス語教育研究会, RENCONTRES 30, pp. 10-14 (2016)
- (9) 有富智世, 喜久川功: “初修外国語教育における e ポートフォリオ活用モデルの提案”, 日本教育工学会第 32 回全国大会講演論文集, pp. 643-644 (2016)
- (10) 有富智世, 喜久川功, 安藤博文, 内田智秀, 服部悦子, 山田敏之: “フランス語教育とデジタル教科書”, 関西フランス語教育研究会, RENCONTRES 31, pp. 57-61 (2017)
- (11) 有富智世, 喜久川功: “初修外国語(フランス語)における授業実践を想定したデジタル教科書の設計”, 日本教育工学会研究報告集, JSET 17-1, pp. 275-280 (2017)
- (12) 有富智世, 喜久川功: “初修フランス語教科書に対応の学習サポートデジタル教材－学習コンテンツ"総合問題"のリスニング－”, 日本教育工学会研究報告集, JSET 17-4, pp. 135-138 (2017)
- (13) 有富智世, 喜久川功, 安藤博文, 内田智秀, 服部悦子, 山田敏之: “授業内学習と自主学習を活性化する学習支援ツールの一体化 -デジタル教科書・デジタル教材・e ポートフォリオ・教材ダウンロード-”, 関西フランス語教育研究会, RENCONTRES 32-2, pp.11-15 (2018)
- (14) 喜久川功, 有富智世: “初修フランス語のデジタル教材における学習活動支援「メッセージ機能」の設計”, 教育システム情報学会第 43 回全国大会講演論文集, pp. 179-180 (2018)
- (15) 有富智世, 喜久川功: “フランス語の基礎力検証に有効なデジタル教材の e ポートフォリオ”, 日本教育工学会研究報告集, JSET18-4, pp. 49-52 (2018)
- (16) 有富智世, 喜久川功, 安藤博文, 内田智秀, 服部悦子: “なびふらんせ 2”, 株式会社朝日出版社, 東京 (2019)
- (17) 有富智世, 喜久川功, 安藤博文, 内田智秀, 服部悦子, 山田敏之: “フランス語教育におけるデジタル教材の活用－授業実践報告と展望－”, 関西フランス語教育研究会, RENCONTRES 33, pp. 57-61 (2019)
- (18) 有富智世, 喜久川功: “フランス語 Web 教材の学習活動支援ツール－写真描写問題とアクティブラーニング－”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.34, No.4, pp. 19-22 (2019)
- (19) 有富智世, 喜久川功: “外国語学習のためのデジタル教科書とカスタマイズ機能”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.35, No.5, pp. 33-36 (2021)

肢体不自由者のための自立活動支援アプリケーション開発

春日 源太郎^{*1}, 畑中正介^{*1}, 吉本 定伸^{*1}, 谷本式慶^{*2}

^{*1} 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 Applications for Physically Handicapped People

Gentaro Kasuga^{*1}, Shousuke Hatanaka^{*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。また、その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、児童生徒によって肢体不自由の度合いや興味を持つものが異なるため、それぞれに対応した機器を用意し、さらにその使用方法を理解することが必要になってくる。本研究では自立活動における様々な教育的ニーズへの対応を目指し、Kinect センサーを利用した腕や上体を動かす自立活動の支援を行う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 や機能の変更による改良と、骨格認識の精度向上を目的に Azure Kinect 導入による開発状況について述べる。

キーワード: Kinect センサー, 肢体不自由者, 自立活動, アプリケーション

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の指導が行われている⁽¹⁾。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⁽²⁾。その内容としては、(1)健康の保持、(2)心理的な安定、(3)人間関係の形成、(4)環境の把握、(5)身体の動き、(6)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 (アシステッドテクノロジー) という現代のテクノロジーを使って肢体不自由者をサポートするための支援機器が利用されている⁽³⁾。しかし、児童によって興味持つものや肢体不自由の度合いといった教育的ニーズが違うため、それぞれに対応した機器を用意する必要があり、教員や介護職員の負担にもなっている。

そこで、本研究室では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身体を動かす自立活動を支援するアプリケーションの開発を行ってきた⁽⁴⁾。Kinect センサーは、2種類のカメラとマイクを使って物体までの距離、人物の骨格情報、音声情報などを認識できるという特徴を持つ。このような、ICT 技術を活用することによって、よりアダプティブに児童生徒の教育的ニーズへの対応が可能なアプリケーションを開発することができると考えられる。

本稿では、これまでに開発が進められてきた肢体不自由者向け自立活動支援アプリケーションをもとに、特別支援学校の教諭や介護職員、児童生徒からのフィードバックを元に行ってきた検討と改良内容について述べる。

2. 昨年度までの開発状況

2.1 アプリケーションの概要

昨年度までに開発されたアプリケーション⁽⁴⁾は Kinect V2 (Kinect for Windows V2) から得られた骨

格情報を利用し、児童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である。また、ゲームを通じて腕の可動範囲の記録を行い、児童生徒の活動状況が分かるようになっている。

2.2 ゲームを行う流れ



図 1 メニュー画面

図 1 にはメニュー画面を示す。この画面ではプレイヤー、ゲームの種類、ターゲットまでの移動回数、ゲームを行う手、BGMの有無を設定して「ゲームスタート」ボタンを押すことでゲームを行う前の画面に移動する。

ゲームを行う前の画面では、選択したゲームに対応したテキスト、画像が画面に表示され、「ゲームへ」ボタンを押すことで図 2 のようなゲーム画面へと移動する。これによって次に行うゲームがどのようなゲームかを児童生徒に暗示している。ゲームモードは「もぐらたたき」、「虫取り」、「フルーツキャッチ」、「テニス」、「ふきふきぞうきん」の 5 種類を用意している。ここでは「もぐらたたき」を例として説明を行う。



図 2 ゲーム画面:もぐらたたき

ゲーム画面では、手の近くに表示されたハンマーの画像をもぐらの画像まで移動させると、成功を示す別のもぐらの画像を表示する。ターゲットであるもぐらの画像は画面上部から少しずつプレイヤーへと近づいていく。残りターゲット数が 0 になるとゲームクリアとなる。また、ゲーム中の腕の可動範囲は記録をとつ

ており、後でグラフやイラストで活動状況を確認することができる。

2.3 ゲームに使用する画像や音声の編集

ゲームに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、ゲームの変更状況を保存し、児童生徒に合わせた組合せを適用することができる。例として図 3 に画像を編集する画面について示す。



図 3 画像編集画面

3. アプリケーションの開発概要

3.1 改良点の検討

昨年度までに開発された Kinect V2 センサーを用いたアプリケーションについて、特別支援学校で得られたフィードバックから、

- (1) アプリケーションの UI 変更
- (2) 補助具や利用状況による認識精度の向上

が主な課題として挙げられた。以下にこれらを踏まえた開発状況を示す。

3.2 UI と機能の改良

フィードバックから「文字の見やすさ」、「アプリケーション機能の分かりやすさ」の改良が必要であることが分かった。そこで、より利用者の見やすさの向上を考え、アプリケーションのコントロール（ボタンやリストなど）や文字のリサイズを行った。さらに、視力の低い児童生徒のことを考え、文字については書体をボード体に変更し、文字を太く表示するようにした。また、画像や音声を編集する機能についても UI の変更を行った。UI の改良例として新しい画像編集画面について図 5 に示す。

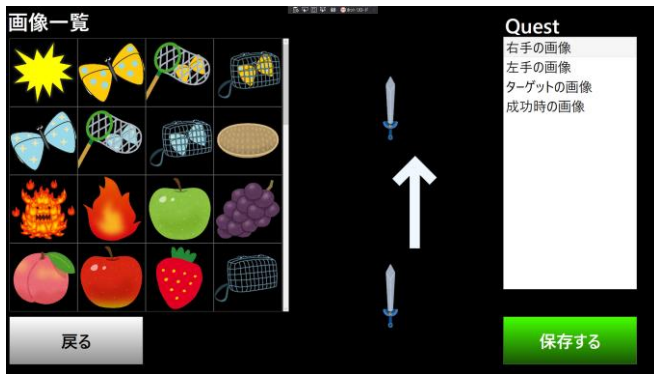


図 4 新しい画像編集画面

また、実際の場合ではアプリケーションを利用する児童生徒の変動が想定されるためプレイヤーを削除する機能追加した。それに伴いプレイヤー名に使用できる文字を半角のみから半角、全角両方に対応するように変更した。これら UI や機能の改良について肯定的な評価だった。

3.3 Azure Kinect についての検討と導入

先述した骨格認識による課題は、Kinect V2 による骨格認識は全身が写っていない場合に認識精度が低下するという点が要因であると考え、新しく発表された Azure Kinect (Kinect for Azure DK) の導入を検討した。Azure Kinect と Kinect V2 の性能比較について表 1 に示す⁵⁾。色情報、深度情報の解像度の向上と、筐体のサイズ、重量が半減し、コンパクトになっていることが分かる。

表 1 Azure Kinect と Kinect V2 の性能比較

	Azure Kinect	Kinect V2
RGB (解像度)	3840×2160px 4096×3072px	1920×1080px
深度/IR (解像度)	640×576px 1024×1024px	512×424px
筐体 (重量/サイズ)	440g	970g
	103×39×126mm	249×66×67mm

新たに Azure Kinect を利用した検証用ゲームを作成し、確認を行った。Kinect V2 を利用した場合と比較して、ゲームを行う環境の影響を受けにくく、人物を認識するまでの時間が短い、対象人物の特定が正確であるといった性能の向上が見られた。

4. おわりに

以前までに開発が進められている Kinect センサーを利用した肢体不自由者向け自立活動支援アプリケーションの改良を行った。特別支援学校での試用から、実装した UI や機能の改良について多くの肯定的な意見を得ることができた。また、Azure Kinect の導入によって人物を認識するまでの速度や骨格認識の安定性について性能の向上を確認し、アプリケーションの改良を行うことができた。

今後は特別支援学校でのフィードバックから、さらなる改良を行っていく。

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ならびに東京都八王子東特別支援学校の教員・介護職員、児童、生徒の皆様に感謝の意を表します。本研究は JSPS 研究費 18K02947 の助成を受けたものです。

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項・学習指導要項解説総則編(幼稚園・小学部・中学部)”, 文部科学省 (online)https://www.mext.go.jp/content/20200407-mxt_tokubetu01-100002983_02.pdf, pp.135-136 (参照 2021 年 2 月 3 日)
- (3) ジアース新教育新社, 特別支援教育におけるアシスティブ・テクノロジー活用ケースブック, ジアース新教育新社, 2012.4, p.6
- (4) 中田青葉, 春日源太郎, 吉本定伸, 谷本式慶: “肢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, vol.34 no.5, pp.65-67 (2020)
- (5) 千葉慎二. “Azure Kinect DK 徹底解説～進化したテクノロジーとその実装～”, de:cord2019, CM04, (online)https://eventmarketing.blob.core.windows.net/decode2019-aafter/decode19_PDF_CM04.pdf (参照 2021 年 2 月 3 日)

発達障害のある子どもへのプログラミング教育の提案

～算数の文章題解決につなげるために～

坂口夢羽斗^{*1}, 真嶋由貴恵^{*2}, 榎田聖子^{*2}

^{*1} 大阪府立大学 現代システム科学域

^{*2} 大阪府立大学大学院 人間社会システム科学研究科

Proposal for Programming Education to Support the Solution of Math Word Problems for Children with Developmental Disabilities

Muuto Sakaguchi^{*1}, Yukie Majima^{*2}, Seiko Masuda^{*2}

^{*1} College of Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture University

^{*2} Graduate School of Humanities and Sustainable System Sciences,
Osaka Prefecture University

近年、発達障害と診断される児童生徒の数は増加傾向にある。発達障害をもつ児童生徒の学習の課題として、算数の文章題など包括的な視野を必要とする複数ステップの問題を苦手とすることが挙げられる。そこで、2020年度から小学校で必修化されたプログラミングが、算数の文章題解決のステップと類似している点に着目した。本研究では、発達障害をもつ児童生徒6名を対象に、算数の文章題解決につなげることを目的に、各個人向けに設計したプログラミング教室を実施し、その有効性を検証する。

キーワード: 発達障害, プログラミング教育, ロボット, ビジュアルプログラミング, 算数文章題

1. 背景

近年、発達障害と診断される児童生徒の数は増加傾向にある。平成24年度の文部科学省の調査によると、全国の公立小中学校の通常学級に在籍する児童生徒のうち、発達障害の可能性のあるものは6.5%であった⁽¹⁾。発達障害をもつ児童生徒は、論理的思考に基づく「文章をイメージ化できない」、「文章のつながりを理解できない」といった理由で、算数の文章題を苦手とする傾向がある⁽²⁾。

また、2020年度から小学校でプログラミング教育が必修化された。プログラミング教育は、プログラミング的思考を身につけ、他教科の学びを確実にすることをねらいとしている⁽³⁾。そこで、算数の文章題解決を支援する方法として、論理的思考を育むプログラミング教育が有効ではないかと考えた。

2. 目的

本研究では、発達障害をもつ児童生徒の算数の文章題解決につながるようなプログラミング教育の手法を提案することを目的とする。本稿では、プログラミング教育で使用するロボットに対する反応についても考察することとする。

3. 実験

3.1 実験対象者

本実験は、大阪市内のある放課後等デイサービス事業所を利用する小中学生6名を対象に、事業所協力のもと、本人と保護者の同意を得て実施した。なお、本研究は筆頭研究者が在籍する大阪府立大学の研究倫理委員会の承認を得て実施した。

3.2 使用機器

本実験では、プログラミング教材として SHARP 社の RoBoHoN（以下「ロボホン」、図 1）を選択した。その理由は、小型で親しみやすいコミュニケーションロボットであり、学習者の興味を惹くことができるからである。またロボホン専用のプログラミング Web アプリケーション「ロブリック（図 2）」が提供されている。そのためリアルタイムで操作することができ、視覚的にプログラムを捉えながら学習することができるので、発達障害のある児童生徒のプログラミング教育用に最適であると考えられるからである。



図 1 ロボホン



図 2 ロブリック操作画面

3.3 実験手順

本実験はプログラミングを学ぶためのプログラミング教室を開催する。評価はプログラミング教室時の文章題 A、算数クイズ時の文章題 B への解答とプログラミング教室終了後のアンケート調査で行う（図 3）。



図 3 実験手順

3.3.1 プログラミング教室

所要時間は 30 分から 1 時間とした。児童生徒一人に対して指導員一人で実施し、その様子を観察、記録した。

全体的な流れ（図 4）として、発達障害のある児童生徒の「自分で決めたことに対しては熱心に取り組むことが多い」という特徴に着目し、2 つの学習手順から自ら選べるよう設計した。一般に、発達障害のある児童生徒に対する教育では、本人が希望する順番で一つずつタスクをクリアしていくという手法がとられることが多い。そこで本実験では、図 4 の②「プログラミング教室の目標設定」終了後、被験者に「ロボットを動かしたいか、ロボットと話したいか」を尋ねた。「ロボットを動かしたい」と答えた被験者は、先に③「ロボットと迷路」を実施し、「ロボットと話したい」と答えた被験者は、先に④「ロボットとクイズ」を実施した。以下、各内容について説明する。

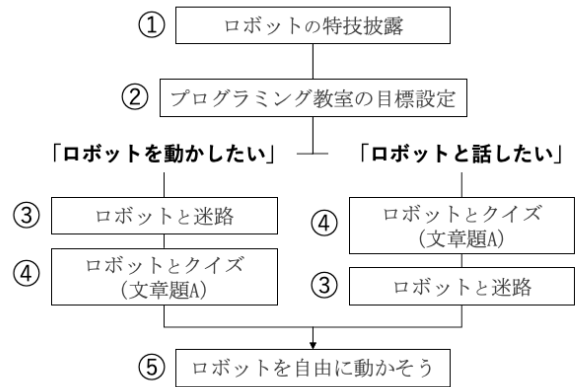


図 4 プログラミング教室の流れ

①「ロボットの特技披露」では、ロボホンに搭載されている“逆立ち”や“ダンス”といった動きを披露することで、学習者の興味を惹くことを目的とした。

②「プログラミング教室の目標設定」では、“ロボットと一緒にプログラミングを学ぼう”という目標を立て、それを提示した。発達障害をもつ児童生徒は、特に、先が見えない物事に対して不安を感じやすいという特徴があるので、目標を明確化することとした。

③「ロボットと迷路」では、図 5 に示すボード上で、ロボホンがスタートからゴールまで動くようにするプログラムを学習者が組み立てる。

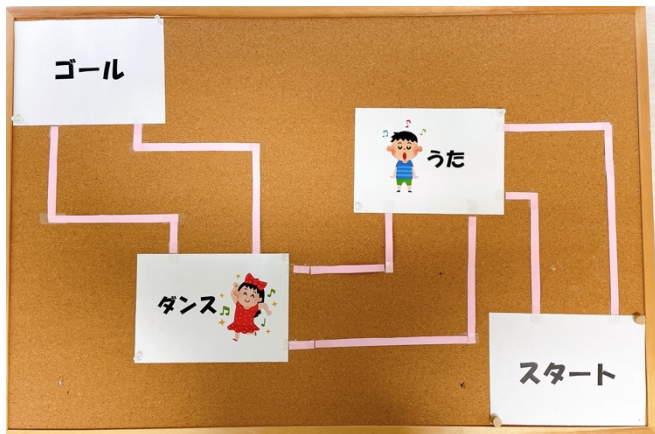


図5 実験で使した「迷路」

④「ロボットとクイズ (文章題 A)」では、ロボホンと対話形式で学習する。このパートではロボホンがモジュールステップで算数の文章題を出題する。この算数の文章題は各被験者の学習レベルに合わせて作成した。

⑤「ロボットを自由に動かそう」では、プログラミング教室の最後のパートとして、学習者が自由にプログラムを組むことができるようにし、学習したことを踏まえプログラミングの練習をする機会として設定した。実際のプログラミング教室の様子を図6に示す。



図6 プログラミング教室開始時の様子

3.3.2 算数クイズ

算数クイズは、プログラミング教室の「ロボットとクイズ」で取り組んだ、各被験者に合わせて作成した文章題 A の類題 B を出題した。出題形式は、図7に示すように従来の学習形式である紙媒体で出題した。

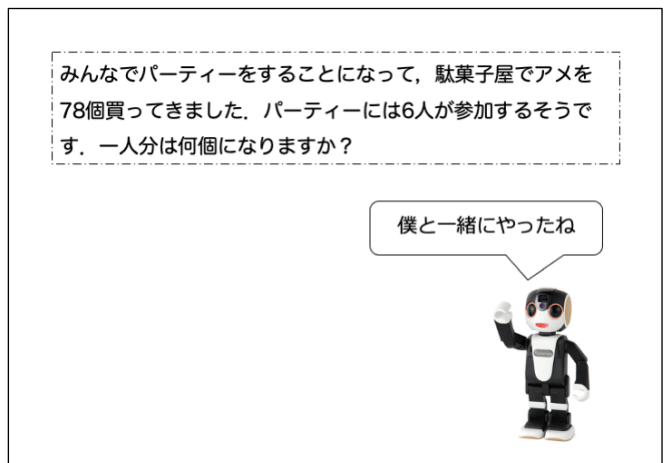


図7 算数クイズ (文章題 B) の例 (被験者 ID 3)

3.3.3 アンケート

プログラミング教室終了後、アンケートを実施した。プログラミングへの興味、ロボットの印象等に関する表1に示す8つの質問項目について、4段階 (1:あてはまらない~4:よくあてはまる) のリッカート尺度を用いた。さらに、プログラミング教室の感想と改善点について自由記述で尋ねた。

表1 アンケート項目

番号	質問内容
1	ロボホンとの勉強は楽しかったですか？
2	ロボホンの話はわかりやすかったですか？
3	ロボホンをうまく動かすことができましたか？
4	これからもロボホンと話したいですか？
5	プログラミングは楽しかったですか？
6	これからもプログラミングをやりたいですか？
7	いつもの勉強と比べて楽しかったですか？
8	算数の勉強になったと思いますか？

4. 結果

4.1 文章題 A, B の正誤比較

被験者6名のロボホンに対する反応 (動かすことを好むか、話すことを好むか) とプログラミング教室の③「ロボットとクイズ」時の文章題 A と算数クイズにおける文章題 B の正誤を、以下の表2に示す。ロボットに対する反応は、プログラミング教室で「ロボットとクイズ」か「ロボットと迷路」のどちらを先に実施

したかで判断した。

以下の結果から、{ID1, ID2}, {ID3, ID4}, {ID5, ID6}の3パターンに分類することができた。これらを以下、{タイプA}, {タイプB}, {タイプC}とする。

表2 ロボホンに対する反応と文章題の正誤

タイプ	被験者 ID	反応	文章題の正誤	
			文章題 A	文章題 B
A	1	動かす	○	○
	2	動かす	○	○
B	3	動かす	×	○
	4	動かす	×	○
C	5	話す	○	×
	6	話す	○	×

4.2 アンケート

まず、アンケート項目ごとの全被験者の平均値（小数点以下第2位を四捨五入）を図8に示す。最後の「算数の勉強になったと思いますか?」という項目では、平均値が2.5と他の項目と比べて低かった。

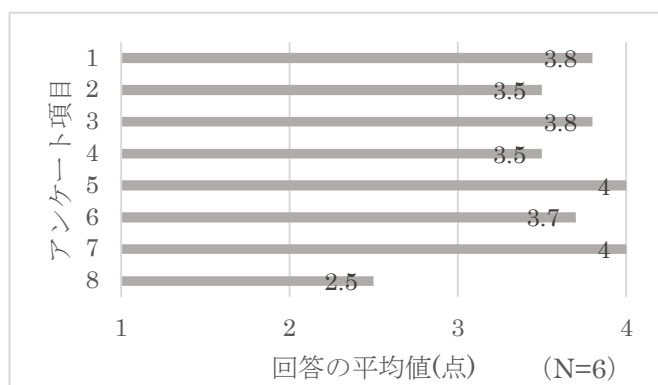


図8 各アンケート項目の平均値

各被験者の回答結果を表3に示す。

また、被験者ごとの全アンケート項目の平均値（小数点以下第2位を四捨五入）を図9に示す。平均値は、タイプAが最も高く、続いてタイプC、タイプBという順になった。

プログラミング教室の感想では、「楽しかった」、「面白かった」など好意的な意見が多かった。また、改善点としては、「ロボホンどうしを競争させてみたい」という意見のほか、「もっと早く走ってほしい」、「何かものを持たせたかった」といった意見もあった。

表3 各被験者のアンケート結果

タイプ	被験者 ID	アンケート項目							
		1	2	3	4	5	6	7	8
A	1	4	4	4	4	4	4	4	4
	2	4	4	4	4	4	4	4	4
B	3	4	2	4	2	4	3	4	1
	4	3	3	4	3	4	3	4	1
C	5	4	4	3	4	4	4	4	3
	6	4	4	4	4	4	4	4	2

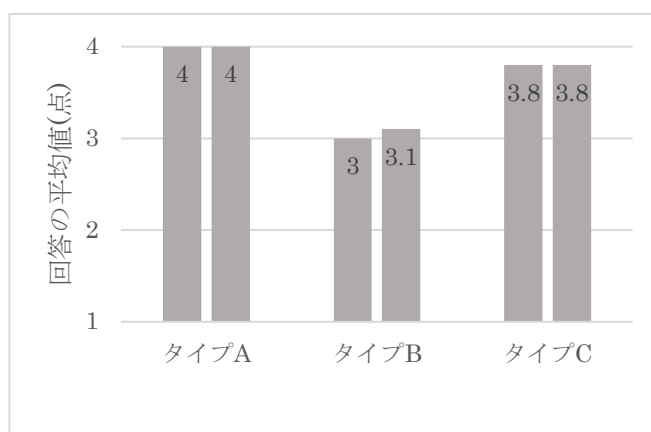


図9 各被験者の平均値

4.3 観察記録

実験開始時はロボホンに対して緊張していた被験者や興味を持っていた被験者など、さまざまであったが、全員が最後までプログラミング教室に取り組むことができた。また、プログラミング教室の最後のプログラムである⑤「ロボットを自由に動かそう」のパートでは、特にタスクを設定していたわけではなかったが、全員が自らロボホンを動かしたり、ロボホンと話をしたりしていた。

また、指導員の主観による、各被験者が「ロボホンを動かすことを好む」か「ロボホンと話すことを好む」かの判別と、「4.1 文章題A, Bの正誤比較」で示したロボホンに対する反応はいずれも一致した。

5. 考察

アンケート結果とプログラミング教室の観察記録より、被験者全員が楽しく意欲的に、そして最後まで学習に取り組むことができていたことがわかった。これ

より、一般的に学習を長時間続けることが困難とされる発達障害をもつ児童生徒の学習として、ロボットを用いたプログラミング学習が有効であることが示唆された。

また、ロボホンに対する反応と文章題の正誤の結果より以下の3つのタイプに分類することができた。アンケート結果についても、タイプごとに特徴が分かれる結果となった。

5.1 タイプA

タイプAは、ロボホンを「動かす」ことを好み、プログラミング教室時（文章題A）と算数クイズ（文章題B）両方において、文章題に正解した群である。この2名のアンケート結果はすべて最大値の4であった。このような結果になった理由として、この2名は、実験開始前からプログラミング的思考を身につけていたことが考えられる。

5.2 タイプB

タイプBは、ロボホンを「動かす」ことを好み、プログラミング教室時の文章題（文章題A）は不正解であったが、その後の算数クイズ（文章題B）は正解であった群である。この2名のアンケートの平均値は、タイプA、タイプCに比べて最も低かった。また、「算数の勉強になったと思いますか？」という項目において、2名とも最低点である1を回答していた。このような結果になった理由として、この2名は、対人コミュニケーションに困難があり、それによってロボホンとの対話にも苦手意識を覚え、紙媒体の問題が適していたことが考えられる。

5.3 タイプC

タイプCは、ロボホンと「話す」ことを好み、プログラミング教室時の文章題（文章題A）は正解であったが、その後の算数クイズ（文章題B）は不正解であった群である。この2名は、プログラミングをすることよりも、ロボホンと話をしたり、ロボホンの特技を見たりすることを好んでいた。プログラミング教室時の文章題には正解していたにもかかわらず、算数クイズにおける文章題には正解することができなかつた理由として、この2名は、論理的思考をすることが困難

であることが考えられる。そのため、ロボホンが対話形式で文章題を出題し、スモールステップで文章題に取り組むことが有効であったと考えられる。

6. おわりに

本研究では、プログラミング的思考と算数の文章題解決には関連があることが示唆された。また、ロボットを使用したプログラミング教育が発達障害のある児童生徒の学習を支援する方法として有効であることも示唆された。

今後は、ロボホンだけでなく異なるエージェント間の比較や学習手順の再構築などにより、発達障害のある子どもへのより有効的な学習手法について検討していくこととする。

謝辞

本実験にご協力いただきました、被験者と保護者の皆様、そして事業所の職員の皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

- (1) 文部科学省：“通常の学級に在籍する発達障害の可能性のある特別な教育支援を必要とする児童生徒に関する調査について”，
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/tokubetu/material/_icsFiles/afieldfile/2012/12/10/1328729_01.pdf
(2021年2月4日確認)
- (2) 宿野部惇平, 五十嵐靖夫：“発達障害児の算数文章題における困難についての現状と課題”，北海道教育大学紀要，教育科学編，69(2)：pp.123-134，(2019)
- (3) 文部科学省.“小学校プログラミング教育の手引き（第三版）”. 2020-02.
https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_002.pdf (2021年2月9日確認)

デンマークにおける若者へのチャットキャリアカウンセリング とカウンセラーの能力開発

森田 佐知子^{*1}

^{*1} 高知大学 学生総合支援センター

Chat Career Guidance for Young People and Practitioners' Training in Denmark

Sachiko Morita^{*1}

^{*1} Center for General Student Support, Kochi University

Due to the expansion of the COVID-19 pandemic, career guidance for young people in Japan had to be changed from face-to-face to online. Although there is a high need for chat career guidance from younger generation, it has been pointed out that there are some issues related to client assessment and skill development of career counselors. Therefore, this study aims to research the case of eGuidance in Denmark, which has been providing career guidance using ICT for youth since 2011 at the national level, for improving chat career guidance in Japan.

キーワード: チャット, キャリア支援, デンマーク, キャリアカウンセラー, 能力開発

1. はじめに

1.1 日本における ICT を活用したキャリア支援

新型コロナウイルスの感染拡大により, 日本の若者に対するキャリア支援は, それまでの対面での支援から電話, 電子メール, Web 会議システム, チャットなど ICT を活用した支援に変更することが余儀なくされた. 株式会社マイナビ (2020) の調査⁽¹⁾においても, 緊急事態宣言中の就職相談対応について, 「通常通り」と回答した大学はわずか 9.0%にとどまり, 「電話での対応」が 87.1%, 「メールでの対応」が 86.7%, 「WEB

での対応」が 77.6%となっている. では, それぞれの ICT ツールにはどのような特徴があるのだろうか.

日本学生相談学会 (2020) ⁽²⁾は, 「相談者とカウンセラーが別々の場所にいる状況で, 何らかのコミュニケーションツールを用いて行われる相談活動」を「遠隔相談 (Distance Counseling)」とした上で, 遠隔相談の方法と特徴・対面との比較を, 言語情報, 非言語情報 (視覚的・聴覚的), 時間同期性の 3 つの観点から, 表 1 の通り整理している.

表1 遠隔相談の方法と特徴・対面との比較

相談の方法		言語情報	非言語情報		時間同期性
			視覚的	聴覚的	
対面	対面	○	○	○	○
非対面	電話	○	×	○	○
	ウェブ会議システム	映像表示	○	○	○
		映像非表示	○	×	○
	メール	○	×	×	×
チャット	○	×	×	○	

出典: 日本学生相談学会 (2020)

日本学生相談学会（2020）⁽²⁾は、我が国の学生相談では、電話相談、メール相談、ウェブ会議システムによる相談が中心的に使われていると述べているが、一方で、個別の研究事例を見ると、若者は「テキストのやり取り」によるカウンセリング、特にチャットによるカウンセリングを好むとする先行研究も多い。例えば、富田・林（2018）⁽³⁾は、電子メールによるカウンセリングと対比したうえでのチャットによるカウンセリングの有益さ（チャットによるカウンセリングであれば、カウンセラーとクライアントが少なくとも“時間”（“いま”）を共有しているという点が有利である）を指摘した。また、チャットであれば、クライアントの微妙な感情の変化をその都度確認し、支援を行うことができることと述べ、チャットによるカウンセリングの可能性を示している。また、中川・杉原（2019）⁽⁴⁾は、京都大学カウンセリングルームにおける2年間の運用実績を踏まえ、多くの学生利用者は、ビデオ通話、音声通話、テキストのやり取り（チャット相談）のうち、テキストによるやり取り（チャット相談）による相談を選択した、と述べており、学生のニーズの高さをうかがえる結果となっている。若者たちのコミュニケーションに関する先行研究においても、近年の若者たちのコミュニケーションのほとんどは SNS によるやり取りである⁽⁵⁾と指摘されており、SNS の中でも LINE に代表されるメッセージングアプリによる「テキストのやり取り」を通じたコミュニケーション、いわゆるチャットによるコミュニケーションを好むという指摘は多い⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

1.2 チャットによるキャリアカウンセリングの課題と本研究の目的

では「テキストのやり取り」によるカウンセリングには、どのような課題があるのだろうか。表1を見ると、ウェブ会議システムで互いの映像を表示して行うカウンセリングの場合は、言語情報、非言語情報（視覚的・聴覚的）、時間同期性すべてにおいて対面のカウンセリングと変わらないが、一方で、たとえばメールによるカウンセリングの場合は言語情報しか得られない、チャットによるカウンセリングにおいても言語情報と時間同期性しか得られないなど、ICT、なかでも「テキストのやり取り」によるカウンセリングはカウ

ンセラーが得られる情報が少なく、対面でのカウンセリングとは異なる手法が必要になることが推測される。

この「テキストのやり取り」によるカウンセリングの特徴に依拠する課題は、個別事例の中でも指摘されている。例えば中川（2002）⁽⁸⁾は、電子メールによるカウンセリングについて、受け取る側は活字になってしまった文章だけでクライアントの様子をできる限り想像しなければならないため、サービスを提供する前に行うべきクライアントのアセスメントが難しいことを課題の一つとしてあげている。富田・林（2018）⁽³⁾は、メールは情報量に乏しいため、メールのやり取りだけでクライアントの抱える問題や人物像について正確に見立ててゆくことが難しく、クライアントの反応に合わせた細やかな介入は対面相談に比べてはるかに難しくなる、と指摘しており、「テキストのやり取り」によるカウンセリングは、少ない情報量でクライアントのアセスメント（クライアントの様子を探り、クライアントの抱える問題や人物像を正確に見立てていくこと）を行うこと、が大きな課題あることが分かる。上記2つの先行研究は電子メールの事例であるが、チャットを活用したキャリアカウンセリングにおいても、非言語情報が得られないという環境は電子メールと同じであるため、同様のことが課題となることが予測される。

また電子メールではなく、チャットカウンセリング独自の課題についてもいくつか指摘されている。例えば、小岩ほか（2018）⁽⁹⁾は、LINE を使った学生相談の課題として、「相談される」側のカウンセラーと担当職員が対応を十分に行えないという理由で導入に否定的であったことを指摘している。また、杉原・宮田（2019）⁽¹⁰⁾は、チャットによるカウンセリングは、得られる情報量が少ないという点に加え、動機づけの低い相談者が多くなりやすい、という課題を指摘している。杉原・宮田（2019）⁽¹⁰⁾によれば、チャットによるカウンセリングでは、「なんとなく相談」や「暇つぶし相談」も見られ、しばしば、最後まで何を相談したいのか不明確であったり、突然返信がなくなってしまうケースや、何かをしながらの「ながら相談」も見られるという。しかし利用者を中心に考えたとき、このように動機づけがあいまいな状態のクライアントにさえアクセスできているということはむしろメリットであると

杉原・宮田（2019）⁽¹⁰⁾はのべている。

これら先行研究をまとめると、チャットによるキャリアカウンセリングの課題として大きくは以下の2点にまとめることができるだろう。

1. キャリアカウンセリングサービスを提供する前に行うべきクライアントのアセスメント（クライアントの様子を探り、クライアントの抱える問題や人物像を正確に見立てていくこと）を、少ない情報量で行わなければならない。
2. 相談される側であるカウンセラーや担当者の能力開発の必要性

さて、本研究の対象地としたデンマークは、新型コロナウイルスの感染拡大以前より、ICTを活用した若者へのキャリア支援の仕組みを整備してきた国の一つである。デンマークは教育におけるICT活用の先進国の一つとあってよい。例えばOECD & 国立教育政策研究所（2016）⁽¹¹⁾の調査によると、学校におけるICT利用、学校でのインターネット利用時間、学校以外の場所における学校の勉強のためのICT利用、学校でインターネットにアクセスできる生徒の割合、と多くの主要指標において先進国の中で3位以内にランクインしている。また同調査において、社会的に恵まれない生徒であっても99%以上が家庭でコンピューターへアクセスできる、デジタルアクセスへの格差が極めて低い国としても位置付けられている。

こうした特徴は、若者に対するキャリア支援にも反映されている。デンマークでは2011年から、ナショナルレベルでICTを活用した若者へのキャリア支援（eGuidance、デンマーク語ではeVejledning）を開発、運用しており、中でもチャットを活用した若者へのキャリア支援については、独自のコミュニケーションモデルを開発するなどその取り組みが進んでいる。こうした先進事例を調査することは、今後の日本における若者へのチャットキャリアカウンセリングに有益な示唆をもたらすと考えられる。そこで本報告では、デンマーク eGuidance のチャットキャリアカウンセリングについて、とくに、先行研究にて課題とされた2点について、つまり、クライアントのアセスメントとカウンセラーや担当者の能力開発、という課題をどのように解決してきたのか、という点に着目して考察、報告することを目的としたい。

2. 方法

2.1 調査方法

本研究は大きく2つのフェーズに分けて実施した。1つ目は、EUにおけるライフロングガイダンス政策と本研究との関連性を整理するため、ELGPN（European Lifelong Guidance Policy Network）やEuroguidance Networkが発行している報告書、そして、欧米を中心とした研究者によるICTを活用したキャリア支援に関する文献を調査した。次に、文献調査にて明らかにならなかった事柄について、2016年と2019年に、デンマーク及びフィンランドにて現地調査を行った。

2.2 調査の日時、対象

現地調査における調査対象は下記のとおりである。

まず、2016年度の調査は2016年11月15日（火）に実施した。調査内容は、University College Copenhagen（以下、「UCC」と略）のキャリアカウンセラー養成コースで教鞭をとる専門家1名と、eGuidanceを管轄する省庁であるMinistry of Children, Education and Gender Equality（以下、「教育省」と略）に所属する2名の専門家への聞き取り調査を行いキャリアカウンセラー養成制度におけるICT教育と、eGuidanceの設立背景や利用状況等を詳しく調べた。3名の専門家の氏名と聞き取り調査当時の所属・役職を表2に示す。

2019年度の調査は2019年8月12日（月）～2019年8月16日（金）に実施した。2019年度の調査では、この期間に開催されたキャリアカウンセラーを対象とした国際研修への参加と、本研修の講師の一人で、デンマーク eGuidance の代表的立場にあるAnette Jochumsen氏（The Danish Ministry of Education）

表2 2016年度の調査対象者

専門家氏名	調査当時の所属と役職
Inger-Lise Petersen 氏	Associate Professor, University College Copenhagen
Dorit Priisholm Andersen 氏	Editor, Ministry of Children, Education and Gender Equality
Tine Mette Kronborg 氏	Coordinator for Guidance and Counselling, Ministry of Children, Education and Gender Equality

への聞き取り調査を行った。

聞き取り調査にあたっては、すべての専門家に対して、事前に、本研究の目的や質問したい事柄についてメールにて説明を行った。聞き取り調査当日は、調査対象者の了承を得て記録のために音声を録音した。また調査対象者から提供された資料のほかに、気づいた点などをフィールドノートに記入した。すべての調査対象者は、聞き取り調査の結果が学会発表や論文として公表されることを承諾した。

3. 調査結果

3.1 キャリアカウンセラーの養成制度

2016年のInger-Lise Petersen氏への聞き取り調査から明らかになったデンマークのキャリアカウンセラー養成制度の概要を述べる。

日本では、キャリアカウンセラーの養成は民間の教育機関によって行われているが、デンマークではUCCを含むいくつかの大学で1年間の継続教育(60ECTS)として実施されている。このコースへの入学には原則として関連する学士レベルの教育と2年間の関連した分野での実務経験が必要である。

2016年のUCCのコースには10のモジュール(日本の大学の1科目に相当)が設定されているが、その中の一つに「ガイダンスとデジタルメディア」というモジュール(5ECTS)が用意されている。キャリア支援やキャリアカウンセリングにおいてICTを使用するスキルと能力は二次的なものと見なされることが多く、初期および継続教育では十分に発達していない⁽¹²⁾とされている中で、デンマークにおいては正式な養成コースのモジュールの一つとして組み込まれている点は注目に値する。

eGuidanceに携わるカウンセラーの能力開発については、3.4でも言及する。

3.2 eGuidance創設の政策的背景

次に、教育省の専門家に、eGuidance創設の経緯を質問した。聞き取り調査から得られたeGuidance設立に至る主な出来事を表3に示す。

Tine Mette Kronborg氏によると、この一連の改革により、デンマークでは、分散していたキャリア支援

表3 eGuidance設立に至る経緯

年号	内容
2004年	<ul style="list-style-type: none"> デンマーク議会による「ガイダンス法」の施行 ナショナルポータルサイトUG(デンマーク語でUddannelseguiden UG.dk)の開設
2010年	<ul style="list-style-type: none"> デンマーク議会による、若者の少なくとも95%が後期中等教育レベル(合計12年間)の教育を受けている状況にする、という決定 eGuidanceの設立
2011年	<ul style="list-style-type: none"> eGuidanceの運用開始

のリソースを集約し、若者とその両親への支援に注力するようになったとのことであった。その背景には、若者のドロップアウト率の高さもあったようである。

ここで、eGuidance創設のきっかけとなったデンマークにおける「ガイダンス法」について整理する。Plant & Thomsen(2012)⁽¹³⁾によると、デンマークの若者のための教育・職業指導に関する包括的な改革法案が2003年に可決された。これは「Act on Guidance in Relation to Choice of Education, Training and Career」と呼ばれている。本改革によりデンマークにおけるキャリア支援は、北欧の伝統的なモデルであった「教師ベースモデル(教師が、教師としての立場を維持しつつキャリア支援を行うというモデル)⁽¹⁴⁾」から、各地域に45か所設置された若年者教育ガイダンスセンターUngdomens Uddannelsesvejledning Centre(英語訳ではYouth Guidance Centre:主に義務教育から青年期教育への移行を支援する)と、全国に7か所設けられた研究選択センターStudievalg(英語訳ではRegional Guidance Centre:主に青年期教育から高等教育学校への移行を扱う)⁽¹⁵⁾に集約される形式に変わったことである。またこの法律では、教育省がすべての教育段階における教育と職業訓練等に関する情報を提供することが定められており、この一環として開発されたのがwww.ug.dkとして知られるWebベースのナショナルポータルサイトである。本ポータルサイトは一般的にUG(デンマーク語でUddannelseguiden UG.dk,以下「GU」と略)と呼ばれ、初期の段階では、UGは教育と雇用機会に関する情報を備えた「静かな」図書館のようなサイトであっ

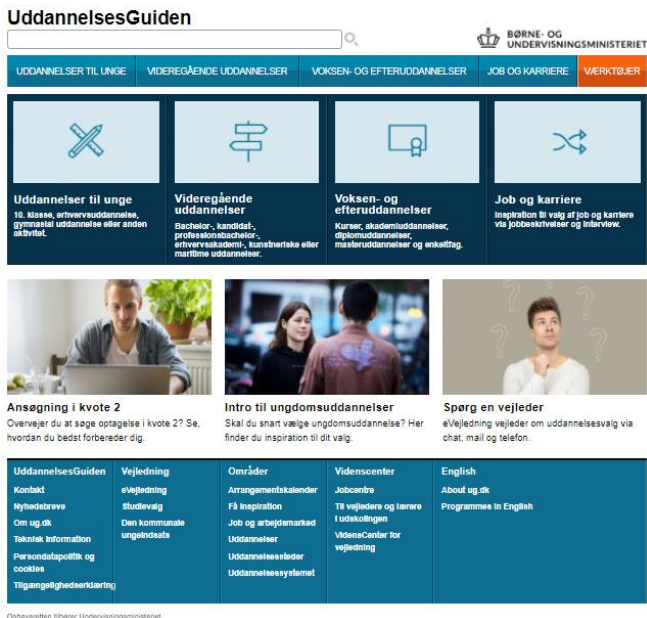


図 1 www.ug.dk トップページ

た(16)。

こうしたデンマークの動きはデンマークだけのものではなく、生涯学習に関する EU の覚書(17)の影響が大きい。本覚書の 6 つあるテーマのうち、UG は 5 に示された「ガイダンスとカウンセリングを再考する：誰もがヨーロッパ全体において、および生涯を通じて、学習機会に関する質の高い情報とアドバイスに簡単にアクセスできるようにする」に特に関連すると考えられる。

3.3 eGuidance の利用状況と運用体制

2010 年より、この GU の中に、eGuidance（デンマーク語では eVejledning）と呼ばれる様々な e チャンネルを介した個人的なキャリアカウンセリングを可能とする電子プラットフォームが設立され、チャット、電話、電子メールなどを通じたデジタルベースのキャリアガイダンスが提供されるようになった。eGuidance のトップページを図 2 に示す。

ここで、調査対象者から提供された資料をもとに、eGuidance の利用状況を見ていく。まず 1 年間のコンタクト数は、2015 年度の実績は 108,000 コンタクト、2019 年の資料では毎年およそ 100,000 コンタクトと記載されていることより、ここ数年、毎年 10 万コンタクトで落ち着いていることがわかる。デンマークの人口がおよそ 580 万人であることを考慮すると、非常に多くの人がこのサービスを利用していることが分かる。利用者が使用したツールについては、2015 年度は、チ

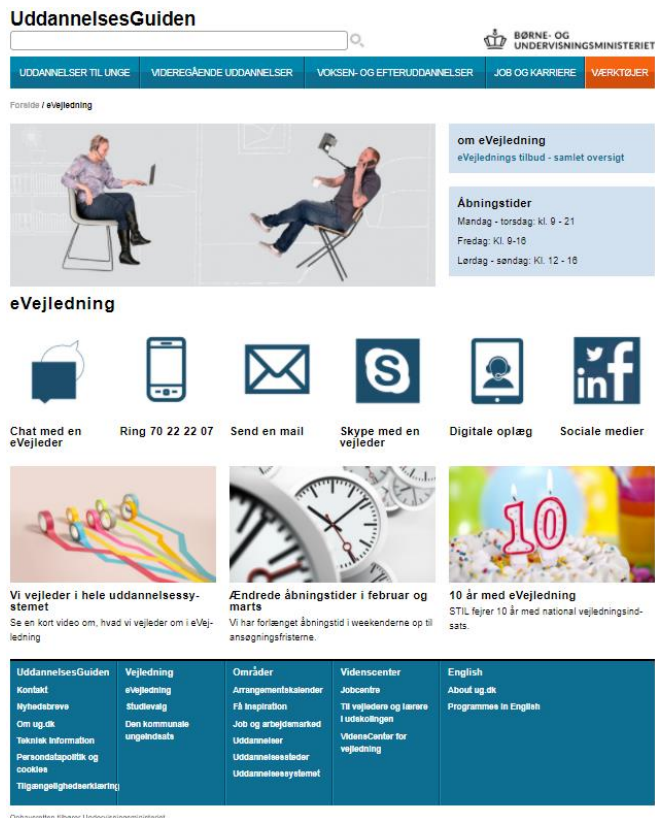


図 2 eGuidance トップページ

ャットが 44%、電話 35%、電子メールが 19%、ウェビナーが 2%となっている。一方で 2019 年度の資料によると、チャットは変わらずの 43%であるが、電話が 44%と増加している。電子メールは 13%とその割合が低下している。また利用者の性別は、2015 年度、2019 年提供資料共に、女性が約 6 割、男性が約 4 割となっており、女性の利用がやや多いことがわかる。2019 年度の資料には記載がないが、2015 年度における利用者の年代は、34%が成人、33%が 17 歳以上の若者、24%が 16 歳以下の若者、5%が保護者となっており、利用者の過半数が若者となっている。

eGuidance における利用者数はここ数年 10 万コンタクトで一定している一方で、対応するカウンセラーの数は大きく変化している。2015 年の実績では 42 名のキャリアカウンセラー（フルタイム 14 名、パートタイム 28 名）が配置されているが、2019 年の資料では 29 名の配置（フルタイム 15 名、パートタイム 14 名）となっており、パートタイムのカウンセラーの数が大きく減少している。（利用可能時間は 2015 年、2019 年いずれも同じである）

3.4 チャットによるキャリアカウンセリングの可能

性と 4C モデル

Jochumsen & Hein (2018) ⁽¹⁸⁾が実施したサーベイ調査によると、eGuidance がこれほど普及したのは、幅広いデジタルメディア（利用者に良く知られているメディア）を介したキャリアガイダンス、キャリアカウンセリングへの即時アクセス、そして利用可の時間の延長に起因している、とある。さらに、この eGuidance において、特に人気があるのは、チャットサービスを通じた個人・集団キャリアガイダンス・カウンセリングであるという。2016 年及び 2019 年に実施した聞き取り調査では、若者が特にチャットを好む傾向があるとのことであり、この点については日本と同じ傾向であった。

それでは、eGuidance におけるチャットを使用したキャリアカウンセリングにおいては、どのような理論やモデルが使用されているのであろうか。またそうした理論やモデルは、少ない情報からクライアントのアセスメントを行うというチャットキャリアカウンセリングの課題をどのように解決しているのであろうか。

このことについて 2016 年の調査にて、eGuidance におけるチャットキャリアカウンセリングでは、「4C モデル」という独自のコミュニケーションモデルが開発されていることが明らかとなった。

2019 年度の調査で Anette Jochumsen 氏より提供された 4C モデル図（デンマーク語では 4K モデル）を図 3 に示す。



図 3 4C/4K モデル

次に、2016 年度と 2019 年度の聞き取り調査の結果から明らかとなった 4C モデルの詳細を示す。

まず 4C モデルにおいては、ICT を活用したキャリアカウンセリングは 4 つのフェーズを持つ。それぞれのフェーズは円の最も内側に書かれており、左上から時計回りに、①コンタクト、②コントラクト、③コミュニケーション、④コンクルージョン、となる。さらにこれら 4 つのフェーズそれぞれに、目標、カウンセラーの態度姿勢、使用できるツール、という 3 つの構成要素がある。提供された資料には、4 つのフェーズにおける 3 つの構成要素の内容が、上記モデルとともに詳しく記載されているが、ここでは簡単にその内容をまとめることとする。

まず第 1 フェーズである「コンタクト」の目標は、関係性の構築と、利用者であるクライアントがカウンセラーに連絡してきた理由を明らかにすることである。カウンセラーの態度姿勢としては、共感を示す・口頭でのミラーリング・目線の高さを合わせる・傾聴・リフレクションの時間をとる、の 5 つがあげられている。ツールボックスには、当該フェーズにおいてカウンセラーが利用しうる具体的な表現が、電話・チャット・電子メールという 3 つの ICT ツールに分けて具体的に記載されている。

第 1 フェーズでクライアントの主訴を確認した後、第 2 フェーズである「コントラクト」では、第 1 フェーズから一歩踏み込み、クライアントとカウンセラー相互の焦点を明らかにし、カウンセリングに期待することを明確にすることが目標とされている。このフェーズにおけるカウンセラーの態度姿勢は、クライアントの要望を要約する・eGuidance で対応すべき相談かどうかを検討する・問題を構造化し説明する・リフレクションの時間をとる、の 4 つとなっている。

今回聞き取りを行った専門家のうち実際に eGuidance のカウンセラーをしたことのある Tine Mette Kronborg 氏と Anette Jochumsen 氏は、チャットを通じたキャリアカウンセリングにおいては、このコントラクトのフェーズで、クライアントとカウンセラーが、カウンセリングが終了したときに期待される結果を共有することの重要性を指摘した。

Anette Jochumsen 氏によれば、第 3 フェーズの「コミュニケーション」が、いわゆるキャリアカウンセリ

ングのパートにあたる部分である。第3フェーズの目標は、クライアントとカウンセラーがともに、コントラクトのフェーズで確立された問い、課題に取り組むことであり、カウンセラーに求められる態度姿勢は、調査と挑戦・状況に応じてクライアントが知識を得られるよう情報を提供する・カウンセリング中に得られた結論をテキスト化していく・メタコミュニケーション・リフレクションの時間をとる、の5つがあげられている。

第4フェーズである「コンクルージョン」は、カウンセリングの結びの部分にあたり、冒頭にクライアントとカウンセラーとの間で設定した課題の解決に関する評価を行うこと、そしてカウンセリング終了後のクライアントの行動を促すこと、の2つが目標となっている。カウンセラーに求められる態度姿勢は、カウンセリングのプロセスを振り返る・クライアントに有効な結論を導き出す・リフレクションの時間をとる、の3つがあげられている。

Anette Jochumsen氏は、この4Cモデルは、Carl Rogers (1902-87)のPerson-centered approachとGerard Egan (1930-)のskilled helper modelの2つから大きな影響を受けていると述べた。Anette Jochumsen氏によれば、eGuidanceを開始した当初はカウンセラーも試行錯誤で業務を行っていたが、こうした独自のモデルを開発することが、彼らのカウンセリング力の向上にもつながっているということであった。

4. 考察と今後の課題

本節では、本研究の焦点とした2つの課題について、明らかになったことと、今後の課題をまとめる。

まず、少ない情報量の中で、いかにクライアントのアセスメント(クライアントの様子を探り、クライアントの抱える問題や人物像を正確に見立てていくこと)をおこなうのかという点については、4Cモデルにおける第1フェーズ「コンタクト」と第2フェーズである「コントラクト」が重要な役割を果たしていることが明らかとなった。特に「コントラクト」のフェーズでカウンセラーは、フェーズ1におけるクライアントの主訴を要約し、eGuidanceがその対応機関として適してい

るかどうかを判断する。また問題となっている事柄を構造化し、表現することで、クライアントと課題とゴールの共有を行う。こうしたプロセスを時間をかけて丁寧に行うことで、短いテキストでクライアントと双方向の情報交換を行い、クライアントを見立てていくことが可能となる。こうした手順は、日本における実践においても非常に参考になるものであると考えられる。また4つのフェーズすべてにリフレクションの時間を設けることで、クライアントとカウンセラーの両者が各フェーズの結果に納得感を持ち、進めていける構造にもなっている。この点もチャットカウンセリングにおける重要な技術であると考えられる。

2点目の、カウンセラーや担当者の能力開発については、まず、デンマークでは、キャリアカウンセラーの養成コースに、「ガイダンスとデジタルメディア」というモジュール(5ECTS)が用意されていることが明らかとなった。養成段階においてICTを使ったキャリアカウンセリングの基礎的知識を習得できることは、その後の実践においても大きなアドバンテージになると考えられる。さらにeGuidanceの現場においては、4Cモデルという独自のコミュニケーションモデルの開発と、それに沿ったカウンセリングの実践がカウンセラーの能力開発にも大変役立っているという回答を得ることができた。またAnette Jochumsen氏は、筆者も研究の一環として参加させていただいたキャリアカウンセラー向けの国際研修の講師の1人を務めており、5日間ある研修のうち1日をかけて、デンマークにおけるeGuidanceの取組とチャットを使ったキャリアカウンセリングに関する知識教授を行っている。筆者が参加した2019年度夏の研修では、ヨーロッパを中心に15か国から50名の専門家が参加した。こうした国際研修を通じて、eGuidanceで培ったノウハウの伝播に力を入れていることが明らかとなった。

本研究から明らかになった4Cモデルは数少ないチャットキャリアカウンセリングに特化したモデルであり、この10年にわたるデンマークでの実績を有している。こうした事例を学ぶことは、日本においてチャットによる若者へのキャリア支援を行う専門家にとっても示唆に富んだ内容であると考えられる。

今後の課題としては以下の点があげられる。まずキャリアカウンセラーの養成について、今回の調査で養

成段階においても ICT を使ったキャリア支援に関する教育が実施されていることは明らかになったが、そのモジュールの詳細については調査できなかった。この点については今後の課題として、他の北欧諸国との比較も踏まえて研究を続けたい。

また、eGuidance の実践については、2019 年度の調査時におけるキャリアカウンセラーの数が大きく減少している理由を明らかにしたい。少ないカウンセラーでも対応できるモデルや手法が新たに開発されているとすれば、それは日本の専門家にとっても大きな参考となりうる。

さらに、2004 年の「ガイダンス法」にて開設された 2 つの（対面式の）キャリア支援センターとの連携、eGuidance における組織内教育・研修や 4C モデルと元となった理論との関連についても今後の課題としたい。

謝辞

本研究における現地調査は、公益財団法人 北野生涯教育振興会、及び JSPS 科研費（19K02431）の助成を受けたものです。また本研究にご協力、ご助言くださった北欧の専門家の方々に、この場を借りて御礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 株式会社マイナビ: “マイナビ 2020 年度キャリア・就職支援への取り組み調査”
https://saponet.mynavi.jp/release/other/career/2020_university-1/ (2021 年 1 月 24 日確認)
- (2) 日本学生相談学会: “遠隔相談に関するガイドライン”
https://www.gakuseisodan.com/wp-content/uploads/2020/10/enkaku_soudan_guideline_ver01.pdf (2021 年 1 月 24 日確認)
- (3) 富田新, 林洋一: “電子メールを用いた学生相談システムの有効性と問題点について: アクション・リサーチによる検証”, いわき明星大学研究紀要 人文学・社会科学・情報学篇, 第 3 号, pp.3-16 (2018)
- (4) 中川純子, 杉原保史: “学生相談におけるオンラインカウンセリングの可能性: ビデオ通話・音声通話・テキストによる心理相談の試験的導入”, 京都大学学生総合支援センター紀要, 第 48 号, pp.19-32 (2019)
- (5) 木村晶子: “現代の若者たちの人間関係”, 人間生活学研究, 第 23 号, pp.1-12 (2016)
- (6) 森本祥一: “メッセージングアプリの機能がコミュニケーションにおいて果たす役割に関する一考察”, 専修大学情報科学研究所所報”, 第 86 号, pp.19-24 (2016)
- (7) 村上信夫: “スマホ利用によるコミュニケーションの変容(下) SNS は若者の感性を変えたのか”, 茨城大学人文社会科学部紀要 人文コミュニケーション学論集, 第 3 号, pp.51-70 (2018)

- (8) 中川純子: “学生相談における電子メール窓口の現状と課題”, 京都大学カウンセリングセンター紀要, 第 31 号, pp.53-64 (2002)
- (9) 小岩文香, 菅坂智仁, 中嶋茜, 野口遙斗, 折田明子: “大学における SNS を用いた学生相談の可能性”, 経営情報学会 全国研究発表大会要旨集, pp.257-260 (2018)
- (10) 杉原保史, 富田智基: “SNS カウンセリング・ハンドブック”, 誠信書房 (2019)
- (11) OECD, 国立教育政策研究所, “21 世紀の ICT 学習環境: 生徒・コンピュータ・学習を結び付ける”, 明石書店 (2016)
- (12) Kettunen, J., Lindberg, M., Nygaard, E., and Kárdal,: “Enhancing Career Practitioners’ Understanding and Use of ICT in Guidance and Counselling”, Career and Career Guidance in the Nordic Countries, pp.163-175 (2020)
- (13) Plant, P., and Thomsen, R.: “Career guidance in Denmark: Social control in a velvet glove”, Orientacion y Sociedad, 11, pp.1-17 (2012)
- (14) 森田佐知子: “スウェーデンにおける社会民主主義的キャリアガイダンスと学習社会一個人の生涯学習を促すキャリアガイダンスと専門家に求められる力”, 国際教育, Vol.26, pp.35-54 (2020)
- (15) 青木真理, 谷雅泰, 三浦浩喜: “デンマークのガイダンスシステムについて: 教育省でのインタビュー調査を中心に”, 福島大学総合教育研究センター紀要, Vol.7, pp.67-74 (2009)
- (16) Jochumsen, A.: “Online Self-Help for Young Danes”, Career and Career Guidance in the Nordic Countries, pp.281-292 (2020)
- (17) European Commission. “A memorandum on lifelong learning (Commission staff working paper)”, Commission of the European Communities (2000)
- (18) Jochumsen, A., and Hein, K.: “Digital career guidance and counselling for all age groups”, IAEVG Conference Proceedings 2018, 2, pp.72-75 (2018)
http://www.uuvf.dk/wp-content/uploads/2018/10/Papers2_IAEVG.pdf (2021 年 1 月 24 日確認)