

も く じ

■開催日時：2019年1月12日（土）10:00～16:05

於：コラッセふくしま（JR福島駅西口より徒歩3分）

■テーマ：「新技術と教育情報を活用した教育学習環境の設計／一般」

- 1) 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開発-----1
○春日源太郎（国立東京工業高等専門学校）、吉本定伸（国立東京工業高等専門学校）、
谷本式慶（東京都立八王子東特別支援学校）
- 2) タブレット PC を用いた肢体不自由者の入力操作測定用アプリケーション
—改良とコンテンツ開発—-----5
○原田優輝（国立東京工業高等専門学校）、吉本定伸（国立東京工業高等専門学校）、
金森克浩（日本福祉大学）、佐野将大（香川県立高松養護学校）
- 3) AR とスマートフォン HMD を用いた災害疑似体験システムとその予備実験 -----9
○光原弘幸，入江祐生，獅々堀正幹（徳島大学）
- 4) 小学校における防犯・防災・交通安全教育支援アプリケーションの UI 改良-----15
○中村大地，蛭沼拓視，Mikromah Amalia，吉本定伸（東京工業高等専門学校）
- 5) 小学校における防犯・防災・交通安全教育支援アプリケーション -利便性向上のための機能改良-----19
○蛭沼拓視，中村大地，Mikromah Amalia，吉本定伸（東京工業高等専門学校）
- 6) 子どもの動作からの関心推定に向けたセンシングシステムの開発-----23
○浅利恭美（玉川大学大学院），山田徹志（玉川大学），青柳燎（玉川大学），騰川裕太（玉川大学），
大森隆司（玉川大学）
- 7) 認知機能の評価及び維持・促進を目的とした Android アプリケーションの開発
—服薬支援の実装—-----27
○笠間直樹（国立東京工業高等専門学校），小久保奈緒美（国立精神・神経医療研究センター），
今藤陽菜（国立東京工業高等専門学校），吉本定伸（国立東京工業高等専門学校）
- 8) スマートフォンでの入力に配慮した反転学習用ランダム問題の開発-----31
○吉富賢太郎（大阪府立大学）

9) ブレンド型初修外国語授業における復習状況の視覚的な提示を可能とする スマートフォン学習教材の開発と試行-----	37
○児玉雅明, 今野裕太, 趙秀敏, 大河雄一, 三石大 (東北大学)	
10) ブレンド型初修外国語授業を対象とした探索的学習分析システムの開発-----	45
○今野裕太, 児玉雅明, 趙秀敏, 大河雄一, 三石大 (東北大学)	
11) カスタム機械学習モデルを用いた振り返り記述内容の分類とその活用方法の提案-----	53
○丸山浩平 (信州大学), 森本康彦 (東京学芸大学)	
12) 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-----	59
○仲林清 (千葉工業大学, 熊本大学), 森本容介 (放送大学), 池田満 (北陸先端科学技術大学院大学), 瀬田和久 (大阪府立大学), 田村恭久 (上智大学)	
13) リスクアセスメント情報を活用した判断基準共有のための模擬インシデント訓練システム-----	67
○宮崎凌大, 後藤田中, 米谷雄介, 小野滋己, 青木有香, 八重樫理人, 藤本憲市, 喜田弘司, 林敏浩, 今井慈郎, 最所圭三 (香川大学)	
14) 他者のヒヤリハット体験を用いた経験学習による登山者の主体的な学びの支援-----	75
○鳶田聡 (日本大学)	
15) 教授設計理論を包含した初学者向け学習設計支援手法-----	83
○根本淳子 (明治学院大学), 高橋暁子 (徳島大学), 竹岡篤永 (明石工業高等専門学校)	
16) 大学生の課題発見・解決策提案力向上を目的とした授業デザインの設計 ～認知症徘徊模擬訓練を通して～-----	85
○村嶋琴佳, 真嶋由貴恵, 榊田聖子 (大阪府立大学)	
17) 反転学習を導入した意思決型学習による公民としての資質・能力の育成-----	93
○河辺翔 (北海道大学大学院)	
18) プログラミングの思考型学習支援システムの開発-----	101
○大塚哲也, 布広永示, 岸本頼紀, 岡田大和 (東京情報大学)	
19) PPL システムにおける演習問題生成機能の開発-----	107
○佐藤亮哉, 布広永示, 岸本頼紀, 大城正典 (東京情報大学)	

20) デジタル・ティンカリング教材「YubiTus」の開発-----	113
○椋浦一哉（大阪工業大学大学院），井上明（大阪工業大学）	
21) ビジュアルプログラミングの評価支援システムの開発-----	121
○福永理絵，佐々木整，岡本俊一（拓殖大学）	
22) コミュニケーションロボットやVRなどをきっかけとして学ぶ 医学部生向け教養教育の授業デザインとその実施事例-----	127
○坂田信裕，坂本洋子（獨協医科大学）	

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開発

春日 源太郎^{*1}, 吉本 定伸^{*1}, 谷本式慶^{*2}

^{*1} 国立東京工業高等専門学校, ^{*2} 東京都立八王子東特別支援学校

Development of Independent Activities Support Application using Kinect V2 Sensor for Physically Disabled Persons

Gentaro Kasuga^{*1}, Sadanobu Yoshimoto^{*1}, Tsuneyoshi Tanimoto^{*2}

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

^{*2} Hachioji-Higashi Special School for the Physically Disabled, Tokyo

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。しかし、児童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。そのことは教員や介護職員の大きな負担にもつながる。本研究では Kinect 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。現在、より多様な教育的ニーズに対応できるようにアプリケーションの改善を進めており、その報告を行う。

キーワード: Kinect V2 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、肢体不自由を持つ児童生徒に対して、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、健康の保持、心理的な安定、人間関係の形成、環境の把握、身体の動き、コミュニケーションの6つの区分から、障害による学習上又は生活上の困難の改善・克服を目的とした指導である⁽²⁾。そのような指導ではAT(アシスティブテクノロジー)と呼ばれる現代のテクノロジーで障害者のサポートを行う技術が利用されている⁽³⁾。しかし、ATを使う際に、「児童によって興味を持つものが異なる」、「肢体不自由の度合いが児童によって異なる」、「併発している障害の有無が異なる」といった、それぞれの教育的ニーズに合わせた別々の機器やその利用方法の学習などの準備が必要になる。これは支援学校の教員、介護職員にとって大きな負担となる。

そこで、本研究ではマイクロソフト社の Kinect V2 センサーに着目して研究を行っている。Kinect V2 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。

本研究では Kinect V2 センサーを用いた肢体不自由者向け自立活動支援アプリケーションの開発を行っている。本アプリケーションは腕や上体を動かす自立活動の支援を行うもので、主に環境の把握や身体の動きを観点とした開発を行っている。本稿では昨年度までに開発されたアプリケーション⁽⁴⁾を基礎として、より多くのユーザーに対応できるよう機能の追加・改善を行う。

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 センサー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う。

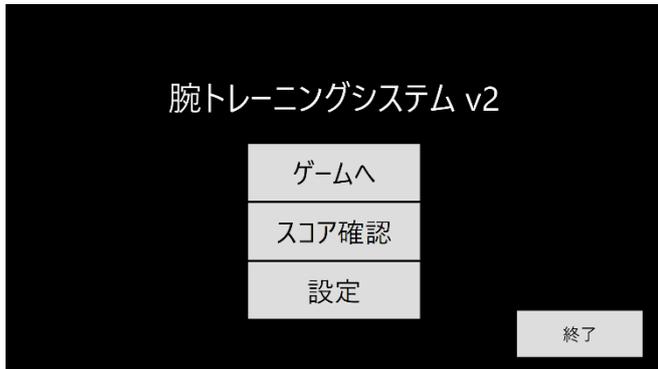


図 1 タイトル画面



図 2 メニュー画面

ゲームを起動すると図 1 のようなタイトル画面が表示される。「ゲームへ」ボタンを押すと図 2 のようなメニュー画面へと移動する。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。

プレイヤーの登録はメニュー画面（図 2）の「プレイヤー登録」ボタンを押すことでプレイヤー登録画面へと移動する。この画面ではテキストボックスにプレイヤーの名前を入力し、「登録します」ボタンを押すことでプレイヤーの登録を行う。

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、アニメーションが画面に表示され、「ゲームへ」ボタンを押すことで図 3 のようなゲーム画面へと移動する。ゲームモードは「もぐらたたき」、「虫取り」、「フルーツキャッチ」の 3 種類がある。ここでは「もぐらたたき」を例として説明を行う。



図 3 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。画面左上には Kinect V2 センサーとプレイヤーの距離の状態を表示する。近すぎる場合には「近すぎます」となり、ゲームが進行せず、距離が適切な場合には「ちょうどいい距離です」と表示されゲームを行うことができ、画面右上には残りのターゲット数が表示されている。残りターゲット数が 0 になるとゲームクリアとなり、ゲームクリア画面に移動し、「おめでとう」、「やったね」といった 4 種類のテキストの中からランダムに表示されるとともに、ターゲット数に応じたもぐらの画像が表示される。

タイトル画面（図 1）の「スコア確認」ボタンを押すと図 4 のようなスコア確認画面へ移動する。登録したプレイヤーを選択することで、腕の最大可動範囲をイラストで表示することができる。

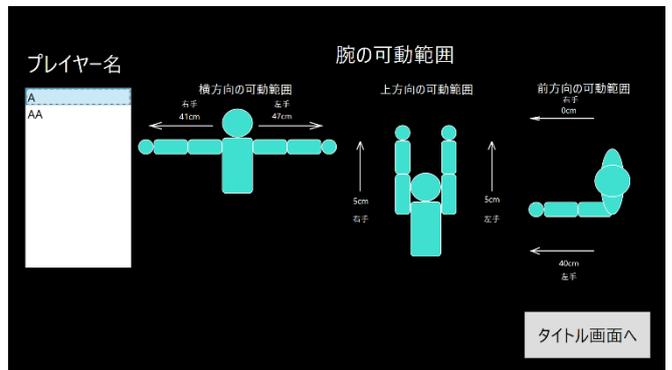


図 4 スコア確認画面

2.2 アプリケーションのねらい

本アプリケーションは、

- ・ゲームを行う児童が、画面上に映っている自分に気づき、自ら体を動かして画面上のターゲットに向か

って変化を起こそうとすること

- ・腕以外の足など自ら動かすことのできる身体の部位を意識して動かすこと
- ・画面上でターゲットに触れることができなくても、手を伸ばす、足を動かすという動きに対して、強制的に成功とする機能による動いたことへのフィードバックを行い、児童の意欲を向上させ動かす力を高めること
- ・ゲームを行う前の画面でゲームに利用する画像をあらかじめ表示することで、児童がゲームを理解して自らアクションを起こしやすくする、ゲームにストーリー性を持たせ、より児童の興味を引くことをねらいとして開発を行っている。

2.3 Kinect センサーを用いたアプリケーション

アプリケーションは、Kinect V2 センサー以前のバージョンとなる Kinect センサーを利用した開発からスタートしている。そのため、現在のアプリケーションには移行すべき下記の機能もある⁽⁵⁾。

2.3.1 ゲーム編集機能

ゲームに使用する画像や音声ファイルを変更することができる機能で、より児童生徒の興味を引くゲームとして利用することができる。

2.3.2 グラフ機能

ゲームを行った活動の結果を表示する機能であり、腕の最大可動範囲、ゲームのクリア時間をグラフとして確認することができ、教員、介護職員、児童生徒、保護者間での活動状況の確認も可能になる。

3. アプリケーションの開発状況

3.1 改善点の検討

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をもとに検討を行い、

- i) ゲーム編集機能の実装
- ii) グラフ機能の実装
- iii) 軽度の肢体不自由者用への対応
- iv) 車椅子を利用している児童の認識率の向上

についてが、主な改善項目として挙げた。以下にこれらをふまえた開発状況を示す。

3.2 ゲーム編集機能の実装

図5と図6に示すようなゲーム編集機能の追加を行った。この機能はゲームで用いる画像や音声ファイルを任意のものに変更でき、新たなゲームとして追加や追加したゲームの削除を行うことができる。図6の画面では、BGM、ターゲットに触れた際の音、ゲーム名、プレイ前に画面に表示されるテキストの変更を行えるようになっている。

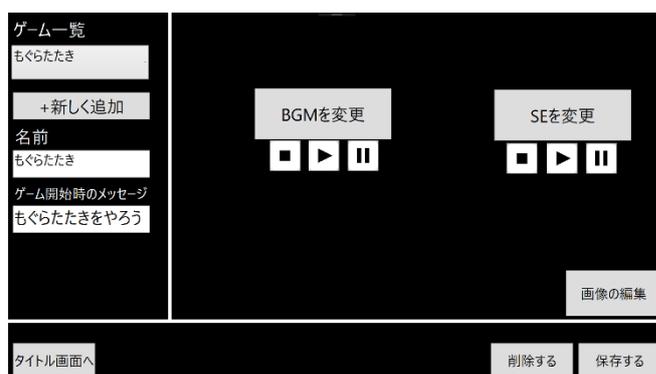


図 5 音声編集画面

この画面下部にある「画像の編集」ボタンを押すと、図6の画面に移動し、ターゲットに使用する画像や手に表示する画像を変更することができる。



図 6 画像編集画面

3.3 グラフ機能の実装

この機能はユーザーのゲームを行った活動の結果を確認することができる。現在はユーザー、日付を選択することでゲームごとの時間による両腕の可動範囲を閲覧することができる。

今後は過去のデータを利用し、比較できるように開発を進めている。

3.4 新たなゲームモードの追加

本アプリケーションは知的障害を併せ有するような

重度の肢体不自由者を想定して開発を進めていた。

より多くのユーザーに対応させるため、軽度の肢体不自由者向けに、新たによりゲーム性の高いゲームモードの追加を行った。実際のゲーム画面を図7に示す。

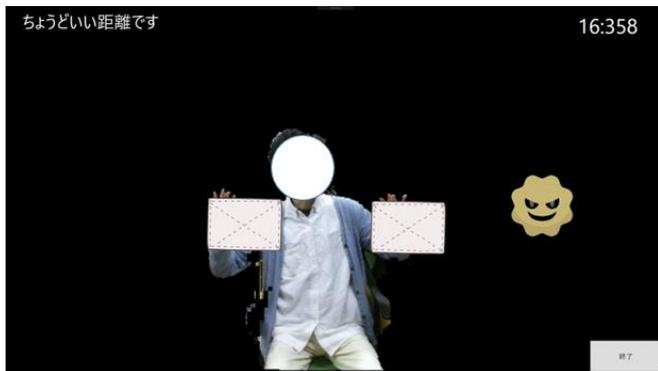


図7 追加したゲームモードの画面

追加したゲームモードは画面上に一定間隔でターゲットをランダムな位置に表示し、プレイヤーがターゲットに触れることで成功となる。また、このゲームには制限時間を設けており、制限時間を過ぎるとゲームは終了となる。ゲーム終了後には制限時間内にどれだけのターゲットに触れることができたかを表示するようにした。

4. おわりに

本研究では、昨年度の Kinect V2 センサーを用いたアプリケーションの改良及び機能の追加を行っており、ゲーム編集機能、ゲームごとのグラフ機能、軽度の肢体不自由者向けゲームモードの実装を行った。

今後は、新たに追加したゲーム編集機能、グラフ機能などのさらなる改善を行い、より児童生徒や教員、介護職員にとって使いやすいアプリケーションへと改善を行う。

謝辞

本研究を行うにあたり、協力いただいた東京都八王子東特別支援学校の教員・介護職員、児童生徒の皆様へ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(I)”, 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),

http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/05/23/1399950_3_1.pdf, pp.135-136 (2018年12月11日確認)

(3) 独立行政法人国立特別支援教育総合研究所: “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”, ジアース教育新社, pp.6-9 (2012)

(4) NG XIN SHIEN: “肢体不自由者のための腕トレーニングシステムの開発—Kinect V2 センサーによるシステムの改善—”, 東京工業高等専門学校 卒業論文 (2017)

(5) 野島幸大, 吉本定伸, 谷本式慶, 野口健太郎: “Kinect を用いた肢体不自由者向け腕トレーニングシステムの開発”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.29, No.5, pp.63-68 (2014)

タブレット PC を用いた肢体不自由者の 入力操作測定用アプリケーション —改良とコンテンツ開発—

原田 優輝^{*1}, 吉本 定伸^{*1}, 金森 克浩^{*2}, 佐野 将大^{*3}

*1 国立東京工業高等専門学校, *2 日本福祉大学, *3 香川県立高松養護学校

Application for Measuring Input Operation of a Person with Physically/Motor Disabilities using Tablet Personal Computer —Improvement and contents development—

Yuki Harata^{*1}, Sadanobu Yoshimoto^{*1}, Katsuhiko Kanamori^{*2}, Syodai Sano^{*3}

*1 National Institute of Technology Tokyo College, *2 Nihon Fukushi University,
*3 Kagawa Prefectural Takamatsu Special Needs School

特別支援学校の教育現場では、児童生徒の障害の状態や特性に応じた教材として ICT 機器の活用や環境の整備が求められている。本研究では、特別支援学校での ICT 機器活用を促進するため、入力手法の中から視線入力・スイッチ入力・タッチ入力の三つに注目し、障害のある児童生徒を対象にそれぞれの入力を評価するアプリケーションを開発している。本稿ではそのアプリケーションの改良と説明用動画コンテンツの準備状況についての報告を行う。

キーワード: 入力手法, 特別支援学校, 肢体不自由者, 説明用動画

1. はじめに

文部科学省の「特別支援教育の推進について(通知)」⁽¹⁾では、特別支援教育は、障害のある児童生徒一人一人の教育的ニーズに合わせ、生活、学習している中での困難を改善あるいは克服するための的確な指導及び支援を行うものであると述べられている。また、「障害のある児童生徒の教材の充実について報告」⁽²⁾では、障害のある児童生徒の将来の自立と社会参加に向けた学びの充実のために、障害の状態や特性を踏まえた教材による適切な指導が必要であると述べられている。

現在、教育の情報化が進む中では、特別支援教育の現場でも教材としての ICT 機器の有用性が認識されている。しかし、ICT 機器の活用にあたって、児童生徒の障害に合わせてどの手法を取るのが望ましいかを判断するのは教員であるのに対し、教員が ICT 機器に関

する専門知識を身につけることは容易でないことが課題となっている。

そこで本研究では、より多くの教育現場で ICT 機器の導入を容易にすることを目的とし、昨年度までに開発されたアプリケーション⁽³⁾の改良とアプリケーションの使い方を説明する動画コンテンツの準備を行う。

2. アプリケーション概要

昨年度までに開発されたアプリケーションはタッチ入力・視線入力・スイッチ入力の 3 つの入力手法に対応した 3 つのゲームがアプリケーションに実装され、障害の状態に合わせた測定機能が備わった。アプリケーションには測定結果の取得を自動で行うようにする機能や記録点の区間を指定し、表示している画面を画像ファイルの形式で出力する機能を有している。

そのゲームの各測定用ゲームの概要と対象を表 1 に示し、以後各ゲームについての概要を示す。

表 1 アプリケーションの概要と対象

測定用ゲーム	概要	対象
トントン花火	入力に応じて画面上に花火が表示される	操作と反応の因果関係を理解することが課題
ポンポンピアノ	入力に応じてピアノの音が再生される	操作と反応の因果関係をある程度理解している
セレクトメディアプレイヤー	入力に応じて設定した動画が再生される	自分の意思で選択的に操作を行うことができる

2.1 トントン花火

各入力手法で操作を行うことで、画面に花火が打ち上がるゲームである。表 2 に入力手法ごとの操作方法を、図 1 に実際の画面を示す。

2.2 ポンポンピアノ

各入力手法で操作を行うことで、画面上の鍵盤の色が変わり対応した音が鳴るゲームである。表 3 に入力手法ごとの操作方法を、図 2 に実際の画面を示す。

2.3 セレクトメディアプレイヤー

各入力手法で操作を行うことで、画面に表示された動画が再生されるゲームである。また、再生する動画やその数は事前に設定を行うことで自由に変更することが可能である。表 4 に入力手法ごとの操作方法を、図 3 に実際の画面を示す。

表 2 トントン花火の入力手法ごとの操作手法

入力手法	操作方法
タッチ入力	画面の任意の場所をタップする
視線入力	画面の任意の場所を注視する
スイッチ入力	任意のタイミングでスイッチを押す



図 1 トントン花火記録画面

表 3 ポンポンピアノの入力手法ごとの操作手法

入力手法	操作方法
タッチ入力	画面に表示された鍵盤をタップする
視線入力	画面に表示された鍵盤に視線を向ける
スイッチ入力	鍵盤上を移動するカーソルの動きに合わせてスイッチを押す

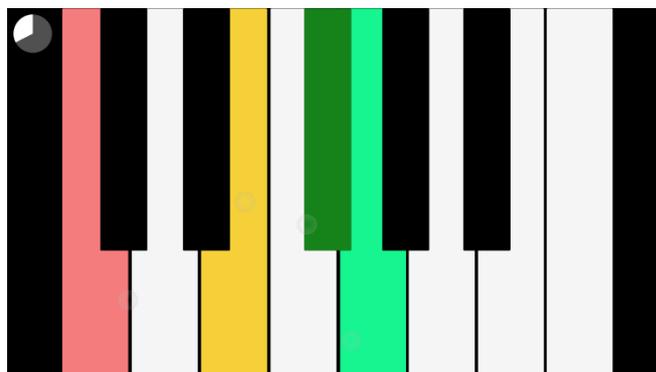


図 2 ポンポンピアノ記録画面

表 4 セレクトメディアプレイヤーの入力手法ごとの操作手法

入力手法	操作方法
タッチ入力	再生したい動画をタップする
視線入力	再生したい動画を注視する
スイッチ入力	再生したい動画にカーソルが合ったタイミングでスイッチを押す

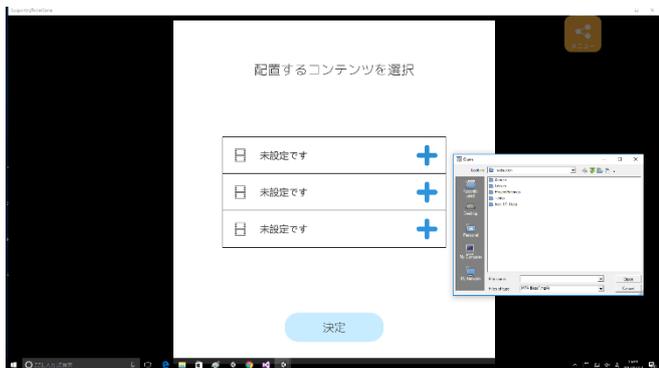


図 3 セレクトメディアプレイヤー記録画面

3. アプリケーションの改良

今年度の開発ではアプリケーションをより使いやすく、児童生徒の興味を引くものにする事も踏まえ、以下の改善を行う。アプリケーションのユーザーインターフェースは ICT 機器の活用に関して専門性がない人でも簡単に利用できるように視覚的にわかりやすい構成となるよう開発している。今回はユーザーインターフェースの部分に以下の 2 つの改良を行った。

3.1 見やすさの改良

画面の解像度によっての字のフォントサイズが変わり、状況によっては小さく見えにくいことがあった。常時大きなフォントサイズになるようにユーザーイン



図 4 修正前のゲーム変更画面



図 5 修正後のゲーム変更画面

ターフェースの変更を行った。同じ画面の解像度で修正を行う前のゲーム変更画面を図 4、修正を行った後のものを図 5 に示す。

3.2 利便性の改良

一度ゲームを終えるとデフォルト設定である「Guest」に戻り、ユーザーが連続で異なるゲームを行いたいときは図 6 のユーザー変更画面でもう一度変更を行わなければいけなかった。そこで、ユーザーがゲームを終えてもアプリケーション自体を終了させない限り、図 7 のゲーム選択画面のように前回のゲームで使用したユーザー名を保持できるようにした。



図 6 ユーザー変更画面



図 7 ゲーム選択画面

また、今後の開発では、アプリケーションを使う児童生徒でアプリケーションに興味を持つことができず、始められないということがないよう、最初の画面を任意のイラストや写真に変更できるようにすることも考えている。

4. 動画コンテンツの準備

特別支援教育において、ICT 等の活用は重要だと示されているが人材不足などの課題があり、導入が十分でない。そこで教員向けに、2. で示したアプリケーションの使い方を説明する動画コンテンツを作成し、よ

りアプリケーションを使いやすく、導入しやすいものとする。

4.1 動画コンテンツの概要

教材の動画を考えた場合、以下の3つのものに分類できると考えている。

- 教材製作動画

教材や支援機器の作成方法をわかりやすく伝える動画であり、主に設置方法や必要なものなどの説明を行う。

- 教材活用動画

教材を活用するための説明をする動画であり、アプリケーションの操作方法などの説明を行う。

- 教材実践動画

実際に教材を活用している様子を撮影した動画である。

これらの動画を準備することで、専門的な知識がなくても、より容易に操作でき、教材の活用が可能と考えられる。まずはアプリケーションを活用するために教材活用動画の観点での動画を作成していく。

4.2 動画作成方針

動画を視聴する教員が容易に理解できるようにするためアプリケーションの全てを一つの動画で説明するのではなくタイトル画面の説明、ゲームの開始の方法などに区切って丁寧に説明する。そうすることで一つの動画の長さは短くなるので少しの時間があれば容易に視聴できるようになり、知りたい情報をシークバーで探すよりも検索で見つけられるので探しやすいと考えられる。また、解説のテロップや字幕を入れ、さらに容易に理解できるようにする。図8、図9は作成中の動画コンテンツの一部である。

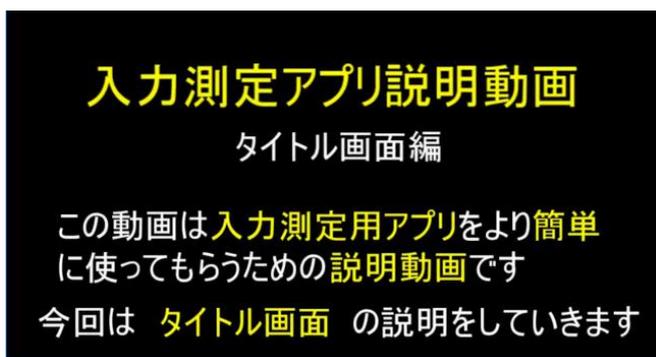


図 8 説明動画の例 1



図 9 説明動画の例 2

5. おわりに

特別支援教育では ICT 機器の有用性は認められているが、専門的な知識が必要であるため人材不足などが課題になっている。本研究で開発しているアプリケーションと動画コンテンツを完成させることで、専門的な知識を持っていない教員もより容易に適切な利用が可能になると考えられる。

今後は使いやすさを重視し、アプリケーションの改良および動画コンテンツを作成し、特別支援教育の現場への導入へ向けて、開発を進める。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 18K02765 の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) 文部科学省、特別支援教育の推進について(通知), http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/nc/07050101.htm (2018年11月12日確認)
- (2) 文部科学省、障害のある児童生徒の教材の充実について 報告, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/tokubetu/material/1339727.htm (2018年11月12日確認)
- (3) 上倉颯太, 吉本定伸, 金森克浩, 佐野将大: “タブレット PC による複数の入力手法に対応した肢体不自由者の入力評価アプリケーション”, 電子情報通信学会 2018 年総合大会講演論文集, H-4-5, (2018)

AR とスマートフォン HMD を用いた 災害疑似体験システムとその予備実験

光原 弘幸^{*1}, 入江 祐生^{*2}, 獅々堀 正幹^{*1}

^{*1} 徳島大学大学院社会産業理工学研究部

^{*2} 徳島大学大学院先端技術科学教育部

An AR- and Smartphone HMD-based System for Simulated Disaster Experience and its Preliminary Experiment

Hiroyuki Mitsuhashi^{*1}, Hiroki Irie^{*2}, Masami Shishibori^{*1}

^{*1} Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima University

^{*2} Graduate School of Advanced Technology and Science, Tokushima University

Many disasters have occurred around the world and disaster education is getting more important. In recent years, ICT-based disaster education (ICTDE) has attracted attention. We developed some types of ICTDE such as ICT-based evacuation drill (ICTBED). ICTBED, which can be regarded as simulated disaster experience, adopts a geo-fencing framework and expresses disaster situations corresponding to location or time by digital materials presented on mobile devices (e.g., smartphone). To heighten the reality of ICTBED, we focused on ICTBED that combines AR (Augmented Reality) and a smartphone-based HMD (Head-Mounted Display). Then, we implemented a mobile application that realized the combination and conducted a preliminary experiment using the application.

キーワード: Augmented Reality, スマートフォン HMD, 災害疑似体験, ICT 活用型防災教育

1. はじめに

地震・津波, 台風, 洪水といった災害から命を守るために防災教育の充実は欠かせない. 著者らはこれまで, ICT 活用型防災教育⁽¹⁾として, ICT 活用型避難訓練 (ICT-Based Evacuation Drill: ICTBED)⁽²⁾⁽³⁾, 避難指示疑似体験⁽⁴⁾, デジタル防災マップ作成⁽⁵⁾などに取り組んできた. これらの取組では, 学習者が防災を自分事として学ぶことをめざし, 実世界 (主に学習者の生活圏) におけるリアリティの高い学びに焦点を当てている.

リアリティの高い避難訓練を実現するアプローチとして, VR の活用が挙げられる. 例えば, Chittaro と Sioni は, テロ攻撃からの避難を題材にした VR シリアスゲームを開発した⁽⁶⁾. また, Gong らは Kinect

センサを導入した VR 地震避難シミュレーションを開発した⁽⁷⁾.

本研究では ICTBED を対象に, リアリティを向上させるデジタル教材として AR に着目し, マーカレスおよびマーカ型 AR を用いた ICTBED を開発してきた⁽⁸⁾⁽⁹⁾. 近年, スマートフォン HMD (Head-Mounted Display) が普及してきており, AR と組み合わせて使用されることも多い. このような組み合わせは ICT 活用型防災教育でも見られる. 例えば, 板宮は深度センサ搭載スマートフォンを HMD として採用し, オクルージョンを考慮した浸水 (洪水や津波) の AR 表現を可能にしている⁽¹⁰⁾. 本研究でも, AR 提示デバイスとしてスマートフォン HMD を採用した ICTBED を開発している⁽¹¹⁾.

2. AR とスマートフォン HMD を用いた ICTBED

AR とスマートフォン HMD を用いた ICTBED（以下、AR-ICTBED と記す）は、ICTBED のリアリティを向上させることで、訓練参加者がより真剣に避難（災害）を疑似体験できるようにし、防災を自分事として考えられるようになることをめざす。

2.1 ICTBED の概要

ICTBED は、特定の場所で携帯情報端末（スマートフォンやタブレット）にデジタル教材を提示する Geo-fence の枠組みを採用しており、携帯情報端末を持った訓練参加者に対して、避難場所に制限時間内に到達することを求める。

避難訓練は平時に実施される。ICTBED は実世界における避難（災害）の疑似体験とみなすことができるが、いかにして訓練参加者に「自分は今、平時ではなく災害時にいる」と思わせるか、言い換えれば、いかにして仮想的な災害状況に没入させるかが重要になってくる。本研究では、没入感の向上はリアリティの向上によってもたらされ、リアリティには状況的リアリティと視聴覚的リアリティがあると考えている。そして、それぞれのリアリティを、災害シナリオとデジタル教材により向上させることをめざしている。

ICTBED は、携帯情報端末アプリを用いて実施される。このアプリは、読み込んだ災害シナリオに基づいて、特定の場所や時間でデジタル教材を提示する。

2.1.1 災害シナリオ

災害シナリオは、3 つのシーンを組み合わせることで災害状況を表現する。各シーンには、デジタル教材を提示するカットが少なくとも1つ存在する。災害シナリオは、条件により分岐する（次のシーンやカットを変更する）こともできる。

(1) Stay シーン

場所に対応づけられたシーンであり、訓練参加者はその場所で立ち止まってデジタル教材を閲覧する。

(2) Interrupt シーン

時間（指定日時やシーンからの経過時間）に対応づけられたシーンであり、訓練参加者はその時間

に立ち止まってデジタル教材を閲覧する。

(3) Move シーン

Stay シーンの間に割り当てられたシーンであり、訓練参加者は次の Stay シーンへ移動する。

2.1.2 デジタル教材

シーン内のカットで提示されるデジタル教材は、動画やスライドショーだけでなく、AR により目の前に災害状況が広がっているように見せる。

2.2 実装

AR-ICTBED は、専用の Android アプリを用いて実施される。このアプリの実装において、マーカ型 AR フレームワークとして Vuforia⁽¹²⁾を採用した。したがって、ICTBED 実施には、事前にマーカを用意（実世界に設置）しておく必要がある。災害状況を表現するための重畳表示 3 次元 CG は、Unity3D⁽¹³⁾により描画している。

訓練参加者は、Move シーンで AR マーカを探し、AR マーカをスマートフォン HMD のカメラで撮影・認識することで、当該 Stay シーンに入り、そのシーン内のカットで指定された AR を閲覧する（図 1）。なお、Move シーン（移動時）において、訓練参加者はスマートフォン HMD を装着して移動しなくてもよい。

2.3 AR による災害状況の提示例

AR-ICTBED で提示される災害状況の例を示す（表 1）。Stay シーンから Move シーンへの移行、災害状況 AR とともに提示された選択式質問への回答は、スマートフォン HMD のリアルタイム映像に重畳表示されたボタンを注視する（一定時間視線を合わせる）ことで実現している。

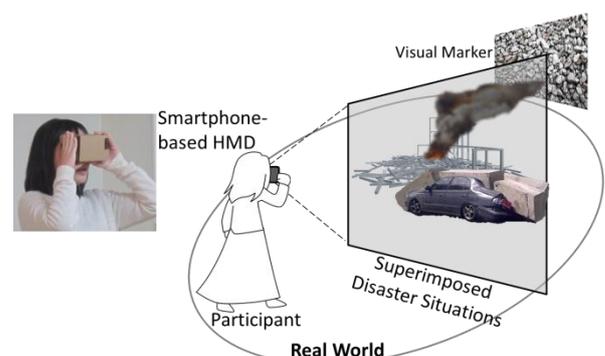


図 1 AR-ICTBED の概要

表 1 AR による災害状況提示例

災害状況	提示例
水（津波、洪水）	
炎	
煙	
割れた窓（破片）	
割れ目（床）	
倒壊した壁	
負傷者	

3. 予備実験

小中学生向けの教育イベントにおいて、予備実験として AR-ICTBED を実施し、以下について調査した。

- 災害状況 AR はリアルか
- 災害状況 AR に恐怖を感じられるか
- AR-ICTBED は楽しいか
- AR-ICTBED は防災意識を向上させるか
- AR-ICTBED に今後も参加したいか

3.1 設定

イベントの制約上、予備実験は屋内の一教室で実施された。その教室に小規模な迷路状の通路を作り、その通路（床や壁）に AR マーカを設置した。参加者は「イベント中に大地震が発生した」という想定のもと、同行スタッフとともに通路を歩いてゴールをめざしながら、AR マーカの場所で対応する災害状況（表 1 で示した災害状況）を見た（図 2）。制限時間は設定しなかったが、スタートからゴールまでの所要時間を約 5 分とした。

避難訓練というよりも災害疑似体験といえる本予備実験では、同行スタッフが各災害状況について参加者に短く解説したり、参加者の思考を促進したりした。例えば、煙が充満している災害状況では「煙を避けるためにできるだけ低い姿勢で逃げるようにしよう」、負傷者が倒れている災害状況では「負傷者を自分一人で助けられそう？」「負傷者を助けられそうになれば、自分の命を優先して逃げよう」などと発言した。

3.2 方法

まず、参加者に HMD による視力低下などのリスクを説明し、リスクを理解した上でスマートフォン HMD での体験を希望した参加者に限りスマートフォン HMD による AR-ICTBED を体験してもらった。スマートフォン HMD での体験を希望しない参加者には、タブレットでの AR-ICTBED を体験してもらった。なお、本予備実験では立体視を採用しなかった。

AR-ICTBED の体験直後、参加者には簡単なアンケートに回答してもらった。



図 2 AR-ICTBED の実施時

3.3 結果と考察

192名の参加者（小中学生）がAR-ICTBEDを体験し、アンケートに回答した（表2）。Q1以外は5段階リッカート尺度（1～5）を採用した。一部の質問に回答していない参加者がいた。

質問Q1に対して、約90%の参加者が「はい」と回答した。リアルだと感じた災害状況を参加者に尋ねたところ、水、煙、負傷者、割れた窓と回答する参加者が多かった。何名かの参加者は「割れた窓がもっともリアルだった」と感想を述べた。これは、窓が割れるアニメーションをガラスが割れる効果音とともにAR提示していたことに起因すると考えられる。このことから、リアリティ向上には視覚だけでなく聴覚の効果も重要であるといえる。

質問Q2は、Q1にも関連すると考えられ、高い平均値が期待された。しかし、Q2の平均値3.55は強い恐怖を表していない。また、41名の参加者が「2.（怖いとは）思わなかった」または「1. まったく思わなかった」と回答した。本研究では、いたずらに恐怖心を煽るようなARは必ずしもめざしていないが、参加者により真剣に災害を疑似体験してもらうために、どの程度の恐怖感が防災教育に適しているのかを検証したい。なお、「負傷者のCGがリアルではない」という意見があった。他の災害状況も含めて、CGをよりリアルにすることも検討する必要がある。

表2 アンケート結果

質問	回答
Q1. 表示されたAR（災害状況）はリアルだった	はい=172名 いいえ=17名
Q2. 表示されたARは怖かった	平均値=3.55 標準偏差=1.25
Q3. この避難訓練は楽しかった	平均値=4.48 標準偏差=0.73
Q4. この避難訓練で防災意識が高まった	平均値=4.18 標準偏差=0.80
Q5. この避難訓練にまた参加したい（学校の授業などで）	平均値=4.33 標準偏差=0.83

質問Q3の平均値は4.48であり、良好といえる。楽しさと真剣さは相反する要素とも考えられ、バランスを十分に検討する必要があるが、防災や避難訓練に興味のない人にとって、楽しさは参加の動機づけに有効だと考えられる。

質問Q4の平均値は4.18であり、良好といえる。体験前の防災意識の程度にもよるが、目の前に広がる災害状況をARで見たことで、印象的な災害疑似体験となり、防災意識が向上したと考えられる。

質問Q5の平均値は4.33であり、良好といえる。再参加に意欲的であることは、別の災害想定でもAR-ICTBEDを実施する必要性の高さを表していると考えられる。また、学校防災教育へのAR-ICTBED導入も受け入れられやすいと期待される。

スマートフォンHMDとタブレットでアンケート結果を集計したところ、それぞれ、Q1について「はい」と回答した参加者は153名（168名中）と19名（20名中）、Q2の平均値について3.52と3.75、Q3の平均値について4.48と4.45、Q4の平均値について4.19と4.1、Q5の平均値について4.35と4.15であった。このように、デバイスによってアンケート結果に大きな差は生じなかった。スマートフォンHMDの採用が難しい場合に、タブレットでも同様の効果が期待できる。

以上の結果から、AR-ICTBEDは小中学生に十分受け入れられ、防災教育としても有効であると結論づけたい。

4. おわりに

本稿では、AR-ICTBED とその予備実験について述べた。AR-ICTBED は、視聴覚的リアリティの向上をめざして、AR とスマートフォン HMD の組み合わせに着目し、AR マーカに対応した災害状況を表現するために、3次元 CG をリアルタイム映像へ重畳表示している。予備実験の結果から、AR-ICTBED は小中学生に十分受け入れられ、防災教育としても有効であると結論づけた。しかし、この予備実験には限界がある。例えば、小学校低学年の参加者がリアリティの有無を判断できるか、といった疑問が残る。さらに、リアリティを2値回答（有無）のアンケートで評価することの妥当性など、リアリティの評価方法について十分議論する必要がある。

本研究の今後の課題として、子ども以外の参加者による評価実験などが挙げられる。また、小規模な災害疑似体験ではなく、本来の ICTBED のような避難訓練を対象に AR-ICTBED を実践する必要がある。近年、ARCore⁽¹⁴⁾や ARKit⁽¹⁵⁾といったマーカレス AR フレームワークが普及してきており、これらに対応する携帯情報端末も増えてきている。Vuforia7⁽¹²⁾では、マーカレス AR を実現するための平面検知が実装されている。マーカレス AR フレームワークを使用しない災害状況 AR として、Dong らは携帯情報端末の GPS や電子コンパスを活用したマーカレス AR により、災害状況（炎、竜巻、負傷者）を表現するシステムを開発した⁽¹⁶⁾。現在の AR-ICTBED はマーカ型であり、事前にマーカを準備する必要がある。AR-ICTBED のマーカレス AR 化も課題のひとつである。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18H01054 の助成を受けた。教育イベントにおける AR-ICTBED の実施（予備実験）では、WBL 研究班の協力を得た。ここに感謝を記す。

参考文献

- (1) 光原弘幸: “ICT 活用型防災教育の現状と展望”, 教育システム情報学会誌, Vol.35, No.2, pp.66-80 (2018)
- (2) Mitsuhara, H., Inoue, T., Yamaguchi, K., Takechi, Y., Morimoto, M., Iwaka, K., Kozuki, Y., and Shishibori, M.: “Web-Based System for Designing Game-Based Evacuation Drills”, *Procedia Computer Science*, Vol.72, pp.277-284 (2015)
- (3) 光原弘幸, 井上武久, 山口健治, 武知康逸, 森本 真理, 上月康則, 井若和久, 獅々堀正幹: “考えさせる ICT 活用型避難訓練の実践”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.31, No.7, pp.65-72 (2017)
- (4) Mitsuhara, H., Iguchi, K., Shishibori, M.: “Using Digital Game, Augmented Reality, and Head Mounted Displays for Immediate-Action Commander Training”, *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, Vol.12, No.2, pp.101-117 (2017)
- (5) 光原弘幸, 井上武久, 山口健治, 武知康逸, 森本真理, 井若和久, 上月康則, 獅々堀正幹: “デジタル防災マップ作成支援システムとその防災授業利用”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.30, No.7, pp.89-96 (2016)
- (6) Chittaro, L. and Sioni, R.: “Serious games for emergency preparedness: Evaluation of an interactive vs. a non-interactive simulation of a terror attack”, *Computers in Human Behavior*, Vol.50, pp.508-519 (2015)
- (7) Gong, X., Liu, Y., Jiao, Y., Wang, B., Zhou, J., and Yu, H.: “A novel earthquake education system based on virtual reality”, *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol.E98.Dm No.12, pp.2242-2249 (2015)
- (8) Mitsuhara, H., Sumikawa, T., Miyashita, J., Iwaka K., and Kozuki, Y.: “Game-based evacuation drill using real world edutainment”, *Interactive Technology and Smart Education*, Vol.10, No.3, pp.194-210 (2013)
- (9) Kawai, J., Mitsuhara, H., and Shishibori, M.: “Game-based evacuation drill using augmented reality and head-mounted display”, *Interactive Technology and Smart Education*, Vol.13, No.3, pp.186-201 (2016)
- (10) 板宮朋基: “スマートフォンと紙製ゴーグルを用いた災害状況疑似体験教材の開発と実証活動”, 平成 28 年度東三河地域防災協議会受託研究 研究報告書 (2017)
- (11) 入江 祐生, 光原 弘幸, 獅々堀 正幹: “AR とスマート

フォン HMD を用いたインタラクティブ避難訓練システムの試作”, 教育システム情報学会第 42 回全国大会論文集, pp.311-312 (2017)

(12) Vuforia: <https://developer.vuforia.com/> (2018 年 12 月 11 日確認)

(13) Unity3D: <https://unity3d.com/jp> (2018 年 12 月 11 日確認)

(14) ARCore: <https://developers.google.com/ar/> (2018 年 12 月 11 日確認)

(15) ARKit: <https://developer.apple.com/jp/arkit/> (2018 年 12 月 11 日確認)

(16) Dong, H., Schafer, J., and Ganz, A.: “Augmented reality based mass casualty incident training system”, Proc. of 2016 IEEE Symposium on Technologies for Homeland Security, pp.1-4 (2016)

小学校の防犯・防災・交通安全教育支援アプリケーション

—ユーザーインターフェイスの改良—

中村 大地*1, 蛭沼 拓視*1, Amalia Mikromah*1, 吉本 定伸*1

*1 国立東京工業高等専門学校

Education Support Application of Crime Prevention, Disaster Prevention, and Road Safety for Elementary School

—Improvement of User Interface—

Daichi Nakamura*1, Takumi Hirunuma*1, Amalia Mikromah*1, Sadanobu Yoshimoto*1

*1 National Institute of Technology, Tokyo College

近年、文部科学省で児童に様々な課題に取り組む「生きる力」を育ませるための新学習指導要領が全面実施されている。文部科学省の「学校安全の推進に関する計画」では、通学路で児童生徒に危害が加えられる事件や侵入者による安全を脅かす事件等が発生し、大きな社会問題となることがあげられている。多くの学校では安全意識を高めることを目的とした「安全マップ活動」が行われている。本研究ではAndroid タブレット端末を用いた小学校安全マップ活動支援アプリケーションの開発を行っている。本稿ではフィールドワークで児童が取材活動を行った結果を安全マップ画像として出力する機能の改良に関する報告を行う。

キーワード: 小学校安全教育, 防犯, 防災, 交通安全, Android タブレット端末

1. はじめに

文部科学省「学校安全の推進に関する計画」によると学校現場では、学校安全について十分な時間がとりにくい現状であることがあげられている⁽¹⁾。文部科学省「学校の安全管理の取組状況に関する調査」によると安全マップ作成実施率が平成 23 年度末では 85.1%であったのに対して平成 27 年度末では 55.1%と大きく減少している⁽²⁾⁽³⁾。文部科学省「第 2 次学校安全の推進に関する計画」では、児童生徒等にいかなる状況下でも自らの命を守り抜くとともに、安全で安心な生活や社会を実現するために主体的に行動する態度を育成する安全教育を推進することが不可欠であるとされている⁽⁴⁾。一方、「日本再興戦略」や「世界最先端 IT 国家創造宣言」によると、2010 年代中に 1 人 1 台の情報端末による教育の本格展開に向けた方策を整理し、推進するとされている⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

このような背景を踏まえて、本研究では安全マップ活動を Android タブレット端末により支援するアプリケーションの開発を行っている。このアプリケーションによって、より効果的に安全マップ活動を行うことが可能となると考えられる。本稿では本アプリケーションのユーザーインターフェイスの改良として、安全マップ活動結果を安全マップ画像として出力するための機能の改良に関しての報告を行う。

2. アプリケーションを使用した安全マップ活動について

2.1 安全マップ活動の概要

安全マップ活動とは、「防犯」、「防災」、「交通安全」の 3 つの観点において児童の安全意識を育むことを目的とした授業の一環で、フィールドワークを通じて自分の住んでいる地域の安全な場所や危険な場所につい

て調べ、地図にまとめ、安全に関する意識を育む活動である⁽⁷⁾。小学校での基本的な安全マップ活動の流れを図 2.1 に示す。

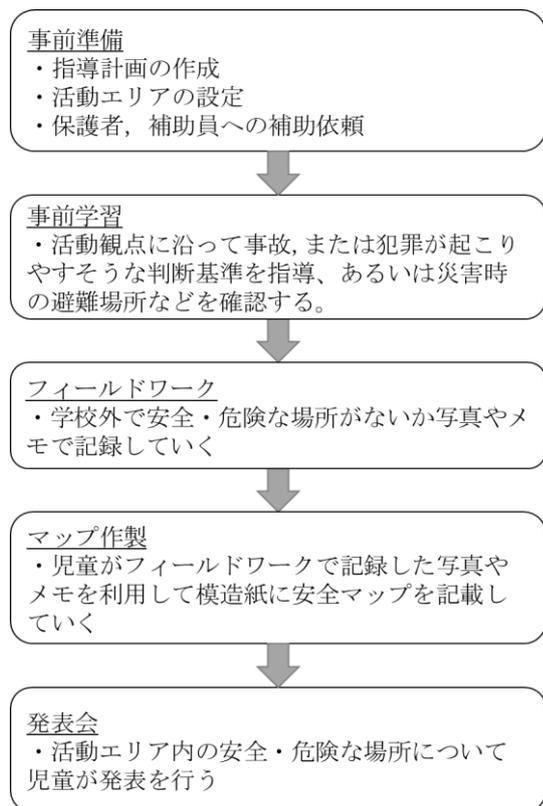


図 2.1 安全マップ活動の流れ

2.2 アプリケーションの概要

本アプリケーションは実際の安全マップ活動に沿った機能を搭載しており、フィールドワークなどで使用する地図は OpenStreetMap⁽⁸⁾ を利用している。以下に、アプリケーションの各モードについて説明する。

2.2.1 デスクワークモード

デスクワークモードでは、フィールドワークを行う前にて各班の活動エリアを登録することができる。また、活動エリア内の防災施設アイコンや危険区域なども登録することもできる。

2.2.2 フィールドワークモード

フィールドワークモードでは、活動エリア内に実際にフィールドワークを行い、安全・危険な場所のポイント登録（写真やメモなど）をすることができる。また、一般の人にインタビューした内容を登録することもできる。

2.2.3 まとめモード

まとめモードでは、「発表準備・紙地図準備」と「発表会」に分かれる。

「発表準備・紙地図準備」モードでは、フィールドワークで登録した安全・危険な場所のポイントを編集し、発表会で発表するポイントを選択したり、紙地図に印刷する際に表示するポイントを選択したりすることができる。

本稿における紙地図とは、紙の地図として印刷するための画像のことで、フィールドワークを行った場所の地図と登録したポイントの情報を載せることが可能である。この画像を印刷することにより、小学校の教室や廊下での掲示や、家庭に持ち帰り家族に情報を共有するなどの利用が可能である。

また、「発表会」モードにより、児童は発表するポイントの写真や地図、メモ等をスクリーンに投影して発表することができる。

2.2.4 その他モード

その他モードでは端末間のデータ共有や前述の紙地図を画像として出力することができる。活動観点の変更、小学生の学年に合わせた漢字表記の切り替えを行う機能を有している。

3. アプリケーションの開発

3.1 紙地図のユーザーインターフェイス変更

図 3.1 では今までの紙地図のレイアウト（以下紙地図 A）の様に、フィールドワークエリアの全体のエリア地図と班のエリア地図の下に最大 12 個までのポイント情報を 3 行 4 列で配置した形をとっていた。これをより見やすくするように、図 3.2 の紙地図のレイアウト（以下紙地図 B）では班のエリア地図を中心にし、その周りに今まで同様 12 個までのポイントを配置するように変更を行った。ポイントのアイコンはそれぞれが複数重なり見えにくくなるため、アイコンの形状を変更し小さくした。班のエリア地図内にある登録されたポイントとそれに対応した周りに配置されるポイント情報に線を引き、ポイントの情報をわかりやすくした。その際、結ぶ線が交差しないようにポイント情報の並び替えを行い、視認性を向上させた。また、端末の解像度によって紙地図の画面表示が変わってしまうことと Android タブレットの一般的な解像度として 1280×800（単位：pixel）に対応できること、また A 判の比率を考慮して、紙地図の解像度は 1181×850

(単位 : pixel) 固定で出力できるようにした。



図 3.1 変更前の紙地図のレイアウト



図 3.2 変更後の紙地図のレイアウト

4. 安全マップ画像の検証

10月から11月にかけて八王子市内の小学校1校で56人の6年生を対象に、アプリケーションを利用した安全マップ活動後に変更を加えた紙地図に関するアンケートを実施した。

アンケート内容は「Aの地図は分かりやすいですか」、「Bの地図は分かりやすいですか」という質問について4件法で「すごく思う」、「少し思う」を肯定的回答とし、「あまりそう思わない」、「全くそう思わない」を否定的回答として集計を行い、「地図A・Bはどちらの方が良いと思いますか」という質問についてはAとBの2件法での集計を行った。回答結果を「Aの地図は分かりやすいですか」、「Bの地図は分かりやす

いですか」を図4.1に、「地図A・Bはどちらの方が良いと思いますか」を図4.2に示す。図4.1より紙地図Bの方が肯定的意見が多く、また図4.2からBの方が良いと感じる児童が多いことが分かった。

一方で、紙地図Bに対しては「文字が小さくて見づらい」などの意見も見られた。この原因として紙地図の解像度が低いことや文字のサイズが関係していると考えられる。そのため、高解像度の対応と、文字を大きく表示するために紙地図デザインの改善を進める。

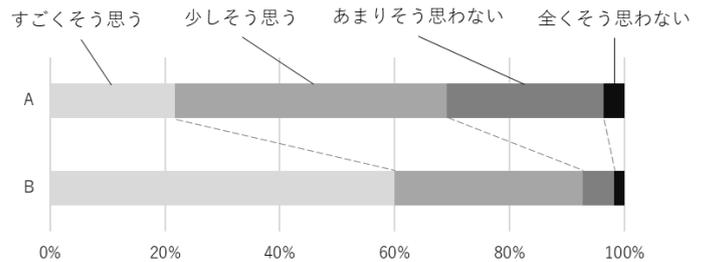


図 4.1 A・Bの地図は分かりやすいですか

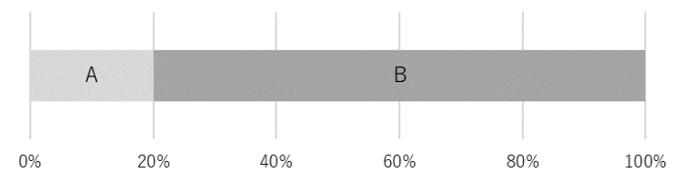


図 4.2 地図A・Bはどちらの方が良いと思いますか

5. おわりに

八王子市内の小学校3校において、本アプリケーションを用いて安全マップ活動が行われた。1校目は5月から6月にかけて小学校の4年生が対象に、また2校目に10月から11月にかけて小学校の4年生、3校目は6年生が対象となる活動であった。6年生を対象にして行ったアンケートを通じ、紙地図は変更後の方が変更前と比べて高い評価が得られた。一方、新たな改善点も見出された。

今後の予定としては紙地図の画像を高解像度に対応させ、紙地図のデザインをより分かりやすくするための改良を行う。

謝辞

本研究を行うにあたり、ご協力頂きました小学校の教員、児童、関係する皆様にご心から感謝を申し上げます。

す。

参 考 文 献

- (1) 文部科学省: “学校安全の推進に関する計画” (2012/4/27),
http://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/anzen/_icsFiles/afieldfile/2012/05/01/1320286_2.pdf (2018年12月11日確認)
- (2) 文部科学省: “学校安全の推進に関する計画に係る取組状況調査” (平成23年度実績),
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2013/03/29/1289307_2.pdf (2018年12月11日確認)
- (3) 文部科学省: “学校安全の推進に関する計画に係る取組状況調査”, (平成27年度実績),
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2017/03/24/1289307_12.pdf (2018年12月11日確認)
- (4) 文部科学省: “第2次学校安全の推進に関する計画” (2017/3/24),
http://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/anzen/_icsFiles/afieldfile/2017/06/13/1383652_03.pdf (2018年12月11日確認)
- (5) 日本経済再生本部: “日本再興戦略 -JAPAN is BACK-” (2013/6/14),
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/saikou_jpn.pdf (2018年12月11日確認)
- (6) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部: “世界最先端 IT 国家創造宣言” (2013/6/14),
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20130614/siryous.pdf> (2018年12月11日確認)
- (7) 虻川みのり, Tnew Chen Zhun, 吉本定伸, 福本徹: “小学校安全マップ活動支援アプリケーションについての検討”, 教育システム情報学会 研究報告, Vol.29, No.5 (2015)
- (8) OpenStreetMap,
<https://www.openstreetmap.org> (2018年12月11日確認)

小学校の防犯・防災・交通安全教育支援アプリケーション

－利便性向上を目的とした機能の改善－

蛭沼 拓視^{*1}, 中村 大地^{*1}, Amalia Mikromah^{*1}, 吉本 定伸^{*1}

^{*1} 国立東京工業高等専門学校

Education Support Application of Crime Prevention, Disaster Prevention and Road Safety for Elementary School

－Improvement of functions－

Takumi Hirunuma^{*1}, Daichi Nakamura^{*1}, Amalia Mikromah^{*1}, Sadanobu Yoshimoto^{*1}

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

文部科学省では、児童に様々な課題に取り組む「生きる力」を育ませるための新学習指導要領が全面実施されている。近年では、通学路で児童生徒等に危害が加えられる事件の発生などが大きな社会問題となっている。そこで、多くの小学校では安全教育の一環で、児童の安全意識を高めることを目的とした「安全マップ活動」が行われている。本研究では、安全マップ活動をタブレット端末により効果的に支援する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利便性向上を目的とした機能の改善についての報告を行う。

キーワード: 小学校安全教育, 防犯, 防災, 交通安全, タブレット端末

1. はじめに

文部科学省「学校安全の推進に関する計画」によると学校現場では、学校安全について十分な時間がとりにくい現状であることがあげられている⁽¹⁾。文部科学省「学校安全の推進に関する計画に係る取組状況調査」を見ると安全マップ作成実施率が平成 23 年度は 85.1%であったのに対して平成 27 年度では 55.1%と大きく減少している^{(2) (3)}。文部科学省「第 2 次学校安全の推進に関する計画」では、児童生徒等にいかなる状況下でも自らの命を守り抜くとともに、安全で安心な生活や社会を実現するために主体的に行動する態度を育成する安全教育を推進することが不可欠である⁽⁴⁾とされている。本研究では、安全マップ活動を Android タブレット端末により支援するアプリケーションの開発を行っており、より効果的に安全マップ活動の支援を行うことを目的としている。

本稿では、アプリケーションの利便性向上を目的と

した機能の改善についての報告を行う。

2. アプリケーションを使用した安全マップ活動について

2.1 安全マップ活動の概要

安全マップ活動とは、「防犯」、「防災」、「交通安全」の 3 つの観点において児童の安全意識を育むことを目的とした教育の一環で、フィールドワークを通じて自分の住んでいる地域の安全な場所や危険な場所について調べ、地図にまとめ、安全に関する意識を育む活動である。

小学校での基本的な安全マップ活動の流れの概要について図 1 に示す。

2.2 アプリケーションを使用した安全マップ活動

以下に安全マップ活動に対応するアプリケーションの各モードについて説明する。

2.2.1 デスクワークモード

デスクワークモードは、フィールドワークで使用する各班の活動エリアを設定することができる。安全マップ活動では図1の事前準備の活動エリアの設定に対応している。また、児童や教員が防災施設や災害時の避難場所などを登録することができ、登録したポイントはフィールドワーク時のマップに表示することができる。

2.2.2 フィールドワークモード

フィールドワークモードでは、デスクワークモードで設定した活動エリア内の安全・危険な場所を写真、メモを用いて登録する。登録の際にはタブレット端末のGPS機能を用いて登録地点を正確に記録することができる。

2.2.3 まとめモード

まとめモードは「発表準備・紙地図準備」モードと「発表会」モードに分かれる。「発表準備・紙地図準備」モードでは、フィールドワークで登録したポイントの編集や、発表会で発表するポイントを選択したり、紙地図に印刷するポイントを選択したりすることができる。このモードの紙地図準備は、図1のマップ作成に対応している。また、「発表会」モードでは、発表するポイントの写真や地図、メモ等をスクリーンに投影して発表することができる。

3. アプリケーションのブラッシュアップ

3.1 ポイント登録時のカメラ機能

3.1.1 ポイント登録時のカメラ機能の改善

ポイント登録の際はカメラ機能を実現するためのものを使用しているが、Android5.0より新たなAPIが発表されたため、このAPIを使ったカメラ機能の改善を行った。この新しいAPIは、従来使用されていたAPIに比べ拡張性に優れているため今後においてもスムーズに新機能の開発などに生かすこともできると考えられる。

3.1.2 ポイント登録時のカメラ機能UIの変更

ポイント登録時のカメラ機能の撮影とズーム方法について、ユーザーインターフェースの変更を行った。今までは、操作の単純さを考え、撮影は画面上の任意の場所のタップ、ズームは画面下部のシークバーによ

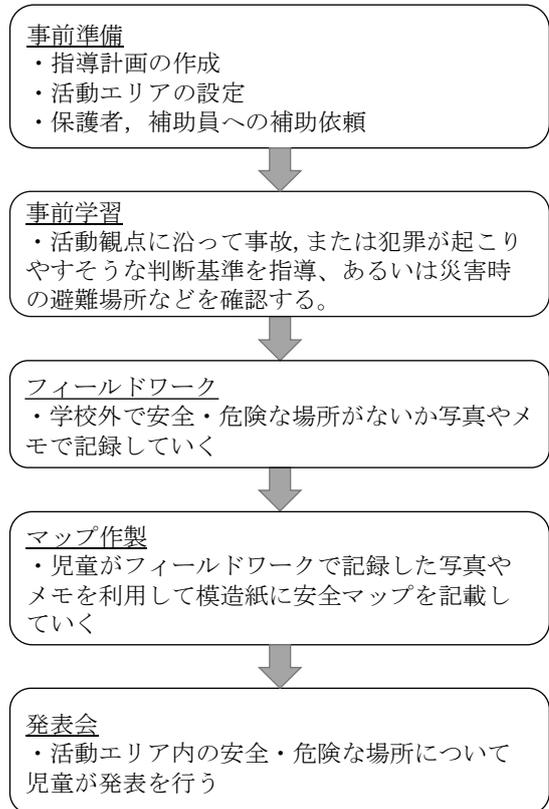


図1 安全マップ活動の流れ

って行っていた。しかし、活動の中でズームをする際や画面に誤って触れてしまった際に、意図せず写真が撮影されてしまうなどの誤操作も見受けられたことに加え、現在スマートフォンの普及により児童も携帯端末の操作に慣れてきている。そのため、一般的に多く見られるボタンを用いた撮影、ピンチインによるズームを用いることとした。変更前と変更後の画面レイアウトを図2, 図3に示す。

3.2 端末間のデータ共有機能

3.2.1 端末間のデータ共有機能の改善

活動中に登録したポイントなどのデータをタブレット端末間で共有するためのデータ送受信機能が実装されている。この機能はWi-fi Directによって実現されている。現在、近傍接続用APIがGoogleによって公開されており、このAPIはBluetoothやWi-fiなどの通信方法をアプリケーションが選択して使用することで、近距離のデバイスと接続を可能にする。今回は通信の安定や利便性の向上を図るために、このAPIを使用することにした。またOSのバージョンの違いによる対応が不要なことや、適宜通信方法切り替え帯域幅を増加させる事ができるようなメリットを得ることができるとされている。現在はデータ送受信機能の実装

が完了している。

3.2.2 端末間のデータ共有機能 UI の変更

前節に記した端末間通信機能の改良に併せて、操作性向上のためのユーザーインターフェースの変更を行った。この機能にはホストとなるモードとクライアントになるモードがある。今回はこの両方のモードについて変更を行った。ホスト側の変更については、今まで画面右側に設置されているグループリストであらかじめ通信先端末を選択してから送信、または受信を行う操作手順となっていた(図4)。しかし、通信先端末の選択用ボタンと、通信先端末の選択が不要な一括送信用ボタンが1つの画面に共存しているのはわかりやすさの低下につながる可能性があると考え、端末の選択と一括送信を統合し、シンプルなUIとした(図5)。通信先端末の選択はダイアログで表示させたチェックボックスを用いて行うように変更した(図6)。クライアント側の変更については、今まで送受信の手順について説明文を表示していたがそれを最小限に減らし、ホスト側UIと区別をつけるためにボタンの配置を横並びにした。変更前と変更後を図7、図8に示す。



図2 カメラ旧画面レイアウト



図3 カメラ新画面レイアウト



図4 ホスト側旧レイアウト



図5 ホスト側新レイアウト



図6 通信先選択ダイアログイメージ図



図7 クライアント側旧レイアウト



図 8 クライアント側新レイアウト

4. おわりに

今年度の安全マップ活動を通じ、アプリケーションの利便性向上につながる改善案を見出した。今後は、改良をしたカメラ機能やデータ送受信機能、それらのUI について実際の安全マップ活動やアンケート結果などにより、変更前の機能と比較してさらにより良いものへと改善していく必要がある。

謝辞

本研究を行うにあたり、ご協力頂きました小学校の教員、児童、関係する皆様に心から感謝を申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 文部科学省: 学校安全の推進に関する計画,
http://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/anzen/_icsFile/s/afieldfile/2012/05/01/1320286_2.pdf (2018 年 12 月 11 日確認)
- (2) 文部科学省: 学校安全の推進に関する計画に係る取組状況調査 (平成 23 年度実績),
<https://anzenkyouiku.mext.go.jp/report-gakkouanzen/data/report-h23.pdf> (2018 年 12 月 11 日確認)
- (3) 文部科学省: 学校安全の推進に関する計画に係る取組状況調査 (平成 27 年度実績),
<https://anzenkyouiku.mext.go.jp/report-gakkouanzen/data/report-h27.pdf> (2018 年 12 月 11 日確認)
- (4) 文部科学省: 第 2 次学校安全の推進に関する計画 (2017/3/24),
http://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/anzen/_icsFile

子どもの動作からの関心推定に向けた センシングシステムの開発

浅利 恭美^{*1}, 山田 徹志^{*2}, 青柳 燎^{*3}, 騰川 裕太^{*3}, 大森 隆司^{*3}

*1 玉川大学大学院工学研究科 *2 玉川大学脳科学研究所 *3 玉川大学工学部

Development of a sensing system for estimating interest from child's behavior

Yukimi Asari^{*1}, Tetuji Yamada^{*2}, Ryo Aoyagi^{*2}, Yuta Togawa^{*2}, Takashi Omori^{*2}

*1 Tamagawa University, Graduate School of Engineering, *2 Tamagawa University, Brain
Science Institute, *3 Tamagawa University, School of Engineering

現在, 幼児教育学領域では質的研究を用いた子どもの成長・発達の評価が行われている。これは, 有識者(教育実践者・研究者)の実践経験に基づいた直感的な解釈よりなされ, 子どもの心の状態を解釈し成長・発達の評価を実施する上で有効な手法である。一方, その作業には膨大な時間と労力が必要であり分析場面にも制約がある。この問題に対し本研究では, 子どもの物理的な動作をセンシングし, 子どもの心の状態(関心)を推定する技術開発を行い, 幼児教育の研究者および実践者の作業支援を目指す。以上より本稿では, 子どもの関心推定に向けた動作のセンシング手法について報告する。

キーワード: アフェクティブコンピューティング, 機械学習

1. はじめに

現在, 幼児教育学では, 子どもの行動を質的分析により解釈し, 育ちの状態(個々の発達の状態)を評価する研究が行われている。この方法は, 研究者や教育実践者(幼稚園教諭・保育士)の経験に基づいた直感的な解釈により子どもの心の状態を記述しており, 教育学研究において重要視される人と事象とのインタラクションの形成過程を紐解く上で有効な手法である。

一方, 課題となるのが人手による膨大な作業と記録事例の制限である。さらに, 分析結果は定性的なものになりがちで客観性の担保にも限界がある。これらの問題に対し本研究では, 幼児教育研究を支援する新たな手法として, 子どもの心の状態(関心)を「見える化」するIT技術を開発し, 定量的かつビックデータを用いた幼児教育研究支援技術の実現を目指す。

幼児教育研究者・実践者は, 子どもの日常的な生活や遊びにおける動作を観察し, その都度, 心の状態(関心)を読み取ることで, 心情・意欲・態度を基礎とし

た子どもの育ちの度合を評価している。これより我々は, 子どもの関心推定へ関与する情報は, 子どもの動作(物理的な行動量)の中にあり, その詳細な観察により関心推定が可能であると考え。そこで, 本研究は工学的な手法により子どもの動作をセンシングすることからの関心推定を目指す(1)。

そのため本研究では, ステレオ画像計測および人工知能による画像処理 OpenPose(2)を用いた3次元骨格検出を行った。その際, OpenPoseによる骨格検出の揺らぎによる骨格の揺らぎを解消するためにテンプレートマッチングによる画像処理を行った。本発表のその結果について報告し, その手法の可能性を議論する。

2. 頭と体の位置・向きによる関心推定

我々は, 子どもの関心を推定するための定量的な指標として, 頭と体の位置・向きに着目した。人は何かに関心を見出している際は, その対象によって行く。また, 関心対象を一定時間注視し続ける。この動作は,



図 1 取得画像

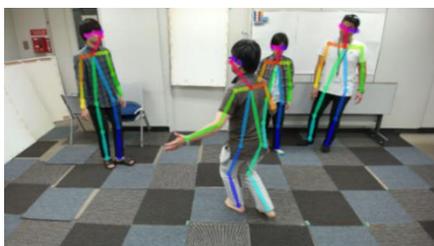


図 2 OpenPose の出力結果

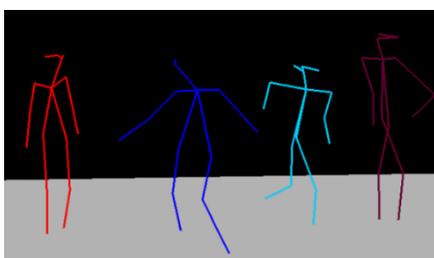


図 3 正面から見た 3次元再構成結果

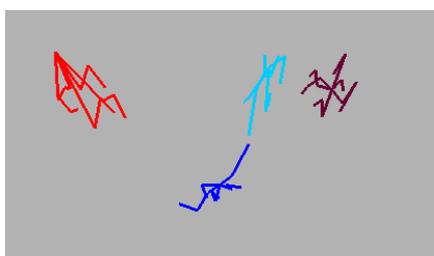


図 4 上部から見た 3次元再構成結果

頭と体の位置・向きを観察することで検出できる。特に子どもは、正直に関心対象の方を向いて注視する傾向が高いと考えられる。実際、山田らは子どもの関心推定に対する体や頭の位置と向きの有用性を示している(3,4)。これより我々は、物理的な行動の観察を通じた子どもの関心推定の手法を検討した(5)。

3. センシングシステム

3.1 センシングの手法

本手法で人の関心を推定するには、3次元的な頭と体の位置・向きといった姿勢の検出を連続的に行う必要がある。そこで、複数台の 4K カメラによるステレオ計測を用いて幼稚園での教育活動場面を 10fps で撮影・録画する。4K カメラを用いることで顔などの身体

パーツの検出可能範囲を広げ、ステレオ計測によって立体視を可能とした。得られたステレオ画像に対して、2D 画像から人物の骨格検出が可能な OpenPose を用いて人物の骨格の特徴点を抽出した。この出力から人物の骨格の 3次元再構成を行い、人物の姿勢推定を可能とした。

3.2 OpenPose による 3次元再構成

OpenPose による人物骨格の検出結果は、1つの画像中に複数人いる場合は順不同で出力される。順番が異なると左右画像で対応せず 3次元再構成を行うことができないため、人物骨格の画像中の位置の変化量により個人の骨格をフレーム順に 2次元的に追跡し、さらに左右画像での特徴点の対応付けを行った。その後、3次元再構成を行った。

検証として、成人 4名に対して 1台のステレオカメラを用いて計測を行い、6秒間の場面に対して 3次元再構成を行った。取得画像(図 1)より OpenPose を用いて骨格検出(図 2)を行い、3次元再構成(図 3, 図 4)を行った。図 3より 3次元的な姿勢推定が可能であることが示された。しかし、手足の位置には揺らぎがあり、さらに揺らぎのために奥行方向に大きなズレが生じていた(図 4)。ズレが生じる原因は、OpenPose による骨格検出の結果の揺らぎであった。OpenPose は左右画像のそれぞれで骨格を検出するため、得られた特徴点がゆらいでもそのことを知ることはできなかった。この問題に対して我々は、骨格検出後の処理を行うことで解決を図った。

3.3 テンプレートマッチングによる揺らぎ補正

OpenPose の揺らぎの問題に対して画像処理の手法のテンプレートマッチングを用いて揺らぎの補正を行った。これは、一方の画像の特徴点の検出位置を基準として、輝度の相関を用いてもう一方の画像から同じ位置を探索する手法である。

この手法を用いて、4秒間(40フレーム)の静止状態の人物に対して 3次元再構成を行った。また、関心推定には頭と体の向きが重要であるため、肩周辺が重要と考え、図 3より比較的安定している首、右肩、左肩の連続時間による奥行方向の揺らぎをグラフ化した(図 5, 図 6)。図 6より、前後フレームと比較して



図5 対象人物の取得画像（左）と OpenPose による骨格検出結果（右）

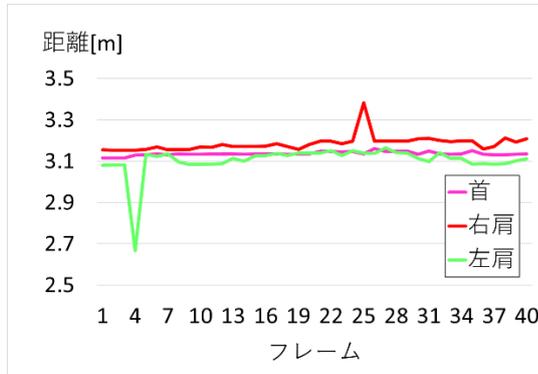


図6 肩周辺における奥行方向の揺らぎ

表1 肩周辺の揺らぎ
(全データの標準偏差)

特徴点	奥行方向	横方向	高さ方向
首	0.9cm	0.5cm	0.4cm
右肩	3.7cm	0.8cm	1.3cm
左肩	7.4cm	0.6cm	1.9cm

表2 肩周辺の揺らぎ
($\pm 2\sigma$ を超えたデータを削除した後の標準偏差)

特徴点	奥行方向	横方向	高さ方向
首	0.6cm	0.5cm	0.3cm
右肩	1.9cm	0.6cm	0.6cm
左肩	2.4cm	0.5cm	0.7cm

4フレーム目では左肩に約40cm以上、25フレーム目では右肩に約18cm以上のズレが生じていることが分かる。これらの原因は、4フレーム目では基準とした画像におけるOpenPoseの検出結果が、対象フレームと前後フレーム間で横方向に約10ピクセル以上ズレたことによると考えられる。また、25フレーム目ではテンプレートマッチングの際に服の柄によって誤認識が生じていた。このような外れ値を除いた全データに対する標準偏差(表1)と $\pm 2\sigma$ の区間のデータを削除した標準偏差(表2)を算出した。これより、外れ値を

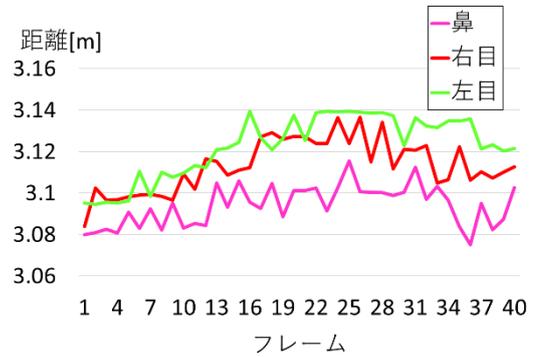


図7 頭部周辺における奥行方向の揺らぎ

表3 頭部周辺の揺らぎ
(全データの標準偏差)

特徴点	奥行方向	横方向	高さ方向
鼻	1.0cm	1.6cm	0.9cm
右目	1.2cm	0.8cm	0.4cm
左目	1.5cm	0.6cm	0.4cm

表4 頭部周辺の揺らぎ
($\pm 2\sigma$ を超えたデータを削除した後の標準偏差)

特徴点	奥行方向	横方向	高さ方向
鼻	0.9cm	1.6cm	0.9cm
右目	1.2cm	0.8cm	0.4cm
左目	1.5cm	0.5cm	0.4cm

取り除くことで標準偏差2.4cm以下となり、これは人の姿勢を推定する上で許容範囲と考える。頭部周辺に関しても同様に評価、検証を行い図7、表3、表4にまとめた。頭部周辺に関しては、 $\pm 2\sigma$ の区間において約1.5cm(センサからの距離にして0.5%)以下という高精度の結果が得られた。

4. 関心推定の半自動化に向けて

ここまで、ステレオ画像とOpenPoseによる姿勢推定について述べた。本研究の目標は子どもの関心の推定であり、特定の対象を注視するという行動が継続していることの検出が必要である。

人が見ている方向を推定するには、視線計測、頭の向き、体の向きなどの計測が必要である。このうち視線の向きは遠隔からの計測は現状では困難である。それに代わっての頭の向きは、多くの表情認識ソフトでは計測されていない。一方で、表4に示された目の位

置の揺らぎは両目の間隔 6~7cm と比較してかなり大きく、そのまま両目の位置から頭の方を推定することは難しいと考えられる。結果として、体の向きを表 2 にある左右の肩の位置から推定するというのが最も可能性が高く、その精度評価は今後の課題である。

いずれの方法を取るにせよ、本センシングシステムでの計測はオクルージョンが発生すると機能しないため、オクルージョンの発生時の計測データの評価が必要であり、実用的には全自動での推定は困難と考えられる。そのため、計測の事後に測定結果を評価してオクルージョン発生時のデータは除外あるいは補間する処理を適用する、人手による作業が必要になると考えられる。そのためのツール開発もまた課題である。現在、画像から人の行動をアノテーション（記述）するツールはいくつか市販されているが、このような機能はまだ含まれておらず、またそれを付加するソフトウェア IF が公開されているものも見当たらない。既存のアノテーションツールとの統合ができることが望ましい(6)。

5. まとめと今後の展開

本稿では、関心は動作に現れると考え、骨格検出による 3 次元再構成を行い、連続的な姿勢推定を検討した。OpenPose による骨格検出には揺らぎが生じていたが、テンプレートマッチングによる揺らぎの補正によって高精度での姿勢推定の可能性が示唆された。しかし、テンプレートマッチング後の 3 次元再構成においても大きな外れ値は生じた。そのため検出された骨格の特徴点の位置に対してフィルタ処理を行い、正しい位置を検出する必要がある。また、本稿では 1 台のステレオカメラによる検証であったが、それではオクルージョンの発生は避けられない。それに対してはカメラ複数台を利用した計測とデータの統合が必要であろう。現在、ご協力いただいている幼稚園で複数台での計測を開始した。今後は、画像処理による姿勢推定の精度向上、および複数台のカメラの統合、そのためのツール開発を行い、少ない労力・高い精度での関心推定を実現したい。

画像からの姿勢推定・関心推定がある程度の精度で実現できたなら、その利用範囲は大きい。本研究は保

育・乳幼児教育の実践の場での利用を意図しているが、高齢者ケアもまた有力な応用フィールドである。幅広くはマーケティングなどへの応用も考えられるが、関心という人の心の状態を推定する技術は個人情報の観点からは利用に注意が必要である。この点を踏まえて、慎重に応用領域を検討していきたい。

謝辞

本研究は、産業技術総合研究所人工知能研究センターからの委託研究として実施された。支援に感謝する。また、研究のサポートして下さった宮田真宏氏に感謝する。

参考文献

- (1) 山田徹志, 肥田竜馬, 宮田真宏, 大森隆司, 中村友昭, 長井隆行, 岡 夏樹: “子どもの関心の推定を通じた保育の質の客観化の試み”, 日本教育工学会第 33 回全国大会, 講演論文集, pp.775-776, (2017)
- (2) Zhe Cao, Tomas Simon, Shih-En Wei, Yaser Sheikh: “Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields”, cao2017realtime, (2017)
- (3) 山田徹志, 肥田竜馬, 宮田真宏, 大森隆司, “AI による保育研究支援システム開発に向けた予備的調査 - 子どもの関心推定を目指して-”, 人工知能学会全国大会予稿集, (2018)
- (4) 山田徹志, 浅利恭美, 宮田真宏, 中村友昭, 長井隆行, 岡夏樹, 大森隆司: “AI により子どもの発達・教育研究を支援する分析手法の検討- 子どもの位置・向き情報による関心の推定 -”, 日本教育工学会 第 32 回全国大会, pp.51-52, (2018)
- (5) 浅利恭美, 山田徹志, 宮田真宏, 大森隆司: “子どもの関心推定のための行動センシングシステムの開発”, 日本教育工学会第 34 回全国大会講演論文集, pp.679-680, (2018)
- (6) 大村廉: “ATLAYA:アノテーションと行動分析ツールの統合による行動ラベル取得労力の低減と柔軟な分析環境”, 知能と情報 Vol.28, No.6, pp.899-910, (2016)

認知機能の評価及び維持・促進を目的とした

Android アプリケーションの開発

—服薬支援の実装—

笠間直樹^{*1}, 小久保奈緒美^{*2}, 今藤陽菜^{*1}, 吉本定伸^{*1}

^{*1} 国立東京工業高等専門学校

^{*2} 国立精神・神経医療研究センター

Development of Android Application for Assessment, Maintaining and Improving of Neurocognitive Function

—Implementation of Medication Support—

Naoki Kasama^{*1}, Naomi Kokubo^{*2}, Hina Imafuji^{*1}, Sadanobu Yoshimoto^{*1}

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

^{*2} National Center of Neurology and Psychiatry

今後、日本では認知症有病者数の更なる増加が見込まれており、2025年には約700万人（65歳以上の約5人に1人）に上ると推計されている。そのため、認知症の早期診断・発症予防・進行鈍化に関する取り組みが重要視されている。本研究では、『User eXperience-Trail Making Test: UX-TMT』（Kokubo N. et al., 2018）を発展させ、認知症を予防する新たな遠隔医療・ヘルスケアプログラム『Information technology assisted - Cognitive Assessment & Neurobehavioral enhancement program for Dementia: i-CAN』における、認知機能の評価・トレーニング用アプリケーションの開発を進めている。本稿では、本アプリケーションにおけるライフログの一つの機能として実装した服薬支援機能に関する報告を行う。

キーワード: Android アプリケーション, 認知症, 服薬支援, ライフログ

1. はじめに

近年、日本は急速な高齢化に伴い認知症有病者数が増加の一途を辿っている。将来推計を見ると2012年に462万人（65歳以上の7人に1人）だった認知症患者数が2025年には約700万人（5人に1人）になると見込まれており、認知症の早期診断・発症予防・進行鈍化に関する取り組みが重要視されている⁽¹⁾。認知症の前段階に当たる軽度認知障害(Mild Cognitive Impairment: MCI)や認知症の早期では、薬物療法や非薬物療法による予防と進行鈍化の効果が期待されている。認知症予防の非薬物療法では、血管リスク管理や運動、食事療法、認知機能トレーニングなどに介入効

果があることが報告されている⁽²⁾。

近年、モバイルデバイスを活用した認知機能トレーニングや認知症予防を目的とする支援アプリケーションは多数開発されてきた。しかし、信頼性や妥当性の検証とエビデンスの確立には課題が残されている。

筆者らはこれまで、Trail Making Test: TMT と Advanced Trail Making Test: ATMT⁽³⁾を発展させた認知機能評価・トレーニング用アプリケーション『User eXperience-Trail Making Test: UX-TMT』を開発してきた⁽⁴⁾⁽⁵⁾。本研究では、UX-TXT をさらに発展させ、認知症を予防する新たな遠隔医療・ヘルスケアプログラム『Information technology assisted -

Cognitive Assessment & Neurobehavioral enhancement program for Dementia: i-CAN』で用いる、認知機能の評価・トレーニング用 Android アプリケーションの開発を進めている。

本稿では、本アプリケーションにおいて現在開発を進めているライフログの一つの機能として、服薬支援機能について報告を行う。

2. アプリケーション概要

本アプリケーションは、認知機能評価に用いる①検査と認知機能の維持・促進を図る②トレーニング、生活習慣や行動の記録を行う③ライフログから構成される。図 1 に現在の本アプリケーションの概要を示す。以下、サポーターは医療従事者を、ユーザーは患者を表す。本アプリケーションでは各利用者に適した機能を提供するため、サポーターが利用する機能とユーザーが利用する機能を独立させている（図 1）。

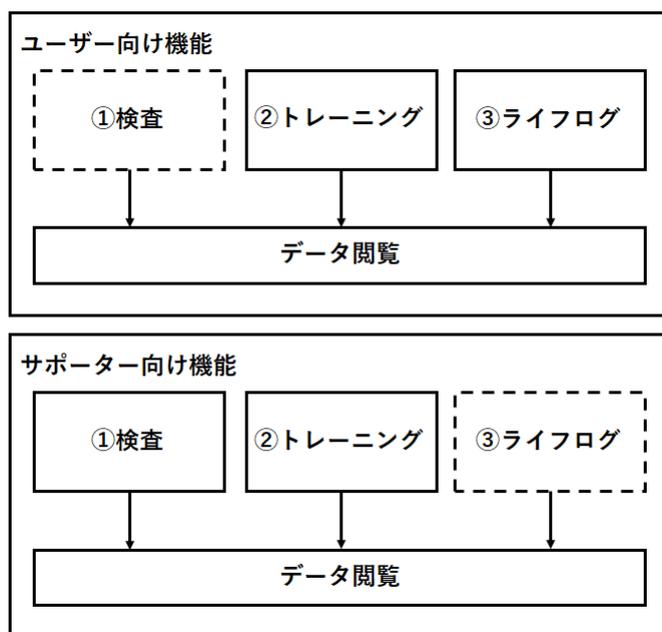


図 1 i-CAN アプリケーションの概要

2.1 ライフログとは

ライフログは生活習慣や行動の連続した記録のことであり、日記のように紙に記入する場合とデジタル機器を利用し記録する場合がある。

本研究では、アプリケーションを通じてライフログの作成を行う。ライフログのフィードバックは、ユーザーのセルフモニタリングやアプリケーションの継続的な利用をサポートし、医師による診察や治療、医療

従事者や家族介護者とのコミュニケーションに役立てられることが期待される。

2.2 従来の服薬支援

服薬支援を行う背景として、高齢者では多剤併用や飲み忘れの問題が指摘されている。従来の服薬支援ツールには、薬の飲み忘れや飲み誤りを防ぐために処方薬の用法ごとに仕切りで薬を管理する服薬ボックスや服薬カレンダー、多剤を1つの包装にまとめる一包化、服薬の時間帯になった時にアラームで知らせる服薬支援アプリケーション等が存在する。

2.3 i-CAN アプリケーションにおける服薬支援

本アプリケーションにおける服薬支援は、薬の種類や用法・用量を視覚的に表示することにより、飲み忘れや飲み誤りを防ぐことを目的としている。ユーザーは i-CAN アプリケーションで認知機能トレーニングを行った際、同時に同一媒体で処方箋の確認や服薬の記録が可能になる。また、服薬履歴として服薬回数と時刻を記録することにより、ユーザー自身による確認のほか、家族や医療従事者とのコミュニケーション、医師による診療や研究にも活用することができる。

このように、従来の服薬支援アプリケーションが持つ機能に加え、認知機能トレーニングの履歴と一括管理できる点が特徴である。

3. ライフログの改善と服薬支援機能の実装

本アプリケーションの開発はユーザーの体験 (User eXperience: UX) を軸に据え、開発中の成果物を実際のユーザーが使用した際の使用感について聞き取りを行い、仕様の改善や変更を行ってきた。

改良前のユーザー向けアプリケーションでは、データ閲覧で表示されるカレンダーからトレーニングの成果と実施履歴を閲覧することができた（図 2）。一方、改良後のユーザー向けアプリケーションでは、データ閲覧で表示されるカレンダーでトレーニングの成果と実施履歴、服薬履歴とスケジュール等を一括して確認できるよう改良を行った（図 3）。



図2 改良前のデータ閲覧カレンダー画面



図3 改良後のデータ閲覧カレンダー画面

3.1 服薬支援機能の実装

服薬支援は、ユーザーが処方された薬を飲み忘れることなく、正しく服用できることをサポートする目的で実装した。同時に、ユーザーの服薬状況を家族や医療従事者が確認でき、診療や治療に役立てられることを目的とした。服薬支援機能は、①処方箋登録、②服薬状況の記録、③服薬履歴の閲覧から構成される。

3.1.1 処方箋登録

処方箋登録では、処方箋を受け取る日にサポーター、ユーザーやその家族が処方箋の内容を確認し入力することを想定し、ユーザーが処方された薬の種類、用法・用量、処方された日数、次回通院日が設定できる。

3.1.2 データ閲覧の改良

図3のカレンダー画面は、薬の用法・用量と視覚的イメージを示すアイコンを表示し、トレーニング履歴と服薬履歴が1つのカレンダーから記録・閲覧出来る。服薬後にアイコンをタップすると、アプリケーションが自動的に服用された薬と時刻を記録する。記録後、タップしたアイコンは非表示になるため、ユーザーはアイコンからその日の残薬数を確認することができる。

改良前のデータ閲覧カレンダーには、トレーニング履歴を示すアイコンを表示していた。改良後のデータ閲覧カレンダーでは、服薬完了、1週間継続達成、再診日のアイコンを追加して実装した。

服薬完了のアイコンはその日の薬を全て正しく服薬すれば表示される。また、継続して1週間正しく服薬できた場合には、服薬に関する動機付けを目的として、1週間継続達成のアイコンを表示する。再診日のアイコンは、処方箋登録で設定した再診日を参照し表示している。

ユーザーとサポーターは、これらの機能を活用し服薬状況とトレーニング履歴、再診日等を共有することが可能である。また、表示を1画面にまとめてスクロールや画面遷移の回数を最小限に留めたことにより、利便性を含めたユーザーの使用感向上⁶⁾が期待される。

3.1.3 出力される記録内容

服薬支援の記録には服薬を行った時刻等が保存されている。それらの記録は、健康管理や安全管理と同時にサポーターとユーザーのコミュニケーションツールとして活用するため、タブレット端末のストレージに出力している。

4. おわりに

本研究では、認知症を予防する新たな遠隔医療・ヘルスケアプログラム『i-CAN』で用いる、認知機能の評価・トレーニング用アプリケーションの開発を進めている。

本稿では、主にi-CANアプリケーションの服薬支援機能について報告した。今後は、再度ユーザーに使用感調査を行い、服薬支援機能の利便性向上とライフログの新規機能の検討を進めていく。

謝辞

本研究を進めるにあたりご協力いただいた、国立研究開発法人国立精神・神経医療センターの村田美穂先生、堀越勝先生、横井優磨先生、斎藤勇二先生に感謝の意を表します。

本研究はJSPS 科研費 17K04484 の助成を受けたものです。

参 考 文 献

- (1) 国立研究開発法人日本医療研究開発機構産学連携部医療機器研究課: “未来医療を実現する医療機器・システム研究開発事業「認知症の早期診断・早期治療のための医療機器開発プロジェクト」基本計画”(2016)
<https://www.amed.go.jp/content/000004408.pdf> (2018年11月21日確認)
- (2) Tiia Ngandu, Jenni Lehtisalo, Alina Solomon, Esko Levälähti, Satu Ahtiluoto, Prof Riitta Antikainen, Prof Lars Bäckman, Tuomo Hänninen, Prof Antti Jula, Prof Tiina Laatikainen, Jaana Lindström, Francesca Mangialasche, Teemu Paajanen, Satu Pajala, Prof Markku Peltonen, Prof Rainer Rauramaa, Anna Stigsdotter-Neely, Prof Timo Strandberg, Prof Jaakko Tuomilehto, Prof Hilikka Soininen, Prof Miia Kivipelto: “A 2 year multidomain intervention of diet, exercise, cognitive training, and vascular risk monitoring versus control to prevent cognitive decline in at risk elderly people (FINGER)a randomised controlled trial” , Lancet, 385, 9984, pp.2255-2263(2015)
- (3) Naomi Kokubo, Masumi Inagaki, Atsuko Gunji, Tomoka Kobayashi, Hidenobu Ohta, Osami Kajimoto, Makiko Kaga: “Developmental change of visuo-spatial working memory in children: Quantitative evaluation through an Advanced Trail Making Test”, ELSEVIER, 34, 10, pp.799-805(2012)
- (4) 小久保奈緒美, 渥美亮祐, 川久保亮, 後藤健太, 柴田尚輝, 平真宙, 諸星匡吾, 吉本定伸, 浅野敬一, 青木宏之: “高専における新時代の技術者養成と社会実装を通じた当事者及び医療従事者との協働による医療現場の潜在的ニーズの顕在化と課題解決のための実践研究－認知機能の評価とトレーニングを目的としたタブレット版 Trail Making test:TMT 開発の試み－”, 第1回 CEPD 研究会抄録集, p13 (2015)
- (5) Naomi Kokubo, Yuma Yokoi, Yuji Saitoh, Miho Murata, Kazushi Maruo, Yoshitake Takebayashi, Issei Shinmei, Sadanobu Yoshimoto, Masaru Horikoshi: “A new device-aided cognitive function test, User eXperience-Trail Making Test (UX-TMT), sensitively detects neuropsychological performance in patients with dementia and Parkinson's disease.” , BMC psychiatry, 18, 220(2018)
- (6) 三島成美, 丸龍之介, 渥美亮祐, 福島シオン, 小久保奈緒美, 吉本定伸: “認知機能の評価及び維持・促進を目的とした Android アプリケーションの開発 –UI/UX の検討と実装–”, JSiSE Research Report vol.32, no.4, pp27-30 (2017)

スマートフォンでの入力に配慮した反転学習用ランダム問題 の開発

吉富 賢太郎

大阪府立大学 高等教育推進機構

On development of randomized multichoice quizzes for using with mobile phones

Kentaro Yoshitomi

Faculty of Liberal Arts and Sciences, Osaka Prefecture University

大学における専門基礎数学の授業において、反転授業の取り組みはまだ始まったばかりである。これまで筆者は短時間の動画を開発してきたが、視聴確認テストが対面授業設計には重要である。旧来は Moodle 上 CAS ベースで動作する STACK を主に用いて行ってきたが、行列の成分入力等煩雑さがあり、学生の負担となっている。一方、多肢選択問題は知識習得を目的とした場合に多用されてきた問題形式で概念理解を中心とする数学においては有効性に疑問があった。しかし、スマートホンを常用する学生向けにとって、入力が平易であり、CAS を用いて大量のランダム化された数値データを利用した多肢選択問題を Moodle のランダム出題機能を用いて利用する方法の有効性に着目するようになった。開発のポイントと活用事例、今後の展望について報告する。

キーワード： 数学教育, LMS, 多肢選択問題, CAS

1. はじめに

1.1 動機と背景

線形代数や微積分学のような大学における専門基礎数学科目において反転授業・反転学習の事例はまだ極めて少ないと言ってよい。線形代数については、特に例えば本学では後期に展開されるような抽象的な内容に関しては、一層実施が困難なのが実情である。原因として、数学が知識習得よりも主に概念理解を中心とする科目であるという特異性が影響していると考えられる。

このような状況にあって、反転授業を実施するには、動画教材の視聴や対面授業の前後において学生がさまざまな概念をどの程度理解しているかを把握することが肝要である。数学理解の認知科学的な解釈は困難な課題であり、筆者は明るくないが、多角的にさまざまな表現で問い掛けを行うことにより理解の程度を把握することは可能と考える。

例えば、基底の定義を理解しているかはさまざまな部分空間の基底を解答させることにより把握できる。計算が必要な場合もあるが、数値的にランダム化されて

いても計算不要でかつ思考が必要とされる問題は開発可能である。また、次元と組み合わせれば次元の概念の理解を確認することができ、数ベクトル空間の次数と混同していないかを確認することもできる。

このような理解度を問うテストをさまざまなタイミングで実施するには1週間毎に実施する授業内の紙ベースの課題やテストでは間に合わない。特に動画視聴確認の場合、授業冒頭で回収するプリントで行っていたのでは授業設計上も間に合わないのである。したがって、授業時間外学習を ICT を活用して行う他にすべはない。

1.2 数学教育における ICT 利用

上述のように ICT の活用は動画視聴確認の他、木目細かい理解度確認が必要な場合には必須であるが、もちろん、授業内での実施も視野にいれた成績評価を目的とする小テスト、理解度促進のための自宅外学習、クラス規模により学力差が大きい場合の補習課題などさまざまな用途も考えられる。

このように活用範囲の広い ICT であるが、実際に使われている具体的事例としては Moodle 等の LMS や

また、CAS の 1 つである Maxima を利用する Moodle の問題プラグインである STACK⁽¹⁾, 筆者の所属する大阪府立大学で運用している MATH ON WEB⁽²⁾や開発中の Moodle 用の MATH ON WEB プラグイン、また、世界的には M'obius courseware(旧 Maple T.A.)⁽³⁾, WeBWork⁽⁴⁾, Numbas⁽⁵⁾などがある。これら CAS を用いたシステムでのテストや学習は数学教育において特に重要な役割を果たす。

CAS を用いたシステムが必要である 1 つの理由は、ランダムに与えられた数値に対する答は (数学はよく答が 1 つと言われるのに反して) 一般には 1 つではなく、CAS を含め何らかのプログラミング言語を用いたアルゴリズムによってしか採点できない問題が多数あるからである。

1.3 CAS 利用の場合の問題点

一方で上述のようなシステムでは解答入力に骨が折れるという問題点も発生している。これは、昨今学生が主にスマートフォンを利用してこのような ICT を利用する、という状況に起因する。

1 つには、PC や Mac を主として利用する時代に比べて半角・全角の区別ができない (区別があることを知らないと思われる) 学生が多い、ということである。殆どの場合、情報リテラシー教育によって、1 年後半から 2 年次以降には解消されることが期待されるが、工学のような理系でもこの問題が発生した。

もう 1 つは、スマートフォン特有のキーボードにある。記号が出しづらいこともあり、数式の入力が困難な場合がある。x³+3*x+1 くらいならば問題ないが、((x+2)²*(x-1))/(x⁴-3*x³-2*x) のような長い式になると学生に負担となる。実際、文系クラスで図 1 の課題を出したところ、「こんな式の入力をさせて、答が正しいのに入力ミスで間違いなるような問題は認められない。」という強硬な異論がメールで送られてきた事例もある。

また、行列の入力にも問題があり、例えば PC や Mac ならば Tab キーを用いて入力欄の移動が容易だが、スマートフォンの場合は実際にやってみて非常に煩雑な作業であった。行列の成分が 20 個あるような問題を 3~5 題やらせるとそれだけで負担である。このことは 2017 年度の学生のアンケートから判明しており、実際に実験して確認した。

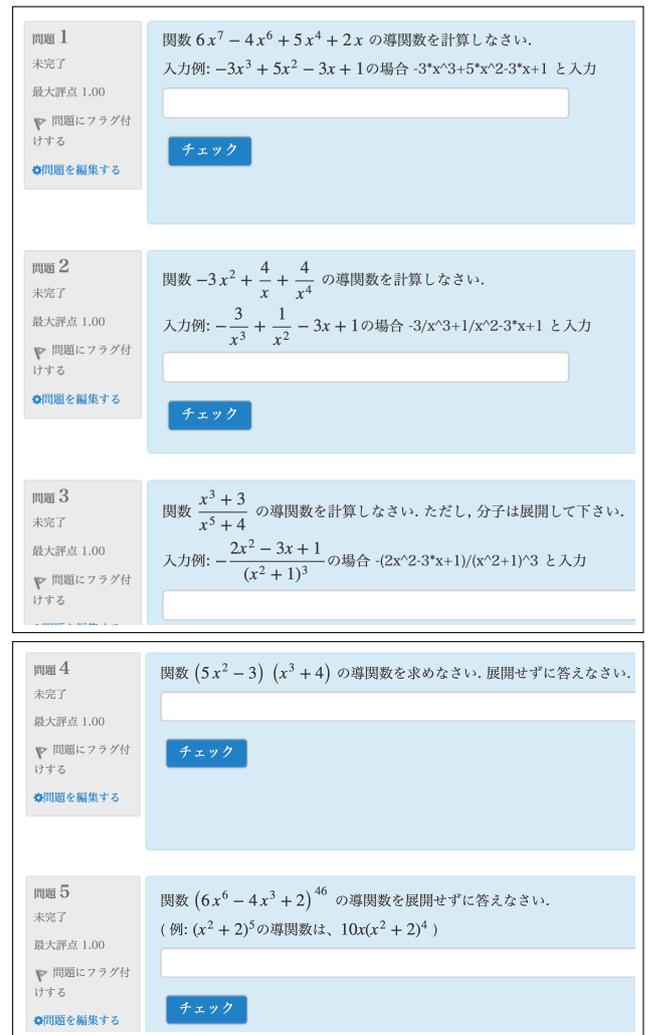


図 1 STACK の例 (基礎数学)

なお、STACK では FlickMATH⁽⁷⁾ や MathTOUCH⁽⁸⁾ という優れた入力支援の研究もあるが、まだ、一般的にシステムに採用されているわけではない上、行列の入力などで苦労する点はやはり問題となる。

このように、数学の問題を作るには非常に効果的な CAS ベースのシステムであるが、スマートフォンを日常的に道具として使用するようになった学生には入力という点で困難があり負担となる点は否めなくなってきたのである。

1.4 多肢選択問題の利点と欠点

一方、入力が平易な問題としては正誤問題や多肢選択問題があげられる。多肢選択問題は単にチェックして送信すれば解答できる問題形式であり、解答形式としては最も簡便なものであることは言うまでもない。したがって、上述のような評価や学習目的で数多くの問題を学生に解かせる場合には適した問題形式と言える。

多肢選択問題はその活用用途として、知識習得が中心で、一度解いてしまえば覚えてしまい、繰り返し利用

するのはあまり意味がないというイメージがある。

しかし、実際には単に正解はどれか、という知識のみを問うだけではなく、知識ベースの推論やヒヤリング等の言語テストでもよく用いられる。

ただし、従来数学の ICT 活用課題の形式としてはあまり使用されてこなかったと言える。一つには数学では知識よりも理解を重視する点が原因と考えられる。知識として問われる内容は非常に少ないので、固定化された問題では、教え合いや繰り返しにより簡単に覚えてしまい、ICT を活用する意味はほとんどないと言える。また、答が1つでない問題もあり、そのような問題に対して、選択肢をどのように作るかという問題は、大きな障壁となったのではないかと考えられる。

しかしながら、毎回異なる数値に対して正しい認識や理解がなければ正解を選択できないような(大量のパターンからなる)多肢選択問題を作ることができれば多肢選択問題形式も数学において活用できる可能性があると考えられる。さらに、語学テストと異なり、数学の場合は乱数をうまく用いることにより比較的所謂錯乱肢が作り易いという利点もある。

一般に Moodle 等の LMS における多肢選択問題では、高度なプログラミングを用いてランダムな問題を生成し、多様なパターンの選択肢を提示する機能はない。

しかし、カテゴリ内にある相当数の問題群から指定された問題数の問題をランダムに選択して提示する機能(ランダム出題機能)はある。したがって、ランダム化された多肢選択問題を潤沢に(例えば 100 題単位で)用意し、ランダム出題機能を用いて利用すればランダムな多肢選択問題が実現できる。

動画の視聴確認や授業時間外で日々の学習用途に多肢選択問題でも十分利用できるというのが本研究での着想である。特に計算が必要な問題というよりも計算が不要もしくは暗算程度しか要求されない、明確な概念理解が要求されるような問題が理想的である。

このような問題の開発と利用について、本稿では紹介したい。

2. 多肢選択問題

2.1 構造

Moodle における問題データはすべて XML 形式でやりとりすることができる。構造はシンプルで、XML を自

- 単一選択 (A 形式) か複数選択 (XX 形式) か。
- 問題文
- 正解とそれに対するフィードバックのリスト
- 誤答とそれに対するフィードバックのリスト
- 正答と誤答に対する配点 (%)

図2 多肢選択問題の構造

動生成することは比較的容易である。なお、多肢選択問題に必要なデータは図2の通りである。

他にいくつかオプションはあるが、「選択肢の並びをシャッフルするか?」などのフラグであり、基本的に固定値で運用して問題ない。

これらのデータを基に XML を生成し保存する基本関数群と線形代数など科目毎に多用する関数群をライブラリ化しておけば、XML の生成は比較的容易である。

2.2 開発方針

技術的には平易であることは前述の通りであるが、実際の問題の開発においては注意すべき点もある。

問題の開発方針として重要なポイントは「どのような誤答を用意するか」である。明らかに誤答とわかる選択肢を入れても意味がない。学生が自分の理解の誤りに気付くような問題が望ましい。

また、パターンを覚えてしまうような選択肢も論外である。見た目はほとんど同じだが、論理的な思考により排除することが要求される選択肢を設置すべきである。用語の用法の誤りなどはパターン化してしまうおそれがあるが正しいフィードバックと数値パターンとの組み合わせによって学習者に気付きを促すことは十分可能であろうと考える。

以上のような気付きや学びを誘発するような誤答選択肢は実際に学生が間違いやすそうな観点に基づいて生成されたものが適切であろう。

すなわち、過去の紙での演習やテスト・課題が記録された PDF に基づき、そこでの誤答を分析して、それらを基にした誤選択肢を生成することが重要である。

また、このような方法を用いれば、例えば数学では ICT で問にくいと考えられるような論述式の答案であってもよくある誤答や記号・用語の誤用・乱用例を織り交ぜて誤答パターンを作れば、学生がそれらを見比べ違いを分析し検討することによって、学習効果が上がることが期待される。このように学習した上で、紙のテストを実施したり、より高度な対面授業設計を行

1. 行列とベクトルの積を逆順に書いてしまう。
2. 微分なのに積分してしまう, または積分と混同してしまう。
3. 合成関数 $f(g(x))$ の微分を $f'(g(x))$ としてしまう。
4. 三角関数の微分の符号を間違える。
5. 積 $f(x)g(x)$ の微分を $f'(x)g'(x)$ とする。

図3 基礎数学における誤答例

1. 固有多項式の実数が行列のサイズと一致していないのに気づかない。
2. 対角成分の和と固有値が等しいという必要条件を用いたエラー判定を使わず固有値の計算をミスする。
3. 固有値の計算ミスや基本変形の違いにより $A - \lambda E$ を基本変形した結果正則になる。
4. 固有空間の次元が重複度と一致しないにもかかわらず対角化不可であることに気付かない。
5. 対角化判定のみ要求された問題で重複度1の固有空間の次元を調べようとする。
6. 重複度が1より大きい固有値があるだけで対角化不可能と判定してしまう。
7. 上のようなミスに気付かず, 基底をならべた正則行列 P の列ベクトルとして同じベクトルを並べたり, 0ベクトルを補って強引に正方行列にする, 正方行列でないものをそのまま答える。
8. 行列 A のサイズを rank A と表記してしまう。
9. 固有空間 V_λ の次元を $\dim(A - \lambda E)$ と表記する。

図4 対角化判定(線形代数)でのさまざまな誤答要因

なえば, 学生の論述でよく散見されるような不正確な用語使用例や不正確な議論が改善されたり, 学生の理解をより促進させることができると期待できる。

誤りの例として, 基礎数学の場合によく見られる誤答パターンを図3にあげた。また, 線形代数における対角化判定の問題における誤答の例を図4にあげた。このように多様な誤りが学生の答案には見られるが, 誤りパターンは例年だいたいこのような分類の範囲に収まるのも事実である。

これらをうまく段階を追って分類し, 誤答のパターンを組み合わせることにより, 適切な数のパターンを生成すれば, 学生がそこから正解を選ぶときに自分のミスに気付く可能性があると考えられる。

ただし, 正解が複数ある問題の場合は, 選択肢があまり多いと再び学生の負担となってしまうので, 誤答の数もある程度抑える必要がある。そのためには, 段階を追って問題を細分化する工夫が必要であろう。

2.3 開発の実際

現在, 開発は *Mathematica* を用いて行っている。

```
GenerateMCxml[Title_ , Single_ , Qhtml_ , CorrectList_ , IncorrectList_ , IncorrectPer_] :=
Module[{PERLIST = {"100", "50", "33.33333", "25", "20",
"16.66666", "14.28571", "12.5", "11.11111", "10"},
CORRECTPER, INCORRECTPER, SingleTF, ct, Cnum = Length[CorrectList],
ICnum = Length[IncorrectList], Tmpl1 = "", Per, Pat, Fdb, CIL, CILen, Ret},
(* If[Cnum=1, SingleTF=true, SingleTF=Single]; *)
SingleTF = Single;
If[SingleTF = "true", CORRECTPER = PERLIST[[1]], CORRECTPER = PERLIST[[Cnum]];
INCORRECTPER = "" < PERLIST[[2]]; (* always -50 *)
Ret = " <!-- question: " < ToString[RandomInteger[9 000 000] + 1 000 000] < " -->\n";
Ret = Ret < " < question type=\"multichoice\">\n";
Ret = Ret < " < name>\n < text>\" < /text>\n < /name>\n";
Ret = Ret < " < questiontext format=\"html\">\n";
Ret = Ret < " < text>{< CDATA[< p> < Qhtml < " < /p>]}< /text>\n";
Ret = Ret < " < /questiontext>\n";
Ret = Ret < " < generalfeedback format=\"html\">\n";
Ret = Ret < " < text> < /text>\n < /generalfeedback>\n";
Ret = Ret < " < defaultgrade>1.000000< /defaultgrade>\n";
Ret = Ret < " < penalty>0.333333< /penalty>\n < hidden>0< /hidden>\n";
Ret = Ret < " < single> < SingleTF < " < /single>\n";
Ret = Ret < " < shuffleanswers>true< /shuffleanswers>\n"; (* Shuffle default true *)
Ret = Ret < " < answernumbering>none< /answernumbering>\n"; (* no numbering default *)
Ret = Ret < " < correctfeedback format=\"html\">\n";
Ret = Ret < " < text> < /text>\n < /correctfeedback>\n";
Ret = Ret < " < partiallycorrectfeedback format=\"html\">\n";
Ret = Ret < " < text> < /text>\n < /partiallycorrectfeedback>\n";
Ret = Ret < " < incorrectfeedback format=\"html\">\n";
Ret = Ret < " < text> < /text>\n < /incorrectfeedback>\n";
Ret = Ret < " < shownumcorrect>\n";

Tmpl1 = Tmpl1 < " < answer fraction=\"__Per__\" format=\"html\">\n";
Tmpl1 = Tmpl1 < " < text>{< CDATA[< p>__Pat__< /p>]}< /text>\n";
Tmpl1 = Tmpl1 < " < feedback format=\"html\">\n";
Tmpl1 = Tmpl1 < " < text>{< CDATA[< p>__Fdb__< /p>]}< /text>\n";
Tmpl1 = Tmpl1 < " < /feedback>\n";
Tmpl1 = Tmpl1 < " < /answer>\n";
(* Print["Debug: Cnum=", Cnum, ", ICnum=", ICnum]; *)
For[ct = 1, ct <= Cnum + ICnum, ct++,
Ret = StringJoin[Ret,
If[ct <= Cnum, Per = CORRECTPER; CIL = CorrectList[[ct]],
Per = INCORRECTPER; CIL = IncorrectList[[ct - Cnum]];
If[ListQ[CIL], Pat = CIL[[1]]; Fdb = CIL[[2]]; Pat = CIL; Fdb = ""];
StringReplace[Tmpl1, {
"__Per__" -> Per, "__Pat__" -> Pat, "__Fdb__" -> Fdb}]];
Ret = Ret < " < /question>\n";
Return[Ret];
```

図5 プログラム例 (XML生成ルーチン1)

```
GenerateMCxml[Fname_ (* save filename *) , Cat_ (* category string *) ,
Title_ (* title string (auto numbering) *) ,
Num_ (* Number of questions *) , Single_ (* "true" or "false" *) ,
Qtext_ (* Question text string or Generate Qtext function *) ,
CListFunc_ (* Function name which returns {Correct Answer1, CA2, ...}
or {{CA1, Feedback1}, {CA2, Fdb2}, ...} s *) ,
ICListFunc_ (* Function name which returns {Incorrect Answer1, IA2, ...}
or {{IA1, Fdb1}, {IA2, Fdb2}, ...} s *) ] :=
Module[{ct, i, j, ij, EM, mm, dt, mms, TitleN, XMLstring = "", Qtext1,
CList, ICList},
dt = Floor[N[Log[Num] / Log[10], 2]] + 1;
XMLstring = XMLstring < " < ?xml version=\"1.0\" encoding=\"UTF-8\"?>\n";
XMLstring = XMLstring < " < quiz>\n";
XMLstring =
XMLstring < " <!-- question: 0 -->\n < question type=\"category\">\n";
XMLstring = XMLstring < " < category>\n < text>";
XMLstring = XMLstring < Cat;
XMLstring = XMLstring < " < /text>\n < /category>\n < /question>";
For[mm = 1, mm <= Num, mm++, mms = PrintF[mm, dt];
TitleN = Title < " (" < mm <= Num < ")";
If[StringQ[Qtext], Qtext1 = Qtext, Qtext1 = Qtext[mm]];
CList = CListFunc[mm]; ICList = ICListFunc[mm];
XMLstring = XMLstring < GenerateMCxml[TitleN, Single, Qtext1, CList,
ICList, "50"];
XMLstring = XMLstring < " < /quiz>\n";
SetDirectory[NotebookDirectory[]];
Export[Fname, XMLstring, "Text"];
];
FuncList = Append[FuncList, GenerateMCxml];
```

図6 プログラム例 (XML生成ルーチン2)

図5,6,7,8にプログラムの例を掲載した。

誤りパターンは, 過去の紙によるテストや課題のログを参考に分析して生成するのが効果の最も期待できる方法である。しかし, これは非常に時間がかかる作業のため, 一部を除いて学生が間違えそうなパターンを想定し, パターンを生成している。

学生の誤りパターンを考慮した選択肢の例として, 工学向け線形代数の授業で用いた多肢選択問題の例と

```

NUM = 300; PatNum = 6;
RI [m_] := RandomInteger[m];

EFL = {};
For[i = 1, i <= 100, i++, (* Echelon Form のリストを作る *)
EFL = Append[EFL, RandomEchelonPV2[RI[1] + 3, 5, {1, 3}, {-2, -1, 1, 2, 3}]];
EFL = Append[EFL, RandomEchelonPV2[RI[1] + 3, 5, {1, 4}, {-2, -1, 1, 2, 3}]];
EFL = Append[EFL, RandomEchelonPV2[RI[1] + 3, 5, {2, 4}, {-2, -1, 1, 2, 3}]];
      ⋮ (中略) ⋮ 被約階段行列のパターン生成
EFL = Append[EFL, RandomEchelonPV2[RI[1] + 3, 5, {1, 4}, {-2, -1, 1, 2, 3}]];
EFL = Append[EFL, RandomEchelonPV2[RI[1] + 3, 5, {1, 4}, {-2, -1, 1, 2, 3}]];
EFL = Append[EFL, RandomEchelonPV2[4, 6, {1, 2, 4, 5}, {-1, 2, 3}]];
EFL = Append[EFL, RandomEchelonPV2[4, 6, {1, 2, 4, 6}, {-2, 1, 2, 3}]];
EFL = DeleteDuplicates[EFL]; (* 重複削除 *)
QtList = {}; (* 問題リスト. 最初が正解, 後の5つ (PatNum-1個) は他のEchelonFormから作ったもの *)
For[i = 1, i <= 1000, i++,
EFM = RandomSample[EFL, PatNum];
Qt = {};
(* QtList は {EchelonForm, 行列} の PatNum からなるリスト. 誤答の応答に EchelonForm を使う *)
For[j = 1, j <= PatNum, j++, n = Length[EFM][[j]]; (* n は EchelonForm の行数 *)
While[Det[RM = Table[Table[RndN2[3], {i, 1, n}], {j, 1, n}]] = 0];
Qt = Append[Qt, {RM, EFM[[j]], EFM[[j]]}];
QtList = Append[QtList, Qt];
QtList = RandomSample[QtList, NUM];

TextF[mm_] := Module[{Qt, ret}, Qt = QtList[[mm]];
ret = "次の行列のうち, 行に関して基本変形して被約階段行列に変形すると\\(";
ret = ret <> TOT[Qt[[1, 2]]] <> "\\) となるものを1つ選びなさい.";
Return[ret];
通常の逆問題 (計算の負荷が少ない)

CListF[mm_] := Module[{Qt, ret = {}}, Qt = QtList[[mm]];
ret = Append[ret, {"\\(" <> TOT[Qt[[1, 1]]] <> "\\)", "正解です."}]; Return[ret];
ICListF[mm_] := Module[{Qt, ret = {}}, Qt = QtList[[mm]];
For[ct = 2, ct <= PatNum, ct++,
ret = Append[ret, {"\\(" <> TOT[Qt[[ct, 1]]] <> "\\)",
"被約階段行列は\\(" <> TOT[Qt[[ct, 2]]] <> "\\) となります."}];
Return[ret];
GenerateMCxml[DFname[], "LA2-MC/与えられたEchelonFormを持つ行列", "与えられたEchelonForm
CListF, ICListF]

```

図7 プログラム例 (実際の生成例1)

```

(* Select correct derivative of x sin or cos(ax+b) *)
QtList = {}; (* 選択肢 5, 正解数 1 *)
For[ct = 1, ct <= 300, ct++,
a = (2 * RandomInteger[1] - 1) * (RandomInteger[9] + 2);
b = (2 * RandomInteger[1] - 1) * (RandomInteger[9] + 2);
c = RandomInteger[1]; (* c = 0: sin, c = 1: cos *)
While[Abs[a] = Abs[b], b = (2 * RandomInteger[1] - 1) * (RandomInteger[9] + 2)];
QtList = Append[QtList, {a, b, c}];
QtList = DeleteDuplicates[QtList];

TextF[mm_] := Module[{a, b, c, csf, ret}, {a, b, c} = QtList[[mm]];
If[c = 0, csf = "\\sin", csf = "\\cos"];
ret = "\\(x) の関数 \\(y=x\\), \\(y=\\cos) \\(y=\\sin) を求めよ.";
ret = ret <> "\\) の2階導関数 \\(y''\\) を求めよ."; Return[ret];
問題文出力

CListF[mm_] := Module[{a, b, c, f0, f1, s1, tmp, ret = {}}, {a, b, c} = QtList[[mm]];
If[c = 0, f0 = "\\sin"; f1 = "\\cos"; s1 = 1, f0 = "\\cos"; f1 = "\\sin"; s1 = -1];
tmp = "\\(" <> TT[s1 * 2 * a] <> f1 <> "\\) <> TT[a * x + b] <> "\\) <> TT[-a^2];
tmp = tmp <> "x" <> f0 <> "\\) <> TT[a * x + b] <> "\\)";
ret = Append[ret, {tmp, "正解です."}]; Return[ret];

ICListF[mm_] := Module[{a, b, c, ret = {}}, f0, f1, f0s, f1s, s1, f0m1, f0m2, f0m3, f0m4},
{a, b, c} = QtList[[mm]];
f0m1 = "積の微分法を確認しよう.";
f0m2 = "2階導関数は一部分を微分していいということではありません.";
f0m3 = "微分を1回し誤らなうようよう...";
f0m4 = "何らかの計算ミスか?";
If[c = 0, f0 = "\\sin"; f1 = "\\cos"; s1 = 1, f0 = "\\cos"; f1 = "\\sin"; s1 = -1];
f0s = f0 <> " <> TT[a * x + b] <> "\\)"; f1s = f1 <> " <> TT[a * x + b] <> "\\)";
ret = Append[ret, {f0s <> "\\) <> TT[a * x + b] <> "\\)"}];
ret = Append[ret, {f1s <> "\\) <> TT[a * x + b] <> "\\)"}];
ret = Append[ret, {"\\(" <> TT[a^2] <> f0s <> "\\) <> TT[a^2] <> f0s <> "\\)"}];
ret = Append[ret, {"\\(" <> TT[a^2] <> f1s <> "\\) <> TT[a^2] <> f1s <> "\\)"}];
ret = Append[ret, {"\\(" <> TT[-a^2] <> f0s <> "\\) <> TT[-a^2] <> f0s <> "\\)"}];
ret = Append[ret, {"\\(" <> TT[-a^2] <> f1s <> "\\) <> TT[-a^2] <> f1s <> "\\)"}];
ret = Append[ret, {"\\(" <> TT[s1 * 2 * a] <> f0s <> "\\) <> TT[s1 * 2 * a] <> f0s <> "\\)"}];
ret = Append[ret, {"\\(" <> TT[s1 * 2 * a] <> f1s <> "\\) <> TT[s1 * 2 * a] <> f1s <> "\\)"}];
ret = Append[ret, {"\\(" <> TT[s1 * 2 * a] <> f0s <> "\\) <> TT[s1 * 2 * a] <> f0s <> "\\)"}];
ret = Append[ret, {"\\(" <> TT[s1 * 2 * a] <> f1s <> "\\) <> TT[s1 * 2 * a] <> f1s <> "\\)"}];
ret = Append[ret, {"\\(" <> TT[-a^2] <> f0s <> "\\) <> TT[-a^2] <> f0s <> "\\)"}];
ret = Append[ret, {"\\(" <> TT[-a^2] <> f1s <> "\\) <> TT[-a^2] <> f1s <> "\\)"}];
Return[RandomSample[ret, 4]];
誤答パターンは 4 パターンを選択

```

図8 プログラム例 (実際の生成関数例)

文系向け基礎数学で用いた多肢選択問題の例をあげる (図9, 10).

2.4 データの公開と利用

筆者が開発を行うための関数群や生成した XML は自サイトで公開している⁽⁹⁾. ライセンスは明記していないが, MIT ライセンスで自由に利用可能してもらってよい. また, 神戸大学の長坂耕作氏も同じように多肢選

問題1 最大得点 1.00
xの関数 e^{10x+4} の導関数を求めよ.
1つ選択してください:
 $4e^{10x+4}$
 e^{10x+4}
 $40e^{10x+4}$
 $10e^{10x+3}$
 $10e^{10x+4}$

問題4 最大得点 1.00
xの関数 9^{2x-5} の導関数を求めよ.
1つ選択してください:
 $(\log_e 9)^{2x-6}$
 $(\log_e 9)^{2x-5}$
 $9 \cdot 9^{2x-5}$
 $-5 \cdot 9^{2x-5}$
 $(-\log_e 9)^{2x-5}$

問題7 最大得点 1.00
xの関数 $y = \cos(10x-3)$ および $z = e^{10x-3}$ の二階導関数の
1つ選択してください:
 $y'' = \cos(10x-3), z'' = e^{10x-3}$
 $y'' = -100 \cos(10x-3), z'' = 100e^{10x-3}$
 $y'' = -10 \cos(10x-3), z'' = 10e^{10x-3}$
 $y'' = 100 \sin(10x-3), z'' = 100e^{10x-3}$
 $y'' = \cos(10x-3), z'' = 100e^{10x-3}$

問題1~6は他のクラスと共通だが, 問題7だけ自クラスに追加, 例年紙の課題で間違い ← の多い問題の変化を見る実験

図9 問題例1(基礎数学抜粋)

次の行列Aは被約階段行列に変形すると右のようになる。このとき, 方程式 $Ax = 0$ の解空間UとAの列ベクトル $a_j, j = 1, 2, \dots$ が生成する空間 $W = \langle a_1, \dots \rangle$ の基底と次元について正しいものを1つ選びなさい。 $A = \begin{pmatrix} -4 & 8 & 1 \\ 3 & -6 & 4 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

1つ選択してください:

- Uの基底として $\begin{pmatrix} -4 \\ 3 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 4 \end{pmatrix}$ がとれて次元は2, Wの基底として $\begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ がとれて次元は1
- Uの基底として $\begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ がとれて次元は1, Wの基底として $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ がとれて次元は2
- Uの基底として $\begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ がとれて次元は1, Wの基底として $\begin{pmatrix} -4 \\ 3 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 4 \end{pmatrix}$ がとれて次元は2

図10 問題例2(線形代数の1例)

択問題の自動生成に取り組みされており, 氏のサイトに公開されている⁽⁶⁾. どちらのXMLも自由に利用することができる。

ただし, 大学毎に用語や用法が異なることがあるので, 注意が必要である. 例えば本学では pivot という用語を用いていなかったため, 相互利用するために授業で導入した. 本質的にはその程度の補足で相互利用は可能であると考えられる。

3. 今後の課題

3.1 反転学習教材の開発

反転授業で活用するには, 動画毎に確認する問題を開発することが望ましい. 動画を見たことの何らかの達成感が期待されるからであり, 自習教材としての学習後テストの意味もある。

筆者は線形代数の全課程の動画を開発済みであるが, それらは短か目に開発しているものの, ある研究者は3分が集中力の限界と述べていたようにまだまだ短くす

る必要がある。その結果、必要な確認項目も増え、より多くの問題開発が必要となる。

筆者は比較的容易に問題を開発できるようになったが、重要なのは問題の設計であり、反転学習用教材の他、テストやテストの復習課題の利用など幅広い用途に対応して問題を開発するのは通常の STACK の問題を開発するより困難である。

ただし、最新の STACK では多肢選択問題で数式が表示できるようになっており、将来は STACK を使って開発することも可能になることが期待される。(本学では残念ながら古くて多肢選択問題までは開発できるが数式が \TeX 形式のまま表示され使いものにならない)。いずれにせよ、多数の問題の設計が必要である。

3.2 効果検証

過去の誤答例を基に多肢選択問題を開発した場合に、それらを実際に紙の課題やテストと併用してどのような効果があるかを検証したい。

本稿執筆時の前の週に、試行的に基礎数学の課題で例年紙の課題で間違いの多い問題を出題した。紙の課題は回収済みで採点も終わっている。

オンライン課題には期限がないため、全員はまだ実施していないが、実施した学生の紙の課題の正答率は非常に高かった。対して、実施していない学生には例年通り、積の微分や合成関数の微分を理解していないと思われる学生が多数見られた。具体的なデータについては本稿には間に合わなかったので、当日公開し検証したい。

今後はこのような過去に見られる誤答例を基準にした多肢選択問題の実施と併用した場合にどのように変化するかの検証を実施し、効果的な多肢選択問題のブラッシュアップも検討していきたい。

3.3 開発環境の改善

現在、前述の長坂氏とは共同研究を行っており、XML の生成手法には互換性はなくそれぞれ独自に行っているが、生成した XML は相互利用も行っている。

しかし、問題の種類を今後も飛躍的に増やす必要があり、そのためには広く一般の教員とも共有して開発できるような体制も必要であろう。MeLQS⁽¹⁰⁾とも協調して、どのような問題が必要か、を含め、問題データの共有だけでなく開発体制も共有できるようにしていきたいと考えている。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18K02941 「気づきと深い学びを誘発する大学数学用スマートフォン適応型反転学習教材の開発と検証」の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) https://github.com/maths/moodle-qtype_stack [Accessed 10 Dec. 2018]
- (2) Kawazoe, M. and Yoshitomi, K., 2017. E-learning/e-assessment systems based on webMathematica for university mathematics education. *MSOR Connections*, 15(2), pp.1724.
- (3) DigitalEd.com, 2018. M²OBIUS ASSESSMENT ONLINE ASSESSMENT SYSTEM FOR STEM COURSES. Available at: <https://www.digitaled.com/products/assessment/>. [Accessed 10 Dec. 2018]
- (4) The Mathematical Association of America, 2018. WeB-WorK. Available at: <http://webwork.maa.org> [Accessed 10 Dec. 2018].
- (5) Numbas.org.uk, 2018. Numbas: really versatile maths e-assessment. Available at: <https://www.numbas.org.uk> [Accessed 10 Dec. 2018].
- (6) Moodle XML Questions Generator - http://wwwmain.h.kobe-u.ac.jp/~nagasaka/research/xml_quiz/ [Accessed 11 Dec. 2018].
- (7) Yasuyuki NAKAMURA, Takahiro NAKAHARA: "DEVELOPMENT OF A MATH INPUT INTERFACE WITH FLICK OPERATION FOR MOBILE DEVICES", *Proceedings of 12th International Conference Mobile Learning 2016*. 113-116(2016).
- (8) Shirai, S. and Fukui, T., 2017. MathTOUCH: Mathematical input interface for e-assessment systems. *MSOR Connections*, 15(2), pp.7075.
- (9) http://www.las.osakafu-u.ac.jp/~yositomi/moodle_xml/
- (10) 吉富 賢太郎, 川添 充, 中原 敬広, 中村 泰之, 福井 哲夫, 白井 誌沙香, 加藤 克也, 谷口 哲也: "数式オンラインテストの標準仕様 MeLQS の提案と仕様書作成ツールの試作", *教育システム情報学会 第 42 回全国大会*, pp.447-448(2017).

ブレンド型初修外国語授業における復習状況の視覚的な提示を 可能とするスマートフォン学習教材の開発と試行

児玉雅明^{*1}, 今野裕太^{*1}, 趙秀敏^{*1}, 大河雄一^{*1}, 三石大^{*1}

^{*1} 東北大学

Development of Smartphone-Based Learning Material Enabling Visualization of Learning Status on Blended Learning for Beginner's Foreign Language Class

Masaaki KODAMA^{*1}, Yuta KONNO^{*1}, Xiumin ZHAO^{*1}, Yuichi OHKAWA^{*1}, Takashi MITSUISHI^{*1}

^{*1} Tohoku University

We have been developing a smartphone application for a blended learning for beginner's foreign language course, in which students can learn based on microlearning. In our study, we designed and implemented a new smartphone application of learning material "KoToToMo Plus", which enables students to conduct learning intermittently and continuously. By using visualization of students' learning status in this application, they can resume learning from suspended quiz and easily select learning contents they should learn next. As a result of log data analysis and questionnaire from practical experiment, we found that students can learn more continuously than when using existing application "KoToToMo" which is a prototype system we had developed in 2017.

キーワード: ブレンディッドラーニング, マイクロラーニング, スマートフォン, UI, 語学学習

1. はじめに

我々の研究グループは大学における初修外国語教育を対象に、対面授業とeラーニングによる復習を組み合わせたブレンディッドラーニングの実践を行ってきた[1]。また、スマートフォンの普及に伴い、eラーニングによる復習をスマートフォン上で行いたいという要望が多く寄せられたこともあり、授業内容に沿った復習が可能なスマートフォン学習教材アプリケーション KoToToMo の開発を行った[2]。特に、この KoToToMo では、常時携帯する情報端末としてのスマートフォンの特徴を活かした効果的な学習を行えるよう、マイクロラーニングに着目し、ちょっとした空き時間などを利用した断続的な復習を持続できるよう、復習用教材を開発した。

しかしながら、KoToToMo を使用した1年間の実践

の結果からは、既存eラーニング教材と比較して復習の増加が確認できた反面、単純に短い時間で学習可能とただけでは、断続的な復習の持続的な実施にはまだ課題が残ることも確認された。

そこで本研究では、既存の KoToToMo の問題を解決し、マイクロラーニングに基づく断続的な復習を持続可能とするため、学習状況の視覚的な提示により、ブレンディッドラーニングとして実施される授業の進捗に合わせた復習や、これまでの学習状況に応じた学習内容の選択、中断した学習の容易な再開を可能とするユーザインタフェース(以下、UI)を備えた、新しいスマートフォン学習教材アプリケーション KoToToMo Plus を提案し、その設計、実装を進めてきた[3]。本稿では、我々が提案する KoToToMo Plus の設計と実装の概要と、2018年4月から大学の初修中国語授業で行っている実践を通じた評価の結果について報告する。

2. 既存の KoToToMo の問題点

本研究では、ブレンディッドラーニングに基づく復習をマイクロラーニングに基づき断続的かつ持続的に行えるようにすることを目標としている。これに対し、これまでの KoToToMo を使用した実践におけるアンケートの結果から、多くの学習者が1週間に1回または2回程度復習に取り組み、30分あるいはそれ以下の時間復習していることが確認された[3]。この結果から、ある程度は断続的な復習の持続ができていと言え、KoToToMo の狙いを実現できていると言える。ただし、これは必ずしも我々が想定する十分な復習頻度とは言えない。

一方、2017年8月に実施した前期末アンケートにおける「復習教材に対する感想」への回答として、「何をどこまでやれば良いか分からなかった」、「どこがやっていて、どこがやっていないのかが分かる仕組みが欲しい」、「本当に自分が復習を行ったのか分からなくて不安なので、成績に入れなくて欲しい」といった感想が複数件あることも確認された。これらの回答は、従来の KoToToMo に復習を行おうとした学習者の利用を妨げる要因が存在した可能性があることを示しており、このことが十分な復習頻度とならなかった原因と予想された。

この問題は既存の KoToToMo の UI やナビゲーションの設計が、マイクロラーニングに基づく断続的な学習を十分考慮したものになっていなかったことに起因すると我々は考えた。具体的には、既存の KoToToMo には、学習者が自身の学習状況を容易に把握可能な UI が備えられていない上、各学習内容は授業で使用する教科書と対応付けられているものの、現在実施中の授業がアプリケーション上のどの学習内容と対応しているかの判断が容易ではなく、次に学習すべき学習内容がどれか分からないという課題がある。加えて、学習内容を選択する際も、上位のメニューから順番にメニューを選択し深い階層まで辿る必要がある上、前回中断した学習の再開を支援する機能も備わっていないため、学習を始めるまでの操作が煩わしいといった課題もある。

これらの結果、学習者が KoToToMo を使って復習に取り組もうとした場合に、すぐに学習を開始すること

ができず、結果的に本研究で目的とするマイクロラーニングに基づく断続的な学習の持続を妨げる要因になっていたと考えられた。

3. 関連研究

外国語の学習を行うためのスマートフォン学習教材アプリケーションは既に数多く存在している[4]-[6]。特に金ら[5]は、モバイル端末を使った学習が授業時間外の検定試験対策の自習に有益であることを明らかにすることを目的として、授業外に気軽に利活用できる韓国語検定試験の対策に向けた自習用モバイル学習教材の開発と提供を行い、その有効性を確認している。

金らのシステムはスマートフォン内で完結する自習を対象としているため、対面の授業とモバイル学習教材とを連携して使用することは考慮されていない。本研究は、対面授業で学習した内容の復習をスマートフォン学習教材アプリケーションで行うことを目的としており、授業の進捗に合わせて学習を進めるために、学習状況を確認できることが必要である。また、それを実現するためには、自習用学習教材とは異なる情報の視覚化とともに、適切な復習教材へのアクセスを可能とする UI の設計が必要となる。

加えて、金らのシステムは、マイクロラーニングに基づく学習を想定して、ちょっとした空き時間を有効に活用し、断続的に学習を行うことを十分には考慮していない。例えば、どこまで学習を進めたのか一目で確認できる UI が備えられておらず、また、中断した問題を再開する機能も実装されていない。

4. KoToToMo Plus の開発

4.1 マイクロラーニングを持続するための要求要件

既存の KoToToMo で確認された問題を解決し、ブレンディッドラーニングにおける復習としての、マイクロラーニングに基づく断続的な学習を持続可能とするためには、学習者が自身のそれまでの学習状況と照らしながら、授業の進捗に応じて取り組むべき学習内容を選択できること、また、中断と再開を繰り返しながら学習を進められることが必要である。

そのため我々はこれまでに、このような学習活動を実現するためのスマートフォン学習教材アプリケーシ

ョンが備える必要のある要求要件の検討を行ってきた
[7]. 以下に検討結果として得られた要求要件を示す.

- 他アプリケーションやシステムを併用せずとも、アプリケーション内で学習状況を確認できること.
- 学習状況を確認する画面から少ない手順で直接任意の問題にアクセス可能であること.
- 対面授業に合わせた復習実施の支援ができること.
- 学習状況を短時間で確認できるよう、一目で状況が把握できるように適切な形に視覚化すること.
- 学習状況を確認する際に、問題ごとだけでなく、單元ごとや、單元に含まれる問題形式ごとなど、異なる階層での確認が可能であること.
- 必要に応じて中断した学習を再開できるよう、前回の学習内容を容易に選択できること.

4.2 KoToToMo Plus の設計

前節で示した要求要件を実現するため、新たに開発するスマートフォン学習教材アプリケーション KoToToMo Plus の設計を次のように行った.

(1) 学習状況の確認方法

単にアプリケーション内の別画面で学習状況が確認できるようにするのではなく、学習状況の確認は学習項目の選択と同時にできる設計とした.

アプリケーション内で学習状況を確認可能とし、また、学習状況を確認する画面から少ない手順で直接任意の問題にアクセス可能とするために、KoToToMo Plus では、学習項目の選択画面で、各学習項目の学習状況を併せて提示する. これにより、現在の学習状況と照らしながら学習項目を選択することが可能となり、学習者は次に取り組むべき学習内容を容易に判断し、即座に学習に移行できる.

どのような学習状況をどのように提示するかについては、次の設計(2) - (6)で述べる.

(2) 対面授業に合わせた復習実施の支援

復習すべき内容が分からない学習者を支援するための機能として、学習單元ごとに直近 1 週間でその学習單元に取り組んだ同じクラスの学習者の人数を提示する. またそのため、サーバ上にクラスごとの学習実施状況を記録し、スマートフォン学習教材アプリケーションに提供する. これにより、他の学習者が集中的に取り組んでいる單元が確認でき、現在の授業の進捗状

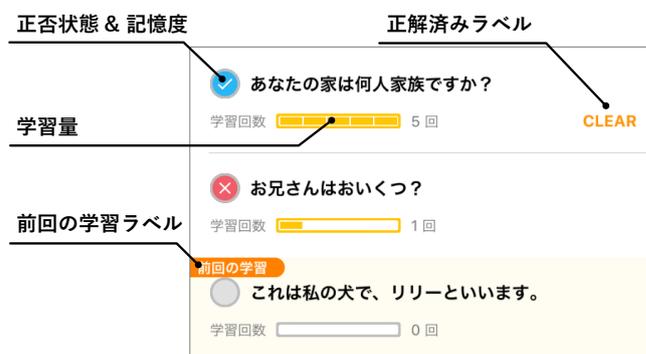


図 1 問題ごとの学習状況の視覚化



図 2 正否状態・記憶度・学習量の視覚化の設計

況を概ね予想することができると考えられる. また、身近な学習者の学習活動が見えることで、学習持続の動機付けにつながる可能性も考えられる.

(3) 問題ごとの学習状況の視覚化

問題ごとの学習状況として正否状態、記憶度、学習量を視覚化することとした. 図 1 に問題選択の UI デザインを示す. ここで正否状態とは、最も直近に問題に取り組んだ際の結果を意味する. また記憶度とは、学習直後に高く、時間経過とともに指数関数的に低下し、低下中に再び学習を行った場合は再び高くなり、かつ低下速度が緩やかになる値とする. 学習量は、学習に要した時間または学習した回数(問題の解答回数)とする.

図 2 に正否状態、記憶度、学習量の視覚化方法を示す. 直感的に状態を判断できるよう、問題の正否状態は色とアイコンで視覚化する. 正解が青色、不正解が赤色、未着手が灰色とし、正解にはチェックマーク、不正解にはバツ印を表示する. 記憶度は、低下した際に取り組むたいくなるようにするため、また、正否状態と同時に確認できるよう、正否状態の色の濃淡で視覚化する. 問題に正解した直後は記憶度が高く色が濃いが、時間経過などで記憶度が下がるほど色を薄くする. 最後に学習量は、ブロックの色と個数または長さで視覚化する. 学習回数の場合はブロックの個数、学習時

間の場合はブロックの長さで視覚化する。

正否状態が分かることで、学習者は正解した問題、間違えたままになっている問題、まだ取り組んでいない問題が一目で把握できる。記憶度から問題の定着度が分かるので、繰り返し学習すべき問題がどれか判断する際に役立つ。学習量は、学習者が自身の学習活動の実績を確認し、達成感や満足感を感じる一助になると考えられる。

(4) 学習形式ごとの進捗の視覚化

語学学習において復習が必要な教材には複数の学習形式があり、それらを満遍なく学習することが望ましい。そのため、学習者は学習形式ごとの進捗を把握し、学習が不足している学習形式の学習を進める必要がある。そこで学習形式ごとに学習状況を視覚化する際は、その学習形式の各問題の学習状況を累積したものを提示する。これにより学習者は、ある学習形式の総問題数、既に正解した問題数、間違えたままの問題数、まだ取り組んでいない問題数を一目で把握でき、学習が不足している学習形式を知ることができると考えられる。

図 3 に学習形式ごとの進捗の視覚化方法を示す。学習形式ごとの進捗は、問題ごとの正否状態と記憶度の色を累積したプログレスバーで視覚化する。また、単元選択の画面では、学習単位ごとの進捗を提示するとともに、開閉ボタンを押すことで図 6 に示す UI デザインによりその単元の全学習形式の進捗を並べて確認できるようにする。これにより、ある学習単位の中で十分に学習できている学習形式や、不足している学習形式を容易に把握することができる。

(5) 学習単位ごとの進捗の視覚化

授業は複数の学習単位で構成されており、学習者は授業の進捗に遅れずにアプリケーション内で対応する単元の復習を完了する必要がある。そのためには、学習者が単位ごとの進捗を把握できる必要がある。そこで、学習単位ごとに学習状況を視覚化する際は、その学習単位に含まれる全学習形式の進捗状況を累積したものを提示する。これにより、学習者は単位ごとの進捗を把握でき、学習が遅れている単元を容易に見つけ出すことができると考えられる。

図 4 に単元選択の UI デザインを示す。学習単位ごとの進捗は、その学習単位に含まれる各学習形式の進



図 3 学習形式ごとの進捗の視覚化



図 4 学習単位ごと・学習形式ごとの進捗の視覚化

捗状況を累積したプログレスバーで視覚化し、提示している。学習者は授業の進捗に合わせてプログレスバーが全て青色になるよう学習を進めることが望まれる。

(6) 中断していた学習の再開

前回の学習を容易に選択できるように、最後に取り組んだ問題およびその問題が含まれる学習単位を、図 1 に示す「前回の学習」と書かれた橙色のラベルで視覚化する。さらに、アプリケーション起動時にこのラベルが提示された学習単元の位置まで自動でスクロールする。また、その単元に画面遷移した際にも、「前回の学習」ラベルが提示された問題の位置まで自動でスクロールする。これにより、学習開始時に必ず中断していた問題を確認できるようになり、学習者は中断していた学習を容易に再開することができる。

4.3 KoToToMo Plus の実装

前節で述べた設計に基づき、新しいスマートフォン学習教材アプリケーション KoToToMo Plus の実装を行った。OS の違いによって使いやすさに差が生じるのを防ぐため、iOS、Android それぞれのデザインガイドラインを参考にしつつ、各 OS のネイティブアプリを開発した。

iOS 版は統合開発環境である Xcode を使い、プログラミング言語には Swift を採用した。Android 版は統合開発環境である Android Studio を使い、プログラミング言語として Kotlin を採用した。また、学習状況をアプリケーション内に記録するため、モバイルデータベース Realm を使用した。クラスごとの学習状況や学習履歴などをサーバに送信するため、ログ収集ライ



(a) ホーム画面

(b) 問題選択画面

(c) 学習画面（文型練習）

図 5 開発した KoToToMo Plus の実行画面例（iOS 版）

ブラリ Puree を使用した。開発したアプリケーションは各 OS のアプリケーションストアにて公開し、対象授業の受講者がインストールできるようにした[8][9]。

図 5 に実装した iOS 版 KoToToMo Plus の実行画面の例を示す。実装したアプリケーションは、設計に従い正常に動作することを確認している。図 5(a) のホーム画面は、アプリケーション起動時に表示される画面である。画面下のタブメニューから学習コンテンツ画面や設定画面の表示を切り替えることが可能である。学習コンテンツ画面を表示した場合は、図 5(a) のように各学習単元が一覧表示される。この学習単位の中から 1 つを選択すると、図 5(b) の問題選択画面に遷移する。問題選択画面では、学習形式ごとに問題を一覧表示している。画面上のタブメニューから学習形式を切り替え、任意の問題を選択する。例えば、この画面から 5 つ目の問題を選択すると、図 5(c) の学習画面（文型練習）に遷移する。学習画面では、学習形式によって異なる様々な学習が可能である。

5. 評価

2018 年 4 月より、大学学部 1 年生向けに開講されている初修中国語授業を対象に開発したアプリケーシ

ョンの提供を開始した。対象となるクラスは 7 クラスあり、現在約 200 名の受講者が本アプリケーションを使用している。本授業はブレンディッドラーニングを取り入れており、対面授業で新しい内容を学習した後、宿題として本アプリケーションなどの e ラーニングを使った授業内容の復習を課している。

5.1 学習ログに基づく評価

5.1.1 評価方法

本アプリケーションは学習活動のログを記録し、サーバに送信している。この学習ログを見ることで、誰が、いつ、どの問題に、どれくらい時間をかけて解答したのかなどを知ることが出来るようになっている。また、2017 年度に提供していた KoToToMo も学習ログを記録しており、KoToToMo Plus と同様に、誰が、いつ、どの問題に、どれくらい時間をかけて解答したのかを知ることが出来るようになっている。本授業の受講者の学習ログを元に、基本的な利用状況を調べた。

(a) 集計項目

本評価では、2017 年度及び 2018 年度の 1 週間の学習回数、1 回の学習時間、1 週間の学習時間、1 問あたりの正解回数の集計を行った。

表 1 2017 年度 (KoToToMo) および 2018 年度 (KoToToMo Plus) における学習ログの集計結果

年度	1 週間の学習回数	1 回の学習時間	1 週間の学習時間	1 問あたりの正解回数
2017 (KoToToMo)	0.91 回	4.64 分	4.17 分	1.36 回
2018 (KoToToMo Plus)	1.24 回 **	3.71 分 **	4.10 分	1.81 回 **

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

ここで、1 週間の学習回数は、学習した回数を 4 (週間) で割った値である。なお、問題の解答ごとに送信される「問題に解答した」というログの間隔が 15 分以上空いた場合は別の学習回として扱っている。

1 回の学習時間は、学習時間の合計を学習回数で割った値である。また、1 週間の学習時間は、学習時間の合計を 4 (週間) で割った値である。ここでいう学習時間は、学習画面が表示されてから問題に解答するまでの時間であり、メニューから問題を選択する時間などは含まれていない。

1 問あたりの正解回数は、問題に正解した回数を問題の総数で割った値である。

また、2017 年度に提供した KoToToMo と 2018 年度の提供した KoToToMo Plus では、教材を構成する学習コンテンツの種類と数が異なる。そのため、両方のアプリケーションに収録されている問題に対する学習活動のみを集計対象とした。

(b) 集計期間

1 週間の学習回数、1 回の学習時間、1 週間の学習時間の集計期間は、2017 年度については 6 月 12 日月曜日から 7 月 9 日日曜日、2018 年度については 6 月 11 日月曜日から 7 月 8 日日曜日とした。これは、2017 年度の実践において 6 月 7 日以前の学習ログが残されていなかったためであり、それ以降で最初の月曜日を集計開始日とした。また、前期末試験前は通常の復習とは異なる学習が増加する可能性があることを考慮し、前期末試験の 1 週間前の日曜日までを集計期間とした。

その結果、集計期間は 4 週間となり、その間に第 10 回の授業から第 13 回の授業が実施された。また、2018 年度に関しても、2017 年度に合わせて第 10 回の授業から第 13 回の授業が実施された 4 週間とした。

1 問あたりの正解回数の集計期間は、2017 年度と 2018 年度のどちらも、その年度の 8 月 31 日までとした。なお、2017 年度の実践において 6 月 7 日以前の学習ログが残されていなかった。そのため、6 月 8 日から集計実施日である 8 月 31 日までに実施された授業の学習範囲である第 3 課と第 4 課という学習単元の問題に対する学習活動のみを集計対象とした。

5.1.2 評価結果

表 1 に、2017 年度及び 2018 年度の集計結果を示す。表から 2017 年度よりも 2018 年度のほうが 1 週間の学習回数が増加していることが分かった。これにより、2017 年度に KoToToMo を使用した学習者よりも、2018 年度に KoToToMo Plus を使用した学習者の方がより持続的に学習していると考えられる。1 回の学習時間は減少しており、また、1 週間の学習時間は 2017 年度と 2018 年度でほとんど違いがない。一方で、1 問あたりの正解回数が増加していることから、学習者がより短い時間で繰り返し学習することが出来たとと言える。

5.2 アンケートに基づく評価

5.2.1 評価方法

本授業の受講者を対象に KoToToMo Plus に関するアンケート調査を実施した。アンケート調査では、本アプリケーションで実装した視覚化に関する機能や中断していた学習を再開する機能が、復習活動の実施にどの程度役に立ったのか調べることを目的とし、それらの機能に関する 14 個の設問を用意した。

表 2 にアンケートの設問一覧を示す。各質問に対する回答は 5 段階リッカート尺度に「その機能や視覚化情報は確認しなかった」という旨の回答を加えた 6 つの選択肢から選択することとした。

表 2 KoToToMo Plus に関するアンケート調査の設問

設問番号	設問内容
問 1	あなたは復習用スマートフォン教材「KoToToMo Plus」を使用しましたか？ また、「② 使用しなかった」場合は、その理由も教えてください。
問 2	この單元ごとの進捗状況（プログレスバー）は、單元ごとの進捗を把握するのに役立ちましたか？
問 3	この單元ごとの進捗状況（プログレスバー）は、次に取り組む問題を決めるのに役立ちましたか？
問 4	この学習形式ごとの進捗状況（プログレスバー）は、学習形式ごとの進捗を把握するのに役立ちましたか？
問 5	この学習形式ごとの進捗状況（プログレスバー）は、次に取り組む問題を決めるのに役立ちましたか？
問 6	この問題ごとの「正否状態」は、次に取り組む問題を決めるのに役立ちましたか？
問 7	この問題ごとの「記憶度」は、次に取り組む問題を決めるのに役立ちましたか？
問 8	この問題ごとの「学習量」は、次に取り組む問題を決めるのに役立ちましたか？
問 9	この問題ごとの「正否状態」や「記憶度」、「学習量」を確認できることで、自身の学習活動に対する満足感や達成感を感じられましたか？
問 10	この「最近の学習者」は、その週に復習すべき単元がどれかを確認するのに役立ちましたか？
問 11	この「最近の学習者」は、復習を行うきっかけになりましたか？
問 12	この「最近の学習者」は、次に取り組む問題を決めるのに役立ちましたか？
問 13	この「前回の学習」機能は、前回の続きから学習を再開するのに役立ちましたか？
問 14	この「前回の学習」ラベルは、次に取り組む問題を決めるのに役立ちましたか？

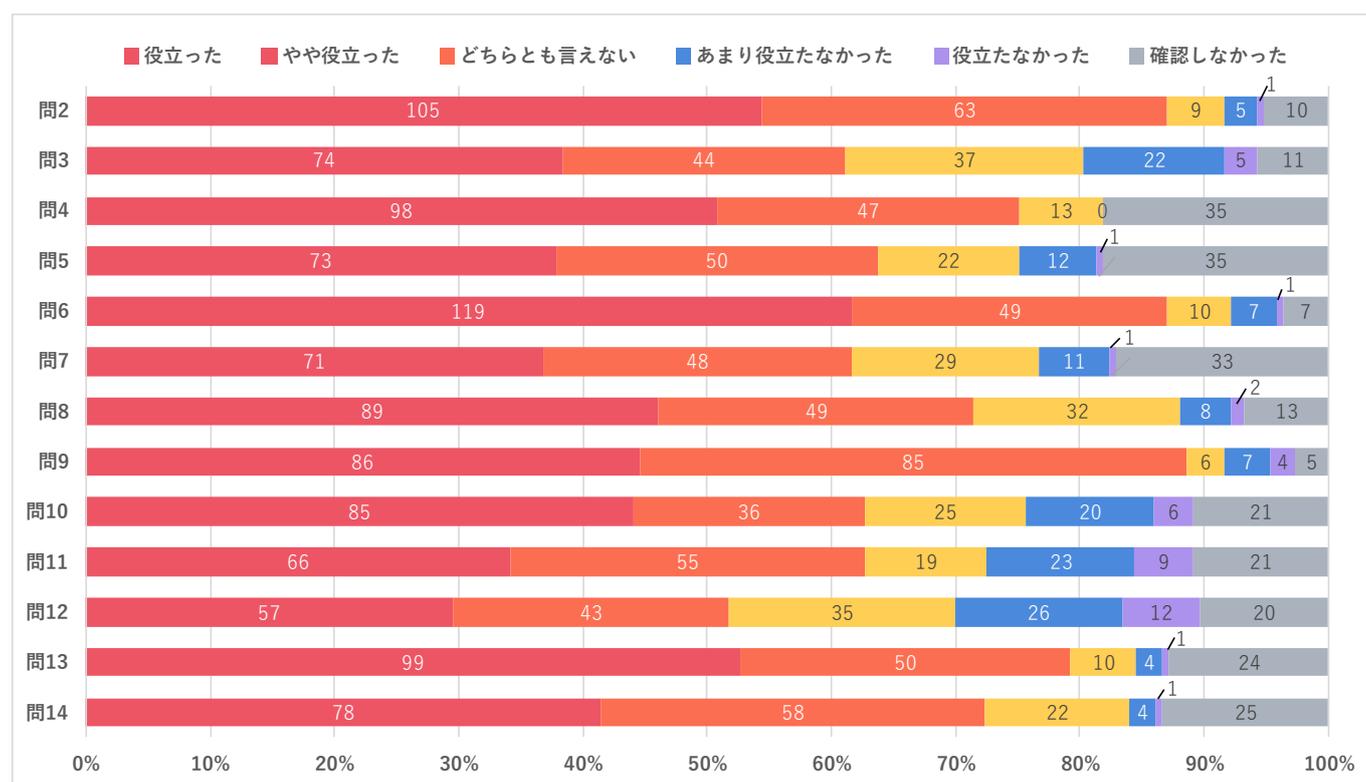


図 6 KoToToMo Plus に関するアンケート調査の結果 (N = 195)

参 考 文 献

アンケート調査は 2018 年 10 月 22 日から 10 月 30 日の期間にクラスごとに授業内で実施し、合計 195 名の受講者から回答を得た。

5.2.2 評価結果

図 6 にアンケート調査の設問 2 から設問 14 の結果を示す。なお、設問 1 に対する解答は 195 人中 193 人が「使用した」と回答し、残り 2 人が「使用しなかった」と回答した。

設問 2 から設問 14 までの全ての設問で「役立った」または「やや役立った」と回答した人が少なくとも 50%を越えており、KoToToMo Plus で実装した視覚化に関する機能や中断していた学習を再開する機能が概ね役立っていることが確認できた。

6. おわりに

ブレンディッドラーニングに基づく復習をマイクロラーニングに基づき断続的かつ持続的に行うことを可能とするために、学習状況の視覚化と中断した問題から学習を再開可能な UI の設計を行い、新しいスマートフォン学習教材アプリケーション KoToToMo Plus を開発した。また、2018 年度 4 月から現在まで、初修中国語授業の学習者約 200 名を対象とした実践を行っており、そこから得られた学習ログを集計し、開発した KoToToMo Plus の評価を行った。評価の結果、KoToToMo Plus の方が 2017 年度に実践を行った KoToToMo よりも、より持続的に短い時間で繰り返し学習できていることを確認した。また、アンケートに基づく評価では、KoToToMo Plus に実装した機能が概ね役立っていると認識されていることを確認した。

今後は今回の評価実験の後に記録された学習ログを含め、KoToToMo Plus の利用状況を詳細に分析し、持続的な復習を行えているかの評価と考察を行う予定である。また、利用状況の集計結果と併せてアンケート調査の結果についても詳細な分析を行い、本アプリケーションのどの機能がどのような学習者に役立ったかを考察する予定である。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 15K02709, 15K01012, 17K01070 の助成を受けたものである。

- (1) 趙秀敏, 富田昇, 今野文子, 朱嘉琪, 稲垣忠, 大河雄一, 三石大: “第二外国語としての中国語学習のためのブレンディッドラーニングにおける e ラーニング教材設計指針の作成と実践”, 教育システム情報学会誌, Vol.31, No.1, pp.132-146 (2014)
- (2) 趙秀敏, 富田昇, 今野文子, 大河雄一, 三石大: “大学初修中国語ブレンディッドラーニングのためのスマートフォン利用復習教材の開発”, 教育システム情報学会 第 42 回全国大会講演論文集, pp.459-460 (2017)
- (3) 児玉雅明, 今野裕太, 趙秀敏, 大河雄一, 三石大: “学習状況の視覚的な提示により持続的な学習を可能とするスマートフォン学習教材の開発”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.118, No.131, pp.35-40 (2018)
- (4) M. Milutinović, A. Labus, V. Stojiljković et al.: “Designing a mobile language learning system based on lightweight learning objects”, Multimedia Tools and Applications, Vol.74, Issue.3, pp.903-935 (2015)
- (5) 金義鎮, 金惠鎮: “韓国語検定試験のための自習用モバイル学習教材の開発と評価”, 教育システム情報学会誌, Vol.30, No.4, pp.248-253 (2013)
- (6) Q. Wu: “Designing a smartphone app to teach English (L2) vocabulary”, Computer & Education, Vol.85, pp.170-179 (2015)
- (7) 児玉雅明, 今野裕太, 趙秀敏, 大河雄一, 三石大: “学習状況の視覚的な提示によりマイクロラーニングに基づく持続的な学習を可能とするスマートフォン学習教材のための UI デザインの検討”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.32, No.5, pp.133-140 (2018)
- (8) iOS 版 KoToToMo Plus, iOS App Store, <https://itunes.apple.com/jp/app/kototomo-plus/id1365337085>
- (9) Android 版 KoToToMo Plus, Google Play, <https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.kodama.masaa.ki.kototomo>

ブレンド型初修外国語授業を対象とした 探索的学習分析システムの開発

今野 裕太^{*1}, 児玉 雅明^{*1}, 趙 秀敏^{*1}, 大河 雄一^{*1}, 三石 大^{*1}
^{*1} 東北大学

Development of an explorative learning analysis system for blended style foreign language class

Yuuta KONNO ^{*1}, Masaaki Kodama ^{*1}, Xiumin ZHAO ^{*1}, Yuichi OHKAWA ^{*1}, Takashi
MITSUISHI ^{*1}
^{*1} Tohoku University

初修外国語を対象とした3段階ブレンディッドラーニングにおいて、復習用スマートフォン教材による学習履歴を記録し、探索的に学習分析を行うためのシステムを開発した。本システムはマイクロラーニングに基づいて断続的に実施される学習をxAPI形式のログとして記録する。加えて、記録された学習履歴を利用し、教員の閲覧目的に応じて、異なる複数の視点を切替えながら学習者やクラスごとの学習状況が分析できる可視化用Webアプリケーションを実装した。本稿では、学習活動を記録するためのログデータ記録方式と、提案システムに必要な要件に基づいて設計した機能およびUIについて述べる。また、設計に基づいて実装した探索的学習分析システムのアーキテクチャと可視化用Webアプリケーションについても報告する。

キーワード: 可視化, 学習履歴, xAPI, 探索的学習分析

1. はじめに

我々の研究グループでは、大学1年時の初修外国語を対象に、教室での対面授業と授業後のeラーニングとを組み合わせた3段階学習プロセスによるブレンディッドラーニングを実践してきた[1]。また現在、この3段階学習プロセスにおける授業後のeラーニングとして、マイクロラーニングに基づく復習教材を提供する新たなスマートフォン学習教材 KoToToMo Plus を開発し、今年度の4月から提供を開始している[2]。一般に、スマートフォンアプリケーションなどの学習ツールを利用した学習では、各学習者の学習履歴を取得可能であり、我々が現在提供しているスマートフォン学習教材においても、学習者の操作ログや学習履歴、学習結果などを収集し、学習ログとして記録している。これらの学習ログを利用し、教員が学習状況を確認して分析できれば、学習者の学習状況やつまづいている

学習者の把握に活用できるとともに、これに基づいて授業のふり返りや授業改善へと活用することもできる。

一方、学習者の学習状況や学習上の課題点などを確認しようとした場合、単純に学習コンテンツへの取り組みの有無や問題に対する解答の正否を記録した学習ログからのみでは、その詳細を確認することが難しい。とりわけ、本研究が対象とするスマートフォン学習教材は、マイクロラーニングに基づく断続的な学習の継続を意図しているため、学習者ごとに学習ログとして短時間の学習を数多く記録する。そのため、各学習者が十分に復習に取り組んでいるかや、つまづきがちな学習内容がないかなどを確認しようとした場合、いつ、どの学習コンテンツに、どのように取り組み、その結果がどうであったのか、といった詳細な履歴を学習ログとして記録し、記録された多数の学習ログに基づいて学習状況を分析できる必要がある。そこで我々は、

当該スマートフォン学習教材による学習ログについて、その閲覧目的に応じて複数の視点を切り替えながら可視化することで、担当教員による探索的な分析を可能とするシステムを提案し、その開発を進めている[3].

本稿では、これまで我々が提案してきた、学習者の教材内の操作に基づいて記録される学習ログと、探索的な分析を可能とするための可視化手法に基づき、教員に対して学習履歴を可視化して提供する探索的学習分析システムの設計と実装について報告する。

2. 先行研究とその課題

一般に、スマートフォン学習教材など何らかの学習ツールを利用した学習では、学習者の操作履歴や学習履歴、学習の結果などの学習ログが収集可能であり、それらのデータは学習者の学習行動を表す有用なデータとして活用可能である。これまでも、学習教材内における学習者の学習ログを取得し、教員に対して可視化して提示することで、学習ログの分析を行う試みは多く行われており、そのためのツールも存在している[4].

しかし、先行研究や既存のツールは、研究者やデータ分析の専門家による利用を念頭に置いたものが多く、必ずしもデータ分析の専門家ではない授業担当教員がこのようなツールを利用して分析を行うのは容易ではない。また、分析ツールによっては、分析の目的に応じてあらかじめ可視化の視点が設定されており、限定的な視点でしか分析を進めることができない。そのため、学習履歴の分析にあたって、担当教員に何らかの気づきがあった場合にも、その気づきを反映して分析を進めることが難しいといった課題があった。

このような課題に対して、可視化の際に多様な視点を提供し、それらを切替えながら閲覧することで、多様な視点から分析を可能とする試みも存在する。古川らは、Web上で閲覧可能なビデオ教材を対象としたeラーニングにおいて、ビデオ教材の視聴状況などを教員が確認する際に、可視化結果の閲覧視点を切替え可能にすることで、多様な視点からの学習状況の把握や講義改善のための参考とできるシステムを開発している[5]。ただし、当該システムでは、時間的に連続して受講されるビデオ教材の視聴による学習を主な対象と

しており、本研究で対象とするブレンディッドラーニングにおいて確認が必要となる、マイクロラーニング形式の教材による学習の継続や積み重ねを確認するものとはなっていない。

3. 探索的な分析のための学習ログの設計

3.1 学習者の操作に基づく学習ログ

本研究では、本システムで利用する学習ログとして、学習活動としての教材そのものに対する操作やその結果に加え、学習する単元や教材の選択のための操作を記録する。

我々が授業で提供するスマートフォン学習教材 KoToToMo Plus では、教科書や授業の内容と連動して復習を進めるために、教科書の課と対応付けられた形で学習内容を提供する。また、各課の学習内容として、言語習得に必要とされる4技能を学習できるよう、4種類の学習形式による学習項目を提供する。学習者が KoToToMo Plus を起動すると、前回中断した場所から学習を再開するか、これまでの学習状況や授業の進捗などに応じて学習項目を選択し、そこで提供される教材を利用して復習を行う。すなわち、学習者の様々な学習活動を記録し、分析しようとした場合、個別の教材に対する操作だけでなく、どの単元のどの学習形式にある学習項目を選択して学習したのか、といったアプリケーション操作として表出する学習の文脈についても確認できる必要がある。

そのため本研究では、個々の教材に対する学習活動だけでなく、その教材の選択に至る操作についても合わせて記録することとした。具体的には、(1)各学習項目で提供される教材を利用して学習を行うための教材操作と、(2)学習教材としてのアプリケーションの起動や学習項目の選択のためのメニュー選択など、学習を進めるためのナビゲーション操作の2種類に大別し、学習者が該当する操作を行った場合に学習ログとして記録を行う。

具体的には、(1)の教材操作では KoToToMo Plus で提供される4種類の学習形式において学習者が行うと想定される学習行動を基に、学習者がどのような操作を行ったかを表1に示す形で記録する。ここでは、学習者が行った操作に加えて、どのくらいの時間行った

表 1 各学習形式で記録する操作と付随して記録する内容

学習形式	記録する操作内容	操作に付随して記録する内容
音読	動画の再生開始	
	動画の一時停止	停止時の動画の再生位置
	動画の巻き戻し	巻き戻し時の動画の再生位置
	動画の早送り	早送り時の動画の再生位置
	動画の再生完了	動画の視聴時間
	録音の開始	
	録音の完了	音声の録音時間
	音声の再生	
	確認ボタンの押下	解答時間, 正誤
リスニング	音声ファイルの再生	
	解答の選択	
	解答の送信	解答, 解答時間, 正誤
文型練習	解答の送信	解答, 解答時間, 正誤
力試し	録音の開始	
	録音の完了	音声の録音時間
	音声ファイルの再生	
	解答の送信	解答, 解答時間, 正誤

か、その結果はどうであったかなど操作に付加して記録すべき情報がある場合は、操作と併せて記録することとした。また、(2)のナビゲーション操作では、学習者が KoToToMo Plus を起動してから各学習形式画面に遷移するまで、および学習形式画面から抜けて KoToToMo Plus を終了するまでに行う操作を表 2 に示す形で定義した。ここでは、学習者がいずれかの教材で学習を開始するまでに、メニュー画面で選択した単元や学習形式、選択された教材を記録する。加えて、学習を中断した、学習を再開した、学習を終了したなどの情報も記録する。また、ナビゲーション操作についても、教材の操作と同様に学習時間や中断までの学習時間など、操作に付随して記録すべき情報がある場合は、当該操作と併せて記録することとした。

3.2 xAPI に基づく学習ログの記録方式

3.1 節で述べた、学習者の操作に基づく学習ログの記録のために、本研究では学習ログの汎用的な記録方式である xAPI 形式に基づいて学習ログを記録する。

KoToToMo Plus において記録された学習ログを xAPI に基づいて記録するために、本研究では、xAPI

表 2 ナビゲーション操作として記録する操作内容と付随して記録する内容（抜粋）

記録する操作内容	操作に付随して記録する内容
学習の開始	
第*章への遷移	前回の学習の続きか
第*章の開始	
学習形式「**」への遷移	
学習形式「**」の*問目への遷移	前回の学習の続きか
学習の中断	中断までの学習時間
学習の再開	
学習の終了	終了までの学習時間
⋮	⋮

で規定する actor, verb, object, result, extension, time stamp の各項目を図 1 に示す形で定義した。ここで、actor とは学習者を識別する ID として、通し番号や学籍番号などを記録する。verb は学習者がどのような操作をしたかを表すために、表 1, 表 2 にある「～の開

始」,「～の完了」,「～の再生」などの操作を記録する。
object は **verb** の対象を表しており, **verb** に記録された操作が, どの単元や学習形式, 問題などで行われたものなのかを記録する。**result** は学習の結果を表す部分であり, 復習時間や録音時間, 音声再生時間などを記録する。学習者が正誤判定のある学習形式に取り組んだ場合は, 選んだ選択肢や送信した解答, 解答の正誤なども **result** として記録を行う。**extension** には前述した4つの項目には該当しないが, 学習ログの分析に必要な情報を記録する。本研究では, **extension** としてクラスごとの分析を行うために学習者の所属クラスと, 複数端末間で学習状況を同期するための端末情報を記録する。これら5つの項目に加えて, 学習者の端末上でログが記録された時刻と, サーバにログが保存された時刻を付加したログを, 1件分の学習ログとして記録する。

このように, 学習者の教材内での操作に応じて, 誰が, いつ, どの単元や学習形式に取り組み, その結果どのようになったか, 学習者の詳細な学習履歴を **xAPI** 形式に基づき記録することで, 学習の取り組みの有無や学習時間, 解答の正誤だけでなく, 学習者の学習行動に基づく多様な視点を提供できるとともに, 必要に応じて **xAPI** に対応した他の分析ツールを利用して学習ログの分析を行うことも可能になる。

4. 探索的学習分析システムの設計

4.1 探索的学習分析システムとしての要求要件

本研究で実現しようとしている学習分析システムは, 先述のように必ずしもデータ分析の専門家ではない教員が, 分析中の自身の気づきに基づいて学習分析が行えることを目的としている。すなわち本システムでは, 授業担当教員の大まかな目的に応じて試行錯誤しながら探索的に分析を進められることが必要である。そのためには以下に示す要件が必要であると考えられる。

(1) 分析の目的に応じた可視化手法の容易な決定

大量に蓄積された学習ログから, 教員が確認したい情報を得るためには, 記録されたログのうち, どのログに対してどのような処理を行い, どのような形で表示すれば確認できるのかを決定する必要がある。しかし, データ分析の専門家ではない一般の教員がこれら判断



図1 xAPI形式に基づく学習ログの記録

し, 分析を進めることは容易ではない。そこで, 教員の持つ大まかな目的に応じて, 可視化の対象となる学習ログや可視化方法を容易に選択できる必要がある。

(2) 教員の気づきに基づく対話的な視点の切替え

何らかの目的に基づいて学習ログを分析する場合であっても, 具体的なデータを確認しないとどのような視点で確認したらよいかを判断できないことも多い。また, 分析を進めるにあたって現在確認している内容から, 新たに確認したい内容が生じることも多い。例えば, 学習者全体の復習時間を確認している場合に, クラスごとの復習時間の分布はどうか, 学習單元ごとの復習時間の分布はどうか, 復習回数はどのように分布しているかなど, 現在の確認内容から派生して新たな確認内容が生まれる場合もある。そのため, 表示する項目を容易に切替えながら, 分析中の気づきや発見に応じて表示内容を決定できる必要がある。

(3) 学習者全体の確認と特定の学習者やクラスに着目した分析

教員の持つ大まかな目的に応じて, 気づきに基づきながら様々な視点を切り替えて学習者全体の学習状況を確認した結果, 他の学習者と比較して復習時間の少ない学習者や, クラス間の復習状況の差異などに気づき, 特定の学習者やクラスなどに着目して分析を行いたい場合がある。また, 授業の受講状況や受講態度から, あらかじめ特定の学習者やクラスに着目して分析したい場合もある。そのため, 学習者やクラス全体を俯瞰した分析が行えるだけでなく, 全体を分析している間に, 何らかの気づきによって特定の学習者やクラスに着目したい場合には, その学習者やクラスを対象を絞った詳細な分析を行える必要がある。



図2 視点を自由に切替えながら可視化結果を確認可能な UI

(4) 授業の進捗に応じた学習状況の確認

本研究で分析対象とする学習は、授業後の復習としてスマートフォンアプリを利用して行う学習である。すなわち、授業の進捗に応じて単元や学習項目を選択しながら復習を進めることを想定している。そのため、学習者が授業の進捗に合わせて適切に復習できているかどうかについても、教員が確認できる必要がある。

4.2 設計

本研究で実現する学習分析システムは、担当教員の持つ大まかな目的に応じて、試行錯誤しながら探索的に分析を進められる必要がある。そのため、図2に示すように視点を自由に切替えながら可視化結果を確認可能な UI を設計した。具体的には、画面上部を可視化結果の表示領域、画面下部を表示項目の切替え領域とし、画面下部で選択した表示項目に応じて学習ログの集計を行い、画面上部に集計結果を可視化して提示する。これに加え、4.1節で示した要求要件を満たすためにシステムに必要な機能とそのユーザインターフェース（以下、UI）を以下の通り設計した。

(1) 分析の目的に応じた可視化手法の容易な決定

本システムでは、教員の持つ分析の大まかな目的として学習ログの閲覧目的を定義した。表3に示すように、教員の閲覧目的として想定されるものの洗い出しを行い、選択された目的に応じてパラメータを提示することで分析の手がかりとする。例えば、「ケアが必要

表3 閲覧目的と対応するパラメータ

閲覧目的	対応するパラメータ
ケアが必要な学生を知りたい	復習回数、動画再生回数、解答時間、正解数など
復習を継続しているかを知りたい	復習時間、復習回数、録音時間、動画再生回数など
〆切は守ったかを知りたい	復習回数、解答送信回数、動画再生時間など
取り組みの時間変化を知りたい	復習回数、録音回数、音声再生回数など
⋮	⋮

- 大まかな復習状況を知りたい
- 〆切を守ったかを知りたい
- 継続的に復習しているかを知りたい
- 取り組みの時間変化を知りたい
- 大まかな教材の利用状況を知りたい
- どんな学習者がいるのかを知りたい
- ケアが必要な学生がいるのかを知りたい
- 学習者が得意/苦手な内容の傾向を知りたい

図3(a) 閲覧目的選択のための UI

な学生がいるかどうか」という目的で教員が分析を行う場合、そのために確認すべきパラメータの候補としては、復習時間や動画再生回数、解答時間などが想定される。ただし、どのパラメータを確認すれば閲覧目的を達成できるかは教員の判断によるため、実際に各パラメータを選択しながら確認しないと分からない場合も多い。そこで、提示されるパラメータを自由に切替えながら確認することで、様々な視点からの可視化結果の提示を行い、教員による探索的な確認を実現する。閲覧目的を設定するためのUIは図3(a)のように設計した。このメニューの中から教員が自身の閲覧目的に近いものを選択すると、選択した目的に対応するパラメータが図3(b)に示すUIで提示され、この中から自由にパラメータを選択しながら可視化結果の確認を行う。

(2) 教員の気づきに基づく対話的な視点の切替え

選択した閲覧目的に応じて可視化結果を確認した結果、教員に何らかの気づきがあって新たに確認したい内容が生じた場合でも、容易に可視化視点を切り替えるために、提示するパラメータ群をはじめ、グラフの軸に表示する項目や、分析対象とするクラスや単元、学習形式、期間などをボタンの操作によって切替え可能とする。例として、「クラスごとに学習状況を確認したい」や「教材に含まれる単元ごとの取り組み状況を確認したい」場合には、必要に応じて軸の表示項目を「クラス」や「単元」などに切替えることで、選択された表示項目に基づいて集計し、可視化結果を提示する。また、「月曜のクラスのみを分析したい」、「特定の単元のみを対象として分析を行いたい」など、分析対象を絞り込んだ状態で分析を進めたい場合も想定されるため、図4に示すようなUIを設計し、分析対象となるクラスや単元、学習形式などを必要に応じて選択できるようにした。

(3) 学習者全体の確認と特定の学習者やクラスに着目した分析

学習者全体の復習状況を確認している際に、視点の切替えによって着目したい特定の学習者を発見した場合、図5に示すUIで学習者個人の詳細な復習状況を提示する。ここでは、詳細な学習状況として、時系列でみた復習状況の推移と、復習を実施した単元と学習形



図3(b) 描画対象とするパラメータの選択



図4 対象となる単元の切替え

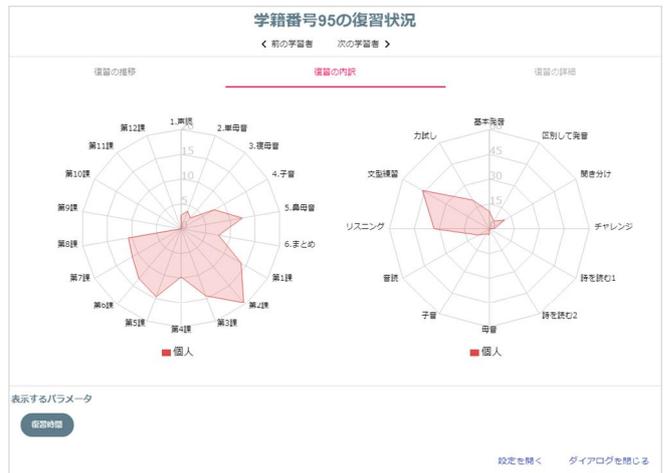


図5 個人ごとの学習状況の表示

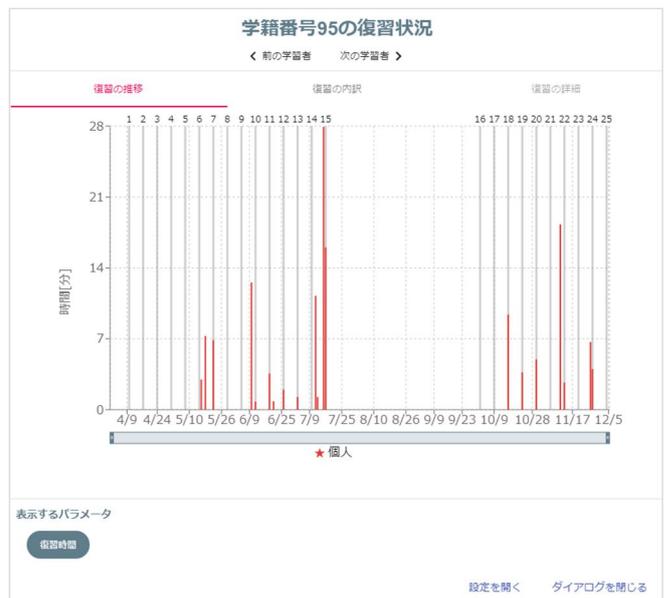


図6 授業日と対応づけた学習状況の確認

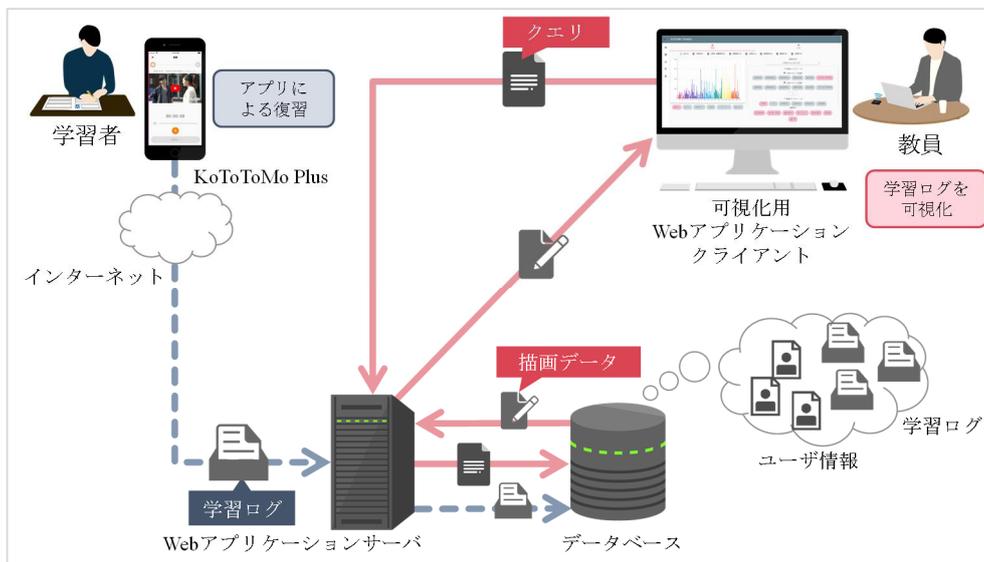


図 7 提案システムの構成とアーキテクチャ

式の内訳をクラス平均と合わせて提示することとした。

また、特定の学習者に着目するための機能としてフィルタリング機能を設計した。ここでは、ある特定のパラメータに対して上位/下位何%でフィルタを設定するのかを入力することで、入力した条件に該当する学習者のみを強調して表示する。例として「復習時間が上位10%」というフィルタを設定した場合には、学習者全体から復習時間が長い順に 10%の学習者が濃く描画される。このように、任意のパラメータに対してフィルタを設定することで、学習者全体から学習者個人の特徴や傾向を確認し、気になる学習者を発見するための手がかりとすることが可能である。

(4) 授業の進捗に応じた学習状況の確認

時系列で学習者の学習状況を提示している場合に、授業日も合わせて表示することとした。各クラスの授業日と授業回をあらかじめシステムに設定することで、学習者の学習状況の推移を表示する際に、所属するクラスの授業日を図 6 のようにグラフ上に表示する。また、授業日と授業回以外にも、授業が行われる曜日と時間帯を設定して表示することも可能である。

この機能を利用することで、授業回ごとに復習を実施しているかどうかや、授業からどの程度の時間間隔を空けて復習を実施しているかなど、学習者が授業の進度に合わせて復習を実施しているかを把握することができる。

5. 探索的学習分析システムの実装

5.1 システム構成とアーキテクチャ

以上の設計に基づき実装したシステムの構成を図 7 に示す。

本システムは、学習者が利用するスマートフォン学習教材 KoToToMo Plus、学習ログの蓄積のためのデータベース、教員が利用する可視化用 Web アプリケーションクライアント、ならびに KoToToMo Plus からのログデータを受け取って Web アプリケーションを実行するための Web アプリケーションサーバから構成される。KoToToMo Plus を利用して学習者が学習を行うと、3.1 節で定義した操作ごとに、一度学習者の端末上に学習ログが記録される。記録された学習ログは逐次 HTTPS 通信でサーバへ送信され、サーバを介してデータベースに蓄積される。データベースでは、KoToToMo Plus を利用している学習者の管理や学習ログの管理を行い、KoToToMo Plus や可視化用 Web アプリケーションからサーバを介して送信されたクエリに応じて学習者や学習ログの検索・抽出を行う。検索の結果、該当する学習者や学習ログが存在する場合は、サーバを介して返信を行う。教員が利用する可視化 Web アプリケーションクライアントは、Web ブラウザ上で実行され、学習ログを可視化して教員へ提示する。ここで、各パラメータやクラス、単元などの切替えや絞り込みに応じて描画データを更新するため、HTTPS 通信を利用して Web アプリケーションサーバ

を介し、データベースにクエリを送信する。クエリの結果として、データベースから返信された学習ログを基に描画データを更新してグラフ化を行う。

5.2 実装環境

5.1 節で述べたシステムを実現するために、本研究では可視化用 Web アプリケーションの実装を行った。Web アプリケーションのフロントエンドは React.js で開発を行い、図 3(a)(b)や図 4 のように画面に表示するコンポーネントの描画ライブラリとして Material-UI を、棒グラフや散布図など画面上にグラフを描画するためのライブラリとして recharts を利用した。また、本アプリケーションはサーバを介してデータベースと通信して学習ログを取得する必要があるため、バックエンドとなる Web サーバとして CentOS7 の仮想サーバを利用した。データベースに対して発行するクエリを送受信や学習ログの受け渡しなど、サーバが実行する内部の処理は Node.js により実装した。KoToToMo Plus を利用するユーザ情報の管理や、取得した学習ログの蓄積を行うデータベースには MongoDB を利用した。

6. おわりに

本研究では、初修外国語を対象とした 3 段階学習プロセスによるブレンディッドラーニングを対象に、授業後の復習に利用するスマートフォン学習教材から、学習者の操作に基づいて学習ログを xAPI 形式で記録するとともに、教員の閲覧目的に応じて異なる複数のパラメータを切替え可能な学習ログの可視化について設計し、探索的学習分析システムとして実装を行った。今後、授業担当教員に実際にシステムを利用してもらい、ヒアリングやアンケート調査を通じて提案システムの有効性評価を行う予定である。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 15K02709, 15K01012, 17K01070 の助成を受けたものである。

参 考 文 献

(1) 趙秀敏, 富田昇, 今野文子, 朱嘉琪, 稲垣忠, 大河雄一,

三石大, “第二外国語としての中国語学習のためのブレンディッドラーニングにおける e ラーニング教材設計指針の作成と実践,” 教育システム情報学会誌, pp.132-146, 2014.

- (2) 児玉雅明, 今野裕太, 趙秀敏, 大河雄一, 三石大, “学習状況の視覚的な提示により持続的な学習を可能とする初修外国語教育用スマートフォン学習教材,” 教育システム情報学会全国大会, 2018.
- (3) 今野裕太, 児玉雅明, 趙秀敏, 大河雄一, 三石大, “学習履歴の閲覧意図に応じて異なる複数の視点を切り替え可能なログデータ可視化手法の検討,” 教育システム情報学会研究報告, Vol.32-5, pp.141-148, 2018.
- (4) 佐藤一裕, 荒本道隆, 中澤真, 小林学, 中野美知子, 後藤正幸, 平沢茂一, “Learning Analytics のための学習履歴可視化システムの開発,” 経営情報学会全国大会研究発表大会要旨集, pp349-352, 2016.
- (5) M. Furukawa, K. Yamaji, Y. Yaginuma, T. Yamada, “Development of Learning Analytics Platform for OUJ Online Courses,” 2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics, 2017.

カスタム機械学習モデルを用いた振り返り記述内容の分類と その活用方法の提案

丸山 浩平^{*1}, 森本 康彦^{*2}
^{*1} 信州大学 ^{*2} 東京学芸大学

A Classification of Descriptions of Reflection Using a Custom Machine Learning Model and a Method Utilizing the Model

Kohei Maruyama^{*1}, Yasuhiko Morimoto^{*2}
^{*1} Shinshu University ^{*2} Tokyo Gakugei University

次期学習指導要領では、児童生徒が見通しを持って粘り強く取り組み、自己の学習活動を振り返って次につながる主体的な学びが求められている。しかし、学びの振り返りを行う際、場合によって、活動の事実やその感想に留まってしまうことがあり、自らの学習を調整し次の学びにつながる学びの振り返りができるよう、学びの振り返りの状況を把握し、適切な支援を行うことが求められる。一方、近年では、人工知能（AI）等を用いた学習記録データの分析による学習支援の取組が注目されている。そこで、本研究では、児童生徒の学びの振り返りの支援を目指した、学びの振り返りの状況の把握の支援を目的とする。本論文では、学びの振り返りの記述を、学びの振り返りの段階に着目して分類するカスタム機械学習モデルを構築し、その活用方法を提案した。本モデルを活用することで、学びの振り返りの状況を把握しやすくし、その状況に応じた支援が容易になると期待される。

キーワード: 学びの振り返り, 主体的な学び, 学習記録データ, 機械学習, AI

1. はじめに

次期学習指導要領では、「基礎的・基本的な知識及び技能の習得と、思考力・判断力・表現力等の育成、主体的に学習に取り組む態度の涵養を目指す教育の充実」のために、特に、学ぶことに興味や関心を持ち、自己のキャリア形成の方向性と関連付けながら、見通しを持って粘り強く取り組み、自己の学習活動を振り返って次につながる「主体的な学び」の実現が重要とされている⁽¹⁾。また、主体的に学習に取り組む態度については、学習履歴、学習記録、学習成果物等の授業・学習の記録（学習記録データ）を活用し⁽²⁾、「子供たちが自ら学習の目標を持ち、進め方を見直しながら学習を進め、その過程を評価して新たな学習につなげるといった、学習に関する自己調整を行いながら、粘り強く知識・技能を獲得したり、思考・判断・表現しようと

したりしているか」を学習評価し、学びを振り返って次の学びに向かうことができるようにすることが求められている⁽³⁾。つまり、児童生徒には、絶えず学びの振り返りを行い、次の学習に向けた課題や方向性を調整して、学習に取り組んでいくことが求められている。

しかし、学びの振り返りを行ったとしても、活動の事実やその感想に留まることもあれば、次に生かされる課題やその見通しが立つ振り返りに至ることもあり、学びの振り返りの状況がまちまちになる傾向がある。このため、児童生徒の学びの振り返りの状況を把握して、適切な学びの振り返りを支援することが重要だが、1人1人の状況を把握することは容易ではない。まして、ノートやレポート等に記述された学びの振り返りの内容（以下、振り返り記述内容）から把握することはなおさら困難であり、学びの振り返りの状況を把握するための支援が求められると考えられる。

一方、Society5.0の提唱に伴い、児童生徒の学習記録データの分析によって学習傾向や能力の程度に応じて学びを支援するための、人工知能(AI)等の先端技術の活用が注目されている(4)。AIは、機械学習の技術の発展により急激な高度化が進み、様々な分野で活用が進んでいる。たとえば、新居ほかは、機械学習アルゴリズムのSVMを用い、看護ケアに関する自由記述回答データを、看護ケア内容の特徴ごとに自動分類するシステムを開発している(5)。また、新里・小山田は、機械学習ライブラリ(opal, CRFsuite)を用い、オンラインショッピングサイトに対するレビューで言及されたアспектとその評価極性に応じて、レビュー内の各文を分類するシステムを開発している(6)。このことから、ある特徴ごとにテキストデータを自動的に分類する機械学習の開発が行われていることがわかる。

つまり、振り返り記述内容の特徴ごとに、振り返り記述内容を分類できる機械学習を構築できれば、児童生徒の学びの振り返りの状況の把握を容易にし、学びの振り返りの支援につながれると考えられる。

そこで、本研究では、児童生徒の学びの振り返りの支援を目指した、学びの振り返りの状況の把握の支援を目的とする。本論文では、振り返り記述内容を、学びの振り返りの段階に着目して分類するカスタム機械学習モデルを構築し、その活用方法を提案する。

2. 研究のアプローチ

振り返り記述内容に基づいて、児童生徒の学びの振り返りの状況を把握するためには、振り返り記述内容から把握すべき学びの振り返りの状況の基準が定められており(要件1)、かつ、その基準を把握するための方法が定められている必要がある(要件2)。これらの基準と方法が合わさることで初めて、学びの振り返りの状況を把握でき、その状況に応じた支援につながれると考えられる。

上記の要件を満たし、振り返り記述内容から学びの振り返りの状況を把握するアプローチとして、機械学習を活用したテキストデータの分類に着目する。

自由記述回答などの自然言語処理の手法として、乾ほかは、言語処理の要素技術であるテキスト分類の技術を取り入れた自由回答アンケートの自動分類のために、その回答が意図するタグを各回答に付与し、回答

の表層表現に着目して学習アルゴリズムの1つである最大エントロピー法による記述の分類を試みている(7)。

一方で、振り返りを促進させるためには、メタ認知が働くように支援することが効果的とされている(8)。このメタ認知について、活動成分としてのメタ認知的活動(経験)は、認知についての点検や、気づき、予想を行う活動(メタ認知的モニタリング)と、認知についての計画や目標の設定・修正を行う活動(メタ認知的コントロール)に分けられ(9)(10)、三宮は、この2つの活動は循環的に働くと指摘している(11)。

このことから、振り返ることによってメタ認知が働き、学習活動において自分が何をどのように、どうして考えたかといった自問自答による気づき生まれ、そして、その気づきから課題や教訓を導き、次の学習活動に向けた方向性や方略を調整する、といった段階が存在すると考えられ、これは、森本が実証研究において指摘した学びの振り返りの段階とも一致する(12)。さらに、その段階に応じて、学びの振り返りとして記述される内容は異なってくると考えられる。

したがって、学びの振り返りの段階を学びの振り返りの状況を表す基準として捉え、その段階を見分けるタグ(ラベル)を振り返り記述内容に付与し、記述内容とラベルとしての学びの振り返りの段階を学習した機械学習モデルを構築することで、学びの振り返りの段階ごとに、振り返り記述内容を分類できると考えられる。さらに、その分類結果を教員に提示(見える化)することで、学びの振り返りの状況を把握しやすくなることができると期待される(図1)。

そこで、本研究では、振り返り記述内容を分類する

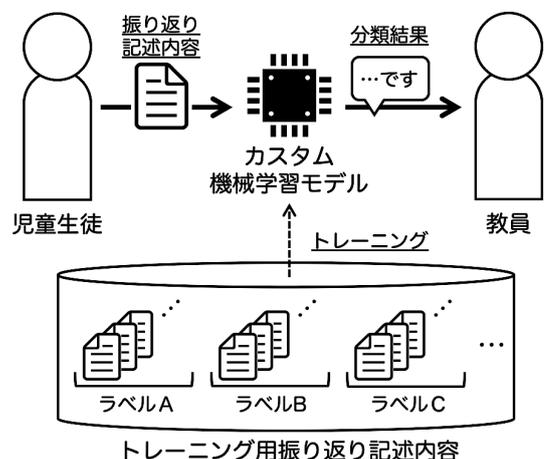


図1 機械学習を活用した振り返り記述内容の分類概念図

ようにカスタムした機械学習モデル（以下、カスタム機械学習モデル）の構築と、そのモデルの活用方法を提案することで、学びの振り返りの状況の把握を支援することを目指す。このように、学びの振り返りの段階を表すラベルとその正解データをもとにトレーニングした機械学習モデルを構築することで、振り返り記述内容を一貫した方法で分類し、一貫した基準で把握できるようになり、要件 1, 2 の達成が期待できる。

3. 振り返り記述内容を分類するカスタム機械学習モデルの構築

学びの振り返りの段階に着目した振り返り記述内容を分類するカスタム機械学習モデルの構築にあたり、まず、学びの振り返りの段階に着目した振り返り記述内容の分類ラベルを決定し、各記述内容へそれらラベルを付与した後、カスタム機械学習モデルを構築する。

3.1 学びの振り返りの段階に着目した振り返り記述内容の分類ラベルの決定

振り返り記述内容には、学びを振り返った内容が記述されるが、学びの振り返りの状況によってその内容が異なると考えられる。つまり、振り返り記述内容の特徴として、学びの振り返りの段階に着目した記述内容の種類を分類ラベルとすることで、どの段階の学びの振り返りがなされたかという意味で、学びの振り返りの状況を把握できるようになると考えられる。

そこで、本研究では、学びの振り返りの段階に着目した振り返り記述内容の種類を、表 1 の 3 つに定めた。

「事実の記述」は、児童生徒が取り組んだ活動の内容や行動の事実をただ記述したもの、または、単なる感想を指す。「気づきを伴う記述」は、メタ認知を働か

せ、自問自答して書かれた、学習活動において自分が何をどのように考え、判断したかや、気づいたことの記述を指す。「教訓に至る記述」は、取り組んだ学習活動を通して学んだことを教訓化して書かれた、次の学びに向けての目標や方向性の記述を指す。

本研究では、表 1 の種類を分類ラベルとし、そのラベルの種類によって学びの振り返りの段階を特定し、学びの振り返りの状況を把握することを目指す。

3.2 各記述内容への分類ラベルの付与

3.1 節で定めた分類ラベルを、振り返り記述内容に付与し、機械学習モデルの構築のためのトレーニングデータを作成する。

トレーニングデータに用いた振り返り記述内容は、A 大学における教育 ICT 活用に関する講義（受講生 37 名）の、第 1 回から第 3 回の講義後に、「今日の授業を通して学んだこと（できるようになったこと、気づいたこと、今後どのように生かしていきたいか）について記述してください」として記述された 216 件（第 1 回: 75 件、第 2 回: 74 件、第 3 回: 67 件）の振り返り記述内容を使用した。各回の授業内容を表 2 に示す。

各回の授業内容に基づいて記述された振り返り記述内容に対して、表 1 を参考に、筆者らで手作業によりラベルを付与した（表 3）。なお、今回は、振り返り記述内容の分類の可能性を確認するため、振り返り記述内容 1 件に含まれる複数の文（句点「。」までの文）をまとめて、1 件につき 1 ラベルを付与した。

3.3 カスタム機械学習モデルの構築

3.2 節で作成したトレーニングデータを使用し、振り返り記述内容を分類する機械学習モデルを構築する。

表 1 振り返り記述内容の種類

種類	説明	具体例
事実の記述	取り組んだ活動の内容や行動の事実、または、単なる感想について言及した記述	<ul style="list-style-type: none"> 図書館で、ごみの分別とゆくえについて、本やインターネットを使って調べた。ごみには、もえるごみ、もえないごみ、プラスチック、缶、びん、ペットボトル、古紙があり、埋立地になったりリサイクルされることがわかった。 修学旅行 1 日目は、京都のお寺と博物館に行き、教科書に載っている写真の本物の仏像と装飾品を見てきた。また、基盤の目のように道が通っている京都市街を散策した。
気づきを伴う記述	メタ認知を働かせ、自問自答し、学習活動において自分が何をどのように考え、判断したかや、気づいたことについて言及した記述	<ul style="list-style-type: none"> ごみにはいろいろな種類があることがわかり、ごみはもやすだけじゃないことに気づいた。どうやって埋立地ができていくのか、ペットボトルや缶、新聞紙がどうやってリサイクルされるのかが気になった。 外国のように円形に街ができていたのは違って、東西南北にまっすぐ道が通っていて、お寺や門を中心に道があって街が作られていることに気づいた。
教訓に至る記述	学習活動を経て学びを教訓化し、次の学びに向けてどのようにつなげていくかについて言及した記述	<ul style="list-style-type: none"> ごみの分別はめんどくさかったが、ごみをまた使えるようにすることは大切なので、ちゃんと分別していきたい。今度は、埋立地がどのようにできるのかを調べてみたい。身近に埋め立てられたところがないかも見つけてみたい。 2 日目の散策では、道が作られた理由にも歴史があると思うので、どうしてその通りができ、どうしてそういう名前になったのかや、どこにつながる道なのかを考えながら、歩いてみたいと思う。

3.3.1 使用した機械学習手法

機械学習を用いることによる振り返り記述内容の分類の可能性を確認するため、本研究では、テキスト内の関心のあるコンテンツを認識するようにカスタムモデルをトレーニングできる Google Cloud AutoML Natural Language (以下、AutoML Natural Language) を使用し、カスタム機械学習モデルを作成した。

AutoML Natural Language は、Google Cloud Platform に統合された機械学習サービスであり、ラベリング済みのテキストデータを与えることで、そのラベルを認識するように、Google の転移学習とニューラルアーキテクチャ検索技術を利用してトレーニングする、教師あり学習が行える。そして、作成されたモデルにテキストデータを与えることで、そのデータを分類して、各ラベルにどれくらい強く関連付けられるかの数値を出力 (prediction) でき、また、用意された REST API または Python ライブラリを用いることで、一連の、テキストデータの受け渡し、分類と予測値 (分類結果) の取得が行えるものである⁽¹³⁾。

AutoML Natural Language を用いたカスタムモデルの作成手順は、データセットの作成、モデルのトレーニング、結果の評価とされている⁽¹⁴⁾。本研究では、これらの手順で、カスタム機械学習モデルを構築した。

3.3.2 データセットの作成

モデルのトレーニングにあたり、カテゴリラベルが付けられたテキストデータ (データセット) を用意す

表 2 各回の授業内容

講義回	内容
第 1 回	ICT を活用した客観主義的な授業とその改善
第 2 回	ICT を活用した構成主義的な授業
第 3 回	アクティブ・ラーニングにおいて思考・判断・表現力を育む ICT 活用法

表 3 分類ラベルの付与結果

分類ラベル	件数	付与された振り返り記述内容 (一部抜粋)
事実の記述	42	<ul style="list-style-type: none"> 客観主義的な授業とは教師が一方的に知識を伝えるというものであるということ。客観主義的な授業の例としては、生徒が教師から一方的に知識を教え込まれ、それを暗記することを重視している講義型の授業が挙げられるということ。 学習の主体が教師から生徒に変わり、授業が大きく変化してきていることを学んだ。現在は、他の人との対話などをしながら定着させる学習が重要視されているが、変化前は教師が一方的に知識を与える講義型授業だった。
気づきを伴う記述	57	<ul style="list-style-type: none"> 従来の講義形式の授業では深い学びは実現されないと言われていたそうではなく、授業の中でいかに生徒同士の話し合いや意見の交換を取り入れるのが重要なのだと思った。 私は今まで、授業中に ICT を利用することに対して、効果的な使い方についてあまり考えたことがなかった。タブレットを使うことで教師の指導が効率的になることを利点として客観主義的な授業のように考えていた。この授業を受けて、その考え方は変わった。 単に ICT を活用して授業を行うのではなく、どのようにしたら生徒たちに気づきを与えることができるかと熟考してその上で授業内で ICT を使うことで、ICT が持つ力を最大限に利用することができ、生徒たちの力を伸ばすことができるのではないかと思います。
教訓に至る記述	117	<ul style="list-style-type: none"> なかなかアクティブラーニングをする機会はないので自分の理解できない部分などは友達に教えてもらったり議論したりして自分の学習の効率も上げていきたい。 実際に私が現場で関わるときにはまた違う教育方法が活発になっているかもしれないが、その時もなぜそれが使われているのかをよく考えて生徒にとってより有効的な授業を構成したいと思った。 何かを「教える」となるとどうしてもいわゆる「支援」= 答えを教えることになりがちだが、そうではなくどれほど学習者が自身で「気づき」、その過程で「自らの力」をつけながら学びを行えたのか、それをサポートする「学習支援」を行えるよう意識していきたい。

る。データセットには、20 個以上、100,000 個以下のソーステキストドキュメント (テキストデータ) と、2 個以上、100 個以下の一意のラベルを指定する必要があり、各ラベルは 10 個以上のテキストを含む必要がある。本研究では、3.2 節で付与された振り返り記述データを使用し、事実の記述を「Fact」、気づきを伴う記述を「Cognition」、教訓に至る記述を「Forward」とする CSV ファイルを作成し、データセットとした。

3.3.3 モデルのトレーニング

トレーニングは、AutoML Natural Language UI を用いて行うことができる。同 UI を用いて、データセットをアップロードし、Fact, Cognition, Forward のラベルに、振り返り記述内容を分類するカスタム機械学習モデルのトレーニングを実行した。このトレーニングでは、同時に、データセットの項目を使用してテストが行われ、モデルのパフォーマンスが評価される。

3.3.4 結果の評価

構築されたカスタム機械学習モデルのパフォーマンスの数値を表 4、5 に示す。

表 4 中の平均適合率は、モデルがテストデータに対してどの程度適切に機能しているかを表し、構築されたモデルは 0.811 であった。また、適合率と再現率は、モデルがどの程度適切に情報を取得しているか、どれだけの情報を除外しているかを表す。適合率は、ラベルが割り当てられたすべてのテストサンプルのうち、実際にそのラベルに分類されなければならないものの割合を表し、構築されたモデルは 75% であった。再現率は、ラベルが割り当てられるはずだったすべてのテストサンプルのうち、実際にラベルが割り当てられた

表 4 構築したカスタム機械学習モデルの
パフォーマンス

指標	数値
平均適合率 (Average precision)	0.811 (81%)
適合率 (Precision)	75%
再現率 (Recall)	72%

表 5 構築したカスタム機械学習モデルの
混同行列 (Confusion Matrix)

		Predicted label			Recall
		Cognition	Fact	Forward	
True label	Cognition	42.9%	57.1%	0.0%	42.9%
	Fact	0.0%	75.0%	25.0%	75.0%
	Forward	10.0%	0.0%	90.0%	90.0%
Precision		75.0%	66.7%	81.8%	

ものの割合を表し、構築されたモデルは 72%であった。このことから、構築されたモデルは、平均 81%の精度で目的のラベルを識別していることがわかった。

表 5 の行列は、各ラベルに対するモデルのパフォーマンスを表し、理想的なモデルでは、対角線上の全ての数値は高く、他は低くなる。構築されたモデルは、Fact のラベルを、75.0%、Cognition のラベルを 42.9%、Forward のラベルを 90.0%の割合で識別していることがわかった。このことから、Forward は、より高い割合でラベルを識別していることがわかった。

一方、本来 Cognition のデータが、Fact に 57.1%の割合で識別され、本来 Fact のデータが、Forward に 25.0%の割合で識別されていることがわかった。このことから、構築されたモデルは、Fact と Cognition のラベルを正しく識別していない可能性がうかがえる。これに関して、トレーニングデータの件数についてラベル間で差があったことや、ラベルの付与について振り返り記述内容 1 件に含まれる複数の文 (句点「。」までの文) をまとめて、1 ラベルを付与したことが影響したと予想される。

4. 本機械学習モデルの活用方法の提案

3 章で構築したカスタム機械学習モデルと連携して、入力された振り返り記述内容を分類する仕組みを持つ Web アプリケーション (以下、システム) を活用する方法を提案する。本活用方法では、児童生徒と教員は、システムを、以下の流れによって活用する (図 2)。

手順① 児童生徒は、学習活動後に学びの振り返りを記述する (図 2-①)。

手順② システムは、児童生徒の振り返り記述内容を分類する機械学習モデルに、処理を投げる (図 2-②)。

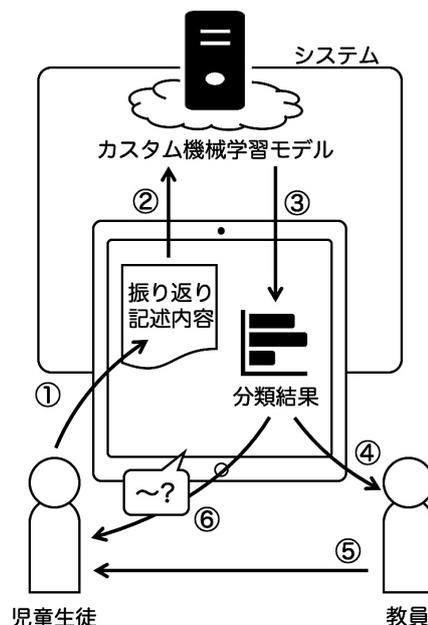


図 2 本機械学習モデルの活用方法

手順③ システムは、分類結果を受け取り、ダッシュボードに見える化する (図 2-③)。

手順④ 教員は、ダッシュボードと振り返り記述内容を参照し、児童生徒の学びの振り返りの状況を把握する (図 2-④)。

手順⑤ 教員は、児童生徒の学びの振り返りの状況に応じて適切な振り返りの支援を行う (図 2-⑤)。

手順⑥ または、システムが、分類結果に応じて適切な学びの振り返りを促すフィードバックを、児童生徒に提示する (図 2-⑥)。

たとえば、児童生徒は、授業後に、タブレット端末等を介して学びの振り返りを記述し (手順①)、その記述内容がシステムに登録された段階で、システムは、機械学習に記述内容の分類処理を投げ (手順②)、その分類結果を取得し、システム内のダッシュボードに見える化する (手順③)。そして、教員は、ダッシュボードと児童生徒の振り返り記述内容を参照して、学びの振り返りの状況を把握し (手順④)、学びの振り返りの支援を行う (手順⑤)。または、教員が直接に支援できない環境を想定し、システムが、分類結果に基づいて、適切な学びの振り返りを促す「なぜそう考えましたか?」、「今後どのように生かしていきたいですか?」などのフィードバックを、任意のタイミングで自動的に提示する (手順⑥)。

このように、本機械学習モデルが活用されることで、
・振り返り記述内容が自動的に分類され、教員が、児

児童生の学びの振り返りの状況を把握しやすくなり、個々の児童生徒に応じて適切な学びの振り返りの支援を行えるようになる（要件 1，要件 2 の達成）

- ・振り返り記述内容の分類結果に応じて、システムが学びの振り返りの支援を自動的にを行い、児童生徒が、いつでもどこでも継続的な支援を受け、主体的な学びに取り組むことができるようになる

と考えられる。しかしながら、その一方で、

- ・教員が学びの振り返りの状況を把握できても、支援を行う手間が依然として残り、教員の支援内容によって、支援の効果が左右されてしまう
- ・システムが学びの振り返りを促すフィードバックを提示しても、その内容をミスリードしたり、その内容に従うだけになってしまったりすることで、かえって主体的な学びを阻害してしまう

ことが予想される。特に後者については、児童生徒の強い主体性が発揮されなければ、受身的な学習に陥らせてしまいかねない。これらについては、今後の研究課題となると考えられる。

5. おわりに

本研究では、児童生の学びの振り返りの支援を目指した、学びの振り返りの状況の把握の支援を目的に、振り返り記述内容を、学びの振り返りの段階に着目して分類するカスタム機械学習モデルを構築し、そのモデルの活用方法を提案した。本モデルを活用することで、児童生の学びの振り返りの状況が見える化され、その状況に応じた支援が容易となると期待される。

今後の課題として、分類の精度の向上のために、振り返り記述内容の 1 文につき 1 ラベルを付与するとともに、ラベル間で均一なトレーニングデータを作成していく必要があると考えている。また、実際に授業で記述された振り返り記述内容を用いて分類を行い、本モデルによる分類の有効性を検証していく。

参 考 文 献

- (1) 文部科学省：“小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 総則編”，http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1387014.htm (2018 年 12 月 11 日確認)
- (2) 文部科学省：“「2020 年代に向けた教育の情報化に関する懇談会」最終まとめ”，[\[/houdou/28/07/1375100.htm\]\(http://houdou/28/07/1375100.htm\) \(2018 年 12 月 11 日確認\)](http://www.mext.go.jp/b_menu/</div><div data-bbox=)

- (3) 文部科学省：“幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）”，http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1380731.htm (2018 年 12 月 11 日確認)
- (4) 文部科学省：“Society5.0 に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～”，http://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/_icsFiles/afiedfile/2018/06/06/1405844_002.pdf (2018 年 12 月 11 日確認)
- (5) 新居学，安藤滋，高橋豊ほか：“看護ケアテキストデータ分類システムの開発”，知能と情報：日本知能情報フレンジ学会誌，Vol.20, No.1, pp.9-18 (2008)
- (6) 新里圭司，小山田由紀：“店舗レビューには何が書かれているか？-調査及び自動分類システムの開発-”，自然言語処理，Vol.25, No.1, pp.57-79 (2018)
- (7) 乾裕子，村田真樹，内元清貴ほか：“表層表現に着目した自由回答アンケートの意図に基づく自動分類”，自然言語処理，Vol.10, No.2, pp.19-42 (2003)
- (8) 三輪和久，齋藤ひとみ：“学習科学に基づく学習／教育支援システムの設計と実現：リフレクションに基づく学習支援を題材として”，教育システム情報学会誌，Vol.21, No.3, pp.145-156 (2004).
- (9) Flavell, J. H.: “Speculations about the Nature and Development of Metacognition”, In F. Weinert and R. Kluwe (Eds.), *Metacognition Motivation and Understanding*, pp.21-29, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ (1987)
- (10) Nelson, T. O., and Narens, L.: “Why Investigate Metacognition?”, In J. Metcalfe and A. P. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing*, pp.1-25, The MIT Press, Cambridge, MA (1994)
- (11) 三宮真智子 編著：“メタ認知 学習力を支える高次認知機能”，北大路書房，京都 (2004)
- (12) 森本康彦：“次世代 e ポートフォリオシステムによる学習評価支援のための自己対話による学びの振り返り促進と成長の見える化モデル”，日本教育工学会第 33 回全国大会講演論文集，pp.157-158 (2017)
- (13) Google: “Cloud AutoML”，<https://cloud.google.com/automl/> (2018 年 12 月 11 日確認)
- (14) Google: “Cloud AutoML Natural Language”，<https://cloud.google.com/natural-language/automl/docs/> (2018 年 12 月 11 日確認)

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

仲林 清^{*1,2} 森本容介^{*3} 池田 満^{*4} 瀬田和久^{*5} 田村恭久^{*6}

*1 千葉工業大学 *2 熊本大学 *3 放送大学

*4 北陸先端科学技術大学院大学 *5 大阪府立大学 *6 上智大学

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

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

Mitsuru Ikeda^{*4} Kazuhisa Seta^{*5} Yasuhisa Tamura^{*6}

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

*4 Japan Advanced Institute of Science and Technology

*5 Osaka Prefecture University *6 Sophia University

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。これまでの検討で、教材オブジェクト間の4種の基本的な通信パターンを抽出し、この通信パターンで、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。また、この通信パターンを遵守・再利用するためのデザインパターンの検討を進めた。本発表では、このデザインパターンに則って、Web サーバやスマートフォンなどの複数プラットフォームに分散した教材オブジェクトが連携するマルチプラットフォーム学習環境の検討状況、解決すべき課題、試作システム開発状況について述べる。

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、独習型コンテンツに関する Sharable Content Object Reference Model (SCORM)⁽²⁾、テスト問題コンテンツに関する Question and Test Interoperability (QTI)⁽³⁾などが開発された。教授方略については、グループ学習を含む幅広い形態を対象とする Learning Design (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。そのような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⁾。相互運用性と機能拡張性の両立を図るため、筆者らは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⁽⁶⁾⁽⁷⁾。このアーキテクチャでは、相互運用性

と機能拡張性の両立のために、教材オブジェクト⁽⁸⁾という概念を導入している。この機能拡張性を活用し、SCORM 規格準拠の独習環境⁽⁷⁾、LD 規格に沿ったグループ学習環境⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾、作問学習環境⁽¹¹⁾⁽¹²⁾などを実装してきた。また、コンテンツ・教材オブジェクトの流通のためのプラットフォーム要件の明確化を行った⁽¹³⁾。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を見出し⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾、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⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾。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⁽¹⁷⁾。また、近年提案された独習環境規格の cmi5 に適用した⁽¹⁸⁾。

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の複数プラットフォームに分散・連携するマルチプラットフォーム学習環境⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾の検討・開

発状況を報告する。e ラーニングコンテンツの再利用については、学習オブジェクト (Learning Object, LO) (21)の重要性が指摘され(22), 研究・実践も存在する, しかし, 多くは学習内容設計(23)(24)や学習文脈との整合性(25), 検索やリポジトリ(26)の観点から LO の再利用性を扱っている。ELECOA の教材オブジェクトに類似したプログラムモジュールとしての LO の研究(27)もあるが, 複数の LO を連動させるための通信機能については論じられていない。また, 現在, 学校への電子教科書やタブレット端末などの導入が積極的に進められているが, コンテンツやツールのほとんどは独自アプリとして開発され, 相互連携・利活用の枠組みは規定されていない。標準規格制定の動きもあるが, アプリ間の履歴データ通信(28)やコンテンツ構造とアプリの対応付け(29)のレベルに留まっていて, 学習制御を含む再利用に踏み込んだものではない。

以下, 本稿では, 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について述べる。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, 第 5 章で分散マルチプラットフォーム学習環境の概要, 検討課題, 開発状況を示す。

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」(8)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。

これまで, 階層型 (木構造型) のコンテンツや学習制御構造 (以下, コンテンツと総称する) を対象に検討を進めてきた(6)(7)(9)(10)。教材オブジェクトは, コンテンツの各ノードに配置され, 自分の配下のサブツリーの学習制御を行う。独習型環境については, 教材オブジェクトの組み合わせで SCORM 規格(2)に準拠した動作が実現できることを確認した(7)。グループ学習環境については, 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を行うことで, 複数学習者の情報を勘案した学習制御を行う。これまで, LD 規格に準拠したシステム(9)(10)や作問学習システム(11)(12)を開発した。

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(14)(15)。

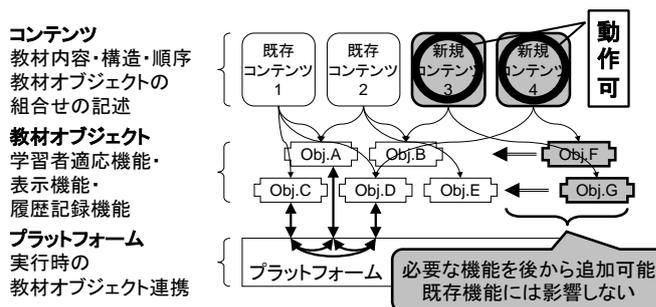


図 1 ELECOA の構成

- (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⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾。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。

この具体例として、既存の独習教材をグループ学習環境中で再利用する例を図2に示す。この例では、一定数の学習者が独習教材を終了したら、他のすべての学習者も強制的に議論に移る、といったように、学習者間の同期や強制移動といった制御を行う。このとき、既存の独習教材にはすでに学習制御ルールが記述されており、修正によるデグレードを避ける意味でも、他学習者の状態を参照するような制御機能を新たに書き加えることは、避けることが望ましい。

実際には、同期や強制移動の機能は、独習型教材を改変しなくてもポストコンディショナルルール処理によって実現できる。このためのポストコンディショナルルールを、図2の独習型教材とグループ学習のツリーの共通の親となるノード(灰色のノード)に記述する。前記(2)のポストコンディショナルルール処理では、ツリー全体の最もルートに近いノードのルールが優先して実行される⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾。このため、強制移動の条件が成立した後で、独習型教材のツリー内で学習者がコマンドを実行すると、このコマンドは灰色のノードのポストコンディショナルルールによって、グループ学習部分に移動するコマンドに置き換えられる。このように、外部から大域的に学習制御機能を変更することができるので、グループ学習での利用を意識せずに作成された独習型教材でも再利用が可能となる。

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を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。どのレベルのノードまで通信が伝搬するかは、処理によって異なっている。ポストコンディショナルルール処理では、前節の説明のように、最もルートに近いノードのルールを優先するため、中間ノードでルールが成り立っても、必ずルートまで伝搬が行われる。一方、シーケンシング処理では、自分の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

ここまで述べた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で述べた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。

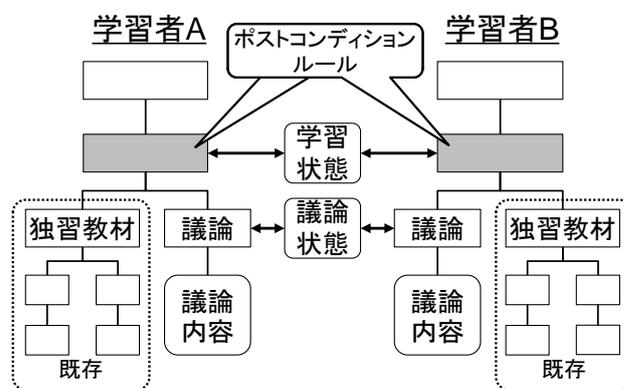


図2 グループ学習環境中の独習コンテンツ再利用

- (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 3 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⁽³⁰⁾⁽³¹⁾を適用する⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾。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⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾。

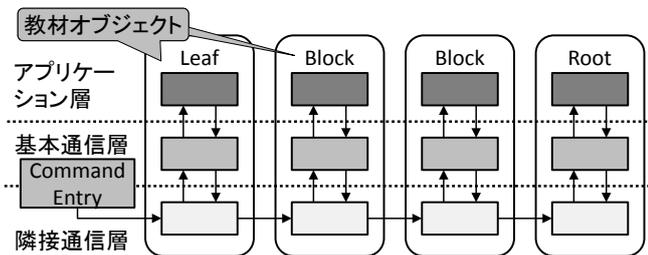


図 3 レイヤーデザインパターンによる教材オブジェクト間通信

図 4 に、教材オブジェクトのクラス継承構成を示す。Activity クラス群は、学習コンテンツ・学習制御構造の階層構造を規定し隣接通信を行う。Simple クラス群は 4 つの通信パターンを実装する、教材オブジェクト固有の処理は、これらを継承したクラス群で実装する。各クラス群には階層構造の葉ノード・中間ノード・ルートノードに配置されるクラスがある。

このデザインパターンに基づいて、SCORM 規格に準拠した独習環境・ジグソー法⁽³²⁾・グループ型作問学習環境を実装した⁽¹⁷⁾。グループ型作問学習環境の教材オブジェクトツリーを図 5 に示す。学習者は、ツリーの左側部分で独習を行い、その後、右側部分で、グループで問題作成・議論・編集を行う。作成した問題はツリーに追加されていき、最後に選択した問題が学習者全員に公開される。対応する画面例を図 6 に示す。

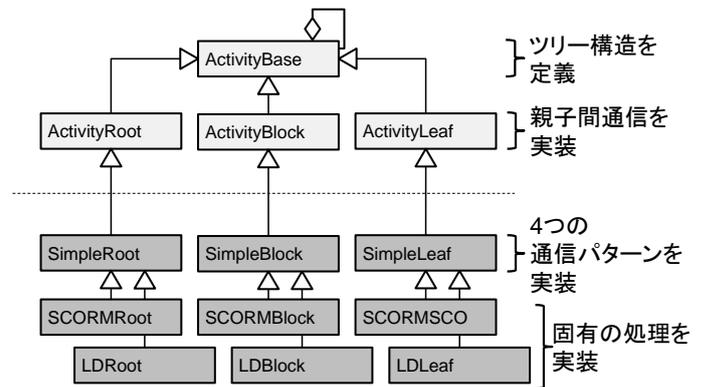


図 4 教材オブジェクトのクラス継承構成

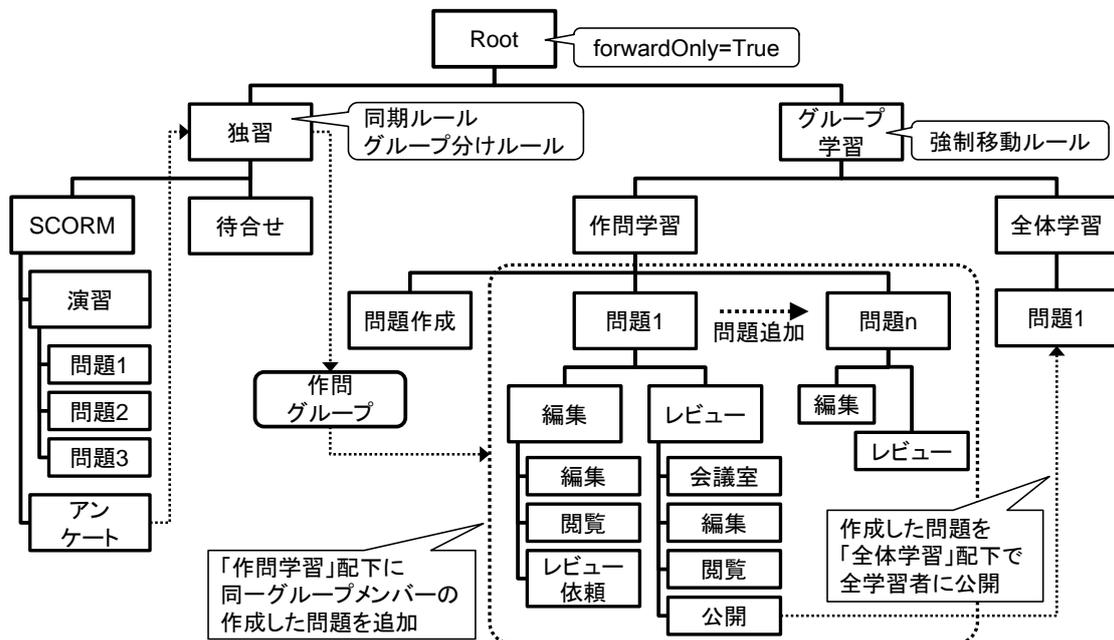


図 5 作問学習の教材オブジェクトツリー



図 6 作問学習の画面例

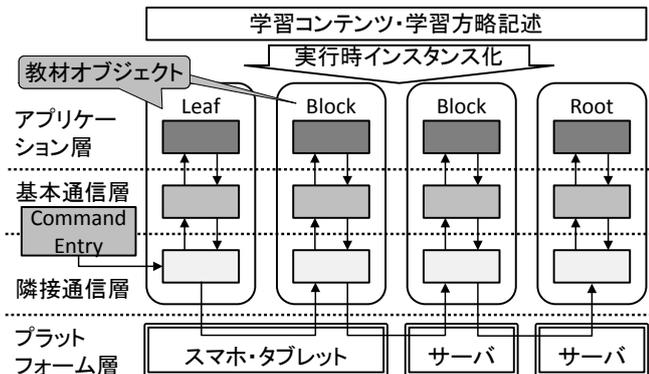


図 7 レイヤーアーキテクチャによる物理的な通信の隠ぺい

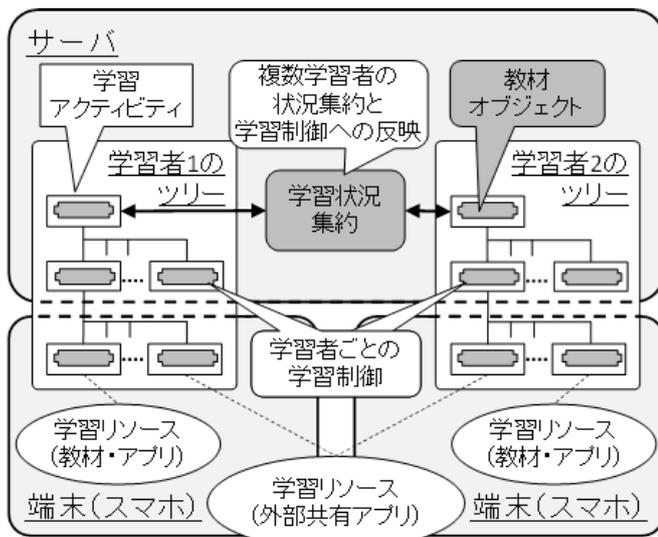


図 8 分散マルチプラットフォーム学習環境

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3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7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⁽¹⁹⁾。

この学習環境の構成イメージを図8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

以下、検討が進んでいる(1)、(2)を中心に説明する。

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7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

持っている。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、図2の例では、独習教材の完了を条件としたポストコンディショナルルールが灰色のノードに設定されている。もし、このノードと独習教材が別のプラットフォームに配置されていると、独習教材内のページを移動するごとに、プラットフォームをまたぐ通信が発生する。また、動的に生成される作問結果などの教材オブジェクトを複数学習者で共有したり、コンテンツの一部をタブレットでオフライン実行する、といったことも想定される。

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を検討する。具体的には、以下の単独ないし組合せによる方式の検討を進めている。

方式 1) シーケンシング処理やポストコンディショナルルール処理など、学習状態に依存する処理は、ロールアップ処理での学習状態変化に影響を受けるが、ルートに近いノードほど学習状態変化は起きにくいことを利用して通信を省略する方式。

方式 2) 学習状態を上位に伝搬させるロールアップル

ールやポストコンディショナルルールを学習実行前に評価して、ルール実行の条件を洗い出しておくルールプリコンパイル方式

方式 3) 他学習者の学習状態変化や、作問学習での新たな問題教材オブジェクトの追加などの状態変化を、学習コマンド入力前に先行伝搬させてコマンド入力時の応答を改善する方式

現在、方式1に関して、ロールアップ時の学習状態変化の有無に着目した通信削減方式の検討を行っている。図8に以下に述べるいくつかの方式を示す。

- 1) ノード4がカレントオブジェクトで学習状態が変化した場合を考える。ノード4から2にロールアップが行われるが、ノード2が状態変化しなければ、ノード0へのロールアップは不要である。
- 2) 同じ状況でノード2が状態変化した場合、ノード0はロールアップを行う。このとき、子ノード1および6の状態も参照する必要がある。しかし、前回の状態がわかっている場合、再参照は不要である。
- 3) ノード0あるいはさらに上位のノードに記述されているポストコンディショナルルールやプリコンディショナルルールの条件が、ノード2の状態変化の影響を受けなければ、ノード0へのロールアップは不要である。これには、ルールが状態を参照していない場合と、参照していても他のノードの状態の影響で条件が変化しない場合が含まれる。

現在は、上記の1)、2)の実装を進めている。また、ロールアップのパスに共有学習目標が含まれる場合、図2のようなグループ学習で、他学習者の学習状態を参照する場合についても検討を進めている。上記の機能は、基本通信層、アプリケーション層に関係するがどの層で実装するかについても検討する。

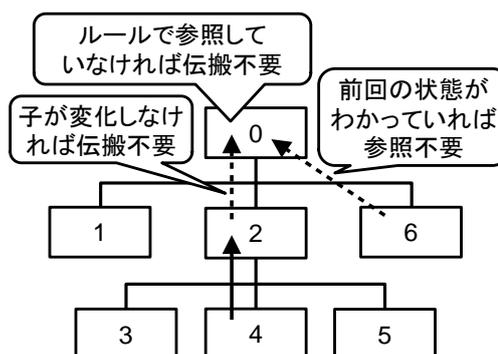


図8 ロールアップの通信削減方式

5.4 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。

5.5 実用的学習支援環境への適用

以上で開発した分散マルチプラットフォームアーキテクチャを、4章で述べた学習者適応型コンテンツやグループ型作問学習に加え、アクティブラーニングなど実用的な学習シナリオへ適用する。これらのシナリオには、全学習者が独習を行ったあと、一斉にグループディスカッション・全体プレゼンテーションを行う反転授業型、先に問題を解き終わった学習者が順次解き方のわからない学習者を指導する相互教授型、など多様なバリエーションが含まれる。これらの学習シナリオが機械可読な形で流通可能となることが、本アーキテクチャの特徴の一つである。現在、SCORM、cmi5などの独習環境への適用を進めており、今後、グループ学習シナリオへの適用を検討する。

6. 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。本稿で述べた課題について、さらに検討と実装開発を進める。

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) 仲林 清, 森本容介, 青木久美子：“拡張性を有する学習支援システムの協調学習環境への適用性の検討”，信学技報，ET2011-50 (2011)
- (10) Nakabayashi, K., Morimoto, Y. and Aoki, K.: “Application of Extensible Learning Support System Architecture to Collaborative Learning Environments”, Proc. 12th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, pp.69-73 (2012)
- (11) 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の作問学習環境への適用検討”，信学技

- 報, ET2013-131 (2014)
- (12) Nakabayashi, K. and Morimoto, Y.: “Applying an Extensible Learning Support System to Learning by Problem Posing”, Proc. 22nd International Conference on Computers in Education, pp.325-330 (2014)
- (13) 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)
- (14) 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)
- (15) Nakabayashi, K. and Morimoto, Y.: “On Generic Communication Patterns between Courseware Objects in Extensible Learning Support System Architecture for Self- and Group Learning”, Proc. 15th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Hualien, Taiwan, pp.64-65 (2015)
- (16) 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)
- (17) 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)
- (18) 森本容介, 仲林 清, 星野忠明, 前田 宏: “cmi5 対応学習管理システムの設計と開発”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.33, No.1, pp.11-18. (2018)
- (19) 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)
- (20) 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”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.32, No.6, pp.69-76 (2018)
- (21) IEEE: “IEEE Standard for Learning Object Metadata (1484.12.1-2002)” (2002)
- (22) Murray, T.: “An Overview of Intelligent Tutoring System Authoring Tools: Updated Analysis of the State of the Art”, in Murray, T., Blessing, S. and Ainsworth, S. (Eds.): “Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments”, pp.491-544. Kluwer (2003)
- (23) Barritt, C. and Alderman Jr., F. L.: “Creating a Reusable Learning Objects Strategy: Leveraging Information and Learning in a Knowledge Economy”, John Wiley & Sons (2004)
- (24) Wiley, D. A.: “Learning Objects and Instructional Theory”, in Reigeluth, M. and Carr-Chellman A. A. (Eds.): “Instructional-Design Theories and Models”, pp.349-363. Routledge (2009)
- (25) Frantiska, J.: “Creating Reusable Learning Objects”, Springer Briefs in Educational Communications and Technology, Springer (2016)
- (26) Santos, R., Werner, C., Costa, H. et al.: “Managing Reusable Learning Objects and Experience Reports in EduSE Portal”, Proc. 13th IEEE International Conference on Information Reuse and Integration, pp.631-638 (2012)
- (27) Gutiérrez, I., Álvarez, V., Paule, M. P. et al.: “Adaptation in E-Learning Content Specifications with Dynamic Sharable Objects”, Systems, 4(2), 24 (2016)
- (28) IMS Global Learning Consortium: “Learning Tools Interoperability® Ver. 1.1” (2012)
- (29) 田村恭久: “EduPub 電子教科書と EDUPUB 規格の現状”, 教育システム情報学会誌, Vol.32, No.2, pp.148-159 (2015)
- (30) Buschmann, F., Meunier, R., Rohnert, H. et al.: “Pattern-Oriented Software Architecture: A System of Patterns”, John Wiley (1996)
- (31) Gamma, E., Helm, R., Johnson, R. et al.: “Design Patterns”, Addison-Wesley (1994)
- (32) Aronson, E. and Patnoe, S.: “The Jigsaw Classroom: Building Cooperation in the Classroom”, Addison Wesley Longman (1996)

リスクアセスメント情報を活用した 判断基準共有のための模擬インシデント訓練システム

宮崎 凌大^{*1}, 後藤田 中^{*1}, 米谷 雄介^{*1}, 小野 滋己^{*1}, 青木 有香^{*1},
八重樫 理人^{*1}, 藤本 憲市^{*1}, 喜田 弘司^{*1}, 林 敏浩^{*1}, 今井 慈郎^{*1}, 最所 圭三^{*1}
^{*1} 香川大学

A Training System of Dearing with Imitation Incident by Information of Risk Assessment

Ryota Miyazaki^{*1}, Naka Gotoda^{*1}, Yusuke Kometani^{*1}, Shigemi Ono^{*1},
Yuka Aoki^{*1}, Rihito Yaegashi^{*1}, Ken'ichi Fujimoto^{*1}, Koji Kida^{*1},
Toshihiro Hayashi^{*1}, Yoshiro Imai^{*1}, Keizo Saisho^{*1}
^{*1} Kagawa University

増加する標的型攻撃の対策として、インシデント対応時の判断基準を CSIRT 内に共有し、対応の重要点をメンバが理解しておくことは重要である。そこで、類似条件の模擬インシデントの訓練を比較することで、類似した条件でも対応が大きく異なる可能性があるなどの知見を共有する。本稿では、香川大学 CSIRT を対象に研究システムを用いた訓練実験と評価に関して報告する。

キーワード: セキュリティ, 情報スキル, インシデント, リスクアセスメント, 学習支援システム,

1. はじめに

年々巧妙化する標的型攻撃[1]の対策として、情報セキュリティインシデント対応の専門チームとして、CSIRT(Computer Security Incident Response Team)を組織する大学などの機関が増えている[2]。それに伴って、チーム共同でインシデント対応を行う場面が増えると考えられ、対応後の振り返りの場を設けることが望ましい。さまざまなインシデントの対応を行う中で、メンバが類似した条件だと判断したインシデントでも、CSIRT 全体統括(以下、コマンド)はそれらのインシデントに対する対応が同じだと考えているとは限らない。このメンバとコマンドの認識の違いをチーム内で共有することで、メンバ相互に必要とする情報を暗黙的に調査・共有可能で指示内容が的確に伝達可能な、円滑なチーム対応の支援を目的とする。

先行研究として山崎ら[3]は、標的型攻撃などの個人端末の感染が原因となるインシデントの対応を対象とし、対応内容の蓄積と、リスクアセスメント情報の付加によって、CSIRT のチーム共同対応の円滑化を行っ

た。インシデント対応情報(以下、対応情報)とは、縦が時系列で横が対応における役割を示す、表形式に報告や実作業を整理して記録した情報である。また、対応情報が記録された表の任意の項には、リスクアセスメント情報が付加されている。このリスクアセスメント情報を用いて、メンバ間のリスクアセスメントの違いを共有することで、メンバ同士のリスクアセスメントの違いを認識することを支援した。

本研究では、先行研究と同様に端末感染に関わるインシデント対応を対象にする。先行研究の情報共有を行う環境を利用した振り返りに加えて、CSIRT のチーム対応のさらなる円滑化を目的とした模擬インシデントを導入する。この研究での模擬インシデントとは、自組織で起きた実際のインシデントの一部を改変した仮想的なインシデントを指す。メンバがあるインシデントの対応を行う際、手続き的に過去の類似のインシデントと同じ対応を取れば良いと判断しても、適切な対応が異なる可能性がある。CSIRT メンバ全員にこの意識を共有することに価値があると考え、模擬インシ

メントを用いた訓練を通して、コマンドが考える、リスクアセスメントにおける注意点を共有することで、インシデント対応の迅速さやイレギュラーが発生した際の柔軟さにつながり、CSIRTのさらなる円滑化に繋がる可能性がある。

2. リスクアセスメント支援の手法

山崎ら[3]は、コマンドによるリスクアセスメント情報を用いた訓練を通して、メンバ自身にアセスメント能力の差を認識させることを主眼に、支援環境を構築した。リスクアセスメントとは、図1のようにリスクの網羅とそれらの優先順位付けを行うことである。リスクアセスメント情報は、リスクアセスメントの結果から定めたリスクに、10段階で数値化した発生可能性と影響度を紐づけて蓄積している情報である。その中で、実際に起こったインシデントを対象に対応訓練を行い、見過ごしがちなリスクアセスメント情報の共有によるメンバ間の要素の捉え方を、数値の違いとして明確に認識させる機会を設けた。



図1 リスクアセスメントの過程

インシデント対応において、条件の変化によって適切だと考えられる対応が大きく変化する場合がある(図2)。本研究では、アセスメント能力の差の認識に加えて、模擬インシデント訓練を通して、リスクアセスメントの重み付けの為の判断基準を認識させる環境を構築する。

本研究における重み付けのために重要な点とは、コマンドがインシデント対応する際に、メンバとの優先順位が異なる場合があり、対応チームとして慎重な対応が必要になる可能性が高い部分とする。例えば、あ

るサービスにおける運用担当メンバとコマンドの間で、サービスの継続とメンテナンスの優先順位が異なる場合があるように、重要な点の重み付けは、状況の変化によってさまざまに変化する。このため、ここでの判断基準とは、コマンドがリスクを分析する際、重きを置く要素を判別するための基準となっている。コマンドが考える重要な点を改変した模擬インシデントを作成し、メンバの訓練に活用する手法を用いて、リスクアセスメントにおける、メンバ間の判断基準共有を支援する。

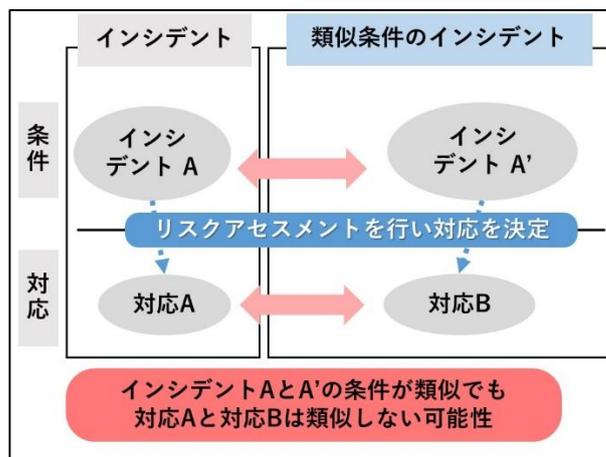


図2 重要な点の変化に伴う対応の変化

3. 模擬インシデント訓練と振り返り

コマンドとメンバが、リスクアセスメントの判断基準を共有するため、模擬インシデント訓練を提案する。模擬インシデントは、コマンドがアセスメントの際に重みをおいた要素に着目し改変した対応情報である。内容が変化し、適切だと考えられる対応が変わったと仮定したインシデントを用いた対応訓練を模擬インシデント対応訓練という。この過程でメンバは、変化した対応情報とそれに対するリスクアセスメント、そして最適だと考えられる実作業を実践的に訓練できる。模擬インシデントの基となるインシデントは、コマンドが重要な点を含むと考えるものだけを対象にする。さまざまなインシデントを基にして、報告を改変した無数の模擬インシデントを作成可能だが、対象を絞ることでコマンドへの負荷の軽減を試みる。

あるインシデントを基に作成した、複数の模擬インシデント訓練の実施により、コマンドの考える重要な点をメンバに共有する。さまざまなインシデントを基

に訓練を行うことで、コマンドが考える最適な重み付けのため判断基準を、メンバ間で共有する環境を構築する。

3.1 実例に基づき作成する模擬インシデント

コマンドの判断基準をメンバに共有するため、先行研究で蓄積した、実際に発生したインシデントを基にして模擬インシデントを作成する。模擬インシデントは、模擬インシデント対応情報と、模擬アセスメント情報で構成される。作成は、コマンドの考えを共有する目的で、コマンドが担当する。コマンドの負荷が高くなってしまいますので、実際に発生したインシデントの対応情報の一部を改変する手法を用い、負荷軽減を図る。

模擬インシデントの作成手順は、図3の「コマンドが入力作成」の部分に該当する。まずコマンドは、先行研究で蓄積した、実際に発生したインシデント対応情報から、基となるインシデントを選択し、複製することで模擬インシデントのベースを作成する。次にコマンドは、対応情報の状況報告の中から重要な点を定め改変し、模擬インシデント対応情報を作成する。リスクアセスメントを行う際は、模擬インシデント作成のために対応情報を改変した部分だけでなく、対応情報全てに対して再度アセスメントを行う。これは、コマンドが対応情報の一部を改変したことによって、改変されていない部分に影響を及ぼす可能性を考慮するためだ。作成した模擬インシデントを用いて、メンバにコマンドが判断に迷う重要な部分の共有を行うための訓練を実施する。

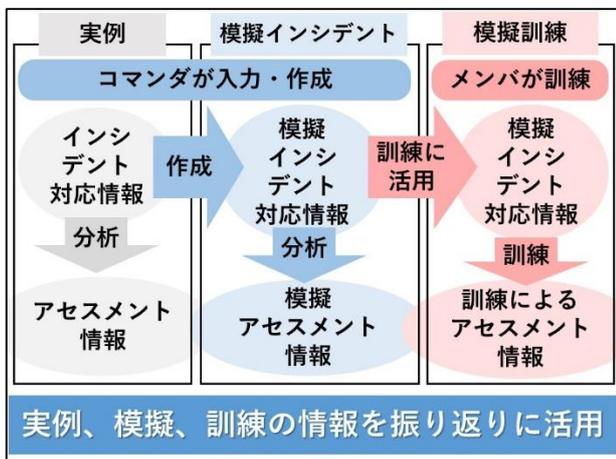


図3 模擬インシデント作成とその対応訓練

3.2 模擬インシデント対応訓練

メンバに対して、コマンドが作成した模擬インシデントを活用して実践的な訓練を行う手法で、メンバにコマンドの判断基準の共有を試みる。この手順は図3の右側、「メンバが訓練」の部分に該当する。訓練では、対応情報に記録された報告や実作業を時系列順に追いつながら、リスクアセスメントを行い、その時点で最適だと考える対応を選ぶことを繰り返す。

訓練においてメンバが行うリスクアセスメントの方法は、コマンドがリスクアセスメント情報を付加する際と同様である。想定できるリスクに、可能性と影響度の指標で数値化し紐づけた、リスクの情報を利用する。メンバは、ある時点でのリスクが網羅できたら、紐づけた指標を参考に対応の優先順位を付ける。次にメンバは、最も優先度の高いリスクを処理するための対応を、メンバの負荷を抑えるために選択式で決める。選択肢のうち、一つはコマンドが対応情報に入力した対応である。報告書から一度にすべての結果を見るのではなく、報告や状況の変化を追って、都度リスクアセスメントを行う形式の訓練により、実践的な対応訓練の提供を試みる。

訓練の最後には振り返りを行い、用いた模擬インシデントにおけるコマンドと訓練者のリスクアセスメントの違いの共有を支援する。さらに、同じインシデントを基にした複数の模擬インシデントを用いた訓練を繰り返すことで、コマンドのリスクアセスメントにおける判断基準自体をCSIRT全体に共有を試みる。これにより、メンバ同士の判断基準を理解して対応に当たることができるようになれば、より円滑なチーム対応に繋がると考えられる。

4. 模擬インシデント訓練システム

システムは、対応情報を入力する入力共有部、アセスメント情報を付加する情報付加部、実例を活用した訓練を行う対応訓練部の3部に分かれている。山崎らは、これを活用した訓練を通して、メンバ間のリスクアセスメント能力差の理解を支援した。本研究では、この既存システムに、「模擬インシデント作成」と「模擬インシデント対応訓練」の二つの機能拡張を行い、先行研究システムの情報共有を用いた振り返りに加え

て、模擬インシデント対応訓練を行う環境を提供し、判断基準を共有ができる環境を提供する。

4.1 対応情報、アセスメント情報の蓄積共有

システムは縦軸に時間、横軸に役割を取る表形式(図4)で、実例の対応情報とリスクアセスメント情報が蓄積されている。一つの項にはある時点でのある役割による状況報告・実作業が入力されており、任意の項にはリスクアセスメント情報が付加されている。なお、セキュリティの観点から本稿で扱うインシデント情報等は、実際に香川大学で発生したインシデントではない。

CSIRT			
10月13日	13:00	13:00	
		13:10	ファイアウォールのログから不正なSMTP通信確認
		13:20	パソコン使用者の特定 当該パソコンの認証拒否による切断 部局システム管理者および工学部情報セキュリティ管理責任者へ連絡
		13:30	使用教員に呼び出しを依頼 当該学生を呼び出してパソコン確保 聴取及びUSBブートでのウイルス調査を開始
	14:00	14:00	当該パソコンのウイルス調査を開始

図4 システムに蓄積された情報

4.2 システムから見た模擬インシデント作成

コマンドが作成する模擬インシデントを用いた訓練を利用して振り返りの強化を行い、CSIRTのチーム対応のさらなる円滑化を目指す。

コマンドが訓練を作成する際は、図4の「CSIRTの行」の項目を、図5のように自由記述で変更する。入力する報告・実作業のデータには「時間」、「役割(所属部署)」、「タイプ」の情報を紐づけて入力する。時間は入力時間ではなく、報告・実作業を行った時間である。メンバの訓練時には入力した表の上段から、時間順にステップを作成し、段階的に訓練の進行を行う。項の種類は、報告の項と実作業の項がある。報告の項は、対応中に判明した報告や状況変化を記録したもので、訓練のステップごとにメンバに表示していく。実作業の項は、リスクに対処するための対応行動や作業で、メンバがリスクアセスメントの後に決める対応の選択

肢に含まれる。項に入力されたデータが報告、実作業のどちらか判別するためにタイプを用いる。入力が「不審メールが検知された。」などの報告の場合は、受動タイプ、入力が「マシンのフルスキャンを行った。」などの実作業だった場合は、能動タイプに設定する。



図5 模擬インシデント作成画面

コマンドが変更する項は、コマンドがインシデント対応した際に、メンバとのアセスメントの優先順位が異なる可能性が高く、メンバ間で判断基準を共有する価値があると考えた部分である。既存データを改変する形でシステムに入力し、模擬インシデント対応訓練に活用する。

4.3 判断基準を共有する環境

メンバが訓練者となり、コマンドとの判断基準共有を目的とする模擬インシデント対応訓練を行う。訓練画面は縦に3分割されており、それぞれが状況の表示、リスクアセスメント入力、実作業の選択を担う。

図6は、訓練者に対して訓練における現在の状況を表示する部分である。下段には今までの状況を表示する。本訓練における「現在」とは、入力共有部で入力した「時間」を参照して作成したステップの、ある一つを指し、ステップは時系列順にすすめる。

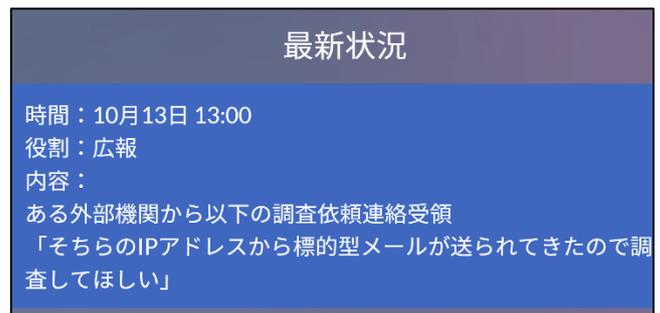


図 6 訓練画面:現在の状況部分

図 7 はリスクアセスメントを入力する部分である。訓練者は、初期状態でリスクが入力されていない状態から、リスクの網羅と優先順位付けを行う。訓練者は、UIに表示された現在の状況を基に、リスクの網羅ができると考えるまで追加する。初期状態ではリスクの入力は無く、訓練者が自由にリスクを追加していく。訓練者によるアセスメント情報は、情報付加部におけるリスクアセスメントと同様に、可能性と影響度を数値化した指標を、リスクに紐づけて入力する。次に訓練者は、網羅したリスクの優先度が高いと考えたものほど上に並ぶようリスクに順位づける。

図 8 は、訓練者がどの実作業を行うか選択肢から決定する部分である。図 9 に自ら入力したリスクアセスメント情報を基に、適切だと考える作業を選択する。

システムが対応の選択肢を作成する際、コマンドが入力した能動タイプの対応情報を利用する。対応の選択肢の一つは、訓練者と同じ時点でコマンドが入力した能動タイプの対応情報である、他の選択肢は、訓練における「現在」とは別の時点の能動タイプの対応情報からランダムに選出する。訓練者は対応を選んだら図 10 右下の送信ボタンを押して次の時点に進み、次の時点のリスクアセスメントと対応の選択を行う。



図 7 訓練画面:リスクアセスメント情報入力部分



図 8 訓練画面:実作業選択部分

訓練者は、インシデント情報の最後の対応を終えた後、図 9 に示す画面でコマンドのインシデント対応との結果比較を行う。結果比較では、訓練者とコマンダ

の、リスクアセスメント情報と対応をステップごとに並べて表示する。左側には訓練者の選択した対応とアセスメント情報、右側にはコマンドの対応情報とアセスメント情報が表示され、ステップごとに対応の違いを確認できる。



図 9 模擬インシデント訓練の結果比較画面

本研究の模擬インシデントを用いた訓練は、訓練者が訓練を通してインシデント対応における、実践的なリスクアセスメントを行う環境の構築を試みた。さらに、訓練者がこの環境を用いて、同じインシデントを基に作成した複数の模擬インシデント対応訓練を行うことにより、コマンドが考えるリスクアセスメントの判断基準をメンバに共有できる可能性がある。

5. 模擬インシデント訓練実験

香川大学 CSIRT を対象に、訓練システムを用いて研究目的が達成可能か調査した。4名の被験者に対して上述の模擬訓練を実施し、アンケートを用いて判断基準共有の程度を調査した。実験環境や考察を以下に示す。

5.1 実験目的

模擬インシデント対応訓練による、CSIRTのインシデント対応における判断基準の共有ができていないか評価する。また、将来的には香川大学 CSIRT(以下、本学 CSIRT)にて訓練システムとして導入することを目指す。そのため、本学 CSIRT の協力の下、過去に香川大学で発生したインシデント事例を用いて訓練する。

5.2 実験対象者

本実験の対象者は本学 CSIRT のメンバである。被験者は2種類あり、模擬インシデントの作成を行う被験者(コマンド役)と作成された模擬インシデントを用いて訓練を行う被験者(訓練者)である。コマンド役は、本学 CSIRT でコマンドを担当する職員が行う。この被験者は、コマンドを担当するとともに実際にコマンドとしてインシデント対応の管理を行っている。

訓練者は本学 CSIRT のメンバから4名選出する。そのうち2名は、広報係と総務係である。残りの2名は本学 CSIRT でインシデント対応の技術的作業(実作業)を担当しているメンバである。ただし、1名は勤続年数5年未満で実作業の経験がない者(メンバA)、1名は勤続年数10年以上でコマンドを担当した経験と実作業の経験のある者(メンバB)である。訓練者によって違った役割や経験を持つ者を選出し、様々な背景に対する作用を調査する。

5.3 実験対象のインシデント

対象とするインシデントは、判断基準の共有が必要なインシデントのみに絞ることで、訓練コストを抑える。訓練に利用するかどうかの決定はコマンド、あるいは部局のセキュリティ担当が行う。

5.4 評価アンケート

訓練結果の評価を特典などの数値化するのは困難なため、5段階評価のアンケートを用いる。しかし、5段階評価では順序しかわからないことや、訓練者ごとに5段階の理解度に対する認識がずれてしまい、訓練者同士のアンケートを比較することができない可能性がある。そこで、単純な5段階ではなく表1~4のように各指標に対応する内容を定めることで訓練者間の指標に対する認識の違いを最小限にすることを図る。

5.5 模擬インシデント訓練実験の手順

実験は以下の3段階で行う。

1. コマンドが模擬インシデントを作成
2. メンバが模擬インシデントの対応訓練
3. メンバがアンケートに回答

表1 「リスクの網羅」に関する理解度の詳細

	Q. コマンドと同様に、リスクの「網羅」ができていたと思いますか。
理解度	内容
1	全く網羅できない
2	一部網羅できる
3	半分程度網羅できる
4	おおよそ網羅できる
5	コマンド同様に網羅できる

表2 「リスクの内容」に関する理解度の詳細

	Q. コマンドが考えるリスクの「内容」について、理解していたと思いますか。
理解度	内容
1	全く思いつかない
2	いくつかリスクの概要が思いつく
3	いくつかのリスクが思いつく
4	リスクが思いつく(可能性と影響度含まず)
5	リスクが思いつく(可能性と影響度含む)

表3 「リスクの優先順位」に関する理解度の詳細

	Q. コマンドと同様に、リスクの優先「順位」付けができていたと思いますか。
理解度	内容
1	全くわからない
2	いくつかのリスクの優先順位がわかる
3	最優先のリスクはわかる
4	正しく順位づけできる
5	正しく順位付けでき、優先度合いもわかる

まず、模擬インシデント作成について説明する。コマンドが、組織で実際に発生したインシデントのうち、メンバに判断基準を共有すべきだと考えたインシデントを改変して模擬インシデントを作成する。本研究における判断基準とは、リスクアセスメントを行うために必要な4つの能力(図10)を合わせたものとする。

- ・ 脅威を列挙できる
- ・ リスク評価を正しくできる
- ・ 優先対応を適切に決定できる
- ・ 必要な対応がわかる

表 4 「対応の根拠」に関する理解度の詳細

	Q. コマンダが考える対応の「根拠」について、理解していたと思いますか。
理解度	内容
1	全く思いつかない
2	いくつか事象が思いつく
3	根拠になりそうな事象がいくつか思い当たる
4	全てではないが根拠がわかる
5	(コマンダと同程度に)根拠がわかる

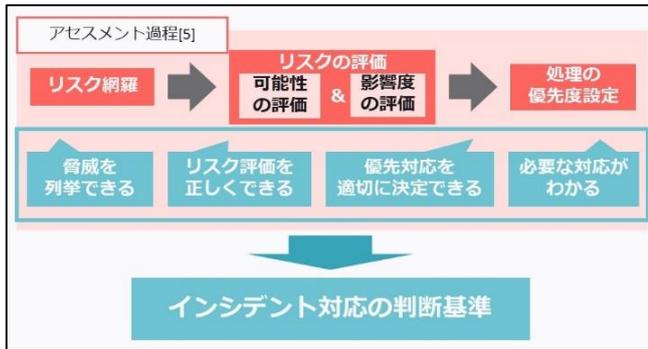


図 10 アセスメント過程と判断基準

実例から模擬インシデントを作成する際、コマンダは、時系列で整理されたシステム上の対応上場から、上述の能力を用いてアセスメントを行った時点の報告を選択する。そして、選択した報告の時点で挙げたリスク一覧の優先順位が変化すると仮定して、選択した報告を自由記述で改変する。

発生するインシデントの状況や対応手順が多種多様なものになるため、コマンダがドロップダウンリストやスライドバーなどシステムの機能で模擬インシデントを作成するのは困難である。そのため、コマンダが作成する際の負荷が増加してしまうが、作成の自由度を高めることに繋がる。そのため、自由記述で改変を行う。

次に、訓練実験について説明する。実例の対応訓練と模擬インシデントの対応訓練の2回の対応訓練を行い、対応の違いから判断基準の共有を図る。訓練は訓練者1人ずつと対面で行った。まず訓練者は、実例の対応訓練を行い、結果確認画面から訓練を振り返る。その後、模擬インシデントの対応訓練を行い、結果確認画面から対応を振り返る。最後に、訓練者は2つの

訓練の内容と振り返りから判断基準の違いを考える。

最後にアンケート評価について説明する。訓練の振り返りの後、アンケートを用いて実験の評価を行う。質問項目は判断基準をもととなるアセスメントの理解度(図 13 参照)である。訓練者は表 1~4 を見ながら、訓練前と訓練後それぞれの理解度を回答する。

5.6 模擬インシデント訓練実験の結果と考察

本実験の対象者は1名のコマンダ役と4名の訓練者である。訓練者のアンケート回答結果を表 5 に示す。回答結果に2通りの傾向が見られたので、2通りの訓練者に分けて考察する。

表 5 アンケート結果

被験者	時期	リスク	網羅	順位	根拠
広報係	実験前	2	2	2	1
	実験後	3	2	2	3
総務係	実験前	2	1	2	2
	実験後	4	4	4	4
メンバA	実験前	2	2	2	2
	実験後	4	4	4	3
メンバB	実験前	4	4	4	4
	実験後	4	5	4	4

1:理解度 最低 / 5:理解度 最高

メンバBは訓練前後を通じて理解度が高いと回答した。表 5 の下 1 列に示した回答結果に関して考察する。訓練前は全項目で5段階中4と回答し、リスクアセスメントの各段階の能力に関する理解度が高いと認識していることがわかった。これは、過去コマンダを担当した経験があること、10年以上勤務などの背景が考えられる。訓練後は「リスクの網羅」の項目に5と回答し、訓練前と比べて理解度が向上したと認識していた。他の項目は訓練前と変わらず4と回答した。

メンバBは、コマンダを経験したことがあるため、理解度は訓練前から高いと予想していた。また、訓練の結果リスクを「網羅」する能力が向上したと回答したことは、コマンダ役の判断基準の共有ができたからではないかと考えられる。コマンダ役、メンバAのどちらもコマンダの役割を担当したことがあるが、全く同じ判断をすることは困難である。本実験の結果は、

そういった同じ役割だが違った判断基準を持つ場合のコマンド役の判断基準を共有できたと考えられる。

次に、訓練前の理解度が、低いと回答した訓練者に関して考察する。その被験者は広報係、総務係、メンバ A で、アンケート結果は表 5 の上 3 列に示す。

総務、広報、メンバ A は訓練前の回答は、理解度 1 の「全く能力〇〇できない」または理解度 2 と認識していた。訓練後の回答は 3 名とも各理解度に対して変化しまたは理解度が向上したと認識していた。ただし、この回答結果は、本実験で用いたインシデントに絞った判断基準の共有だと考えられるため、本学 CSIRT で導入し定期的に様々なインシデントを活用した模擬インシデント訓練を行うことで、より実用的な効果を発揮する事ができると考えられる。

本実験では、コマンドが模擬インシデントを作成する際、コマンドが自由記述で模擬インシデントを作成することで、多様なインシデントの対応における判断基準の共有に活用することができると考えられる。

また、インシデント対応を行う際のある判断基準を持つコマンド役から別の判断基準を持つメンバ B に対して判断基準を共有する事ができたことや、対応経験のないメンバに対してコマンドの判断基準を共有できた、といったことからコマンドが作成した模擬インシデントを用いた対応訓練を活用することで、一定の判断基準を共有する事ができると考えられる。

6. おわりに

標的型攻撃の巧妙化が進む中、専門チームである CSIRT でも、振り返りによって能力向上や対策を行うことが望ましい。本稿では、CSIRT の対応能力向上の支援を目的に、標的型攻撃が原因となるインシデントを対象とした、コマンドの判断基準をメンバに共有する手法について述べた。共有手法には実際に発生したインシデントに類似する模擬インシデントを用いた訓練を導入した。

訓練の利用でメンバ間の判断基準共有を支援することによって、対応にあたるメンバ同士が必要とする援助を言外で自主的に行うことや、判断の相違により生まれる対応の遅れを軽減すること等を促進する。本研

究のインシデント対応における情報共有手法によって、CSIRT のチーム対応を支援し、セキュリティ対策に役立てることを期待する。

謝辞

本研究は、香川大学総合情報センター、学術・地域連携推進室情報グループ、経営管理室総務グループ、経営理室広報グループの協力で行われている。ここに謝意を表す。

参考文献

- (1) 独立行政法人情報処理推進機構：“我が国の情報セキュリティ最新事情”，p.13(2016)
<http://www.hisco.jp/matching13/img/EguchiKoenSiryo.pdf>
- (2) CSIRT 人材サブワーキンググループ：“CSIRT 人材の定義と確保(Ver.1.5)”，p.3.15，日本コンピュータセキュリティインシデント対応チーム協議会(2017)
- (3) 山崎勇二，後藤田中，米谷雄介，林敏浩，八重樫理人，最所圭三：“インシデント対応におけるリスクアセスメント過程認識のための可視化・伝達を支援するシステムの開発と支援”，信学技報 vol.117, no. 469, ET2017-103, pp. 83-88(2018)

他者のヒヤリハット体験を用いた経験学習 による登山者の主体的な学びの支援

鳶田 聡

日本大学 工学部

Supporting a proactive learning by experiential learning by use of others' nearly-missed accident experience

Satoshi Shimada

College of Engineering, Nihon University

This paper proposes a method to proactively acquire practical knowledge by experience learning even for unorganized mountaineers. The feature of the method is as follows. The "concrete experience" of experiential learning is replaced with a simulated experience using the experience of others' nearly-missed accident, and factor analysis tables are introduced to show the point of focus in "reflective observation". We have constructed a Web site that realizes the proposed method and provides an environment where general mountaineers can create learning reports.

キーワード: 実践知, 技能伝承, 経験学習, リスクマネジメント, オープンラーニング

1. はじめに

山岳事故や遭難が多発しており, 社会的にも大きな問題となっている. 警察庁生活安全局地域課が山岳遭難の概要を毎年まとめているが, 最近の傾向は, 初心者向けの登山コースでの道迷い, 滑落や転倒などによる事故が増えている, 年々増加の傾向である[1]. 事故の要因として, 山岳会に属さない「未組織登山者」の増加や熟練者の高齢化で登山者の育成が困難なことがある. 事故の対策として, 警察や自治体は登山届の義務化[2], 登山口での指導, ヘルメットの着用推進, 登山コースのグレーディング[3]などを実施している.

事故防止のための登山者を取り巻く環境の整備は即効性のある取り組みとして有効ではあるが, 根本的な解決や登山の持続的な発展のためには自ら安全管理を行える自立した登山者の育成が最も重要なテーマである. 登山は歩くという人の基本的な行動や生活の延長ととらえることもできるが, 安全に楽しく登山活動を行うには多岐にわたる要素が複雑に関連する複合問題

を適切に処理し解決していく知識や技能が求められる. 著者らは登山者の学びの実態を把握するために約1000人へのWebアンケートによる調査を2016年に実施し, 以下のことを確認している[4]. (1)基本知識はインターネットや書籍・雑誌による自主学習で習得していて, 人よりもメディアを介した学びが主である. (2)実技指導については半数が受けた経験がなく, 約30%が数回程と, 実技指導を受ける機会が極端に少ない. (3)事故や遭難に関する報告への注目度は高く, これらの記事からも登山について学んでいる. (4)ネット上の登山行動記録を閲覧する習慣が定着しており, 特に登山実施前には事前調査のために閲覧している. また, 他人の行動記録からも登山について学んでいる. (5)トラブルが発生したときに対応できる実践的知識やリスクマネジメントスキルが不十分である. 上記の通り, ネット等を通じて基本的な知識を学んでいるが, 実践的な知識やスキルの獲得に課題があることが分かった.

ところで, ICTの発展によりインターネットでは多

くの有益な情報が流通しており、ネットを活用した主体的な学びの環境は充実してきている。例えば、大学授業の講義映像を公開する活動として、オープンコースウェア[5]やMOOC[6]などが普及してきていて、公開されている講義映像を視聴して主体的に学ぶオープンエデュケーションも一般的になりつつある[7]。ソーシャルネットワークサービスでの意見交換、ビデオ視聴による学習やeラーニングシステムでの系統的な学習なども実践されている。

そこで、本研究では、オープンラーニングにより、直接的な指導を受ける機会のない登山者でも実践的な知識を主体的に学べる方法を検討する。

2. 基本方針

個別指導を受ける機会のない登山者は、何をどのように学ばよいか、登山活動中に問題が発生したときにどのように対応すべきかの発想がわからないことが多い。一方、対面で指導を受けられる人は計画時から行動までの一連の登山活動で得た体験から多くのことを学んでいる。体験したことから感覚的に知識やコツを獲得するのではなく学習のプロセスを明確にして知識を深めていけるとよい。このような体験からの学びのプロセスを規定したものに経験学習がある。本研究では、経験学習をベースとし、一般登山者が自主学習で経験学習を展開できる支援方法を検討する。登山者は、問題が発生したときにはリスクの低減や回避を行う何らかの対応を行っている。どのような行動をとっているのか、そして、その行動はどのような要因から発生しているのかを明らかにすることで学びの支援方法を設計する。以下では、まず、3. で経験学習について述べ、次に、4. でリスク対策行動のモデル化を行う。最後に、5. で、それらに基づいた学びの支援方法を提案する。

3. 経験学習

経験学習は図1に示す4つのプロセスを繰り返す方法である[8]。まず、Step1で具体的な経験を得る。次に、Step2の省察で、その経験を様々な観点から振り返る。次のStep3の概念化で、振り返りで得たことを一般的に適用可能な知識へと導く。最後に、Step4の

能動的実験で、導出した知識を積極的に実践して検証を行う。

経験学習の適用事例として、企業での人材育成や看護師、教員などの専門職育成で用いられている[9,10,11]。これらの適用事例では、実体験を得られる機会があり、その経験から各ステップを実施し、次のステップに移行できるように対面での指導を行っていることが多い。



図1 経験学習におけるプロセス

4. リスク対策行動のモデル化

登山でトラブルが発生したときには登山者の意図に従って対応されることが多い。例えば、道迷い、行動可能な怪我、気象遭難などの時間をかけながら対応していく場合や、危険な場所を通過するときにリスクを予想してリスク回避を行う行動などである。これらの行動では、様々な選択肢の中から登山者の意図が反映されて行動が決定されている。その行動をモデル化することで経験学習での学びを推進させるための着眼点を導出する。

4.1 仮説モデル

意図的な行動のモデル化の検討例として、態度、主観的規範、行動コントロール感が行動意図を決定するという計画的行動理論[12]を用いた方法がある。多くの分野での適用例[13-15]を参考に登山におけるリスク対策行動のモデルとして実践的知識が態度や行動を決定し、態度が行動に影響を及ぼす図2(a)に示す初期モデルを導出した。ここで、実践的知識は経験を通じて獲得され、経験の中には、1)自分の体験の振り返り、2)他者の行動記録の分析、3)登山事故の調査がある。態度には、「関心」、「リスク認知」、「有効性認知」、「障害」があるとしている。行動には、A.計画時とB.登山行動中のリスク対策行動がある。ここで、態度の「関

心」, 「リスク認知」, 「有効性認知」も経験による知識獲得と同様に, 1)自分の体験の振り返り, 2)他者の行動記録の分析, 3)登山事故の調査から形成されると考えられる。そこで実践的知識と態度を統合し, 図2(b)に示す簡易なモデルを仮説とする。

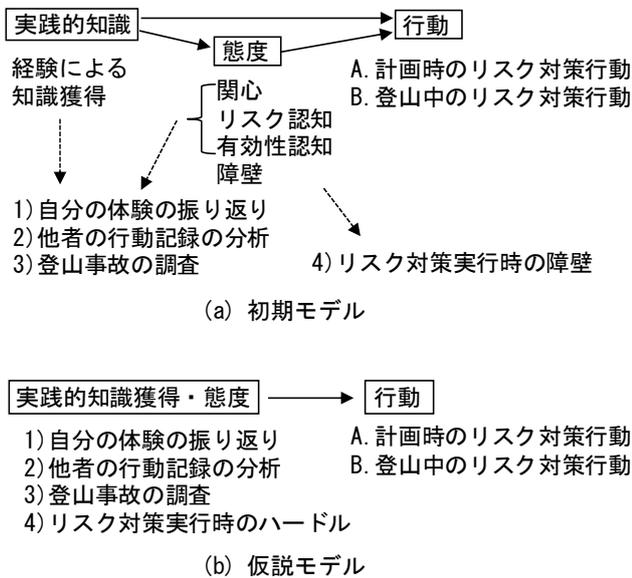


図2 リスク対策行動の仮説モデル

4.2 リスク対策行動モデルの導出

4.2.1 方法

仮説モデルを検証してリスク対策行動モデルを導出する。リスク対策の経験がある登山者を対象にした質問紙調査で検証する。調査内容は, 登山活動中にリスク対応をした実経験を自由記述形式で問う調査と, 仮説モデル検証のための質問として登山活動中での習慣や行動パターンを5件法で問う調査の2部構成とした。

登山者コミュニティサイトの会員に協力を依頼した結果, 約1か月の期間に267人の登山者からリスク対応の経験を有する有効な回答が得られた。

4.2.2 実践的知識獲得・態度の分析

図2(b)に示す仮説モデルの実践的知識獲得・態度については15件の質問を設定した。その内訳は, 1)自分の体験の振り返りに関する質問が5件, 2)他人の行動記録の分析に関する質問が3件, 3)登山事故の調査に関する質問が3件, 4)リスク対策実行時の障壁に関する質問が4件である。これらの合計15件の質問に対

する267人の回答に対して因子分析(主因子法, バリマックス回転)を行った結果を表1に示す。抽出された3つの因子を, ①他者の登山活動の調査・分析, ②自分の体験の振り返り, ③楽観的希望的な解釈, と命名した。仮説モデルの2)他人の登山行動記録の分析と3)登山事故の調査が他人の登山活動からの知識獲得として統合されて第1因子として抽出された。また, 1)自分の体験の振り返りと4)リスク対策実行時の障壁の一部がまとめられて自分の体験の振り返りの第2因子が抽出された。

4.2.3 行動の分析

図2(b)に示す仮説モデルの行動については9件の質問を設定した。その内訳は, a 計画時のリスク対策行動に関する質問が5件, b 登山中のリスク対策行動に関する質問が4件である。因子分析(主因子法, バリマックス回転)の結果を表2に示す。抽出された3つの因子を, a 調査・観測結果に基づくリスク対策, b 安全最重視の行動, c リスク低減行動の継続的实践, と命名した。仮説モデルでは計画時と登山活動中とで分けていたが, 工程別ではなくリスク対策の内容で分類された3つの因子が抽出された。

4.2.4 導出モデル

因子分析で抽出した実践的知識獲得・態度と行動の潜在的な要因の関係を明らかにするための分析を行う。実践的知識獲得・態度の因子得点を独立変数, 行動の因子得点を従属変数として重回帰分析を行った結果を表3に示す。また, これらの結果から得られたリスク対策行動モデルを図3に示す。表3の標準偏回帰係数から以下のことが読み取れる。

・「a 調査・観測結果に基づくリスク対策」は, ①他人の体験と②自分の体験が大きく影響しているが, 他人の体験の方がより強く影響する結果となった。これは回答者がエキスパートよりは一般登山者が多いためと考えられる。

・「b 安全最重視の行動」についても自分より他人の経験を強く参考にしていることと, それと同程度に③楽観的・希望的な解釈が負の方向に強く関連している。

・「c リスク低減行動の継続的实践」は①, ②, ③が同等に寄与している。

表1 実践的知識獲得・態度に関する質問紙調査の因子分析結果

ID	質問文	因子1	因子2	因子3
2-2	他人の登山記録での行動から登山の知識や技術を導きだすことを行っていましたか？	.909	.238	-.083
2-1	他人の登山記録を閲覧したときに登山の学びを目的とした考察を行っていましたか？	.802	.286	-.050
2-3	他人の登山記録から学んだ知識や技術を次の登山活動で実践(試行)していましたか？	.787	.257	-.098
3-1	遭難事故の記事や報告書を読んで得られたことを、自分の登山活動に反映させていましたか？	.570	.412	-.173
3-2	山岳事故や遭難への対策について普段から学んでいましたか？	.462	.411	-.128
3-3	登山計画時に、登る予定の山で過去に発生した事故について調査していましたか？	.397	.297	-.110
1-2	登山活動で自分が経験したことを振り返り、登山の知識や技術を導きだすことを行っていましたか？	.346	.775	-.095
1-1	登山活動で自分が経験したことを考察し、登山の学びを目的として振り返っていましたか？	.321	.762	-.101
1-3	自分の経験から学んだ知識や技術を、次の登山活動で実践(試行)していましたか？	.297	.624	-.139
1-5	トラブルに遭遇した時、下山後に要因や今後の対応について整理しましたか？	.131	.453	-.058
1-4	自分の経験から学んだ知識や技術について、知人や専門家と意見交換することを行っていましたか？	.263	.321	-.055
4-1	トラブルが発生して厳しい状況であっても、できるだけ救助要請しないで自力下山を優先しましたか？	.069	.291	.141
4-2	トラブルに遭遇した時、現場での状況の把握が曖昧なときに見切り発車することがありましたか？	-.096	-.051	.754
4-3	トラブルに遭遇した時、ルートや気象条件などの把握を推測で思い込むことがありましたか？	-.114	-.016	.716
4-4	トラブルに遭遇した時、リスクに気づかなく、そのまま行動することがありましたか？	-.071	-.081	.619

表2 行動に関する質問紙調査の因子分析結果

ID	質問文	因子1	因子2	因子3
A-2	登山計画時に、エスケープルートと、引き返す場所や時間(何時までに到着しなければ引き返すか、コース変更をするなど)の設定を行っていましたか？	.356	.005	-.082
A-1	登山計画時に、登る予定の山で起こりうるトラブルの対策について考えていましたか？	.305	-.025	-.031
A-3	緊急時に備えて携行する装備を決めておき、登山時には常に携行するようにしていましたか？	.244	-.057	-.014
B-4	トラブルに遭遇した時、対策を行うのに十分な現場の情報を収集するようにしていましたか？	.193	.003	-.024
A-5	登山コースの選定や行動計画を行うときに、他人の山行記録を参考にしていましたか？	.074	-.009	.037
B-2	疲労、行動時間の遅れ、空腹、風雨などで状況的に余裕がない場合に、(迂回や登り返しがあっても)より安全なコースを優先することをしましたか？	-.198	.738	.006
B-3	少しでも状況が悪化した場合に、当初の目的地を目指すことよりも、早めに引き返す行動を優先することをしましたか？	.049	.233	-.086
B-1	登山でトラブル発生体験をしたとき、登山行動中にリスクの回避や軽減を行いましたか？	-.121	-.021	.528
A-4	登山でトラブル発生体験をしたとき、登山計画時にリスクに対する対策や回避について検討しましたか？	.020	-.093	.392

表3 実践的知識獲得/態度の因子が行動の因子に及ぼす影響(標準偏回帰係数)

	①他者の登山活動の調査・分析	②自分の体験の振り返り	③楽観的希望的な解釈
a 調査・観測結果に基づくリスク対策	0.419**	0.332**	-0.099**
b 安全最重視の行動	0.230**	0.133**	-0.210**
c リスク低減行動の継続的实践	0.167**	0.154**	-0.111**

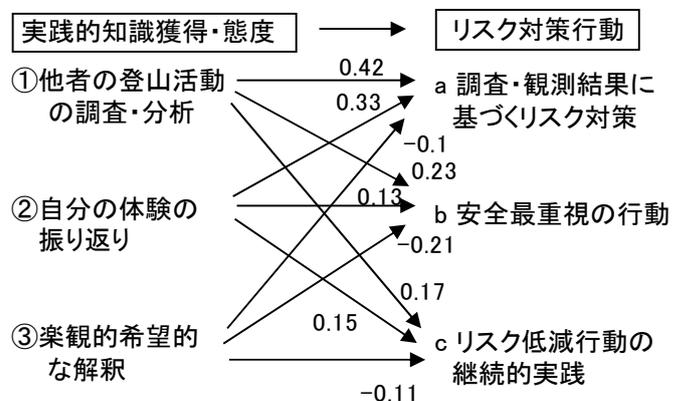


図3 リスク対策行動の導出モデル

5. 主体的な学びの支援方法

導出したリスク対策行動モデルを参考に経験学習の各ステップを主体的に実行できるように以下の支援を行う。

Step1 では、学びの機会や気づき、発想の拡大に繋がる経験が求められるので、同じような登山を続けているだけでは不十分である。本人にとってチャレンジな登山を試みるとよいが、このような経験を単独行動や同レベルの登山者だけで安全に行うのは困難である。また、リスク対策行動モデルでは、①他者の登山活動の調査・分析が行動に大きく影響している。また、他者の登山記録を閲覧する習慣が定着している。さらに、登りたい山で実際に発生したアクシデントには大きな関心をもつという登山者の傾向がある。以上のことを考慮して step1 の具体的な経験を得るは、他者の体験を通じた疑似経験に置き換えることとする。遭難事故になりかねないヒヤリハット体験をエピソード風に描写した成功事例や失敗事例の体験記事を教材とする。登りたい山で実際に発生した他人のヒヤリハット体験を検索できる機能を設け、疑似体験へと誘導する。

Step2 では、他人の体験の分析により学ぶべきことが明らかになり、新しい発想が生まれるとよい。自分が経験していないことを分析するのは容易ではないので分析の着眼点を明示する。ヨーロッパの山岳ガイドが用いているリスクマネジメント手法に3×3フィルタがある。これは、登山活動の工程を計画時／出発直前／行動中の3つに、リスクマネジメント対象をヒューマンファクター（登山者の知識、スキル、体調など）、登山コース、山の状況の3つにそれぞれ分け、3×3の表の各項目に対してチェックしていく方法である。また、図3のリスク対策行動モデルでは実践的知識・態度と行動に対して3種類の潜在的な因子が抽出されている。さらに、登山では装備に関する意識が高い。以上のことを考慮して、3×3フィルタでのヒューマンファクターを切り出して項目を細分化した登山者の内的要因分析表と、残りの登山者コースと山の状況に装備を加えた外的要因分析表を設ける。すなわち、外的要因の分析を行う図4(a)の3×3要因分析表と、

登山者自身の内的要因（技術、知識、体力、経験等）の分析を行う図4(b)の3×5登山者分析表を導入する。これらの表を提示し、分析すべき観点を明示する。

Step3 では、他人の体験からの疑似体験を通じて導出した実践的知識をまとめる。リスク対策行動モデルでは自分の体験の影響も大きいので疑似体験と類似した自分の体験がある場合は合わせて検討できるとよい。そこで、以下の4つの項目についてまとめることとした。

- ①疑似体験と関連する自分の体験の振り返り
- ②どのように対応すべきと考えたか
- ③今回の分析で獲得した知識や技術
- ④今回の分析で得た（気づいた）発想

Step4 では、専門家などとの意見交換や登山活動での実践によって、体験記事から得た知識や理論を検証する。自主学习だけでは限界があるので、実技講習会における事前学習を Step1～step3 で実施するというアクティブラーニングによる利用方法も有効である。

工程	計画時	出発直前	行動中
装備			
登山コース			
山の状況			

(a) 3×3 要因分析表

工程	計画時	出発直前	行動中
楽観的・希望的解釈			
調査・観測結果に基づくリスク対策行動			
安全最重視の行動			
リスク低減行動の継続的实践			
その他			

(b) 3×5 登山者分析表

図4 step2 の省察を支援する分析表

6. 学びサイトの実現

6.1 サイトの構築と運用

提案方法を実現した Web サイトを構築し、オープンな環境で利用できるよう公開している (<http://yamanabi.net>)。現時点で、本サイトには 308 件のヒヤリハット体験記事が登録されている。そのなかの 304 件は登山コミュニティサイトで公募したもの

で、残りの4件は本サイトで受け付けたものである。ヒヤリハット本文の他に、ヒヤリハットが発生したときの登山の概要、ヒヤリハット種別、解決方法、地図データ、体験者自身による振り返りなども合わせて登録している。

本サイトでの学びは図5に示す手順に従って行う。まず、関心のあるヒヤリハット記事を選定する(step1)。本サイトのトップページでは図6に示すヒヤリハット体験記事の新着表示と検索画面が表示される。これらの機能を用いてヒヤリハット記事を選定する。選定した記事は図7の左側のように提示されるので閲覧して疑似体験を行う。次に、この記事に対する学習レポートを作成する(step2～step4)。作成された学習レポートは、図7の右側の「学びの場」で共有される。学習レポート作成をクリックするとレポート作成のエディタが提示され、step2からstep4で検討すべき項目が提示されるので必要な項目に記載するだけでよい。

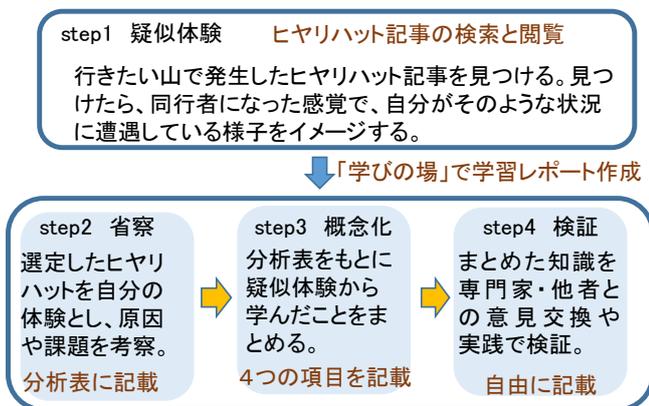


図5 yamanabi サイトでの学びの手順

6.2 結果

2018年11月時点で登山者40名により、60件の学習レポートが作成された。作成されたレポートは体験記事を深く読み詳細な対策が記述されたものが多いが、基本的な対策のみ記述されているものも散見された。

学習レポートの記載内容と、利用者への質問紙調査結果からまとめた各プロセスの学習状況を以下に示す。

(1) Step1の疑似体験

すべての利用者が、興味・関心をもつ体験記事があり、それにより疑似体験を行えたと回答した。登山者の目線でエピソード風に描写されていることが効果的であった。

(2) 省察

要因分析表の複数のセルに記載されている学習レポートが多く、要因分析表が適切に活用されていた。主観評価では要因分析表があることで着眼点が明確になり、分析しやすいとすべての利用者が回答した。

(3) Step3の概念化

概念化で記載されたすべての内容が要因分析表に記載されたことから導出されているレポートは全体の44%で、一部が導出されているのも44%を占めている。多くのレポートで、概念化では要因分析表に記載されたことを発展させており、省察から概念化へのプロセスに対して学びの支援が有効に機能した。

(4) Step4の能動的実験

このプロセスまで進んでいるレポートは一部に留まっているが、専門家とのディスカッションでstep3での考えを改め、より説得力のある結論を導いている例もあった。

質問調査の本サイトの総合評価では、自分の意見・考えが明確になった、発想が広がった、登山実践を意識した学習が行えたという回答が多かった。今後、利用機会を拡大させて多くの学習レポートに対する質的分析を行い、提案方法の有効性を検証する予定である。

7. おわりに

本稿では直接的な指導を受ける機会のない登山者でも実践的な知識を主体的に学べる方法を提案した。提案方法は、経験学習をベースとしており、登山のリスク対策行動に基づいて経験学習の各プロセスを支援する。Step1の具体的な経験を得るは、遭難事故になりかねない他者のヒヤリハット体験記事の閲覧による疑似体験に置き換えた。step2の省察では着眼点を明示した3×3要因分析表と3×5登山者分析表を導入し、step3の概念化では検討項目を列挙することで学びを支援する。

提案方法を実現したWebサイトを構築し、一般公開している。本サイトを利用して登山者40人が60件の学習レポートを作成した。その利用状況から提案方法の妥当性を確認した。今後は構築したサイトを本格的に運用し、作成された多くの学習レポートから提案方法の有効性を検証する。



図6 ヒヤリハット体験記事の新着表示と検索画面

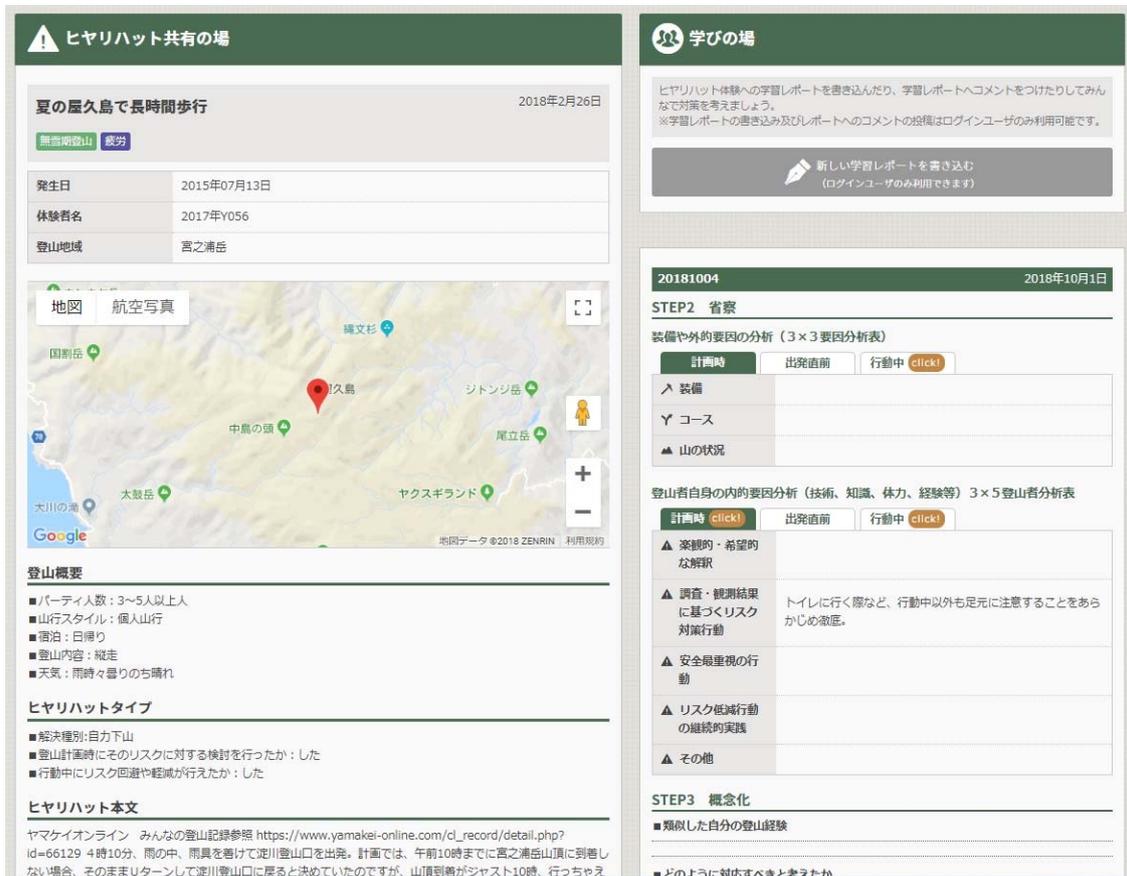


図7 ヒヤリハット体験記事の詳細表示と作成された学習レポート

謝辞

質問紙調査やヒヤリハット体験記事の集約にご協力頂いた(株)山と溪谷社 Yamakei Online 部の関係者の皆様に感謝いたします。本研究は JSPS 科研費 17K00496 の助成を受けた。

参考文献

- (1) 警察庁生活安全局地域課: “平成 29 年中における山岳遭難の概要”, 2018 年 6 月 (2018)
- (2) 長野県登山安全条例, <https://www.pref.nagano.lg.jp/kankoki/tozanjorei/tozanjorei.html>
- (3) 長野県山岳総合センター, 長野県遭難対策推進協議会監修: “登山ルートグレーディング”, (2015)
- (4) 畷田聡: “登山の学びに関する実態調査と登山者の育成環境構築について”, 登山白書 2017, pp.112-125(2017)
- (5) 宮川繁蒲: “e ラーニングの広がり連携オープンコースウェアの現状と展望”, 情報処理学会誌 Vol. 49, No. 9, pp. 1029-1038, 2008.
- (6) MM LEE, CJ BONK, TH REYNOLDS, TC REEVES: “Preface to MOOCs and Open Education Special Issue: The Power of Four”, INTERNATIONAL JOURNAL ON E-LEARNIN, Vol.14, No.3, pp.265-277 (2015)
- (7) 重田勝介: “オープンエデュケーションとは,” 情報処理 Vol. 57, No. 1, pp. 74-77(2016)
- (8) KOLB, D. A. Experiential Learning : Experience as the Source of Learning and Development. Prentice Hall(1984)
- (9) 田中孝治, 水島和憲, 仲林清, 池田満: “営業実習の週報から見る新入社員の学び方の学びと指導員によるその支援”, 日本教育工学会論文誌, Vol.41, No.1, pp.1-12, (2017)
- (10) 松尾睦, 正岡経子, 吉田真奈美: “看護師の経験学習プロセス: 内容分析による実証研究”, 札幌医科大学保健医療学部紀要, Vol.11, pp.11-19(2008)
- (11) 姫野完治, 益子典文: “教師の経験学習を構成する要因のモデル化”, 日本教育工学会論文誌, Vol.39, No.3, pp. 139-152(2015)
- (12) Ajzen, I.: “The Theory of planned behavior”, Organizational Behavior and Human Decision Processes, Vol.50, pp.179-211(1991)

- (13) 諏訪博彦, 原賢, 関良明: “情報セキュリティ行動モデルの構築”, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.9, pp.2204-2212(2012)
- (14) 小池俊雄, 他: “環境問題に対する心理プロセスと行動に関する基礎的考察”, 水工学論文集, Vol.47, pp.361-366(2003)
- (15) 大友章司, 広瀬幸雄: “震災後の買い溜め, 買い控え行動の消費者の心理プロセスの検討”, 心理学研究, Vol.84, No.6, pp.557-565(2014)

教授設計理論を包含した初学者向け学習設計支援手法の検討

根本淳子^{*1}, 高橋暁子^{*2}, 竹岡篤永^{*3}

^{*1} 明治学院大学, ^{*2} 徳島大学, ^{*3} 明石工業高等専門学校

Approach to Support Learning Design for Beginner Including Instructional Design Theory

Junko Nemoto^{*1}, Akiko Takahashi^{*2}, Atsue Takeoka^{*3}

^{*1} Meiji Gakuin University, ^{*2} Tokushima University,

^{*3} National Institute of Technology, Akashi College

In this research, we aim to propose support methods that learners themselves can develop ability to construct their own learning. We examined the learning design method using RM model as an approach to use professional design skill for undergraduate students. This proposed method consist of (1) a problem analysis for beginner themselves to be able to construct goal, subject, and learning activities (2) learning design support tool for comparing others using the RM model, and (3) a story type learning process that can learn effectively with by presenting realistic tasks.

キーワード: 学習支援, 教授設計, 教育方法, 主体的な学びの支援

1. はじめに

教育実施者に必要なスキルのひとつに教授設計スキルがある。教授設計スキルとは、目的や対象に合わせて学習活動を組み立てる力である。近年、自律的な学習者を生み出す方略として、教授設計の基本知識やスキルの学習が検討・導入されつつある⁽¹⁾。教授設計スキルを身に付けることは、学び方を学ぶために有用との考えからである。実際にスタディスキルを扱う授業などで本スキルを取り扱う実践例もいくつかみられるようになってきた⁽²⁾。しかし、これらの実践例は、教授設計の専門家によるもので、一般に活用可能なツールやプロセスはほとんど見当たらない。

リフレクションは学習活動や成果を客観的に見る力として有効である⁽³⁾。筆者らは、成功・失敗体験を織り交ぜた RM モデル (リフレクションメタモデル) を用いた学習活動について検討・実施してきた⁽⁴⁾。RM モデルは他者の振り返りの過程を示したもので、他者の振り返りの様子を自分の振り返りにつなげるための役割を果たす。学習者はモデルの学びや学習成果を「他人ごと」として分析する。

本研究では「一般の大学生 (ID 専門家養成課程や教員養成課程ではない)」を対象に、RM モデルを活用して自身の学習から一步離れ、新しい視座を獲得し、学習者自身が自らの学びを組み立てる力を養成できる支援手法を提案することを狙っている。

2. 初学者向け教授設計スキルの養成の検討

教授設計に関する理論や知識の学習には、順序立てた丁寧な説明よりも、文脈・活動の提示が、学習者を学習内容に引き込みやすい。本研究では、これまでの研究成果を生かして学習内容を教授してから学ぶのではなく、教授設計を学ぶミニストーリーと、学習者が上手くいかない体験や情報を駆使して学びを作りあげていくデザインを採用する着想に至った。教育専門家向けの教授設計スキル養成の研究では限界があった、研究成果の応用と展開を目指している。大学の初年次教育を受講する学習者を中心に検討している。対象者は受験など様々な学び方を経験しているもの、学校教育の枠組みの中での学びが大半であり、自分の成長と向き合う柔軟な学習の設計に戸惑いを感じる学生も多

い。教授設計を活用する可能性はあるものの、初学者に合ったアプローチが求められる。

本研究における問いを下記の点として設定した。

1) 教授設計の学習課題分析を初学者の自律的な学習支援に導入するためには、どのような方法が効果的であるか

2) ストーリーと RM モデルを組み込んだ学習設計活動は、学習者にどのような支援をもたらすか

3. 初学者向けの学習設計支援手法案

初学者が自分の将来を見据えた学びづくりに教授設計の要素を活用できるようになるための支援策として、RM モデルを援用した支援手法を検討し図1のように整理した。支援手法は、(1) 教授設計理論に基づき、目的や対象に合わせて学習者自身で学習活動を組み立てられる初学者向け課題分析手法、(2) RM モデルを活用した他者比較による学習設計支援ツール、(3) 現実的な課題の提示により臨場感を持って効果的に学ぶことができるストーリー型の学習プロセスによって構成される。「初学者向けの課題分析手法」を用いて作成した学習設計書を、「RM モデルを活用したピア（他者）比較ツール」を用いて洗練させ、「ストーリー上に展開される活動」を提供することで、初学者向けの教授設計支援手法として実証的に確立する（図1）。

4. 今後の課題

本発表では、教授設計スキルを学習者自身の学びに

役立てる手段・道具としての開発を目指し、初学者向けの教育設計支手法について検討した。本提案は検討段階であるため、プロトタイプをいくつか作りながら開発を進めていく必要がある。本研究では、教授設計スキルの中でも課題分析の支援に着目しているが、類似した先行研究がまだ見つかっていない。課題分析手法を学ぶ教材を参考にしつつ、関連研究について調査を並行して行い、本研究の特徴を明確にしていく。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 18K11575 の助成を受けている。

参考文献

- (1) 市川尚, 鈴木克明: “インストラクショナルデザイン理論を学ぶスタディスキル科目の実践”, 日本教育工学研究報告集, JSET14-5, 127-130. (2014)
- (2) 根本淳子, 市川尚: “自分の学びをデザインする力の向上を目指した授業実践”, 日本教育工学研究報告集, JSET18-5, 239-242. (2018)
- (3) Schon, D. A. : “Educating the reflective practitioner”, Jossey-Bass, San Francisco. (1987)
- (4) 根本淳子, 竹岡篤永, 高橋暁子, 鈴木克明: “RM モデルを用いたオンライン学習者コンピテンシーベースの振り返り活動の提案”, 情報処理学会研究報, (Vol.2017-CLE-23 No.07) (2017)

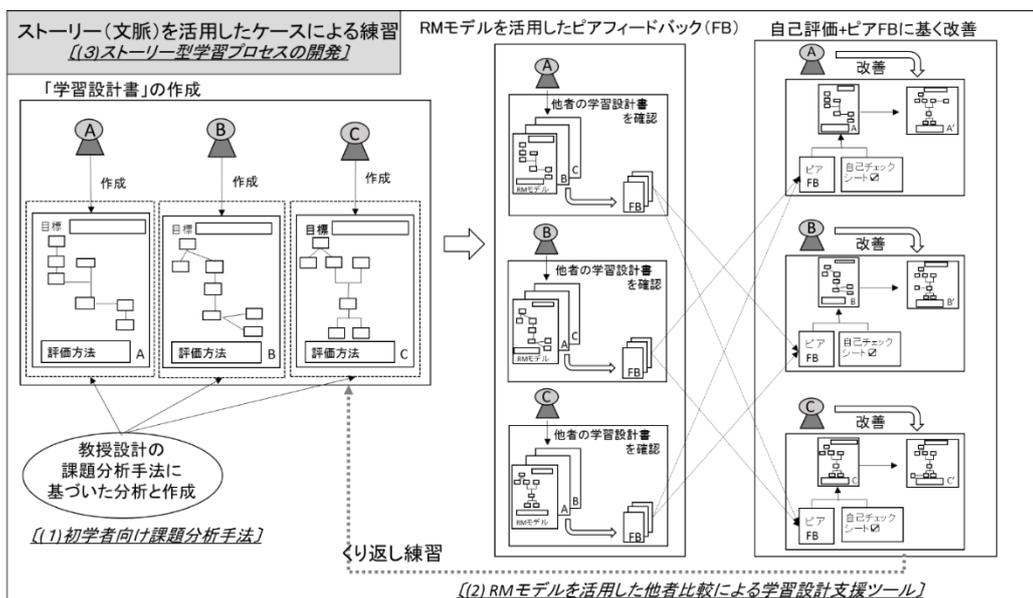


図1 初学者向けの学習設計支援手法案

大学生の課題発見・解決策提案力向上を目的とした 授業デザインの設計～認知症徘徊模擬訓練を通して～

村嶋 琴佳^{*1}, 真嶋 由貴恵^{*1}, 榊田 聖子^{*1}

^{*1} 大阪府立大学 人間社会システム科学研究科

Design of Lessons for University Students Aimed to Improve on Task Discoverability and Solution Proposal Capability

Kotoka Murashima^{*1}, Yukie Majima^{*1}, Seiko Masuda^{*1}

^{*1} Graduate School of Humanities and Sustainable System Sciences,
Osaka Prefecture University

本研究では「認知症」と「徘徊」を題材に、徘徊模擬訓練の体験を通して学生の課題発見・解決策提案力の向上を目的とした授業デザインを設計し、大学生 21 名を対象に授業を実施した。授業デザインの設計にはガニエが提唱する 9 教授事象を参考にし、学生が積極的に議論を行えるようにクリッカーとチャットを導入した。訓練を体験したことにより、その後のグループワークでは「認知症」と「徘徊」が抱える課題について、多角的な視点から解決策の提案があり、授業後に実施したアンケートでは、訓練を体験したことで認知症高齢者の立場に立つことができたという意見や、チャットを使うことで情報共有が簡単に出来たという意見が得られた。一方、訓練の内容が容易だったため、実際の行方不明者探索のような複雑さを再現できるように検索範囲や行方不明者役の配置に工夫が必要であることがわかった。今後はアンケートで得られた意見を基に内容を改善していきたい。

キーワード: 課題発見力, 解決策提案力, 認知症, 徘徊模擬訓練

1. はじめに

1.1 大学生と社会問題

近年の日本の社会を取り巻く問題は、人口減少や少子高齢化だけでなく、貧困格差の拡大、地方の過疎化、人間関係の希薄化など多種多様である。これらの問題は、大学の授業で取り上げられたり、就職活動の面接において質問されたりするため、知識として知っている大学生は多い。しかし、言葉の意味が分かり他者に説明は出来ても、どこに課題が潜んでおり、どのような解決策が必要なのかを具体的に議論できる学生は少ない。道田⁴⁾が大学 1 年生 40 名と 4 年生 40 名を対象に大学生の批判的思考力に関して行った調査によると、日常的題材に対して批判的思考を示した学生は全体の 36.7%に留まり、多くの大学生が論理的思考に欠け、題

材の内容や自分の持つ信念に基づいて情報を取捨選択していることが分かった。このことから大学生が社会問題について議論するためには、まず問題の背景を知り、身近に感じる事が重要である。そこで本研究では、大学生が当事者意識を持つことが難しい社会問題を題材にした体験学習を通して、積極的に発言をし、課題発見・解決策提案力を養う授業デザインの設計を目的とする。

1.2 テーマ設定

本研究では、「認知症」と「徘徊模擬訓練」をテーマとして設定した。その理由は次の 2 点である。

まず、「大学などの高等教育機関において認知症啓発授業が行われた実績が少ない」という点である。平成 27 年に国が発表した「認知症施策推進総合戦略（新オ

レンジプラン)⁽²⁾」では、主な政策の一つとして「認知症への理解を深めるための普及・啓発の推進」が挙げられている。全国キャラバン・メイト連絡協議会が集計した結果⁽³⁾を見ると、各地で開催されている認知症啓発講座のうち、教育機関で開催された数は全体の25.1%を占めており、その中でも小学校での開催が全体の42%と最も多く、次いで中学校が35%、高校が11%となっている。一方、大学で開催された講座は全体の6%に留まっており、高等教育機関における認知症教育がかなり遅れていることが伺える。

2つ目の理由として「一般大学生向けの認知症サポーター養成講座の数が限られている」という点が挙げられる。大学で行われる認知症サポーター養成講座は主に医療・看護・福祉系の学生を対象としている大学が多く、一般の学生を対象にした講座は少ない。さらに、地域社会における人間関係の希薄化や核家族化が進む現代では、大学生などの若者が高齢者と交流する機会是非常に少なく、大学生が「認知症」や「徘徊」を自分の住む地域や家族など身近に起こりうる問題として捉えることは難しい。

以上より「認知症」と「徘徊模擬訓練」を題材にした体験型授業デザイン考案し、O大学学生を対象に実施した。

2. 徘徊模擬訓練とは

徘徊模擬訓練とは、認知症高齢者が徘徊により行方不明になった場合を想定した捜索訓練である。警察庁が平成30年6月に発表した調査結果⁽⁴⁾によると、平成29年に行方不明者として届け出が受理された数は84,850人に上り、そのうち認知症またはその疑いがある人は15,863人と全体の約18.7%を占めることが明らかにされている。このような背景から、徘徊模擬訓練を実施する自治体が全国的に増えている。自治体によって訓練の規模や内容は異なるが、我々が平成30年3月に参加した鹿児島県肝付町における徘徊模擬訓練では、企業・警察・消防の協力の下、県外からの参加者を含め、総勢約100名が訓練に参加し、行方不明者役4名の捜索にあたった。この訓練では、「徘徊には目的がある」という点に焦点が置かれており、行方不明者役はそれぞれの目的に沿って徘徊していた。そのた

め行方不明者役を発見した際、単純に連れて帰ろうとすると抵抗されるため、目的に沿った声かけや誘導方法を考える必要があった。また、フジクラやNTTドコモなど4社が共同開発した「位置情報取得専用IoTシューズ」の実証実験も兼ねており、シューズを行方不明者役に装着させ、捜索役がその位置情報を専用アプリで取得しながら捜索にあたった⁽⁵⁾。この実験から、行方不明者を捜索する際には、捜索者全員が情報を共有できるツールが必要であることを感じた。本研究では、このとき体験した内容を参考にし、徘徊に目的があることに焦点を置くことや、行方不明者の役割、情報共有ツールの使用など、授業内で実施する訓練内容を計画した。

3. 研究方法

3.1 授業方法

本研究では、「認知症」と「徘徊」を題材に、徘徊模擬訓練の体験を通して課題の発見と解決策の提案を行う力を養うことを目的とし、授業実践を行った。受講生に必要な前提知識として、「認知症」について知っており、他者に説明できることと、「徘徊には目的がある」ことを理解していることが挙げられる。しかし、本授業では医療・看護を専門としない一般の大学生を対象にしているため、学習者の前提知識を統一させる工夫が必要である。そこで、本授業が行われる4週間前の通常授業において認知症と徘徊に関する事前授業を実施し、その後確認テストを行っている。これにより、学習者が持つ既存知識の差異によって授業中に実施する徘徊模擬訓練やグループワークに支障が出ないようにした。

3.1.1 授業目標

本研究の学習目標を以下の通り設定した。

『徘徊模擬訓練を通して、認知症高齢者とその家族を支えるために必要な支援策について議論し、情報通信技術を駆使した地域サービスを提案できる力を養う。』

3.1.2 授業計画

授業の全体概要と時間配分を表2に示す。授業計画を作成するにあたり、授業構成のために段階的に考えられた理論である「ガニエの9教授事象⁽⁶⁾」(表1)を参考にした(表2)。

表 1. ガニエの 9 教授事象

1	学習者の注意喚起	6	練習の機会を設ける
2	学習目標を知らせる	7	フィードバックする
3	前提条件を確認する	8	学習の成果を評価
4	新しい事項の提示	9	保持と転移を高める
5	学習の指針を与える		

表 2. ガニエの 9 教授事象に基づいた授業計画

ガニエの 9 教授事象		授業計画内容
1	学習者の注意喚起	事前授業に基づいた質問と発話
2	学習目標を知らせる	授業目標と授業の流れを提示
3	前提条件を確認する	事前授業スライドの提示
4	新しい事項の提示	徘徊模擬訓練の例の紹介
5	学習の指針を与える	今回の徘徊模擬訓練の説明
6	練習の機会を設ける	徘徊模擬訓練実施
7	フィードバックする	徘徊理由提示 徘徊高齢者役の感想
8	学習の成果を評価	新しいシステムの提案
9	保持と転移を高める	ポートフォリオ テスト(後日)

各内容における授業形態と使用するツール、所要時間は表 3 の通りである。

表 3. 授業計画案

授業形態	授業計画内容	ツール	時間(分)
講義	事前授業に基づいた質問と発話	スライド クリッカー	5
	授業目標と授業の流れを提示		5
	事前授業スライドの提示		5
	徘徊模擬訓練の例の紹介		5
	今回の徘徊模擬訓練の説明		10
実践	徘徊模擬訓練実施	チャット	30
講義	徘徊理由提示 徘徊高齢者役の感想	スライド	5
演習	新しいシステムの提案	グループワーク チャット	20
内省	ポートフォリオ テスト(後日)	—	—

次に、ガニエの 9 教授事象に沿って考えた各項目に

ついて詳細を説明する。

- 事前授業に基づいた質問と発話：「認知症」や「徘徊」と身近なかかわりとの乖離を認識してもらうために、既習済みの認知症に関する授業の内容に基づき、「祖父母に会う頻度」や「認知症を患っている人は身近にいるか」など簡単な質問を行った。
- 授業目標と授業の流れを提示：本授業で達成すべき目標についてスライドを用いて提示した。
- 事前授業スライドの提示：前提条件を確認するために、クリッカーを用いて学生に質問しながら事前授業で学習したことを復習した。
- 徘徊模擬訓練の例の紹介：我々が体験した訓練の紹介を交えながら、全国各地で行われている徘徊模擬訓練について説明した。
- 今回の徘徊模擬訓練の説明：授業で行う徘徊模擬訓練のルールと諸注意について説明した。
- 徘徊模擬訓練実施：徘徊高齢者役の学生 2 名を発見し、教室まで連れて帰って来てもらうこととした。制限時間は 30 分間、訓練中の情報共有ツールとして前述のチャットツールを使用した。
- 徘徊理由提示、徘徊高齢者役の感想：訓練終了後、徘徊高齢者役がなぜ徘徊していたのか理由をスライド資料で提示し、「徘徊には目的がある」ということの理解を促進させた。さらに徘徊高齢者役より、訓練中に感じたことを発表してもらうことにより、学生の徘徊高齢者役に対する対応方法について、どのような声かけが徘徊高齢者役を教室に連れて帰るきっかけになったのかフィードバックした。
- 新しいシステムの提案：訓練から学んだことをまとめ、評価するために、授業目標に掲げていた「認知症高齢者とその家族に必要な支援策」について各グループで討論し、その結果を発表した。グループ発表の際にはチャットを使用し、学生の発言をリアルタイムで全員が共有できるようにした。
- ポートフォリオ、テスト：最後に授業を振り返るポートフォリオの記入を行った。さらに約一ヵ月半後、「認知症」や「徘徊」に関する内容を踏まえたテストを行うことにより、知識の保持と転移を促

進させた。

3.1.3 授業で使用したツール

学生が積極的に授業に参加し、より活発な議論を促すためのツールとして、クリッカーとチャットシステムを導入した。クリッカーを活用する利点として、匿名で回答が出来る点と、結果を即時にフィードバックすることができる点が挙げられる。鈴木ら⁽⁶⁾の報告でも、クリッカーにより、学生の授業に対する能動性が非常に高まることが明らかにされている。そこで本研究においても、学生の能動性を高めるためにクリッカーを全員に配布し、学生に向けた質問やアンケートを実施し、その結果をプロジェクターで共有できるようにし、全体の意見を可視化した。

一方、チャットを導入する利点は、情報共有が容易にできる点と、他者の意見に即座に反応できる点である。しかし、畠中ら⁽⁷⁾の研究によると、チャットを授業に導入する際は、講義と並行すると学生が十分に講義内容を理解できない可能性があることと、全員にパソコンを配布するなど環境を整備する必要があることが指摘されている。そこで本研究では、パソコンやタブレット、スマートフォンからアクセス可能である無料の URL 発行型チャットシステム「Feeder」(<https://www.x-feeder.info/>)(図 1)を導入し、学生間で使用環境の差異が発生しないようにした。さらにチャットの使用を、徘徊模擬訓練を実施している時とグループワーク後の発表を行う時のみに限定し、学生が講義内容を理解する際の妨げにならないよう配慮した。尚、訓練中の使用については周囲の安全に配慮するよう口頭で注意を促した。

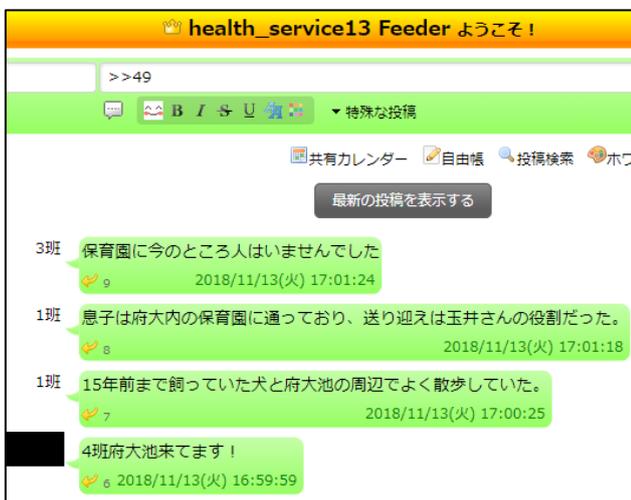


図 1. チャットシステムの様子

3.1.4 徘徊模擬訓練

本研究で実施した徘徊模擬訓練は以下のルールに則って実施した(表 4)。

表 4. 授業で実施した徘徊模擬訓練のルール

内容	
1.	2名の行方不明者を指定した範囲内で探す。
2.	学生は4チームに分かれ、2チームは行方不明者の家族チーム、残りは地域住民チームとする。
3.	行方不明者の特徴と写真を記載した『行方不明者情報カード』を用意し、家族チームにのみ伝える。
4.	情報の共有や行方不明者を発見した際はチャットを使用する。
5.	行方不明者役は認知症高齢者になりきり、明確な目的を持って指定範囲を徘徊すること。

今回行う徘徊模擬訓練では、学生を5~6名の4グループに分け、さらに地域住民チームと行方不明者の家族チームとして役割を与え、検索対象者を指定した(表 5)。尚、グループを分ける際、事前授業後に実施したテストの結果を基準に学生を分けることによって、学生が持つ知識や経験の違いによるグループ間の差異が発生しないように配慮した。

表 5. 各グループの詳細

班	役割	検索対象者	徘徊理由
1	家族チーム	行方不明者 1	飼っていた犬を探していた
2	地域住民チーム		
3	家族チーム	行方不明者 2	会社に出勤しようとしていた
4	地域住民チーム		

また、1班と3班には、家族しか知り得ない情報として行方不明者の写真が貼付された資料を配布した(表 6)。

表 6. 行方不明者の情報(一部抜粋)

行方不明者 1	行方不明者 2
<ul style="list-style-type: none"> ・息子は大学内の保育園に通い、送り迎えは行方不明者 1 の役割だった。 ・15 年前まで飼っていた犬と O 大学の周辺でよく散歩していた。 	<ul style="list-style-type: none"> ・卒業後は O 大学の生協で店長をしていた。 ・若い頃は、春になると必ず妻と娘の 3 人で大学周辺で花見をしていた。

このように行方不明者によって学生を 2 つに分け、各チームが持つ情報に差異を付けることで、検索する

際に情報の共有が必要になり、より活発なコミュニケーションが生まれると考えた。さらに、徘徊高齢者の多くが明確な目的(以前飼っていた猫がいなくなったから探す, など)を持って徘徊することがほとんどのケースであり⁹⁾, 行方不明者を検索する際には家族からの情報提供は非常に有力な手がかりになることから, このような工夫によって訓練が現実的になると考えた。

3.2 対象者と評価について

- ① 対象者: 本授業は, O 大学所属の 2 回生以上 21 名 (男性: 15 名, 女性: 6 名)を対象に, 「ヘルスケアサービス」という授業の中で実施した(図 2)。この授業では, 保健・医療・福祉に関する基礎知識を学習し, これらの分野が抱える諸問題について, 「情報技術」という観点からどのような解決策が必要か考えることを目指している。受講生は主に情報系学部所属の学生が多く, 他に経済系学部や環境系学部の学生もおり, 医療や看護を専門としない一般の学生が対象となっている。
- ② 評価方法: 授業評価はアンケート調査とチャットの利用状況を用いて評価する。アンケートは無記名自記式調査用紙を用いて授業開始前と授業終了後に実施した。学生には, 本アンケートは研究目的で実施し, 成績には影響が無いこと, 結果を学会等で報告することがあることを口頭で説明し, 自由意思での提出を依頼した。尚, この研究に先立って研究者の所属する大学の倫理委員会の承認を得ている。



図 2. 授業の様子

4. 結果

4.1 アンケート結果

本研究では, 授業開始前(事前)と授業終了後(事後)の 2 回アンケートを実施した。各アンケートの質問項目は表 3 と表 4 の通りである。

表 3. 事前アンケート

		①	②	③	④
1	祖父母に会う頻度について教えてください	(同居) 毎日	程度 週 1 回	程度 月 1 回	ほとんど会わない
2	家族・親戚や知り合いに認知症を患っている人はいますか	いる	いない	わからない	—
3	自分が住む地域で徘徊による行方不明者が発生した場合, 検索に参加したいと思いますか	ぜひ参加したい	少し参加したい	あまり参加したくない	全く参加したくない
4	自分の家族が徘徊により行方不明となった場合, 誰に協力してほしいと思いますか	地域の住民	自分の友達	親戚	誰にも協力してほしいくない
5	徘徊模擬訓練を知っていますか	知っています	知らない	—	—
6	徘徊模擬訓練に参加したことがありますか	ある	無い	—	—
7	認知症サポーターや徘徊模擬訓練といった認知症に関する活動について興味はありますか	とても興味がある	少し興味がある	あまり興味無い	全く興味無い

表 4. 事後アンケート

		①	②	③	④
1	自分が住んでいる地域で徘徊による行方不明者が発生した場合、捜索に参加したいと思いますか	ぜひ参加したい	少し参加したい	あまり参加したくない	全く参加したくない
2	自分の家族が徘徊により行方不明となった場合、誰に協力してほしいと思いますか	地域の住民	自分の友達	親戚	誰にも協力してほしいくない
3	認知症サポーターや徘徊模擬訓練といった認知症に関する活動について興味はありますか	とても興味がある	少し興味がある	あまり興味無い	全く興味が無い
4	本日の授業で使用したチャットツールは使いやすかったですか	とても使いやすかった	少し使いやすかった	少し使った辛かった	とても使った辛かった

4.1.1 事前アンケートの結果

祖父母に会う頻度について最も多かった回答は「④ほとんど会わない(14名)」, 次いで「①毎日(同居している)(3名)」と「②週1回程度(3名)」, 「③月1回程度(1名)」となった。また、認知症高齢者が身近にいるかという質問に対し、2名が「①いる」と回答し、それ以外の学生は「②いない(18名)」あるいは「③わからない(1名)」を選択した。さらに、徘徊による行方不明者が発生した場合、捜索に参加意欲を示した学生は、「①ぜひ参加したいと思う」が0名、「②少し参加したいと思う」が7名という結果に対し、「③あまり参加したくない」または「④全く参加したくない」を選んだ学生が14名に上り、多くの学生が消極的であることが分かった。さらに、「徘徊模擬訓練」を知っている学生は0名となり、「認知症」や「徘徊模擬訓練」が学生にとって実際に身の回りで起こっている問題として感じられるテーマではないことがわかった。加えて、認知症に関する活動に参加意欲を示した学生は「①とても興味がある」が0名、「②少し興味がある」が7名という結果に対し、「③あまり興味が無い(10名)」または「④全く興味が無い(4名)」を選んだ学生が14名

に上り、多くの学生が認知症啓発活動に無関心であることが分かった。

4.1.2 事後アンケートの結果

事後アンケートの質問1「徘徊による行方不明者が発生した場合、捜索に参加したいと思いますか」について、事前アンケートと比較した結果を図5に示す。事後アンケートでは質問に対し「①ぜひ参加したいと思う(3名)」と「②少し参加したいと思う(14名)」が合計17名となり、事前アンケートの結果で参加したいと答えた学生が7名だったのに比べ、捜索に参加意欲を示した学生が2倍になり、訓練を体験することで、認知症や徘徊に対する学生の意識が変化し、当事者として取り組むべき問題と言う認識が広がったことがわかった。

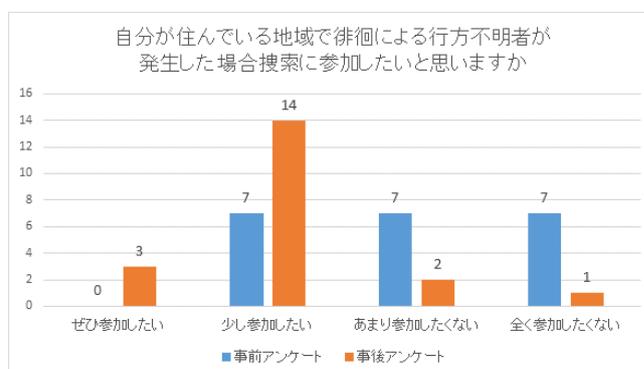


図5. 事前・事後アンケート比較結果(質問1)

次に、事後アンケートの質問2「自分の家族が徘徊により行方不明となった場合、誰に協力してほしいと思いますか」について、事前アンケートと比較した結果を図6に示す。事前アンケートでは「③親戚」が最も多い10名となっていたが、事後アンケートでは「①地域の住民」が最も多い15名に変化しており、訓練を通して地域との繋がりが捜索に重要であるという認識が広まったことがわかった。

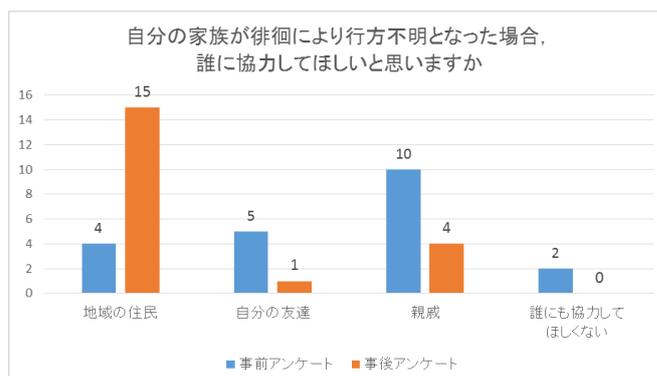


図6. 事前・事後アンケートの比較結果(質問2)

さらに、事後アンケートの質問 3「認知症サポーターや徘徊模擬訓練といった認知症に関する活動について興味はありますか」について、事前アンケートと比較した結果が図 7 である。事後アンケートでは「①とても興味がある(2名)」または「②少し興味がある(12名)」が合計 14 名となり、事前アンケートでは興味があると答えた学生が 7 名だったのに比べ、認知症に関する活動に興味を示した学生が 2 倍に増加したことが分かった(図 7)。

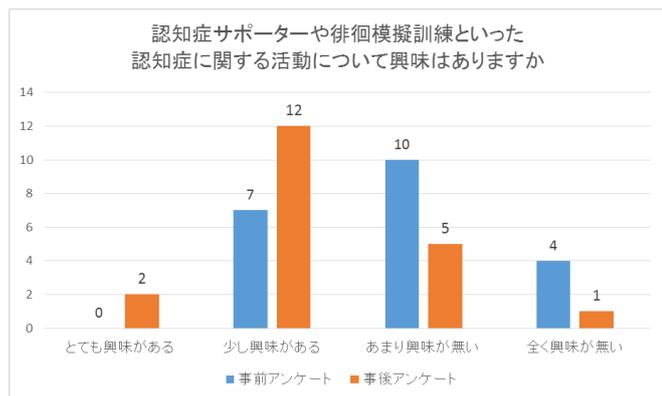


図 7. 事前・事後アンケートの比較結果(質問 3)

事後アンケートに設けた授業に関する自由記述欄には、「実際に訓練を体験することで身近な人が認知症になっても対応しやすくなる感じた」という意見や「徘徊者を見つけるだけでなく、見つけた後のコミュニケーションにも焦点が置かれていたのでとても現実味があった。」という意見などが寄せられた。しかし、「訓練で想定された内容と現実には差があるのではないかと」「すぐに見つかったので意味が無いと思った」といった意見もあり、訓練内容をより現実的かつ複雑な内容にする必要があることがわかった。

4.2 チャットの利用状況

本授業では、チャットの使用を徘徊模擬訓練の時とグループワークの時に限定して学生に取組んでもらった。事後アンケートのチャットに関する自由記述欄には、チャットの使用について「スマートフォンで簡単にアクセスできる」や「意見がすぐに反映される」、「情報を共有することが出来てよかった」といった肯定的な意見が寄せられた一方で、「読み込み速度が遅い」や「入力欄の位置が上部にあり分かり辛かった」といった意見があり、システムやデザインについて改善が必要であることがわかった。

次に各場面におけるチャットの利用状況について説明する。

4.2.1 徘徊模擬訓練におけるチャット

徘徊模擬訓練を実施している間は、各チームとも「行方不明者の情報を教えてほしい」といった投稿や、「生協近くを探しています」など、情報の交換が活発に行われていた(図 3)。その結果、行方不明者 1 は検索開始から 10 分、行方不明者 2 は検索開始から 15 分で発見に至った。しかし 4 班が行方不明者を発見した際、行方不明者が徘徊に至った目的が達成されていないことから帰るのを抵抗したため、学生間で声かけの内容に工夫が必要であるという認識が広まり、チャットで「何か良い声かけの内容はないか」といった質問が投げかけられた(図 8)。その後、合流した 2 班のメンバーが機転を利かせた声かけを行ったことで教室に連れて帰ることに成功した。



図 8. 訓練中のチャットの様子

4.2.2 グループワークにおけるチャット

訓練終了後、訓練を通して感じたことや分かったことをグループで共有し、「認知症高齢者とその家族を支えるために必要な地域サービスとは？」という議題についてグループワークを行ってもらった。各グループが発表した地域サービスは表 7 の通りとなった。

表 7. 各グループの発表内容

班	提案内容
1班	認知高齢者向け VR サービス
2班	(i) 地域掲示板 (ii) 位置情報取得可能なワッペンを服に貼り付ける
3班	高齢者がよく集まるイベントの開催
4班	GPS を利用した情報共有アプリ

1 班は、認知症高齢者が徘徊する際に目的があることに着目し、VR 技術を活用して認知症高齢者が仮想空間内で目的を達成することにより満足感を向上させ、徘徊を減らすという内容だった。この提案に対し、他の学生からはチャットを通じて「VR を装着する際は同居者など必ず誰かが見ている必要がある」といった意見や「VR 機器を装着している感触が無い機器が必要だ」といった意見が投稿された。一方、2 班と 4 班が提案した位置情報の活用については、「位置情報を活用するという価値観を高齢者に広められたら GPS も抵抗がないのでは」といった意見が投稿された。このように、訓練中はチャットを情報共有として活用されていたが、グループワークでは意見を投稿し議論する場として活用されたことがわかった。

5. まとめ

本研究の目的は、「認知症」と「徘徊」を題材に、徘徊模擬訓練の体験を通して、積極的に発言をし、課題発見・解決策提案力を養う授業デザイン的设计である。チャットの利用状況を分析すると、授業にチャットを導入することにより、情報共有として活用するだけでなく、他者の意見に即時に反応できることから、活発な議論につながれたことがわかった。またアンケート結果から、実際に徘徊模擬訓練を授業内で行うことで、認知症患者やその家族の立場に立って課題を考えることができたことが伺える。さらに訓練後のグループワークの結果からは、グループによって課題の認識と解決策に違いが生まれ、多角的な視点から「認知症」と「徘徊」というテーマに取組めたことが推察される。このことから、特定の社会問題を題材にした課題の発見と解決策の提案力を養うための授業を行う際は、実際にその問題を体験できるような機会を設け、どこに課題が潜んでいるのか自ら発見させることが重要であることがわかった。一方で、訓練内容について「現実と差があると思う」といった意見や「すぐに見つけたので意味が無いと思った」といった意見があり、実際の行方不明者捜索のような複雑さを再現できるように捜索範囲や行方不明者役の配置を工夫する必要がある。またチャットについても、情報を共有できるという利点がある一方、学生が不便を感じず授業に集中で

きるようにデザインや読み込み速度に配慮する必要があることが分かった。今後はアンケートで得られた意見を踏まえて内容を改善していきたい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP16K12355 の一部の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) 道田泰司, :” 日常的題材に対する大学生の批判的思考—態度と能力の学年差と専攻差—”, 教育心理学研究, Vol.49, pp.41-49(2001)
- (2) 厚生労働省: “認知症施策推進総合戦略(新オレンジプラン)”, <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000064084.html>(2018 年 11 月 26 日確認)
- (3) 全国キャラバン・メイト連絡協議会: “認知症サポーターの養成状況”, <http://www.caravanmate.com/result/>(2018 年 11 月 26 日確認)
- (4) 警察庁生活安全局生活安全企画課: “平成 28 年における行方不明者の状況”, <https://www.npa.go.jp/news/release/2018/20180613001.html> (2018 年 11 月 26 日確認)
- (5) 日経デジタルヘルス(平成 30 年 3 月 29 日), <https://project.nikkeibp.co.jp/atclppp/PPP/news/032900679/> (2018 年 11 月 26 日確認)
- (6) 鈴木 久男, 武貞 正樹 他: “授業応答システム“クリッカー”による能動的学習授業 : 北大物理教育での 1 年間の実践報告”, 高等教育ジャーナル:高等教育と生涯学習, Vol.16, pp.1-17(2008)
- (7) 畠中 晃弘 , 百合山 まどか 他: “講義におけるチャットを利用したコミュニケーション促進の実験”, 情報処理学会研究報告グループウェアとネットワークサービス, Vol.45,pp. 61-66(2000)
- (8) 稲垣 亘, 鈴木 克明: “教師のためのインストラクショナルデザイン 授業設計マニュアル Ver.2”, 北大路書房 (2015)
- (9) 数井 裕光, 杉山 博通, 坂東 潮子: “認知症知って安心! 症状別対応ガイド”, メディカルレビュー社(2012)

反転学習を導入した意思決型学習による公民としての 資質・能力の育成

河辺 翔^{*1}, 重田 勝介^{*1}

^{*1} 北海道大学

Fostering the Attributes and Abilities as Citizensthrough Decision Making Studywith the Flipped Learning

Tsubasa KAWABE^{*1}, Katsusuke SHIGETA^{*1}

^{*1} Hokkaido University

日本の高等学校地理歴史科、公民科では「公民としての資質・能力」の育成が目標とされており、様々なアプローチから取り生まれ、多くの先行研究が蓄積されている。本実践では、「社会認識」、「価値判断」、「意思決定」のプロセスを明確に示し、かつ価値判断で使用する天秤の図式を取り入れた教材を開発し、反転学習における効果の検証を行った。

キーワード: 意思決定, 公民としての資質・能力, 移民問題, 反転学習, 教材開発

1. はじめに

日本における社会科教育では、「公民としての資質・能力」育成が一貫した目標として設定されている(文部科学省 2018)。近年の社会科教育では、この「公民としての資質・能力」育成を指導の重要な核として、学習者の「意思決定能力」に着目し、様々な先行研究が蓄積されている(吉永 2011)。その一方で、「公民としての資質・能力」についての具体的な定義は、その複雑性から未だ確立されておらず、研究者や実践者が各々で解釈し、その見解に基づいて、実践や研究は行われているのが現状である。「公民としての資質・能力」は、社会科教育の教科目標に設定されるほど重要な概念にも関わらず、関係者間での共通認識が確立されていないといえる。箱石(1995)は、「公民」という言葉に着目し、「市民社会の一員としての市民」と「国家の構成員としての国民」という2つの側面をもつと述べている。また「公民としての資質・能力」の資質・能力について、他者と協調できることや社会的事象について意思決定できること、自己の行動を変容できることなど様々な要素が想定されている。本研究では、「公民とし

ての資質・能力」を「市民もしくは国民として社会的な事象について考察し意思決定することができ、また他者と協調し取り組む中で、自己の行動を変容することができること」と定義する。

学習者の「意思決定能力」の育成を中核にした学習の効果として、高橋(2006)は、一般的に行われている知識理解型や疑問追究型の授業は、学習者に社会認識の獲得を要求し社会により良く適応する構成員の育成を目指している。その一方で、意思決定能力を育成する意思決定型の授業は、学習者が獲得した社会認識を基盤にして価値判断能力や意思決定能力を育て、社会の形成者を育成すると指摘している。高等学校の社会科教科においても、学習者に社会認識の獲得を要求するだけでなく、それを踏まえた価値判断や意思決定を育成するための活動を取り入れた授業を行うことが重要だと言える。このような社会科授業における「社会認識」、「価値判断」、「意思決定」の流れを、「意思決定のプロセス」と本実践では呼ぶこととする。

意思決定活動を取り入れた授業実践についての先行研究はこれまで多数報告されている。吉永(2011)は過

去の外交事例をテーマにした授業において、歴史がもつ不確実性を実感させる世界史学習を通じた、外交意思決定能力の育成を提案している。また土肥(2017)は、すでに社会の中で行われた意思決定を題材にそれを学習者に批判的に分析する活動を取り入れることで、社会的な意思決定の実現を目指した実践を報告している。また吉村(2001)や水山(2003)では、学習者で構成したグループでの活動を通して、合意形成能力の育成まで目指した社会科授業を実施した。これらの実践のような意思決定を取り入れた社会科授業の多くでは、意思決定の前に学習者に社会認識を価値判断させており、その際にツールミン図式を活用している。ツールミン図式を用いることで、学習者が自身の主張を根拠やその理由付けを踏まえて構造的に表現することができる。この価値判断での活動について、高橋(2006)は、調べ学習を通して学習者の社会認識を固め、ツールミン図式ではなく、獲得した知識をまとめる表を作成し、順位づけさせる形で価値判断、意思決定をさせる手法を提案している。このように、意思決定活動を取り入れたこれまでの社会科における授業実践では、学習者同士の討論やディベート、ロールプレイ、社会的な事例の再検討など様々なアプローチから検討されてきた。

しかし、意思決定を取り入れた授業実践には様々な課題もみられる。大江(2011)は、従来の意思決定活動を取り入れた社会科授業で頻繁に見られる、学習者主体のグループ活動における合意形成について、批判・調整と合意形成の手続きを踏めば必ず公共的価値を創出できるのかという点と、学習者グループで創出された公共的価値が質の高いものになっているのかという点を課題として示している。実際に現実の社会に目を向けると、宗教や文化などが論争の背景で複雑に絡み合い容易に合意形成できない場合がある。本実践で取り上げる「移民の受け入れ問題」はその一例と言える。また学習者もつ未熟な価値観だけでは、公共という観点から見た際に意味のある価値を生み出すことは困難を伴う。学習者が社会的に意味のある価値を生み出すために必要な飛躍をサポートするための工夫が必要となるだろう。

他の課題として、意思決定活動を取り入れた社会科授業におけるツールミン図式では各学習者が選択肢

間で比較し下した価値判断を詳細に記述できないという点が挙げられる。ツールミン図式は事前に設定されたフォーマットに主張や根拠となるデータ、その間の裏付けなどを当てはめていくことで、安定的に論理的な議論が可能となる。その一方で複数の選択肢を比較検討し、何をどの程度重要だと判断し、価値づけたのか記述するには不向きといえる。各学習者が選択肢間で比較し下した価値判断を詳細に記述でき、その結果としてどのような意思決定をしたか具体的に記述する際に有効に機能するような、そのため学習者の価値判断を補助する何らかの手立てが新たに必要となる。

加えて、意思決定型の授業を実施する時間を確保することが難しいことがあげられる。意思決定型で授業構成をする際、授業において多様な活動を含むため、一般的に行われている知識理解型や疑問追究型の授業よりも、時間の制約が厳しくなる。この対応として、反転学習のようなブレンド型学習の形態を授業に取り入れることで、それぞれの学習過程十分な時間を確保することが有効だと考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、高等学校公民科の学習過程に社会問題を題材とした意思決定活動を取り入れた教育実践を行い、学習者の公民としての資質・能力獲得への影響を明らかにする。その際、反転学習を導入し対面授業内で意思決定活動に十分に時間を確保することを狙う。また、学習者が自己の価値判断をより具体的に表現する手法を開発し、社会科授業における意思決定のプロセスを明確にし、公民的資質・能力の育成に与える効果を検討する。

3. 研究の方法

3.1 調査対象者

本研究では、北海道内の教員養成系大学で主に学部3年生向けに開講されている「中学校社会科教育法Ⅰ」の受講者を対象に実施した。

実践は授業①と②を2週に渡って実施した。回収できた調査結果は授業①は49名分、授業②は53名分であった。なお今回は授業①②を通じた教育効果を検討するため、両方の授業に参加した46名分を分析対象と

した。

3.2 実践の流れ

本研究の実践では以下の通り、授業と予習を交えた流れで授業を進行した。

(1) 授業①

- ・概要説明
- ・プレテスト
- ・海外の移民事例紹介

(2) 予習

- ・教材を使った海外の移民事例についての事前学習
- ・配布したカードを用いた作業

(3) 授業②

- ・課題の提示
- ・予習内容の共有(社会認識)
- ・事例の比較検討(価値判断)
- ・主張の記述(意思決定)
- ・ポストテスト

授業①では冒頭で本実践の背景と目的について実践者から説明した。これは本実践に先駆け実施した予備実践で実践概要の説明を第三者に以来をして行ったところ、学習者間で理解度に差異が生じ、実践全体への取り組み具合が、あまり高まらなかったことの反省を踏まえたものである。

次にプレテストを実施した。内容は学習者の公民としての資質・能力についての質問紙と日本における移民受け入れをテーマについての意思決定を問う記述問題を行った。記述問題を行う際には A4 用紙 1 枚の上部に日本の人口ピラミッド、下部民に関する情報を記載したものを配布し、その設定の下で意思決定を学習者に課した。

プレテスト終了後、次週に行う実践②に向けた準備として海外における移民問題の事例について紹介した。今回、事例として取り上げたのはアメリカ、シンガポール、ドイツ、フランスの 4 か国で、各国 A4 用紙 1 枚の分量で資料を配布した。時間の都合上、アメリカとシンガポールについては実践者自身が紹介し、ドイツとフランスについては配布した資料を予習として読ん

でくるとした。また予習の際に、4 か国分の移民問題についての資料から、移民受け入れのメリットとデメリットを別に配布したカードに記述してこることも課した。この部分が反転学習における基礎知識の提供に該当する。

実践②は冒頭で「架空の国において、移民政策を推進するかどうかの意思決定をする」という課題と本時の流れについて説明をした。実在の国ではなく、架空の国を題材とした理由は、本実践全体を通して得た意思決定能力の一般化を図るため日本以外の国を題材とする必要があったこと、かつ架空の国を題材とすることで学習者が考えやすい設定を作り出すためである。

その後、「社会認識」、「価値判断」、「意思決定」のプロセスに沿った活動を実施した。まず、予習内容の共有では、意思決定のプロセスにおける「社会認識」を念頭においた活動を行った。具体的には、6 人程度の学習者でグループを作り、各自が作成してきた作成してきたカードの内容を共有することによって、予習教材として配布した資料の内容を把握した。グループ内での情報共有に続いて、共有した情報をメリットとデメリットに分類する。その際、同じ情報でも学習者同士でメリットなのかデメリットなのか認識が異なる場合は、グループ内での協議で解決することとした。そして分類した結果を、配布したワークシートの上部に記載された表にそれぞれ記入させ、各自が最も印象的と感じた情報を各 1 つ選択し、○印をつけさせた。

次にグループ内で事例の比較検討を行った。意思決定のプロセスにおける「価値判断」を念頭に置いた活動となる。前の作業で印をつけた 2 つの情報の比較検討を行う。ワークシート中央に記載された天秤を使用し、2 つの情報のどちらの方がより重要だと考えるのかを視覚的に表現させた。この天秤の作成には、学習者自身が一方の情報を他方よりも重要度が著しく高いと判断した場合には傾斜が急になり、両者の間にそれほど差がないと判断した場合には傾斜が緩やかになるという特徴がある。この特徴によって、従来使用されていたツールミン図式よりも、さらに学習者は自分自身の価値観を自由に表現することができるので、本実践において、この天秤の作成を価値判断の際に、取り入れることとした。そして、個人活動での主張の記述を行った。ここは意思決定のプロセスにおける「意思決

定」を念頭に置いた活動となる。具体的には、「価値判断」で作成した天秤と紐づけた形で自分の主張をできるだけ具体的に表現させた。最後に、プレテストと同じ内容のポストテストと、実践全体を通しての感想の記入を課した。

4. 評価

評価について、今回提案する指導デザインを利用することの学習効果を検討するため、生徒が意思決定活動における「社会認識」と「価値判断」、「意思決定」がどの程度実施できたかを分析した。

評価方法としては、現在の日本における移民受け入れの是非についてどのように考えるかを問う独自に作成した自由記述形式のテストをプレテストで実施した。本実践では実践の一部にグループ活動を取り入れているが、個人レベルでの意思決定能力の変化に着目した。そのため各学習者の記述内容を「社会認識」、「価値判断」、「意思決定」の各観点を3段階で評価し、その合計点の変化で分析した。

「社会認識」については、「移民問題について適切に記述する」という達成目標を設定し、「資料内容について適切に記述されており、それ以外の関連する内容についても記述されている(3点)」、「資料内容について適切に記述されている(2点)」、「資料内容について語句と流れが不適切に記述されている(1点)」という基準で評価した。「価値判断」については、「複数の観点から対象を考察・価値付けしている。」という達成目標を設定し、「複数の観点から対象を考察・価値付けている(3点)」、「特定の観点から対象を考察・価値付けている(2点)」、「全く対象を考察・価値づけられていない(1点)」という基準で評価した。

「意思決定」については、「自分の立場を明確にして意思決定をしている。」という達成目標を設定し、「自己の立場を明確にして意思決定をしている(3点)」、「意見の主張、自己の立場の明示のどちらか一方しかできていない(2点)」、「自己の立場を明確にして意思決定できていない(1点)」という基準で評価した。なお、学習者の記述の評価作業は実験者と面識のある中学校社会科教員1名と第一著者の2名で行っ

た。異なる評価をしたものについては協議の上、意見のすり合わせを行った。

5. 結果

意思決定学習における「社会認識」、「価値判断」、「意思決定」のプロセスに沿った学習活動が、学習者の意思決定能力の向上に影響があったのか分析した。テスト結果より、プレテストにおける学習者ごとのテスト点数(9点満点、社会認識:3点、価値判断:3点、意思決定:3点)を集計したところ、プレテストの平均値は5.8点、中央値は6.0点、標準偏差は1.2だった。一方、ポストテストの平均値は6.2点、中央値は6.0点、標準偏差は0.9であった。対応のあるt検定を行った結果、表1のように本指導デザインで学習した後の学習者は、学習前と比較して意思決定能力が有意に向上することが示された。(t(45)=2.44, p<.05)

表1 プレテストの結果

	平均 値	標準 偏差	d	t 値	p
プレテスト	5.78	1.24	-0.391	2.24	p<.05
ポストテスト	6.21	0.96			

また、日本における移民問題を題材にしたプレテストの結果における、「社会認識」と「価値判断」、「意思決定」それぞれの結果は、表2(a),(b),(c)のようになった。

「社会認識」については、表2(a)に示す。プレテストにおける平均点は1.6点、中央値は1.0、標準偏差は0.7だった。一方、ポストテストの平均点は、1.4点、中央値は1.0、標準偏差は0.5だった。対応のあるt検定を行った結果、本教材を使用した学習を通して、学習者の「社会認識」部分の成績は低下したことが示された。(t(45)=1.47, p<.05)

「価値判断」については、表2(b)に示す。プレテストにおける平均点は2.0点、中央値は2.0、標準偏差は0.5

だった。一方、ポストテストの平均点は、2.5点、中央値は3.0、標準偏差は0.5だった。対応のあるt検定を行った結果、表1のように本指導デザインで学習した後の学習者は、学習前と比較して「価値判断」部分の成績が有意に向上することが示された。(t(45)=4.12, p<.05)

「意思決定」については、表2(c)に示す。プレテストにおける平均点は2.0点、中央値は2.0、標準偏差は0.5だった。一方、ポストテストの平均点は、2.2点、中央値は2.0、標準偏差は0.5だった。対応のあるt検定を行った結果、表1のように本指導デザインで学習した後の学習者は、学習前と比較して「意思決定」部分の成績が有意に向上することが示された。(t(45)=1.93, p<.05)

さらに、プレテストの記述問題で、移民受け入れについての立場(賛成 or 反対)を選択させたが、その変化は表3と表4のようになった。プレテストを通して、立場が変わった学習者は13人(賛成から反対：9人、反対から賛成：4人)、一貫して同じ立場だった学習者は33人だった。

表2 プレテストにおける「社会人認識」, 「価値判断」, 「意思決定」それぞれの成績の推移

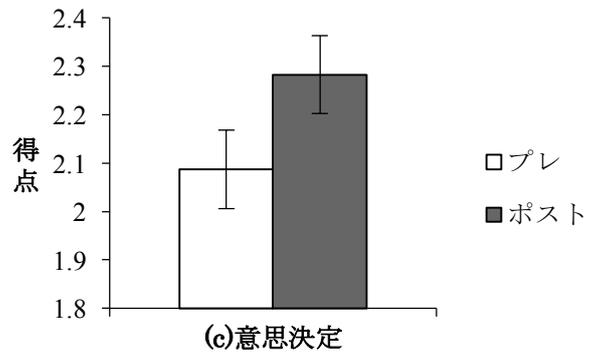
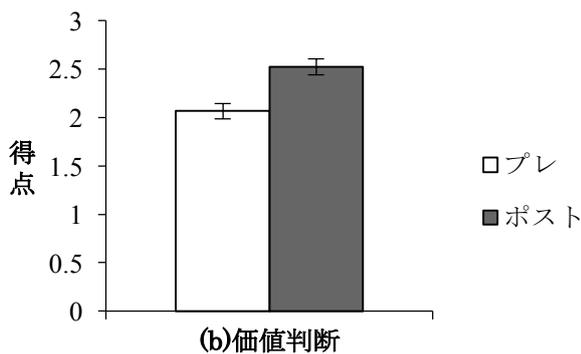
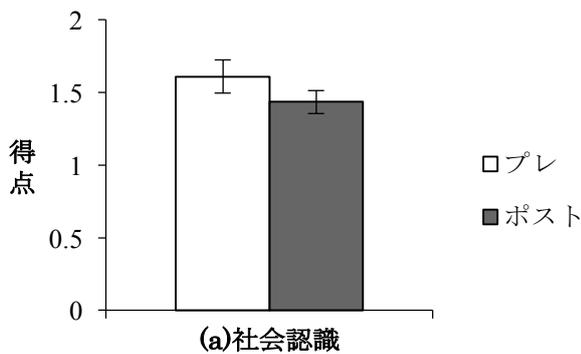


表3 各立場の人数

	プレ	ポスト
賛成	36人	31人
反対	10人	15人

表4 立場の推移

プレ→ポスト	人数
賛成→賛成	27人
賛成→反対	9人
反対→賛成	4人
反対→反対	6人

6. 分析

本実践の結果より、本実践で提案した意思決定プロセスに沿った指導が、意思決定をする際の望ましい学習活動を促せたと言える。全体的に点数が向上した要因として、「価値判断」と「意思決定」の得点が上昇したことが挙げられる。プレテストの段階では、複数の観点から移民問題を捉え、それらを比較して意思決定をしている学習者は数名確認できた程度で、多くは労働力人口の補填やそれによる経済の活性化、異文化交流などの単一の観点からのみ事象を捉えていた。一方でポストテストでは、「メリットは〇〇で、デメリットは△△」といった形や、「一方は〇〇だが、他方は△△」といったように、少なくとも2つの観点から、情報を

比較検討し自分の主張を記述できていた割合が増加していた。さらに、「～の条件が達成されるならば、賛成だ」といった留保条件付きの意思決定を行う学習者の数がポストテストで大幅に増加した。これは架空の国における移民問題を題材にした意思決定活動で使用したワークシートで天秤作成を通して、価値判断し、その結果と関連させた意思決定をする経験をした効果だと考えられる。

一方、「社会認識」の変化に着目すると、プレテストよりもポストテストで社会認識の成績が低くなってしまった学習者が散見された。学習者からは、「実践②で行ったグループでの予習内容の共有活動の際に、時間が短かったので話し合いを十分に行えず、認識の深まりが図れなかった。」というコメントが得られた。このことから、話し合いに十分な時間を割くための工夫やより効率的に基礎知識を獲得できるような方法を採用するなど、授業進行に改善の余地があると考えられる。加えて、プレテスト共に、同じ内容で実施したため、プレテストでは、しっかりと記述していたが、ポストテストでは、プレテストと重複する部分を省略して書いている学習者がいたため、テスト前に実践者側から言葉がけをするなどの対応も必要だろう。

また、プレテストの点数が変化した参加者に着目すると、点数が増加した参加者たちの感想には「グループでの話し合いで、学びが深まった。」や「明確な立場表明は難しかった。」、「自分の意見をもつことができた。」などの意見が多かった。このように成績がよくなった学習者たちは、学習活動に困難を感じながらも、グループ活動に取り組む中で明確な自分の意見をもったり、学びを深めたりしていたことがうかがえる。一方で点数が下がってしまった参加者の感想には、「学習者の主体性を問う問題でよかった。」などの実践に対して肯定的な意見が少数あったものの、「移民というテーマが身近に感じなかった。」や「意思決定のプロセスがじっくりこなかった。」などの意見も目立った。この結果から、本実践で実施した学習方法では、テーマに対する学習者自身の元々の興味関心の度合いやグループ活動の質が大きな影響をもつことが示唆された。そのため、事前の学習から学習者のテーマへの動機づけを積極的に行っていくこと、またグループ活動の中で意思決定の方法を練習する時間を入れるなど工夫も必

要だと考えられる。

表 5 参加者の感想

得点が増加した参加者	得点が減少した学習者
<ul style="list-style-type: none"> ・グループでの話し合いで学びが深まった。 ・明確な立場表明は難しかった。 ・自分の意見をもつことができた。 ・資料が分かりやすかった。 ・政府の立場から考えられて面白かった。 	<ul style="list-style-type: none"> ・学習者の主体性を問う問題でよかった。 ・移民に関する情報をもっと欲しかった。 ・興味関心は高まった。 ・テーマを身近に感じられなかった。 ・意思決定のプロセスがじっくりこなかった。

7. 結論

本実践では、高等学校公民科における高等学校公民科の学習過程に社会的な事象を題材とした意思決定活動を取り入れた指導方法を提案し、その効果を検討した。従来の意思決定活動を取り入れた社会科授業の価値判断で特徴的に利用されていたトゥールミン図式に代わる取り組みとして、天秤の作成を取り入れた。

本実践の結果から、「社会認識」、「価値判断」、「意思決定」のプロセスに沿った指導をすることで、学習者の意思決定能力の育成に有益があることが示された。特に「価値判断」について、複数の観点から情報を比較検討し、価値付ける能力の向上に効果があることが示された。その一方で「社会認識」については、プレテストの結果に有意な向上は見られなかった。

以上より、本実践は学習者の価値判断能力に特に影響し、その結果としてより質の高い意思決定能力の育成を図るものとして一定の効果があり、かつ学習者が社会的な事象に対して興味や関心をもつためのきっかけとしても機能することができたと言える。ただし今回は移民問題という、これから社会に出ていく世代にとって関心の高いテーマだったが、他のテーマで実施した際にも同様の結果が得られるかは不明であり、今後検討していく必要がある。また、本実践が社会認識

の質向上に比較的有効に機能しなかったことから、実践に改善の余地が認められる。加えて、本実践は中学校社会科教員を志す大学生を対象に実施したことから、参加者の社会問題への関心は実践以前から高かったことが想定される。本研究においては中等教育における本実践の枠組の効果は未検討であることから、更なる調査が期待される。

謝辞

本研究のために貴重なお時間を提供して下さった北海道教育大学旭川キャンパスの坂井誠亮先生、ならびに受講生の皆様に心より感謝いたします。

参 考 文 献

- (1) 大江昭英:”社会科における価値学習の可能性”,社会科研究第75号, pp. 1-10, (2011)
- (2) 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)
- (3) 高橋宏滋:”意思決定型授業で公民的資質の基礎を育てる”,第21回東書教育賞(平成17年度) 小学校の部最優秀賞, (2005)
- (4) 箱石匡行:”社会科教育の概念-新しい公民の倫理のために-“,岩手大学教育学部属教育実践研究指導センター研究紀要第5号, pp. 23-37, (1995)
- (5) 水山光春:”「合意形成」の視点を取り入れた社会科意思決定学習“,社会科研究第58号, pp. 11-20, (2003)
- (6) 文部科学省:”高等学校学習指導要領解説公民編”,教育出版, (2018)
- (7) 文部科学省:”高等学校学習指導要領解説地理歴史編”,教育出版, (2018)
- (8) 吉永潤:”社会科における外交意思決定能力育成の意義とその授業構成”,社会科研究, 全国社会科教育学会, (2011)
- (9) 吉村功太郎:”社会的合意形成を目指す社会科授業-小単元「脳死・臓器移植法と人権」を事例に-“,社会系教科教育学研究第, 13号 pp. 21-28, (2001)
- (10) 土肥大次郎:”中等社会科教育における社会的意思決定批判学習-同様の価値にもとづく異なる社会的意思決定の批判的研究-“,九州地区国立大学教育系・文系研究論文集, (2017)

PTL システムの開発

大塚哲也*, 岸本頼紀*, 岡田大和*, 布広永示*
東京情報大学*

Development of PTL system

Tetsuya Otsuka, Yorinori Kishimoto, Hirokazu Okada, Eiji Nunohiro
Tokyo University of Information Sciences*

プログラミング教育のイメージは、プログラミング言語の文法や構文要素などの知識の習得が強いが、小学校段階におけるプログラミング教育の目的は、コンピュータに意図した処理を行うように指示することができるということを体験させながら、プログラミング的思考などを育むことであると考えられる。本研究では、「一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけばより意図した活動に近づくのか」という能力を伸ばすプログラミング的思考型の学習法を提案し、その学習を支援するプログラミング的思考型学習支援システム(PTL: Programming Thinking based Learning support system)を開発している。本発表では、プログラミング的思考の能力を身に付ける学習法、その学習を支援する PTL システムの概要と学習の流れについて述べる。

キーワード: プログラミング的思考, 学習支援システム, プログラミング教育

1. はじめに

1.1 研究背景

IT 人材の不足に伴い、文部科学省は小学校教育段階でのプログラミング教育を必修化することで人材不足の解消を図ろうという取り組みを 2020 年から実施することになった。プログラミング教育のイメージは、プログラミング言語の文法や構文要素などの知識の習得が強いが、文部科学省の「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について」という議論の中では、「プログラミング教育とは子供たちにコンピュータに意図した処理を行うように指示することができるということを体験させながら、将来どのような職業に就くにしても、時代を超えて普遍的に求められる力として、プログラミング的思考などを育むことであり、コーディングを覚えることが目的ではない」とされている(文部科学省 HP)。このような背景から、本研究では、「一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけばより意図した活動に近づくのか」という能力を伸ばすプログラミング的思考型の学習法を提案

し、その学習を支援するプログラミング的思考型学習支援システム「PTL システム(Programming Thinking based Learning support system)」を開発している。

1.2 プログラミング的思考とは

文部科学省の HP を参照して、プログラミング的思考を次のように考えた。

【プログラミング的思考とは】

「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力」。

本研究では、「1.1 研究背景」で説明したように、前記のプログラミング的思考の能力を伸ばす学習法の提案とその学習を支援する PTL システムの開発を行っている。

2. PTL システムの概要

2.1 設計方針

PTL システムは、次の 3 つの考えで開発している。

- (1) 学習者に対してプログラミング言語の文法や構文要素などの知識を要さない問題を出題する。
- (2) タブレットでの操作を基本とし、マウスを使用せず、画面タッチによる操作とする。また、様々な情報機器での学習や直観的操作を可能とする UI にすることで操作性を向上する。
- (3) 次のプログラミング的思考の文脈に沿って、演習問題や設問を構成する。

「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組み合わせが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組み合わせをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく」

演習の流れは、前記プログラミング的思考の文脈に沿って、4 つの設問を次の 4 つのステップ A)~D) の内容で構成している。

A) 活動目的の明確化

「自分の意図する一連の活動を実現する」に対応して、活動する目的を考える。

B) 活動に必要な作業の洗い出し

「どのような動きの組み合わせが必要か」に対して、目的を達成するために必要な作業や動作を洗い出す。

C) 作業の分類と順序性の確認

「一つ一つの動き(逐次処理, 判定処理, 繰返し処理, 作業)に対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか」に対して、洗い出した作業を分類し、分類した作業の順序性や関係性を考える。

D) 作業のスケジューリングと改善

「記号の組み合わせをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか」に対して、作業の順序性や関係性を見直し、改善案を考える。

2.2 利用者のアクセスから終了までの動作概要

PTL システム利用の流れを図 1 に示す。

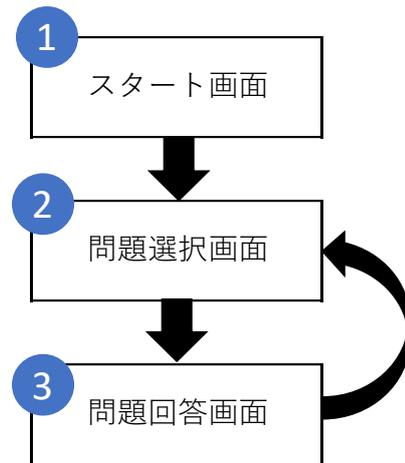


図 1 システム利用の流れ

- ① 学習者は、PTL システムのスタート画面にアクセスする。
- ② 学習者は、スタート画面から問題選択画面に移動し、問題群から解答する問題を選択する。システムは、学習者が選択した問題に必要な情報群をデータベースから取得する。
- ③ 学習者は、設問 1 から設問 4 まで順番に解答する。設問 4 まで正答したら問題選択画面に戻る。また、設問と途中で中断する場合は、設問画面に表示されているホームボタンを選択する。

3. 学習の題材と流れ

3.1 学習の題材

プログラミング的思考によるプログラミング教育は小学校から開始されることを考慮し、演習課題の題材として、生活に身近な問題の題材が良いと考えた。そこで、「料理を調理していく動作や手順を考える活動」を題材として演習問題を作成した。

3.2 学習の流れ

「白玉だんごを作ろう」を演習問題の例として、プログラミング的思考の学習の流れを説明する。

A) 活動目的の明確化

- 設問の目的：何を作るのか、調理に必要な材料は何かを考えることで、活動目的を明確にする。
- 設問の方法：作る料理と調理に必要な材料を選択する。

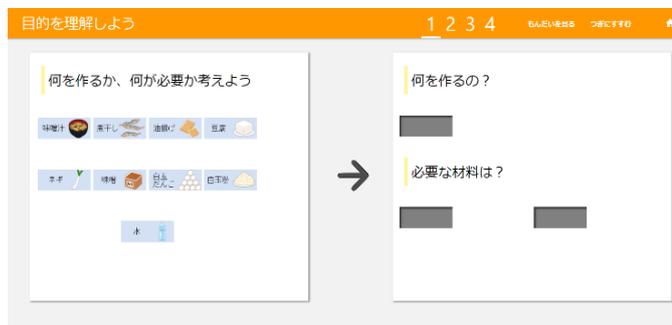


図 2 設問 1 の演習画面例

D) 作業のスケジュールリングと改善

- 設問の目的：各作業名に該当する調理内容を考え、作業の順序関係を明確にする。
- 設問の方法：各作業名に該当する調理を選択する。



図 5 設問 4 の演習画面例

B) 活動に必要な作業の洗い出し

- 設問の目的：料理に対する調理に必要な作業内容を考えることで、活動目的に対して必要な作業を明確にする。
- 設問の方法：調理に必要な作業を選択する。



図 3 設問 2 の演習画面例

C) 作業の分類と順序性の確認

- 設問の目的：調理に必要な道具の理解や順序性を考えることで、活動の手順を確認する。
- 設問の方法：使用する調理器具から該当する作業を選択する。



図 4 設問 4 の演習画面例

4. 評価と考察

4.1 評価方法

PTL システムの効果や操作性を確認するため、アンケートによる評価を実施した。評価者は、東京情報大学システムデザイン研究室の 3, 4 年生で、PTL システムの使用、効果や操作性に関するアンケートの順に評価を行った。アンケート内容を下記に示す。

- ① 設問 1 で、活動する目的を明確化する能力を付けることができますか？
- ② 設問 2 で、活動する目的を達成するために必要な作業を洗い出す能力を付けることができますか？
- ③ 設問 3 で、洗い出した作業を分類し、分類した作業の順序性や関係性を考える能力を付けることができますか？
- ④ 設問 4 で、作業の順序性や関係性を見直し、改善案を考える能力を付けることができますか？
- ⑤ システムを利用することで、論理的・創造的に思考し、課題を発見・解決する能力を付けることができますか？
- ⑥ 小学生がシステムを利用した場合、操作し易いと思いましたか？
- ⑦ 小学生がシステムを利用した場合、フォントや色遣い、画面レイアウトは見やすいと思いましたか？

4.2 アンケート結果

アンケート①～⑦に対する結果を、図6～図12に示す。評価基準は、次の5段階である。

- A：とてもそう思った
- B：少しそう思った
- C：どちらともいえない
- D：あまりそう思わなかった
- E：まったく思わなかった

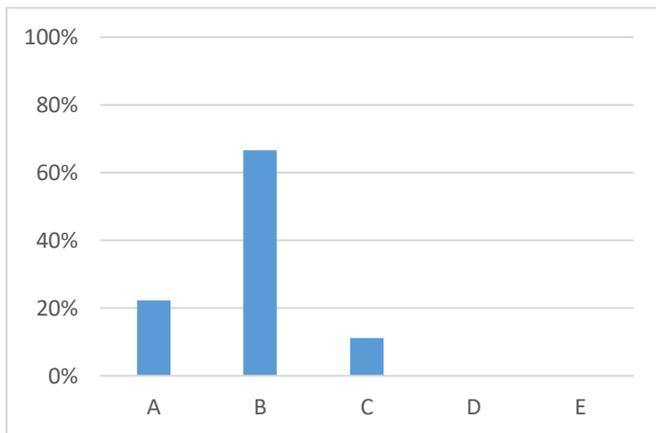


図6 質問①に対するアンケート結果

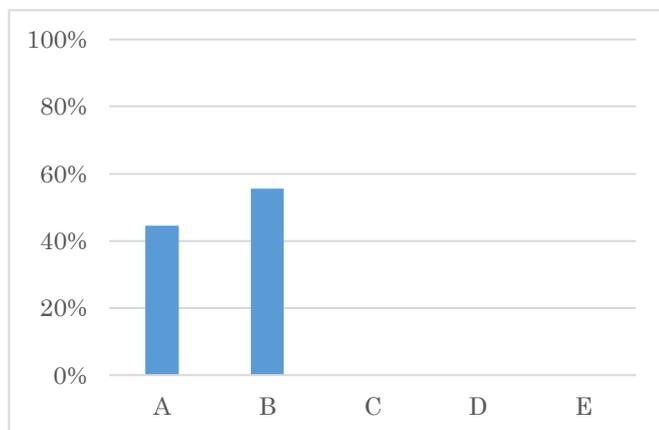


図7 質問②に対するアンケート結果

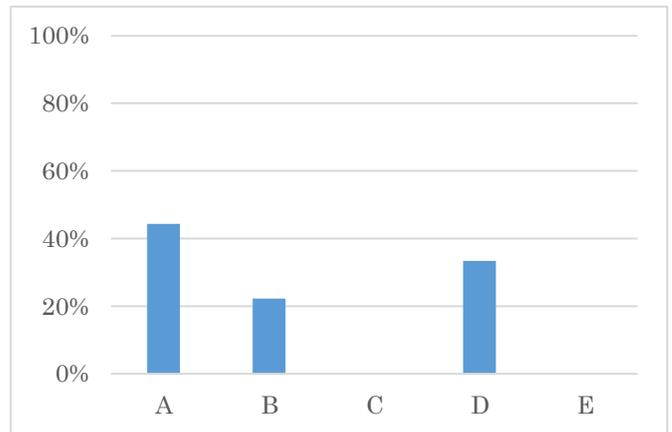


図8 質問③に対するアンケート結果

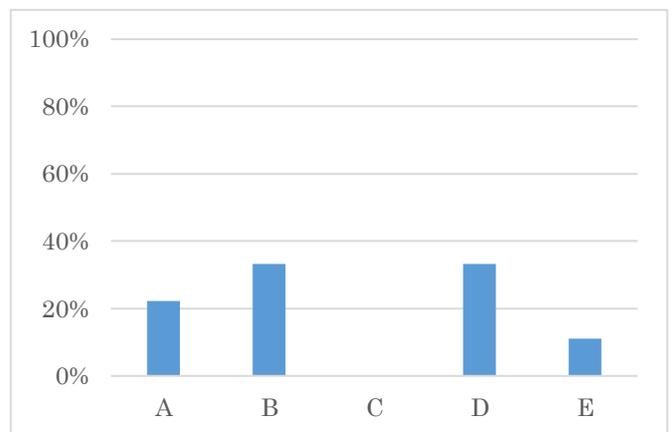


図9 質問④に対するアンケート結果

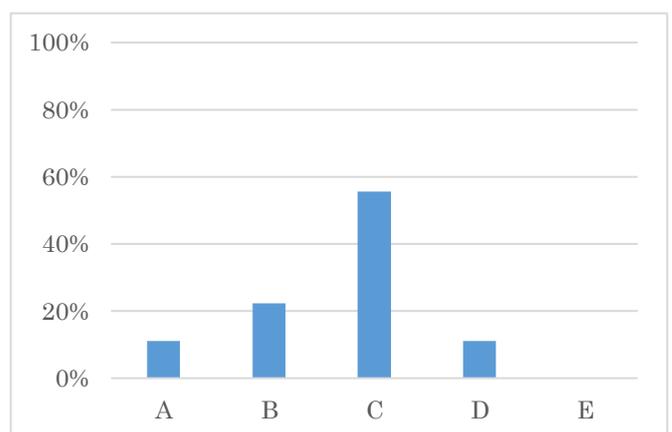


図10 質問⑤に対するアンケート結果

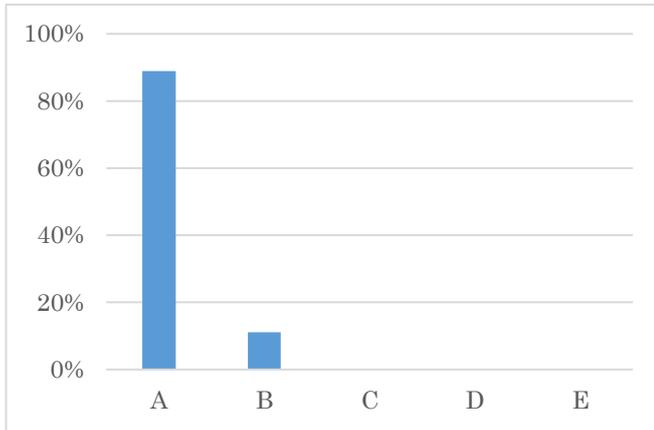


図 11 質問⑥に対するアンケート結果

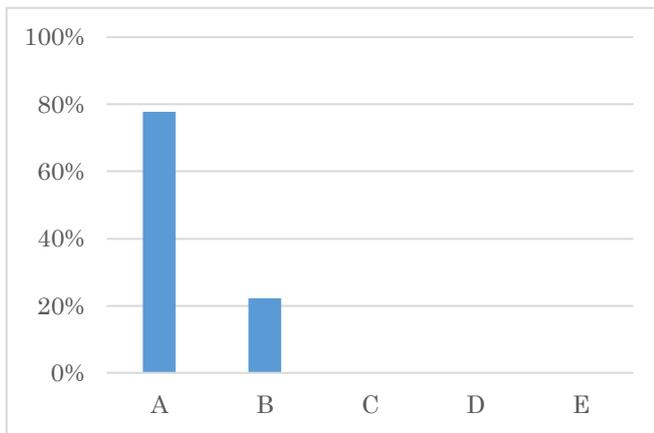


図 12 質問⑦に対するアンケート結果

4.3 考察

質問①, ②の結果では, 「とてもそう思った」「少しそう思った」の回答が多く, 設問 1 の目的である「活動する目的を明確化する能力を付ける」, 設問 2 の目的である「活動する目的を達成するために必要な作業を洗い出す能力を付ける」に対して効果があると考えられる。質問③, ④の回答では, 評価結果にばらつきがあった。この要因として, 設問 3, 4 が, 作業の順序性よりも関係性について考えさせる設問と感じたと考えられる。質問⑤では, 良い結果が得られていない。その要因として, 質問⑤の評価内容である「論理的・創造的に思考し, 課題を発見・解決する能力を付ける」において, 「創造的に思考」という内容が, 設問①~④の内容と剥離していると感じたのではないかと考えられる。

小学生がシステムを利用した場合の操作性に関する質問⑥, ⑦では, 「とてもそう思った」の回答が 8 割を

占めている。画面タッチによる操作の統一やそれに合わせた画面構成, 回答方法の統一から小学生でも操作しやすいと評価されたのではないかと考えられる。

5. おわりに

本研究では, プログラミング的思考型の学習法を提案し, その学習を支援するプログラミング的思考型学習支援システム「PTL システム」を開発した。アンケート結果から「分類した作業の順序性や関係性を考える能力」に関する強化が悪い。今後の課題として, 作業や動作の順序性や関連性を考えさせる出題内容や出題方法, 小学生に分かりやすい操作性などの改善を進める, また, PTL システムの利便性を上げるために, 小学校の学習内容に合わせて演習問題を容易に生成できる問題生成機能を開発する。更に, 小学校の教諭と連携を図り, 授業で活用してプログラミング的思考に対する効果などについての検証を実施する。

謝 辞

本研究は, 文部科学省科学研究費基盤研究(C)課題番号 15K01086 の補助を受けた。

参 考 文 献

- (1) 上倉諒佑, 小久保征宏, 布広永示 “PPL システムにおける偽答生成機能の開発”, 教育システム情報学会研究報告, vol.31, no.7, pp.183-187 (2017)
- (2) 小学校プログラミング教育の手引き
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zvoushou/detail/1403162.htm(2018 年 12 月 7 日確認)

PPL システムにおける演習問題生成機能の開発

佐藤 亮哉*, 岸本頼紀*, 大城正典*, 布広永示*
東京情報大学*

Development of exercise problem generation function in PPL system

Ryoya Sato, Yorinori Kishimoto, Masanori Ohshiro, Eiji Nunohiro

Tokyo University of Information Sciences*

プログラミング教育の目的は、プログラム言語の文法や構文要素などの知識の習得だけではなく、プログラミングを通して問題を詳細化し、解決策を提案する問題解決能力を向上させることであると考えられる。本研究では、学習者に対して「システム開発」に関わる要素を含んだ問題を与え、段階的詳細化を図ることでプログラミング教育の到達目標として必要な問題解決能力を向上させる学習を支援する問題解決型プログラミング学習支援システム（PPL : Problem based Programming Learning using stepwise refinement system）を開発している。PPL システムでは、「システム開発」を段階的に詳細化していく5つの設問を解答する。本発表では、PPL システムの概要について解説し、演習問題構成文と演習問題変換文を用いて、同じ学習素材から学習者の理解度に適合する難易度の問題文と設問文を生成する演習問題生成機能について述べる。

キーワード: 問題解決型プログラミング, プログラミング学習, 学習支援システム, 問題生成

1. はじめに

情報化社会の拡大により小学校段階でのプログラミング教育といった情報教育に関する取り組みが行われている。プログラミング学習へのアプローチは様々だが、一般的なプログラミング演習などでは、言語の文法やコーディングの流れを教育している。

本研究では、ウォーターフォールモデルによるシステム開発に関連する問題の段階的詳細化をプログラミング教育に取り入れた。そして、プログラミング工程の前段階として問題発見・解決の手順を理解するための学習を支援するプログラミング学習支援システムを開発した。本発表では、演習問題構成文と演習問題変換文という二つの情報を用いて演習問題を生成することによって、同じ題材から学習者の理解度に応じた複数の難易度の問題を生成する演習問題生成機能について記述する。これによって、問題作成者の負担を軽減することが可能となる。

2. PPL システムの概要

2.1 設計方針

本システムは、次の4つの考えで開発している。

(1) プログラミング経験を前提としない演習問題

プログラミングの前段階である問題の理解と解決策の提案に重点を置いており、プログラミングの知識レベルを問わない。

(2) 環境に依存しない操作性

解答をマウス操作で行うことで、様々な環境での学習を可能とする。タブレットなどの場合、タッチスクリーンでキーボード入力することにより、レスポンスの悪さを解決する。

(3) 設計工程のプロセスに準じた段階的詳細化

(a) 問題の理解

問題を読み取り、利用者の側面から利用者の操作手順について考える。

(b) 問題の分析

利用者の操作手順に対応したシステムの処理の流れ

について考える。

(c) 処理の機能化

システムの処理を機能分割し、各機能のモジュール化について考える。

(d) 機能の具体化

モジュール化した各機能の処理内容、モジュールの入力情報、出力情報について考える。

(e) 解決策立案

システムの主制御と各機能の処理の流れをチャートで完成させることで、処理の内容をプログラムレベルで提示する。

(4) 問題作成者の問題追加の負担軽減

問題作成者が新規の問題を追加する際に、必要最低限の項目を入力することで、問題生成時の負担を軽減する。

2.2 PPL システムの流れ

(1) 問題作成者

問題作成者は、演習問題構成文と演習問題変換文を作成する。演習問題構成文には、問題文と設問で使われる項目を記述する。演習問題変換文は、演習問題の難易度ごとに作成し、その難易度では構成文のどの部分を使用するのかを記述する。PPL システムの演習問題生成機能は、これらを用いて問題文と「2.1 設計方針」の(3)に記述したプロセスに対応した設問を生成し、データベースに登録する。

(2) 学習者

学習者によるシステム利用の流れを記述する。

- ① 学習者はログイン画面にアクセスする。
- ② 初回利用時は、ユーザー登録画面へ移行して ID とパスワードを登録する。
- ③ ログイン後に、問題選択画面に表示されている問題から解答する問題とその難易度を選択する。システムは、選択された問題を提示するのに必要な情報をデータベースから取得する。
- ④ 学習者は、設問 1~5 まで順に解答する。正解するまで次の設問には進めない。各設問の解答方法は以下の通りである。

設問 1：択一形式問題

設問 2：文字列ピースの並び替え

設問 3：機能の概要に対するピース並び替え

設問 4：機能の入出力に対するピース並び替え

設問 5：チャートの並び替え

⑤ 設問 5 までの解答が終了後、解答に要した時間、不正解の回数などの学習履歴を確認する。

3. 演習問題生成機能

これまでの PPL システムの問題生成は、問題入力画面のフォームに問題生成に必要な文章を入力する方式であった。この方式では、同じ題材で難易度の異なる問題を作成する場合、問題作成者は必要な難易度の数だけ内容を入力することになる。そこで、演習問題を作成するために必要な内容を記述した演習問題構成文と指定した難易度に対応した構成文の場所を記述した演習問題変換文を用いることで、同じ演習問題構成文から複数の難易度の演習問題を生成する演習問題生成機能を開発した。これにより、問題作成者の負担を軽減することができる。

3.1 演習問題構成文

演習問題構成文は、問題文、各設問を構成する要素が記述されたテキストファイルである。演習問題構成文は以下の項目 a~d が記述され、各項目は空行で区切られている(図 1)。



図 1 演習問題構成文

(1) 項目 a

システムの目的、簡単な説明を記述する。この項目の内容は問題文、設問 1 で使用される。#で挟まれた箇所は設問 1 での選択肢になる。

(2) 項目 b

利用者側からの操作と各機能の処理内容を記述する。この項目は設問 2, 3, 5 で使用され、以下のタグを使用することで設問 5 のピースの種類を変更することができる。

- (a) **【if】**: このタグが付いた文は、if 文の条件となるピースに変更される。
- (b) **【はい】**: このタグが付いた文は、ピースの見た目は通常のままであるが、データベースに登録される際に if 文の条件となるピースの **true** の個所に入るピースとして登録される。
- (c) **【いいえ】**: このタグが付いた文は、ピースの見た目は通常のままであるが、データベースに登録される際に if 文の条件となるピースの **false** の個所に入るピースとして登録される。
- (d) **【loop】**: このタグが付いた文は、繰り返しの条件となるピースに変更される。
- (e) **【機能】**: このタグが付いた文は、機能であることを示すピースに変更される。

(3) 項目 c

システムが利用するデータ、そのデータの内容を記述する。この項目は問題文で使用される。

(4) 項目 d

機能に関する詳細な情報を記述する。記述される内容は機能名、入出力、利用データ、機能に対応する項目 b の行番号、機能の処理内容であり、項目 b の**【機能】**以外のタグを使用できる。この項目は設問 3, 4, 5 で使用される。

3.2 演習問題変換文

演習問題変換文は、演習問題構成文のどの項目を使用して問題文、設問文を作成するかを指定するためのテキストファイルであり、問題文と各設問で使用される項目の場所が記述されている(図 2)。

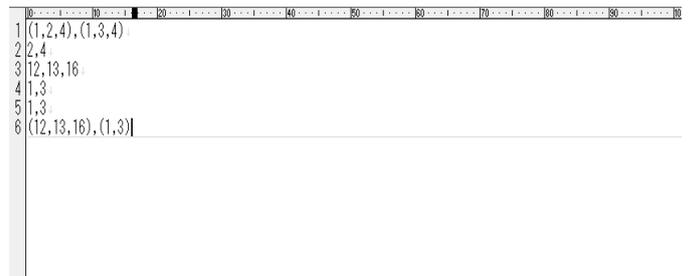


図 2 演習問題変換文

3.3 演習問題生成機能の処理の流れ

演習問題生成機能は、生成する問題の演習問題構成文と使用する難易度の演習問題変換文を読み込んで次の①～⑥の処理を行う。

- ① 項目 a と項目 c から、演習問題変換文の問題文の行で指定された文を取り出し、#を取り除いた文を問題文として問題文データベースに登録する。
- ② 項目 a から演習問題変換文の設問 1 の行で指定された文を取り出した後に、選択肢とそれ以外の箇所を判別する情報を追加し、設問 1 のデータベースに登録する。同時に、選択肢ごとに偽答生成機能により偽答候補を生成し、偽答を設問 1 のデータベースに登録する。
- ③ 項目 b から演習問題変換文の設問 2 の行で指定された文を取り出しタグを消去して設問 2 のデータベースに登録する。
- ④ 項目 b から演習問題変換文の設問 3 の行で指定された内容と項目 d を参照して取り出し、取り出された文がどの機能と対応しているのかを追加し設問 3 のデータベースに登録する。
- ⑤ 項目 d から演習問題変換文の設問 4 の行で指定された機能の機能名、入力情報、出力情報、利用データを取り出し、偽答生成機能を使用して偽答を選択して設問 4 のデータベースに登録する。
- ⑥ 項目 b から演習問題変換文の設問 5 の行で指定された文をシステム全体のチャートとして、項目 d の配列から変換文で指定された機能の処理内容を機能ごとのチャートとして取り出し、タグからピースの種類を判別し、それらを設問 5 のデータベースに登録する。

4. 評価

今回開発した演習問題生成機能が、既存の問題生成と比べて負担の軽減になっているのか、また使いやすい機能であるかについて評価するため、アンケートを実施し、その評価結果から本機能の問題点について考察した。

アンケート(a), (b)に関する評価者は、東京情報大学システムデザイン研究室の3, 4年生で、問題生成本機能を複数回使用したことのあるA, 1, 2回使用したことのあるB, 今回初めて使用するCである。また、東京情報大学システムデザイン研究室の3, 4年生9名を対象に演習問題生成機能で生成した問題を解答してもらいアンケート(c)~(f)を実施することで、本機能で生成した問題は段階的詳細化による問題解決能力の向上に効果があるのかを考察した。

4.1 評価方法

- ① 演習問題構成文と演習問題変換文の記述例及び説明資料を参照して、演習問題構成文と演習問題変換文から演習問題を生成する。
- ② ①で作成した演習問題構成文と演習問題変換文から生成される問題と同じ問題になるようにフォーム入力で問題を生成する。
- ③ ①と②に関してアンケート(a)と(b)を実施し、問題生成の容易性を評価する。

[アンケート]

- (a) 以前の問題生成(フォーム入力)と比べて問題作成が容易になったか
- (b) 以前の問題生成と比べて同一題材で複数の難易度の問題を用意するための負担が軽減したか

- ④ アンケート(c)~(f)を実施し、本機能で生成した問題が段階的詳細化による問題解決能力の向上に効果があるのかを評価する。

[アンケート]

- (c)システムを利用することで、与えられた問題を理解する能力が高まると思いませんか。
- (d)システムを利用することで、与えられた問題を詳細化していく能力が高まると思いませんか。

(e)システムを利用することで、与えられた問題を解決するために必要な機能を提案する能力が高まると思いませんか。

(f)システムを利用することで、与えられた問題を解決するために必要な機能の処理を考える能力が高まると思いませんか。

表1 アンケート(a)の結果

	回答	理由
A	とてもそう思った	フォームと違って途中で内容が保存できるため空いている時間で作業できる。
B	とてもそう思った	一度入力すればそれを複数の箇所ですべて使えるようになった。
C	とてもそう思った	とても分かりやすかった。

表2 アンケート(b)の結果

理解度	回答	理由
A	とてもそう思った	同じ文章を何度も入力しなくていい。
B	少しそう思った	同じような項目を入力する必要がなくなった。
C	どちらともいえない	あまり変わらないと思った。

表3 アンケート(c)~(f)の結果

	(c)	(d)	(e)	(f)
とてもそう思った	0	2	2	1
少しそう思った	6	5	4	4
どちらともいえない	2	0	0	2
あまりそう思わなかった	0	2	2	1
全く思わなかった	1	0	1	0

4.2 考察

表1の結果から、本機能利用の経験に関係なく問題作成が容易になったと回答している。これ結果から、演習問題構成文と演習問題変換文を用いた問題生成は問題作成者の負担の軽減になっていると考えられる。しかし、表2の結果を見ると回答にばらつきがあった。表1は「とてもそう思う」と回答したが表2では「少しそう思った」と「どちらともいえない」という回答になった。これらの結果から、異なる難易度の演習問題変換文を作成することは、フォームでの問題生成と負担があまり変わらない、負担が軽減されたと感じなかったのだと思われる。この理由として、次のことが考えられる。

演習問題構成文は、記述内容が演習問題の内容を分割して記述しているので、記述例と説明文から演習問題構成文の内容が理解しやすい。この結果、難易度別の演習問題内容を記述し易く、演習問題生成の負担軽減が実感し易かったと考えられる。一方、演習問題変換文は、どの行にどの項目の行数を入力するのか一目で分かりにくい事、行数の指定がずれると演習問題構成文が正しく記述されていたとしても想定した問題が生成されなくなる。この結果、演習問題変換文の構成にある程度理解のあるAとBは負担の軽減を感じることができたが、経験のないCはフォーム入力と負担が変わらないと感じたと考えられる。

表3の結果から、どのアンケート項目でも「少しそう思った」と最も多く回答しているため本機能で生成した問題は段階的詳細化による問題解決能力の向上に一定の効果があると考えられる。

これらの考察から演習問題生成機能は演習問題変換文に改善が必要であるが、その点を解決すれば段階的詳細化による問題解決能力の向上を目的とした問題を既存のフォーム入力による問題生成と比べて容易に生成できるのではないかと考える。

5. おわりに

PPLシステムで同一の題材から異なる難易度の問題を生成することを目的に、演習問題構成文と演習問題変換文を用いて問題文、設問文を生成する機能の開発を行った。評価から、演習問題構成文と演習問題変

換文を記述する際に、それらの構成が分かりにくく、問題作成者によっては以前の問題生成と負担が変わらないということが問題点として挙げられた。今後は、演習問題変換文の構成の見直しや演習問題構成文と演習問題変換文の組み合わせでどのような問題が生成されるのか容易に確認できる機能の実装を行っていきたい。

謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費基盤研究(C)課題番号15K01086の補助を受けた。

参考文献

- (1) 上倉諒佑,小久保証宏,布広永示 “PPL システムにおける偽答生成機能の開発”, 教育システム情報学会研究報告, vol.31, no.7, pp.183-187 (2017)
- (2) 文部科学省,教育の情報化の推進,プログラミング教育,http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1375607.htm (2018年12月5日確認)

デジタル・ティンカリング教材「YubiTus」の開発

棕浦一哉*1, 井上明*2

*1 大阪工業大学大学院ロボティクス&デザイン工学研究科・*2 大阪工業大学

Development of Digital Tinkering Teaching Material "YubiTus"

Kazuya Mukuura*1, Akira Inoue*2

*1 Osaka Institute of Technology Graduate School of Robotics and Design

*2 Osaka Institute of Technology

Tinkering is an activity that enhances problem solving skills and logical thinking through a process of combining various things around us. In this research, we developed a digital tinkering tool "YubiTus" that can make tinkering easier. We conducted elementary school students' evaluation experiments on YubiTus and verified the characteristics as learning materials.

キーワード: ティンカリング, STEM 教育, プログラミング的思考, ロボットプログラミング, ラピッド・プロトタイピング

1. はじめに

1.1 研究背景

2020 年から始まる小学校におけるプログラミング教育の必修化に向けて, 教育カリキュラムの編成や教材の開発が行われている(1). プログラミング教育の狙いは, 「プログラミング的思考」の育成である(2). プログラミング的思考とは, 例えば, 自分が意図する動きを実現するために, どのような動きの組み合わせが必要であるかを考えるなど, 物事を論理的に考えていく力である(2).

近年, 「ティンカリング(Tinkering)」という概念が注目されている(3)(4)(5). ティンカリングとは, 身の回りにあるものを組み合わせたり, 分解したりして, 実用的なものや風変わりなものなど, 様々な自分の目的に合うように作り変えるプロセスである(5)(6).

ティンカリングでは, アイデアをとりあえず形にする, 手を動かしながら考える, 失敗を恐れずに作る, 失敗してもまた作り直すこと, 等が必要である. つまり, 正解の無い間に対し自ら考え, アイデアを何度も作り直す. それによって創造性や発展性を生み出す. この活動プロセスはまさにプログラミング的思考と考えられる(図 1).

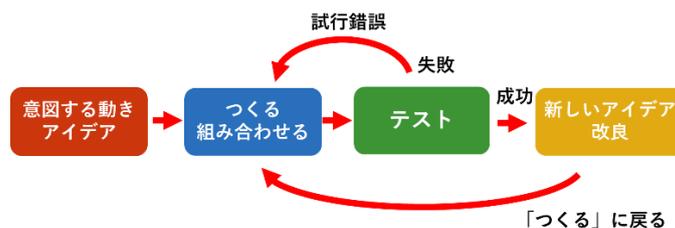


図 1. ティンカリングのプロセス

そこで本研究ではティンカリングを行う過程を通して, プログラミング的思考を養う「デジタル・ティンカリング教材”YubiTus”」の開発を行う.

1.2 関連研究

これまでにティンカリングの概念を取り入れたデジタル学習教材が開発されている. LEGO Mindstorm や KOOV は専用のブロックにセンサやモータを組み込み, プログラミングによってロボットの制御や, ものの仕組みを再現することのできる教材である. 山岡らの FabWalker(7)は多脚歩行ロボットの脚をデザインするロボットキットである. 脚のパーツは身の回りにあるペンや木の枝などの素材を用いて設計を行い, 歩き方の試行錯誤を行うことができる.

原田ら(8)はティンカリングに自己説明理論を加え

たプログラミング学習支援システムを開発している。ティンカリングの特徴である、アイデアを試し、その結果をフィードバックしながら修正していく点に注目している。試行錯誤の行為に自己説明を促すようにシステムを作成した Scratch ベースのシステムである。

既存のティンカリングで使えるデジタル学習教材や研究は、専用のブロックやハードウェアを用いる場合が多く、また表現できる動きに幅が狭いなど汎用性に乏しいと考えられる。

2. デジタル・ティンカリングツール「YubiTus」

本研究では、デジタル・ティンカリング教材 YubiTus を提案する。YubiTus は、身近な段ボールやブロックを利用でき、かつ、様々な動きを表現できるデジタル・ティンカリングツールである。YubiTus は自身のアイデアを迅速に実現し、動くものを作り、その過程を通して論理的思考力やプログラミング的思考を学ぶ学習教材である。

図 2 に示すように、回転、引っ張り、伸び、挟み、送風、の 5 つの動きを行う。YubiTus は図 3 に示すように段ボール、工作キット、ブロック玩具、割り箸、ペーパークラフトや粘土といった、身の回りにあるものを組み合わせて使用することを想定している。

YubiTus の動きは、PC 上でのビジュアル・プログラミング・ツールを利用し、様々な動きをプログラミングできる。

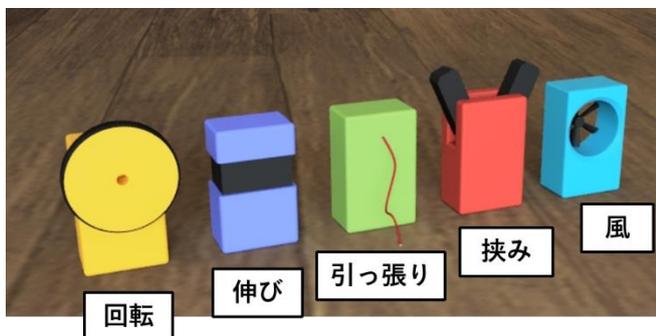


図 2. YubiTus

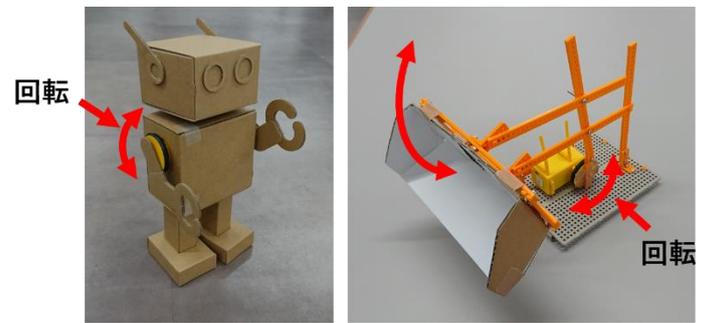


図 3. YubiTus 使用例

YubiTus は大きく以下の 2 つの利用状況を想定している。

1 つ目は教育現場における、子どものプログラミング教材としての使用である。段ボールやブロック玩具で組み立てた物に YubiTus を組み込み、プログラミングによって作品を動かす授業や、教室での「ロボットコンテスト」のような授業を想定している。さらに、暮らしの中にある装置の仕組みを再現し、プログラミングで動かす授業展開も可能であろう。

2 つ目は、企業の新入社員研修において、ものづくりをテーマにしたラピッド・プロトタイプング活動である。超スマート社会 (Society5.0) の到来に向けてこれからの技術者には、これまでと異なる人材像として、デジタルとフィジカルの融合を前提とした価値観、振る舞い、知識、スキルが求められており、そこにはアイデアをすぐに形にできるツールが不可欠である。

このような目標を実現するために YubiTus の仕様を以下のようにした。形状は様々なものに取り付けができるように直方体にした。サイズは一般的なサイズの机上での使用を想定し、YubiTus と一緒に机の上にタブレットやノートなどの教材を置いても邪魔にならないサイズとして、奥行きが 60[mm]以内になるようにした。配線が不要になるように YubiTus と PC 間は無線通信で制御し、バッテリー、制御用マイコン、アクチュエータがケースに収まっているようにした。動きのプログラミングはビジュアルプログラミング言語の「S4A」(9)にて自作関数を作成し、振る舞いをプログラミングできる。

2.1 全体構成

YubiTus は図 4 に示すように、アクチュエータ、バッテリー、制御用マイコンがケースに入っている。

YubiTus とパソコンは Bluetooth Low Energy で無線通信を行い、パソコンが Central 側、YubiTus が Peripheral 側となり、パソコンから YubiTus へ制御信号を送信している。一台のパソコンに対して、複数の YubiTus を同時接続することができる。YubiTus の動作はビジュアルプログラミング開発環境の「S4A」(9)を使用している。今回、回転型と引っ張り型の YubiTus を実装した。

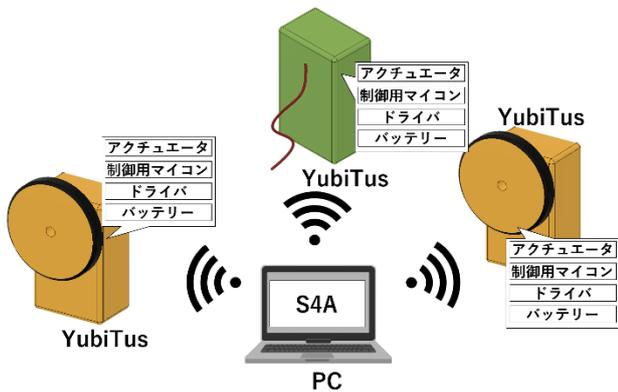


図 4. 複数の YubiTus と PC の通信

2.2 回転型 YubiTus

回転型 YubiTus は装置の一部が回転し、取り付ける対象を回すことができる。図 5 に回転型 YubiTus の各パーツを示す。アクチュエータは DC ギヤードモータを使用している。回転部分にモータが接続されており、プログラミングによって、時計回り、または反時計回りに回転する。固定用バンドはシリコンバンドを使用しており、他の部材に固定するために使用する。寸法は高さ 59[mm]横幅 29[mm]奥行 31[mm]である。

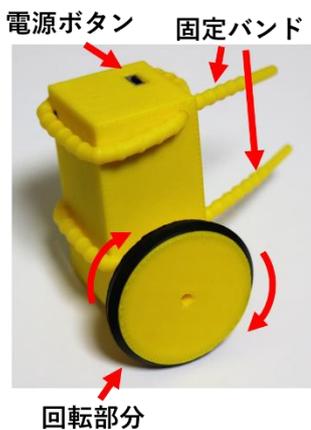


図 5. 回転型 YubiTus

2.3 引っ張り型 YubiTus

引っ張り型 YubiTus は装置の一部が縮み、取り付ける対象を引っ張ることが出来る。図 6 に引っ張り型 YubiTus の各パーツを示す。アクチュエータは定荷重バネを使用している。定荷重バネはひもと接続されており、プログラミングによって、ひもが装置内部に引っ張られるようになっている。寸法は高さ 46[mm]横幅 73[mm]奥行 56[mm]である。

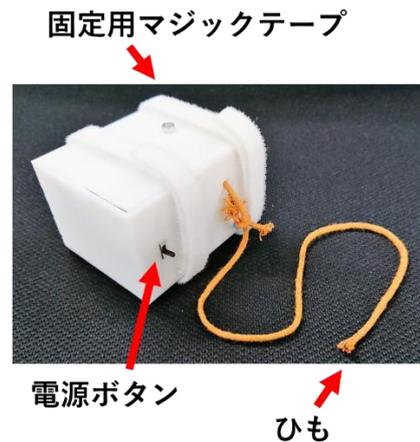


図 6. 引っ張り型 YubiTus

2.4 プログラミングソフトウェア「S4A」

S4A は Scratch をベースとした、Arduino をビジュアルプログラミングで動かす事のできる開発環境である。図 7 に示すように画面左にあるブロックを、画面中央で繋げてプログラミングを行う。

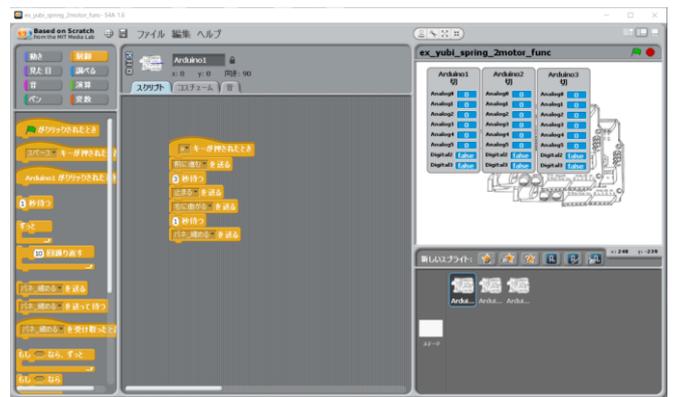


図 7. S4A のプログラミング画面

今回の実験では図 8 のように 2 つの回転型 YubiTus を組み合わせて、2 輪車にした場合の移動用ブロックと、ひもを縮める命令ブロックを用意した。前に進む、後ろに進む、右に曲がる、左に曲がる、ばねを縮める、

の5種類の命令ブロックを組み合わせてプログラミングを行う。例として、図9にブロックの組み合わせと、YubiTusの動きを示す。



図 8.2 輪車にした回転型 YubiTus

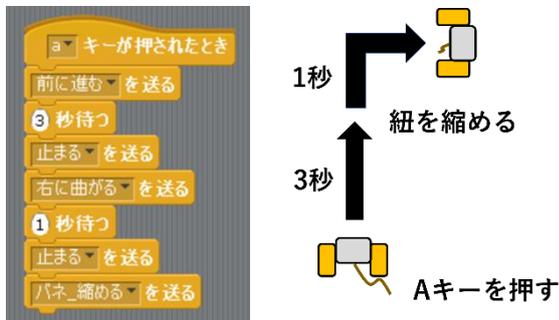


図 9. プログラミングの例と動き

3. YubiTus を使用した学びの活動の実践

本実験では、小学生を対象に YubiTus を用いて学びの活動を実践した。その使用感について ARCS 動機づけモデルを用いた評価と、被験者からの自由記述文章の2つの分析から、教材としての特性を検証する。

ARCS 動機づけモデルとはジョン・M・ケラーによって提案された、学習意欲を引き出すための動機づけモデルである。「魅力ある授業、教材」の設計・開発、評価に有効な基準と言われている(10)。ARCS は「注意 (Attention)」、「関連性 (Relevance)」、「自信 (Confidence)」、「満足感(Satisfaction)」の4つの領域の頭文字をとって、名付けられたものである。これら4つのカテゴリーにそれぞれ下位カテゴリーが存在する。本実験の評価には鈴木克明,向後千春らが開発した「ARCS 評価シート」を用いた(11)(12)。この評価シートについては鈴木らの研究(13)でその有用性が確認されている。表1に ARCS 評価シートの項目と分類名

を示す。

表 1 ARCS 評価シートの項目と分類名

	項目	ARCS 分類	ARCS分類名
1	おもしろかった	A	注意
2	眠くならなかった	A1	知覚的喚起
3	好奇心がそそられた	A2	探求心の喚起
4	変化に富んでいた	A3	変化性
5	やりがいがあった	R	関連性
6	自分に関係があった	R1	親しみやすさ
7	身に着きたい内容だった	R2	動機との一致
8	途中の過程が楽しかった	R3	目的志向性
9	自信がついた	C	自信
10	目標がはっきりしていた	C1	学習要求
11	学習を着実にすすめられた	C2	成功の機会
12	自分なりに工夫ができた	C3	コントロールの個人化
13	やってよかった	S	満足感
14	すぐに使えそうだった	S1	自然の結果
15	出来たら認めてもらえた	S2	肯定的な結果

3.1 実験概要

男子小学生8歳~12歳の11名に YubiTus を用いた学びの活動を実施した。評価期間は2018年7月26日~9月26日の期間である。おおよそ一人当たりの実験時間は60分である。場所は、枚方市にあるプログラミング教室で、そこに通っている生徒を対象とした。実験は講師1人に対して対象者1人の個別指導形式で行った。実験後にアンケート用紙に記述してもらい、実験中は本人・保護者の同意の上、カメラにて動画撮影を行った。

今回の実験では YubiTus はスティックブロックと組み合わせて使用した。スティックブロックとは図10のような市販の棒状組み立てブロックである。

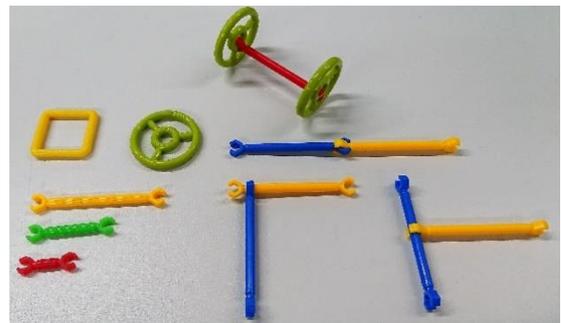


図 10. スティックブロック

以下は実験時に使用した機材を示す.

- ・回転型 YubiTus 2 台
- ・引っ張り型 YubiTus1 台
- ・スティックブロック
- ・タブレット 3 台
- ・マウス
- ・ノートパソコン

使用したアンケート用紙を図 11 に示す.

「新しいものづくり教材」の実験に関するアンケート

性別	年齢		
質問内容			
今回の実験の満足度は？丸を付けてください			
大変満足	やや満足	どちらともいえない	やや不満 不満
「はい」か「いいえ」に丸を付けてください			
1.	おもしろかった	はい	いいえ
2.	眠くならなかった	はい	いいえ
3.	好奇心がそそられた	はい	いいえ
4.	変化に富んでいた	はい	いいえ
5.	やりがいがあった	はい	いいえ
6.	自分に関係があった	はい	いいえ
7.	身に着けたい内容だった	はい	いいえ
8.	途中の過程が楽しかった	はい	いいえ
9.	自身がついた	はい	いいえ
10.	目標がはっきりしていた	はい	いいえ
11.	学習を着実にすすめられた	はい	いいえ
12.	自分なりに工夫ができた	はい	いいえ
13.	やってよかった	はい	いいえ
14.	すぐに使えそうだった	はい	いいえ
15.	出来たら認めてもらえた	はい	いいえ
自由に感想を書いてください			

図 11. アンケート用紙

3.2 実験内容

YubiTus とスティックブロックを用いて、組み立て手順書を見ながら移動式の投石機を作成し、プログラミングで動作させる。最後に、プログラミングや投石器の改造によって、的を倒すミッションに挑戦する。

投石機は図 12 に示すように、2 台の回転型 YubiTus を移動用車輪として使用する。引っ張り型 YubiTus のひもが引っ張られる動きを利用する。組み立て手順書は全 34 ページの PDF ファイルである。手順書の通りに組み立てると、図 12 の投石機が完成する。

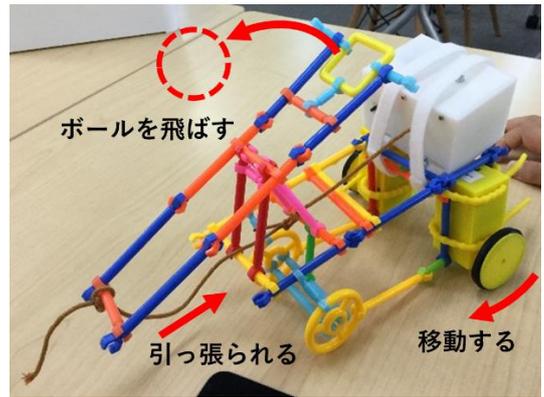


図 12. YubiTus とスティックブロックの投石器

実験は以下の手順で行った。

- (1) 投石機の完成形と的を倒す目標の説明をする。
- (2) スティックブロックの使い方を説明する。
- (3) 手順書を見ながら組み立てを行う。
- (4) S4A の使い方を説明する。
- (5) 的を設置しプログラムや投石器の改造をする。
- (6) 実験後アンケートを行う

図 13 に実験の流れを示す

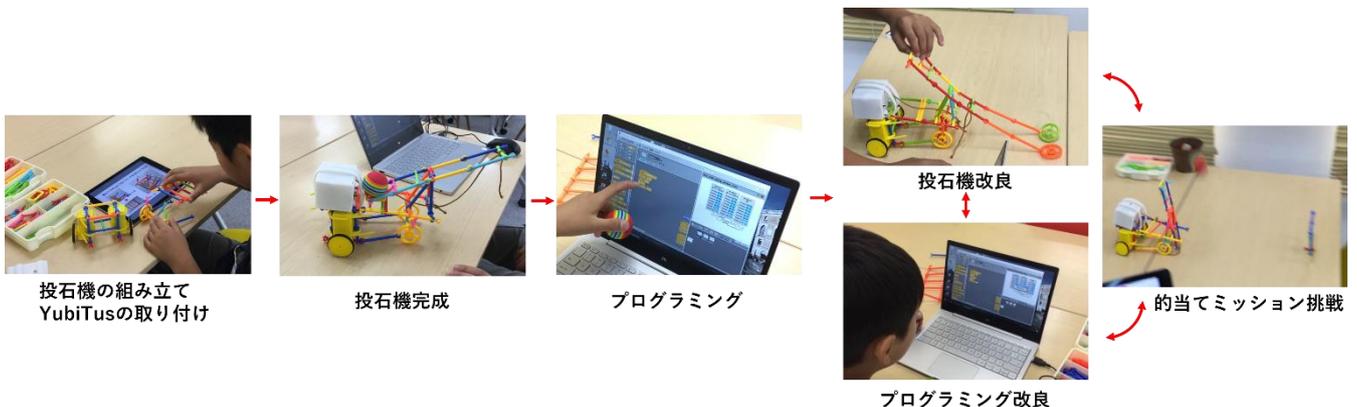


図 13. 実験の流れ

3.3 結果

3.3.1 ARCS 評価シートの結果

表 2 に満足度に関するアンケートの結果、表 3 に ARCS 評価シートのアンケート結果を示す。

表 2. 満足度に関するアンケート結果

満足度	評価人数
大変満足	7
やや満足	3
どちらとも言えない	1
やや不満	0
不満	0

表 3. ARCS 評価シートのアンケート結果

項目	評価人数	
	はい	いいえ
1 おもしろかった	10	1
2 眠くならなかった	10	1
3 好奇心がそそられた	10	1
4 変化に富んでいた	8	3
5 やりがいがあった	9	2
6 自分に関係があった	6	5
7 身に着きたい内容だった	9	2
8 途中の過程が楽しかった	9	2
9 自信がついた	5	6
10 目標がはっきりしていた	7	4
11 学習を着実にすすめられた	9	2
12 自分なりに工夫ができた	9	2
13 やってよかった	10	1
14 すぐに使えそうだった	4	7
15 出来たら認めてもらえた	10	1

表 3 の ARCS 評価シートのアンケート結果についてカイ二乗分布を用いる適合度の検定を行った(14)。それぞれの質問項目において、「はい」と「いいえ」の比率に差があるかを調査する。適合度検定を行った結果を表 4 に示す。

表 4 の P 値より、有意差($p < 0.05$)が認められた項目は「おもしろかった」、「眠くならなかった」、「好奇心がそそられた」、「やってよかった」、「出来たら認めてもらえた」であった。

表 4. 適合度検定の結果

項目		χ^2 値	P 値
1	おもしろかった	7.364	0.012
2	眠くならなかった	7.364	0.012
3	好奇心がそそられた	7.364	0.012
4	変化に富んでいた	2.273	0.227
5	やりがいがあった	4.455	0.065
6	自分に関係があった	0.091	1.000
7	身に着きたい内容だった	4.455	0.065
8	途中の過程が楽しかった	4.455	0.065
9	自信がついた	0.091	1.000
10	目標がはっきりしていた	0.818	0.549
11	学習を着実にすすめられた	4.455	0.065
12	自分なりに工夫ができた	4.455	0.065
13	やってよかった	7.364	0.012
14	すぐに使えそうだった	0.818	0.549
15	出来たら認めてもらえた	7.364	0.012
		(自由度 1)	

3.3.2 テキストマイニングの結果

次に、自由記述欄のアンケート結果に対して、計量テキスト分析ソフトの KH Coder を用いて、共起ネットワーク図を作成した。KH Coder の前処理(15)を実行した結果、総抽出語数は 441、異なり語数は 166 であった。共起ネットワーク図は KH Coder の設定により最小出現数は 2 回以上の語を抽出した。サブグラフ検出(媒介)の設定を行い、語と語の結びつきが強い語は同じ色でグループ分けを行う。グループ間に繋がりがあがる場合は実線で結ばれ、そうでないときは破線で結ばれるようになっている。図 14 に共起ネットワーク図を示す。

4. 考察

4.1 ARCS 評価シートによる教材評価

ARCS 評価シートの結果より考察を行う。表 4 より、「おもしろかった」、「眠くならなかった」、「好奇心がそそられた」、「やってよかった」、「出来たら認めてもらえた」の 5 項目において有意差が見られた。

まず、「おもしろかった」、「眠くならなかった」、「好奇心がそそられた」は注意、知覚的喚起、探求心の喚起の要素である。

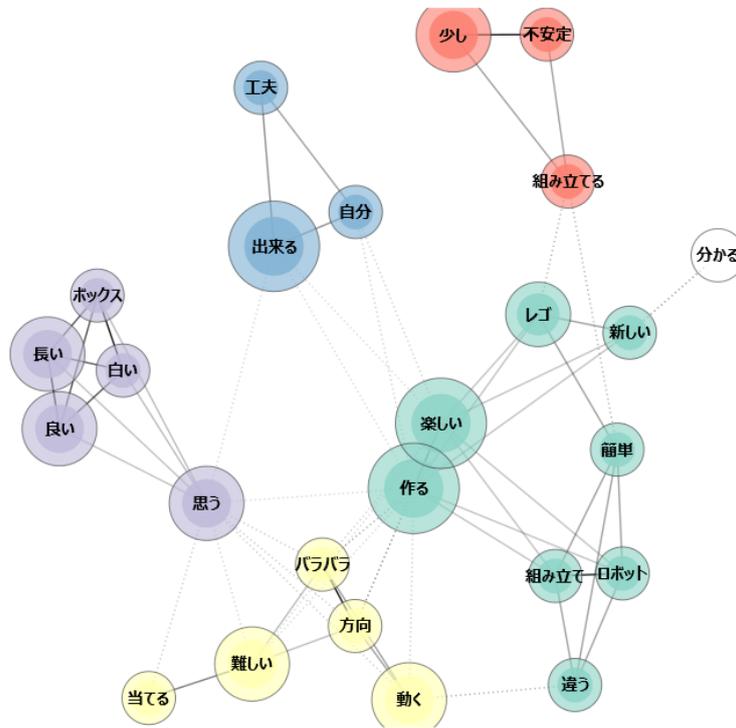


図 14. 共起ネットワーク図

この結果は YubiTus が「プログラミング」と「回る」「引っ張る」という命令ブロックと動きの関連性が分かりやすかったため、学習者の感覚に訴えかけることが出来たと考えられる。さらに、実験中は的当てミッションを達成するために、スティックブロックでの動きを工夫する子どもや、プログラミングを自分流に改変する子どもが見られた。

このことから、目的を達成するための様々な手法の発見が、探求心の喚起につながったと考えられる。

次に、「やってよかった」、「出来たら認めてもらえた」は満足感、肯定的な結果の要素である。この結果は YubiTus の命令ブロックと動きの結果が目に見えて分かりやすかったためであると思われる。本実験では、最後に的当てミッションを設定した。的が倒れる動きは改造の結果として分かりやすかった。YubiTus は的当てミッションのような、現実の動きをすぐに結果に表現することができるため、満足感に繋がったと考えられる。

以上の結果から、YubiTus は学習者に対して好奇心や探求心の喚起を促し、やりがいを感じられる教材であるといえる。

4.2 テキストマイニングによるアンケート分析

本節では自由記述の共起ネットワーク図より考察を

行う。図 14 より、自由記述のアンケートは「楽しい作る」、「動く」、「良い」、「少し」、「出来る」の 5 グループに分かれることが分かった。「楽しい作る」のグループは、「作る」と「楽しい」が非常に近い共起関係にある。よって、YubiTus でロボットを作ることは楽しい作業であったと思われる。

二つ目に、「動く」のグループには「難しい」や「バラバラ」といった語が含まれる。アンケートには「まっすぐ動かなくて苦労した」といった記述がみられた。スティックブロックを正確に組み立てなければ、投石器の進む方向が、思うようにならなかったことが原因であると考えられる。

三つ目に、「良い」のグループは「白い」「ボックス」「長い」といった語が含まれる。これは、縮む YubiTus のひもが長かったことが原因である。

四つ目に、「少し」のグループは「不安定」や「組み立てる」という語が含まれる。これは、スティックブロックは棒と棒の締結が弱く、組み立てが不安定になったため、このような記述がみられたと思われる。

最後に、「出来る」のグループは「自分」と「工夫」の語が含まれる。アンケートには「自分なりの工夫が出来て良かった」や「改造のしかたも工夫して出来たから良かった」といった記述がみられた。これは、YubiTus を使うことでミッションに対して、自分のや

りたい工夫を実現することができたと思われる。

以上のテキストマイニングの結果より、YubiTus は、自分なりの工夫ができ、楽しさを感じられる教材であるといえる。

5. まとめ

本研究では様々な動きをするデジタル・ティンカリング教材 YubiTus を作成し、教材としての特性評価を行った。既存教材と異なり、身の回りの物を組み合わせることを前提に設計を行い、子どもでも扱えるビジュアルプログラミング環境を実装した。

YubiTus を使用した学びの活動の実践では、小学生を対象に YubiTus とスティックブロックを使用した特性評価を行った。投石器の組み立てと、ビジュアルプログラミングによる動きの制御を行い、実験後に ARCS 評価シートと自由記述によるアンケートを行った。

ARCS 評価シートの結果と自由記述による共起ネットワーク図を作成した結果から、YubiTus は 学習者に対して好奇心や探求心の喚起を促し、やりがいを感じられる教材であり、さらに自分なりの工夫ができ、楽しさを感じられる特質を持つことが明らかになった。

今後の展望として、新しい種類の YubiTus を作成し、教材を使用したカリキュラムを作成する。また、形状の小型化を行い、身の回りにあるものへ取り付けることの利便性を上げる。

謝辞

本研究の実験環境を提供して戴きましたプログラボ教育事業運営委員会および、プログラボ教育事業運営委員会 丸岡大知氏に心より御礼申し上げます。また、本研究の装置開発にあたり株式会社富士通総研のご助言を戴き、感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 赤堀侃司: “プログラミング教育の現状についての考察”, CRET 年報, 第 2 号(2017)
- (2) 小学校プログラミング教育の手引き(第二版), 文部科学省(2018)
- (3) 柚木翔一郎, 片平克弘: “ティンカリングの観点を取り入

れた生徒主体の「ものづくり」に関する研究”, 日本科学教育学会研究会研究報告, 30 巻 6 号, pp.51-54(2015)

- (4) 井上順子, 小山内靖美, 仲田英起, 満岡秀一, 齋藤善寛: “共創デザインの教育プログラム”, 日本デザイン学会 第 63 回研究発表大会(2016)
- (5) Karen Wilkinson, Mike Petrich(2014), THE ART OF TINKERING, Weldon Owen Inc, (金井哲夫 (2015) 訳, 『ティンカリングをはじめよう——アート、サイエンス、テクノロジーの交差点で作って遊ぶ』, オライリー・ジャパン)
- (6) Martinez, S.L., Stager, G.S.(2013), Invent to Learn-Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom, (酒匂寛(2015)訳, 『作ることで学ぶ —Maker を育てる新しい教育のメソッド』, オライリー・ジャパン)
- (7) 山岡潤一, 渡辺ゆうか: “FabWalker: “歩き方”をデザインする学習用ロボットキット”, 情報処理学会研究報告, 第 4 号, pp. 1-5(2015)
- (8) 原田悠我, 荒優, 山内祐平, “プログラミング学習における Tinkering の支援: 自己説明を通じた仕組みの理解を促すシステムの試作” 日本教育工学会研究報告集 17, pp. 325-332 (2017)
- (9) S4A (閲覧日 2017 年 11 月 26 日) <http://s4a.cat/>
- (10) 向後千春, 鈴木克明: “ARCS 動機づけモデルに基づく授業・教材用評価シートの試作”, 日本教育工学会大会講演論文集, 第 14 巻, pp. 577-578(1998)
- (11) 向後千春, 杉本圭優: “ARCS モデルに基づく CAI 教材の評価項目の試作”, 教育システム情報学会全国大会講演論文集, 第 21 巻, pp. 225-228(1996)
- (12) 向後千春, 鈴木克明: “ARCS 評価シートの構造方程式モデルによる検討”, 北陸三県教育工学研究会(1999)
- (13) 鈴木克明, 岩手県立大学: “ARCS 動機づけモデルに基づく授業・教材用評価シートと改善方略ガイドブックの作成”, 文部科学省科学研究費補助金研究成果報告書, (2000-2001)
- (14) 適合度の検定 (exact test), <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/R/gft.html>(2018 年 11 月 12 日確認)
- (15) 山岡武邦, 白濱弘幸, 松本伸示: “小学生のための LED を用いた教材「光の足し算器」の開発と評価 - テキストマイニングによるアンケート分析を通じて - ”, 日本科学教育学会研究会研究報告, 29 巻, 6 号, pp.27-32(2014)

ビジュアルプログラミングの評価支援システムの開発

福永理絵^{*1}, 佐々木整^{*1}, 岡本俊一^{*1}

^{*1} 拓殖大学工学部

Development of an Evaluation Support System for Visual Programming

Rie Fukunaga^{*1}, Hitoshi Sasaki^{*1}, Shunichi Okamoto^{*1}

^{*1} Faculty of Engineering, Takushoku University, JAPAN.

小学生向けのプログラミングスクールの普及など、日本国内でもプログラミング教育が一般的に行われるようになってきている。2020年からの小学校でのプログラミング教育の必修化もなされ、プログラミングやプログラミング的思考はこれまで以上に身近なものとなると考えられる。既に様々なプログラミング教育が児童・生徒を対象に行われ、そのノウハウなどの蓄積がなされつつある。その一方で、作成されたプログラムに対する評価の方法については明確になっていない。また、一人ひとりが作成したプログラムをどのように評価し、フィードバックを行うことは非常に多くの労力を必要とする。そこで、教員が児童の頑張りや工夫の度合い、不得意なところなどを見つけ、評価したり指導に繋げたりしていくことのできるアプリケーションを開発している。本稿では、このアプリケーションで使用している5つの評価観点やシステムの概要について述べる。

キーワード: ビジュアルプログラミング, 評価, プログラミング教育

1. はじめに

将来、機械化が進むことが予想され、IT業界の人材不足が懸念されている。現在でもIT分野の人材が不足している状態であり、人材の育成が必要である⁽¹⁾。経済産業省が2016年に発表したIT人材の最新動向と将来推計に関する調査結果⁽²⁾では、2030年の人材不足規模は約59万人になると予測されている。このような背景のもと、2020年から小学校でプログラミング教育の必修化される。また、海外でもプログラミング教育を初等教育から導入する動きがみられ、イギリスでは2014年から初等教育でのプログラミング教育の必修化が既に行われている⁽³⁾。

小学校教員が児童の作成したプログラムに評価をし、指導に役立てていく必要があるが、評価の明確な基準は定められていない。さらに、教員の多くがプログラミング未経験であり、適切な評価が行えるかという心配を多くの教員が持っている。地域によっては教員の

ためにプログラミング講習を開くなどの活動が行われているが⁽⁴⁾、教員全員に適切な指導をすることは現状困難であるとされている。教員は児童の作成したプログラムから、頑張りや工夫、不得意な箇所を見つけることで今後の指導に繋げなくてはならないため、教員が児童の作成したプログラムを評価する際の支援が必要とされている。

文部科学省が公開している資料⁽¹⁾では、小学校でのプログラミング指導方法として、ビジュアルプログラミングが挙げられている。ビジュアルプログラミング言語学習環境には、MITメディアラボが開発したScratch、NTTが開発したVISCUIT、文部科学省が開発したプログラミンなどがある。本アプリケーションは、小学校教育でのプログラミング教育の例として書籍等で多く挙げられているScratchのプログラムを対象とする⁽⁵⁾。このScratchは2006年にMITメディアラボが開発したビジュアルプログラミング言語学習環境で、150以上の国で2千万人以上に利用されている。

現在のメジャーバージョンである Scratch2.0⁽⁶⁾では、12種類 144個のブロックを組み合わせることで図1のようにコードを用いず視覚的にプログラムを作成することができる。

本稿では、ビジュアルプログラミングで児童が作成したプログラムを教員が評価し、指導に反映させる時の難しさと、それを支援するために現在開発を行っているシステムについて報告する。



図1 Scratch 2.0でのプログラミング例

2. プログラミングの評価

プログラミング教育の必修化に向けて、カリキュラムの検討や作成、モデル校での実証授業がなされたり、茨城県つくば市や千葉県柏市のように市内の小学校でプログラミング教育を始めている自治体もある⁽⁷⁾。

しかし、つくば市が公開しているプログラミング学習に関するカリキュラムや指導案作成に関する資料⁽⁸⁾などでは、カリキュラムや授業内容の記載はあるものの、評価の基準は明確にされていない。また、教育者オンラインコミュニティである ScratchEd⁽⁹⁾には、いくつかのプログラム評価用シートが投稿されているが、それを利用するには教員自身のプログラミング技術が必要である。文献⁽⁷⁾によると、柏市の教育委員会の委員は、忙しい教員が新たにプログラミングの技術を身に付けることは難しいため、プログラミングができなくても授業を実施できる仕組みが必要であると指摘しているが、これには当然実施した後の評価も含まれていなければならない。

文献⁽¹⁰⁾では、2つのルーブリックが挙げられている。その1つでは、児童の作成したプログラムを以下の4つの観点に沿ってシート形式で評価を行なっている。

- A 教科の知識：教科で学習した内容を結びつけ、理解できているか。
- B プロジェクトのデザイン：デザインの観点から見た独自性があるか。
- C プログラミングの知識：ブロックの働きを理解し、論的な組み合わせを行えているか。
- D 学習の過程：基本的な過程を正確に活用し、要領よく作業が進められているか。

これらの観点は、ScratchEdに投稿されているスクラッチ・プロジェクトを評価する基準となるルーブリックを参考に日本の教育現場で活用できるようにデザインしたものであるが、これらのシートを利用して評価をする際、プログラムのどこを見れば良いかは明確にされていない。そのため、どのブロックがどれくらい、どのように使われているのかを教員が一つずつ確認し、理解したうえで評価する必要がある。少人数で実施する場合は大きな手間では無いかもしれないが、そうではない場合は、教員にとって大きな負担になってしまう。クラスやグループ単位の指導で、全員のプログラムを評価することになる。また、プログラミングの授業が作られるのではなく、既存の授業にプログラミング要素を取り入れるとされているため、授業内容を検討する必要がある。他にも、教員自身がプログラミングについての知識をつける必要があるなど、プログラミング必修化が教員に与える負担は大きいといえる。

3. プログラムの評価観点

3.1 評価観点の概要

そこで、評価のサポートを行うアプリケーションを開発して、自動で作成したプログラムのブロック数などのプログラムの特徴自動的に検出する。その検出結果を基に、いくつかの観点で自動で作成したプログラムを分析した資料を教員に提示することで、教員の負担を軽減することを考えた。

結果を数値化したり視覚化したりすることで、児童が授業内容を理解できているかの判断がしやすく、授業についていけない児童に対し早期で対応することができる。また、前回の評価結果や、クラスやグループ全体の平均と比較することも容易になる。

評価項目として、以下の5つを考えている。

- ① プログラムの長さ：縦に並んだブロック数
- ② 制御・構造：制御ブロックの中で使われている、条件などのブロック数
- ③ 変数等の活用：変数やリスト、定義のブロック数
- ④ メディア活用：動きブロック、音ブロックなどの数
- ⑤ ブロック化：ブロック総数

以下、それぞれの評価観点について説明する。

3.2 長さ

ブロックをたくさん使うと、プログラムは縦に長くなる。そこで、多くのブロックを組み合わせることは、児童の取り組みの熱心さの一端を表していると考えた。しかし、制御構造やモジュール化を理解せず、冗長なプログラムだったり、適当にブロックを組み合わせただけだったりすることも考えられるので、ブロックが長く繋がっていることが良いプログラムである事を意味しているとは限らない。

3.3 制御・構造

ネストや条件ブロックを適切に利用できていれば、制御構造を理解できていると判断できる。画面上のキャラクターを動かしたり、図形を描写したりするなどの比較的難易度の低いサンプルでもよく使用されているネストや条件ブロックを使用している数で評価する。しかし、これらのプログラムでは、ネストや条件ブロックを使用しなくても作ることができるので、3.2で述べたプログラムの長さでの評価が高くなり、こちらの評価が低くなることになる。

3.4 変数等の活用

児童が自ら作成する変数やリストブロックを正しく使えていれば、それらの概念を理解しているとともに、問題を一般化して考えることができるかの判断に繋がると考え、変数やリストブロックを使用している数で評価する。

3.5 メディア活用

Scratch には、動きや音に関するブロックが数多く用意されている。これらのブロックを多く使っている

ことは、積極性や独自性が高いと考え、そのブロック数で評価する。

3.6 モジュール化

解決しなければならない問題を、小さな問題（モジュール）の集合と捉えることがどの程度できているかを、モジュールの数で評価する。意味のあるモジュールを作成することが重要で、とにかくブロック化すれば良いというものではないので、モジュールの数が多いから良い・悪いというものではない。

3.7 先行研究との比較と利用

次に、2.で述べた先行研究の観点、特にプログラムに直接関係のある B と C を、本研究の評価項目と比較する。

B は、以下の3点で評価している。

- ① 作品の独自性
- ② 内容が体系化されているか
- ③ 他の児童が作品と触れ合う方法が与えられているか

本研究の評価項目である「4.メディア活用」で、イベントの発生、スプライトの動きや変更、BGM や効果音に関するブロックの数から評価を出すことで、最終的な B の評価に繋がる。

C では、以下の3点で評価している。

- ① ブロックの機能を理解して利用できているか
- ② 論理的に作れているか
- ③ エラーがあるか

条件や変数に関するブロックがプログラムの中で使用されており、かつ正しい結果を出力しているならば、ブロックの機能を理解し、論理的に作られていると言える。エラーがある場合、プログラムは正しく動作しないため、3点目は本研究では考慮しないものとする。本研究の評価項目である「2.制御・構造」と、「3.変数等の活用」で、条件や変数に関するブロックの数から評価を出すことで、最終的な C の評価に繋がる。

2つの長方形・正方形の面積を求めるプログラムを図2と図3に示す。これらは最終的に同じ結果を出力するが、表1に示すように使用しているブロックの数や種類が大きく異なっている。

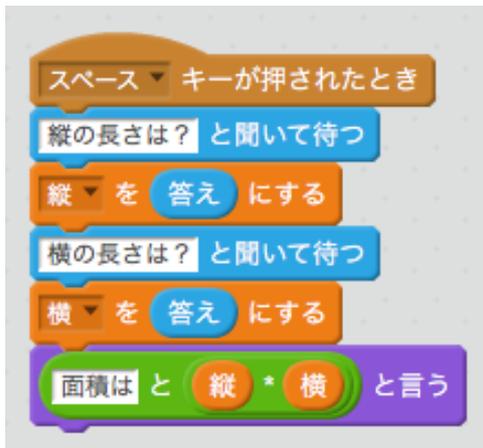


図 2 プログラム 1

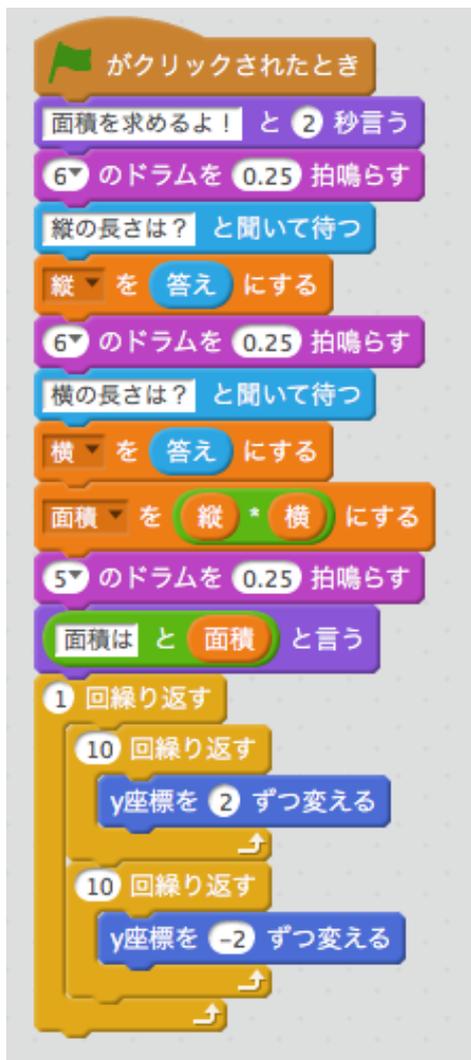


図 3 プログラム 2

表 1 種類別ブロック数

ブロック種類	プログラム 1	プログラム 2
動き	0	2
見た目	1	2
音	0	3
ペン	0	0
データ	4	6
イベント	1	1
制御	0	3
調べる	4	4
演算	2	2
その他	0	0
合計	12	23

表 1 の種類別ブロック数をもとに、本研究の観点に沿って評価したものが表 2 観点別評価である。この結果から、プログラム 1 は「長さ」「メディア活用」「モジュール化」の評価は低い、「制御・構造」「変数等の活用」の評価は高いため、ブロックの働きを理解して使っていることがわかる。プログラム 2 はプログラム 1 と比べると、「制御・構造」と「変数等の活用」の評価の差はあまりないが、「長さ」と「メディア活用」の評価が高い。プログラム 1 と同じくブロックの働きを理解できており、さらにメディアも活用していることがわかる。

表 2 観点別評価

評価観点	プログラム 1	プログラム 2
長さ	2.5	11
制御・構造	11	13
変数等の活用	8	10
メディア活用	2	7
ブロック化	4	7.5

4. 評価アプリケーション

4.1 評価アプリケーションの概要

児童が Scratch で作成したプログラムを画像として読み込み、テンプレートマッチングを用いて評価項目に沿って解析する。各ブロックの画像を元画像とし、

児童の作成したプログラムから各ブロックの数や並びを検出する。

テンプレートマッチングの結果から図4の出力画面案のようにグラフを描写し、視覚的に評価結果を出力する。画面左側には読み込んだScratchのプログラム画像、中央には今回と前回のプログラム評価、右側には個人の評価結果と今までの評価結果をグラフで表示する。2つのグラフを出力することで児童の学習進度や得意な分野を判断しやすくする。

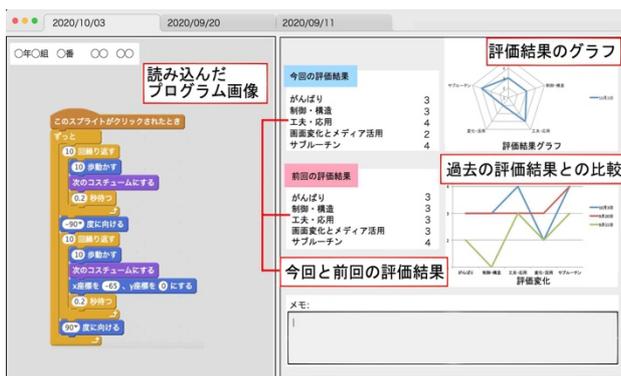


図4 出力画面（開発中）

評価観点の概要で述べたように、教員はクラスやグループ単位で指導を行う。結果を図5のようなレーダーチャートで視覚的に出力することで、文字だけで出力するよりも容易に比較することができる。これによって、大人数での指導でも、児童の努力した点や得意な箇所、あるいは躓いてしまっている箇所の判断がしやすくなる。

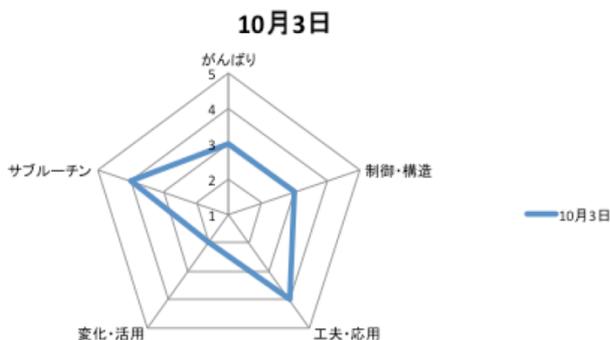


図5 レーダーチャートによる結果表示の例

レーダーチャートの他に、図6のような折れ線グラフで今までの結果を出力することで、前回との比較が容易になる。回数を重ねるごとに、生徒がどのように成長してきたかを見ることができる。継続的に評価の高い場合には、より発展した指導をしたりなど、今後の指導方法の参考になる。

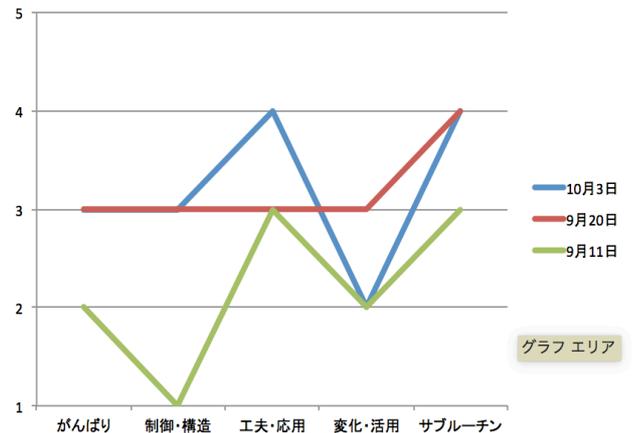


図6 折れ線グラフ

4.2 プログラム分析

Scratchの各ブロックの画像をテンプレートとして、OpenCVのテンプレートマッチングで、作成されたプログラムから各ブロックの数と並び順を検出し、ブロックの種類ごとの合計結果をグラフとして出力した。

同時に、Scratchのサンプルコードから評価項目を選定した。また、三重大大学のScratchプログラムの評価方法の研究の評価観点と選定した評価項目を比較した。

現在、ユーザー自身が名前をつける変数ブロックの検出ができない。ディープラーニングを用いて検出することが今後の課題となっている。また、図7のようなネストされたブロックの終端の検出率が低く、約50%ほどだったが、現在は用意したサンプルプログラムの中で約80%検出できるようになった。



図7 ネストブロック

今後、ネスト構造と変数ブロックを判断できるようにし、評価項目をよりわかりやすくなるように見直す必要がある。

プログラムを完成させ、結果を保存し、出力案に沿って画面出力する。

5. おわりに

本稿では、児童が Scratch で作成したプログラムを自動的に分析し、教師に評価や指導の材料となる情報を提示する、評価サポートのシステムについて述べた。現時点では未完成で実践評価などが行えてはいないが、このシステムを利用することで、多くの児童のプログラムの中から、個別にケアが必要な児童を見つけ出し、クラス全体の傾向などを比較的容易に見つけ出すことができると我々は考えている。

筆頭著者は、高校から情報系学科に所属していたが、以前は理系分野の勉強かがとても苦手だった。そのため、プログラミングについて学ぶことの大変さは身を以て理解しているつもりである。プログラミングに苦手意識を持っている教員にも使いやすく、分かりやすいアプリケーションを目指すとともに、児童が適切な指導と評価を受けることで、IT 分野に進むきっかけとなるよう、未実装の部分について早急に開発を進め、本システムを完成させ実践を行いたいと考えている。

参 考 文 献

- (1) 文部科学省: “プログラミング教育”,
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1375607.htm (2018 年 12 月 11 日確認)
- (2) 経済産業省: “IT 人材の最新動向と将来推計に関する調査結果”,
http://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/27FY/ITjinzai_report_summary.pdf (2018 年 12 月 11 日確認)
- (3) 文部科学省: “情報教育指導力向上支援事業（諸外国におけるプログラミング教育に関する調査研究）”,
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1408119.htm (2018 年 12 月 11 日確認)
- (4) 毎日新聞: “教師も未経験 必須か控え指導準備”,
<https://mainichi.jp/articles/20170829/k00/00e/040/186000c> (2018 年 12 月 11 日確認)
- (5) 竹中章勝: “はじめてのプログラミング授業実践”, (2018)
- (6) Scratch2.0, <https://scratch.mit.edu/> (2018 年 12 月 11 日確認)
- (7) 日経 BP 社: “教育と ICT”, pp.7, pp.12, (2018)
- (8) つくば市総合教育研究所: “つくば市プログラミング学

習の手引き【第 2 版】”, <https://www.tsukuba.ed.jp/souken/?p=7831> (2018 年 12 月 11 日確認)

- (9) Scratch Ed, <http://scratched.gse.harvard.edu/> (2018 年 12 月 11 日確認)
- (10) 大野恵理, 須曾野仁志: “スクラッチを用いたプログラミングプロジェクトの評価方法”, 日本科学教育研究会研究報告, Vol.31, No.8(2017)

コミュニケーションロボットやVRなどをきっかけとして学ぶ 医学部生向け教養教育の授業デザインとその実施事例

坂田 信裕^{*1}, 坂本 洋子^{*2}

^{*1} 獨協医科大学情報教育部門, ^{*2} 獨協医科大学語学・人文教育部門

A Learning Design of Liberal Arts Education using Communicative Robots and Virtual Reality for Medical Students

Nobuhiro Sakata^{*1}, Yoko Sakamoto^{*2}

^{*1} Department of Information Literacy Education, Dokkyo Medical University

^{*2} Division of Languages and Humanities, Dokkyo Medical University

医学部の教養科目にコース選択が可能な少人数制の授業「リベラル スタディ」がある。2015年度から、コミュニケーションロボットやVRを学ぶきっかけとして用い、課題解決型の取り組みを行う授業コースを設け、実施してきた。現在、情報系教員と語学系教員が連携し、医学、医療・介護領域に関して学ぶコースと、医学英語に関するコースの2つを実施している。4年間の実施内容を振り返り、授業環境・授業デザインについて考察する。

キーワード: テクノロジー教育, コミュニケーションロボット, アクティブラーニング, 授業デザイン

1. はじめに

人口減少などの日本の社会的な構造変化の中、人材不足が様々な領域で指摘され、その支援のためにも、AI (人工知能), IoT (Internet of Things), ロボット, あるいはVR (仮想現実) などのテクノロジーを活用していくことが検討されている。これらのテクノロジーを活用していくためには、知識や技能の獲得を目的とするリテラシー教育が必要と考える。しかし、単なる知識や技能を学ぶ形ではなく、様々な社会課題に対する解決手法に、テクノロジー活用を含めて対応できる能力の育成も必要ではないかと考えている¹⁾。

これは、医療や介護領域においても同様であり、人材不足が指摘されている現状や、医療・介護現場におけるさらなるテクノロジーの導入や展開を考えていく場合に求められる能力であると考え²⁾。

このようなテクノロジー活用能力の育成について、我々は医学部1年次の教養科目の一つである「リベラ

ル スタディ」授業において、4年間の取り組みを行ってきた。さらにこの授業では、情報系教員と語学(英語)系教員が連携する形での授業デザインも検討し、実施してきた。今回、実施内容を元に考察し、報告する。

2. 授業におけるロボット活用

2.1 ロボット活用について知る授業

2014年度にヒト型コミュニケーションロボット(ヒト型ロボット)(Pepper: ソフトバンクロボティクス社)を1台を導入し、看護学部の50~60名程度のクラスで、ヒト型ロボットの利用を開始した。この段階における授業デザインは、ヒト型ロボットを直に見てもらい、その機能の紹介等から、実際のロボットについて知る・理解することを優先した。

授業では、ヒト型ロボットに対する学生の興味・関心は高く、ロボットをきっかけとしてテクノロジーに

ついて知り、学ぶ内容としては効果的な存在であると
考えられた。また、ヒト型ロボットを見たことで、今
後の活用や展開について考える機会とすることも可能
であった。この授業展開の中、ロボットをもっと知り
たい、あるいは利用してみたいと強く興味を持った学
生がいたことから、新たな授業展開を考えた。

2.2 課題解決型授業とヒト型ロボット

2015年度から、医学部のコース選択が可能な少人数
制の授業「リベラル スタディ」において、ヒト型ロボ
ットを学生自身が活用する課題解決型の授業を開始し
た。

この授業では、学生たちが、医学、医療、介護等に
おける課題点を見つけ、ヒト型ロボットを用いた解決
案を検討する内容とした。そのため、ロボットという
テクノロジーを「課題点」に対してどのように用い、
解決に繋げるのかという経過を体験できると考えた。

また、ヒト型ロボットを目的に合わせて動作させる
ため、Pepper用の開発ツール「Choregraphe (コレグ
ラフ)」を用いて、アプリケーションを開発する過程も
含まれている。このコレグラフィは、ロボットを動かす
機能を含む種々の「ボックス」を開発画面上でドラッ
グアンドドロップし、連結させていくことで、基本的
なアプリケーションを作成できる。そのため、開発言
語を習得していないプログラミング初心者にも理解し
易い環境となっている。

2.3 ヒト型ロボット活用事例

この授業において学生が取り組んだロボット活用事
例の内容を以下に示す。

2.3.1 実施事例（1）

介護施設において高齢者（椅子に座っている方）が
体操を行う際に、職員の方がその体操を誘導し、高齢
者と一緒に行っている。この体操の誘導を、ヒト型ロ
ボットが代わりに実施し、支援できないかという視点
での取り組みを行った。

この取り組みでは、椅子に座っていることを考慮し、
上半身だけの体操アプリケーションを作成した。首、
腕、手などを動かす内容であり、実際に利用可能な段
階までのアプリケーションを作成した。

そのため、この事例においては、授業と連携した形
で、研究室として、実際に、介護施設へヒト型ロボッ
トを搬送し、高齢者と一緒にアプリケーションを用い
て体操する機会を設けた。実際に高齢者にアプリケー
ションを使ってもらうことで、学生にとって、作成し
たアプリケーションに関する評価とともに、介護施設
の現状や高齢者のアプリケーションの利用時における
様子を見て感じる機会となっていた。

この実施事例において、実際の介護施設における利
用は副次的に発生した機会であったが、学生にとって
は効果的な学びの場となっていたものと考えられた。

2.3.2 実施事例（2）

幼稚園児等の幼児や小学校低学年の児童を対象とし
た、手洗いの必要性とばい菌（細菌等）について理解
することを支援をする目的の取り組みが行われた。

これは食中毒や他の病気の原因となる微生物による
感染を防ぐ一つの手段として、手洗いが有効であるこ
とを考慮し、その学習手段として、ヒト型ロボットを
用いた。作成したアプリケーションは、クイズ形式も
取り入れ、幼児・児童にアピール性を高める工夫を取
り入れた。この実施事例では、授業終了後も、部活動
と連携する形で、大学祭において実際に学生たちが、
一般向けに紹介する機会を設け、さらに学内の学術集
会において、その内容をまとめ、発表を行った。その
ため、学生にとって、研究発表の仕方についても、学
ぶ機会になったと考えられた。

また、異なる年度の実施事例においても、子供を対
象とした保健衛生もしくは医療に関する基本的な理解
を進めるためにヒト型ロボットを活用する取り組みが
行われた。

3. 情報系・語学系教員の連携による授業

2016年度から、英語教育担当教員と情報系教員が連
携し、医学英語教育にヒト型ロボットやVR等のテク
ノロジーを用いる選択コースをリベラル スタディ科
目に追加した。その実施事例の内容を以下に示す。

3.1 実施事例（3）

このコースを選択した学生は、ヒト型ロボットを用
いて医学英単語を学ぶための教材アプリケーションの

検討を行った。この取り組みでは、医学英単語に関する学びとともに、英単語を学ぶためのアプリケーションの内容やデザイン、そしてヒト型ロボットの特性に関しても、学ぶ機会になっていたものとする。

とくに、ヒト型ロボットの特性については、学生が英単語を発音への苦手意識があったとしても、相手が教員などの人ではなく、ヒト型ロボットであることの利点について考察していた。この実施事例では、医学英語に関する知識の習得とともに、ヒト型ロボットという新たなテクノロジーの存在感についても学ぶ機会になっていたと考える。

3.2 実施事例（4）

この事例においては、学生が英語を学ぶ際に、VR 動画とヒト型ロボットを組み合わせる取り組みを行った。診察室を想定した模擬環境において、学生が医療者を演じる医療面接の状況を全天球カメラを用いて撮影し、VR 動画とした。さらに、ヒト型ロボットを用いて動画内で出てきた医学英語の意味と発音練習を行う教材を作成した。この取り組みでは、VR 動画とヒト型ロボットを用いることで、医学英語の学習をより楽しみながら行うことが可能ではないかと考察していた。

また、この事例を一つのきっかけとし、VR とヒト型ロボットという特徴の違うテクノロジーを組み合わせることで、より有用性の高い効果的な学習教材の作成が可能ではないかと推察している³⁾。

これらの実施事例のように、情報系教員と語学系教員の連携により、新しい形の授業を展開することが可能であった。また、領域が異なる教員間の連携が、テクノロジーのリテラシー向上や、その専門領域の教育において、学び方にも影響を与える可能性が考えられた。一方で、ヒト型ロボットや VR を用いるため、現状の授業コマ数（8 コマ）の範囲では、技術的な面で、アプリケーションや教材作成の質を高めるには限界がある例も見られているため、目標の設定が難しい場合もあり、今後の課題と考えている。

4. まとめ

医学部教養科目のリベラル スタディにおいて、2014 年度から、ヒト型ロボットや VR などのテクノロ

ジーをきっかけとして用い、課題解決型の授業を行ってきた。授業の範囲を超えた取り組みにつながる事例や、領域の異なる教員間連携により、新たな形の授業が実施できたと考えている。

参 考 文 献

- (1) 坂田信裕:医療教育, テクノロジー・ロードマップ 2017-2026 <医療健康・食農編>. 日経 BP 未来研究所, pp270-273 (2016)
- (2) 坂田信裕:コミュニケーションロボットと医療・介護の関わり, ロボット No.236, pp36-41 (2017)
- (3) Sakamoto Y, Sakata N: A pilot study of medical English language learning materials using virtual reality and a communication robot. *Journal of Medical English Education*. Vol. 17 No.3, 117-120 (2018)

