

も く じ

■開催日時：2018年3月17日（土）10:00 - 16:40

於：畿央大学（奈良県北葛城郡）

■テーマ：「新技術に基づくメディア/デバイスを活用した学習支援環境」

- 1) 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と実践 ----- 1
●趙秀敏（東北大学）、富田昇（東北学院大学）、今野文子（元 東北大学）、
大河雄一（東北大学大学院）、三石大（東北大学）
- 2) 大学初修中国語教育における学習動機付けを目的とした SNS コンテンツ配信の実践 ----- 9
●肖楊（東北大学大学院）、趙秀敏（東北大学）、大河雄一（東北大学大学院）、三石大（東北大学）
- 3) WEBRTC を利用した LMS 内での動画による質疑応答システムの開発 ----- 17
○近藤隆司（大分大学）、後藤善友（別府大学短期大学部）
- 4) KINECT を用いた 3D モデルのリアルタイムな把持移動を可能にするシステムの構築と評価 ----- 19
●稲留広貴、曾我真人（和歌山大学）
- 5) Unity を用いた競技かるたにおける決まり字変化の学習支援システムの構築 ----- 25
●徳島智春、曾我真人（和歌山大学）
- 6) モバイル環境におけるメンタルローテーション課題のための AR 型学習支援システム ----- 31
○中野美登里、松原行宏、岡本勝、岩根典之（広島市立大学大学院）
- 7) 視線情報を活用したメタ認知的学びの長期実践 ----- 39
●荻野了、林佑樹、瀬田和久（大阪府立大学大学院）
- 8) 認知地図形成過程の理解に基づく空間移動能力向上支援システム ----- 47
●山崎歩実、林佑樹、瀬田和久（大阪府立大学）
- 9) 受講者行動の観測に基づく友人関係の推定可能性の検討 ----- 55
●鎌田稜平（関西学院大学）、角所考（関西学院大学）、飯山将晃（京都大学）、
西口敏司（大阪工業大学）、村上正行（京都外国語大学）

10) Mindmap 作成時の時系列画面情報を用いた行動プロセスの分析 -----	61
●吉良元, 長谷川忍 (北陸先端科学技術大学院大学)	
11) 赤外線センサ付きネットワークカメラで撮影された農作業の自動判別手法の提案と評価 -----	69
●平野竜, 高木正則 (岩手県立大学大学院)	
12) 論理的思考を修得するための初等教育におけるプログラミング教育について -----	77
広瀬啓雄 (諏訪東京理科大学), ●尾崎剛 (諏訪東京理科大学), 川手くるみ (諏訪東京理科大学大学院)	
13) クラウドを活用したプラットフォームの開発と検証 -----	83
○松本多恵 (島根大学)	
14) 大学での個人情報の利活用と消去に関する一考察 -----	85
●福永栄一 (大阪成蹊短期大学)	
15) 体育実技の技能向上を狙う学習支援教材 -----	91
○神谷勇毅, 高井和男 (鈴鹿大学短期大学部)	

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と実践

趙秀敏^{*1}, 富田昇^{*2}, 今野文子^{*3}, 大河雄一^{*4}, 三石大^{*5}

^{*1} 東北大学高度教養教育・学生支援機構

^{*2} 東北学院大学教養学部

^{*3} 元東北大学高度教養教育・学生支援機構

^{*4} 東北大学大学院教育情報学研究部・教育部

^{*5} 東北大学教育情報基盤センター

Development and Practice of Smartphone-Based Review Materials in Blended Learning for Beginning Learners of Chinese in University

Xiumin ZHAO^{*1}, Noboru TOMITA^{*2}, Fumiko KONNO^{*3}, Yuichi OHKAWA^{*4}, Takashi MITSUSHI^{*5}

^{*1} Institute for Excellence in Higher Education, Tohoku University

^{*2} Tohoku Gakuin University Faculty of Liberal Arts

^{*3} Institute for Excellence in Higher Education, Tohoku University (Former Workplace)

^{*4} Graduate School of Educational Informatics Research Division / Education Division, Tohoku University

^{*5} Center for Information Technology in Education, Tohoku University

スマートフォンの普及を背景に、中国語学習用スマートフォン教材が出始めているが、それらは主に、
独習用教材で授業と連携しておらず、設計手法も必ずしも明確ではない。筆者らは、大学初修中国語教
育のためのブレンディッドラーニング環境の構築において、スマートフォンを利用した新たな学習形態
である *Microlearning* とその設計原則に注目するとともに、それに基づく、対面授業と連携したスマー
トフォン利用復習用教材の設計手法と実教材の開発に取り組んでいる。これまでに、教材設計方針を明
らかにし、実教材である *KoToToMo* を開発してきたが、平成 29 年度に、T 大学の 7 クラスの初修中国
語授業を対象に通年の実証実験を行い、*KoToToMo* の実践可能性、効果及び今後の改善課題を確認した。

キーワード: 大学初修中国語, ブレンディッドラーニング, スマートフォン利用復習教材, *Microlearning*

1. はじめに

第二外国語としての初修中国語は、特に音声面を重視した自習が不可欠である。我々は ICT (情報通信技術) を活用し、通常の対面授業、授業後 e ラーニングによる復習、及び次回の授業に行うテスト・発展学習からなる 3 段階学習プロセスのブレンディッドラーニング (Blended Learning ; 以下 BL) を提案、実践し、

一定の効果を確認した⁽¹⁾。しかしながら、急速なスマートフォンの普及につれ、学習者の PC 離れや移動時間など短時間でも随時学習ができるスマートフォン用教材に対する要望が高くなっていることも確認された。大学初修中国語 BL においても、学習者により便利な学習環境を提供するには、これまでの PC 利用からスマートフォンを活用する e ラーニングへの転換、その

ための復習教材開発が喫緊の課題となっている。

スマートフォンは、その携帯性、常時接続性、多機能による時と場に制約されない学習環境や簡便な操作性に加え、教師と学習者、学習者同士のコミュニケーションを活発にする SNS (ソーシャル・ネットワーキング・サービス) との連携性、また語学教育における発音・発話学習に有効な音声認識機能などを備えている。これらにより、隙間時間を利用して効率よく語学学習とその反復練習を行い、自習を促進させることができ、PC 利用と異なる新たな e ラーニングの学習形態・学習体験が可能になると予測される。

現在、中国語学習用スマートフォン教材が開発され始めているが、それらは主に独習用であり、新たな学習形態に対応して設計された教材も少ない。大学初修中国語 BL においては、授業と連携し、スマートフォンの特性を活かした e ラーニング復習教材の設計手法を明らかにし、教材を開発することが必要である。

2. 先行研究の課題と本研究の目的

2.1 先行研究の課題

2.1.1 中国語学習用スマートフォン教材

現在、中国語学習用スマートフォン教材は、主に個別の学習課題を取り上げた独習用で、中国語の声調や発音学習、日常会話、検定試験アプリなどがある。一方、大学中国語教育に特化したものは少なく、特に授業と連携した BL 用教材やそのための復習教材として開発されたものはほとんど見当たらない。また、開発された教材内容は、「アナログ教材、PC 向けのデジタル教材の発想で設計され⁽²⁾」たものが多い。

2.1.2 大学初修中国語 BL 用スマートフォン教材

大学初修中国 BL 用スマートフォン教材の開発実践に関する研究としては、下記 2 例を挙げることができる。

三枝の研究では、iPhone SDK を利用して、以前開発した Web 教材 (パンダと学ぶ中国語) を iPhone のアプリ教材に作成し直し、使い勝手が良いという評価が得られた一方、app store におけるカスタマー評価では、低い評価も見られた。これは、パソコンの言い換え練習や参考文、文法事項解説に対し、iPhone アプリが単純な本文再生のみであったことによるとする⁽³⁾。

呉の研究では、早稲田大学で開発した PC 教材が LL

教室向け使用に限定されている問題に対し、既存のソフトウェアを活用し、スマートフォン及びタブレット利用の中国語学習システムを開発した。評価試験により、会話能力テスト及び読解や聴解を含めた総合能力テストでは、実験クラスの平均点が上昇し、有意差が確認された。呉は、学習端末の持ち帰りによる回数と学習時間の増加を推測している⁽⁴⁾。

上記の二つの研究は、一定の成果を得たが、しかし前者ではアプリ教材と授業内容の関係が明確に示されておらず、後者では、開発した教材は主に教室内学習向けの BL 用で、本研究が目指す授業後復習教材とは基本的に異なっている。しかも、両研究ともに、PC 教材をスマートフォン利用教材に変換したもので、多くは PC 教材の考えで設計され、スマートフォンの特性を活用した、新たな学習形態に対応していない。

2.2 本研究の目的と方法

そこで、本研究は、大学初修中国語教育において、高度の情報通信化時代に対応したより効果的・体系的な教育を実現するために、スマートフォン利用の新たな学習形態である **Microlearning** とその設計原則に注目し、それに基づきスマートフォン利用復習教材の設計方針を明らかにする。すなわち、スマートフォンの音声認識機能、録音再生機能とゲーム性などを活用した単語練習、音読練習、句型練習を設計して、アプリ教材「初級中国語 KoToToMo (ことばを友に)⁽⁵⁾」(以下: KoToToMo) を開発し、これにより授業後の自習を促進し、学習意欲と学習効果を高め、対面授業と連携させたユビキタス学習環境の構築を目指す。また通年にわたる実証実験を行い、アンケート調査及び詳細な聞き取り調査を通して、学習者の復習状況、学習意欲の変化と感想を明らかにし、本教材の実践可能性と効果、さらに改善課題を確認する。

3. 初修中国語 BL のためのスマートフォン利用復習教材の設計・開発

本章では、**Microlearning** の設計原則に基づき、初修中国語 BL のためのスマートフォン利用復習教材の設計方針を提案し、それによる実教材 KoToToMo の設計・開発を行なう。

3.1 Microlearning 及びその設計原則

3.1.1 Microlearning

Microlearning という概念は、2004 年にリンドナーにより最初に提示され⁽⁶⁾、以後、関連理論及び実践研究の広がりと深化により、現在この概念は広く認められている⁽⁷⁾。一般には Microlearning は、デジタル化した学習方式で、モバイル端末を利用し小さなメディアとミニコンテンツによる新たな形態の学習である⁽⁸⁾。

その主な特徴は、学習時間が短く、学習が学習者の日常生活の中に分散し、学習コンテンツは相対的に独立しており、小さなモジュールにより構成されている。学習形式は柔軟で、学習コンテンツと学習場所は学習者の実状によって随時に変えることができ、学習体験は気軽に行え、学習者に楽しさを感じさせる⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

近年においては、ICT の発展、スマートフォンの機能強化により、それを利用して随時随所に短時間でミニ学習を行うことがますます便利になってきている。このような Microlearning は、ICT による学習メディアの変化に適応し、学習者のニーズと合致し、さらに、新たな学習形態と学習体験を提供することができる。

3.1.2 Microlearning の設計原則

Microlearning は、これまでの伝統的な学習と異なる特徴をもっているため、その設計は、学習者の“個人学習環境”(Personal Learning Environment)の構築を重視し、リンドナーらが提唱している以下のような原則(表 1)に注意すべきであるとされている⁽⁷⁾⁽⁹⁾。

3.2 初修中国語 BL 用スマートフォン利用復習教材の設計方針

3.2.1 3段階学習プロセスを踏まえた復習内容

我々が提案する 3 段階学習プロセス(図 1)による BL では、復習は、授業で十分に行うことができない練習を中心に行い、学習事項の定着を図ると同時に、次回の授業の発展学習につながるものである必要がある。そのため、復習内容は、授業内容と連携した単語練習、

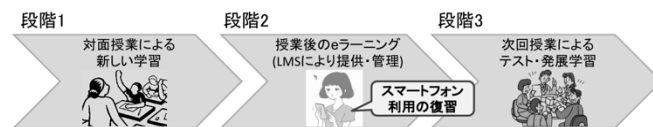


図 1 3 段階学習プロセス

音読練習、文型練習、聞く練習となっている。本研究では、これらの復習を従来の PC 利用からスマートフォン利用に置き換え、その設計と開発を目指す。

3.2.2 Microlearning 設計原則に基づく教材設計方針

上記の復習内容に対し、ここでは Microlearning の設計原則に基づき、初修中国語 BL 用スマートフォン利用復習教材の設計方針を作成した(表 2)。

例えば、設計原則の「(2) 学習者の非連続的な注意状態に対応する」に基づき、本教材の設計方針「3. 速いアクセス：課題にすばやくアクセスし、随時随所に練習できる」、「4. マルティメディア：文字、音声、動画、イラストを統合的に提示し、学習者の注意と理解を高める」、「5. 短い区分：課題を小さく区分し、短時間で練習できるようにする」と定義した。これにより、学習者が非連続的な注意状態においても、短時間で効率よく学習可能となることが期待できる。以上のように、Microlearning の 5 つの設計原則に基づき、本教材の 12 の設計方針を作成することで、実教材の開発に必要な基準を明確にすることができる。

3.3 KoToToMo の設計・開発

上記方針により、大学初修中国語 BL のためのスマートフォン利用復習用教材として、KoToToMo を設計・開発した。本教材は、対面授業の学習内容と連携し、Quizlet を利用した単語練習のほか、音読練習と文型練習用アプリを開発し、さらに学習管理システムを構築した。

3.3.1 Quizlet を利用した単語練習

Quizlet は、単語学習のためのウェブサイトであり、中国語を含め多種類の言語に対応し、音声付単語カード、ゲーム、テストなどの単語練習を作成できる。本研究では、Quizlet を利用して KoToToMo の単語練習を開発した⁽¹⁰⁾。ここでは、対面授業の学習の順序と進度にあわせ、体系的に関連性を持たせる単語モジュールを作成するが(設計方針 6. コンテンツ間の関連)、各コンテンツは、単語を 8 個ほどに限定し、短時間でも随時に学習できる(設計方針 5. 短い区分)。

表 1 Mobile Microlearning の設計原則

(1) インターフェースの簡潔性と簡易な技術
(2) 学習者の非連続的な注意状態に対応する
(3) 小さなコンテンツの構成プロセスを含む
(4) 学習者を随時に学習参加するよう動機づける
(5) 自由で楽しい学習体験をつくる

表 2 Microlearning の設計原則に基づく教材設計方針

<p>(1) インターフェースの簡潔性と簡易な技術</p> <p>1. 簡潔な画面 内容に直接関わらない画像や過剰な装飾の使用を避ける。</p> <p>2. 簡単な操作 少ない操作手順，簡潔明瞭なナビゲーションで，学習しやすくする。</p>
<p>(2) 学習者の非連続的な注意状態に対応する</p> <p>3. 速いアクセス 課題にすばやくアクセスし，随時随所に練習できる。</p> <p>4. マルティメディア 文字，音声，動画，イラストを統合的に提示し，学習者の注意と理解を高める。</p> <p>5. 短い区分 課題を小さく分け，短時間で練習できるようにする。</p>
<p>(3) 小さなコンテンツの構成プロセスを含む</p> <p>6†. コンテンツ間の関連 各ミニコンテンツは，対面授業の学習内容との連携と同時に，コンテンツ間にも関連性を持たせる。</p>
<p>(4) 学習者を随時に学習参加するよう動機づける</p> <p>7. 能動的な反応 ゲーム型練習を用意し，興味を引くようにする。</p> <p>8. フィードバック 学習者に絶えず刺激とフィードバックを与える。</p> <p>9†. 学習管理 学習管理システムを利用して進捗状況と得点を確認できるようにし，達成動機を刺激するとともに得点を成績評価に反映させ，外発的な動機づけを与える。</p>
<p>(5) 自由で楽しい学習体験をつくる</p> <p>10. 機能の活用 録音再生，音声認識，SNS など便利な機能を活用し，主体的な学習を促す。</p> <p>11. 気軽な学習 簡単，多様な練習で，気軽な楽しい学習体験を作る。</p> <p>12†. 主体的な学習と協調学習 学習者に自由に創作させ，クラスメートと共用することができるようにする。</p>

†印で示す設計方針は，本 BL 用スマートフォン利用復習教材として必要となる特有の方針であることを示す。

3.3.2 音読練習と文型練習

本研究では，スマートフォンの録音再生機能，音声認識機能及びゲーム性を活用して，音読練習と文型練習用アプリを設計・開発した⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。

(1) 音読練習

音読練習は，リピーティングや力試し（発音判定）などからなるが，各リピーティング用動画（図 2）は，授業で学習した会話文を用い（設計指針 6. コンテンツ間の関連），長さはおおよそ 1 分半を目安とし，短時間でも練習ができる（設計方針 5. 短い区分）。また録音

再生機能により学習者が自身の音声と模範音声を聞き比べ，自律的な学習を促す（設計方針 10. 機能の活用）。力試し（図 3）では，学習者の発音を判定するが，発音する文は，短かつ学習者にとって身近な内容の文を中心に選び，漢字，ピンイン表記及び模範発音を提示する。これにより，学習者が気軽に楽しくチャレンジすることができる（設計方針 11. 気軽な学習）。

(2) 文型練習

文型練習（図 4）は，文の語順を練習するためのもので，ここでは，指定した意味になるように，単語を順番にタップしていくゲーム型の練習を用意し，学習者の興味を引くようにしている（設計方針 7. 能動的な反応）。また，学習者の回答に対し，力試しと同様に，パンダ先生の可否判定によるフィードバックを与え，学習参加への動機づけを高めるようにしている（図 5）。

(3) 学習履歴

本教材は，学習者が自身の進捗状況や得点を確認できるよう，学習管理システムを利用し，復習課題の得点や学習の進捗状況を提示する。これにより，学習者の達成動機を刺激し，さらに得点を成績評価に反映させ，外発的な動機づけとする（設計方針 9. 学習管理）。

4. 実証実験

本章では，開発したスマートフォン利用復習用教材 KoToToMo を用い，BL の実証実験を行い，本教材の実践可能性と効果，さらに改善課題を確認する。

4.1 実験対象と実験方法

今回の実験は，2017 年度 T 大学全学教育として通年開講される週 2 コマの「基礎中国語」のうちの 1 コマ分，第 1 著者が担当する 7 クラスを対象とした。各クラスの学部及び学習者数を表 3 に示す。

本実験授業では，KoToToMo を利用した復習及び授業の冒頭実施する確認テストが，当該授業の成績評価の対象となることをシラバスに明記し，授業開始時に口頭でも説明した。具体的には復習と確認テストは成績のそれぞれ 30%，期末試験は 40% とした。本実験では，前期末と後期末にアンケート調査を実施し，KoToToMo 利用の復習状況，学習者の感想，また前期と後期の比較を通して，学習意欲の変化を明らかにする。さらにアンケートだけでは十分に明らかにされ



図 2 リピーティングの画面



図 3 カ試しの画面

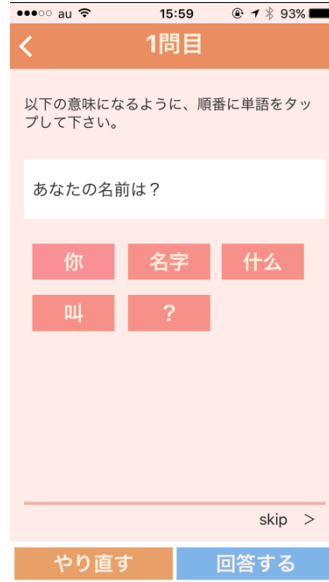


図 4 文型練習の画面



図 5 合格判定の画面

表 3 実験対象クラス及び学習者数

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
工学	文学と教育学	保健学科	工学	法学	農学	工学	合計
45	39	42	40	38	44	40	288

ない事項については、後期末に一部の学習者に対して聞き取り調査を行い、より詳細なデータを得ることとする。なお、聞き取り調査対象者の選び方は、各クラスから成績良好で、かつ本教材を利用して積極的に復習に取り組んだ学習者とする。聞き取りへの回答方法は、調査対象者が、各自の都合の良い時間と場所で自用の PC により、聞き取りの質問について文章（ワード入力）形式で答える方式とする。このような方法をとることにより、回答者は緊張することなく、各質問を正確に理解した上で、じっくり考えて詳細に回答することができると思う。

4.2 実験結果

4.2.1 アンケート結果

KoToToMo を利用した復習状況については、前期後期ともにほぼ全員が復習し、また前期では 55%、後期では 43%の学習者が週に 2 回以上復習している（図 6）。復習課題のうち音読練習に関しては、ほぼ毎回行った学習者及び時々行った学習者の各割合は、前期では両方とも 41%で、後期では、34%と 45%となっている（図 7）。また平均して 1 回にかけた復習時間は、前期、後期ともほぼ同じで、このうち 30 分かけた学

習者が最も多く、前期では 92 人（33%）、後期では 100 人（36%）となっている（図 8）。復習時間帯も、前期後期ともほぼ同じで、夜（19 時以降）が最も多く、前期では 144 人（51%）、後期では 132 人（47%）である（図 9）。復習場所に関しては、自宅と答えた学習者が最も多く、前期では 213 人（76%）、後期では 187 人（68%）だが、その割合が前期より 1 割ほど減少し、逆に大学と答えた割合が 1 割以上増えている（表 4）。

次に、KoToToMo への感想については、「思う」と「まあまあ思でう」を合わせると、前期後期ともほぼ同じ結果で、7~8 割の学習者が「画面は分かりやすかった」「操作は簡単でした」、6~7 割の学習者が「発音判定の練習は気軽にできた」「文型練習は楽しかった」、また 6 割ほどの学習者が「継続的に復習できた」「意欲的に取り組んだ」、7 割以上の学習者が「この教材でよかった」「今後も利用したい」と答えている（図 10）。

さらに、自由記述欄では、KoToToMo への感想を求める質問に対して、「教科書に直接対応した復習をスマホでできるのは良いと思う」、「気軽にどこでもできるのが良い」、「楽しかった、面白かった」、「Quizlet が

表 4 復習場所（複数回答可）

	自宅	大学	電車/バス	不定	その他
前期(n = 281)	213	45	29	5	15
後期(n = 276)	187	84	25	2	3

※スマートフォンを所有せず、KoToToMo を利用できない学習者は、前期 10 名、後期 7 名。今回は、匿名アンケートのためこれら学習者の回答は集計結果に含まれている（以下同）。

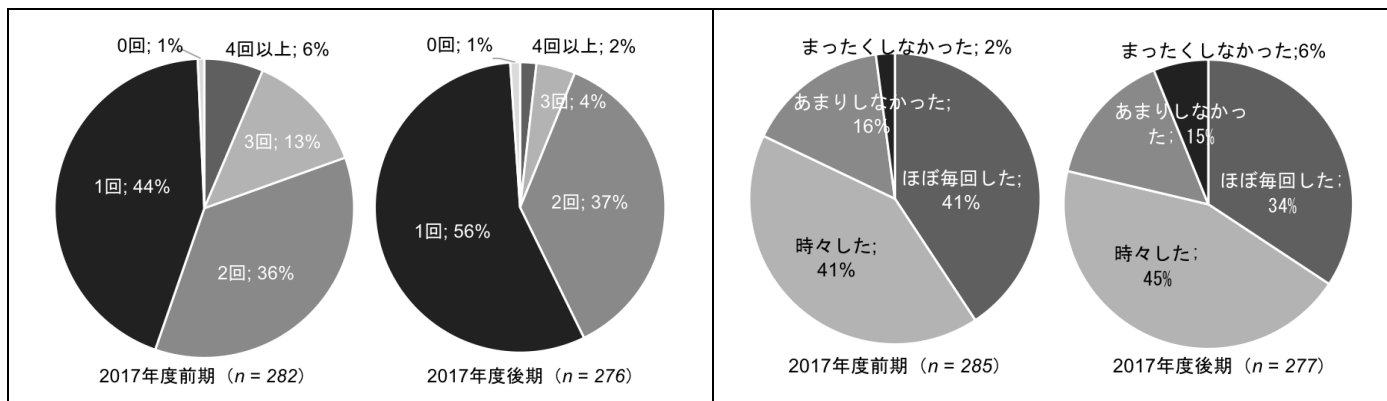


図 6 週の復習回数

図 7 音読練習の状況

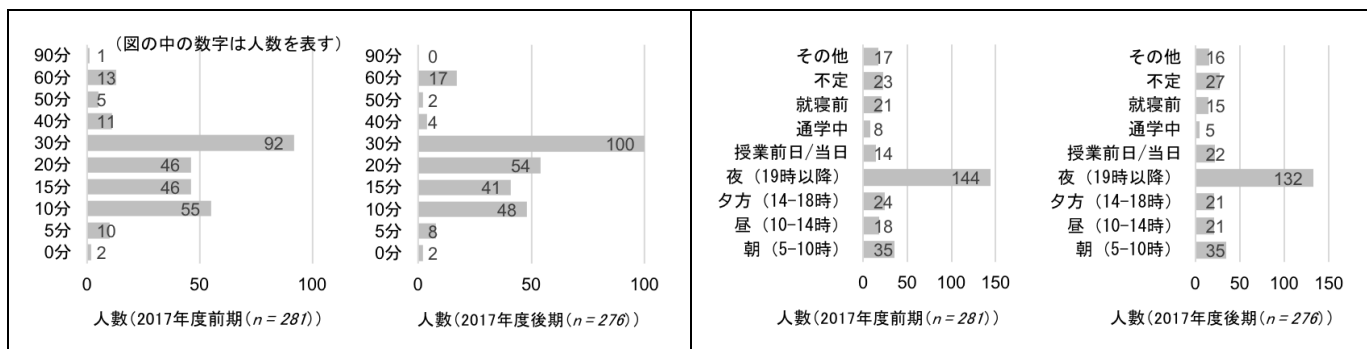


図 8 平均して 1 回にかけた復習時間

図 9 復習時間帯 (複数回答可)

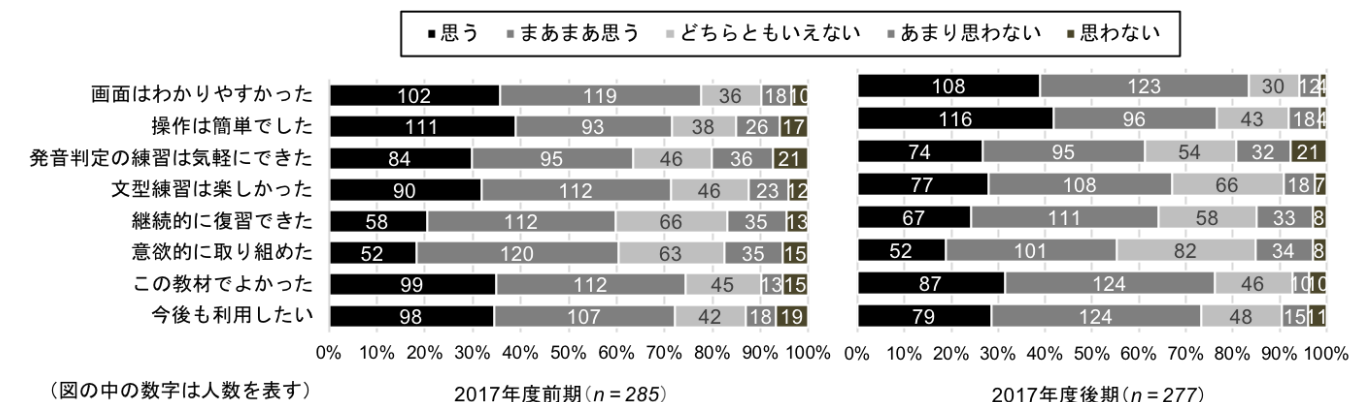


図 10 KoToToMo に対する学習者の感想

使いやすかった、単語を覚えることができた」、「力試しで発音を確認できるのがよかった」、「スマホ教材があることで復習する習慣が付き、その継続的な勉強が語学学習にとっても役立った」など、多くの学習者が肯定的な感想を寄せていた。一方、一部の学習者は、「スマホ教材でちゃんと評価確定されているのか分からない。評価を明示してほしい」と指摘していた。

4.2.2 聞き取り調査結果

表 5 に聞き取り調査の関連質問項目と回答 (抜粋) を示す。「1. 各練習に関する感想及びその理由」については、Quizlet による単語練習は「どこでも学習す

ることができるのでとても効果的だ」、また、KoToToMo アプリの「音読練習や力試し (発音判定) は、とても良い練習だ」、「画期的なもの」、「効率的中国語学習を可能にしている」など、大半が高く評価している。一方、力試しについて「何回言っても正しく認識されない」、文型練習について「問題のバリエーションが増えるといい」という意見があった。「2. 練習分量に関する感想及びその理由」については、1 名を除き全員がちょうど良いとした。「3. 復習の実施方法及びその理由」については、隙間時間や寝る前、放課後、授業前日、週末、暇な時などに、主要には自宅です

が、学校や車中もあった。「単語練習や文型練習」は手軽なので、空き時間の気が向いたときに学校で、「発音練習や聞き取り」は音が出るため夜に自宅でするなど、練習内容に応じて、時と場を使い分けていることが確認された。「4. 追加して欲しい練習及びその理由」については、6名が上記の練習で十分に足りるとし、6名がリスニング練習、1名がピンイン練習、1名が和文中訳練習を希望していた。「5. (現在実装していない)通知機能の必要性・日時設定及びその理由」については、12名は「あった方がよい」とし、通知の日は「授業日の前々日と前日の夕方がいい」が、「各自で設定できればベスト」とし、残りの2名は「必要ない」とした。

4.3 考察

まず、復習状況について、アンケートから、前期後期ともにほぼ全員が復習し、また、前期では55%、後期では43%の学習者が週に2回以上、繰り返して復習していることが確認された。さらに、復習課題のうち、音読練習に関しては、前期後期ともに8割ほどの学習者がほぼ毎回または時々行っていた。復習実施方法については、アンケートの自由記述と聞き取り調査の回答から、単語練習や文型練習は、学習者が隙間時間を利用して様々な場所で手軽に練習しているが、音読練習は主に自宅で行い、繰り返して力試し(発音判定)にチャレンジしていることなどが確認された。

KoToToMoに対する学習者の感想は、アンケートの結果から、前期後期ともほぼ同じで、6割ほどの学習者が継続的・意欲的に復習に取り組み、7割以上の学習者が本教材への満足感を示し、今後も利用したいとしていた。アンケートの自由記述と聞き取り調査の回答からも、楽しかった、面白かった、気軽にどこでもでき、単語の記憶、発音の確認、知識の定着に効果的・効率的で、復習習慣の形成にも役立つという肯定的な感想が寄せられている。このように、課題であった後期における学習継続と学習意欲の顕在的な低下が回避されていることは注目に値するが^(註)、その理由を示すものとして、本教材の練習内容が授業内容に直接対応し、スマートフォンの機能を活用した練習形式が簡便で面白く、練習分量も適宜であることなどが挙げられていた。

表5 聞き取り調査の質問項目と回答(抜粋)

<p>質問1. 各練習に関する感想及びその理由</p> <p>[A] Quizletによる単語練習</p> <ul style="list-style-type: none"> ・どこでも学習することができるのでとても効果的だ。 <p>[B] KoToToMoアプリによる音読練習と文型練習</p> <ul style="list-style-type: none"> ・音読練習や力試し(発音判定)はとても良い練習だ。 ・特に自分的には中国語は発音が一番難しいと思っているのだが、中々それをみてもらったりする機会がない。先生に聞いてもらうのは恥ずかしいという人も多くいると思う。そんな中でもスマホを使って、家でもできるこの練習は画期的なものだと思う。 ・単語の暗記、発音、文法、それぞれの練習ができてとても役立ちます。単語→発音→文型→本文の順でやることによって自然に本文が頭に入ってくる。 <p><意見、提言></p> <ul style="list-style-type: none"> ・(力試しについて)何回言っても正しく認識されない時があり、心が折れそうになることもあります。 ・文型練習について、教科書の文章がほぼそのまま出題されていると感じるので、問題のバリエーションが増えるといいと思います。
<p>質問2. 練習分量に関する感想及びその理由</p> <ul style="list-style-type: none"> ・少な過ぎず負担になり過ぎない分量で、丁度良いと思います。スキマ時間を見つけた際、自主的にアプリを使って学ぼう、と思える分量だからです。 ・適切だと思う。スマホ教材というのは手軽さが売りだと思うので、多すぎもせず、かといって知識の定着には足りないといった量でもない。今の分量のままでよい。 <p><意見、提言></p> <ul style="list-style-type: none"> ・少なめだと思いました。もう少し繰り返したりする問題があっても良いと思うからです。
<p>質問3. 復習の実施方法及びその理由</p> <ul style="list-style-type: none"> ・単語練習や文型練習は手軽にできるので学校で、空き時間の気が向いたときにやっています。発音練習や聞き取りは音が出るため学校ではあまりできないので、自宅で夜にやっています。 ・暇なとき、家、学校、電車の中で。スマホ教材は手軽にできることが売りだと思うので、空いた時間にやるようにしている。教科書開くのが面倒なときや忘れてしまった時でもアプリなら学習可能なので、特に電車の中では重宝している。
<p>質問4. 追加して欲しい練習及びその理由</p> <ul style="list-style-type: none"> ・試験のリスニング問題の対策や、実践的な中国語の練習のために、リスニングの練習がアプリでもできればいいと思います。
<p>質問5. 通知機能の必要性・日時設定及びその理由</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通知機能があった方がいいと思います。通知の日は、授業日の前々日と前日の夕方がいいと思いますが、各自で設定できればベストだと思います。

以上により、KoToToMoはBL用復習教材として実践可能であり、学習者は手軽に楽しく継続的に復習に取り組むことができ、学習意欲を向上・維持させ、授業後の自習を促進するユビキタス学習環境の構築が期待できる、と考える。

5. まとめ

本研究は、大学初修中国語 BL において、学習者により便利な学習環境を提供し、効果的教育を実現するために、Microlearning の設計原則に基づき BL 用スマートフォン利用復習教材の設計方針を明らかにし、アプリ教材 KoToToMo を設計・開発した。また、平成 29 年度に T 大学の 7 クラスの初修中国語授業を対象に通年の実証実験を行い、アンケート調査及び聞き取り調査を通して、KoToToMo の実践可能性、効果及び今後の改善課題を確認した。その結果、KoToToMo による BL の実践が可能であり、本教材により隙間時間を利用して手軽に効率よく復習することができ、学習意欲の維持、授業後の自習の促進、対面授業と連携させたユビキタス学習環境の構築が期待できる。すなわち、Microlearning の設計原則とそれに基づく BL 用スマートフォン利用復習教材の設計方針が効果的であることが明らかとなり、学習者自身がそれを的確に証言していた。

一方、今後の改善課題として、リスニング練習の設計手法、通知機能の提示手法、学習結果の可視化手法を明らかにする必要がある。また、スマートフォンでは、LINE や WeChat などの SNS により、授業時間外に時と場に制約されないコミュニケーション言語活動や相互学習が可能のため、SNS を活用した教材の設計手法も示す必要がある。今後は、これら課題に取り組み、より効果的な BL のための復習システム構築を目指す。

注

2015 年度 T 大 6 クラスにおける PC 利用 BL では、前期は継続、意欲とも 72% であるが、後期は継続 57%、意欲 50% へと大幅に下落し、課題となっていた。今回は、前期は継続、意欲ともに 60% で、2015 年度を各 10% 強下回っているが、後期では継続が 64% で上昇に転じ、意欲は 55% で 5% の下落に止まり、最終的にそれぞれ 27 年度を上回った。ここで重要なのは、継続、意欲が維持されている点である。スマホ効果の本質に関わるこの課題については、別に詳細に分析、考察を加えたいと思っている。

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, 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の開発と実践”, 教育システム情報学会誌, Vol. 29, No. 1, pp.49-62 (2012)
 - (2) 角南北斗: “授業外・教室外の学習を見据えた教材設計”, 2014 PC Conference, pp.142-143 (2014)
 - (3) 三枝裕美: “中国語教育におけるモバイルラーニング教材の開発”, 長崎外大論叢 (14), pp.75-86 (2010)
 - (4) 呉剣明, 加藤恒夫, 楊達: “スマートフォン・タブレットによるスマート中国語学習教室の構築”, 日本教育工学会論文誌, Vol. 36, No. 3, pp.239-250 (2012)
 - (5) 趙秀敏, 富田昇, 今野文子, 大河雄一, 三石大: “初級中国語 KoToToMo (ことばを友に)”, ios/Android 双方対応アプリ (2017)
 - (6) Theo Hug, Martin Lindner, Peter A. Bruck. : “Microlearning: Emerging Concepts, Practices and Technologies after e-Learning”, Proceedings of Microlearning 2005, Learning & Working in New Media, Australia, Innsbruck University Press (2006)
 - (7) 祝智庭, 张浩, 顾小清: “微型学习: 非正式学习的实用模式”, 中国电化教育, 总第 253 期, pp.10-13 (2008)
 - (8) 吴军其, 齐利利, 胡文鹏, 袁永波: “微课件的学习活动设计”, 中国电化教育总第 308 期, pp.106-109 (2008)
 - (9) Lindner, M. : “What Is Microlearning?”, Micromedia and Corporate Learning: Proceedings of the 3rd International Microlearning 2007 Conference, Innsbruck University Press, pp.52-62 (2007)
 - (10) 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: 単語練習の設計”, 第 41 回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.71-72 (2016)
 - (11) 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: 音読練習と文型練習の設計”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.31, No.6, pp.105-110 (2017)
- 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”, 第 42 回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.459-460 (2017)

大学初修中国語教育における学習動機付けを目的とした SNS コンテンツ配信の実践

肖楊^{*1}, 趙秀敏^{*2}, 大河雄一^{*1}, 三石大^{*3}

*1 東北大学大学院教育情報学研究部・教育部, *2 東北大学高度教養教育・学習者支援機構,
*3 東北大学教育情報基盤センター

Practice of Motivational SNS Contents Delivery in University Beginner Chinese Education

Yang XIAO^{*1}, Xiumin ZHAO^{*2}, Yuichi OHKAWA^{*1}, Takashi MITSUISHI^{*3}

*1 Graduate School of Educational Informatics Research Division / Education Division,
Tohoku University

*2 Institute for Excellence in Higher Education, Tohoku University

*3 Center for Information Technology in Education, Tohoku University

我々は、大学初修中国語教育において、ICTを活用し、通常の対面授業と授業後のeラーニングによるブレンディッドラーニングを実践している。そこで、より学習者の学習意欲を高めるため、インストラクショナルデザインの動機づけ理論であるARCSモデルに基づき、学習対象言語の背景知識と関連するSNSを利用した定期的なコンテンツ配信の動機づけ設計指針を提案するとともに、それによる配信コンテンツを試作した。さらに、実授業を対象とした実証実験を通して、今回の学習動機付けを目的としたSNS配信コンテンツの設計指針に基づくコンテンツに関する学習者の利用状況と評価を確認し、その結果、学習者の中国語・中国文化・社会への理解及び学習意欲の向上という一定の効果が確認された。本稿では、提案するSNS配信コンテンツの設計指針、試作したコンテンツ、及び実験結果を報告する。

キーワード:大学初修中国語教育, SNS コンテンツ配信, インストラクショナルデザイン, 学習動機づけ

1. はじめに

日本の大学の初修中国語教育において、学習者の学習動機を高め、授業後の自習を促進し、学習効果を高めるための試みとして、我々は通常の対面授業に授業後の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に着目している。これまで、効果的なブレンディッドラーニングの実施のために、インストラクショナルデザイン理論に基づく3段階学習プロセスを提案し、実授業における実証実験から、その有効性が確認している⁽¹⁾。しかし、これまでの実践における、授業後のeラーニングは主に授業と関連づけた復習となっており、外発的動機付けを与えているが、

学習者の内発的動機付けを与えるには、まだ不十分な面がある。特に、外国語教育においては、言語への理解をより深め、学習効果と学習意欲を高めるには、発音・語彙・文法などの言語要素を教えるだけでなく、その言語の背景にある文化や社会などを伝えることも必要とされているが、これまでのeラーニングによる復習では、中国文化や社会の紹介をほとんど行っていないかった。

一方、近年、日本においてもスマートフォンやタブレット等のモバイル端末が急速に普及し、多くの学習者が他人とのコミュニケーションやニュース等の購読を目的に、LINEやTwitter, FacebookなどのSNS

ツールを常用するようになりつつある。これらの SNS ツールの多くは、利用者に新たなコンテンツを PUSH 配信することができ、その着信を端末で通知する機能を備えている。そこで、初修中国語学習者が普段から使用している SNS ツールを利用して、学習者の興味関心に基づいた中国文化や社会に関する様々なコンテンツを配信し、端末上で通知できれば、学習者が中国語のコンテンツに触れる機会を増やすことができ、中国語に対する興味関心をより喚起できると期待される。

しかし、これまでの日本の大学初修中国語教育など外国語教育において、このような SNS ツールを利用した動機づけを行おうとする試みは少なく、語学学習に対する高い動機づけを可能とするコンテンツの設計手法も明らかにされていない。これに対し、本研究では、インストラクショナルデザインにおける動機付け設計理論の ARCS モデルに基づき、ブレンディッドラーニングにおける SNS を利用した定期的なコンテンツ配信による動機づけの設計手法を明らかにすることを目的とする。そのために、本研究では、まず、大学で初めて中国語を学ぶ学習者を対象に事前アンケート調査を行い、各学習者の授業時間外における学習状況や、SNS の利用状況と意識を明らかにする。その上で、日本の学習者に広く普及する SNS ツールの 1 つである LINE の利用を念頭に、動機づけの観点かコンテンツ配信の設計指針を提案する。その上で、提案設計指針に基づき配信内容を試作し、学習者に実際に配信する実証実験を行う。また、コンテンツの利用状況と事後アンケート調査によって、提案設計指針の実践可能性について議論する。

本稿では、提案する SNS 配信コンテンツの設計指針、試作したコンテンツ、及び実験結果を報告する。

2. SNS を活用したコンテンツ配信における動機づけ設計指針の提案

本研究では、インストラクショナルデザインにおける動機付け設計理論の ARCS モデルに基づき、初修中国語における SNS を利用した定期的なコンテンツ配信による動機づけの設計指針を提案する。

2.1 事前アンケート調査結果に基づく基本方針

日本の大学における初修中国語ブレンディッドラー

表 1 アンケート調査に基づく SNS 配信コンテンツの基本方針

設計項目	基本方針
内容	中国語授業に関する内容, 中国文化・社会に関する内容, 中国会話など実践的な内容
形式	音声・画像・ビデオなどの様々な形
分量	一週間に 15 分程度の内容量
配信手段	インターネット上のビデオ配信サービス, インターネット上の SNS, チャットによるグループ間コミュニケーションツール, LINE の公式アカウントなどの PUSH 通知サービス

ニングにおいて、中国語学習に SNS を通じて配信を行い、高い動機づけを与えられるコンテンツの設計指針を明らかにするために、実際に大学で開講されている中国語授業の一つのクラスで学習者を対象にアンケート調査を行い、学習者の学習への意識、SNS の利用状況、及び SNS の利用に対する意識を調査した。今回、この調査結果に基づき、表 1 に示す形で配信コンテンツの作成、配信の基本方針を決定した。

2.2 ARCS モデルに基づく教材動機づけ設計指針の作成

ARCS モデルは教材の設計過程において動機づけの問題に取り組むことを援助するために、注意・関連性・自信・満足感の 4 要因の枠組みと動機づけ方略、並びの動機づけ設計の手順を提案したものである。また、四つの分類それぞれはさらに、主要な学習意欲の変に基づいた下位分類を持つ。下位分類は明らかになった特定の問題に対する適切な動機付け方策を立案する際に役立つものである⁽²⁾⁽³⁾。

ARCS モデルは、これまでの外国語教育における動機付け研究にも使われてきている。例えば、趙らは、ARCS モデルに基づきブレンディッドラーニング用 e ラーニング教材設計指針を作成し、その実践可能性も確認できた⁽⁴⁾。しかし、この e ラーニング教材は主に PC を活用した授業後の復習ドリル教材である。これに対し、本研究では学習対象言語の背景知識と関連す

表 2 SNS コンテンツ配信のための ARCS モデルに基づく動機づけ設計指針

ARCS モデル		SNS 配信コンテンツのための ARCS モデルに基づく動機づけ設計指針 (*印で示す設計指針は主たる指針)	
注 意	A1 知覚的喚起	1. 配信方法*	学習者に注意を引くために、PUSH 方式で通知を送るとともに、通知内容の時系列での提示を入れるなど多様な配信方法を提供する。
		2. 画面設計*	配信内容を幾つかのかたまりでわかりやすく組版する。できるだけ印象的なイラストを選択する。
	A2 探究心の喚起	3. 配信内容特徴*	内容の新奇性、即時性、オリジナル性を重視する。できるだけ中国社 会・文化に関する最近の新しい情報を提供する。
		4. トピック特徴	できるだけディスカッションでき、決まった答えがないトピックを 問題含みに導入する。
	A3 変化性	5. 内容の多様性	毎回違うテーマや内容を発信する。
		6. 形式の多様性	内容情報を文字、音声、画像、ビデオなど多様な形で提供する。
		7. 配信方法の多様性	学習者の多様な学習スタイルに適応する多様な配信方法を提供す る。
関 連 性	R1 目的指向性	8. 動機付け*	中国文化、社会に関するコンテンツ配信を通して、中国語学習への動 機づけを高める。
	R2 興味との一致	9. 学習者の興味関心*	学習者の興味関心にあった内容と話題を選択する。
	R3 親しみやすさ	10. 授業との関連*	授業の内容と関連づいた話題や内容を設計する。
		11. 一休みとの関連*	授業中約 5 分の「一休み」の内容と関連づいた話題や内容を設計す る。
		12. 実生活との関連*	学習者普段の生活と関連づいた話題や内容を設計する。
		13. 配信者	親しみがある配信者による配信を行う。
		14. 配信者の語り口調	親しみがある口調や言葉遣いで配信コンテンツを作成する。
15. ユーモア	ユーモアにある配信内容にする。		
自 信	C1 学習要求	16. 話題と概要の提示	配信内容では冒頭で話題と概要を明確に説明する。
	C2 成功の機会	17. 分量*	週に 15 分程度の分量で、そのうち、幾つか 1～5 分くらいの内容に 区切る。
		18. 難易度*	学習者に適切な挑戦レベルの内容にする。
		19. インプット中心*	初級レベルのため、ほぼインプット中心として設計する。
	C3 コントロールの 個人化	20. 視聴の時間・場所*	時間・場所を問わず視聴可能。
21. 質問可能*		直接質問することができる。	
満 足 感	S2 外発的な報酬	22. 称賛と励まし	肯定的なコメントや励ましの言葉を入れ。

る各種コンテンツの SNS を利用した定期的な配信による動機づけ設計指針を作成することを目標とする。従って、ここでは、事前アンケート調査からの提案を踏まえ、ARCS モデルの 4 要因及び 12 の下位分類を枠組みとしつつ、SNS を活用した e ラーニング教材に適用可能な方略を選択し、動機付け設計指針を作成した(表 2)。また、本教材は成績と関係する強制的な学習教材ではなく、学習動機を高めることを主たる目的としたため、特に ARCS モデルの「注意・関連性・自信」を中心に基づいて作成した。

3. LINE を利用したコンテンツ配信の設計

上記の SNS コンテンツ配信のための動機づけ設計指針に基づき、以下のように「内容」、「形式」、「分量」、「配信手段」四つの面からコンテンツ配信の設計を行った。*印で示す主たる設計指針はほぼ毎回対応し、その他の設計指針は必要に応じて対応する。

LINE@アカウントによる配信は最初に試行錯誤しながら配信してみたため、上記の設計指針を定まって教材を作成し始めたのは 6 月 11 日であった。配信内容概要は表 3 のように設計している。(指針「3.配信内容特徴*、4.トピック特徴、5.内容の多様性、8.動機付け*、9.学習者の興味関心*、10.授業との関連*、11.一休みとの関連*、12.実生活との関連*、14.配信者の語り口調、15.ユーモア、16.話題と概要の提示、18.難易度*、19.インプット中心*、22.称賛と励まし」)。例えば、図 1 は 2017 年 7 月 8 日配信したコンテンツの具体的なイメージであった。

形式については、主に文字、音声、画像、ビデオの形で設計している。また、情報の区切りを示すために、ポスターの形でまとめたり、絵文字や空白などを使用したりすることにより、情報のかたまりを様々な方法で提示する(指針「2.画面設計*、6.形式の多様性、8.動機付け*、17.分量*」)。

表 3 設計指針に基づく配信内容概要

配信日	回数	配信内容
2017/6/11 (日)	第 1 週間目	就職活動に関する中国文化と中国語、中国語音楽
2017/6/18 (日)	第 2 週間目	父の日に関する中国文化、中国語音楽
2017/6/24 (土)	第 3 週間目	中国での人気バラエティ番組、宿題に関する内容
2017/7/2 (日)	第 4 週間目	中国での人気ドラマ、若者言葉、宿題に関する内容
2017/7/8 (土)	第 5 週間目	授業内容と関連する若者言葉、一休みの補充内容、オリジナルビデオ
2017/7/15 (土)	第 6 週間目	中国でのネットショッピングに関するニュースの紹介
2017/7/22 (土)	第 7 週間目	中国語音楽 (カバー曲)
2017/8/1 (火)	第 8 週間目	オープンキャンパスに関する内容
2017/10/15 (日)	第 9 週間目	中国での結婚式に関する紹介
2017/10/22 (日)	第 10 週間目	中国共産党全国代表大会に関するニュース、中国語音楽音楽
2017/10/27 (金)	第 11 週間目	中国での人気ゲーム「王者荣耀」、ゲームの音楽に関する紹介
2017/11/4 (日)	第 12 週間目	中国「独身の日」、ネットショッピングに関する紹介
2017/11/12 (日)	第 13 週間目	プレゼントを贈る時の日中文化の違いに関する内容
2017/11/19 (日)	第 14 週間目	若者言葉「男友力」、中国語合唱曲「小酒窩」の紹介
2017/11/26 (日)	第 15 週間目	インターネット上の有名人である「网红」についての紹介、中国で人気な日本語曲「東京盆踊り」の紹介
2017/12/3 (日)	第 16 週間目	授業での発表 TOP5、人の心のタイプを表す中国語
2017/12/10 (日)	第 17 週間目	中国語曲「告白气球」を学ぶビデオ
2017/12/17 (日)	第 18 週間目	中国で大人気な食べ物である「螺螄粉」の紹介 (新年特別なプレゼント抽選会)、よくネットで見られるネットスラングの紹介

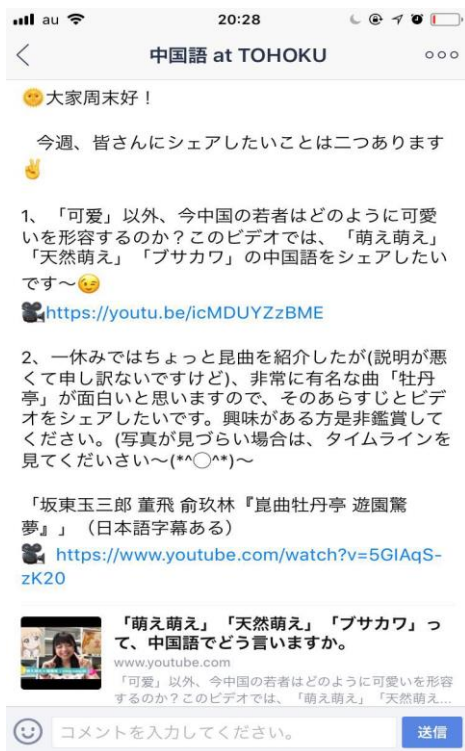


図 1 LINE@による配信コンテンツの具体例

配信分量については、週に一回、一回 15 分程度の分量、さらに一回の配信内容を幾つか 5 分以内の部分に分けた内容を学習者にコンテンツ配信を行った。(指針「8.動機付け*, 17.分量*, 18.難易度*」).

配信手段として、学習者の注意を引くために、TA として学習者に広く使われる SNS ツールの 1 つである LINE に向けて情報配信できる LINE@を通じて、主に LINE のタイムライン機能 (ホームページにも自動登録)、トーク (利用者設定により PUSH 通知) を利用してコンテンツを配信している (指針「1.配信方法*, 7.配信方法の多様性, 8.動機付け*, 13.配信者, 20.視聴の時間・場所*, 21.質問可能*」).

4. 実証実験

本章では、上記 LINE@による配信コンテンツを用い、実授業を対象に実証実験を行い、今回の設計指針に基づくコンテンツの実践可能性、並びに設計指針による効果を確認する。

4.1 実験対象と実験方法

今回の実験は、T 大学平成 29 年度初修中国語授業として開講される週 2 コマのうち、1 コマ分第 2 著者が担当する法学部の 1 クラスを対象とした。前期の実験対象者数は 40 人であった。後期は二人履修放棄の

為、38 人となった。

実験では、2017 年 6 月 11 日から 2017 年 12 月 23 日まで全部で 18 回配信した (前期は 8 回、後期は 10 回)。作成したコンテンツを授業期間で週 1 回主に週末に配信し、その利用状況を観察した。具体的には、LINE@アプリ自体が付いている「統計情報」という機能のデータ「PV (Page Views)」を参考に、コンテンツが閲覧された回数を通して利用状況を確認することとした。その上、実験終了前に (前期は 8 月 2 日、後期は 12 月 20 日)、匿名アンケート調査を行い、配信したコンテンツに関する感想や学習意欲を明らかにした。

4.2 実験結果

4.2.1 LINE@の利用状況

前期では、今回コンテンツ配信のための LINE@アカウントをフォローした実験対象者は 39 人、実験対象外の者を含めて全部で 58 人であった。後期では、LINE@アカウントをフォローした実験対象者は 32 人、実験対象外の者を含めて全部で 55 人であった。

図 2 に 18 週間の配信コンテンツごとの PV を示す。全体的に、前半の PV は高く、その変動も大きいに対し、後半の PV は低く、変動が小さい傾向が見られた。ただ、後半では変化が大きいところもある。

図 3 に各週における PV の日ごとの遷移を示す。全体的に、最初の PV が比較的に高く、第一ピークとなる。また、最初の PV から一旦下がって、また第二ピークがあることが見られた。多くの学習者はメッセージが来た時コンテンツを見る傾向があり、また授業日 (水曜日) の PV も比較的に高いことが見られた。

4.2.2 アンケートの結果

(a) 学習意欲と学習効果について

まず、LINE@アカウントのフォロー状況について、前期 39 人 (実験対象クラス人数全部 40 人で、一人休み) の事後アンケートから、今回コンテンツ配信のための LINE@アカウントをフォローした実験対象者は 39 人、後期で 36 人 (実験対象クラス人数全部 38 人で、二人休み) の事後アンケートから、LINE@アカウントをフォローした実験対象者は 32 人であった。全員は LINE@アカウント「中国語 at TOHOKU」をフォローした。しかし、そのうち、4 人はフォローしていたが、後期では解除した。理由としては、「途中で飽

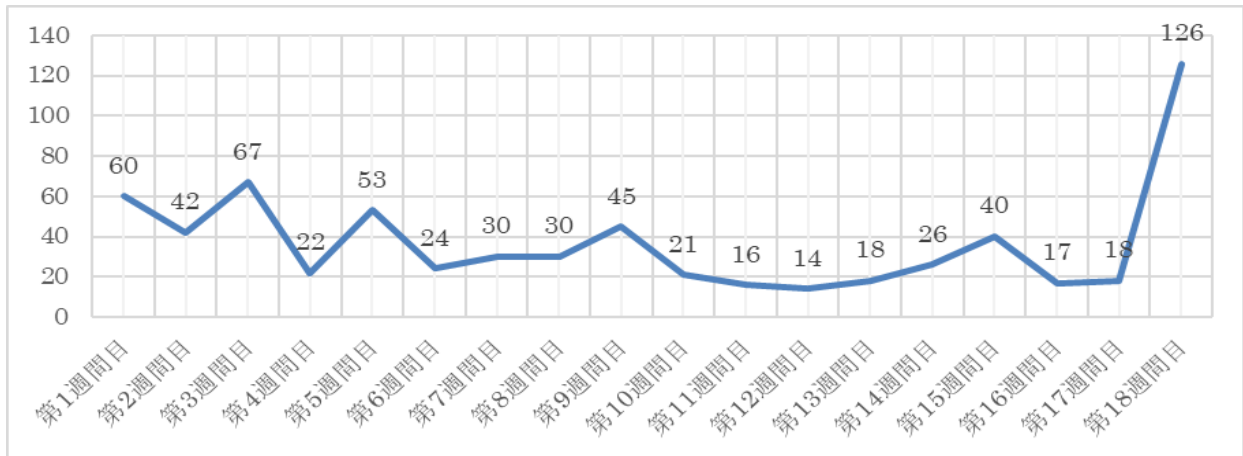


図 2 配信コンテンツごとのPV

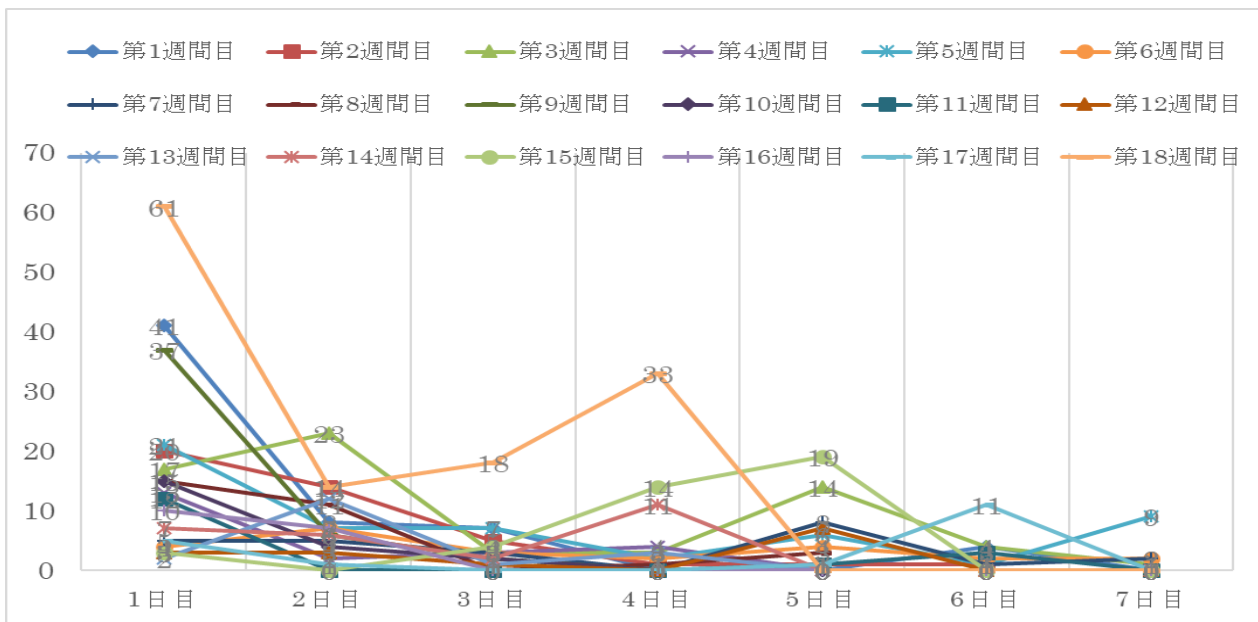


図 3 各週における日ごとのPV

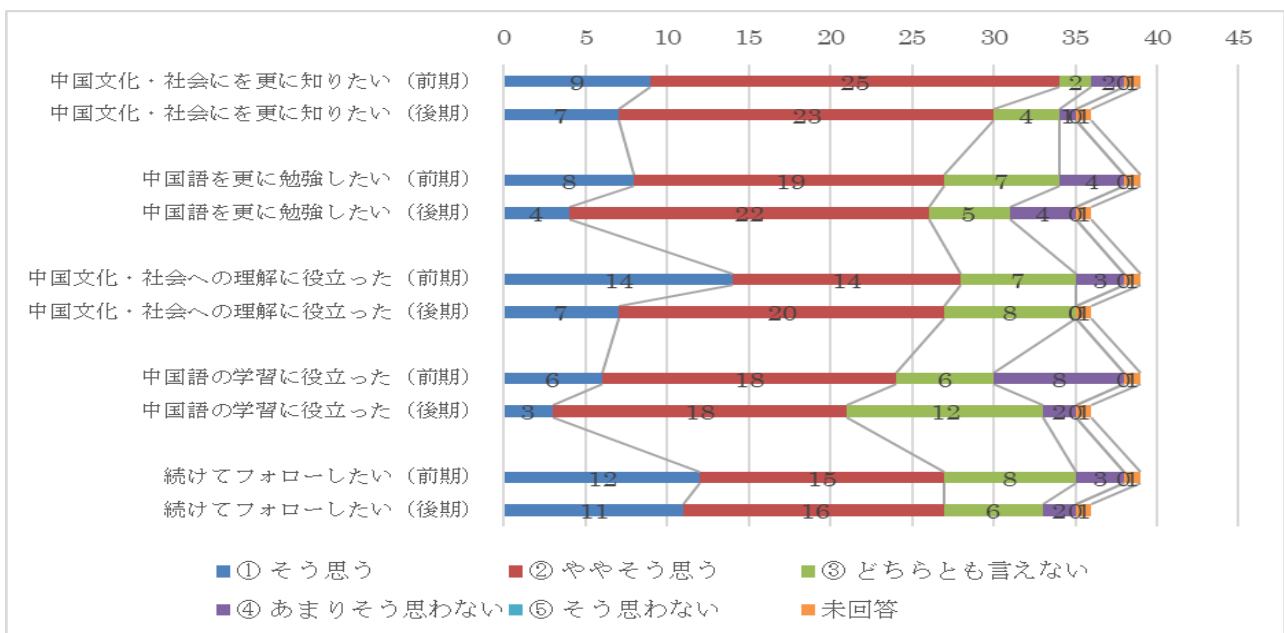


図 4 学習意欲と学習効果について前後期の比較

きた」、「通知がおっくう」、「LINE のデータが消えてしまったため」が挙げられた。

図 4 は学習意欲と学習効果について前後期の比較を示す。全体的から見ると、前期も後期も似ている傾向が見られた。後期は前期より少し減っていたが、大部分の学習者は肯定的な評価を行った。

(b) 設計指針に基づくコンテンツ配信について

配信内容について、配信された内容は分かりやすいと回答した学習者は前期 32 人、後期 28 人、ほぼ 80% である。メッセージを見た時、面白そうだと感じた学習者は前期も後期も 30 人、ほぼ 80% である。配信された内容の中で、学習者が一番興味を持った内容は中国で最近流行っている文化に関する内容で、前期 72%、後期 50% を占めた。授業の「一休み」のコーナーと関連した内容に興味を持った学習者は二番目多く、前期 33%、後期 28% を占めた。

配信されたコンテンツの形式について、今の形式のままがいいと思う学習者は、前期も後期も 70% ぐらいである。その他、「ビデオや音楽の前期比率を増やして欲しい」学習者は前期 5 人、後期 4 人いた。

配信分量について、前期も後期も週に一回、及び一回 15 分以内の分量がちょうどいいと思っている学習者は 80% ぐらい。ほぼ全部の学習者は一回の配信内容を見るのに 15 分以内かかった。そのうち、5 分未満の学習者は前期 30 人、後期 26 人いた。見るタイミングについて、時間がある時に少しずつメッセージを見た学習者は一番多く、前期は 58% で、後期は 39% となった。それに対し、メッセージの通知が来た時すぐに見た学習者は前期の 6 人から後期 10 人まで増えた。

配信手段について、前期では普段トークから配信メッセージを見る学習者は最も多く、74% を占めた。その他、タイムラインからみる学習者が 36% で、スマホの通知画面からみる学習者が 26% であった。

4.3 考察

LINE@ の利用状況、及び事後アンケートの結果から、今回学習動機付けを目的とした設計手法に基づく SNS コンテンツ配信による学習効果と学習意欲、および設計指針の実践可能性について考察を行う。

学習効果と学習意欲について、LINE での配信内容を見て、大部分の学習者は中国語・中国文化・社会へ

の理解に役立ったと感じ、更に知りたいと思うことから、中国語・中国文化・社会にたいする学習効果と学習意欲が向上したと考えられる。また、後期は前期より学習効果と学習意欲がすこしだけ下がっているが、前期とほぼ同じ程度で維持していることがみられた。興味を持った理由についての記述問題の回答にも「文化は面白い」、「文化の違いをもっと知りたい」、「中国の社会事情に興味があったから」など内発的動機づけの回答が多く見られ、最初の「指針 8. 動機付け*」の効果が見られたと言える。

配信内容について、中国で最近流行っている文化に関する内容、及び授業の「一休み」のコーナーと関連した内容に興味を持った学習者が比較的が多い。具体的に興味を持った理由についての記述問題の回答に、「中国の独特で日本と違う結婚文化が面白かったから」、「タイムリーだったから」、「授業中に聞いた、送るべきもの、そうでないものについて関連していたから」、「自分もゲームが好きだから」、「異なる言語のカバー曲が新鮮だったから」、「自分のが選ばれてた」などが挙げられた。つまり、内容の新奇性・即時性・関連性、多様性が重要だと考えられる。ディスカッションできるトピックも学習者の探究心を喚起することが可能であることから、配信内容の候補となり得る。配信された内容が分かりやすいと感じた学習者は 80% ぐらいことから、自信を与えるために、内容の難易度も考慮しながら、初心者向けのインプット中心として設計した方が望ましい。その他、適切な称賛と励ましなど外発的動機も内発的動機付けになることができる。例えば、第 18 週間目の配信は、中国で大人気な食べ物である「螺螄粉」について紹介し、LINE@ で新年特別なプレゼント抽選会を行い、授業の「一休み」でまた当たる学習者に渡すという内容だった。その週の閲覧回数は急に増加し、初日 61 で、全部 126 に至った。これは今までの設計指針にはない外発的動機づけによる効果の可能性がある。従って、指針「3. 配信内容特徴*、4. トピック特徴、5. 内容の多様性、9. 学習者の興味関心*、11. 一休みとの関連*、12. 実生活との関連*、16. 話題と概要の提示、18. 難易度*、19. インプット中心*、22. 称賛と励まし」による効果が予想される。

配信内容の形式について、学習者多様な学習スタイルに合わせて、基本的に毎回文字・音声・画像・ビデオ

がある多様な形式で設計している。今の形式のままでもいいと思う学習者は、前期も後期も70%ぐらいことから、文字・音声・画像・ビデオがある多様な形式で良いと考えられる。従って、指針「2.画面設計*、6.形式の多様性」による効果が期待される。ただ、形式より内容の方が重要なため、ここで配信内容に合う多様な形式のバランスを取ることが必要と考えられる。

配信分量について、前期も後期も週に一回、及び一回15分以内の分量がちょうどいいと思っている学習者は80%ぐらい、ほぼ全部の学習者は一回の配信内容を見るのに15分以内かかった。また、見るタイミングについて、個人によって違うが、時間がある時に少しずつメッセージを見た学習者は一番多いことから、達成感と自信を与えるために、一回の配信内容を幾つか小さな単位に分けた方が望ましい。従って、指針「17.分量*、18.難易度*」による効果が予想できる。

配信手段について、学習者はメッセージを見る方式とタイミングは個人によって異なるが、前期では普段トークから配信コンテンツのメッセージを見る学習者が最も多く74%を占めた。多様な配信方法は学習者多様な学習スタイルに合わせ、効果的に高い確率で学習者の注意を引くことも可能である。また、各週におけるPVの日ごとの遷移から、多くの学習者はメッセージが来た時コンテンツを見る傾向が確認でき、LINEのPUSH通知機能による効果が見られた。さらに、授業日(水曜日)の閲覧回数も比較的に高いことから、逆に授業からの動機付け効果も見られた。その他、時々学習者から授業や授業後使うeラーニング教材や中国文化に関する質問があり、LINEですぐ対応できたことから、学習者の学習支援、及び教員とのコミュニケーション支援効果も見られた。従って、指針「1.配信方法*、7.配信方法の多様性、20.視聴の時間・場所*、指針21.質問可能*」による効果が期待される。

以上により、大学初修中国語ブレンディッドラーニングにおいて、今回のARCSモデルに基づき、学習動機付けを目的としたSNSコンテンツ配信の設計指針の実践可能性が期待でき、その設計指針によるコンテンツ配信学習効果と学習意欲の向上という一定の効果が確認されたといえる。

しかし、日毎のPVを全体的に見ると、前半のPVは高く、その変動も大きいに対し、後半のPVは低く、

変動が小さいことが確認された。前半のPVは後半のPVより高いの原因としては、最初に学習者の好奇心が高く、後は徐々に慣れてきている可能性がある。そして、期末で配信内容を見る時間が少なくなることなど学習者の日常生活に影響される可能性も考えられる。そのため、どのように学習効果と学習意欲を続けて向上・維持できるのかについてはまだ今後の課題となる。

5. まとめ

本研究では、大学初修中国語学習者の中国語学習への意欲の向上を図るため、ARCSモデルに基づき、SNSを利用した定期的なコンテンツ配信・通知による動機付けの設計指針を提案し、さらに設計手法に基づいて配信内容を試作し、学習者に実際に配信する実証実験を通して効果を確認した。LINE@の利用状況、及び事後アンケートの結果から、学習者はLINEでの配信内容を見て、中国語・中国文化や社会への理解と学習意欲が向上したことが見られ、本設計指針と設計手法の実践可能性が期待できるといえる。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費(15K01012, 15K02709, 17K01070)による。

参考文献

- (1) 趙秀敏,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の開発と実践(〈特集〉実用的eラーニング環境の構築と運用)”,教育システム情報学会誌, Vol.29, No.1, pp.49-62(2012)
- (2) John M. Keller: “Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach”, Springer (2009)
- (3) John M. Keller (著), 鈴木克明 (監修, 翻訳): “学習意欲をデザインする: ARCSモデルによるインストラクショナルデザイン”, 北大路書房 (2008)
- (4) 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)

WebRTC を利用した LMS 内での動画による 質疑応答システムの開発

近藤隆司*1, 後藤善友*2

*1 大分大学工学部, *2 別府大学短期大学部

Development of Applications for Question and Answer Utilizing WebRTC

Ryuji Kondo*1, Yoshitomo Goto*2

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

WebRTC技術を利用した質疑応答用のアプリケーション開発に関する報告である。WebRTCにより、Moodle等のLMS内で動画を利用した質問と回答用のシステムを構築した。いったん録画した動画を投稿する場合にはSCORMコンテンツとして構築することが可能となったが、ビデオ会議のようなリアルタイム通信は、利用可能なブラウザが限られて、URLを指定した外部リソースとしての利用となった。

キーワード: WebRTC, LMS, SCORM, 質疑応答

1. はじめに

WebRTCはブラウザ間の音声や動画による通信を可能とする技術⁽¹⁾であり、比較的短いコードでリアルタイム通信を実現できる。2017年にiOS[®]でも利用可能となるなどスマートフォンでも実装が進んでいる。ブラウザで利用するものなので、LMSと親和性が高い。利用法を幾つか推察してみると、まずはLMS内での講義のリアルタイム配信や、教卓で実施するデモの中継があげられる。またこれまで掲示板等でテキストのメッセージを交換していたものを動画によるメッセージに置き換えることも可能であろう。加えて、動画によってしか伝えられない情報もあるのではないかと考えて、WebRTCを利用した教材の開発を試みた。

2. WebRTC 技術を利用したコンテンツ

開発したコンテンツは、通常の掲示板を動画によるメッセージに置き換えるものと、講義映像をリアルタイムに配信するものの二種である。

2.1 カメラとマイクの利用

講義に関する質疑応答をメールにてなす場合、お互

いに相手の意図が伝わらない場合が往々にしてある。そのような場合には、動画によるメッセージの送信も有用と考えて、図1に示すコンテンツを開発した。

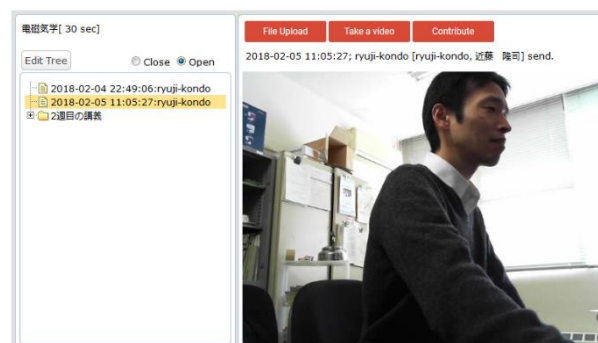


図1 動画によるメッセージを送受信するソフト

このソフトの有する機能は、(1) カメラとマイクを利用しての動画撮影、またそのアップロード、(2) あらかじめ作成された動画のアップロード、(3) アップロードされた動画の再生、(4) 学生に見せる動画の選択等である。アップロードされた動画はLMSとは別のサーバーに保存される。残念ながら、録画機能を利用できないブラウザが多い。Edge[®]やiOSのSafari[®]で利用できない。そのためあらかじめ撮影された動画のアップロード機能を付けたが、上記Safariにおいて

は、直接 WebRTC の機能を利用する場合と遜色ない利用手順となった。このソフトは SCORM 対応であり、LMS 内にコンテンツとして配置できる。そのため特にサーバー運用等の知識がなくとも利用可能である。

2.2 リアルタイム通信を利用したコンテンツ

ブラウザによるカメラとマイクの制御だけでなく、ブラウザ間のリアルタイム通信の機能を利用するコンテンツも構築した (図 2)。



図 2 リアルタイム通信を利用したコンテンツ

図 2 では、自分自身の映像が左上方に表示され、下方に他の受講者の映像も含めた配信映像が表示されている。このキャプチャーは教師用の画面である。右上方に教師も含めた全参加者の名が記されたボタンがあり (ここでは 5 名)、教師は、これを押して誰を大きな領域で表示するか指名する。元となっているソフトウェアは Intel[®] Collaboration Suite for WebRTC⁽²⁾ である。このソフトはブラウザ間を直接つなぐものではなく、個々の参加者の動画をいったん一台のサーバーに集約し合成して同一の動画を全員に送信するタイプのものである。Node.js⁽³⁾によって書かれていて、サーバーサイドで動く。そのため SCORM コンテンツとして取り込むには、iframe タグで LMS 外の Node.js が稼働しているサーバー上の URL を指定して利用する。SCORM 化したものを Moodle に配置したところ、動画の送受信が満足に行えるブラウザは著しく限定された。そのため SCORM としてではなく、リソースとして外部の URL を指定し利用する事とした⁽⁴⁾。受講者

がリソースへのリンクをクリックすると、タブやウィンドウが開かれる。このとき Moodle では、受講者の名前を URL 変数として渡すことができる (図 3)。

▼ URL変数

いくつかの内部Moodle変数が自動的にURLに付加されます。あなたの変数名をテキストボックスに入力した後、必要なマッチング変数を選択してください。

¶meter=変数

name	ユーザ名
------	------

図 3 URL 変数として受講者名を渡す

URL 変数によって受講者を特定することが可能となるが、誰に教師としての機能を持たせるかは、外部サーバー上のデータベースを参照して決定する。このように外部のリソースとすれば、iOS の Safari のような WebRTC をサポートする環境の多くで利用可能となった。

3. おわりに

ここで構築した機能は他の、例えば iOS ネイティブな環境でも、もちろん実現可能であるが、本稿で記した方法は Moodle の運用に要する知識のみで誰にでも利用可能なものである。また、利用方法には質疑応答以外にもレポートの提出や口頭試問に利用するなど多くの可能性がある。特にリアルタイム通信を利用する場合には LMS が講義の補助的な存在から、教室そのものへと変わり得ると考える。

参考文献

- (1) Ilya Grigorik : “ハイパフォーマンスブラウザネットワークング”, オライリー・ジャパン, 東京 (2014)
- (2) Intel Collaboration Suite for WebRTC, <https://software.intel.com/en-us/webrtc-sdk> (2018年2月4日確認)
- (3) Node.js, <https://nodejs.org/ja/> (2018年2月4日確認)
- (4) URL resource settings, https://docs.moodle.org/34/en/URL_resource_settings (2018年2月4日確認)

Kinect を用いた 3D モデルのリアルタイムな 把持移動を可能にするシステムの構築と評価

稲留 広貴, 曾我 真人
和歌山大学システム工学部

Development and evaluation of a system suitable for real time gripping movement by using Kinect

Hiroki Inatome, Masato Soga
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

従来の人型の仮想物体を利用した人物画スケッチ学習支援システムでは、事前に用意された人型モチーフを選びスケッチを行うというものであった。そのシステムでは、学習者がリアルタイムで人型モチーフを直感的に操作して好みのポーズに決めることは出来なかった。そこで本研究では改善案として、学習者がデッサン人形をタンジブルインタフェースとして用い、それをリアルタイムに好みのポーズに変化させ、仮想のモデルの姿勢を変化させる手法を提案する。具体的には、RGB-D カメラから点群データを取得することが出来る PCL を KINECT で用いることによって、実物体の 3 次元座標を取得・トラッキングし、人型の仮想物体を重畳表示させることで直感的操作を実現するシステムを提案する。システムの検証実験では、幾何的整合性を図る精度検証を行い、システムの改良点について考察した。

キーワード: Kinect, 点群処理, 拡張現実感, 物体追跡, 3DCG, タンジブルインタフェース

1. はじめに

1.1 研究背景

近年でのスキル学習支援に関する研究は、技能継承だけでなく災害学習やリハビリテーションなどの分野においても広く行なわれている。また、現実空間を仮想物体によって拡張する AR(Augmented Reality)の技術が一般化するにつれて、AR 分野での研究も行われるようになってきている。そこで、AR との親和性の高い学習支援として、人物画スケッチ学習支援システムが挙げられる。しかし、従来の人型の仮想物体を利用した人物画スケッチ学習支援システムでは、事前に用意された人型モチーフを選びスケッチを行うというもので、モチーフに対しリアルタイムに自分で好きなポージングをさせることが出来なかった。この問題を解決することによって、より直感的な操作が可能なモチーフ姿勢決定システムが実現できる。

1.2 先行研究

従来的人物画スケッチ学習支援システムに関する研究として、山田卓らが 2011 年に発表した「視点を自由に設定できる人物画の輪郭線スケッチ学習支援環境の構築」が挙げられる(1)-(3)。この研究は、本研究と同じく人物画スケッチ学習支援環境の構築を目的としている。この研究では、3DCG の人型モチーフを自由な視点から構図を決定し、人物画スケッチの骨格と輪郭線の診断を可能にした。しかし、このシステムでは事前に用意された複数のモデルの中から、好きなポージングのモデルを選ぶというもので、自分で好きなポージングを作り出すことが出来ないという、直感的なモデル操作における課題があった。

2013 年に Dong Woo Seo らが発表したシステムでは、マーカレスで AR 空間を作成し、Kinect の深度カメラと点群データを利用して手の部分を抽出することで仮想物体への接触判定を実現した(4)。しかし、仮想

物体に対する直感的な把持移動には対応していなかった。

1.3 研究目標

本研究では、1.2 節で挙げた先行研究の問題点を踏まえて、学習者がデッサン人形をタンジブルインタフェース(5)として用い、それをリアルタイムに好みのポーズに変化させ、仮想のモデルの姿勢を変化させ、そのモデルを AR で表示する手法を提案する。そして、その試作システムの構築と評価を行う。

構築するシステムは、試作段階として 3D モデルの位置・姿勢に着目して構築する。人物モデルのポージングを操作するシステムを構築していく上で、操作後の 3D モデルの位置と姿勢の評価が必要となるため、試作段階として採用した。

実物体をトラッキングし、3D モデルを重畳表示することによって直感的なモデル操作が可能な AR 描画システムを構築することを構築することを目標とする。

2. システム設計

2.1 提案手法

前章 1.3 節で挙げた目標を達成するために、以下のことを行う。

- 実物体と、それに近い造形の 3D モデルを用意する
- 実物体を対象物体として認識し、トラッキングさせる
- 対象物体の参照点群に 3D モデルを重畳表示する

把持動作に適応させるために、実物体と実物体に近い形状の 3D モデルを使用する。また、3D モデルだけではなく実物体も使用することで、3D モデルの位置や姿勢を重畳表示先の実物体の姿勢から計測することが可能となる。これにより、前章で挙げた問題点にあった、既存モチーフの視点決定を PC 上で行う必要がなく、マーカレス AR で正しい位置・姿勢を推定することが出来る。

2.2 システム概要

本システムでは人物画スケッチ学習支援への応用を鑑みて、実物体にデッサン人形を使用している。3D モ

デルを実物体の位置・姿勢に追従させるためには、対象物体の位置情報や法線の向きを取得しなければならない。今回は物体の把持移動による位置・姿勢の変化に対応させるために、深度センサを搭載した Kinect を使用する。このデバイスによって現実空間の映像を、深度を含めた 3 次元データとして取得することができる。本システムの物理構成は図 1 である。対象物体認識の精度を考慮し、Kinect と対象物体は 1 m 程離し何もない平面上に配置している。実物体と仮想物体を適応させるために RGB-D カメラの映像を点群データとして取得することが出来るライブラリ PCL を用いる(6)(7)。これにより対象物体を認識し、対象物体の点群データを取得する。そして、対象物体の点群の位置と法線ベクトルを取得することによって実物体の位置と姿勢を仮想物体と対応させる。

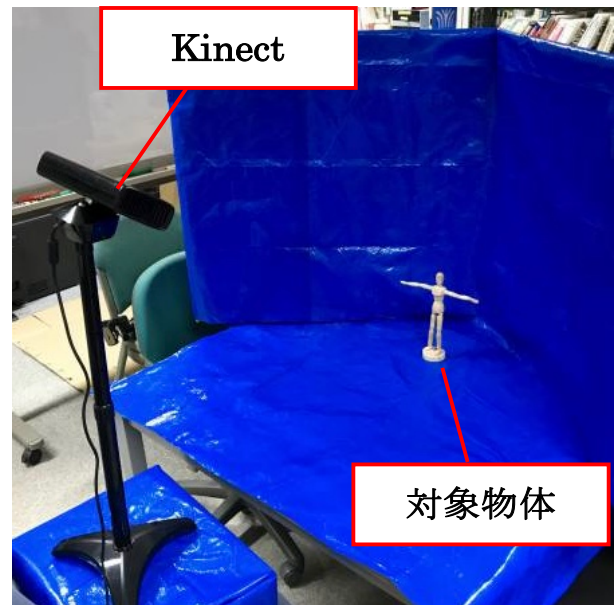


図 1 物理構成

位置と法線ベクトルを取得した対象物体に、3D モデルを重畳表示するためには 3D モデルの点群データと法線ベクトルも取得・計測する必要がある。本研究では 3D モデルを用意するにあたり、3 次元点群処理が可能な 3D データ編集ソフトの MeshLab を使用した(8)。図 2 は本研究で対象物体に頂上表示する 3D モデルであり、図 3 は MeshLab を用い法線ベクトルを可視化したものである。



図2 人型モチーフ

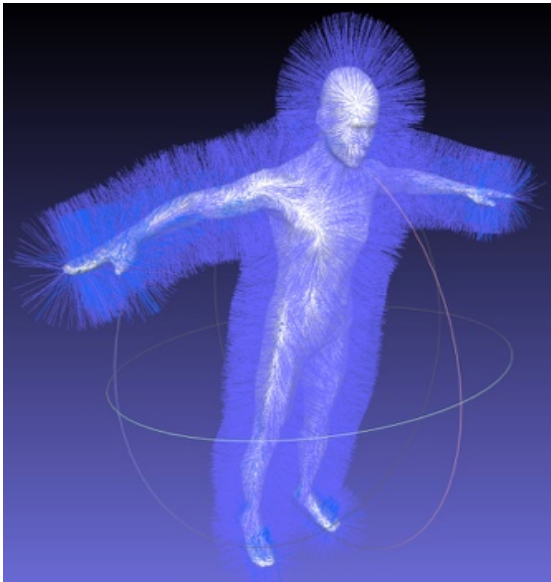


図3 算出した法線

2.3 システム実装

本システムでは大別して以下の2種類の処理を実装した。

- ① 対象物体のリアルタイムな物体追跡
- ② 対象物体への3Dモデル重畳表示

対象物体を追跡するには、まず対象物体を分割化されたモデルとして Kinect から取得する必要がある。取得したモデルの点群データをトラッカーとして設定し、対象物体の追跡を行う。物体追跡の処理の流れは、まず以前の粒子の位置と回転の情報を利用して次のフレームでそれぞれの位置と回転を予測する。次に、これらの粒子の重さを下記の尤度式で計算する(9)。

$$L_j = L_{distance}(\times L_{color})$$

$$w = \sum L_j$$

最後に、深度センサから取得した実際の点群データを予測粒子と比較し、粒子を再サンプリングする。この処理の際に得られる、トラッカーとして設定した分割化されたモデルの参照点群にテンプレートとして用意した人型3Dモデルの点群を重畳表示する。本システムでは、対象物体に追跡する仮想物体の情報のみを必要とするため、重畳先のモデルの参照点群は描画していない。

3. 検証実験

検証実験は以下の項目を実施した。

- ① 対象物体の認識限度の検証
- ② 物体移動追跡の精度検証
- ③ 物体姿勢追跡の精度検証

3.1 予備実験

本システムでは人物画スケッチ学習システムへの応用のため、対象物体にデッサン人形を使用した。しかし、形状の異なる対象物体を用いた場合の挙動を考慮し、対象にデッサン人形を用いることの妥当性を検証するために予備実験を行った。予備実験で行う動作は本実験の動作と同様である。予備実験では、図4に示すようなデッサン人形の他に、立方体と球を用意した。また、立方体と球に近い形状の3Dモデルとして図5に示すウサギ型のモデルを使用した。



図4 予備実験の対象物体

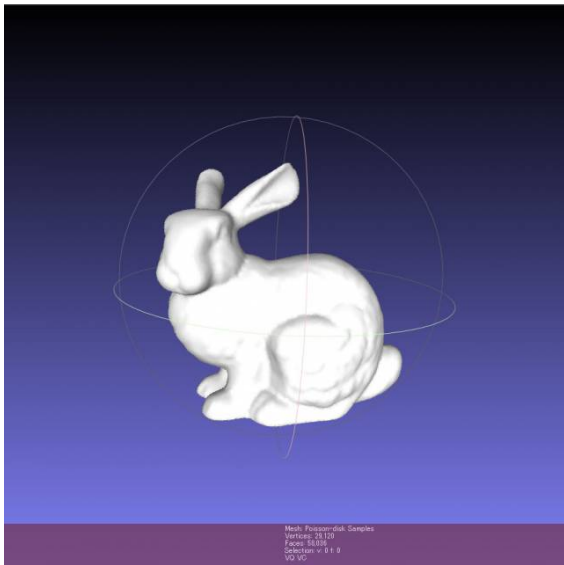


図5 追加した 3D モデル

予備実験の結果、デッサン人形を使用した場合は 3 次元的な移動と回転の両方に適合していることが分かった。しかし、球と立方体は移動には適合していたものの、回転には適合し難いということが分かった。これは、表面の法線ベクトルが一定であり、面の変化に乏しい形状であるために、粒子の回転の追跡を誤認して

しまうことが原因であると考えられる。

3.2 検証の内容

本システムは物体の把持移動に適合する必要性があったため、認識限度の検証実験を行った。この実験では対象物体の一部を隠す動作を繰り返し、その時の仮想物体が正しく追従できている認識の限度を検証する。

②、③の精度検証では、条件を合わせるために、対象物体の配置地点を揃えた。また、計測をシステム起動した後対象動作を行うことを 1 セットとしてそれを 20 回ずつ行った。

物体移動追跡の精度検証では、対象物体を 3 次元的に移動させた時に、仮想物体が対象を見失うことなく正しい位置で追跡できているかを検証する。図 6 は位置精度検証実験中のシステム画面である。

物体姿勢追跡の精度検証では、物体を開始地点から動かさず 360 度回転させた時に、仮想物体が対象の回転に正しく追跡できているかを検証する。図 7 は姿勢精度検証実験中のシステム画面である。

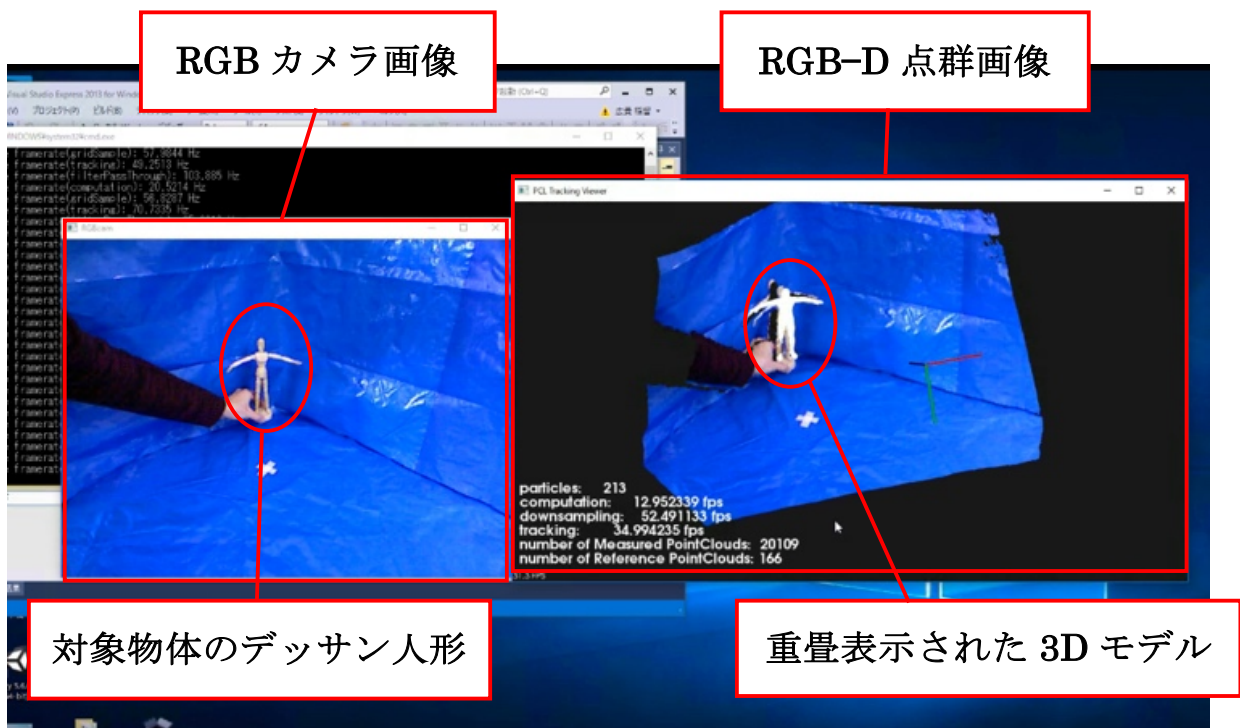


図6 位置精度検証時システム画面

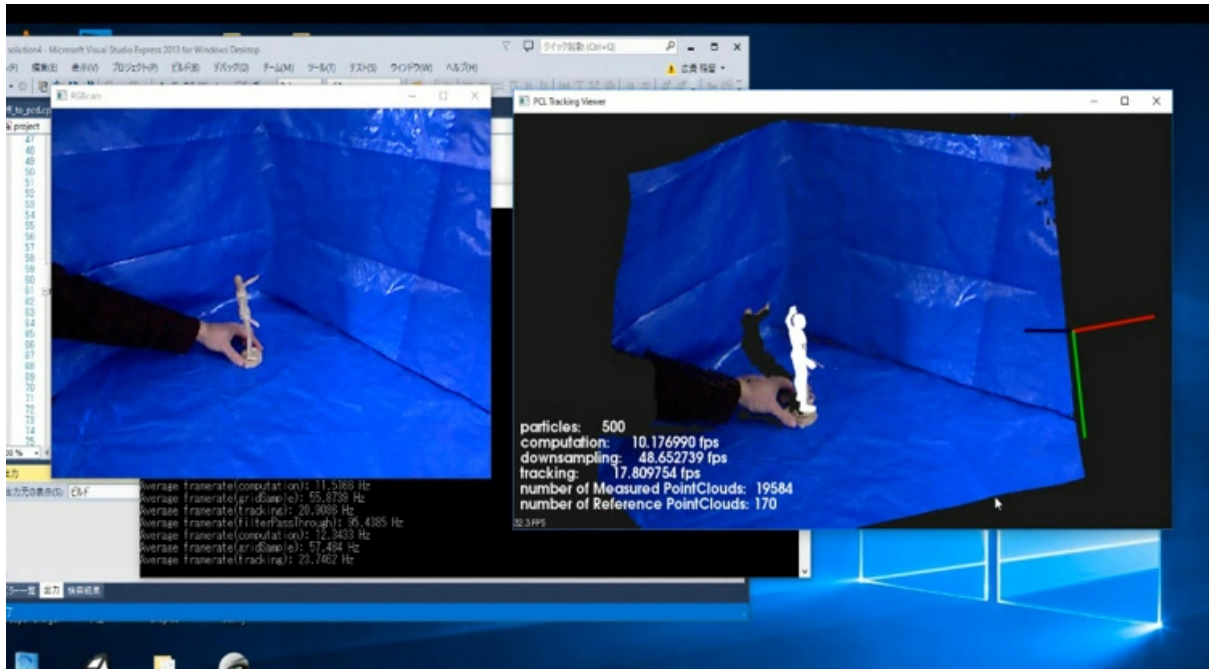


図7 姿勢精度検証時システム画面

4. まとめ

本研究では、従来の人物画スケッチ学習システムの問題を解決するために、対象動作を把持移動時の位置、姿勢としてシステムの構築を行った。

手法としては、実物体を追跡対象として認識するために、RGB-Dカメラである Kinect と点群処理用ライブラリ PCL を用いた。

また、予備実験を通して、対象物体の選定における問題点を明確にした。そして、検証実験を通して、本システムが把持移動時の位置、姿勢の変化に適合していることがわかった。

今後は、本システムを人物画スケッチ学習支援システムへ発展させていく予定である。

参考文献

- (1) 山田卓,曾我真人,瀧寛和,“視点を自由に設定できる人物画の輪郭線スケッチ学習支援環境の構築”, 人工知能学会全国大会論文集, 2011, <https://kaigi.org/jsai/webprogram/2011/pdf/285.pdf>
- (2) 山田卓,曾我真人,瀧寛和,“骨格と輪郭線を診断する人物画の学習支援環境の構築”,

情報処理学会 インタラクション 2012, <http://www.interaction->

[ipsj.org/archives/paper2012/data/Interaction2012/interactive/data/pdf/1EXB-36.pdf](http://www.interaction-ipsj.org/archives/paper2012/data/Interaction2012/interactive/data/pdf/1EXB-36.pdf)

- (3) Masato Soga, Suguru Yamada, Hirokazu Taki, Development of a Learning Environment for Human Body Drawing by Giving Error Awareness for Bones and Contours 12th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS2014, pp.640-643
- (4) Dong Woo Seo, and Jae Yeol Lee. “Direct hand touchable interactions in augmented reality environments for natural and intuitive user experiences”, Expert Systems with Applications, Volume 40, pages 3784 – 3793, 2013
- (5) Ishii, H. and Ullmer, B. 1997. Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (Atlanta, Georgia, United States, March 22 - 27, 1997). S. Pemberton, Ed. CHI '97. ACM, New York, NY, 234-241, DOI: <http://doi.acm.org/10.1145/258549.258715>
- (6) Tsukasa Sugiura, Point Cloud Library 1.8.0 has

been released, <http://unanancyowen.com/pcl18/>

- (7) Radu Bogdan Rusu, Steve Cousins, "3d is here: Point cloud library (pcl)", Robotics and automation (ICRA), 2011 IEEE International Conference on, 1-4
- (8) MeshLab, <http://www.meshlab.net/>
- (9) Point Cloud Library, Tracking object in real time, <http://pointclouds.org/documentation/tutorials/tracking.php>

Unity を用いた競技かるたにおける 決まり字変化の学習支援システムの構築

和歌山大学 システム工学部 デザイン情報学科
徳島 智春, 曾我 真人

Development of a Learning Support Environment for Changing Decision Character during Playing Japanese Poem Card Game

Chiharu Tokushima, Masato Soga
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

競技かるたとは百人一首を用いた競技で、読手が百人一首の上の句を読み、競技者が下の句だけが書かれた札をとるという競技である。競技かるたにおいて、素早く札をとるための戦略として決まり字が大変重要である。決まり字とは、競技かるたにおける上の句のこの文字が読まれると取る札が確定する文字のことである。決まり字は競技が進むごとに変化していくが、既存の練習素材ではこの変化に対応できていない。競技かるたにおける決まり字変化の学習を効率的にし、システム使用者がより早く札を取ることができるように、学習を支援するシステムを Unity で開発した。

キーワード: Unity, システム開発, 学習支援, 競技かるた, 決まり字

1. はじめに

競技かるたとは、百人一首を用いた競技であり、小学生から高齢者まで年齢を問わず楽しめる競技の一つである。その歴史は江戸時代まで遡り、一般的には、古典的な伝統文化であると捉えられることが多い。しかし、競技かるたの本質としては、高度な瞬発力、記憶力、精神力、集中力など、あらゆる分野の技術が求められる激しいスポーツである。競技かるたを行う上で重要な事項は、身体能力、集中力、記憶力、耳の良さ、札の配置、決まり字などが挙げられる。本研究では「決まり字」に着目して研究を行った。

2. 競技かるたについて

2.1 百人一首

百人一首とは、百人の歌人の和歌を一人一首ずつ選んで作った歌集のことで、一般的に百人一首とは藤原定家が選んだとされる小倉百人一首のことを指す。

現在では鑑賞のほかにも、古文の教材や、かるたなどの用途に使われている。

2.2 競技かるた

競技かるたとは、百人一首を用いた競技で、読手が百人一首の上の句を読み、競技者が下の句だけが書かれた札をとるという競技である。昨今、百人一首や競技かるたを題材とした漫画や映画が取り上げられ、世間の関心が大変高まっている。日本国内だけでなく、国外の方々でも興味を持つ人が多くなっている。

2.3 決まり字

競技かるたでは素早く札をとるための戦略として、決まり字というものが大変重要になっている。決まり字とは、競技かるたにおける上の句のここまで文字が読まれると下の句の取る札が確定する文字のことである。

決まり字は、札が読まれる度に変化していく。たとえば、決まり字が“う”から始まる札は、二字決まりである“うか”と“うら”の2枚しか無いので、どちらか一方が読まれると残った札は決まり字が“う”の一字決まりとなる。

また、同じ文字から始まる札をお互いに友札と呼ぶ。そして、“う”から始まる札に関しては、友札が“うか”と“うら”の二枚あるので、これを二枚札と呼ぶ。二枚札は決まり字の変化パターンが $2! = 2$ 通りある。さらに、二枚札は“う”から始まる札，“つ”から始まる札，“し”から始まる札，“も”から始まる札，“ゆ”から始まる札の5組あるので、全部で $2 \times 5 = 10$ 通りある。同様に考えて、三枚札は $3! = 6$ 通りあり、4組存在するので $6 \times 4 = 24$ 通りある。四枚札は $4! = 24$ 通りあり、4組存在するので $24 \times 4 = 96$ 通りある。このように、二枚札であれば理屈はまだ単純であるが、三枚札、四枚札と増えていくと次第に難解になっていく。

図1は本システムで用いた札のデザインである。下の句（黒字）だけが書かれた一般的な取り札の上に、赤字で決まり字を載せたデザインになっている。

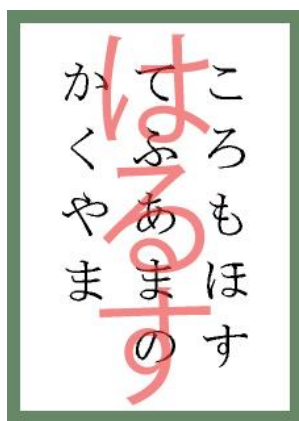


図1 取り札デザイン

この木構造は、まず初めに取った札をルートに示しており、そのあと、友札の中でどれが出ると、決まり字がどのように変化するかを示したものである。図2を用いて解説すると、まず“はなさ”の札が出たと仮定する。その時点で“はなの”の札は決まり字が“はな”になる。“はるす”と“はるの”は変化しない。次に、“はるの”の札が出たとすると、“はなの”が変化した“はな”は決まり字が“はな”のままであるが、“はるす”の札は決まり字が“はる”に変化する。次に、“はるす”が変化した“はる”が出たとすると、残りの“はなの”が変化した“はな”は決まり字が“は”の一字決まりとなる。

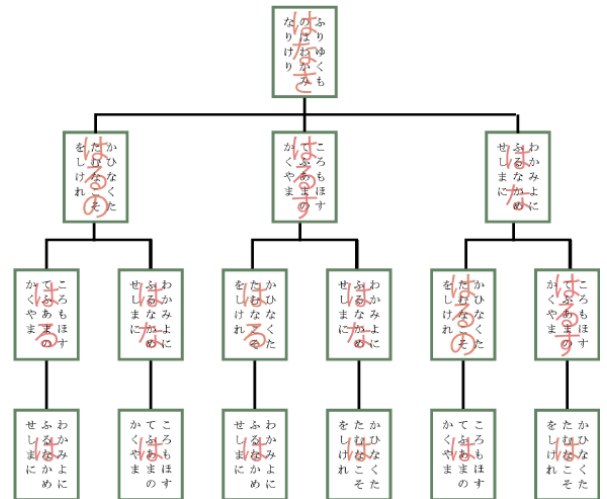


図2 決まり字変化パターン1

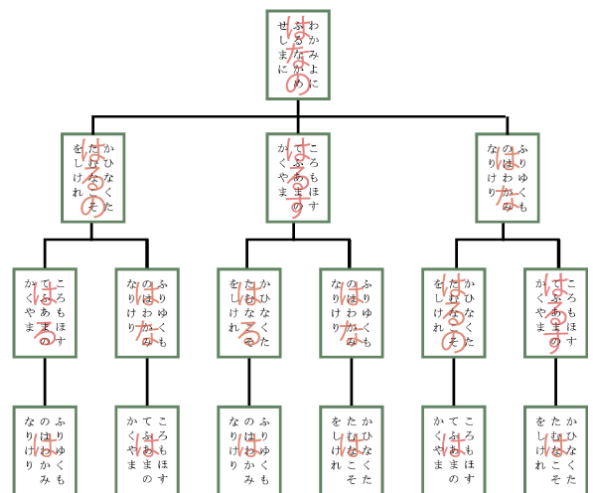


図3 決まり字変化パターン2

次に示す図2～図5は，“は”から始まる四枚札である“はなさ”“はなの”“はるす”“はるの”を例として決まり字の変化を示した木構造である。

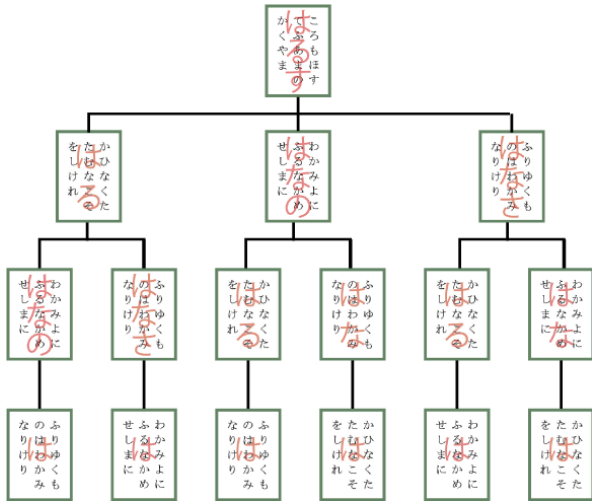


図4 決まり字変化パターン3

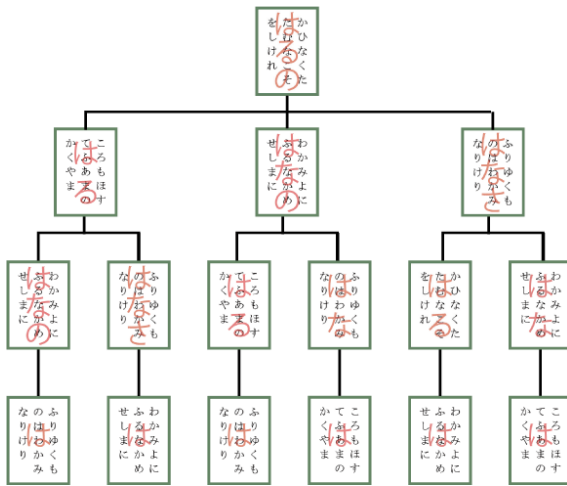


図5 決まり字変化パターン4

また、最も友札が多いのは“あ”から始まる札であり、友札が16組存在し、これを競技中に配置とともに記憶していくことは初学者にとっては非常に厳しい課題である。これは競技かるた初学者にとって一つの壁となっており、上級競技者でもその場面でのすべての決まり字を把握するのは困難を極める。

3. 研究概要

3.1 従来の学習方法

従来の決まり字の学習方法として、図1のような、実際の札の上に決まり字が書かれた札を使って、競技を行いながら学んでいく方法がある。しかし、これは決まり字変化には対応しておらず、結局は自分の脳内で逐次決まり字変化をシミュレーションしていく必要がある。

3.2 研究背景

初心者向けの、競技を行いながら決まり字の学習を行う実際の札はあるが、競技進行による決まり字の変化には対応できないという点に着目し、決まり字変化をよりわかりやすく可視化して、リアルタイムで学習できないかと考えた。

3.3 関連研究

(1)は、札を決まり字の種類によって区別し、可視化することで、盤面を見たときにひと目で札の分布がわかり、同じ種類の札が固まっているのか、分散しているということが判断できるように設計されたインタラクティブコンテンツの研究である。また、実際の札を利用することにより、結果を踏まえた後の並び替えが容易であり、リアルタイムに分布の表示が変化するため、常に盤面上の結果を把握することが可能である。

この研究は自陣の札の配置を可視化しているものであるが、それに対して筆者らの研究は、決まり字の変化を可視化するものであり、目的が異なる。

3.4 研究目的

競技かるたにおける決まり字変化の学習を可視化し、効率的に学習を行うことができるようにする。システム使用者がより早く札を取れるように、決まり字変化の観点から支援する。このようなシステムの構築、評価実験を行う。

4. システム概要

4.1 システムの流れ

図6にシステムの流れを示す。

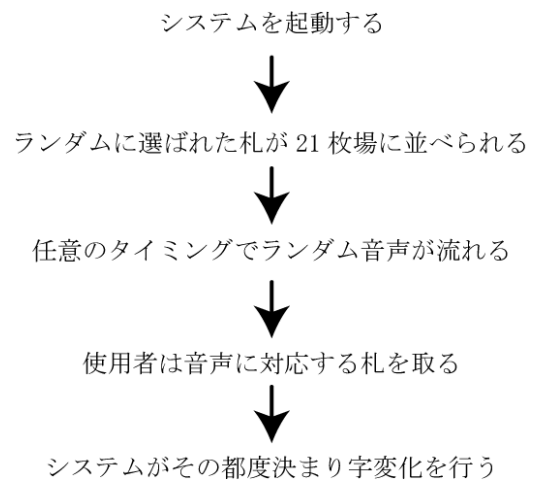


図6 システムの流れ

4.2 システム画面

システム画面を以下に示す。図7は、起動時の画面であり、図8は決まり字が変化するときの画面である。

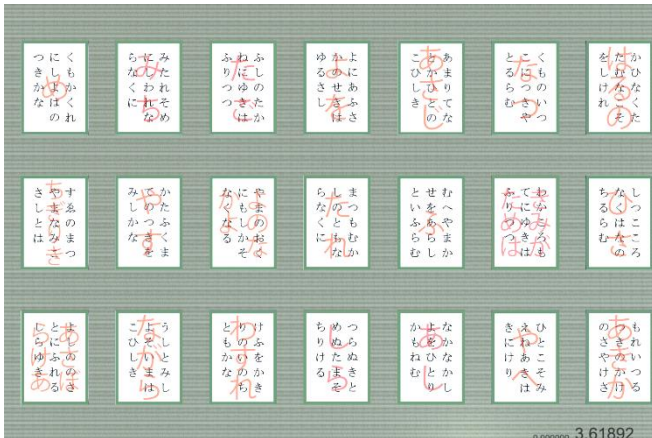


図7 システム画面

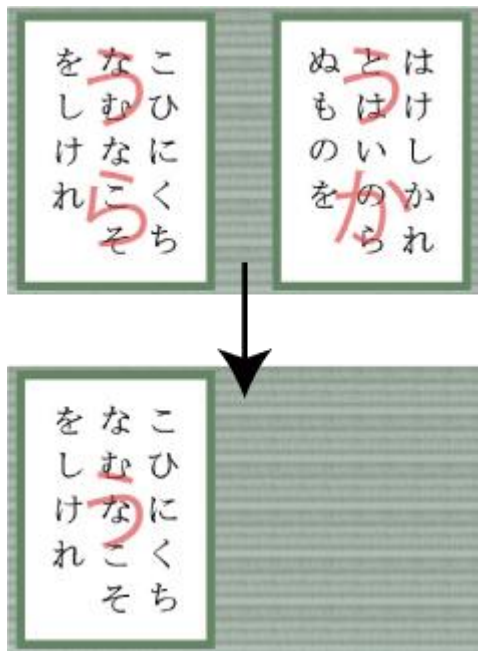


図8 決まり字変化

4.3 使用ソフトウェア

・OS

本システムはすべて PC 上で動作する。OS は Windows を想定しているが、アプリケーションを書き出す時点で設定を変えれば、Mac や Linux にも対応可能である。

・Unity

Unity とは、ユニティ・テクノロジーズが開発したゲーム開発プラットフォームである。使用し

た言語は C# である。

・Adobe Illustrator

Adobe Illustrator は、アドビシステムズが販売するベクターイメージ編集ソフトウェア（ドローソフト）である。取り札を制作するのに使用した。

5. 実験と評価

5.1 実験目的

決まり字変化機能を搭載していないシステムと本システムを比較し、本システムの有用性を評価する。ここでは、評価実験の概要を述べる。

5.2 実験概要

本実験では大学生の学習者 10 名を実験群、統制群の 2 群に 5 名ずつ分けて実験を行う。統制群では、決まり字変化機能を搭載していないシステムによる学習を、実験群では本システムを用いた学習を行う。学習者にはシステムによる学習の前後に、決まり字が書かれていない札を使用したシステムを用いて、テストを行う。テストでは、音声を読み上げられる瞬間から札を取る瞬間までの時間を札獲得時間と呼び、それを計測する。事前テストと事後テストの札獲得時間の差分を向上値として、向上値を両群間で比較する。

5.3 実験の流れ

実験の流れを図9に示す。

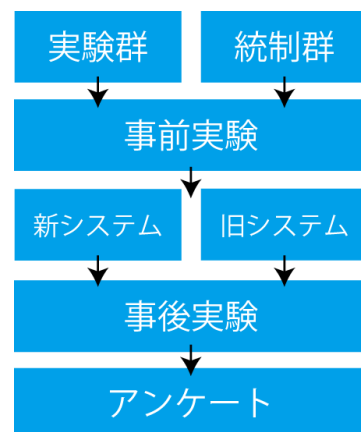


図9 実験の流れ

最初に両群ともに事前テストを実施する。次に実験群は本システムを用いた学習、統制群では決まり字変化機能を搭載していないシステムを用いた学習を約

30 分間行う。学習の後に学習の効果を測定するために事後テストを行う。

6. おわりに

本研究では、数ある競技かるたの戦略のうち、決まり字変化という戦略に着目し、競技かるた初学者が決まり字変化をよりスムーズに学べるシステムを考案した。本システムでは、ランダムに流される音声に対応した、ランダムに並べられた決まり字が書かれた札をクリックすると札を取ることができる。これらの一般的な競技かるたを楽しむ機能に加え、全決まり字変化パターンを分岐により制御した。

今後の課題として、競技かるたにおいて多数の戦略が存在するので、それらの機能も付加していくと、総合的に競技かるたを学べる学習支援環境に発展させることができると考えられる。

参 考 文 献

- (1) 都丸幸浩,藤岡優,安本匡佑,羽田久一,太田高志.競技かるたの札の配置を行うインタラクティブコンテンツ.情報処理学会第 75 回全国大会(2013)
- (2) 谷口直子.(2004). 小倉百人一首競技かるたの普及過程
- (3) かるた一病息災 百人一首一覧
- (4) 百人一首の風景 決まり字一覧
- (5) 全日本かるた協会 競技規程細則
(http://www.karuta.or.jp/kitei/kyougi_saisoku.pdf)
- (6) 一般社団法人 全日本かるた協会
(<http://www.karuta.or.jp/>)

モバイル環境におけるメンタルローテーション課題のための AR 型学習支援システム

中野 美登里^{*1}, 松原 行宏^{*1}, 岡本 勝^{*1}, 岩根 典之^{*1}

^{*1} 広島市立大学大学院情報科学研究科

AR based Learning Support System for Mental Rotation in mobile environment

Midori NAKANO^{*1}, Yukihiro MATSUBARA^{*1}, Masaru OKAMOTO^{*1} and Noriyuki IWANE^{*1}

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

中学校で取り扱われる図形の分野では、学習者の主体的な「操作」が学習者の数学に対する興味関心を高め、学習定着度が向上するといわれる。一方、空間図形の問題を解くための能力として、空間認知能力やメンタルローテーション能力が考えられる。本研究ではスマートフォンと AR マーカを用いて、学習者自身がマーカを操作し、メンタルローテーション課題を学習できるシステムを構築する。提案システムでは立体的な AR マーカを用いることによって、学習者の主体的な操作を実現した。学習者は立体的なマーカをスマートフォンのカメラで撮影し、画面に重畳表示される図形を見ながら立体的なマーカを回転させることで、さまざまな角度から図形を確認することができる。検証実験において、主体的な操作を伴った学習を行ったグループは、そうでないグループと比較して正答数の増加率が高いことが確認できた。

キーワード:メンタルローテーション, Augmented Reality, 空間図形

1. はじめに

中学校で取り扱われる図形の分野では、「観察」、「操作」、「実験」が重要だとされている⁽¹⁾。中でも学習者による主体的な「操作」は、学習者の数学に対する興味関心を高め、学習定着度が向上するといわれている⁽²⁾。中学校数学の単元では、展開図や投影図、回転体の見取り図などが扱われている。これらの空間図形の問題を解くための能力として、空間認知能力やメンタルローテーション⁽³⁾能力などが考えられる。メンタルローテーション能力は、積み木やブロックなど立体的な物体を用いて学習を行うことで身につけることができる。しかしながら、実際の教育現場では教科書等の紙媒体を用いた学習が多く、学習者の操作を伴う学習は行われていない場合が多い。このような問題を解決するために、中野らは AR を用いることで仮想的に 3 次元図

形を観察できるメンタルローテーション課題に関する学習支援を行った⁽⁴⁾。しかし、中野らのシステムでは、机上に貼り付けた AR マーカを認識しているため、学習者が手を動かすことによる主体的な操作は不可能である。

そこで、本研究では自分でマーカを操作して空間図形を学習できるシステムを構築する。本システムではスマートフォンと立体的な AR マーカを用いることにより、学習者の主体的な操作を実現し、さまざまな角度から図形を見ることを可能にした。提案システムでは、学習者が対象物である AR マーカを操作する様子をスマートフォンで撮影し、その映像に 3 次元物体の CG を重ね合わせてスマートフォンの画面に出力する。

2 つの物体が同じ物体であることを認識するのに必要な時間は、2 つの物体の描写された向きの角度差によって直線的に増加する関数であり、また 3 次元物体

の深さ方向の回転に対応する差異よりも、画面内の 2 次元図面の 1 つの剛体回転に単に対応する差異の方が短くなるということがわかっている⁵⁾。そのため、今回は図形の回転角度別で、システムを用いたことによる学習の検証を行った。

2. メンタルローテーション

土屋らは、心的表象に対する心的操作をメンタルローテーションと定義した³⁾。つまり、提示された物理図形を頭の中で写し取り、頭の中で回転、移動、重ね合わせといった物理的操作と同等な操作を行うということである。

メンタルローテーション課題の学習では、図形依存性、回転方向依存性が見られる。図形依存性とは、一度学習したことのある図形では解答に要する時間が短く、学習したことのない図形では解答に要する時間が長くなるという性質である。回転方向依存性とは、一度学習したことのある回転方向では解答に要する時間が短く、初めて学習する回転方向では解答に要する時間が長くなるという性質である。メンタルローテーション課題では、学習を行うことで多くの問題で解答時間が短縮されることが分かっている⁶⁾。そこで、本研究では解答にかかる所要時間を 1 問ごとに計測し、図形の回転角度によって分けられたカテゴリごとに事後テストと事前テストの所要時間から考察を行う。

3. 提案システム

図 1 に提案システムの構成⁷⁾を示す。提案システムは、入出力インタフェース部、入力情報処理部、内部情報管理部、問題提示部、仮想学習環境生成部から構成される。入出力インタフェース部は、スマートフォン、マーカから構成される。スマートフォンには、仮想物体表示のための画面、マーカを認識するためのカメラ、予想や解答を入力するためのタッチパネルが含まれている。入力情報処理部では、入出力インタフェース部から取得したカメラ映像から、マーカを探索し、マーカの座標と角度を計算する。さらにそれらの結果を元に、仮想物体の座標と角度を計算するとともに、問題の提示がされている場合は選択されたボタンの情報も合わせて内部情報管理部に送る。内部情報管理部

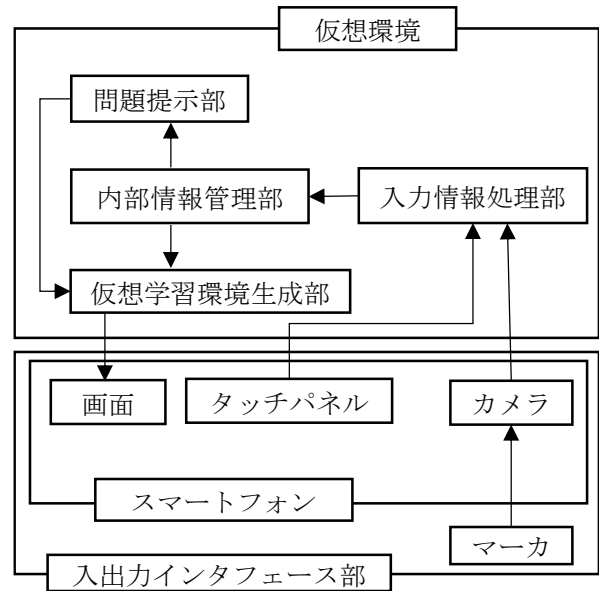


図 1 提案システムの構成図

では、入力情報処理部から取得した情報を保持しておく。そうすることで、カメラがマーカを見失ったとしても、再びマーカを認識したら、学習を続きから再開することができる。問題提示部では、内部情報管理部と入力情報処理部から取得した情報をもとに、表示する問題を決定する。また、学習の状態に応じて予想入力画面、または解答入力画面のどちらを表示するかを決定する。さらに、入力された問題に対して、正誤判定を行う。その結果を仮想学習環境生成部に送る。仮想学習環境生成部では、内部情報管理部と問題提示部から取得した情報をもとに、画面に出力するための仮想学習環境を構築する。

図 2 に提案システムの外観を示す。提案システムは、スマートフォンとマーカから構築される。学習者は、片手にスマートフォンを持った状態で、反対の手でコントロールマーカを操作する。図 3 に学習中のシステ



図 2 提案システムの外観

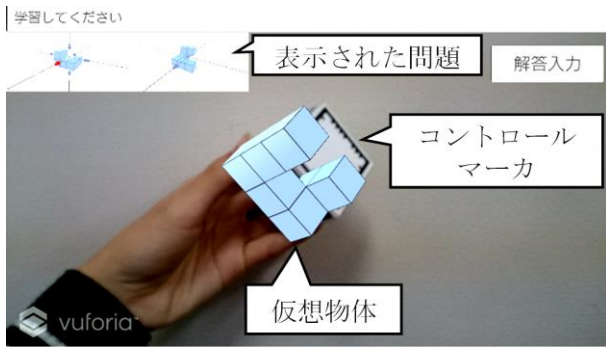


図 3 システムの画面

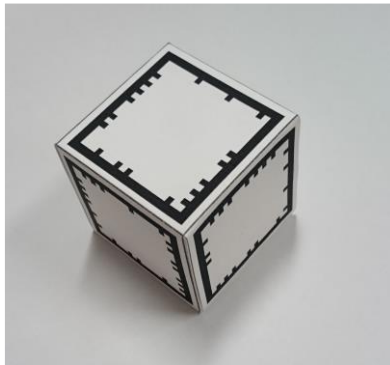


図 4 提案システムで用いるコントロールマーカ

ムの画面を示す。学習者がスマートフォンのカメラでコントロールマーカを撮影すると、出題された問題に対応した仮想物体が表示される。図 4 に本システムで使用するコントロールマーカを示す。コントロールマーカは仮想物体を操作するために使用する。コントロールマーカは台紙の一边が 4.5cm、マーカ部の一边が 4cm のマーカを立方体のように組み立てた立体的なマーカである。各面はすべて異なる AR マーカで構成しており、提案システムでは各面の AR マーカの角度や距離からコントロールマーカの回転を認識することが出来る。図 5 にコントロールマーカの操作例を示す。図 5 の上側は、学習者がコントロールマーカを左手に持っている。このとき、対応する図形がコントロールマーカに重畳表示されている。その後、図 5 の下側のように手を左側に回転させることで、重畳表示されている図形も左側に回転していることが分かる。このことから、図 5 に示すように、学習者はコントロールマーカを回転させることで、仮想環境内の仮想物体を回転させることができる。

提案システムで用いるボタンを表 1 に示す。解答入力ボタンは、システムを用いて図形の学習を行う際に用いるボタンで、学習画面から解答入力の画面へ遷移する際に用いる。矢印ボタンは、予想入力の際と解答

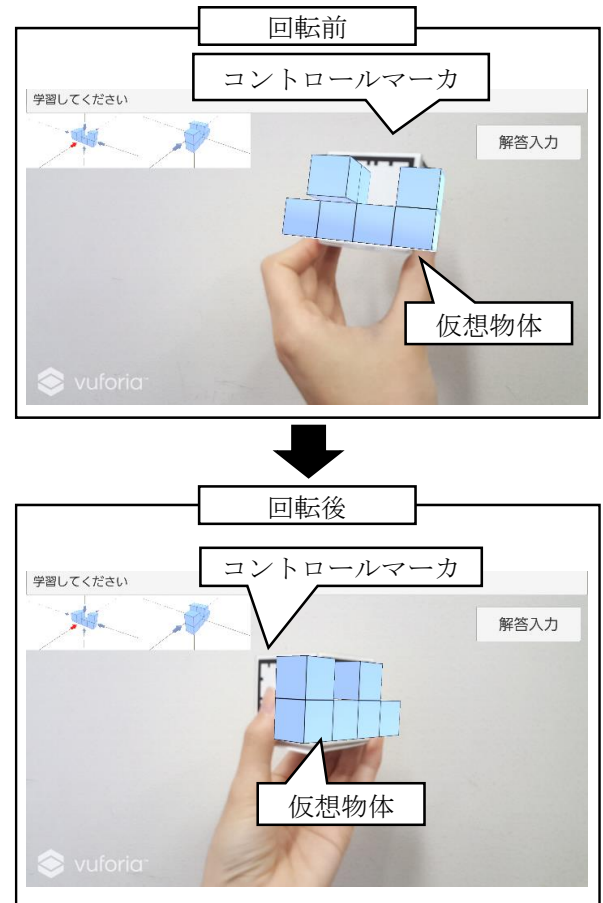


図 5 コントロールマーカの操作例

表 1 提案システムで用いるボタン

ボタン	説明
解答入力 (解答入力ボタン)	システムを用いて図形の学習を行い、解答入力の画面へ遷移する際に用いるボタン
← (矢印ボタン)	予想入力と解答入力の際に方向を解答するためのボタン

入力の際に方向を解答するために用いるボタンである。これは、それぞれの問題につき、解答可能な方向は 5 方向であるため、画面には 5 つの矢印ボタンが表示されている。いずれのボタンも、スマートフォンの画面をタップすることで入力できる。

問題の出題はシステムが行う。問題が出題されたら図 6 のように予想入力画面が表示される。学習者は図 6 の右側に表示されている画面で矢印の方向を確認し、その方向が左側の図では、どの方向であるかを考え、

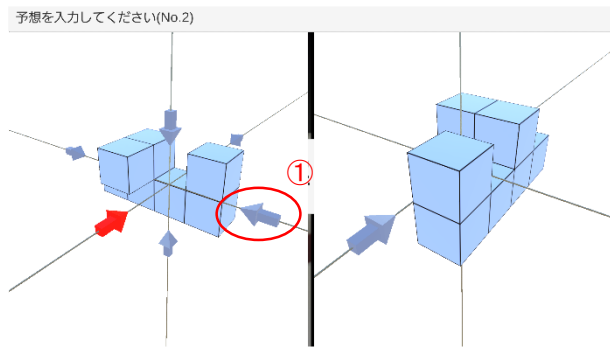


図 6 問題が出題された際のシステム画面

矢印ボタンをタップして解答を行う。入力された予想は、予想が正しければ、学習によって誤った解答を導いてしまった事例がないか、予想が誤っていたら、学習によって予想が誤っているということを感じさせ、正答に導くことができているかを後に分析するために使用する。予想の入力後、学習として仮想物体の観察を行う。そのときの画面を図 7 に示す。学習時には図 7 のように、出題された問題が画面の左上部に表示されており、学習者は画面に表示されている問題を見ながら仮想物体を確認する。図形の形状や問題に対する解答が確認できたら、解答入力ボタンを押し、解答画面へ遷移する。解答画面は予想入力と同じ画面であるため、図 6 に示した画面が表示される。予想入力と同様に、学習者は画面上の矢印ボタンを選択(タップ)することで問題に対する解答を行う。学習者が問題に対して正しい解答、つまり図 6 の問題の場合、図 6 の①の矢印を選択すると、図 8 のように「正解です」と表示され、問題に対して誤った解答、つまり図 6 の問題の場合、図 6 の①以外の矢印を選択すると図 9 ように「間違いです」というフィードバックを返す。正解した場合はその問題への解答を終了し、次の問題へ学習を進める。不正解の場合は、予想の入力へ戻る。

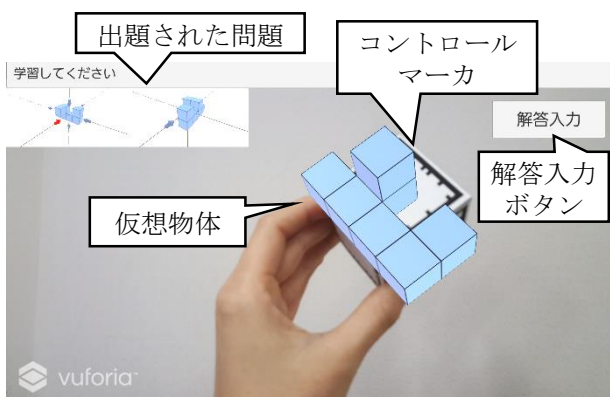


図 7 学習時のシステム画面

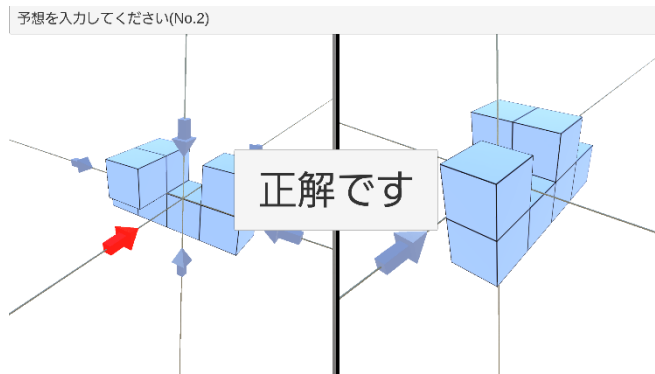


図 8 正答時のフィードバック例

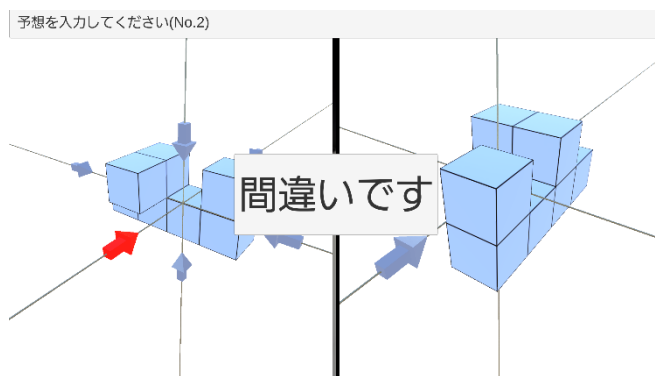


図 9 誤答時のフィードバック例

このように、学習者がコントロールマーカを用いて、学習者が自ら手を動かし、物体の形状や出題された問題に対する解答を確認することで、学習者は主体的な「操作」を伴った学習を行うことが可能となると考えた。

4. 検証実験

検証実験では、本システムを用いて主体的な操作を伴った学習を行うことでメンタルローテーション能力が向上するか確認するため、提案システムを使った学習を指示し評価を行った。この検証実験では、図形依存性、回転方向依存性の観点による試行を重ねたときに、解答時間が短縮される⁽⁶⁾ということから、メンタルローテーション能力の向上を考察した。

被験者は理系の大学生、大学院生 15 人(A~O)であり、15 人を 3 グループに分けて実験を行った。各グループの被験者が用いたシステムの条件について以下の表 2 に示す。被験者 A~E の 5 人を、提案システムを用いるグループ 1、被験者 F~J の 5 人を、問題の提示と解答の正誤判定のみを行うシステムを用いるグループ 2、被験者 K~O の 5 人を、指で画面をスワイプし

表 2 各グループの被験者が用いたシステムの条件

グループ	問題の提示	物体の操作	正誤判定の提示
1	○	AR マーカ	○
2	○	—	○
3	○	指	○

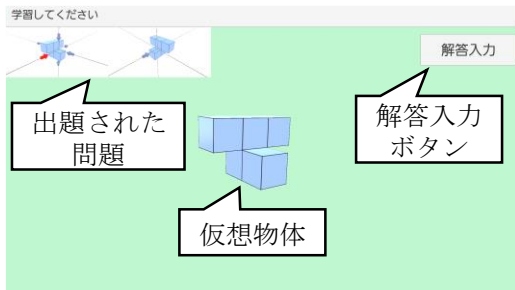


図 10 グループ 3 の被験者が使用するシステムの画面で物体を操作することで学習を行うグループ 3 とした。各グループが使用するシステムにおいて、問題の提示と正誤判定の表示を行う。図 6 のように問題が出題されるので、学習者は出題された問題に対して解答を行い、正解した場合はその問題への解答を終了し、次の問題へ学習を進める。不正解の場合は、再度解答を入力する。グループ 1 のシステムは、第 3 章に述べた提案システムを用いる。システム画面は図 3 に示したとおりである。グループ 2 のシステムでは、問題が出題された後、学習者が解答を入力し正誤判定がフィードバックされる。グループ 3 のシステムは、予想入力はグループ 1 のシステムと同様だが、その後の学習の仕方が異なっている。グループ 3 の被験者が用いるシステムの学習時の画面を図 10 に示す。図 10 のように、出題された問題は画面の左上部に表示され、学習者は画面に表示されている問題と画面上の仮想物体を確認しながら解答を行う。画面上の仮想物体に触れ、動かしたい方向に指を滑らせるフリック操作によって仮想物体を回転させることが出来る。学習者が問題に解答した後もグループ 1 のシステムと同様に正誤判定のフィードバックを返す。

検証ではまず事前アンケートとして、全ての被験者に数学や空間図形に対するアンケートを実施した。表 4 に事前アンケートの項目を示す。この 4 項目について全ての被験者に 1~5 の 5 段階で解答させた。その後事前テストとしてメンタルローテーションの問題を

表 3 出題した問題例

問題例	図形
1	
2	

表 4 事前アンケートの項目

番号	項目
Q1	数学が好きか
Q2	数学が得意か
Q3	空間図形が好きか
Q4	空間図形が得意か

表 5 事後アンケートの項目

番号	項目
Q1	図形の把握しやすさ
Q2	形状の把握しやすさ
Q3	解答確認のしやすさ
Q4	操作のしやすさ
Q5	主体的に学習できるか
Q6	自由記述

20 問解答させた。出題した問題例を表 3 に示す。このように構成する立方体の数を変えた図形を 20 個用意し、それぞれの図形について問題を出题した。その際に、1 問あたり 20 秒の制限時間を設けた。なお、学習者が何も入力を行わず 20 秒経過すると自動的に次の問題に進む。

そして、事前アンケートと事前テストの結果を元に、数学や空間図形に対する意欲、事前テストの平均点にグループ間で大きな差が出ないようにグループ分けを行った。その後各グループに割り当てたシステムを用いて学習を行わせた。システムを用いた学習の後、

事前テストと同様の問題を解かせた。この際も、事前テストと同様に、1問あたり20秒の制限時間を設けた。その後、事後アンケートとして学習のしやすさや操作性について解答させ、システムを使用した感想などを記述させるアンケートを行った。表5に事後アンケートの項目を示す。これらの項目について、グループ1とグループ3の被験者は全ての問題について、グループ2の被験者はQ2とQ3以外の項目について1から5の5段階で解答させた。図11に各被験者の事前テストと事後テストの正答数を示す。また、図12に各被験者の事前テストに対する事後テストの正答数の増加率を示す。グループ1、グループ3は全被験者が、正答数が増加したのに対し、グループ2の被験者は3人しか正答数が増加しなかった。残りの2人の被験者のうち、1人は正答数が増減せず、もう1人は正答数が減少した。これらのことから、主体的な操作を

表 6 カテゴリ分け

カテゴリ	回転角
カテゴリ 1	Z 軸に関して 90 度
カテゴリ 2	X 軸に関して 90 度
カテゴリ 3	X 軸に関して -90 度
カテゴリ 4	Z 軸に関して -90 度
カテゴリ 5	Z 軸に対して 180 度

伴って学習を行うことが、メンタルローテーション能力を向上させる可能性があることを確認できた。

一方で、出題した20問についてカテゴリ分けを行った。その結果を表6に示す。今回は図形の回転角度に注目しカテゴリ分けを行った。2つの物体が同じ物体であることを認識するのに必要な時間は、2つの物体の描写された向きの角度差によって直線的に増加する関数⁽⁵⁾であると指摘されているため、2つの図形の角度差が大きいくほど頭の中で図形を回転させる角度も大きくなると考えられる。そのため、このカテゴリ分けは、問題の難易度と関係していると考えられる。

各グループにおけるカテゴリ別の考察結果に関しては、図形の回転角が大きいくほど、主体的な操作を伴った学習を行ったグループ1、グループ3がメンタルローテーション能力の向上を見込めるが、その点に関しては、現在分析中である。

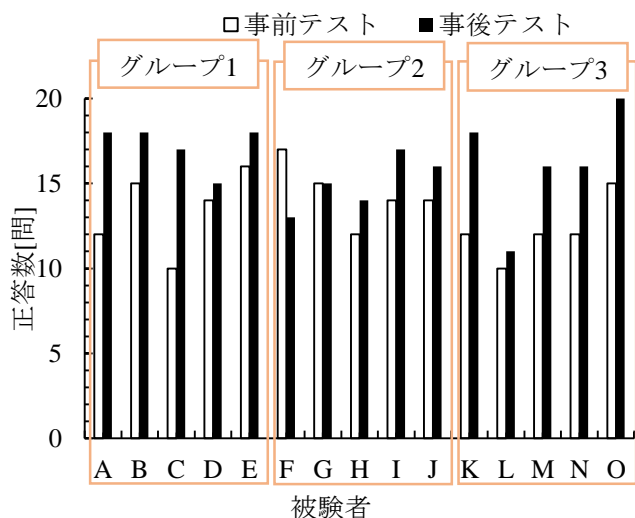


図 11 各被験者の正答数

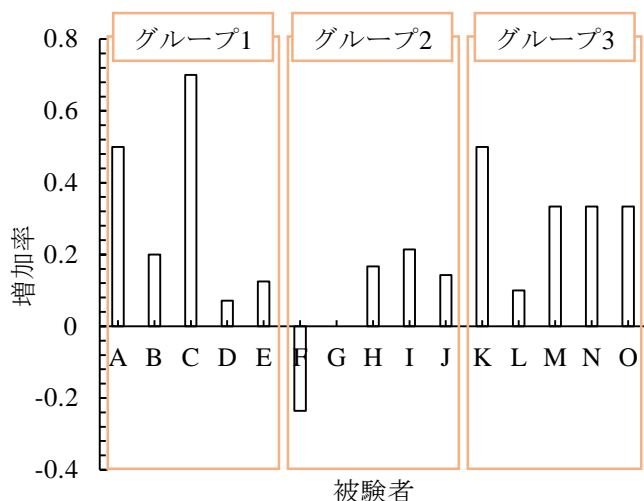


図 12 各被験者の正答数の増加率

5. まとめと今後の課題

中学校数学の単元では、展開図や投影図、回転体の見取り図などが扱われており、これらの空間図形の問題を解くための能力としては、空間認知能力やメンタルローテーション能力が考えられる。メンタルローテーション能力は空間図形を解くための重要な能力の1つであり、メンタルローテーション能力が欠如していると、空間図形の問題を解くことが困難になると考えられる。

そこで本研究では、学習者の主体的な操作を可能にするため、立体的なARマーカを用いたメンタルローテーション課題の学習支援システムを構築した。スマートフォンと立体的なARマーカを用いて仮想空間内の空間図形を操作可能としたことにより、学習者の主体的な操作を実現した。検証実験では、提案システム

を使用して学習を行うグループと、正誤判定のみを得て学習を行うグループと、指で画面上の仮想物体に対してフリック操作を行って学習するグループで、学習効果や図形の把握しやすさに違いがあるかについて比較検証を行った。検証実験において、主体的な操作を伴った学習を行ったグループ 1、グループ 3 は全被験者が、正答数が増加したが、グループ 2 の被験者は 3 人しか正答数が増加しなかった。残りの 2 人の被験者のうち、1 人は正答数が増減せず、もう 1 人は正答数が減少した。これらのことから、主体的な操作を伴って学習を行うことが、メンタルローテーション能力を向上させる可能性があることを確認できた。

今後の課題としては、出題される問題において、図形の回転角度と学習効果の相関を明確にすることや、主体的な操作を伴うことによる学習効果の検証などが挙げられる。また今後は、継続的な検証を行い、長期的に学習を行ったときに学習効果が見られるかを確認する必要がある。

なお、本研究の一部は科学研究費補助金基盤研究 C(No.15K01084)による。

参 考 文 献

- (1) 文部科学省: 中学校学習指導要領解説 数学編, pp. 16-30 (2008)
- (2) 木原裕紀, 若杉祥太, 林徳治: “学習者の主体性向上を目的とした授業実践”, 日本教育情報学会論文集, Vol. 29, pp. 408-409 (2013)
- (3) 土屋俊, 中島秀之, 中川裕志, 橋田浩一, 松原仁, 大澤幸生, 高間康史: AI 事典 第 2 版, 共立出版 (2003)
- (4) 中野溪, 渡邊伸行: “拡張現実感による物体提示が心的回転に及ぼす影響の検討”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 113, No. 462, pp. 39-44 (2014)
- (5) Roger N. Shepard: “Mental Rotation of Three-Dimensional Objects”, Science, Vol. 171, No. 3972, pp. 701-703 (1971)
- (6) 寺田春菜, 森田ひろみ: “心的回転における学習効果の回転方向の依存性の検討”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 111, No. 60, pp.73-78 (2011)
- (7) 中野美登里, 松原行宏, 岩根典之, 岡本勝: “AR を用いたメンタルローテーション課題の学習支援システム”, 第 42 回教育システム情報学会全国大会 (2017)

視線情報を活用したメタ認知的学びの長期実践

荻野 了, 林 佑樹, 瀬田 和久
大阪府立大学大学院 人間社会システム科学研究科

Practicing Metacognitive Learning Method Based on Eye-movements Information

Ryo OGINO, Yuki HAYASHI, Kazuhisa SETA
Graduate School of Humanities and Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture
University

In our previous study, we confirmed that learner's and expert's eye-movement information during critical reading of the learner's own paper contributes to enhancing learners' metacognitive inference activities (MIA) and their awareness of metacognitive knowledge. In this study, we embedded our metacognitive learning method into daily lab-activities in order to sustainably promote learners' MIA. This metacognitive learning design has been continuously employed in our laboratory for more than 3 months. Practicing results showed that learners' MIA were continuously promoted. In addition, in the correction activity of learners' minutes based on their MIA, we confirmed that learners applied metacognitive knowledge in their thought.

キーワード: 視線情報, メタ認知的学び, 長期実践, 研究活動

1. はじめに

メタ認知スキルを発揮する際に参照されるメタ認知知識は、学習者自身が認知活動とその結果により構築することが望ましいとされており⁽¹⁾, メタ認知知識をいつ、どこで発揮すべきかを学習者自身が主体的に考えることが重要であると言われている⁽²⁾.

これまで我々は、学習者と指導者が共同的に文章を産出する学術論文の実執筆機会に着目し、学習者が記述する論文を学習者自身とそれを指導者が批判的読解する際に伴う視線情報を呈示することで、指導者のメタ認知活動を学習者が推察する活動(メタ認知的推察活動)を促し、メタ認知知識に発見的に気づくことを目的とした学習の枠組みを提案している。その学習の枠組みに基づき、視線情報の総量の差異や視線遷移のプロセスといった質の異なる情報を呈示することで、学習者のメタ認知的推察活動が促されることを先行研究を通じて実験的に確認している⁽³⁾.

メタ認知スキルを育成するためには、メタ認知知識を適用する実践の場が必要であると言われており⁽⁴⁾,

その際、学習者の思考文脈に入り込んだ個別性の高い指導の必要性が指摘されている⁽⁵⁾。しかし、我々の先行研究のような学習者自身の思考が表出化された文章を教材化し、メタ認知知識の適用を促すメタ認知的な学びの場を、学習者・指導者双方に持続可能な形で実現することは困難である。

そこで本研究では、我々がこれまで確認してきた実論文執筆といった特有の機会における学習者のメタ認知的な学びを、日常的な研究活動に組み入れ可能な形でデザインした学習の枠組みを提案し、研究活動の文脈で3ヶ月間、継続的に実践した結果を報告する。

実践結果の検討にあたり、継続的に運用することが可能か、研究を前進させるといった研究活動本来の目的を阻害しない形で継続できるかといった実用的な学習デザインであるかの観点や、継続的な実践により、学習者の主体的かつ発見的なメタ認知的推察活動が促進されるか、学習者のメタ認知的意識の向上に寄与するかといった学びの質の観点から評価する。

2. 研究活動におけるメタ認知的学び

2.1 実論文執筆機会におけるメタ認知的推察活動を促す学習の枠組み

先行研究では、論文執筆機会におけるメタ認知的知識の学習スキームを提案した。そこでは、学習者(論文執筆者)と指導者が執筆論文を批判的に読解する際に伴う視線情報を、我々の視線情報可視化システム(3章で概説)で呈示することで、直接的な教示をせずとも自らの力でメタ認知知識に発見的に気づく効用を確認している⁽³⁾。

メタ認知知識に発見的に気づくためには、学習者の思考文脈が表出化された教材を扱うことが望ましい。そのため、先行研究の学習機会として、これ以上修正を見出せなくなるまで学習者自身で十分推敲した自作論文を教材としている。一般に自作論文は、学習者と指導者が議論を通して記述すべき内容を共有し、その内容を論理的整合性ある形で記述することが求められる。論理的な記述の求められる文章を読解する際、学習者は批判的読解を行うことの重要性が指摘されており⁽⁶⁾、特に学習者が自身の自作論文を指導者に提出する直前に読解する際には、記述すべき内容が十分か、論理的整合性がとれているか自身の論文を批判的に読解する活動が求められる。一方の指導者も、議論した内容、論点が表れているか、それが論理的整合性のある形で論じられているかなどを批判的に読解する必要がある。

そこで、メタ認知活動の一端が批判的読解に伴う視線情報に反映されるという研究仮説を立て、学習者が十分推敲した自作論文を学習者自身が最後に批判的読解する際に観測される視線情報と、指導者がその論文を初めて読解する際の視線情報を活用している。多様な解釈が可能な視線情報を刺激として与えることで、十分推敲したと考えている学習者の思考を揺さぶり、学習者の発見的な学びを促進することを狙いとしている。

2.2 研究活動における日常的なメタ認知的学びの教材

本研究では、我々がこれまで確認してきた実論文執筆といった特有の機会における学習者のメタ認知的な

学びを、日常的な研究活動に持続可能な形で組み込んだメタ認知的推察活動を促す学習活動の枠組みを提案する。日常的な研究活動に持続可能な形で、メタ認知的推察活動の発揮の場を与えるためには、学習教材、視線情報取得のタイミングをどのように設定することが学習者の主体性を引き出し、発見的学びを促すことにつながるかを考える必要がある。

日常的な研究活動における文章産出の機会として、研究ミーティング(以降、研究 MT)の場での進捗報告資料や、研究 MT 後にリフレクションの一環として議論内容を記述する議事録が挙げられる。研究 MT の前に準備する資料には、学習者が新たに調査した内容や考察している内容をまとめて提案するといった学習者専有の内容が記載されるため、学習者と指導者の思考の共有度は議事録に比べて相対的に低いと考えられる。一方の議事録は、一般的には議論の内容が簡潔にまとめられた形のもを想像するが、研究 MT は知識創造活動であり⁽⁷⁾、その議事録においては、議論内容の過程や結果だけでなく、学習者自身がどのように議論を捉え、考えるのかといった学習者自身の主観的な意見を残すことの重要性も指摘されている⁽⁸⁾。さらに、リフレクションとしての要素が強い議事録では、議論を受けて自分自身がどのような気づきを得たのかといった振り返り内容が記述されることも期待される。そこで、学習者と指導者の思考の共有度が高く、学習者の思考文脈が表されている研究 MT の議事録をメタ認知的学びの学習教材に設定する。

学習者と指導者の議事録に対する視線情報を取得するタイミングとして、先行研究と同様に、学習者が納得いくまで推敲し、指導者に提出する直前の批判的読解活動と、指導者がそれを初めて批判的に読解する状況に見られる視線情報を計測する。これらの学習者と指導者の視線情報に基づき、視線情報可視化システムを用いて、視線情報を呈示することで、学習者の主体的なメタ認知的推察活動を研究活動プロセスにおいて継続的に促すことを狙いとしている。

2.3 日常的な研究活動におけるメタ認知的推察活動を促進する学習サイクル

図 1 に研究 MT の議事録を機会としたメタ認知的推察活動の学習活動サイクルを示す。

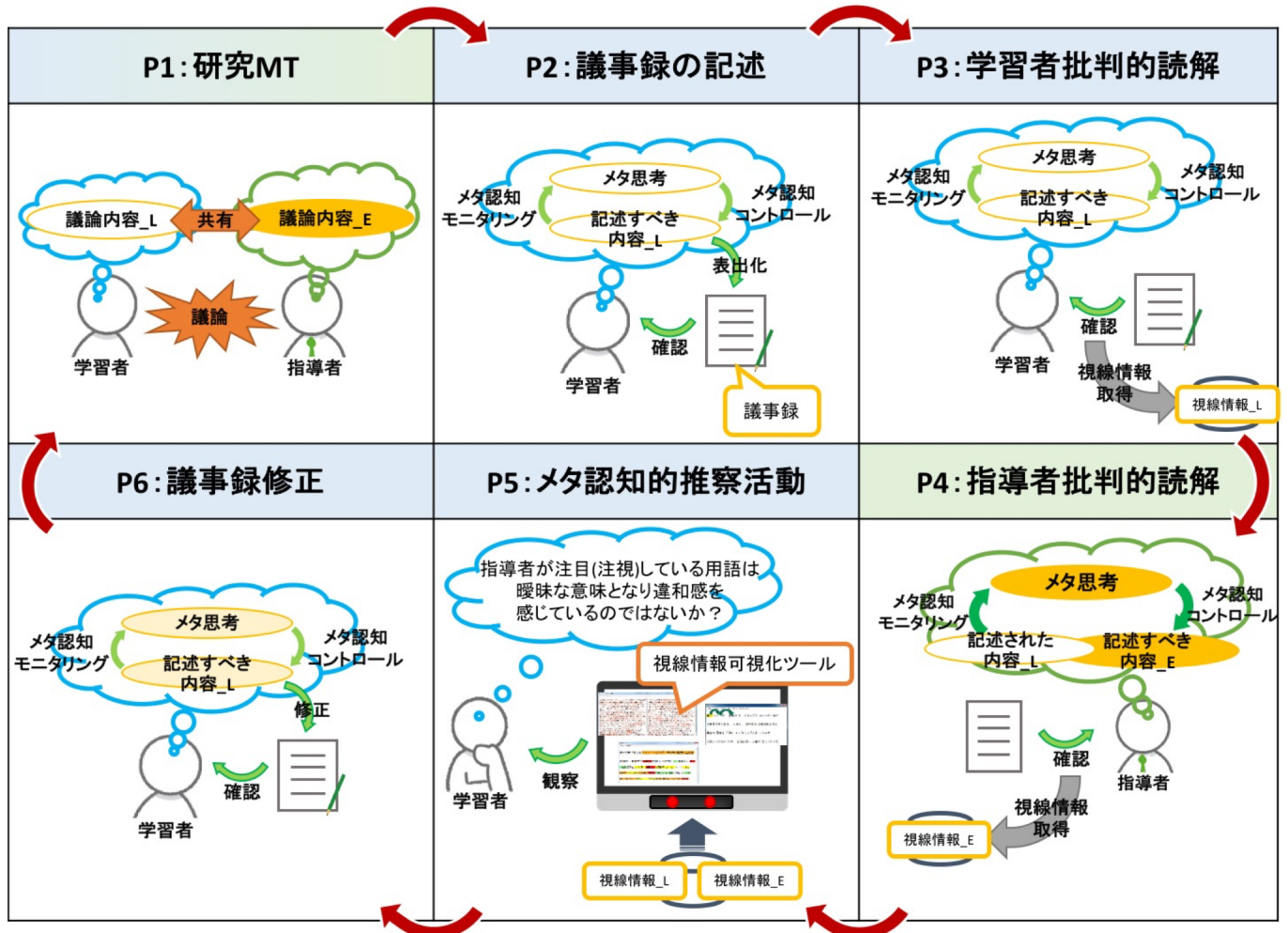


図 1：研究 MT の議事録を機会としたメタ認知的推察活動の学習活動サイクル

- (1) **研究 MT**：研究遂行した内容をまとめた資料を作成する。その資料をもとに、研究 MT の場で指導者と議論し、思考(知識創造プロセス)を共有する。
- (2) **リフレクションとしての議事録の記述**：研究 MT 後、学習者は議論で共有した内容や結果とともに、自身の主観的な意見や学習者自身の振り返りを議事録として記述する。議事録を推敲していく過程で、記述した内容と議論内容、学習者自身の思考を振り返り、理解しきれなかったところや重要な点について思考を巡らせ理解を深める。
- (3) **学習者の批判的読解活動**：十分に吟味して記述した議事録について、記述した内容と議論内容に齟齬が生まれていないか、議論内容の理解そのものに間違いがないか、自身の主張や意見を反映できているか、あるいは、思考の誤りに気づいたといった学習者自身の振り返り記述に間違いがないか批判的に読解する。学習者が十分に推敲し修正点がないと判断したタイミングで批判的読解の視線情報を取得する。
- (4) **指導者の批判的読解活動**：議事録を指導者が初めて読解する際に見られる視線情報を取得する。ここでは、記述内容と議論内容との整合性を確認する活動や、記述内容から学習者の理解や主張を判断する活動のプロセスが遂行される。これに伴う視線情報を取得した後、学習者の学びを促進するために、議事録に対する指導者のフィードバック(発話情報)を記録する。
- (5) **メタ認知的推察活動**：(3)(4)で取得した視線情報に基づき、学習者、指導者が注視する文章の差異やその読解プロセス情報(3章)をメタ認知的推察活動の刺激として学習者に呈示する。これらの視線情報を手がかりとしたメタ認知的推察活動を通して、「指導者が注目(注視)している用語は曖昧な意味となり違和感を覚えているのではないか?」や、「この部分(自分が書いた内容)を指導者が繰り返し読んでいるのは、議論した内容(本

来書くべき内容)と異なっているからではないか?」といった指導者のメタ認知活動を学習者が主体的に推察する。

(6) 議事録の修正活動：このような視線情報による主体的なメタ認知的推察活動に基づき、学習者は自身の議事録の修正活動(メタ認知的コントロール)に取り組む。修正活動の過程で、議事録を吟味し、自身の思考を再度整理することで、議論内容の理解を深める。この修正活動後に、指導者からのフィードバックを与えることで、研究活動、学習者の議論内容の理解の促進を図る。このような実践を踏まえ、次回の研究MTに備える。

以上のメタ認知的な学習活動の継続的な実践により、学習者のメタ認知的な意識の底上げを狙いとした学習デザインとなっている。

3. 視線情報の計測・可視化システム⁽³⁾

3.1 視線計測ツール

視線の計測は、ディスプレイ設置型のアイトラッカ⁽⁹⁾を用いた GUI アプリケーションとして構築している。テキスト形式で入力された文章を統語解析エンジンの CaboCha⁽¹⁰⁾により統語的な単位で分割し、各文章オブジェクトに視線の注視対象となる関心領域を付与する。これにより、視線が関心領域に入った・出たという情報をアイトラッカで検知し、文章オブジェクトの ID, ミリ秒単位の注視時間、文章オブジェクトの文字数がログファイルとして出力される。

3.2 ヒートマップ対比ビュー

図 2 にヒートマップ対比ビューを示す。文章読解における学習者/指導者が、どの文章を重点的に読解したのかどうかを赤の濃淡で表現する可視化手法である。各々のヒートマップを対比して表示することで、自身は注目していないが、指導者は注目している箇所などを比較できるようになり、「自分よりも指導者が注視している文章は、主体と客体の関係に違和感を感じているのではないか?」といった注視総量の差異への気づきを起点としたメタ認知的推察活動を誘発することを狙いとしている。

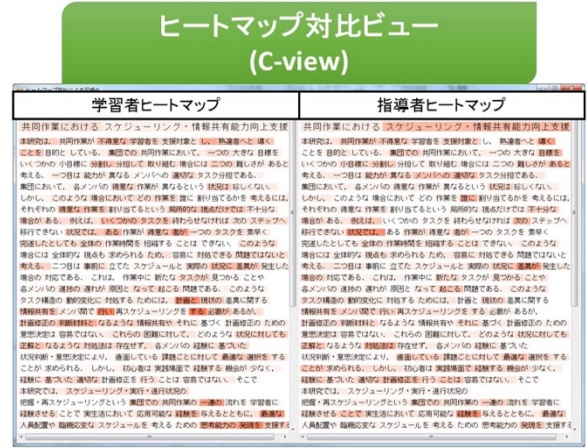


図 2: ヒートマップ対比ビュー

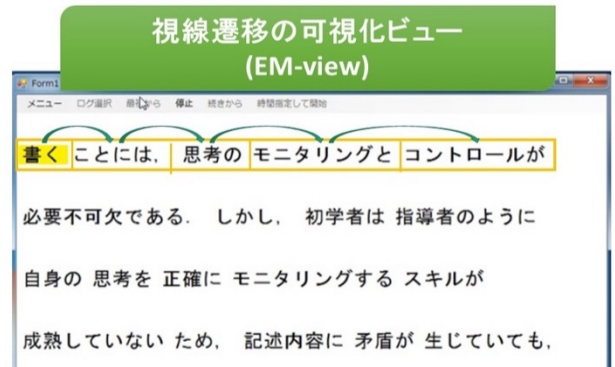


図 3: 視線遷移の可視化ビュー

3.3 視線遷移の可視化ビュー

図 3 に視線遷移の可視化ビューを示す。文章読解における視線の遷移を文章オブジェクトごとの停留時間に応じて背景をハイライトすることで、指導者の批判的読解に伴う視線(読解)のプロセスを再現する可視化手法である。指導者の視線の遷移を呈示することで、文章前後の確認活動や読み直し、指示語の確認といった、指導者がどのように読解したのかという読解過程を確認することができるようになり、「指導者は指示語が指す内容を入念に振り返り読みしており、前後の文の意味的整合性が担保されているか?」といった、指導者のモニタリング過程の観察を起点とした学習者のメタ認知的推察活動を誘発することを狙いとしている。

4. メタ認知的推察活動の習慣的な実践

先行研究において有用性を確認した視線情報を活用したメタ認知的学びの枠組みを、研究室での真正な研究活動に持続可能な形で組み入れ可能か、またその効果を確認するため3ヶ月にわたる実践を試みた。

表 1 : 学習者が取り組む課題と評価者への質問項目

対象	課題	課題番号	問いの内容
学習者	メタ認知的 推察課題	Q1	(ヒートマップ対比ビューを見て) 指導者は何を確認したと思いますか?
		Q2	(視線遷移の可視化ビューを見て) 指導者は何を確認したと思いますか?
	修正課題	Q3	文章の修正理由を記述してください
評価者	議事録評価課題	Q4	議事録 α と議事録 β をそれぞれ 10 段階で評価してください。 議事録 $\alpha \cdot \beta$ の評価に差がある場合には、 どちらの議事録が良いか理由を記述してください
	メタ認知知識 評価課題	Q5	学習者の修正理由として、 良いと思うものにチェックしてください

4.1 実践者と教材

学習状況: 教員 2 名, 教員と同じ研究室の大学生 4 名, 大学院生 6 名を「学習者」とし, 教員 2 名の内の 1 名を「指導者」, もう 1 名をこの学習スキームの「評価者」として設定した。

学習教材: 研究 MT のリフレクションとして記述される各自の議事録に視線情報を付与したものを学習教材とした。文字数は, 500~3500 文字以内であった。

4.2 メタ認知的推察を促す課題

図 1 に示した日常的な研究活動における学習者のメタ認知的推察活動の促進を狙いとした学習サイクルに従って, 継続的に実践を行う。表 1 に学習者が取り組む実践課題と, 評価者に取り組ませた評価課題を掲載する。

Q1: 学習者自身と指導者の視線情報に基づくヒートマップ対比ビュー (図 2) を確認しながらメタ認知的推察課題 (Q1) に取り組む。

Q2: 視線遷移の可視化ビュー (図 3) に呈示される指導者の視線情報を観察しながら, Q1 と同様, さらにメタ認知的推察課題 (Q2) に取り組む。

Q3: Q1, Q2 の課題におけるメタ認知的推察活動に基づき, 学習者自身が記述した議事録を修正し, その修正理由を回答する。これ以上修正点の見出せないと判断した議事録であっても修正点が見出せること, その起点としてのメタ認知的推察活動の重要性を認識させ

ることを意図する課題である。

以上の一連の課題に取り組むサイクルを 2017 年 10 月中旬から, 2018 年 1 月後半にかけて継続的に実践した。

4.3 実践者に与える評価課題

この継続的な実践を実用性とメタ学習スキームとしての有用性の観点から評価する。以下の指導者による評価と Metacognitive Awareness Inventory (MAI)⁽¹¹⁾ による評価を行う。

評価者による評価活動: 修正前後の議事録をランダムに議事録 $\alpha \cdot$ 議事録 β として設定し, 評価者にその質をブラインド評価させた。その際, 0.5 点間隔の 10 段階で採点し, 議事録 $\alpha \cdot \beta$ の評価に差がある場合には, 一方を良いと判断した理由を記述し (Q4), さらにその後, 学習者の修正理由を読み, それが有意味であるかどうかを評価させた (Q5)。

Q4 は, 視線情報の呈示によるメタ認知的推察活動により, 学習者が新たに見出した修正が有意味であるか客観的な判断を要求する課題になっている。

Q5 は, メタ認知的推察活動により産出したメタ認知知識が, 有意味なものであるかを判断する課題になっている。

4.4 MAI によるメタ認知的意識の変容評価

3 ヶ月の継続的な実践により, メタ認知的意識の変容がなされたか確認する目的で, 学習者 10 名に対し, 実

実践前の 2017 年 10 月 17 日と実施後の 2018 年 1 月 24 日に、MAI に回答させた。MAI は、全 52 項目からなる成人のメタ認知的な意識の測定尺度である。メタ認知的知識の側面の「宣言的知識」「手続き的知識」「条件付き知識」の 3 領域と、メタ認知的活動の側面の「プランニング」「情報処理方略」「モニタリング」「修正方略」「評価」の 5 領域からなる全 8 領域を測定できる。本研究では、阿部らにより日本語に翻訳されたものに 6 件法で回答させた⁽¹²⁾。

4.5 実践結果の考察

表 2 に学習者毎のメタ認知的推察活動の実施日と実施総数を示す。総実施回数は 3 ヶ月で 48 回であり、学習者毎の平均実施回数は 4.8 回、最小実施数は 2 回、最大実施数は 9 回であった。

表 3 に各プロセスにおける平均所用時間を示す。議論内容に応じて、議事録の作成に要する時間は変わるが、平均的に学習者が一連のプロセス (P1, P2, P3, P5, P6) に要する平均時間は約 3 時間 15 分、指導者は議論時間も含め学習者 1 人あたり約 40 分 (P1, P4) であった。学生および指導者に負荷について確認したところ、学習者からは、「議事録作成に要する負荷は低くはないが、研究遂行上の支障はなく、議論したことや自分自身の研究内容を整理する上で有意義である。」、指導者からも、「議事録の確認は各自の理解を把握できる意味があり、視線情報の測定に伴う負荷はない。」旨の回答を得た。

表 4 に Q1, Q2, Q3 における学習者全体の平均記述数、および Q4 における修正前と修正後の議事録評価の平均点を掲載する。Q1, Q2 のメタ認知的推察課題において、平均 Q1:3.27 個、Q2:2.81 個の回答があり、Q1, Q2 とともに推察内容が何も記述されないことは 1 度もなかった。これは、ヒートマップ対比ビュー、視線遷移の可視化ビューの観察が、メタ認知的推察活動を刺激していることを示唆している。また、今回の実践では、ヒートマップ対比ビューにより視線情報を呈示した後に、視線遷移可視化ビューを呈示した。視線遷移可視化ビューの呈示により、さらにメタ認知的推察活動が促されることがわかったことは興味深い。

さらに、Q3 のメタ認知的推察活動に基づく修正課題において、平均 2.57 個回答があり、修正内容が何も

表 2 : 学習者毎の実施日と実施総数

実施日	学習者									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
10/24		○		○						
10/27	○							○	○	○
10/31			○				○			
11/07	○	○				○	○			○
11/14				○		○	○			
11/21				○		○	○			
11/24								○		
11/28						○	○			
12/01					○			○	○	○
12/19			○			○	○			
12/22					○			○		
12/26		○				○	○		○	
1/12	○							○	○	
1/16		○		○		○	○			○
1/19								○	○	
1/23			○			○	○			
総数	3	4	3	4	2	8	9	6	5	4

表 3 : 各プロセスの平均所要時間

	P1	P2	P3	P4	P5/P6
平均所要時間	30 分	2 時間	5 分	10 分	40 分

表 4 : Q1, Q2, Q3 の平均記述数と実践前後における Q4 の平均点

	Q1	Q2	Q3	Q4 (実践前)	Q4 (実践後)
値	3.27 個	2.81 個	2.57 個	6.84 点	7.38 点

記述されていないことは 1 度もなかった。これは、十分に推敲したつもり議事録であっても、視線情報の呈示により、メタ認知的推察活動が刺激され、修正点が見出されていること、すなわちメタ認知的コントロール活動が喚起されていることを示唆している。

評価者による Q4 の議事録評価において、それぞれの議事録の平均点は、修正前:6.84 点、修正後:7.38 点であり、継続的に実践を行なった学習者 10 名の内、9 名の学習者の議事録評価の平均点が上昇していた。ま

表 5：学習者の修正内容例

「タグや問いを考える」、「納得ゆくまで考える」、という文章の主語述語が不明瞭で何を伝えたいかわかりづらかったため
私自身がどのように今回のミーティングを受け止めて、次回どのようなことをしようとしているのかが全く不明瞭になっていると感じたので、全体的に書き直した
「この実験で何を明らかにしたいのかを意識して考察する必要がある」という記入内容では、あいまいな点が多かったので、具体的にどう意識して考察していくかを記入した
文章のつながりとして冗長であるため、理解しにくかったものを少しでもコンパクトにすることを意図した

※「」内は議事録に記述されている内容を指す

表 6：MAI の 8 領域における測定結果

		実践前		実践後	
		平均	分散	平均	分散
メタ認知知識	宣言的知識	3.900	1.365	4.125	1.259
	手続き的知識	3.875	1.209	4.100	1.290
	条件付き知識	4.020	1.100	4.180	1.348
メタ認知活動	プランニング	4.271	0.741	4.457	0.934
	情報処理方略	4.370	0.993	4.350	1.088
	モニタリング	3.957	0.984	4.000	0.777
	修正方略	4.320	1.298	4.480	1.330
	評価	3.883	1.270	3.917	1.076

た、評価者が修正後のものを良いとした回数は 48 回中 33 回 (約 69%) であった。議事録の修正前と修正後の評価に差があるか検討するために、t 検定を行なった。結果、修正前の議事録よりも修正後の評価の方が、有意に得点が高いことが示された ($t(47) = 6.75, p < .01$)。

表 5 に、学習者の修正理由(Q3)について、評価者が有意と判断したメタ認知知識(Q5)の一部を掲載する。これは、主語、述語の関係性の修正、議論内容や自身の考えで不足していた内容を追加する修正、冗長な論旨を端的に修正するといった内容の修正理由が挙げられていた。継続的な実践の中で、評価者が有意と判断したこのような修正理由が 126 個中 83 個 (約 66%) あり、全ての学習者から 2 つ以上産出されていた。

これらの結果から、自分なりに十分推敲を行なった

つもりの議事録に対して、学習者と指導者の批判的読解における視線情報を呈示することが、学習者の主体的なメタ認知的推察活動を促し、学習者が発見的にメタ認知知識に気づくことを確認した。さらに、メタ認知的推察活動を継続的に実践する中で、学習者自身が自分で発見したメタ認知知識を適用するようになっていく可能性を確認した。

表 6 に MAI におけるメタ認知的知識の側面の「宣言的知識」「手続き的知識」「条件付き知識」の 3 領域と、メタ認知的活動の側面の「プランニング」「情報処理方略」「モニタリング」「修正方略」「評価」の 5 領域の平均点を示す。継続的な実践の前後で、メタ認知知識の領域の宣言的知識の側面において有意な差が認められた ($t(9) = 2.09, p < .05$)。

以上の結果を総括すると、日常的な研究活動に持続可能な形でメタ認知的推察活動を促す学習サイクルを組み込み、真正な研究活動において 3 ヶ月間、継続的に実践できることを示せたことは一つの成果であると考えている。その上、学習者の主体的なメタ認知的推察活動を継続的に促し、メタ認知知識への発見的な気づき、その適用を促す可能性が示唆された。

加えて、学習者の記述する議事録の評価が相対的に上昇していることや、MAI の結果から、このような継続的な実践が、学習者のメタ認知的意識の向上に寄与する可能性があることが示唆された。

5. まとめと今後の課題

本研究では、我々がこれまで確認してきた実論文執筆といった特有の機会における学習者のメタ認知的な学びの枠組みを、日常的な研究活動に持続可能な形でメタ認知的推察活動を組み込んだ学習サイクルを提案し、3 ヶ月間にわたる真正な研究活動において継続的に実践を行なった。

今後は、研究活動という真正な学びの場では、メタ認知的意識の向上に寄与する可能性がある要因は多数存在するため、必ずしもメタ認知的推察活動の継続的な実践による効果とは限らないことを考慮し、よりどういった働きかけが学習者に効果的に働いたか、学習者の記述内容に踏み込んだ分析を行うことで、本学習の枠組みの有用性を検討していくことが必要であると

考えている。

参 考 文 献

- (1) 茅島路子, 稲葉晶子, 溝口理一郎: “メタ認知活動の困難さに関するフレームワークの提案”, 教育システム情報学会誌, Vol.25, No.1, pp.19-31 (2008)
- (2) Schraw, G.: “Promoting general metacognitive awareness”, *Instructional Science*, Vol.26, pp.113-125 (1998)
- (3) Ogino, R., Hayashi, Y., and Seta, K.: “Enhancing Metacognitive Inference Activities Using Eye-movements on One’s Academic Paper”, *Proc. of 10th Workshop on Technology Enhanced Learning by Posing/Solving Problems/Questions in conjunction with ICCE2017*, pp.460-470 (2017)
- (4) 崎濱秀行: “書き手のメタ認知的知識やメタ認知的活動が産出文章に及ぼす影響について”, *日本教育工学雑誌*, Vol.27, No.2, pp.105-115 (2003)
- (5) 平嶋宗: “メタ認知の活性化支援”, *人工知能学会誌*, Vol.21, No.1, pp.58-64 (2006)
- (6) 鈴木聡, 白石藍子, 鈴木宏昭: “マーキングと感情タグの付与によるライティング活動における批判的読解の誘発”, *研究報告コンピュータと教育(CE)*, pp.97-104 (2009)
- (7) 土田貴裕, 友部博教, 大平茂輝, 長尾確: “議事録に基づく知識活動サイクルの活性化”, *人工知能学会全国大会論文集*, Vol.20 (2006)
- (8) 角康之, 堀浩一, 大須賀節雄: “テキストオブジェクトを空間配置することによる思考支援システム”, *人工知能学会誌*, Vol.9, No.1, pp.139-147 (1994)
- (9) Tobii Pro X2-30, Tobii Pro AB,
<https://www.tobii.com/ja/product-listing/tobii-pro-x2-30/>
- (10) CaboCha, Yet Another Japanese Dependency Structure Analyzer,
<https://taku910.github.io/cabocha/>
- (11) Schraw, G., & Dennison, R. S.: “Assessing metacognitive awareness”, *Contemporary Educational Psychology*, Vol.19, pp.460-475 (1994)
- (12) 阿部真美子, 井田政則: “成人用メタ認知尺度の作成の試み—Metacognitive Awareness Inventory を用いて”, *立正大学心理学研究年報*, pp.22-34 (2010)

認知地図形成過程の理解に基づく空間移動能力向上支援システム

山崎 歩実^{*1}, 林 佑樹^{*1}, 瀬田 和久^{*1}

^{*1} 大阪府立大学 現代システム科学域

Learning Support System to Enhance Spatial Cognition Skills Based on a Survey of Cognitive Map Formulation Processes

Ayumi Yamazaki^{*1}, Yuki Hayashi^{*1}, Kazuhisa Seta^{*1}

^{*1}College of Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture University

空間を移動するには目的地へ至るルートを考え実際の空間にある情報と照らし合わせながら移動をすることが求められる。このような地図や記憶などの情報と現実空間の標識や建物などを対応づける能力を本研究では空間移動能力と定義する。空間移動能力が乏しいと何度も同じ道を辿る、道に迷ってしまう等の問題が起こりうる。この問題を軽減するには空間移動能力の向上が求められるが、その方法や支援手法を考察する研究は少なく実際に能力の向上を支援する研究も見うけられない。空間移動には必ず空間認知を伴うことから、本研究では空間認知研究の知見を用いて空間移動能力の向上支援を目指している。これらの関連研究より空間情報処理過程と空間移動における課題についての知見を体系的にまとめ、空間移動能力向上のための新たな学習モデルを作成した。このモデルに基づき、位置情報を利用した空間移動能力向上支援システムの開発をした。本システムを用いた初期的な実験の結果、システムを利用することにより大局的視点から現在地や方位への認識が促され、その結果として発達した認知地図が形成されたことが確認され、空間移動能力への影響が示唆された。

キーワード: 空間移動能力, 空間認知, 認知地図, 認知地図の形成過程

1. はじめに

我々は空間を移動する際に、様々な情報を手がかりにしている。情報には周囲の景色や道の形などのその場で獲得する情報や、眺めた地図や過去の経験といった記憶情報が含まれる。昨今ではスマートフォンやタブレット端末などから、リアルタイムで位置情報を得ることも可能である。今や、デジタルデバイスを片手に画面を眺めながら、GPS ナビゲーションツールの位置情報に従って移動する人は見慣れた存在である。

しかし、移動プロセスでの発見を目的とした探索的移動を目的とする場合や、屋内を通り地図にはない近道を利用する、天気による路面状況を考慮するなどの効率や状況の変化に対応した応用的移動を行う場合、提示されたルートに従って移動を行うことを前提としたナビゲーションツールの利用は馴染まないことが指摘されている⁽¹⁾。また、ナビゲーションを利用した場

合、利用しなかった場合と比較して、本来自然に見つけられるはずの近道や目印に気づかないといった、空間要素の記憶量が少ないこと、情報収集に関する歩行特性を変容させる効果が検証されており⁽²⁾人間と実空間の直接的な相互関係を希薄にする可能性が示唆されている⁽³⁾。

空間を移動するためには、現在地を把握することが重要であり⁽⁴⁾、この把握には現在地の推測や確認といった心的努力が求められる⁽⁵⁾⁽⁶⁾。さらに移動時には位置関係を推察し確認することや、方向を把握しようと推察する心的努力も求められる。目的に対して最適なルートを策定するためには、移動に伴い変化する環境の中で心的努力により獲得した様々な情報を処理してルートを同定する能力が求められる。本研究では、この能力を空間移動能力と定義する。この空間移動能力は、どのような目的の空間移動においても利用される

ことが知られている⁽⁷⁾⁽⁸⁾.

空間移動能力には個人差がみられ、能力差や能力の傾向を分析し解明することを目的とした研究は多分野に渡り存在している。一方で、この能力の向上を目指し、向上の効果を検証するような研究は見うけられない。通常のナビゲーションシステムは情報が過多に示されており利用者の推察や確認を必要としないことから空間移動能力の向上を目的として利用するツールには適していないと考えられ、能力の向上に適した学習ツールは見うけられない。そこで本研究では、空間認知に関連する研究を概観し、これらの知見を基礎とした学習活動モデル（空間移動能力学習モデル）を提案する。さらに、モデルに基づく学習支援ツールをタブレット端末アプリケーションとして開発し、空間移動能力の学習効果を検証する。

2. 先行研究に基づく認知地図形成過程の理解

空間認知能力は空間移動に必須の能力である。空間認知により空間を適切に把握、認識できていない場合、目的地への移動が困難になる⁽⁹⁾。したがって、空間移動能力には、空間を認知する空間認知能力が影響すると考えられる。本研究では空間認知研究の知見に基づき、空間移動能力の向上を目指した学習活動を考案する。

空間認知研究において、外界の対象間の位置関係を記述する脳内表象は「認知地図」と呼称される⁽¹⁰⁾。空間認知の研究は多分野に渡り、認知地図という言葉は広く用いられているが、心内における地図のような役割を持つもの、という比喩的で曖昧性を持つ言葉である。本研究においては、「日常の大スケールの物的環境の特性や構成要素に関する心的表象で、短期記憶と長期記憶の内部構想によって支えられるもの」⁽¹¹⁾という定義を採用する。

2.1 認知地図の形成過程

認知地図は移動行動や物理的地図の観察、道案内などの会話を通して形成される。若林は認知地図形成過程を図1に示す、①環境との接触、②符号化、③貯蔵、④復号化、⑤再生と利用、⑥変容という6つの情報処理過程としてまとめている⁽¹¹⁾。図1に示されている環

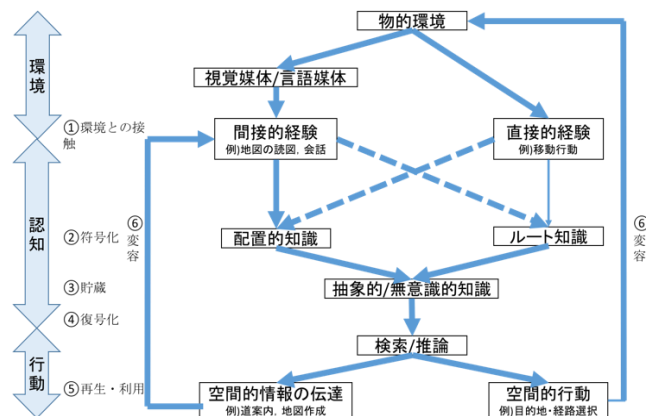


図1: 情報処理過程としてみた認知地図形成過程の概念 ((11)を基に筆者が作成)

境とは物的環境を指す。認知の段階では①環境との接触には直接的接触と間接的接触があり、これにより形成される知識は異なるが②符号化が行われ、抽象的または無意識的知識として③貯蔵される。行動の段階では貯蔵された認知地図を⑤再生し利用する。⑤利用されたことにより、再び環境と接触することで新たな情報を獲得することで認知地図は⑥変容する。

2.2 認知地図の形成方法

空間認知研究では、認知地図を自由描画によって外在化した認知地図の表象の形態は、「ルートマップ」、もしくは「サーヴェイマップ」の2種類に分類される⁽⁵⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。主に移動行動によって形成されるルートマップは、移動行動から得られる地理空間情報によって形成される認知地図の表象であり、身体活動を伴う暗黙的な性質をもち通常意識されることはないが、経路探索において不可欠な道順の知識である⁽¹¹⁾。対して、物理的な地図を観察して獲得される情報である配置的知識によってサーヴェイマップは形成される⁽¹²⁾。配置的知識は、直接移動できない地点間の間接的関係を含み、経路探索を促進する、新しいルートを開発するための必要条件となる知識である⁽¹¹⁾。

知識の獲得の順序には諸説あるが、認知地図の発達の最終段階は配置的知識を表現したサーヴェイマップであるという考えが、今日では一般的である⁽¹¹⁾。そこで本研究では、空間移動能力の向上に資する要因として、サーヴェイマップ的な認知地図の形成能力を高めるための学習活動を考える。

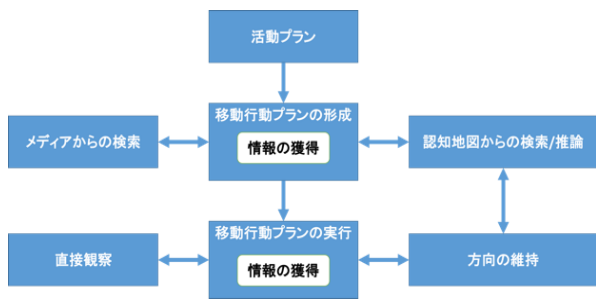


図 2: 活動プラン, 情報の獲得, および定位の相互作用に関する概念 (11)を基に作成)

2.3 空間移動に求められる情報の獲得過程と方略

空間移動に必要な情報がいつ獲得されどのように作用するかに関して, 若林は活動プランを立てのその実行過程における相互作用に関する概念を示している(図 2) (11). 移動行動を計画するときにはメディアや認知地図などから情報を獲得することが求められる. 計画を実行するときには, プランに含まれる情報と移動時に直接観察することで獲得される情報を対応づけながらプランを実行する必要がある. なお, この時獲得される情報の種類として建造物や看板, 道路の形状などの静的なランドマークに着目することで, 経路認知や位置理解が促進されることが分かっている(11).

また, 目的地を目指した経路探索における方略的な知識は, 正確な地図学習をもたらすことが明らかにされている(13). その1つとしてより実現が容易と思われるサブゴールを設定し実現していくという方略が明らかにされている(14).

3. 空間移動能力の学習モデルとこれに基づく支援システムの開発

3.1 空間移動能力の学習モデル

2.1 節で述べた認知地図形成過程において, 情報がどのように獲得されるのか, 獲得した情報をどう扱うのかという 2.3 節で述べた活動プランに関する知見に基づき, 空間移動能力を向上させるための学習活動モデル(空間移動能力学習モデル)を提案する.

図 3 に空間移動能力学習モデルを示す. 本研究では以下の 3 つの学習活動を支援することを設計指針としている.

1. 物理的な地図から正確なサーヴェイマップ的認知

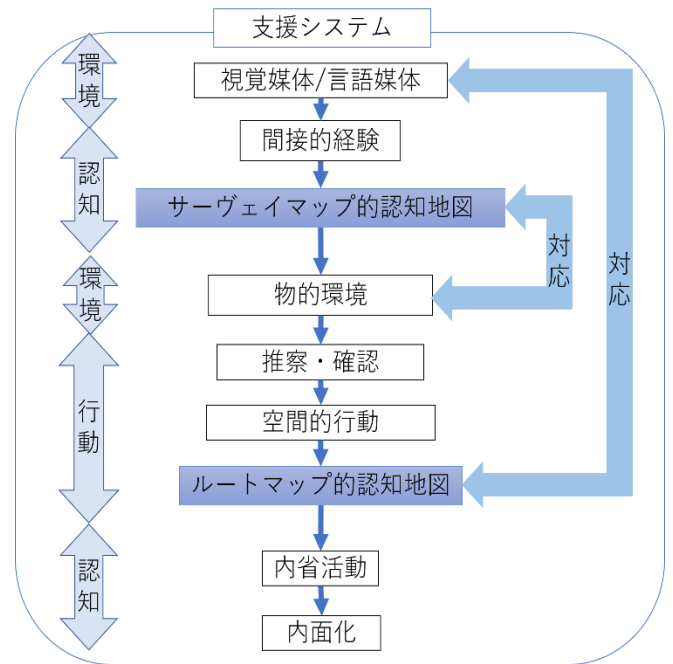


図 3: 空間移動能力学習モデル

地図の形成を促す

2. 1 で形成されたサーヴェイマップ的認知地図を実際の空間環境と対応させる空間移動を実践することにより, ルートマップ的認知地図の形成を促す
3. 1, 2 で形成されたイメージを統合させ, 認知地図の内面化を促す

3.2 学習フロー

前章で提案した学習指針に基づき, 取り組む学習活動とフローを提案する. 空間移動に必要なとされる情報の獲得過程(図 3)に基づき, 「移動計画」(Planning), 「移動計画の実行 (Moving)」, 「内省 (Reflection)」という 3 段階の構成で学習を支援する.

3.2.1 第 1 段階: Planning フェーズ

第 1 段階では, 学習者は移動計画を実践する. 移動計画活動により, 学習者の地図の読解能力と, ランドマークや位置関係, 方位関係の情報を収集して適切な経路を立案する能力の明示的な発揮の機会を提供する.

3.2.2 第 2 段階: Moving フェーズ

第 2 段階では, 第 1 段階の移動計画立案で形成されたサーヴェイマップ的認知地図に基づき, 実空間での移動を実践する. 移動時の学習者に対して, 認知地図形成に有効な現在地の推測(現在地推測課題)と目的地への方位の推測(方位推測課題)を目掛けた心的努力を促すことで, 認知地図の形成と発達を目指している.

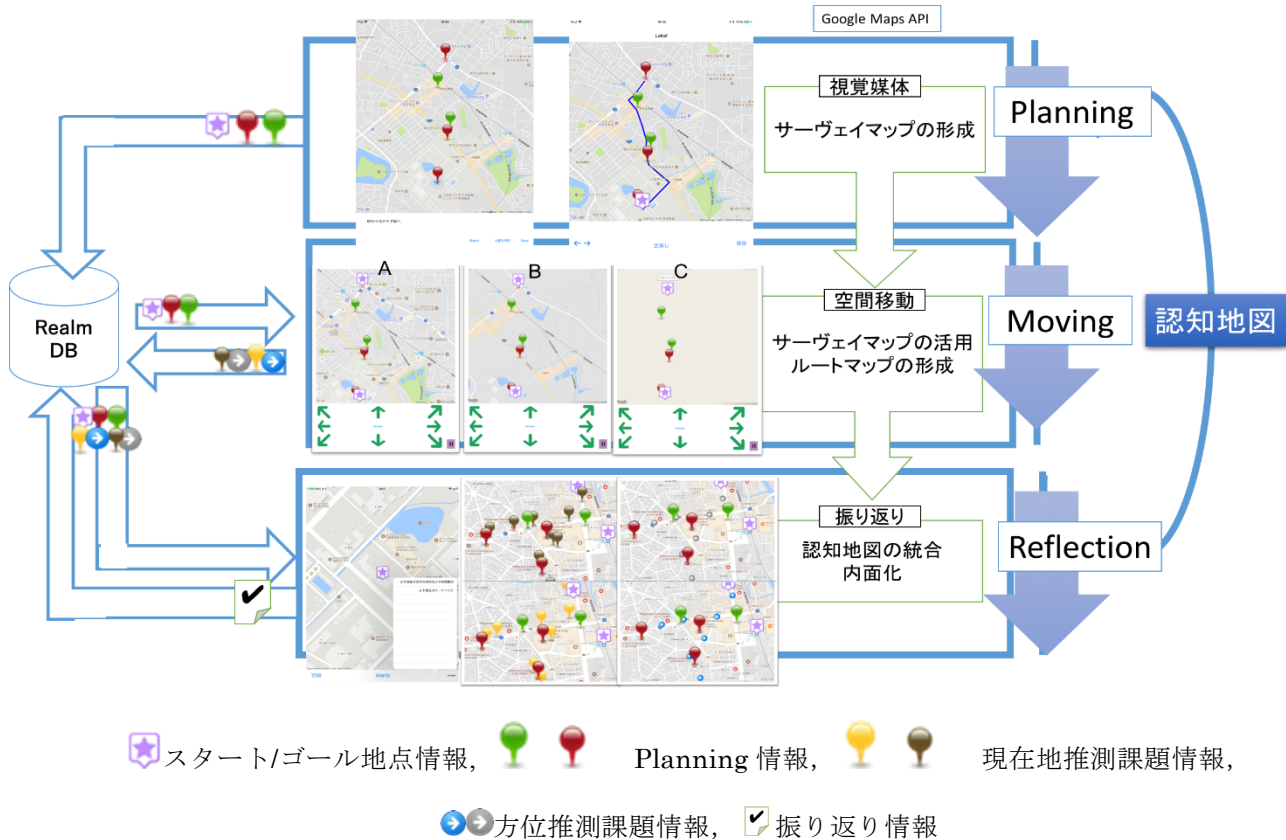


図 4: 学習フローとシステム図

3.2.3 第 3 段階: Reflection フェーズ

第 3 段階では、学習者は第 1 段階で行なった移動計画と、それを実行した第 2 段階の移動活動を振り返る。

システムは振り返りを通して、それぞれの段階で形成されたサーヴェイマップ的認知地図とルートマップ的認知地図の内面化を促す。

3.3 空間移動能力向上支援システム

2.4 節で提案した空間移動能力学習モデルに則した学習活動を実践するためのシステムを構築した。本研究で開発したシステムは、移動時での利用を想定した iOS アプリケーションとして実装されており、Apple 社の iPad や iPhone 端末上で動作することを想定している。地図情報には Google Maps API を利用しており、学習者の認証と学習情報管理のためのデータベース (Realm) を持つ。

図 4 にシステムのインタフェースと、2.5 節で述べた学習フローの各フェーズとの対応を示す。第 1 段階である移動計画活動を行うための Planning モード、第 2 段階である課題を伴う移動活動を行うための Moving モード、最後に振り返り活動を行うための Reflection モードから構成されている。

3.3.1 Planning モード

図 4 における地図から作られた環境のイメージの作成と、図 3 における移動行動プランの形成を目的とした、物理的な地図を利用した移動計画活動を行うモードである。この活動を支援するために以下の 3 つの機能を搭載している。

- (1) 目標地点マーカ設定機能
第 2 段階におけるサブゴールを地図上に設定する機能
- (2) ランドマークマーカ設定機能
第 2 段階において移動の目印とするランドマークを地図上に設定する機能
- (3) 移動経路計画機能
自身の移動経路を計画するためのルートを描画する機能。

3.3.2 Moving モード

移動プランに基づき、実空間での移動を行うモードである。学習者に提示される地図は、移動を行う前に学習者自身によって設定するレベルによって表示内容の制限が異なる。各レベルの学習目標として、以下の 3 項目を設定している。

- (a) 道路や周辺情報，方位に基づく現在地の把握
- (b) 目印と道路を利用した現在地の把握
- (c) 目印とその位置関係を利用した移動

各目標に対応する形で，レベル別に画面表示は以下の付与情報が制限されたマップを提示し，各目標における困難性を段階的に切り分けている。

- A. 学習者の現在地表示アイコンを消去したマップ
- B. 学習者が設定したマーカ以外のマップの地物（建物や文字情報など）を消去したマップ
- C. マップ表示を一切消去し，設定した目標地点マーカやランドマークマーカのみが表示されたマップ

移動時に目的地に向かうためには学習者自身は，自身がどこにいるかを意識することが必要である。これを陽に意識する課題として，現在地への意識を促すための現在地推測課題を実施・記録する機能を実装している。また，現在地から目的地の方位を推測することがサーヴェイマップの形成に有効であることから，方位推測課題を実施・記録する機能も搭載している。

推測課題の記録は，振り返りを行う際に自己の推測を振り返るため，実際の正解データとともに保存される。同様の目的のもと，実際の移動経路の情報を記録するGPSロガーを実装した。

3.3.3 Reflection モード

Planning モードと Moving モードを通して形成された認知地図を外在化し，学習時に認知地図の形成に資すると考えられる現在地や方位の推測結果を振り返るモードである。

学習者はサーヴェイマップ的認知地図をスケッチマップとして自由描画により外在化することで，自身の記憶や移動時の意識を振り返る。さらに表示された地図上に移動経路を自由に描画することによりルートマップも外在化する。

外在化した認知地図のデータや，移動時の推測，推測の正解データなどを比較し，当時空間移動に有効な意識を持っていたかを内省する。学習者が1度行なった移動活動を，後から再度振り返ることを可能とするため，行った振り返りの内容を記録している。

	システム利用群	ナビゲーション利用群
P1	実験場所の説明	
P2	移動計画活動 (Planning)	-
P3	インストラクション 自分の現在地を推測すること 現在地から見た目的地への方位を推測すること	
P4	P4-S:移動活動 (Moving) 現在地推測課題 方位推測課題	P4-N:ナビゲーション 音声に従って移動
P5	アンケート1 (表2)	
P6	スケッチマップ描画	
P7	移動ルート描画	
P8	振り返り活動 (Reflection) 再度アンケート1 (表2)	-
P9	アンケート2 (表3)	

表 1: 実験手順

4. 評価実験

前章で述べた空間移動能力向上支援システムの利用が，空間認知能力の向上に寄与するかの感触を得るための初期的な実験を行なった。

4.1 実験設定

4.1.1 被験者

大学生 6 名，大学院生 6 名の協力を得た。実験を行う前に，被験者に方向感覚質問紙⁽¹⁵⁾を基にしたアンケートを実施し，方位感覚の自己評価を点数化した。それを基に被験者を得点に有意差のない 2 群に分けた。一方は開発システムを用いる 6 名 (G1: システム利用群 (男性 4 名，女性 2 名)) であり，もう一方は GPS ナビゲーションアプリを用いる 6 名 (G2: ナビゲーション利用群 (男性 4 名，女性 4 名)) で構成されている。

4.1.2 実験場所と実施課題

事前の調査を基に，全被験者が初めて訪れる土地である，大阪府堺市東区北野田駅周辺を実験場所として設定した。

被験者には北野田駅を出発地点とし，1 km 弱先の最終目的地に移動する共通課題に取り組みさせた。移動の際，あらかじめ設定した 3 つのポイント (建物) を順に経由するタスクを与えた。課題を実施するにあたり，両群の被験者には経由地点と最終目的地の地図を示した。

4.1.3 実験手順の詳細

表 1 に実験手順を示す。はじめに，(P1) 両群共に

移動する場所について説明を行なった。その後、(P2) システム利用群にはシステムの Planning モードの機能を用いて移動計画を立案させた。次に、(P3) 両群に対し現在地の推測と目的地への方位の推測を意識するようインストラクションを行った。

現地へ移動後、システム利用群は、(P4-S) Moving モードを使用して移動した。現在地推測機能と目的地方位推測機能を用いた移動課題への取り組みについては、安全性を考慮して今回は任意課題とし、システムからの割り込みや最小回答数は設けていない。(P4-N) ナビゲーション利用群には GPS ナビゲーションアプリの音声ナビゲーションに従いながら移動に取り組ませた。なお、普段ナビゲーションを利用している時と同様に、地図画面を確認することは認めている。

目的地到着後に両群に (P5) アンケート (表 2) への回答と (P6) 移動課題の周辺地図の描画と (P7) 地図上に移動ルートの描画活動 (図 5) を実施した。その後、システム利用群には Reflection モードを利用し (P8) 再度アンケート 1 に回答させながら振り返り活動を行ってもらった。最後に両群に (P9) アンケート 2 (表 3) に回答させた。

4.2 実験結果

4.2.1 アンケート 1 の結果

移動後に行ったアンケート 1 には、各設問の回答数に群間での有意差は見られなかった (表 2)。

システム利用群が Reflection モードの機能を用いながら再度アンケート 1 に答えた際には、意識していたかという自己認識に変化が見られた。

4.2.2 アンケート 2 の結果

実験の最後に両群に共通して回答してもらったアンケート 2 は、5 件法 (1:否定的, 2:やや否定的, 3:どちらとも言えない, 4:やや肯定的, 5:肯定的) で調査している。等分散を仮定した t 検定を行ったところ、全 9 問のうち、Q3, Q7 に有意差が認められた (Q3: $t(10) = -3.16, p < .05$, Q7: $t(10) = 2.90, p < .05$)。

4.2.3 スケッチマップによる認知地図の分析結果

認知地図が外在化されたスケッチマップの分析手法として、手書き地図の分析手法である閉路法⁽¹⁰⁾に基づきサーヴェイマップ型とルートマップ型を分類する。

閉路法とは、描かれた道路網が閉じている部分の有

	意識していたか?	平均人数		
		G1		G2
		前	後	
Q1	Planning で見た地図上の位置関係を利用すること	6	6	4
Q2	Planning で見た地図上の方位関係を利用すること	3	3	3
Q3	自分が地図上のどこにいるかを考えること	6	4	5
Q4	方向転換するときにランドマークを記憶すること	1	1	2
Q5	プランニングでの記憶を思い出すこと	4	4	2
Q6	目的地がどの方向にあるかを考えること	3	6	6
Q7	位置関係から目的地の方位を確認すること	4	5	5
Q8	ランドマークを記憶すること	3	3	2

表 2: アンケート 1 の内容と平均該当率

	設問内容	平均点	
		G1	G2
Q1	移動時に見た風景を覚えている	4.33	4.00
Q2	移動時に考えていたことを思い出せる	4.33	4.17
Q3	移動時に現在地を意識した	4.00	4.67
Q4	移動時に方角を意識した	3.83	4.33
Q5	現在地と目的地の位置関係を考えた	3.83	4.50
Q6	現在地と目的地の方位関係を考えた	3.50	4.00
Q7	周辺地図を描くことで周辺の位置関係を理解できた	4.50	3.17
Q8	移動ルートを描くことで周辺の位置関係を理解できた	4.33	3.50
Q9	移動を振り返るとき、移動時の記憶を思い出しやすかった	3.83	3.83

表 3: アンケート 2 の内容と平均解答値

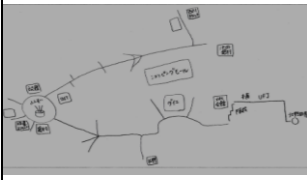
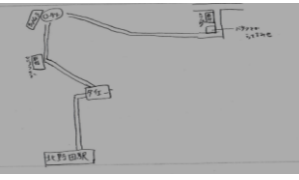

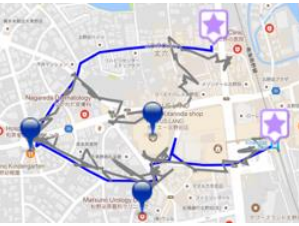
	システム利用群	ナビゲーション使用群
スケッチマップ例		
移動ルートマップ例		
型	サーヴェイマップ	ルートマップ

図 5: 周辺地図, 移動ルート描画課題結果

無により、スケッチマップを分類する手法である。同手法では、スケッチマップに閉路区域がある場合、空間に広がりを持って捉えられていると考え、サーヴェイマップ型に分類する。逆に閉路区域がない場合、空間を線的に捉えているルートマップ型に分類する。図 5 に被験者が描いたスケッチマップと移動ルートマップ、およびマップの分類の結果を例示する。さらに、スケッチマップがどの程度サーヴェイマップ的である

か、バッファ法⁽¹⁶⁾を参考に分析を行った。

バッファ法による分析では、GISを用いてスケッチマップの分析する際に、描かれた間違いや歪みを客観的に現実の地形に当てはめる必要があるため、スケッチマップを実際の地図へ変換する必要がある。この変換作業は、スケッチマップの評価手法を知らない第三者2名によって行なった。

図6にバッファ領域面積推移の傾きの変化を掲載する。有意水準を5%とし、バッファ距離を10m間隔で等分散を仮定したt検定を行ったところ、バッファ距離が50mを超えたところで有意差が認められた。図6に示されるように、バッファ領域面積推移の傾きはシステム利用群の方がバッファ距離区間大きくなるにつれて小さくなっていく傾向が見てとれることから、システム利用群の方が、サーヴェイマップ的である傾向が示された。

表4右にシステム利用群とナビゲーション利用群の平均ランドマーク数を掲載する。t検定の結果、両群の間に有意差が認められた ($t(10) = 4.052, p < .01$)。以上より、システムを利用した群の方が記憶した情報量が多いことが示された。

4.3 考察

アンケート1において群間で有意差が見られなかった理由として、移動前に両群共に教示をしていた、自身の現在地の推測および、現在地から見た目的地への方位を推測するという意識付けが影響していた可能性が考えられる。また、Reflectionモードを利用し、自身の記録を正解データと比較しながら再度アンケート1に回答した際に、変化が見られた項目がある理由として、実際の移動経路が提示されたことによる記憶の再現効果が考えられる。実験後に解答が変化した理由を調査したところ、「想起しやすかったことで実際の移動時の記憶を思い出し、考えが変わった」といったコメントが挙げられた。このことから、Reflectionモードに実装した画面の比較を可能にしたユーザインタフェースにより内省を促す狙いが機能したことが示唆される。

アンケート2のQ3にナビゲーションシステム利用群の方がより意識していたという有意差と有意傾向が見られた一因としては、音声ナビゲーションに従って

	型		平均ランドマーク数
	サーベイマップ	ルートマップ	
システム利用群	4	2	7.33
ナビゲーション利用群	4	2	1.67

表4: スケッチマップの分類結果

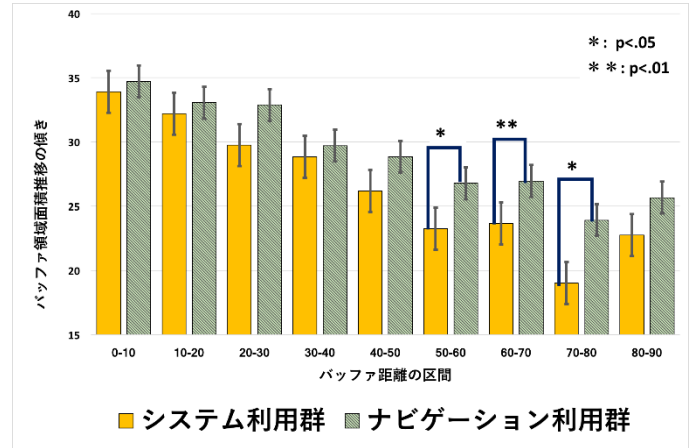


図6: スケッチマップのサーヴェイマップ的傾向

いたことが考えられる。音声ナビゲーションの指示には「30m先、西方向」といった、直近の移動行動に関する指示がある。この指示に従うためには、自分の現在位置と行動ポイントの相対的位置関係を意識する必要があり、このための局所的意識がシステム利用群よりも促されたことが考えられる。

一方、移動の結果として形成された認知地図についてのスケッチマップの分析結果からは、システム利用群のほうが発達していることが示唆される。このことも、ナビゲーションシステムが局所的意識を促す上記の解釈を支持している。したがって、本システムがGPSナビゲーションアプリよりも、認知地図発達に求められるよりグローバルな観点での距離、方位を意識させる学習環境として適切である可能性が示唆される。

アンケート2のQ7において本システムの利用群のほうがより肯定的であったという有意差がみられた理由として、形成された認知地図の情報量に差があった可能性が挙げられる。1章で述べたように、ナビゲーションシステムを利用した場合、記憶される周辺情報量が減少するという傾向がある。本研究でも表3に示すように、描かれたランドマーク数には有意差が認められている。理由の一つとして、記憶の整理を目的とした振り返り活動の一環であるサーヴェイマップ、ルートマップの外在化において、システム利用群の記憶

量が多かったために、より記憶を整理する効果を実感した結果が反映された可能性が考えられる。

以上より、開発した空間移動能力向上支援システムの利用による空間認知能力向上効果について総合すると、ナビゲーションシステムを利用した群のほうが、局所的行動選択に向けた現在地や方位の意識を促すが、ランドマークの数や情報の密度など、スケッチマップの表象からは、システム利用群の方が大局的視点から現在地や方位への認識が促され、その結果発達した認知地図が形成されたと考えられる。このことから、開発したシステムが空間認知地図の形成に寄与することが示唆された。したがって、システムを利用した空間移動課題に継続的に取り組むことが、空間移動能力の向上に資することが示唆される。

5. まとめ

本研究では、空間認知研究を基に空間移動能力の向上支援システムを開発し、システムの効果を検証した。本システムは、空間移動能力に空間認知能力が影響するという考えのもと、空間認知研究の知見をもとに設計した学習モデルに基づいた仕様となっている。大学生と院生を対象に実施した初期的な評価実験では、ナビゲーションアプリを利用した場合と比較して、空間をより認知していることが確認された。アンケートの結果から、Reflection モードによる空間理解への効果も見られ、空間認知能力向上への影響が示唆される結果となった。

今後の課題として、長期的な使用による空間認知能力向上の検証が求められる。また、空間認知能力がどれほど空間移動能力の向上に寄与するかを検証していく必要がある。さらに、システムによる直接的な学習への介入などの実験協力者から得た意見を元に検討し、より適した空間移動能力向上支援システムを目指して改良していく。

謝辞

本研究の実験にご協力いただいた方々に、深く感謝申し上げます。

参考文献

(1) 仲谷善雄, 市川加奈子. 偶然の出会いを誘発する観光ナ

ビゲーションの試み. ヒューマンインタフェース学会論文誌, 12(4), 105-115, 2010.

- (2) 石井信行, 西内和子. 経路探索者の都市空間記憶に歩行ナビゲーションが与える影響に関する認知実験. 土木計画学研究・論文集, 21(2), 425-434, 2004.
- (3) 平井浩将, 森傑. 経路探索における GPS ナビゲーションツールの利用とアクション生起との関係. 日本都市計画論文集, 42(3), 541-546, 2007.
- (4) 村越真. ナヴィゲーションのための地図読み. 信学技報, 59-64, 2003.
- (5) 中村奈良江. 空間探索ストラテジーによる空間表象の差異. 心理学研究, 第 64 巻, 第 2 号, 99-106, 1993.
- (6) Lindberg, E., and Gärling, T. "Acquisition of different types of locational information in cognitive maps: Automatic or effortful processing?" *Psychological Research*, 45(1), 19-38, 1983.
- (7) 新垣紀子. なぜ人は道に迷うのか?: 一度訪れた目的地に再度訪れる場面での認知プロセスの特徴. *Cognitive Studies*, 5(4), 108-121, 1998.
- (8) Passini, R. "Spatial representations, a wayfinding perspective." *Journal of Environmental Psychology*, 4(2), 153-164, 1984.
- (9) 関口勝夫, 牛谷智一, 澤幸祐. 複数のランドマーク使用による空間情報の統合と競合. *The Japanese Journal of Animal Psychology*, 63(1), 65-77, 2013.
- (10) 横澤一彦, 和田絵里香, 光松秀倫. 仮想空間における認知地図の形成と変換. 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J87-A, No.1, 13-19, 2004.
- (11) 若林芳樹. 認知地図の空間分析. 地人書房, 1999.
- (12) 若林芳樹. 地理空間の認知における地図の役割. *Cognitive Studies*, 15(1), 38-50, 2008.
- (13) Lobben, A. K. "Tasks, strategies, and cognitive processes associated with navigational map reading: A review perspective." *The Professional Geographer* 56(2), 270-281, 2004.
- (14) 日色真帆, 原広司, 門内輝行. 迷いと発見を含んだ問題解決としての都市. 日本建築学会計画系論文集, 第 466 号, 65-74, 1994.
- (15) 竹内謙彰. 方向感覚と方位評定, 人格特性及び知的能力との関連. 教育心理学研究, 第 40 巻, 第 1 号, 47-53, 1992.
- (16) 高井寿文, 奥貫圭一, 岡本耕平. 手描き地図を用いた空間認知研究への GIS の適用. 地図, Vol.41, No.4, 27-36, 2003.

受講者行動の観測に基づく友人関係の推定可能性の検討

鎌田稜平*

角所 考*

飯山将晃**

西口敏司***

村上正行****

Possibility for estimating friendship among students in the classroom
from observation of their behavior

Ryohei KAMADA*

Koh KAKUSHO*

Masaaki IYAMA**

Satoshi NISHIGUCHI***

Masayuki MURAKAMI****

近年、日本の大学において学内の多様な情報を分析し、教育、学生支援、大学経営などに役立つ IR(Institutional Research)が活発化しつつある。その中でも教学 IR では、教務関連の情報などを収集し、これをもとに学生のことを知り、学生の状況やクラスの状況に応じた教育を提供することが試みられている。従来、このような情報は主に学生個人としてのものが中心であったが、学生同士の友人関係も学業意欲や出席率に左右されることから、このような友人関係を自動推定することは重要と考えられる。これに関する筆者らの先行研究では、授業映像における受講者の前後移動の共起性に着目することで、友人関係の推定がある程度可能であることが明らかになっているが、たまたま無関係な受講者間で前後移動が共起する可能性も想定される。そこで本研究では、これに左右移動、視線交錯、共同注視、着席位置を加えた5つの特徴量を用いて、より安定的に友人関係を推定できる可能性を検討する。キーワード:友人関係、自動推定、共起性、授業映像、IR

1. はじめに

近年、日本の大学では、学内に存在する多様な情報を収集して分析し、教育、学生支援、大学経営などに役立つ IR(Institutional Research)が活発化しつつある。この IR の中でも、教学部門に焦点を当てた教学 IR では、入学試験の成績などの入学に関する情報や、履修状況、単位取得状況といった教務関連の情報などを収集し、これをもとに学生のことを知ることで、一人ひとりの学生の状況、クラスの状況に応じた教育を提供することが試みられている⁽¹⁾。

上のような試みにおいてこれまで扱われてきた情報は、学生個人のものであり、学生同士の関係、例えば友人関係などは十分に活用されていなかった。しかし、学生やクラスの状況を知る上では友人関係も重要な情報の一つであり、これが良好であれば大学での学業意欲の低下に対して、抑制的な影響を与えること

が知られている⁽²⁾。また、友人関係が不良な場合には大学不適応感が生じ、出席率や GPA に負の影響を与えることから、怠学、成績不振、留年そして退学を予測する有効な指標となる可能性も示唆されている⁽³⁾。

一方で近年、授業改善のために、各大学で授業中の講師や受講者の様子を撮影し、その授業映像を授業状況の振り返りなどに利用する試みがある⁽⁴⁾。このときの受講者の行動には友人関係も反映されると考えられることから、本研究では上のような授業映像を利用することで友人関係を自動推定することを考える。

授業中の受講者の着座姿勢は、その継続的变化として、特に上体が前傾と後傾に動くことが知られている⁽⁵⁾。そこで先行研究⁽⁶⁾では、受講者の前後移動の共起性に着目し、友人関係の自動推定がある程度可能であることを明らかにしている。しかし、受講者全体が一斉にスライドや発言者に注目した場合などは、たまたま無関係な受講者間の動きが類似する可能性も考えられる。そ

* 関西学院大学理工学部 (School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University)

** 京都大学学術情報メディアセンター (Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University)

*** 大阪工業大学情報科学部 (Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology)

**** 京都外国語大学外国語学部 (Faculty of Foreign Studies, Kyoto University of Foreign Studies)

ここで本研究では、前後移動だけではなく、その他の特徴量も組み合わせることで、友人関係をより安定的に推定することを考える。このとき考えられる特徴量として、まず、姿勢変化においては、前後移動の他に左右移動が考えられる。また、友人同士なら顔を向き合う機会が多いことから、視線交錯が起きたり、同じ対象に注目する結果、共同注視が起きると考えられることから、顔方向にも共起性が見られると考えられる。さらに、友達同士は近くの座席に座ることが多いと考えられることから、着席位置にも共起性が見られると考えられる。以上のような共起性を利用するには、顔の位置と向きが必要となるが、筆者らは別の先行研究⁽⁷⁾において、RGB-D カメラを用いて各受講者の着席位置を推定する手法を提案しており、この手法では、各受講者の顔の位置と顔の向きが求まる。そこで本研究では、これを利用して前後移動、左右移動、視線交錯、共同注視、および着席位置の共起性を求め、これらの特徴量として友人関係をより安定的に推定できる可能性について検討する。

以下では、まず2.において、先行研究⁽⁷⁾を用いた講義室内の顔位置・向きの取得方法を概説する。続く3.では、上の5つの特徴量の取得方法と受講者同士の共起性の算出方法について述べる。さらに4.では、実際の講義の様子を撮影した映像に対して本手法を適用した実験結果について報告する。最後に5.では、本研究のまとめと今後の課題について議論する。

2. 顔の位置・向きの取得方法⁽⁷⁾

2.1 講義室内の着席位置の推定

先行研究の手法では、講義室内に RGB-D カメラを設置し、そのカラー画像に対して顔画像処理を適用することで、受講者の顔領域を複数検出し、それぞれに対するカメラ中心座標系での顔の位置・向きを求める。そのときの顔領域数を N とし、 n 番目の顔領域 F_n の3次元位置・向きをそれぞれ $f_n, v_n (n = 1, \dots, N)$ とする。

上の f_n はカメラ座標系で表現されるため、これに基づいて教室内での着席位置を求めるには、カメラと座席配置の位置関係を知る必要がある。講義室の座席は通常、同一平面上に配置され、受講者の顔は概ねそれと平行な平面（“座高面”と呼ぶ）上で講義室前方を向いていることから、先行研究の手法ではこれを利用して座高面を求める。このとき、座高面上で講義室の右・前向

きに x, z 軸、上向きに y 軸をとった座高面座標系を考え、その原点のカメラ中心座標系での3次元位置を o 、カメラ座標系から座高面座標系への座標変換における回転成分の行列を R で表す。これらを並進成分と回転成分とする座標変換行列を f_n, v_n にそれぞれ乗じたとき、 f_n が座高面座標系の xz 平面上に分布し、 v_n と座高面座標系における顔の向きが一致するような o, R を求めることで、座高面における顔の位置 s_n 、向き u_n が求まる。先行研究の手法では、この s_n が等間隔で碁盤状に並ぶような座席配置を求めることで、講義室内における F_n の着席位置 (c_n, r_n) を求める。

2.2 異なる時刻間での観測結果の変換

2.1 で求めた o, R の推定値は観測の瞬間毎に算出される。このとき、各受講者の顔の位置と向きは瞬間毎に変化し、さらにそのときの顔の向きなどによっては顔領域の検出に失敗することから、 o, R は観測時刻に対して一律不変とはならない。そこで、先行研究の手法ではさらに、時刻 $t+1$ での座高面座標系から t でのそれへの座標変換として、同一受講者の s_n が一致するような回転行列 $\Delta R(t)$ と並進ベクトル $\Delta o(t)$ を求めることで、各フレーム毎に $R(t+1) = R(t) + \Delta R(t)$ 、 $o(t+1) = o(t) + \Delta o(t)$ を求め、これらを時刻 $t+1$ における $s_n (n = 1, \dots, N)$ に乗じることで、座高面座標系を観測時刻全体で統一する。このとき、時刻 t における顔領域数 N とそれに対応する n 番目の顔領域 $F_n(t)$ は t によって異なるが、顔画像の類似性にもとづいて同一人物を対応づけることで、 $F_n(t)$ を観測時刻全体で統一することができる。したがって以降では、 n が同じ場合は同一人物とし、 n 番目の人物の着席位置を \hat{s}_n で表す。

3. 特徴量の取得・共起性の算出方法

3.1 前後・左右移動

$\hat{s}_n(t)$ の x 成分、 z 成分は講義室内の横方向、縦方向に対応していることから、受講者 F_n の左右移動の変化量と前後移動の変化量において、時刻 t から $t+1$ までの \hat{s}_n の x 成分の変化量を $\Delta d_x(n, t) = \|\hat{s}_n^x(t+1) - \hat{s}_n^x(t)\|$ 、 z 成分の変化量を $\Delta d_z(n, t) = \|\hat{s}_n^z(t+1) - \hat{s}_n^z(t)\|$ で評価する。この変化量はフレーム毎に様々に異なるが、本研究ではこれが大きく変化した瞬間の一致度を共起性として評価する。ここで、値 d を閾値 e で二値化する関数を

$b(d, e)$ で表すと、 $\Delta d_x(n, t)$, $\Delta d_z(n, t)$ が大きく変化した瞬間は、この関数を用いて、 $b(\Delta d_x(n, t), e_x) = 1$, $b(\Delta d_z(n, t), e_z) = 1$ を満たす瞬間 t として得られる。 e_x , e_z はそれぞれの二値化の閾値である。ただし、顔自体が検出できなかった場合は $b = 0$ とする。そこでこれを用いて、任意の顔領域 F_{n_1} , F_{n_2} の共起度を、それらの論理積の合計値 C_x , C_z として次式で定義する。

$$C_x(n_1, n_2) = \sum_{t=1} b(\Delta d_x(n_1, t), e_x) b(\Delta d_x(n_2, t), e_x) \quad (1)$$

$$C_z(n_1, n_2) = \sum_{t=1} b(\Delta d_z(n_1, t), e_z) b(\Delta d_z(n_2, t), e_z) \quad (2)$$

3.2 視線交錯

視線交錯の特徴量としては、任意の $F_{n_1}(t)$, $F_{n_2}(t)$ の座高面座標位値 $\hat{s}_{n_1}(t)$, $\hat{s}_{n_2}(t)$ を結ぶベクトルとそれぞれの顔方向ベクトル w_{n_1} , w_{n_2} のなす角 $\theta_{n_1}(t)$, $\theta_{n_2}(t)$ を利用し、これらが共に大きいとき、視線交錯があると判断する。このため、次式のように、 $\cos\theta_{n_1}(t)$, $\cos\theta_{n_2}(t)$ を閾値 e_l で二値化した $b(\cos\theta_{n_1}(t))$, $b(\cos\theta_{n_2}(t))$ (顔検出できなかった場合は $b = 0$ とする)の論理積の合計値 C_l によって F_{n_1} , F_{n_2} の共起度を定義する。

$$C_l(n_1, n_2) = \sum_{t=1} b(\cos\theta_{n_1}(t)) b(\cos\theta_{n_2}(t)) \quad (3)$$

3.3 共同注視

共同注視の特徴量としては、任意の $F_{n_1}(t)$, $F_{n_2}(t)$ の顔方向ベクトル w_{n_1} , w_{n_2} と教室前方にある黒板、あるいはスライド平面との交点間の距離 $j_{n_1 n_2}(t)$ を利用する。本研究では、この距離が小さくなったときに共同注視が生じていると判断する。このため、次式のように、 $j_{n_1 n_2}(t)$ を閾値 e_j で二値化した $b(j_{n_1 n_2}(t))$ (顔検出できなかった場合は $b = 0$ とする)の合計値 C_j によって F_{n_1} , F_{n_2} の共起度を定義する。

$$C_j(n_1, n_2) = \sum_{t=1} b(j_{n_1 n_2}(t)) \quad (4)$$

3.4 着席位置

着席位置の特徴量としては、 F_n の着席位置を (c_n, r_n) として、任意の受講者の着席位置間のマンハッタン距離

を利用する。このとき、友人同士なら、前後に座るよりも隣同士で座ることが多いことが知られていることから⁽⁸⁾、前後と左右に隣接する場合には隣接関係の意味が異なると考えられる。よって本研究では、上のマンハッタン距離において、行番号と列番号の重みを変える。すなわち、任意の受講者 F_{n_1} , F_{n_2} の着席位置を (c_{n_1}, r_{n_1}) , (c_{n_2}, r_{n_2}) として、着席位置間の距離の評価値 $M(n_1, n_2)$ を次のように定める。ただし、 w は重み係数である。

$$M(n_1, n_2) = |c_{n_1} - r_{n_2}| + w|c_{n_1} - r_{n_2}| \quad (5)$$

4. 共起度にもとづいた友人関係推定実験

4.1 実験環境

友人同士と他人同士の間で、実際に本手法で定義した共起性に差があるかどうか調べるため、筆者らの一人が主催するゼミを対象とした実験を行った。このゼミは、受講者が順番に自分の研究内容を発表する90分授業である。このとき、授業期間を通じて友人関係が変化する可能性を考慮し、春期(前期)と秋期(後期)に一週間おきに2回、計4回撮影した。この4回の授業映像それぞれに対し、2.で述べた手法で各受講者の着席位置と顔位置・方向を検出した。さらに、3.で述べた手法で前後移動、左右移動、視線交錯、共同注視の共起度と着席位置間距離を求めた。ただし、このゼミは発表者が交代する間にコメントシートに記入する形式のため、その時間帯は受講者全体がシート記入のために顔を俯けてしまうことから、この時間帯は避け、受講者全体が発表内容に目を向けている時間帯のみを対象とした。

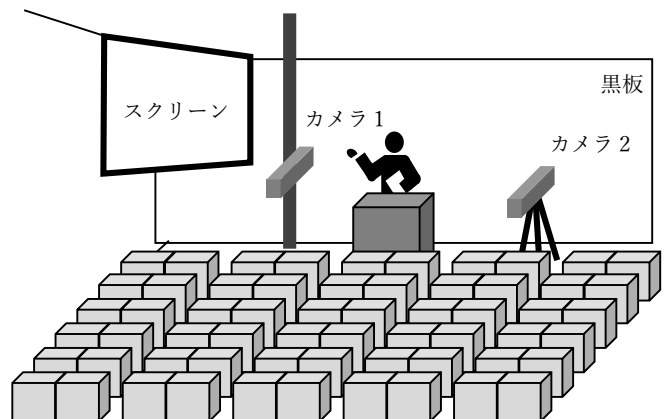


図1 教室内のカメラ配置

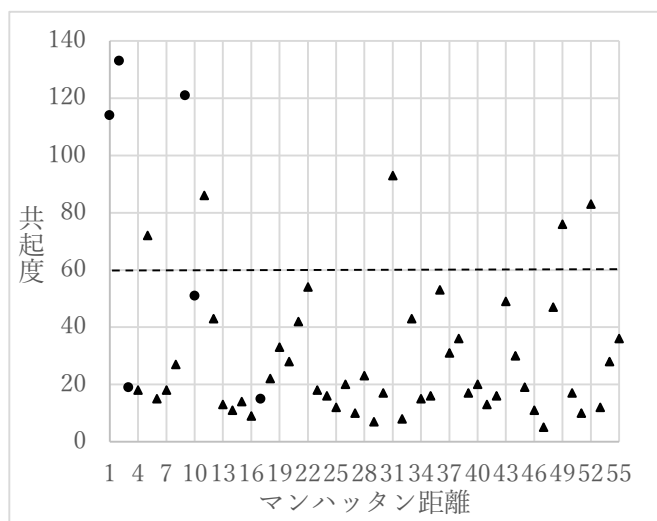
撮影にあたっては、教室全体をカメラの視野に収めるために、図1のように、教室前方左右に RGB-D カメラを2台設置して撮影した。このとき、共同注視の特徴量算出のためには、黒板平面が得られる必要があるが、カメラで黒板を捉えることは不可能であるため、座高面座標系の xy 平面を黒板平面の代わりとして、共同注視における交点間の距離を求めた。RGB-D カメラには Microsoft 社の Kinect v2、顔画像処理には PUX 社の Face U⁹⁾を使用した。Face U では F_n の類似度が0~100の範囲で表現されており、通常70以上の場合は同一人物と判断されることから、本実験でも同じ数値を用いた。二値化の閾値はそれぞれ $e_x, e_z = 10(\text{cm})$, $e_j = 0.5$, $e_l = 150(\text{cm})$, $w = 1.1$ とした。

4.2 春期での実験結果

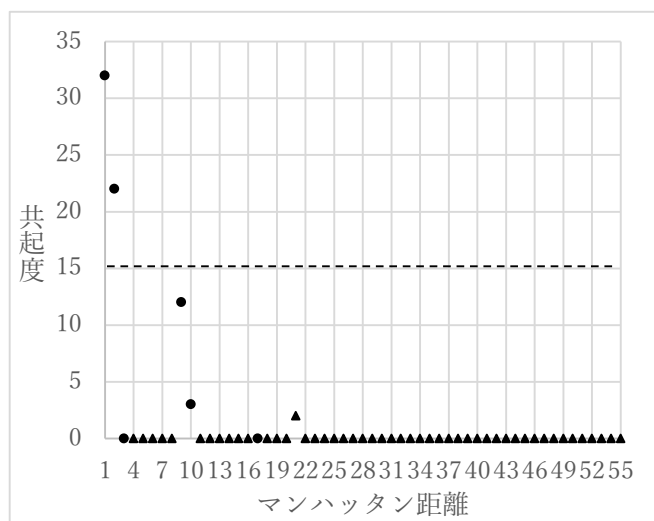
春期2回の授業では、1回目の授業で計21人、2回目の

授業で25人が出席していた。本研究では、顔の位置・向きがある程度継続的に計測されないと共起度を比較することは難しいことから、観測時間全体において5割以上顔が検出できた受講者のみを対象としたところ、継続的に顔検出できたのはそれぞれ12人、13人、両方検出できたのは11人であった。残りの受講者が検出できなかった理由の一つは、後列の受講者はカメラからの距離が遠くてカラー画像中の顔サイズが小さすぎたために、いずれも観測時刻全体を通して顔領域が一度も検出できなかったためである。もう一つは、特に2回目の授業において受講者同士の着席位置が密集していたため、後列の受講者が前列の受講者によって顔が隠れてしまい、継続的な顔検出が難しかったためである。

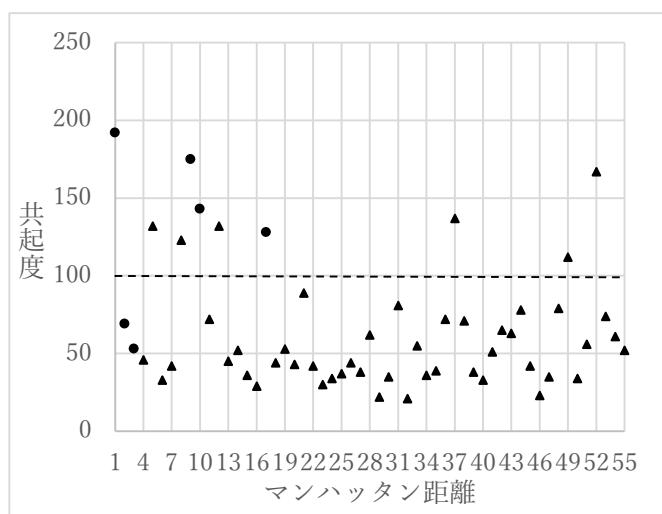
上で両方検出できた11人の受講者すべての組み合わせ55通りに対して、左右移動、前後移動、視線交錯、共同注視の共起度を、同一受講者ペア毎に授業2回分合計



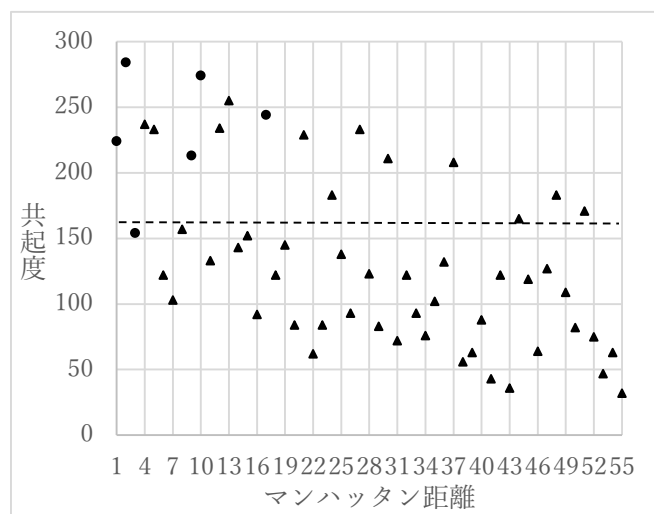
(a)左右移動



(c)視線交錯



(b)前後移動



(d)共同注視

図2 前期2回における任意のペアの特徴量の共起度

した値を図2に示す。これらのペアの内、授業中や授業後の受講者同士の交流の仕方などから、目視で友人関係と判断できるペアは6ペア存在したため、この友人同士と思われるペアの値を●、他人同士と見られるペアに対する値を▲で示している。横軸は各受講者ペアのID番号で、同一受講者ペアの着席位置間距離が小さい順に並び替えてある、ただし、座席間に通路が存在する場合には、その両側のマンハッタン距離は2としている。

次に着席位置以外の4つの特徴量それぞれについて、共起性が見られるペアと見られないペアを特徴量毎にK-means法で2クラス分割することで分類した。図ではその境界を点線で示している。点線より上が共起度の大きいクラス、下が小さいクラスである。ただし、視線交錯については全体的に共起度が小さく、ほとんどのペアでは0となったため、共起度が1以上あるペアのみをクラス分類の対象とした。以上を基に、目視に基づく友人関係(ID:1,2,3,9,10,17)を正解として、各特徴量における共起度の大小によって友人関係を推定した場合の適合率と再現率を求めた結果を表1に示す。

表1 各特徴量による適合率・再現率（春期）

特徴量	左右移動	前後移動	視線交錯	共同注視
適合率	0.38	0.40	1.00	0.29
再現率	0.50	0.67	0.33	0.83

4.3 秋期での実験結果

秋期2回の授業では、1回目の授業で計16人、2回目の授業で15人が出席していた。計測できたのはそれぞれ11人、10人、両方検出できたのは7人であった。これらのペアのうち、目視で友人関係と判断されるペアは4ペア存在した。前期と同様、両方検出できた7人の受講者すべての組み合わせ21通りに対して、4つの特徴量を検出し、4.2と同様に適合率と再現率を算出した結果を表2に示す。

表2 各特徴量による適合率・再現率（秋期）

特徴量	左右移動	前後移動	視線交錯	共同注視
適合率	0.50	0.40	1.00	0.25
再現率	0.33	0.67	0.33	0.67

さらに、各受講者を顔画像の類似性に基づいて春期

の受講者と対応づけてみたところ、春期に目視で友人関係と判断された6ペアのうち、2ペア(ID:1,2)については、秋期に顔検出できた45ペアの中にも含まれていた。また、もう1ペア(ID:3)については、そのうちの片方の受講者が、春期には出席しておらず秋期2回目の授業に出席していた別の受講者との間に、新たに友人関係が見られた。そこで、これらの3つのペアに対する春期と秋期の共起度を比べてみたところ、表3のようになった。(a)は、ペアに変動がなかった2ペア(ID:1,2)、(b)は新たな受講者と友人関係が見られたペア(ID:3)である。ただし、ID:2の片方の受講者は秋期1回目には出席していなかったため、(a)におけるID:2の結果は春期と秋期共に2回目の結果を示す。

表3 同一ペアの共起度の変化

(a) 春・秋で変化がなかったペア

ID	特徴量	春期	秋期
1	左右移動	114	123
	前後移動	192	80
	視線交錯	32	24
	共同注視	224	251
2	左右移動	78	69
	前後移動	29	26
	視線交錯	12	9
	共同注視	134	147

(b) 一方に新たな友人関係が見られたペア

ID	特徴量	春期(2回目)	秋期(2回目)
3	左右移動	10	19
	前後移動	32	102
	視線交錯	0	0
	共同注視	47	137
新ペア	左右移動	相手不在	61
	前後移動		113
	視線交錯		1
	共同注視		144

4.4 考察

まず着席位置の共起度については、図2の結果から、目視で友人関係が見られるペアは着席位置間距離も小さい(グラフのより左側に表示されている)傾向が見られる。ただし、目視で友人関係が見られるペアよりもそうでないペアの方が着席位置が近いケースも見られる。

また、残りの4つの特徴量についても、目視で友人関係が見られるペアは比較的高い値をとる傾向が見られるが、表1, 2の結果を見ると、適合率・再現率は必ずしも高いとはいえない。実際、目視では友人関係が見られないペアでも、たまたま特定の動き特徴が類似する場合はあり、いずれの特徴量も、単独で友人関係の推定に用いるには不十分であると思われる。

一方、複数の特徴量を組み合わせることを考えると、上述のように目視では友人関係の見られないペアにおいても、どれか1つの特徴量に対しては高い共起性がみられる一方、目視で友人関係の見られるペアについては、春期で友人関係の見られた6ペアの内5ペアは、4つの特徴量のうち、2つ以上に対して共起性がみられる。この傾向は秋期でも同様で、目視で友人関係が見られた4ペアの内3ペアについて、2つ以上の特徴量に共起性がみられた。これらのことから、特徴量を組み合わせれば、友人関係を推定できる可能性が示唆される。

春期と秋期の間の変化に関しては、表3(a)でID:1のペアが秋期には前後移動の特徴量の共起度が大きく低下した以外は、同じ友人関係のペアに対する共起度に大きな差はなく、2ペアとも、春期と秋期の両方で、3つ以上の特徴量に共起性が見られる。また、表3(b)では、秋期で新たに友人関係がみられたペアにも同様に3つ以上の特徴量に共起性が見られる。これらから、上のような複数特徴量の組み合わせによって、友人関係の時間的変化を推測できる可能性も示唆される。

5. まとめ

本稿では、受講者の受講行動を把握するために、講義室前方に設置したRGB-Dカメラで講義室全体を撮影し、得られた映像から受講者間の友人関係を推定できる可能性について議論した。具体的には、前後移動、左右移動、視線交錯、共同注視、着席位置の5つの特徴量の共起性を用いた処理の実現可能性について検討した。先行研究の手法⁽⁷⁾で得られた受講者の顔の位置・向きに基づいて、顔の前後・左右の移動量や、視線の交錯・共同注視の度合いを算出し、それらを二値化した値が観測時刻全体にわたって任意の受講者間で一致した回数の合計値によってその受講者間の共起度を定めた。この共起度の大小によって友人関係の有無が推定できるかどうかを調べるために、実際の講義室の撮影映像を

用いて実験をした結果、各特徴量単独での適合率・再現率は概ね約5割程度に留まったが、友人関係の見られるペアには、多くの特徴量に共起性が見られることから、これらの特徴量を組み合わせることで、友人関係を推定できる可能性が示唆された。

なお、実際の授業では、黒板への注目など、全受講者の行動が一致する場面があり、そのような場面の特徴量に対して算出される共起性には友人関係は反映されにくいと考えられる。このような場面は、本実験においても見られ、共同注視の適合率が他の特徴量と比べて低く留まっている一因となっている。そこで今後は、各ペアに対する共起度の大小を絶対的な値そのもので評価するのではなく、全ペアに対する相対的な大小によって評価する必要があると考えられ、これは本研究の今後の課題の一つである。

参考文献

- (1) 朝日新聞, 河合塾:“学生情報の把握と活用,”ひらく日本の大学,Vol.13,pp.44-57 (2015)
- (2) 上田佳苗, 恒吉徹三:“大学生の学業意欲の変化について,”山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要第36号, pp.115-123 (2013)
- (3) 中村真, 松田英子:“大学への帰属意識が大学不適應に及ぼす影響(2)-出席率,GPA を用いた分析-,”日本教育心理学会総会発表論文集, pp.135-144 (2014)
- (4) 京都大学高等教育教授システム開発センター編:“大学授業のフィールドワーク,”玉川大学出版部,2001
- (5) 渡辺秀俊,安藤正雄,高橋鷹志:“着座場面における姿勢の継時的変化”,日本建築学会計画系論文集,第474号,pp107-114 (1995)
- (6) 村上正行,中田壮俊,角所考:“授業映像における動きの類似度に基づいた受講者グループ推定方法の検討”,教育システム情報学会第41回全国大会, pp.111-112 (2016)
- (7) 西川純貴,角所考,飯山将晃,西口敏司, 村上正行:“RGB-Dカメラを用いた顔観測による講義室内の受講者の着席位置推定”,教育システム情報学会誌, Vol. 35, No.2 (2018)(掲載予定).
- (8) Sommer,R.:“Further Studies of Small Group Ecology”,Sociometry,28,pp.337-348(1965)
- (9) “顔認識ソフトウェア FaceU,”<<https://www.pux.co.jp/>製品情報/画像認識/顔認識>(2017-06-13 アクセス)

Mindmap 作成時の時系列画面情報を用いた

行動プロセスの分析

吉良 元^{*1*2}, 長谷川 忍^{*3}

*1 北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

*2 群馬大学 数理データ科学教育研究センター

*3 北陸先端科学技術大学院大学 情報社会基盤研究センター

A process analysis of using time-series screen data with mindmap creation

Hajime KIRA^{*1*2}, Sinobu Hasegawa^{*2}

*1 School of Information science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

*2 Center for Mathematics and Data Science, Gunma University

*3 Research Center for Advanced Computing Infrastructure, Japan Advanced Institute of
Science and Technology

The purpose of this research is to propose an analysis method independent from devices and applications for learners' behaviors on active learning in ICT classroom. The main feature of this proposal is to apply a time series clustering technique to screen information of the learners' tablet PCs. Although such information would not be enough to specify their actual behaviors, it would help an instructor to know typical learning process at the ICT classroom. In this paper, we conducted a case study to let learners write Mindmap in 15 minutes as a learning task to validate the proposed method.

キーワード: アクティブラーニング, ラーニングアナリティクス, ICT活用授業

1. はじめに

従来の講義室における教育活動は一般に、教師による知識の教授と、学習者による知識の運用からなる教授プロセスによって構成され、その評価は中間試験や期末試験と言った学習者に対する試験によって行われてきた。この形式の講義では、学習者による学習内容の理解度は試験によって評価されてきたため、教授プロセスそのものはあまり評価の対象とされてこなかった。しかし ICT 活用授業では、反転授業などのアクティブラーニングをはじめとして、教授プロセスにおける学習者の活動に主眼が置かれることが多くなっており、どのようにして学習者が課題に取り組んでいるのかという学習者の活動は教師にとって学習者の理解度

を把握する上で無視できない要素となっている。

本研究では、ICT 活用授業で得られるデータを活用して、教授活動の改善を目的とした学習者の行動における分析手法の提案を行う。ICT 活用授業では、ICT を使うことによる様々なログデータが残る。例えば、アクセスした日時を記録するアクセスログ、成績評価ツールによる成績ログなどである。これらのデータを成績のみにこだわらず総合的に分析することにより、教育活動全体を分析し、教授プロセスの改善に役立つデータを生成することが目的である。

具体的には、ICT 活用授業におけるアクティブラーニング中の学習課題に対して、アプリケーションに非依存な分析の仕組みを実現するために、画面情報のみを利用した時系列クラスタリングによる学習者群のグ

ルーピングを行う。

アプリケーション非依存とすることで、学習者の正確な挙動の特定は困難になる。しかし、一斉授業のスタイルを取る講義において個々の学習者の挙動の把握が困難になると思われる 10 名以上の学習者を、画面の時系列の変化によって 3 あるいは 4 程度のグループにクラスタリングすることにより、教師へ授業進行に活用できるデータを生成することで、最終的に ICT 活用授業における教師の負担軽減を実現することを目指す。

2. 関連研究

近年、ICT を活用した教育の取組が盛んに行われている。最も基本的なコンセプトは e-Learning と呼ばれ、Web 上に教育コンテンツを公開しそれを学びに活用した WBT (Web-Based Training) や、単にコンピュータ上で動く教育アプリケーションを利用したものなどがある。学習者が自主的に学ぶか教師がリアルタイムでサポートしているかは重要ではなく、ICT を利用して教育を行うことが共通している他では、その形式は様々である⁽¹⁾。総務省では、2020 年を目処に一般的な小・中学校において、個人用 Tablet PC やインタ

ラクティブホワイトボードなどの設備を導入し、算数や国語等の普通教科の授業で積極的に ICT を取り入れた授業運営を行うことが計画されている⁽²⁾。

アクティブラーニングの研究も進んでいる。アクティブラーニングとは、「学習者の自らの思考を促す能動的な学習」であり、従来の教師から学習者への一方的な教授型の学習とは異なり、学習時間中に学習者自身が課題に取り組む学習形式のことである。マルチメディアのアクティブラーニングへの親和性の高さから、近年では ICT を活用したアクティブラーニングの研究が多く見られる⁽³⁾。

前述の通り ICT を活用した授業では、機器を操作することによる学習者の行動がデータとして収集できる。これを活かして、ラーニングアナリティクスという、データを積極的に活用して分析し、学習者の成績を予測する、教師に有用なアドバイスを出すなどの試みもなされている。例えば、Paulo らはプログラミングの講義において学習者のコード変更プロセスから最終的な成績を予測している⁽⁴⁾。学生 370 人の 154,000 のコードから機械学習によって学習パターンを発見し最終試験の成績を予測しており、最終的な試験成績とシステムの予測に弱い相関があったことが報告された。また、Nazmul らは PC への文字入力の手ストローク

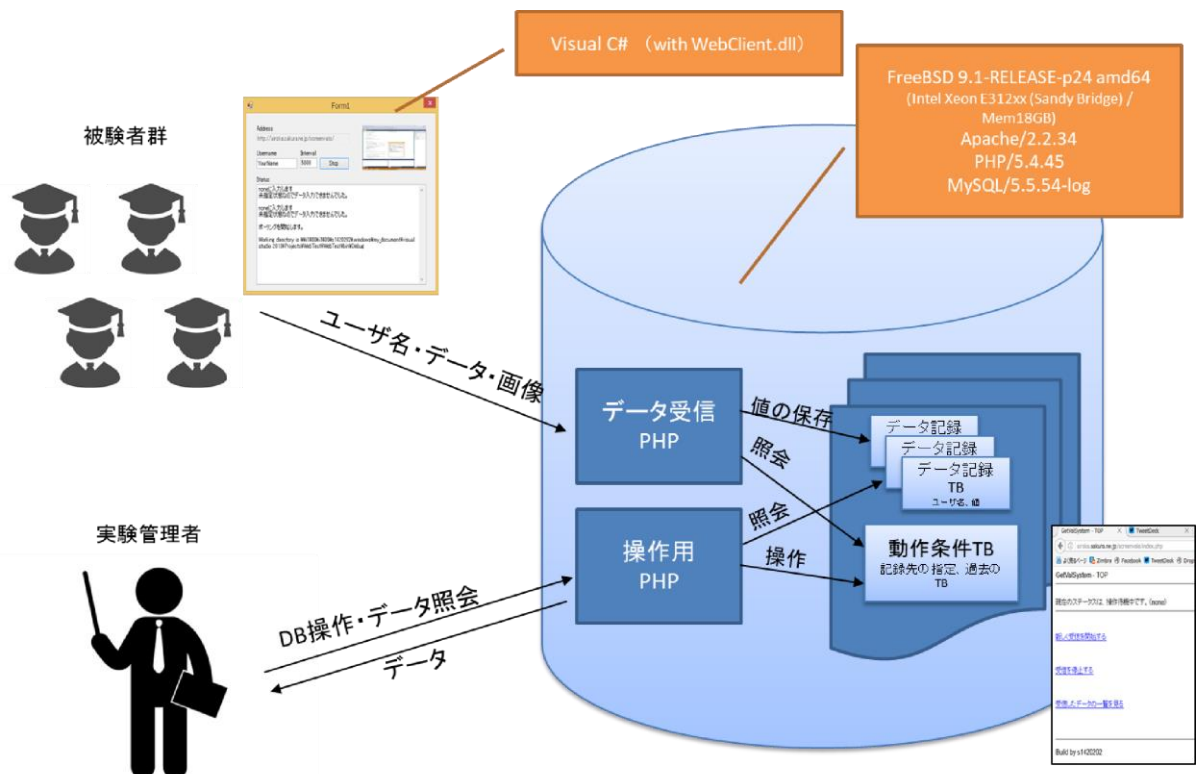


図 1 実験システムの構成

から利用者の感情を推定しており⁵⁾、Jaccard 類似法を用いたベクトル空間モデルで、キーストロークから感情(7 分類)の認識率 80%を達成したと報告されている。

しかし、収集できるデータは多くの場合で学習に用いるアプリケーションの仕様に依存する。Learning Analytics にふさわしいログの収集についての報告もあるが、これらすべてが標準規格として実現されるかは現時点では不明である⁶⁾。

3. データ収集システム

本分析では、研究対象となるデータの収集システムから開発を行った。ICT 活用授業を想定した環境では、データの収集の際に学習行動を妨げる事があってはならない。そのため、軽量の動作で多くの学習者から同時にデータが収集可能なシステムである必要がある。そこで、学習者が使用する ICT 機器を Windows PC に限定し、Web サーバを活用したサーバ・クライアント型のデータ収集システムを開発した。図 1 は、システムの構成図である。多くのクライアントからデータを受信するサーバ側は、安定動作に実績のある LAMP

環境で開発し、クライアント側のアプリケーションは Windows ネイティブアプリとして C#で開発した。

本システムでは、分析の対象である画面の変化率と、実際に学習者がとった行動の確認のための画像データを収集する。画面の変化率とは、画面上にあるピクセルの変化の割合のことである。変化率をデータとした理由は、BWOD (Bring Your Own Device : 学習者各自が学習に使う ICT 機器を自身で持ち込むスタイル)を想定して、PC のスペックに差異があり画面の解像度や OS の違いによって画面デザインが異なる場合を想定したからである。

図 2 は、システムの処理内容とデータの流れを表したものである。画面の変化率は、学習者の PC 画面をすべてキャプチャし、負荷軽減のためにグレースケール処理を行って算出する。画面の変化率とグレースケール処理前の画像データは共に HTTPS でサーバへ送信され、受信した Web サーバによってデータが分離された後、SQL サーバとファイルサーバによってそれぞれ保存される。

本システムでは、学習者側アプリケーションの動作確認として、Core i5 2.4GHz 相当の CPU と 4GB の

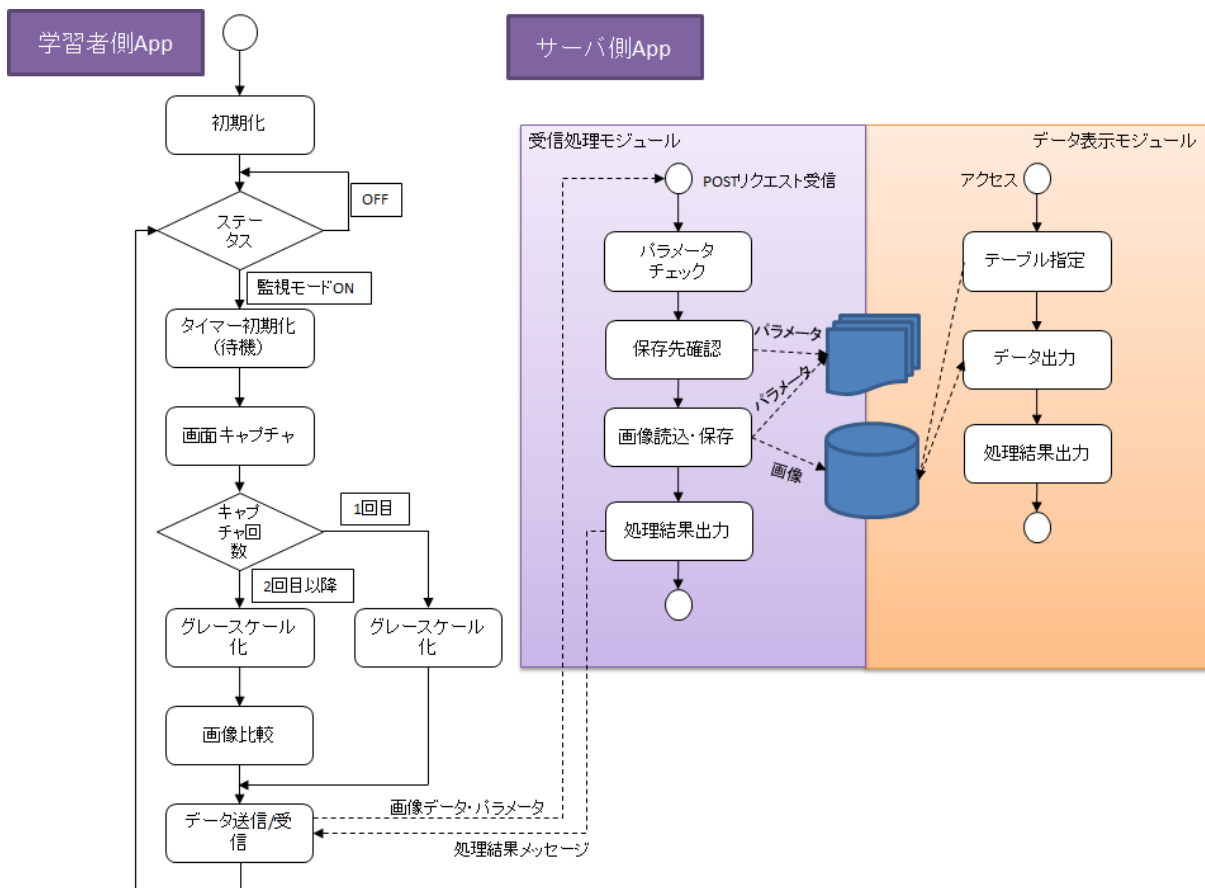


図 2 システムの処理内容とデータの流れ

メモリを搭載した Windows 8 環境において、最短 50 ミリ秒で画面の変化率が算出でき、データの送信が完了することを確認している。また、サーバは 20 台の PC と通信が可能なことを確認した。

4. ケーススタディ

前述のデータ収集システムを用いて、2 件のケーススタディを行った。このケーススタディで収集された学習者の挙動から特徴のあるデータが収集された。

4.1 ケーススタディの概要

ケーススタディは ICT 活用授業を想定し、本学の講義「I448 遠隔教育システム工学」のオフィスアワーを活用して実施した。具体的には、「自身の思い描く遠隔授業の内容」をテーマに Mindmap を記述する課題である。Mindmap は箇条書きしたアイデアを図的に整理する手法であり、文章よりも表現が容易で画面変化が活発になると想定される。

まず、ケーススタディ 1 として、講義の受講者を対象に 50 分間でゼロから Mindmap を書きあげる課題を行った。次に、同じ被験者らに対し、15 分間でケーススタディ 1 において書き上げた Mindmap をブラッシュアップさせるケーススタディ 2 を実施した。前者は比較的長時間観察することにより、Mindmap 作成時の特徴的な活動をモデルケースとして抽出するこ

とを目的とし、後者は短時間の活動の中で時系列に基づくクラスタリングがどのように機能するかを評価するためのものであった。

どちらのケーススタディにおいても、画面の変化率は 20 秒毎に観測を行い、算出することとした。観測の間隔は、Mindmap に記入される 1 つの項目が 10～20 文字程度の箇条書きである点から、1 項目がおよそ 20 秒程度で入力されるのではないかとという点で決定した。

4.2 ケーススタディ 1 の結果

ケーススタディ 1 では、システムの不備により正しく画面の変化率が得られたデータが学習者 2 名分であった。この 2 名の学習者のデータを図 3 に示す。

グラフから見える特徴としては、次のとおりである。破線で描画した User200 は、全区間にわたってある程度作業しており、画面の変化が 0 だった時間が短かった学習者である。実線で描画した User18 は、ある程度の時間、画面の変化がみられなかった点があり、最長で 4 分ほど変化率が 0% の区間が見られる (①)。

User200 について細かく着目すると、全区間で 5～10% の変化率があまり間を開けずに続いているが、時折 80% に達するほどの大きな画面の変化がある (②)。User18 では、画面の変化率がおよそ 30% 程度の変化が数カ所で見られた (③)。

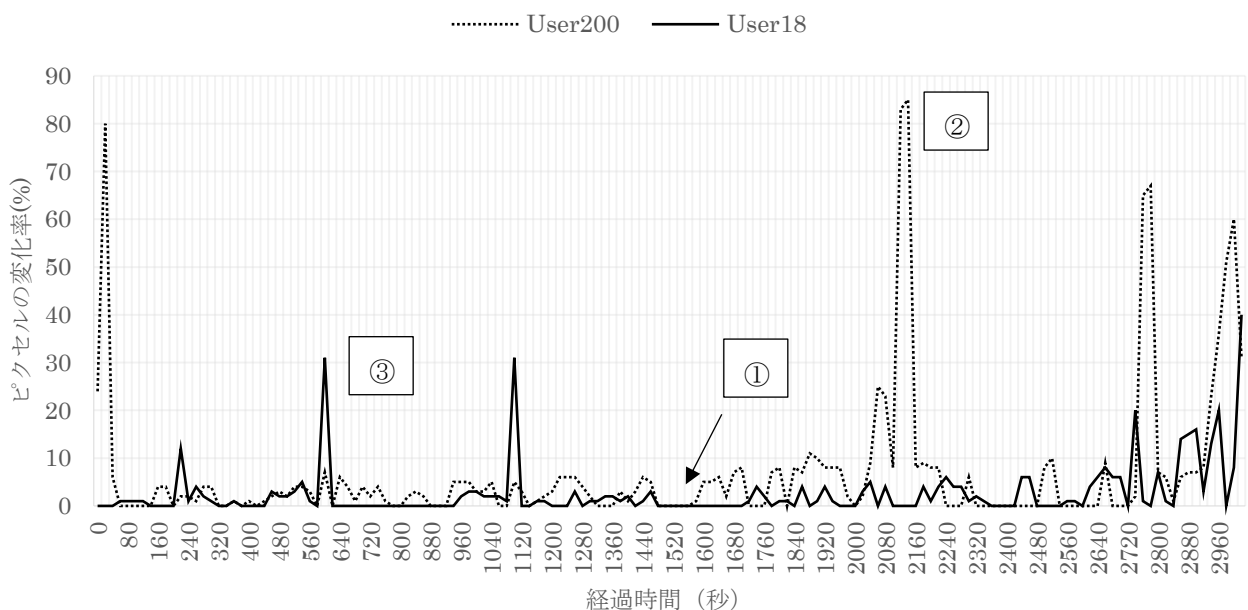


図 3 学習者 2 名の画面の変化率

画面の変化率と実際の学習者の挙動を照らし合わせると、次の行動が観測された。

- 画面の変化率が 5~10%の場合は、文字を入力しているか、消去している場合であった。画面の観測間隔が 20 秒の場合、文字入力だけで 12% の変化を超えることは見られなかった。参考までに、12pt のフォントで 15 文字の項目を作成した場合、変化率はおよそ 6%であった。
- 画面の変化率が 20%~40%の場合は、画面全体がスクロールしている。ケーススタディでは、すべての例で画面がスクロールされていた。
- 画面の変化率が 80%程度の場合は、ウィンドウを切り替えている動作であった。この時の学習者には、参考資料を確認している動作が見られた。ウィンドウを切り替え、参考資料を確認し、その後作業中のウィンドウに戻るといった動作をした場合、80%程度の変化率が連続して 2 回観測された。参考資料の確認中に画面をスクロールした場合は、それに応じて 40%程度の変化も見られた。

4.3 ケーススタディ 2 の結果

ケーススタディ 2 では、同意を得た 8 名の学習者のデータを用いて分析を行った。8 名の画面の変化率を

グラフにしたものを図 4 に示す。淡々と入力し Mindmap を書き上げるケース、参考資料を確認しつつ Mindmap を書き上げるケースが確認できた。

本分析では、時系列のクラスタリング手法についていくつかの手法を確認し、動的時間伸縮法 (Dynamic Time Warping : DTW)⁽⁷⁾を適用した。DTW は時系列の各点の距離を総当りで比較した上で、系列同士の距離が最短となるパスを見つける。これが DTW 距離になる。DTW では各系列の位相差を吸収するので、位相差のある類似した動きをクラスタリングすることに向いている。

DTW では、波形同士のアライメントを次の様に表現する。具体的には、次のとおりである。波形 x の時刻 $t = w^x$ と波形 y の時刻 $t = w^y$ の対応を $w = (w^x, w^y)$ とし、アライメント全体を K 、この対応関係の集合 W で次のように表す。

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_k\}$$

この時、 $w_k = (w_k^x, w_k^y)$ とおくと、 W は次の条件を満たす。

$$w_{k-1}^x - w_k^x \leq 1 \text{ かつ } w_{k-1}^y - w_k^y \leq 1$$

$$w_{k-1}^x - w_k^x \geq 0 \text{ かつ } w_{k-1}^y - w_k^y \geq 0$$

$$w_1 = (1, 1) \text{ かつ } w_k = (T, T)$$

これは、アライメントが時間的に連続で、過去に遡らないことを意味する。このとき、波形同士の距離は

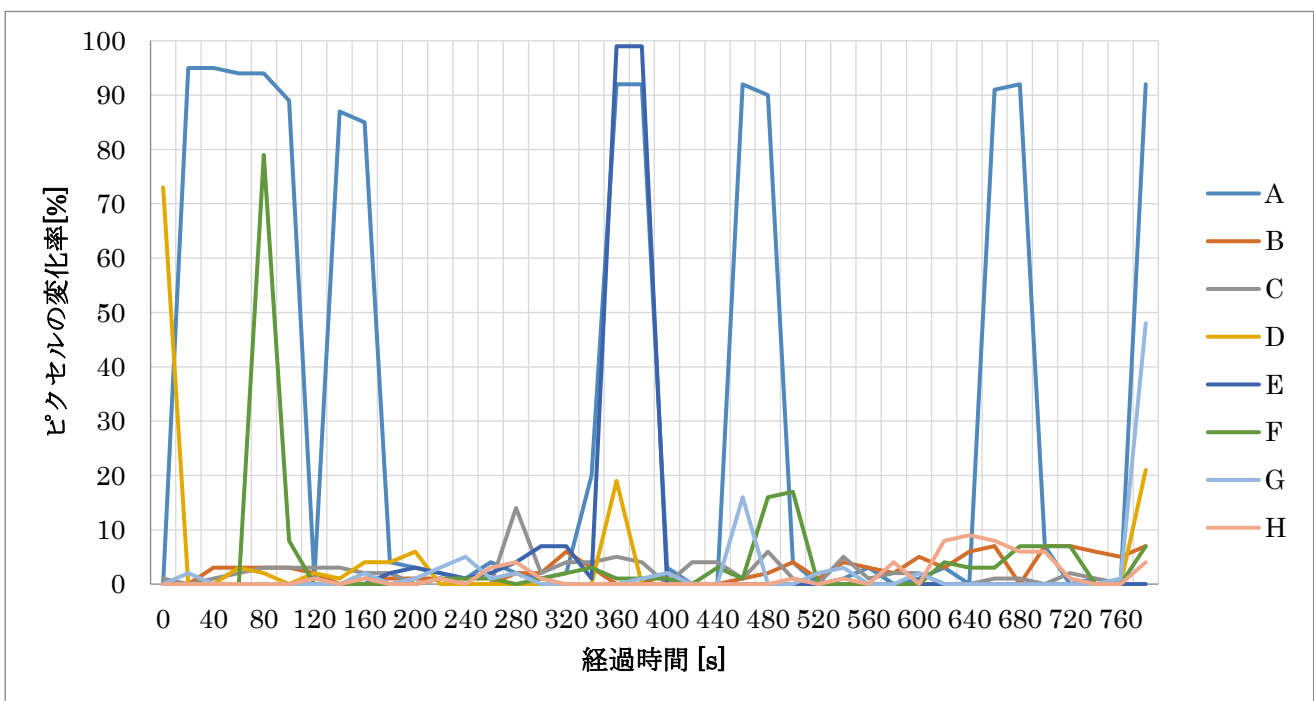


図 4 学習者 8 名の画面の変化率

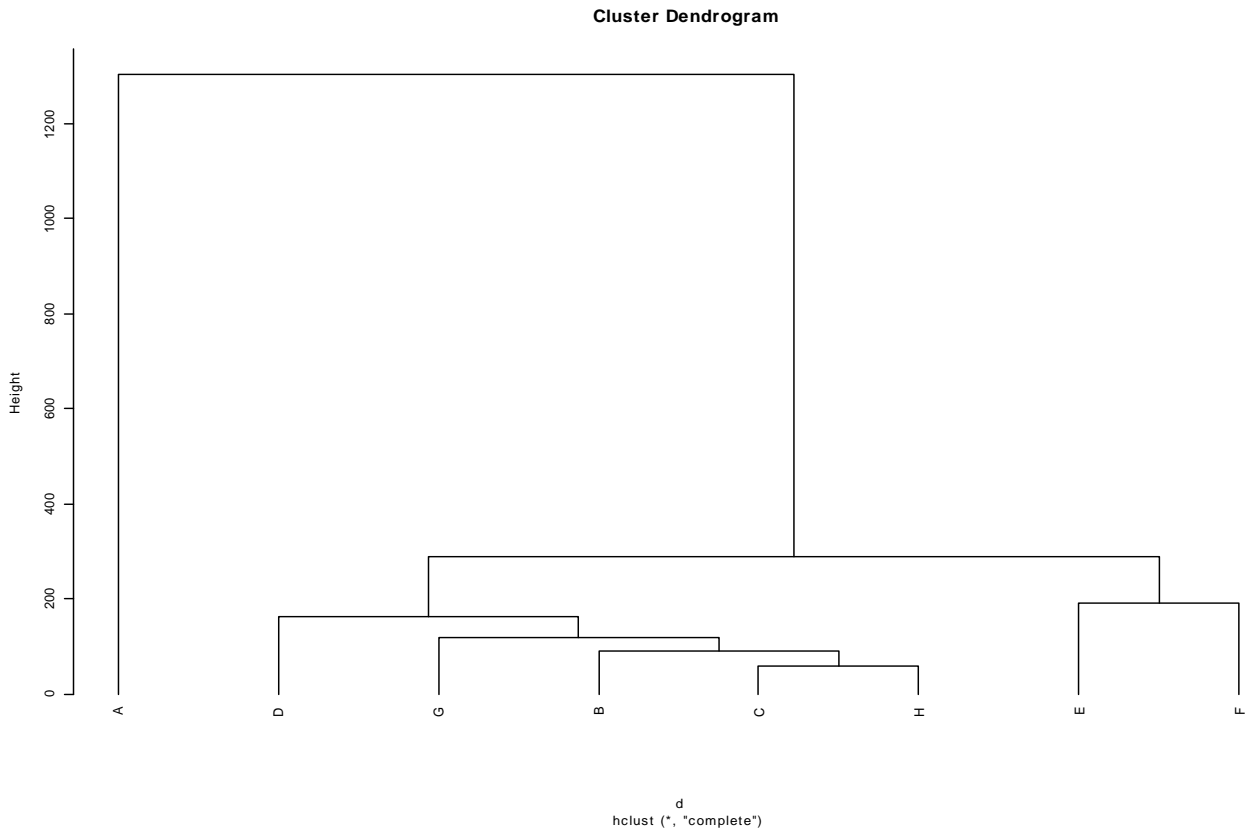


図 5 DTW による学習者 8 名の時系列クラスタリング結果

以下の関数で表現される。

$$DTW(x, y) = \min \sum_K^k |x_{w_k^x} - y_{w_k^y}|$$

以上から、DTW では波形の類似性を評価する際に位相差を吸収することがわかる。

この DTW 行列に基づく画面の変化率の時系列データをクラスタリングした結果、図 5 のとおりとなった。

ユーザ A は、図 4 から読み取れるとおり、しばしばウィンドウの切り替えが見られたユーザである。80%程度の変化率が連続で観測されたが、これはウィンドウの切り替えが他の学習者よりも多く行われたためである。この点が他の学習者より大きく異なったため、ユーザ A のクラスタはユーザ A 単独となった。次にユーザ E、F が同じクラスタにまとめられている。この 2 学習者の特徴は、100 秒以上手が止まっていることと、80%程度の大きな変化率が複数回観測されたことである。ただし、ユーザ E は作業開始から 6 分経過した後は一度も変化率が 0%から変化しなかったため、この時点で Mindmap が完成したと判断し、作業

をしなかった可能性が考えられる。

次に、ユーザ B、C、D、G、H のクラスタである。このクラスタの特徴としては、作業時間中に 16%を超えるような大きな変化が観測されなかった点が挙げられる。途中で 0%の変化率が何秒間観測されたかでクラスタ内でさらに分類されており、図 4 の左側のユーザ D は常に 5~10%の変化率が観測され、右側のユーザ H は途中、最長で 3 分ほどの長い変化率 0%の区間が観測された。

これらのことから、今回のクラスタリングの結果では、値の変化の大きさが一番に影響し、それに次いでその区間の回数や長さがクラスタリングに影響していることが分かる。グラフの変化と学習者の行動からは、ウィンドウの切り替え回数が特に影響していると考えられる。

5. まとめ

本稿では、ケーススタディを 2 件行い、画面の変化率から学習者の行動を推定するための要素の検討と、

クラスタリングの可能性の検討を行った。変化率から学習者の課題に対する理解度の推定は難しいものの、活動の活発さの定義やおおまかな行動の推定は可能性があると考えられる。モデルケースの検討と今後の課題を次に示す。

5.1 Mindmap 描画課題のモデルケースの検討

2 件のケーススタディの結果から、Mindmap 描画課題には幾つかのモデルケースが考えられる。

(ア) 淡々と文字を入力していき、Mindmap を完成させるケース。全区間に渡って 5~10% の変化率が観測されると思われる。変化率だけでは文字が入力されているのか消去されているのかは分からない。しかし、活動が続いていることで課題への取り組みの姿勢は評価出来る可能性がある。

(イ) 時折、作業が長時間止まるが、一定時間が経過すると作業が行われるケース。このケースでは、学習者が思考に集中している場合や Mindmap の記述戦略が立てられず手が止まっている場合が考えられる。

(ウ) しばしばウィンドウを切り替え、参考資料などを眺めつつ Mindmap を完成させていくケース。このケースでは、80% 程度の画面変化の観測が多くなると思われる。作業中のウィンドウから別のウィンドウへ切り替えた場合、元のウィンドウに戻る必要があり、その際に再び画面変化を観測することとなるので、この間隔を測定し、閲覧時間などの推定が出来ると思われる。

5.2 今後の課題

本研究では最終的に、教師が授業進行中に複数の学習者の状態を容易に把握できる仕組みを構築したいと考えている。そのためにはクラスタリングだけでは不十分で、学習者の行動のラベリングが必要である。変化率に基づく学習者の行動はある程度ラベル化が可能であることが 4.2 章から読み取れる。そこで本研究では、画面の変化率から学習者の行動を推定してラベリングを行い、個々の学習者の行動を可視化すること、そして学習者群の状態を把握しやすくする仕組みとし

て学習者のクラスタリングを行うことを目指す。そのためには次のステップとして、機械学習等により自動でラベリングが可能か検討する必要がある。また、クラスタリングが適切か判断するためにも大規模な実験を行い、検討を行いたい。

参 考 文 献

- (1) 伊藤 健二, e-Learning の最前線 : 1.e-Learning とは何か, 情報処理, 一般社団法人情報処理学会, Vol.43, No.4, pp.394-400, 2002.
- (2) 総務省, “フューチャースクール推進事業の概要”, pp.13, http://www.soumu.go.jp/main_content/000161791.pdf.
- (3) 溝上 慎一, アクティブ・ラーニング導入の実践的課題, 名古屋高等教育研究, 名古屋大学高等教育研究センター No.7, pp.269-287, 2007.
- (4) Paulo Blikstein, Marcelo Worsley, Chris Piech, Mehran Sahami, Steven Cooper & Daphne Koller, "Programming Pluralism: Using Learning Analytics to Detect Patterns in the Learning of Computer Programming", Journal of the Learning Sciences, Vol. 23, pp.561-599, 2014.
- (5) A.F.M. Nazmul Haque Nahin, Jawad Mohammad Alam, Hasan Mahmud & Kamrul Hasan, "Identifying emotion by keystroke dynamics and text pattern analysis", Behaviour & Information Technology, Vol. 33, pp.987-996, 2014.
- (6) 田村 恭久, タブレット PC 上の電子教科書における Learning Analytics 向けデータ項目, 研究報告教育学習支援情報システム (CLE), Vol.2014, No.11, pp.1-6, 2014.
- (7) H. Sakoe and S. Chiba, "Dynamic programming algorithm optimization for spoken word recognition," in IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 26, No. 1, pp. 43-49, 1978.

赤外線センサ付きネットワークカメラで撮影された 農作業の自動判別手法の提案と評価

平野 竜^{*1}, 高木 正則^{*1}

^{*1} 岩手県立大学大学院

Proposal and Evaluation of an Automatic Distinction Method to Image Data Taken by Infrared Sensor camera

Ryu Hirano^{*1}, Masanori Takagi^{*1}

^{*1} Iwate Prefectural University Graduate School

We have installed web cameras and field servers in an agricultural land. In addition, we have developed a field monitoring system that enables elementary school children to observe the agricultural land from their classroom through the Internet and used it in primary school since 2011. However, a teacher could not use farm work images in her class because the number of the images taken by the web camera with sensor exceeds 50,000 per year. In this study, we developed a function to automatically add meta-information to the sensor detection images for the purpose of improving easiness of search of farm work images from all images. This paper describes a method of automatic discrimination of farm work using image processing technology and photographing date information et al.

キーワード: 農作業自動判別, 画像処理, ビッグデータ, 小学校教育支援, 農業人材育成

1. はじめに

全国約 80%の小学校, 33%の中学校では農業体験学習が実施されている。農業体験学習では、「自分でものを作り, 育てる喜びを教えたい」(87.5%), 「食べ物の大切さを教えたい」(83.2%)などを学習のねらいとしている一方, 「時間不足」(約 55%), 「準備に時間がかかる」(約 40%), 「学校や教師の農業に関する技術や知識・情報不足」(約 40%)等が問題となっている[1]。特に, 体験学習を行っている農地が学校から遠い場合, 毎日農地を訪れることができないため, 日常的に作物や農作業の様子を観察することは難しい。そこで, 著者らは平成 23 年度から農地にネットワークカメラを設置して教室から農作物(りんご)の画像を閲覧できる Web アプリケーションを独自に開発し, 岩手県内の小学校の農業体験学習で利用してもらっている。平成 24 年度からは赤外線センサ付きのネットワークカメ

ラとフィールドサーバを別途設置し, 農作業の様子と気温や日射量などのデータ(以下, 環境データ)も自動記録できるようにした。これらにより, 農業体験学習を行っている児童は小学校の教室にしながら, りんごの成長の様子や農作業の様子を確認できるようになり, 児童のりんごへの興味や農業に対する関心を喚起させることにつながった[2]。

過去 7 年間にわたる本システムの運用では, 本システムで撮影された写真は年間 5 万枚を超え, 環境データも 1~2 分に 1 回記録されているため, 膨大なデータが蓄積されている。しかし, 児童が教室に設置されている iPad を活用して定期的によりんごや農作業画像を確認することはあったが, 記録された画像のほとんどは授業で活用されていなかった。この要因を担当教員へヒアリングした結果, これらの膨大な写真から授業に活用する画像を選び出し, 教材を作成する負担が大きいことがあげられた。そこで, 我々は圃場で記録

されたデータ（以下、圃場データ）を利用した教材作成支援システムを構築し、教員が圃場データを活用して理科や社会などで活用できる教材を簡単に作成できるようにすることを目的としている。これにより、総合的な学習の時間で行われることの多い農業体験を、体験だけで終わらせるのではなく、教科の枠を越えた横断的な学習に結び付けることができ、総合的な学習の時間の目標達成の一助になると考えた。

この教材作成支援システムでは、蓄積された圃場データをあらかじめ分類し、検索可能にしておく必要がある。しかし、赤外線ネットワークカメラで撮影された画像（以下、センサ検知画像）には、様々な農作業が写っており、自動的に分類することが困難であった。そこで、本研究ではセンサ検知画像に写った農作業内容の自動判別を目的とし、画像処理技術や赤外線センサ検知回数等を利用した農作業内容の自動判別手法を提案する。自動判別された農作業情報をメタ情報としてセンサ検知画像に付与することで、教材作成支援システムで農作業画像を容易に検索可能になり、教員の学習教材の作成負担の軽減が期待できる。

以下、2章では先行研究で開発した圃場モニタリングシステムの概要を述べ、3章では関連研究と本研究の位置づけを明らかにする。4章では圃場モニタリングシステムで記録された圃場データの学習教材としての活用可能性を検証する。5章では過去に記録されたセンサ検知画像を分析し、6章ではセンサ検知画像に撮影された農作業判別手法を提案する。7章では開発した農作業自動判別システムの概要と提案手法の有効性を評価するために行った画像判別実験の結果を述べ、8章で本研究をまとめる。

2. 圃場モニタリングシステムの概要

我々が開発した圃場モニタリングシステムの概要図を図1に、システムの画面例を図2に示す。我々は平成23年度からりんご農園にネットワークカメラ（Panasonic製BB-SW174W）を2台とモバイルWiFiルータ（現在はNTTドコモWi-Fi STATION N-01H）を設置し、りんごの実とりんごの木全体を撮影している。それぞれ毎日5時から18時まで1時間に1枚自動撮影している。平成24年度からは赤外線

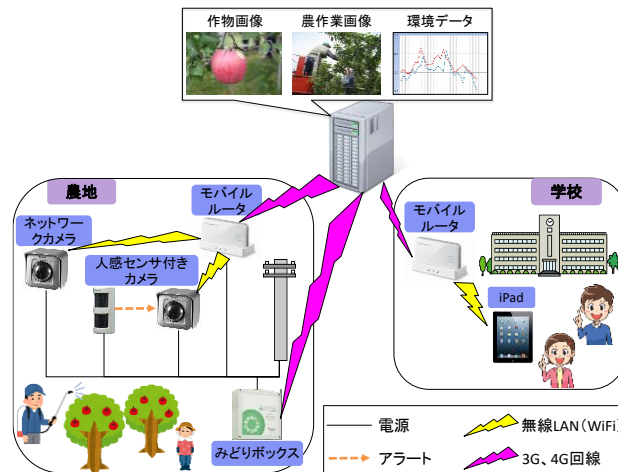


図1 圃場モニタリングシステムの概要図



図2 圃場モニタリングシステム画面例

センサ（竹内エンジニアリング製MS-12FA）を接続したネットワークカメラも設置し、農作業の様子も自動撮影している。赤外線センサ付きネットワークカメラでは赤外線センサが検知してから100秒間、1秒に1枚の画像を撮影している。100秒経過するまでに次の検知があれば、また100秒間撮影するように設定しており、農作業の様子を詳細に記録できるようになっている。また、平成24年度からフィールドサーバ（イーラボ・エクスペリエンス製）も設置し、環境データの記録も開始した。平成28年度からはフィールドサーバを撤去し、みどりボックス（株式会社セラク製）[3]を設置し、気温、日射量、湿度、飽差を記録している。

本システムで撮影された写真は自動的にサーバにアップロードされ、PCのブラウザからインターネッ

ト経由で本システムにアクセスすることで遠隔地（教室）から農地の様子を閲覧できるようになっている。これにより、小学生が農地に足を運ぶことなく、農作物の写真や、農作業の様子を教室から閲覧して学ぶことを可能にしている。

3. 関連研究

圃場のモニタリングや、生産性向上、営農計画支援、技術継承のための研究は多数実施されている。3章では圃場モニタリングシステムと、農作業の記録方法・自動判別の観点で、本研究と関連研究を比較する。

3.1 圃場のモニタリング

近年、農林水産省では、農業従事者の減少や高齢化の対策として、農業分野へのICTの導入を推奨している[4]。農業分野でのICT活用事例の一つに、農地の様子や状態を観測できるモニタリングシステムがある。モニタリングシステムでは、農地にネットワークカメラや各種センサを設置して、遠隔地から農作物の画像や気温・湿度などの環境情報を確認でき[5][6][7][8]、生産性の向上や営農計画の支援のために活用されている。

農匠ナビ[5]は、新規就農者が農業機械操作における身体的技能、水管理、施肥管理における作業判断、作付け計画や、営農計画を策定する経営判断などを継承することを目的としている。

NEC 農業技術学習支援システム[6]はマニュアル化が困難とされてきた熟練者の農業技術を見える化し、若手や新規就農者の技術取得に活用されている。

Akisai[7]は(株)富士通が運営する生産から経営・販売までの企業的農業経営を支援するサービスである。

みどりクラウド[8]はスマートフォンやタブレット、PCなどの端末を用いて遠隔地からハウス内を撮影した画像や環境データを確認できる。藤本ら[9]は圃場モニタリングのためのフィールドサーバを開発した。深津ら[10]はフィールドサーバによるセンサネットワークに関する手法を提案した。

上記のように、既存の圃場モニタリングに関するサービスや研究は、農作業の判断や農業経営を支援することを対象としている。しかしながら、上記のいずれの研究でも本研究で対象としている初等教育を対象と

しておらず、初等教育に圃場モニタリングを活用した事例は著者らが知る限り存在しない。また、システムで利用している農作業情報も本研究とは異なっている。

さらに、上記のいずれの研究は新規就農者の直接的な技術やノウハウの支援を目的としてらず、経営のノウハウやビジョンの確定のために用いられることが多い。一方、本研究では圃場データを教育へ応用することを目指している点で異なり、圃場データを学習教材として活用するためのセンサ検知画像の自動分類手法に新規性がある。

3.2 農作業情報の把握

表1に農作業情報の把握に関する関連研究と本研究の比較を示す。南石ら[11]は、RFIDを用いた農作業情報認識システムを提案した。このシステムでは、農作業者が農作業のたびにリーダーに読み込ませる必要がある。神谷ら[12]はGPSを用いた農作業記録の自動化の手法を提案した。この手法では農作業者にウェアラブル端末を装着し、位置情報を取得することが前提であるため、農作業者に事前準備の手間が発生する。

以上のように、既存研究における農作業情報の取得方法では、農作業者に普段の農作業時と異なる行動や準備をしてもらう必要があり、日常の農作業の負担になる可能性がある。また、本研究とは農作業情報の記録目的や取得方法も異なっている。本研究では、圃場に設置しているネットワークカメラの撮影画像から、初等教育等への教育に応用するための農作業情報を取得している点で新規性がある。

表1 農作業情報の把握に関する関連研究との比較

	利用情報	データの活用目的
南石ら[11]	RFID	農作業記録の負担軽減
神谷ら[12]	GPS	農作業機械の位置情報把握

4. 圃場データの教育応用の可能性

本章では、圃場モニタリングシステムで記録された圃場データが、教科教育の学習教材として活用できる

かを検証し、構想している教材作成支援システムの必要性を明らかにする。

4.1 学習指導要領に関連付けた教材案

現在記録している圃場データを活用して、関連する教材が作成できる学習単元を学習指導要領から分析した結果、理科と社会のいくつかの単元が抽出された。関連する学習指導要領の単元については、それぞれ、教材の例と教材で活用するデータの抽出方法を検討した。

4.2 理科の教材例

我々が開発した圃場モニタリングシステムで蓄積された画像と気温データを用いて、5年生の理科の学習内容「植物の発芽には、水、空気及び温度が関係していること」の学習時に活用できる教材を作成した。作成した学習教材を図3に示す。図3の教材では、2012年と2013年の4月14日から5月20日までの期間に同じ位置で撮影された画像を1日1枚抽出し、同じ日の画像を並べて連続再生させた動画と、2012年と2013年の同期間の気温データを折れ線グラフで表示したものである。これにより、農業体験で児童たちが育てている実際の作物の画像と気温データを利用して、作物の成長と気温の関係を学ぶことができ、理科の学習を支援できる。

4.3 社会の教材例

センサ検知画像を用いて、5年生の社会の学習内容「食料生産に従事している人々の工夫や努力、生産地と消費を結ぶ運輸などの働き」の学習時に活用できる教材を作成した。作成した学習教材を図4に示す。図4の教材では、農作業が行われた日に撮影された1日分のセンサ画像を連続再生した動画を月ごとに閲覧できようになっている。これにより、農業体験の振り返り学習時の支援や、1年を通じた農作業の流れの確認、安全性や日程、授業時間の都合で体験できなかった農作業の確認ができるようになる。また、農家の隠れた工夫や努力を確認できるようになる。

4.4 小学校での利用と考察

小学校で本教材を用いて授業を行い、教師から作成した教材についてヒアリング調査を行った。その結果、

「作業前にイメージをもつことができるため、意欲的な活動ができる。」、「授業時間の関係で、児童たちが体験できなかった作業があるが、その作業の補完ができる点が良い。」などの意見を得た。

以上より、過去7年間の農業体験学習の支援活動の中で蓄積された圃場データには授業で活用できるデータが含まれていることが確認できる。しかしながら、図3の教材は教材作成者が手動で画像を組み合わせ、動画を作成したため、学習教材の開発の負担が大きく、実際の教育現場で教員がこのような教材を作成することは現実的ではない。そのため、蓄積されたデータをもとにした学習教材を容易に作成できるシステムが必要であると考えられる。

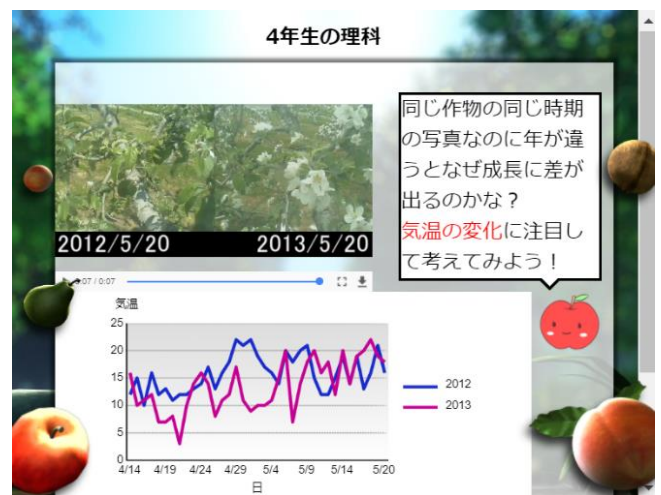


図3 理科の教材例



図4 社会の教材例

5. センサ検知画像の分析

センサ検知画像に撮影された農作業を自動判別する手法を検討するために、センサ検知画像に撮影されている農作業を分析した。分析対象は平成 28 年 1 月から平成 28 年 12 月までに赤外線センサ付きネットワークカメラで撮影された 20,779 枚とした。分析は以下の 3 つの方法で行った。農作業は 1 日に 1 つの作業を行うことを想定し、センサ検知画像には 1 日単位で 1 つの農作業を割り当てた。

- (1) 記録された日時と作業スケジュールを照らし合わせた農作業内容の判別
- (2) 作物の変化による農作業内容の判別
- (3) 作業者が使用している道具等から農作業内容を判別

その結果、センサ検知画像を 10 通りの作業項目に分けることができた。分析結果を表 2 に示す。この中で、「その他」を除く 9 通りの作業項目はりんごを育てる上での基本的な作業であり、児童がりんごの農作業を学ぶ際に提示することで、学習に役立てられると考えられる。本研究では、センサ検知画像を入力すると以下の 10 通りの作業項目に自動判別し、メタ情報を付与するシステムを構築する。

6. センサ検知画像に撮影された農作業判別手法の提案

6.1 農作業判別手法の提案

本研究では、赤外線センサ付きネットワークカメラで記録されたセンサ検知画像に写っている農作業内容を、(1) 農業者有無の判定、(2) 撮影時期による判定、(3) 作物変化による判定、(4) 機械・道具による判定の 4 つの方法で自動判別する手法を提案する。図 5 にセンサ検知画像を分類する流れを示す。

6.2 農業者有無の判定

センサ検知画像には人が写っていない画像や、人が写っていても農作業を行っていない画像も記録されている。このような画像には「その他」のメタ情報を付与する。農業者有無の判定では、センサ検知画像の撮影日時の前後で、画像の差分値を測定することで、画像差分の連続した変化が少ないものを人が写って

表 2 主な農作業項目と内容

作業項目	作業内容
剪定	枝の配置，樹勢の調整
施肥	肥料をまくことで作物の成長を促進する
摘花	花芽の量と質を調整する(開花まで)
摘果	花芽の量と質を調整する(開花後)
病虫害防除	農薬散布により害虫を取り除く
草生管理	成長を妨げる雑草を刈り取る
葉摘み・実まわし	果実に光を当て着色するために草を摘み取ったり，実を回転させたりする
シルバーシートしき	シルバーシートの反射によって，果実下方向の着色を行う
収穫・選果	果実を収穫し，品質の良し悪しによって 5 段階に選別する
その他	誤検知（人が写っていない），人の通過，様子見，逆光・吹雪・暗くて作業分類できない，何の作業内容かわからない，画像の破損，農作業とは関係のない作業など

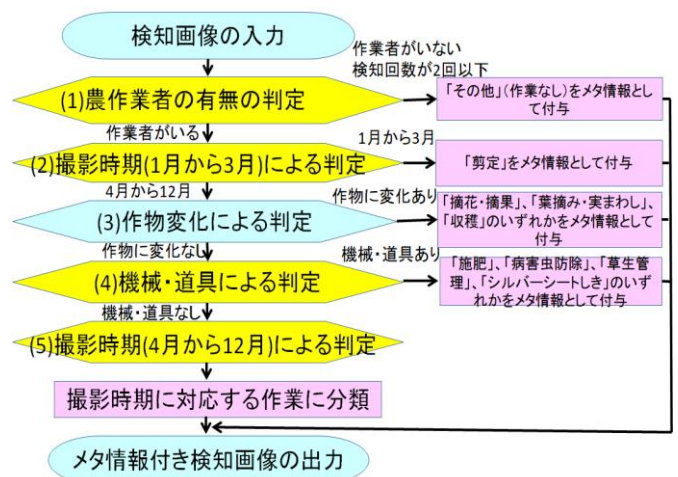


図 5 メタ情報の決定手順

ないと判断する。差分抽出には屋外での環境変化に強いフレーム間差分を用いる。その後、ラベリング処理 [13] (井村誠孝氏のラベリングクラスを利用) をし、

最大の差分領域が閾値に達している画像が連続して存在しているか判定を行う。そして、閾値に達した画像を連続して含まない1日の作業を「その他」の作業項目として判定する。

フレーム間差分法による判定だけでは、人が農地を通り過ぎただけのものや、農地の様子を見に行ったりするだけで作業を行わなかった画像を「その他」に判定することはできない。そこで、このような農作業以外の目的で訪問した人を検知して撮影された場合は、農地にとどまる時間が短い傾向があることから、農地に設置した赤外線センサの検知回数が2回以下のものを、人が写っているが農作業を行っていない画像と判定し、「その他」のメタ情報を付与することにした。

上記の2種類以外の画像は農業者が何かしらの作業を行っているとして判定し、次節以降の判定を行う。

6.3 撮影時期(1月～3月)による判定

りんごの農作業では、剪定、摘花、葉摘み・実まわし、収穫、シルバーシートしきといった大部分の作業項目が、例年、特定の期間中に行われている。表3に各作業項目に対応する作業期間を示す。この表はりんごの生産者にヒアリングをし、りんごの主な1年間の作業に基づいて作成した。表3から1月～3月には「剪定」以外の作業は行われないため、1月～3月に撮影された画像には「剪定」をメタ情報として付与する。

表3 主な農作業の年間スケジュール

作業項目	作業期間
剪定	1月～3月
施肥	4月
摘花	5月～6月
摘果	5月～6月
病虫害防除	4月～8月
草生管理	5月～8月
葉摘み・実まわし	8月～11月
シルバーシートしき	8月～11月
収穫・選果	9月～11月
その他	通年

6.4 作物変化による判定

収穫、摘花・摘果、葉摘み・実まわしのような作物に直接手をつける作業では、作物を撮影した画像のRGB値の変化から作業を特定する。例えば、収穫日以降はりんごの実がなくなるため、作物画像中の赤色領域が極端に減少する。一方、摘花すると花がなくなるため、白色領域が極端に減少する。そのため、2日間の赤色領域の色素差分が最大となる日を収穫日と判定し、白色領域の色素差分が最大となる日を摘花・摘果と判定してセンサ検知画像にメタ情報を付与する。

6.5 機械・道具による判定

センサ検知画像には農作業時に用いられる機械や道具の写真が撮影されている。そのため、機械や道具を検出することによって作業内容の判定を行う。機械・道具による判定にはOpenCVのテンプレートマッチングを用いて、予め学習させた画像とのマッチングを行う。しかし、記録される画像は農作業中の画像のため、単純なテンプレートマッチングによる判定は難しいと考えた。そのため、異なる年度に撮影された様々な向きの農作業機械の画像を用意して学習させることで、より精度の高い判定を目指した。また、赤外線センサ付きネットワークカメラは屋外に設置しているため、レンズに雨やほこりが付着する可能性もあり、必ずしも鮮明な画像とは限らない。そのため、テンプレートマッチングにおける閾値を調整し、その中で認識精度の高かった閾値0.6を採用した。テンプレートマッチングにより抽出された農薬散布車の画像を図6に示す。



図6 テンプレートマッチング抽出結果

6.6 撮影時期(4月～12月)による判定

6.1 節～6.5 節の判別でどの農作業にも判別されなかった場合、画像が撮影された日付から、作業時期にあった作業項目をメタ情報として付与する。ただ、4月から12月は、同時期に複数の農作業が行われる可能性があるため、撮影日に行われる可能性のある農作業全てをメタ情報として付与する。これにより、ある農作業を検索した際の再現率を低下させないことを狙った。

6.7 期待される効果

図7に教材作成支援システムの構成図を示す。教材作成システムは(1)データ収集、(2)データ加工、(3)データ統合の3つの階層から構成される。本研究で提案した自動判別手法は(1)データ収集のメタ情報付与に位置付けられる。

本研究によって農作業時の様子の自動撮影と撮影画像の自動判別が実現できれば、センサ検知画像を教材として利用する際の検索が容易になり、教員の教材作成負担の軽減が期待できる。また、農作業情報と環境データを関連付けた教育が可能になり、理科や社会といった科目からキャリア教育に至るまで幅広い教材開発に活用できる。図8に圃場モニタリングシステムを活用した教科横断的な学びの構想を示す。

図8に示すように、農業体験学習で体験する摘果から販売までの一連の流れを教科教育へ発展させることを構想している。また、圃場モニタリングシステムによって蓄積されたデータを活用することで、地域の特性を活かした学びにつながることを期待できる。本研究では小学校の農業体験学習を対象に進めてきたが、将来的には、キャリア教育や新規就農者支援に応用することも検討している。

7. 農作業自動判別システムの開発と評価

7.1 判定手法の開発

提案手法を用いた農作業情報自動付与システムを開発した。本システムにより、撮影されたすべての画像にメタ情報を付与することができ、センサ検知画像の中から閲覧したい農作業時の画像を検索することができる。開発はOpenCVのテンプレートマッチング、labeling.h[13]によるフレーム間差分法、C/C++を利用

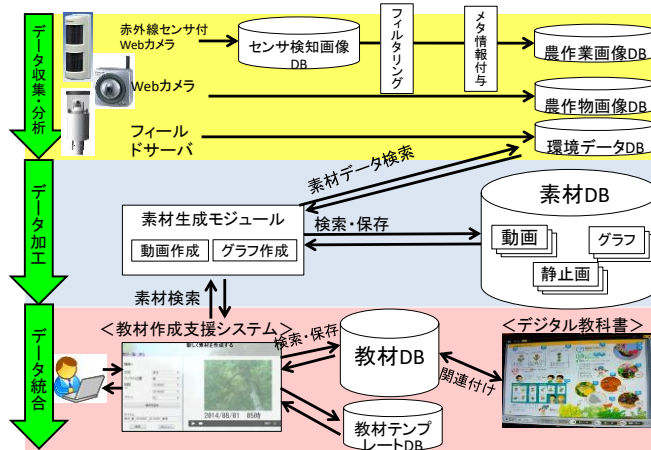


図7 教材作成支援システム構成図

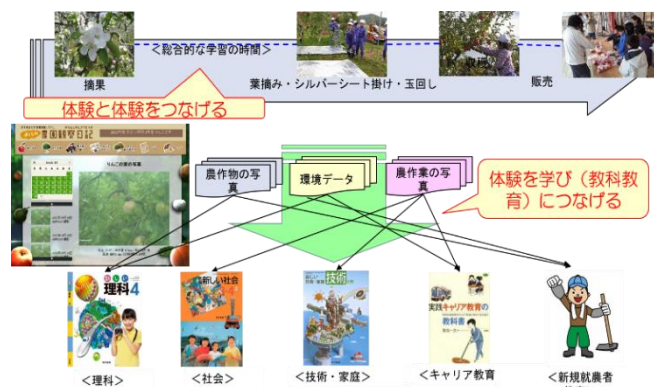


図8 圃場モニタリングシステムを活用した教科横断的な学びの構想

したRGB値による画像の分析手法を用いた。

7.2 評価実験

過去5年間で撮影されたセンサ検知画像の中で機械が含まれている画像を手動で判別した場合と、本研究で開発した機能によって判別した場合での再現率と適合率により評価を行った。平成28年度のセンサ検知画像のうち農業機械が含まれている4月から9月の画像においてテンプレートマッチングを行い再現率と適合率を測定した。表4に結果を示す。再現率は100%となり、農業機械が含まれている画像すべてに正しい農作業のメタ情報を付与できた、適合率は35.8%となった。農業者有無の判定(6.2節)、撮影時期による判定(6.3節)、作物変化による判定(6.4節)の判定機能を実装した先行研究[14]では、農業機械が含まれる画像の適合率は15.6%となっていたため、6.5節の

判定機能の実装により 20.2%の向上が見られた。また、再現率と適合率の調和平均を表す F 値を算出した結果、F 値は約 0.27 から約 0.53 に向上し、F 値からも 6.5 節による検索精度の向上が示された。

表 4 テンプレートマッチング結果

検索対象(センサ検知画像総数)	20,779 枚
正解データ数	226 枚
検索結果数	631 枚
検索結果に含まれた 正解データ数	226 枚

8. おわりに

本稿では、圃場モニタリングシステムで記録された膨大なセンサ検知画像から農作業画像の検索容易性の向上を目的とし、OpenCV を用いて画像処理を行った結果から農作業情報を判定する手法を提案した。また農薬散布車が撮影されている画像を対象にテンプレートマッチングを行った。農作業画像の分類については 4 つの手法を用いて行ったが、今後は各分類方法での精度向上について検討していきたい。また、農家でない人がセンサ検知画像を目視で農作業情報を付与した場合にかかる時間と本機能によって付与した場合で作業時間を比較し、農作業情報付与への時間短縮を示す。さらに、付与された農作業情報の正確性を検証する。

本稿では、支援対象を児童・教員と設定しているが、近年の日本における就農者の高齢化、新規就農者不足の対策のための活用可能性を検討し、6.7 節で述べた教材作成支援システムの評価を行いたい。

参 考 文 献

(1) 農林漁業体験学習ネット

http://www.nou-taikens.net/report_h21/01_03_03.html

(2) 高木正則,吉田昌平,中村武道,山田敬三,佐々木淳:児童を対象とした農業体験学習支援システムの開発と評価,SSS2012 情報処理学会情報教育シンポジウム,pp.233-240,2012

(3) 株式会社セラク, みどりボックス,

<https://midori-cloud.net/spec/> (2018 年 1 月 30 日確認)

(4) 農業分野における ICT 等の先進技術の活用の推進,
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitos_hikaigi/suishinkaigo_dai5/siryou6.pdf (2018 年 1 月 30 日確認)

(5) 農匠ナビ,

<http://www.agr.kyushu-u.ac.jp/lab/keiei/NoshoNavi/NoshoNavi1000/> (2018 年 1 月 30 日確認)

(6) NEC 農業技術学習支援システム,

<http://www.nec-solutioninnovators.co.jp/sl/nougaku/> (2018 年 1 月 30 日閲覧)

(7) 富士通 : 食・農クラウド Akisai ,

<http://jp.fujitsu.com/solutions/cloud/agri/> (2018 年 1 月 30 日確認)

(8) みどりクラウド <https://midori-cloud.net/> (2018 年 1 月 30 日確認)

(9) 藤本和久,内川智樹,高田一,王鷗,山崎宏和,櫻本直美,横山和成,駒谷昇一,田中二郎:農作業データ対応付け支援システム「Harvest」の開発,情報処理学会創立 50 周年記念(第 72 回)全国大会,6ZM-1,2010.3

(10) 深津時弘,平藤雅之:農地モニタリングのためのフィールドサーバの開発,農業情報研究 121),2003.1-12

(11) 南石晃明,菅原幸治,深津時弘:RFID を用いた農作業自動認識システム,農業情報研究,16(3):132-140,2007

(12) 神谷貴広,町田武美:GPS を利用した農作業記録の自動化に関する研究(第 2 報)-ファジィ推論による作業同定-,農業情報研究 11(3),2002,263-272

(13) 井村誠孝 ラベリングクラス,
<http://imura-lab.org/products/labeling/> (2018 年 2 月 5 日確認)

(14) 中村武道,高木正則:児童向け学習教材に活用する農作業画像へのメタ情報付与機能の開発と評価,情報処理学会研究報告,Vol.2015-CLE-15, No.4, pp.1-5, 2015.1

論理的思考力を重視した初等教育におけるプログラミング教育

川手 くるみ*

尾崎 剛**

広瀬 啓雄**

Programming Education in Primary Education Emphasizing Logical Thinking

Kurumi KAWATE*

Takeshi OZAKI**

Hiroo HIROSE**

キーワード： 論理的思考力, 初等教育, プログラミング教育, Scratch, アルゴリズム

1. はじめに

現在, コンピュータやネットワークの普及によりコミュニケーションや情報のやり取りの形態が変化しつつある. 情報化社会の進展の中で, 情報教育もプログラミング教育や情報リテラシー演習など多様化してきた. 特にプログラミング教育は論理的思考力や情報コミュニケーション技術 (Information and Communications Technology : ICT) を活用する力の育成にも役立つと考えられている. また, 2020年4月から施行される小学校学習指導要領^①では, 「児童がプログラミングを体験しながら, コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身につけるための学習活動」を実施することになっている.

しかし, 日本の初等教育においてプログラミング教育を実施するにあたり, ボトルネックとなる部分がある. 初等教育の段階ではプログラミングを行う際に重要な要素である英語をまだ十分に習得していないという点である. 通常プログラミングは英単語の命令や英字の変数を使って作成するので, プログラミングを習得するには一定の英語力が必要となる. しかし, 日本の初等教育の段階では, プログラミングを組むために

必要な英語力が十分に備わっていない. さらに, 初等教育では情報の授業が正規に組み込まれていないので, 教師のプログラミング教育に関する経験と知識が少ない傾向にある.

このため, 初等教育のプログラミング教育における本来の目的である, 論理的思考力を身につけるための授業デザインが確立されていない. また, 初等教育でのプログラミング教育の授業改善の方法論が確立されていないことが問題である.

先行研究ではそのボトルネックを解消するため, 文部科学省が開発した日本語でプログラミングができるビジュアルプログラミング言語「プログラミン」を使用した小学生対象のプログラミング授業の実施をしたものがある^②. しかし, これらのプログラミング教育に関する先行研究は, 小学生を対象にプログラミング教育において, プログラミングを簡略化したツールを使用して実施することは有効であること^③が判明しているものの, プログラミングで必要となるデータ構造やアルゴリズムなどの説明が不十分になってしまう点が問題点として挙げられる.

本研究の目的は, ビジュアルプログラミング言語の授業と, アルゴリズムを体験的に習得する授業を組み合わせたプログラミング教育の論理的思考力の向上を

* 諏訪東京理科大学大学院工学・マネジメント研究科 (Graduate School of Engineering and Management, Tokyo University of Science, Suwa)

** 諏訪東京理科大学経営情報学部 (Faculty of Business Administration and Information, Tokyo University of Science, Suwa)

検証する。また、課題作成の演習を通じて授業改善のデータを収集し、改善の糸口を見つける方法論を提案する。

2. 本研究で利用した教材

本章では、ビジュアルプログラミング言語である Scratch と論理的思考力を修得するもしくは評価するために採用した教材について述べる。

2.1 Scratch

Scratch⁴⁾は、米国 マサチューセッツ工科大学 (MIT) のメディアラボ (Media Lab) のライフロングキンダーガーテングループ (Lifelong Kindergarten Group) が開発したビジュアルプログラミング言語ツールである。今回使用した Scratch 2.0 はインターネット上で無償配布されているもので、Web 上でプログラミングの作成、実行が可能である。そのため、プログラムの保存に必要なアカウント作成は必要になるが、ソフトをインストールするなどといった手間はかからない。

日本語で出来たブロック型のコマンドを組み合わせることでプログラムを作成するため、小学生がプログラミングを勉強する際のボトルネックとなる英語も問題点は解決する。

Scratch では、動き・見た目・音・ペン・データ・イベント・制御・調べる・演算・その他の 10 種類のカテゴリに分類されたプログラム部品を組み合わせることによって、プログラミングする。本論文では、Scratch のカテゴリごとに授業を進め、それぞれのカテゴリの理解とプログラム部品を正しく使うスキルを評価し、プログラミング能力向上の評価や授業改善の材料として使う。

2.2 アルゴリズム

アルゴリズム⁵⁾は、プログラミングの基本となる論理的思考 (アルゴリズム) をゲーム感覚で習得するための課題型ゲームソフトで、電子情報技術産業協会 (JEITA) が開発した。インターネットに無償公開されているため、Flash に対応した Web ブラウザがあればすぐに利用することが出来る。プログラミング経験

が全くない人でも楽しく「プログラミングをするための考え方」=「アルゴリズム」を知ることが出来る⁶⁾。

アルゴリズムは、ロボットの動き方を制御するコマンドブロックを組み立て、ロボットを旗のあるマスに移動させるゲームである。多数の難易度の異なる問題が用意されていて、「繰り返し」や「条件分岐」などの制御構造も利用できる。マウス操作だけで直感的に操作できるため、子供でも簡単に操作が可能である。

アルゴリズムは入門編～上級編までの問題を集めた「アルゴリズム (チャレンジ問題)」とアルゴリズムの基本動作を覚えるための「アルゴリズム Jr. (初心者問題)」の 2 種類で構成されている。難易度の異なる問題で分類された「アルゴリズム」、プログラミングの 3 つの制御構造である順次処理、繰り返し処理、分岐処理の考え方を学習する事を目的とした「アルゴリズム 2」、コマンドブロックでロボットを動かして、自由に絵を描くことが出来る「お絵かきアルゴリズム」の 3 つのバージョンがある。今回の実験では「アルゴリズム」の基本操作を説明した後、初心者用の問題が収録されている「アルゴリズム Jr.」を授業の取り入れた。ゲーム感覚で自宅でも学習できるため、授業のたびに自宅などで学習するように啓発した。

2.3 CAB

CAB(Computer Aptitude Battery)⁷⁾は日本 SHL 社が作成しているコンピュータ適正テストである。IT 業界やシステムエンジニア職の選考で使われる傾向が強い。本研究では、論理的思考力の向上を評価するツールとして、CAB を参考に小学生向け問題を作成した。

CAB のテスト項目は足し算、引き算、掛け算、割り算からなる演算を暗算で解く「暗算」、5 つの図形がどのような法則性で並んでいるかなどを問う「法則性」、命令によって、図形群が最終的にどのような結果になるかを問う「命令表」、始まりの図形と終わりの図形を見て図形の間にはさまれている暗号の変換法則を推測する「暗号」の 4 つに分類される。

複数の命令記号が示され、その命令の指示通り実行した場合にどのような結果になるかを問う命令表の問題に着目した。これは、プログラミングのアルゴリズムをトレースする能力に繋がり、また、論理的思考力を

評価するためにふさわしい分野である。本研究では、小学生用に命令記号と選択肢を少なくし、最終的な答えを導くための過程ごとに結果を問う形式とした。

3. 実験

3.1 目的

実験の目的は、論理的思考力の修得を重視してプログラミング教育の他にアルゴリズムを実践したクラスと、プログラミン教育のみ実践したクラスを比較し、授業内容の違いにより論理的思考力の向上に差異が生ずるかを検証することである。

3.2 方法

(1) 授業内容の比較

A小学校のパソコンクラブ児童4～6年生21名、B小学校のプログラミングクラブの児童4～6年生20名を被験者として実験を行った。それぞれの学年別人数は表1の通りで、学年別の人数比は、ほぼ同じ構成である。

表1 A小学校とB小学校被験者の学年別人数比

	4年	5年	6年
A小学校	7	7	7
B小学校	4	9	7

A小学校ではScratchを使用した45分授業を8回、その内1時限分をアルゴリズムの時間として割り当てた。各時限の学習内容を表2に示す。

2時限目のアルゴリズムの説明、演習は最初に「論理的思考（アルゴリズム）とは何か」について自動販売機で飲み物を買うときの人と自動販売機の動きに例えて説明し、普段の生活でも論理的思考が重要であるということを導入として話した。その後アルゴリズムの基本操作について説明した後、初心者用である「アルゴリズム Jr.」の問題を各自解いてもらった。また、自宅でアルゴリズムを起動する方法を説明し、ゲーム感覚で学習できるので自宅でも学習を続けるよう勧めた。これ以降の授業のたびに、「アルゴリズムを自宅で学習してみたか？」などの問いかけをして、自宅で自主的に学習するよう啓発した。

3時限目、4時限目のScratchの実習でははじめに例題を示し、授業の主題となる要素について説明しな

がら例題の作品を作成し、その後枠内の数字を変更するなどの練習問題を提示する流れで授業を進めた。

5～7時限目のScratchの実習では1つのゲームを作成していく流れの中で変数や条件分岐などの説明をする形式で授業を進めた。

8時限目は実習で修得したカテゴリを使う基本仕様を指定し、その他の詳細な仕様は自由にアレンジしてよい課題作品の作成時間とした。

表2 A小学校の学習内容

時数(日付)	内容
1時限(6/6)	プログラミングとScratchの説明、事前テスト
2時限(7/11)	アルゴリズムの説明、演習
3時限(7/18)	Scratch実習①(基本的な動き)
4時限(8/29)	Scratch実習②(繰り返し)
5時限(9/5)	Scratch実習③(変数、条件分岐)
6時限(10/10)	Scratch実習④(変数、座標)
7時限(10/17)	Scratch実習⑤(座標、乱数)
8時限(10/31)	課題作品の作成、Scratchの評価
9時限(11/7)	クラブ活動のまとめと事後テスト

B小学校ではScratchのみを用いた45分授業を10回実施した。B小学校の各時限の学習内容を表3に示す。A小学校とは異なり、Scratchで重要な要素である座標や変数の説明、演習に時間をかけて授業を行った。

表3 B小学校の学習内容

時数(日付)	内容
1時限(5/30)	プログラミングとScratchの説明、事前テスト
2時限(6/13)	Scratch実習①(基本的な動き)
3時限(6/27)	Scratch実習②(繰り返し)
4時限(6/27)	Scratch実習③(繰り返し、座標)
5時限(7/18)	Scratch実習④(座標)
6時限(9/12)	Scratch実習⑤(繰り返し、変数)
7時限(10/3)	Scratch実習⑥(変数)
8時限(10/3)	Scratch実習⑦(変数)
9時限(10/17)	Scratch実習⑧(変数、演算)
10時限(10/31)	Scratch実習⑨(まとめ、事後テスト)

A小学校、B小学校ともScratchの授業の進め方は同じで、各時限とも最初に例題を提示し授業の主題となる要素について説明を行った。児童が例題のプログラムを組んで動きを確かめた後、例題に類似の仕様を

練習問題として出題し各自で解くといった流れで授業を進めた。授業は1名のメイン講師と1名のTA(Teaching Assistant)が担当した。

A小学校で8時限に行った課題作品の作成はB小学校では行っていない。

A小学校, B小学校共に授業の前後にCABの命令表の問題を参考にした事前テストと事後テストを実施し, 授業の内容により論理的思考力の向上に差は出るかを検証する。

(2) 論理的思考力の評価方法

論理的思考力の評価のためにCABを参考にした事前・事後テストを作成した。CABで出題される問題は暗算, 法則性, 命令表, 暗号の4つの項目に分かれている。このなかでプログラムのトレースやアルゴリズムの考案に近い思考の, 命令表問題に着目した。

CABの命令表問題のうち, 事前・事後テストの題材とした問題は, 10種類程度の命令記号が示され, その命令指示通りに実行した場合, どのような結果になるかを考えるという内容である。実際のCABの問題では5つの選択肢が示され, そのなかから解答を選ぶ形式となっている。しかし, 本実験では小学生を対象としてその思考力を評価するために, 問題を簡略化し, 最終的な回答を導き出す途中経過の思考も考慮する。そのため, 以下に示す図1の通り命令記号を4つに削減した。また, 選択肢も4つに削減した。

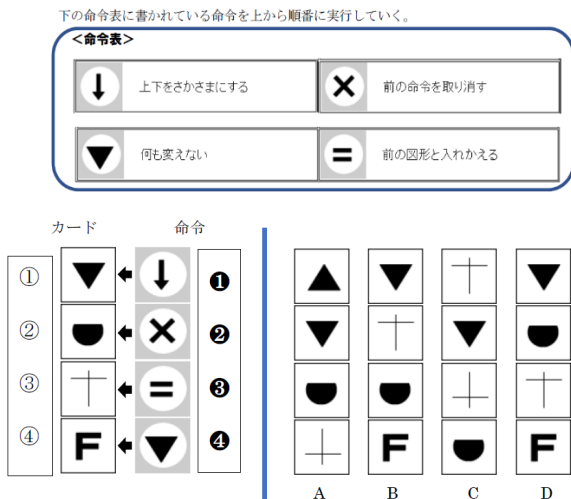


図1 CABを参考にした事前テスト

さらに, カードと命令にそれぞれ番号を振り, 問題を次の5題に分けて出題した。実際のCABでは問題

5のみが出題されるが, 本研究で作成した小学生の論理的思考力の評価テストは, 途中経過も考慮した表4の問題とした。

表4 論理的思考能力評価事前テスト

問題1	命令①が行われたときのカード①の絵はどんな絵になりますか。
問題2	命令②が行われたときのカード②の絵はどのようにになりますか。
問題3	命令③が行われたときのカード③の絵はどのようにになりますか。
問題4	命令④が行われたときのカード④の絵はどのようにになりますか。
問題5	命令①～④が上から順番に行われたとき, 正しいものはA～Dのうちのどれですか。

問題1～4の回答方式は, 答えとなる絵を実際に描く, 問題5はAからDのどれか1つを記号で選択する形式とした。

事前テストは表4の通りだが, 事後テストも事前テストと同様にCABで出題される命令表の問題を参考にして, 事前テスト同様はじめに示される命令記号を4つに削減し, 問題5の解答の選択肢も1つ減らし4つとした。事前テスト, 事後テストとも満点は5点で, 難易度はほぼ同程度である。

(3) 課題作成から理解度とスキル度の評価

A小学校8時限目の課題作成においては, まず教員が課題作品の基本仕様を説明する。次に, 児童は作品を完成させるために使用するプログラム部品が属するScratchのカテゴリを答案用紙に記入する。さらに, 自分が作成しようとしている作品の独自仕様を自由記述方式で記入する。自由記述にあたっては, 教員およびTAが机間巡視しできるだけ詳細に記述するように促した。その後, 自由に作品を作らせた。

できあがった作品と事前に記入した仕様書との差異を見ることで, プログラミングのスキルが評価できる。また, 使用するであろうと児童が予測したカテゴリと実際に使うカテゴリの差異を分析することにより, それぞれのカテゴリの使い方や意味などの理解度が評価できる。

課題作成で指定した基本仕様は, パドルを使ったピンポンゲームの作成で, ①Scratchのプログラムスタートボタンをクリック直後にボールが動き出す機能, ②ボールがパドルに当たらず落ちてしまったときの機

能、③ボールがパドルにあたったとき得点を追加する機能について、機能を実装するために必要なプログラム部品のカテゴリを回答させる。また、それぞれの機能を実行するときのイメージ(仕様)をできるだけ詳細に自由記述させた。教員は、実際に使用するカテゴリと児童が作成前に必要と考えたカテゴリを比較することにより、児童の各カテゴリに関する理解度を把握できる。本論文では、作ろうとしている機能からそれを実現するために必要なプログラム部品のカテゴリを選択する力をカテゴリ理解度と呼ぶ。

また、児童の作品に使われているプログラム部品をカテゴリ別に分類し、正しく使用されていれば、そのカテゴリのプログラム部品を使いこなすスキルがあることから、この正解率をカテゴリスキル度と呼ぶ。

ビジュアルプログラミング言語では、完成形をイメージせずにトライアル・アンド・エラーを繰り返しながら、プログラム部品を組み合わせていくことにより、本人が意図しない機能が備わってしまうことがある。特に小学生の場合、アルゴリズムを意識せずプログラムのパーツを組み合わせ、それぞれのパラメータを適当に変更することにより、思わぬ機能が付加されてしまうことがよく起こる。初等教育のプログラミング教育で論理的思考力を修得させるには、事前に作りたいモノをイメージし、その目標に向かって試行錯誤する方が論理的思考力の向上が望める。こういった理由から、プログラムを作成する前に仕様を記述し、その仕様を満たすようにプログラミングするように指導した。

3.3 結果と考察

(1) 論理的思考力について

A小学校とB小学校それぞれの、論理的思考力を評価する事前テストと事後テストの平均値と標準偏差、A小学校とB小学校の事前テストと事後テストの結果より回帰成就値⁹⁾を求めた、A小学校とB小学校それぞれの回帰成就値の平均値と標準偏差を表5に示す。

A小学校の事前テストと事後テストの平均値、B小学校の事前テストと事後テストの平均値、A小学校とB小学校の回帰成就値の平均値についてt検定をした結果、A小学校の事前テストと事後テストの平均値は有意水準1%未満で有意、A小学校とのB小学校の回帰成就値の平均値は有意水準5%未満で有意となった。

これより、A小学校の授業構成のほうがB小学校より論理的思考力が向上していると考えられる。つまり、ビジュアルプログラミング言語をつかって例題と演習の繰り返しによるプログラミング教育より、アルゴリズムなどアルゴリズムを考える教材を取り入れ、プログラムを作る前に作品の仕様を明確にして課題に取り組みせるプログラミング教育のほうが、論理的思考力を向上させることができる。

表5 小学校の事前・事後テストの比較

		事前テスト	事後テスト
A小学校 n=21	平均値	2.952	4.048**
	標準偏差	1.532	1.071
	p	0.005	
		事前テスト	事後テスト
B小学校 n=20	平均値	2.850	3.250
	標準偏差	1.089	1.482
	p	0.168	
		A小学校 n=21	B小学校 n=20
回帰 成就値	平均値	0.377*	-0.396
	標準偏差	0.948	1.571
	p	0.028	

(2) 授業改善について

A小学校8時限目の課題作成の結果、教員が指定した3つの基本機能を実現するために、児童がプログラム作成前に必要と答えたカテゴリの正解率をカテゴリ理解度、児童の作品に正しく使用されているプログラム部品カテゴリの正解率をカテゴリスキル度として表6に示す。Scratchのカテゴリは10個あるが、ペンとその他のカテゴリは課題で使用していない。また、授業中騒がしくなるため音のカテゴリは除いた。

これより、動き・制御に関してはカテゴリ理解度、カテゴリスキル度とも高く教授方法に問題が無いこと、イベント・調べるに関してカテゴリ理解度は低いがカテゴリスキル度は高いので演習として問題ないが説明をもう少し工夫する必要があること、見た目・データ・調べる・演算に関してはカテゴリ理解度、カテゴリスキル度とも低いので説明や演習の方法、時間配分など工夫する必要があることがわかる。

児童の作品を見ると、動き・制御を正しく使用した作品は多く見られたものの、約半数の児童が変数を扱うデータや演算カテゴリに手を付けることが出来なかった。これは変数や演算が理解できていなかった事に

起因し、このカテゴリを扱う授業に関して何らかの授業改善が必要である。

表6 カテゴリ理解度とカテゴリスキル度

カテゴリ	カテゴリ理解度	カテゴリスキル度
動き	69%	95%
見た目	55%	33%
データ	36%	57%
イベント	48%	100%
制御	69%	95%
調べる	0%	57%
演算	7%	43%

4. まとめ

初等教育で2020年より論理的思考力の向上を目的の一つに掲げたプログラミング教育が導入される。本論文の目的は、論理的思考力を重視したプログラミング教育について提案し、授業で得られるデータから授業改善の糸口を見つけることであった。

2つの小学校のプログラミング教育を比較することにより、プログラミングの体験を通して論理的思考力を修得するためには、ビジュアルプログラミング言語であるScratchだけではなく、アルゴリズムなど論理的思考を学ぶことが出来る教材を組み合わせた授業を行うことが有効であることがわかった。また、児童が課題作成に取り組む前に課題の仕様を明確にすることも論理的思考力の向上に繋がる。

授業改善については、課題作成前に機能を実現するために必要なカテゴリの調査を行うことでカテゴリ理解度が、児童が作成した作品のカテゴリを正しく使われているか分析することによりカテゴリスキル度が把握できる。これより、授業の説明や演習の内容で改善すべきカテゴリが洗い出せ、授業改善の糸口となる。

今後の課題として、文科省は初等中等教育の情報教育の学習活動を「プログラミングを体験することが、

探求的な学習の過程に適切に位置くようにすること」^①としている。本研究で我々が実施した授業では、課題作成中に疑問や問題が見つかったとき、教員に積極的に質問はするが、自ら調べだけで問題解決する授業に達していない。プログラミング教育を通じて、児童が自ら調べ主体的に学習する姿勢を修得できるような授業デザインについて考える必要がある。

参考文献

- (1) 文部科学省:“小学校学習指導要領”,pp.8,pp163 (2017)
- (2) 深谷和義,宮地晶子:“小学生向けプログラミング授業のための「プログラミン」利用の検討”,日本教育工学会論文誌,Vol.36,pp.9-12 (2012)
- (3) 伊藤一成:“Scratchを用いた授業実践報告”,情報処理,Vol.52, No.1, pp.111-113 (2011)
- (4) 阿部和広「小学生からはじめるわくわくプログラミング」,日経BP社 (2013)
- (5) JEITA: “アルゴリズム”, <http://home.jeita.or.jp/is/highschool/algo/index.html> (2018年1月29日参照)
- (6) 大山裕:“アルゴリズム体験ゲーム「アルゴリズム」”,情報処理, Vol.53, No.3, pp.316-320, (2012)
- (7) CAB・GAB 試験対策集会所, www.hatikai.info/index.html (2018年1月25日参照)
- (8) 川手くるみ,大久保利亮,尾崎剛,広瀬啓雄,“初等教育におけるプログラミング学習効果の客観的評価方法の提案”,日本教育工学会第33回全国大会講演論文集,pp.255-256. (2017)
- (9) 山本洋雄,“e-Learningでの学習成績・学習時間・投資対効果などの効果測定”,教育システム情報学会誌, Vol.19, No.1, pp.46-53 (2002)

クラウドを活用したプラットフォームの開発と検証

島根大学 研究・学術情報機構 総合情報処理センター 松本多恵^{*1}

Development and Verification of a Platform Utilizing Cloud

Tae Matsumoto, General Information Processing Center Organization for Research and Academic Information, Shimane University^{*1}

A Learning Management System is an application primarily used for the administration of learning and eLearning. It allows anyone to create learning materials of any kind (e.g., video contents, or game contents). We develop a Learning Management System using cloud. The system is integrate of hand writing learning to information and communication technology. In order to validate the system, we perform experimental evaluation of the system with students and teachers.

キーワード: クラウド, プラットフォーム, 学習分析, eポートフォリオ

1. はじめに

本研究は、インターネットを通じてeラーニングを配信するプラットフォームである学習管理システム(Learning Management System 以下、LMSと明記する)に連携したシステムではなく、クラウドコンピューティング(以下、クラウドと明記する)上に学習履歴や成績データなどの記録をデジタル化して残す収集物保管するeポートフォリオ(電子化されたポートフォリオ)のシステムの構築を目指すものである。

本研究の特徴は、手書きレポートや手書きメモ、紙文書などをスキャンし、スキャンしてできたPDFをクラウド上に保存し、既存のLMSと同様に、学生が自分の手書きレポートなどの過去に提出した紙文書を振り返り確認できる。さらに、教員が登録された紙文書を見て、採点や評価、コメントをパソコンなどで入力することができる。さらに、学習者(児童、生徒、学生)は、eポートフォリオ上で採点や評価、コメントや提出したレポートやテストなどの紙文書を閲覧、印刷することができるシステムである。クラウドを利用したシステムのため、小規模の組織や個人でも利用できるシステムである。さらに、利用した期間だけ利用することができる柔軟性の高いシステムを開発した。

本システムを利用した学習者の感想や教員の意見など述べていく。

2. eポートフォリオシステムの概要

2.1 紙文書とICTの融合

近年、教育ビッグデータ(LMSに蓄積された学習ログや成績データなど)を分析・検証する学習分析の分野が広まっている。LMSに蓄積された成績データの多くは、デジタル機器を利用して入力されたものが多い。さらに、モバイル型ノートパソコンやタブレット、電子ペンに代表される手書き入力可能な端末が普及し始めたことにより、LMSと連動したオンラインによる手書き学習が注目され、導入されている⁽¹⁾。しかし、教育現場では、紙とペンによる学習が根強くある。紙とペンで学習した紙文書をスキャンなどしてPDF化し、既存のLMSと連携するシステムの一つ、富士ゼロックス株式会社が提供する授業支援ボックス⁽²⁾がある。授業支援ボックスは複合機に専用の機会を設置し、既存のLMSと連携するものである。本研究は、クラウド上で紙文書を管理するeポートフォリオシステムの構築を目指す点から考慮して、同じ紙文書をスキャンなどしてPDF化し、既存のLMSと連携するシステムの一つ、株式会社システム工房エムが提供する飛ぶノート出雲⁽³⁾を改良してクラウド上にシステムの構築を目指した。飛ぶノート出雲は、スキャナし紙文書を、飛ぶノート出雲に登録することで、教員は、飛ぶノート出雲の機能を使って、評価・採点・コメントを記入

することもでき、さらに、返却することができる。これまで、飛ぶノート出雲も既存の LMS と連携してきたが、本研究では、既存の LMS ではなく、クラウド上にシステムを構築し、e ポートフォリオの機能を充実させた。

2.2 システムの流れ

本システムの流れを図 1 に示す。まず初めに、学生が専用の紙（マークシートなどが記載されて）に通常のペンや鉛筆で、レポートやテストや授業の内容などを記載する。記載された紙文書をスキャンして PDF 化し、飛ぶノート出雲にデータをして登録する。登録されたレポートなどを先生（教員）が採点し、点数やレポートなどにコメントを入力する。そして、学生へレポートを返却する機能を使って返却する。学生は、スマートフォン、タブレットなどのデジタル機器でレポートを閲覧、印刷することができる。学生は過去にさかのぼって自分のレポートを閲覧することができ、学習の成果を可視化することができ、振り返り学習も可能である。

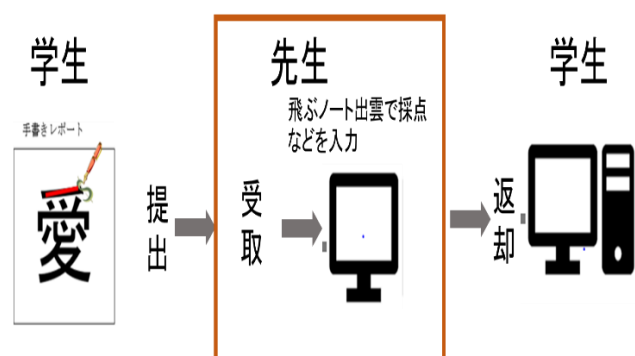


図 1 飛ぶノート出雲を利用したシステムの概要

2.3 本システムの問題点と改良点

本システムは、専用の紙が必要である。クラウド上で管理することでいつでも、どこでも学習履歴や学習者の成績データなどを閲覧することができる反面、セキュリティの側面、学習データのなどのデータの流出、漏洩の危惧がある。これまでの LMS の多くは、自組織内でシステムを構築しているケースが多く見受けられる。本システムはクラウド上にデータを格納しているが、学生データなどの個人情報とは別サーバに構築し、連携して利用しているなどセキュリティに対する対策を構築している。しかし、未曾有のセキュリティ攻撃

などに対応したシステムの構築が今後の課題である。また、マークシートにより学習者を識別するシステムのためマークシートの読み取りミスなどが発生する可能性がある。読み取りミスを最小限にするためにも、利用者への説明などの充実する必要がある。教員側の要望として、システムの改良点などを聞き取り調査し、随時改良を重ねていく。現時点においても、スタンプや学生データの連携などさまざまな要望がある。

3. おわりに

本研究は、e ポートフォリオシステムを構築する仕組みを構築した。e ポートフォリオの可視化、学生が直接レポートなどをスキャンして PDF 化したものを提出できる機能、スマートフォンなどで読み込んだ画像を活用できる仕組みなどまだまだ、改良が必要な機能がある。しかし、個人での利用や、利用した意図機だけ利用できる仕組みなどクラウドの利点を活かしたシステムを構築することで、これまでの LMS との差別化を目指している。また、クラウドを利用することによるデメリットを今後の課題として、自組織以外でのデータの格納に関するセキュリティに関する対応を継続して実施していく。さらに、蓄積されたデータの分析なども変更して行っていく。

謝辞

本研究の一部は、2017 年度島根大学女性研究者支援研究助成、2016 年公益財団法人科学技術融合振興財団研究助成によるものである。

参考文献

- (1) 福島耕作, 下村勉: “授業における挙手・発言とタブレット端末を活用した発信・交流との児童の意識の比較”, コンピュータ利用教育学会, vo1.42, pp31-36 (2017)
- (2) 富士ゼロックス株式会社, 授業支援ボックス, https://www.fujixerox.co.jp/product/mf_etc/class_box/class_box.html (2018 年 2 月 2 日確認)
- (3) 株式会社システム工房エム, 飛ぶノート出雲, <http://tobunote-izumo.com/system.html> (2018 年 2 月 2 日確認)

大学における学生の個人情報の消去と効果に関する一考察

福永 栄一

大阪成蹊短期大学

A Study on the Effect of University Deleting Personal Information on Students

Eiichi Fukunaga

Osaka Seikei College

概要

ICTが発展し、個人情報が日々大量に収集される社会で我々は生活している。大量の個人情報の分析により、本人が知らない間に本人の趣味・趣向などが評価されている。個人情報の評価が間違っていないか、評価によって不利益をこうむらないかなど個人情報に対する不安やリスクが生じている。これら大量の個人情報や評価された情報が漏えいした場合の本人への影響は大きい。この不安とリスク、影響を低減させる最も効果的な方法は、個人情報の取得者が個人情報の利用後に個人情報を消去し、消去したことを公表することである。取得した個人情報の消去や消去結果の公表は、営利を目的とした企業では難しいが、大学であれば卒業生が再入学することはほとんどないので可能と考えられる。本論では、企業と比較しながら大学で扱う学生の個人情報の消去、消去結果の公表について、可能性と効果について検証・考察を行った。

キーワード: 個人情報, 漏えい, 保存, 消去, 学籍情報

1. はじめに

個人情報の保護に関する法律（以下、「法」と表記する）が改正され、平成29年5月30日より全面施行された。今回の改正は、個人情報及びプライバシーを保護しつつ個人の行動・状態等に関するデータであるパーソナルデータ^(注 i)の利活用を推進する内容となっている⁽¹⁾。パーソナルデータの利活用はビッグデータの中でも利用価値が高いと期待されており、付加価値を生み出す新事業・新サービス創出が推進されている⁽²⁾。

個人情報及びプライバシーの保護強化としては、本人の人種、信条、社会的身分などに関する個人情報を要配慮個人情報^(注 ii)とし、法令に基づく場合などを除いて、あらかじめ本人の同意を得ないで取得してはならないとされた。しかし、要配慮個人情報にあたらぬ氏名、住所、生年月日、性別などの基本4情報や購

入履歴や位置情報などの個人情報（以下、要配慮個人情報以外のこれらの情報を「個人情報」と表記する）は、個人情報の利用目的を公表していれば本人の同意を得ずに取得することができる^(注 iii)。

個人情報の利活用が進み社会が発展し個人の利便性が向上することは多くの人が望むことであろうが、同時に個人情報を提供または取得されたことによる不安や漏えい等のリスクも生じる。「特にビッグデータにより、個人に関する情報が大量に集積・利用されることによって、プライバシー侵害に関する不安も大きくなっている」⁽³⁾と指摘されている。また、「パーソナルデータの利活用を促進させるためには、本人が意図しない目的でパーソナルデータが利用されるなどの不安を解消し、適切な取扱いによって消費者が安心してデータを提供できる環境を整備することが重要である」⁽⁴⁾とされているように、個人情報は提供または取得

されれば漏えいや本人の意図しない利用などに対する不安とリスクが生じ、個人情報が消去されない限り一生涯・子々孫々まで拭い去れない。

この不安とリスクを低減させる最も効果的な方法は、個人情報の取得者が個人情報の利用後に個人情報を消去し、消去したことを公表することである。しかし、企業では利益獲得のために時間と労力を費やして取得した個人情報を消去するのは容易ではない。ところが大学の場合は、学生が卒業すればあえて個人にアクセスする必要がないので、個人情報の消去が可能と考えられる。そこで本論では、企業と比較しながら大学で扱う学生の個人情報の消去、消去結果の公表について、可能性と効果について検証・考察を行う。

まず、個人情報に関する不安とリスクについて確認する。続いて、これまで大学で個人情報がどのように扱われてきたか先行研究や個人情報の取扱いについて確認する。さらに、企業における個人情報の消去について検証し、企業と比較しながら大学における学生の個人情報消去可能性を検証する。最後に、大学における学生の個人情報消去の効果について考察する。

なお本論で対象とする個人情報は、大学生の出欠や成績、就職活動履歴などの教育や育成に関する個人情報を対象とし、法や条例などに従って適正に取得・利用・保管し、法や条例などが認める範囲で廃棄・消去することを前提としている。

2. 個人情報に関する不安とリスク

前述したとおり、個人情報は利用目的を公表しておけば本人の同意を得ずに取得することができる。利用目的の公表例としては、個人情報の保護に関する法律についてのガイドライン（通則編）に「自社のホームページのトップページから1回程度の操作で到達できる場所への掲載」⁽⁵⁾が示されている。この公表方法であれば、個人情報を取得される本人がインターネット上のホームページを全て検索しなければ個人情報がどのように利用されるかを確認することができない。個人が全てのホームページを確認することが不可能なことは明らかである。また、個人情報をいつ・どこで・どのように取得するかを公表する義務はないので、本人が気づかない間に個人情報を取得されている場合も

多い。IoTが普及すれば、気付かないうちに個人情報が取得されるケースは益々増えていく⁽⁶⁾。法が個人情報を保護すると定めても、個人情報を収集される本人には、いつ、どこで、どのような方法で、どのような利用目的で、どのような組織に個人情報を収集されているか分からないのである。このような状況は、本人にとっては不気味であり、こうして収集された個人情報の漏えいや本人の意図しない利用などプライバシーに対する不安と実際に漏えい等が生じた場合の本人へ大きな不利益をもたらすリスクが生じる。

このように企業など様々な組織により大量の個人情報がビッグデータとして分析、利活用される社会⁽⁷⁾において、本人の不安とリスクを低減させる最も効果的な方法は、個人情報の取得者が個人情報の利用後に個人情報を消去し、消去したことを公表することである。

3. 大学での個人情報の扱い

3.1 個人情報の利活用に関する先行研究

学生の個人情報を扱った研究としては、伊藤らは338名の成績データ約1万件と出欠打刻データ約24万件をデータマイニングを用いて分析して、将来、留年、退学する可能性の高い学生の傾向を示している⁽⁸⁾。堀井は大学生461名と838名を対象とした2つの質問紙調査を実施・分析して、不登校傾向に影響を及ぼす心理的要因を示している⁽⁹⁾。

高岡らは修学支援の取組を整理したうえで、「学内に散在する学生の修学状況に関する情報を1つのデータベースに集約して管理する」総合的學生支援システムを提案している⁽¹⁰⁾。大友らは学内の存在する様々なシステムのデータ（大学入学前の情報や入試情報、入学後の学籍情報や履修科目・成績情報、出席情報、レポートなど学習活動情報など）を分析する退学者防止に関する研究を紹介している⁽¹¹⁾。

しかし、現代の大学には学生の個人情報である出欠や成績、レポートなどを全学的に管理できるシステムが一般的に導入利用されている。ここに大量の個人情報が蓄積されているが、その管理や利活用は入試部や学生部、教務部、各学部・学科等で個別管理されており⁽¹⁰⁾、教員が個別に収集した学生の個人情報と合わ

せて個別に学生指導等に利活用されているのが現状である。そのため、高岡らのシステム⁽¹⁰⁾や大友らの研究⁽¹¹⁾が歓迎される。

しかし、これらのシステムや研究は個人情報の利活用に関する内容であり、利用後の消去に関しては特に言及していない。

3.2 個人情報の保存

大学では学生の個人情報の利活用だけでなく、保存も重要である。卒業証明書や成績証明書など卒業や履修、成績を証明するための学籍に関する個人情報の保存である。学校教育法施行規則第28条⁽¹²⁾などに従い保存される個人情報(以下、「学籍に関する個人情報」と表記する)である。卒業等の学籍に関する記録については、保存期間は二十年間と定められているが、実際には無期限で保管されているのが実情であろう。卒業20年後に大学から成績証明書が取得できなくなるのは考えられないことであり、大学としてもいつでも証明できるよう保存しているはずである。一般的には①紙ベースで保存する、②CDやDVDなどで書き込み更新できない媒体に保存する、③USBやハードディスクにパスワードロックや暗号化して保存したうえで、さらに強固な金庫に入れて保存する。もしくはネットワークから切り離れたコンピュータに保存して、コンピュータ室への出入りを管理して、情報を扱う場合は厳格な手続きに従って、決められた担当者のみで取り扱うなどである。

本論で検証するのはこれらの個人情報ではなく、前述した教員や職員が日ごろ入力して管理している個人情報である。先行研究で扱われた個人情報である。これら個人情報の利活用は議論され推進されるが、これら個人情報がいつ消去されるかが明確になっていない。しかし、学生が卒業して学校教育法施行規則第28条⁽¹²⁾などに従って学籍に関する個人情報を保存すれば、それ以外で個人を特定した個人情報は必要無いはずである。企業と違い、再度卒業生が大学に入学してくる可能性はほぼゼロであり、卒業生に入学を促す広報や営業活動を行う必要が無いからである。卒業後の個人情報は個人を特定できない統計情報などの形に加工して保存・利活用すれば、個人が特定できる個人情報は消去できるはずである。

4. 企業における個人情報の消去

企業では個人情報を積極的に顧客サービスや広報、マーケティング分析、新製品開発などで利活用している。今回の法改正も利活用推進が意識されていることもあり、今後も利活用が推進されるであろうことが予想される。従って、ここでは個人情報の消去に関する考え方を確認する。

4.1 法第19条に従った消去

法第19条に「利用する必要がなくなったときは、当該個人データを遅滞なく消去するよう努めなければならない」⁽¹³⁾という内容が追加された。筆者も大阪成蹊短期大学紀要(2018年3月20日付発刊予定)で消去のための方法を提案したが、それが直ぐに大部分の企業に受け入れられ、法第19条の消去の内容追加だけで個人情報の消去が飛躍的に進むとは考えにくい。その理由は、個人情報を「利用する必要がなくなった」と判断することが難しいからである。企業は個人情報を本人が将来何をかうかを予想して提案・販売につなげるために利活用するからである。そのため、企業の個人情報の利用目的にマーケティング分析や新製品開発などが含まれることが多い。

以前に流行った商品が再度注目されること即ち、流行が繰り返される⁽¹⁴⁾ことは我々が経験済みである。商品を販売する企業とすれば、再注目された商品を以前に購入した個人を特定して提案したいと考えるであろう。また、以前の流行時の状況を詳しく分析して販売につなげたいと考えるのは当然である。現在の小学生が50年後に子供のころを懐かしく思い、子供のころに買った食べ物やおもちゃをもう一度買いたいと考えるかもしれない。50年後に提案するためには、本人が50年間その食べ物やおもちゃを買わなくても購買履歴情報を消去することができない。

4.2 消去のリスク

データ消去には、必要なデータや法律で保存を定められているもしくは義務付けられているデータを間違えて消去するリスクがある。消去する条件が複雑な場合や勘違い、ミス、プログラムバグなどにより本来消去すべきではないデータを消去する可能性がある。それによる損害がどの程度か計り知れない。また、消去

時には不要であったデータでも、将来社会情勢の変化などによって必要になる、もしくは残しておいた方が良かったと後悔することも否定できない。消去しなければこれらのリスクを回避することができる。

4.3 明確な消去規定

法律や規定などは保存期間を定めていても、消去や廃棄などの時期を明確にしていない。保存が定められた法律や規定はあるが、消去しなければならないという個人情報に関する法律や規定が確認できない。保存を考える場合、間違っただけで保存期間内に消去しないように保存期間以上に保存する考え方や規定などは正当化されるが、保存期間直後に消去する考え方や規定は否定されがちである。

これらを総合的に考えれば、早急に企業において個人情報が消去されるもしくは消去のための明確な規定や基準が想定されるとは考えにくい。その結果、いつまでも消去されないことが予想される。

5. 大学における学生の個人情報消去可能性

ここでは企業と比較しながら大学での個人情報の消去可能性について検証する。

5.1 法第 19 条に従った消去

大学では卒業を基準に個人情報を消去できる。学生の卒業後は学籍に関する個人情報を保存すれば、分析等で個人情報を使用する必要がなくなるからである。企業の場合は前述したとおり「利用する必要がなくなった」と判断することが難しいが、大学は卒業後に本人にアクセスすることがほとんど無いので、学生が卒業すれば個人を特定する必要がなく、学生の卒業を基準に「利用する必要がなくなった」と判断できる。

新たに入学してくる学生の傾向を知るために既卒者の過去の状況を分析するのであれば、個人を特定できない統計情報などの形にして加工・保存すればよい。

5.2 消去のリスク

大学ではこれまで長い年月学校教育法施行規則第 28 条⁽¹²⁾などに従い学籍に関する個人情報を保存・保管してきた実績がある。従って、保存して金庫等に

保管した後に保存・保管した個人情報の元データを消去すれば消去のリスクは回避される。

5.3 明確な消去規定

学籍に関する個人情報を保存・保管した規定に準じて学生の個人情報の消去規定を設定すれば、確実に保存・保管した個人情報を消去する規定を設定できる。これまで保存してきた手順や保存規程に従って責任部署が保存作業を行い、確実に保管したら、保存・保管した元の個人情報を個人が特定できない統計情報などの形で加工・保存して、元となった個人情報を消去することを確実にかつ明確に規定できる。

このように大学においては、企業において個人情報の消去が難しいとされた考え方に影響されない。開学以来長い年月学籍に関する個人情報を保存してきた実績もある。これらを考え合わせれば、大学においては卒業生の個人情報を消去することが可能と考えられる。

6. 大学における学生の個人情報消去の効果

6.1 本人の不安とリスクが解消される

大学であれば 4 年間、短期大学であれば 2 年間で大部分の学生が卒業するので、卒業を基準に学生の個人情報を消去することができる。企業では消去が難しい個人情報を 4 年もしくは 2 年という短期間で消去できるので、個人情報保護方針などに「卒業後速やかに個人情報を消去する」と明記し、消去したら消去した日付や対象とした個人情報などを公表できる。これらが公表されれば、個人情報を取得された本人の不安が解消され、本人のリスクも解消される。

6.2 個人情報消去の先例となる

改正法第 19 条に追加された「利用する必要がなくなったときは、当該個人データを遅滞なく消去するよう努めなければならない」⁽¹³⁾ に沿った個人情報の消去の先例となる。企業や他の分野に対して個人情報を消去すること、消去を公表することの先例となり、これらを促進できる。それにより個人情報漏えいや本人の意図しない利用などに対する、社会全体のリスク低減に貢献できる。

6.3 大学自体の個人情報漏えいリスクを低減できる

個人情報の漏えいは、大学にとっても大きいリスクである。大学が学生の個人情報を漏えいさせれば、大学に対する信用や信頼が低下するなど影響は大きい。個人情報を保存すれば、保存期間に比例して個人情報の漏えいリスクは長期化し増大する。従って、大学にとっても学生の個人情報を学生の卒業を基準に消去することは、漏えいリスクを低減させる効果がある。大学自体の個人情報漏えいに関するリスクを短期間かつ確実に低減させることができる。

7. おわりに

本論では、企業と比較しながら大学での個人情報の消去可能性について検証して消去の効果を示すことができた。個人情報は利活用と漏えい等のリスク、漏えい対策等のセキュリティが注目されるが、いずれも個人情報を収集して保存することが前提となっている。収集、利活用した個人情報の消去に注目されることがほとんどない。しかし、消去することが最も確実にリスクを解消することは誰にも容易に理解できることである。法が改正され個人情報の消去に言及したことを受け、個人情報の消去と消去結果の公表が求められる。個人情報が大量に収集・利活用される現代社会において、企業では容易ではない個人情報の消去と消去結果の公表を大学が実践して先例となるべきである。

注

- (i) 世界最先端 IT 国家創造宣言について⁽²⁾の中で「個人の行動・状態等に関するデータ」と示されており、本論でもこの定義に従う。
- (ii) 要配慮個人情報は、法第 17 条 2 項⁽¹³⁾で「個人情報取扱事業者は、次に掲げる場合を除くほか、あらかじめ本人の同意を得ないで、要配慮個人情報を取得してはならない」とされており、法令に基づく場合や人の生命、身体又は財産の保護のために必要がある場合などを除いては、本人の同意を得ないで取得できない。
- (iii) 直接書面等による取得の場合であれば個人情報の利用目的を明示しなければならない⁽¹³⁾。

参 考 文 献

- (1) 首相官邸: “「日本再興戦略」改訂 2014 ー未来への挑戦ー”, <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/honbunJP.pdf>
- (2) 首相官邸: “世界最先端 IT 国家創造宣言について (平成 25 年 6 月 14 日閣議決定)”, http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/pdf/it_kokkasouzousengen.pdf
- (3) 佐藤一郎: “ビッグデータと個人情報保護法 データシェアリングにおけるパーソナルデータの取り扱い”, 情報管理, 58 巻, 11 号, pp. 828-835 (2016), <https://doi.org/10.1241/johokanri.58.828>
- (4) 首相官邸: “パーソナルデータの利活用に関する制度改正大綱 平成 26 年 6 月 24 日”, <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20140624/siryous5.pdf>
- (5) 個人情報保護委員会, 法令・ガイドライン等: “個人情報の保護に関する法律についてのガイドライン (通則編)”, <https://www.ppc.go.jp/files/pdf/guidelines01.pdf>
- (6) 大井玲奈, “技術トレンド「超臨場チャンネルの獲得」「IoT 時代のセキュリティ」”, NTT 技術ジャーナル, Vol.29 No.8, 2017, NTT, <http://www.ntt.co.jp/journal/1708/files/JN20170819.pdf>
- (7) 永松陽明: “ビッグデータ利活用における課題整理”, 日本情報経営学会誌, 36 巻, 4 号, pp. 3-11 (2016), https://doi.org/10.20627/jsim.36.4_3
- (8) 伊藤宏隆, 伊藤圭佑, 舟橋健司, 山本大介, 齋藤彰一, 松尾啓志, 内匠逸: “学生の修学データを用いた要注意学生の傾向分析”, 研究報告教育学習支援情報システム (CLE), 2014-CLE-13 巻, 8 号, pp. 1-8 (2014), <http://id.nii.ac.jp/1001/00100962/>
- (9) 堀井俊章: “大学生の不登校傾向に影響を及ぼす心理的要因”, 横浜国立大学教育人間科学部紀要. I, 教育科学, 18 巻, pp. 106 - 114 (2016), <http://hdl.handle.net/10131/10126>
- (10) 高岡祥子, 中井あづみ, 杉山恵理子, 野末武義, 清水良三: “学生の修学データを活用した多角的な学生支援の提案 ー要注意学生の早期発見と学生相談との協働ー”, 明治学院大学心理学紀要, 27 号, pp. 81-93 (2017), <http://hdl.handle.net/10723/3032>
- (11) 大友愛子, 岩山豊, 毛利隆夫: “学内データの活用 ～大学における IR (Institutional Research) への取り組み～”, Fujitsu, 65 巻, 3 号, pp. 41 - 47 (2014), <http://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9974189>

- (12) 電子政府の総合窓口 (e-Gov), 法令検索: “学校教育法
施行規則”, http://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=322M4000080011
- (13) 個人情報保護委員会, 法令・ガイドライン等: “個人情報
の保護に関する法律 (平成 15 年 5 月 30 日法律第 5
7 号)”, https://www.ppc.go.jp/files/pdf/290530_personal_law.pdf
- (14) 松本幸子: “図案デザインの一定サイクルの確認 ―デ
ザイナー作品を用いて―”, 東京家政学院大学紀要, 第
57 号, pp. 139-142 (2017), <http://www.kasei-gakuin.ac.jp/library/kiyou/zenbun/57-14.pdf>

Web ページの確認は全て 2018 年 2 月 3 日である。

体育実技の技能向上を狙う学習支援教材

—暗黙知の学習支援—

神谷 勇毅^{*1}, 高井 和男^{*1}

^{*1} 鈴鹿大学短期大学部

Proposal of Learning Support Contents Aiming at Skill Improvement of Physical Training.

—Learning Support for Acquiring Tacit Knowledge.—

Yuki Kamiya^{*1}, Kazuo Takai^{*1}

^{*1} Suzuka Junior College

今日の学習機関において LMS (Learning Management System) は、受講者と教材の管理、学習進捗の管理、配信される教材を通じた知識研鑽、授業の予復習を含んだ知識補完、あるいは資格試験合格に向けた学習支援などを目的に運用され、学習効果を上げている。LMS で用意されている教材は、その多くが“形式知”の学習支援を行うものである。一方で、体育実技などに見られる“暗黙知”の学習支援教材として用意されるものの殆どが動画に頼る傾向にあると考える。同時に、学習者である学生らの多くが、ダンスなどの実技技能を自己学習する際において動画視聴を教材の第一選択とする。また、動画に続く第二、第三の選択肢がなかなか無い実情もある。動画も重要な教材の 1 つであると評価する一方で、技能が発展途上である学習者に対し、動画視聴のみでの学習でどれほど正確な技能が学習できるか、について疑問が残る。本稿は、保育者養成校において体育実技（ダンス）の技能向上を狙いとした、動画以外の学習支援教材の提案を行う。

キーワード: LMS, 学習支援, 暗黙知, 体育実技

1. はじめに

筆者らの勤務する保育者養成校において、教科書から獲得する知識と並行して、体育など実技技能の獲得は必須である。幼児教育の現場において重要とされる、“音・図・体（音楽・図工・体育）”の能力、技能は、主として暗黙知であるものも多数見られる。それら知識、技能は、保育者として身に付けておくべき必須技能である。とりわけ、体育技能は、ダンス、運動あそびなど保育者として不可欠とも言える技術の 1 つである。次代保育者である学生らも、それら技能の必要性を日々の授業の中で感じ取ると共に、現場を知る機会である実習経験を経て、その重要性を認識する。学習

過程において、授業だけで暗黙知である知識、技能の獲得は不十分であることを自覚し、個々の技能を更に伸ばすため、空き時間を活用して自己学習を重ねるなど、日々努力を重ねている。近年においては、幼児教育における体育の重要性がより強く言われている¹⁾。保育者を志す学生らも、授業を通して体育に関する知識、技能についての学習を積むと共に、その重要性をより強く認識させるための学習支援体制を保育者養成校としても整えていく必要があると考える。

自己学習の機会を支える手段の 1 つである LMS (Learning Management System) において、現在運用されている LMS 上に用意されている教材を見ると、形式知の学習支援教材が多数発信されている。LMS

の運用によって、学習成果が高められる点については十分評価すると共に、その教育効果については理解を示す。一方で、ダンスなどの実技に関わる学習支援教材を見ると、動画教材がその大多数を占めており、暗黙知の学習支援の教材は動画一辺倒とも言える。動画教材も立派な教材であり、ダンス動作の学習など、自己学習を行う際の重要な手助けとなっていることに異論は無い。一方で、動画視聴のみの学習を通して、どれほどの正確な技能が身に付くかということにおいては不確定な要素も多く、不安が残る。筆者らは、この暗黙知の学習支援教材の現状を鑑み、ダンス技能の学習支援を目的とした動画以外の教材提案と活用を探る。

2. 高等教育における体育

大学で開講される体育は、平成3(1991)年までは4単位が、短期大学においては2単位が必修とされていた。しかし同年7月の大学設置基準改正でカリキュラム編成が自由となり、体育を選択制にする大学が増加した。社団法人大学体育連合の調査によると、平成10(1998)年度には体育(実技)を必修としている大学・短大の割合は45.8%まで低下した。ところが、平成17(2005)年度にはこの割合が71.1%にまで上昇した。この背景には、大学体育が教養教育という範疇を超えた付加価値を有していることが見直されたためであると考えられる。これに至った理由として、学生間でのコミュニケーション能力が低下し、大学で友人を作ることが出来ない、孤立したまま学生生活を送るなど、人間関係に悩みを抱える学生の増加という問題が挙げられる。それらの問題に対し、大学体育のもともとの使命であった体力の維持・向上、健康的習慣の獲得といった身体面での健康づくりはもちろんのこと、「心の健康づくり」としての大学体育の効用に対しての再認識、再評価がなされたことなどが影響していると考えられる²⁾。現在における大学体育の位置付けは、小・中・高等学校までに学習してきた体育の総括であり、将来に渡る生涯体育の入口として捉える必要がある。昨今重要事項として言われる「健康寿命」の観点で見た場合でも、生涯にわたる健康を維持することを目的とした運動、スポーツの重要性を認識し、実践する能力と態度を養う機会にも繋がる。

当然、幼児教育においても体育は、「運動技能の習得」「動ける身体づくり」という意味では、「運動遊び」と呼ばれる「主にかからだ全体を使ったり、手足の操作や協応を必要とする遊び」といった、身体を動かす遊びをたくさん保育に取り入れることが望まれ、保育者として、その保育技術を習得すると共に、その重要性を認識する必要がある³⁾。同時に、保育者養成校において開講される体育も、ただ純粋に青年期の体育のみを取り扱うのでは無く、将来、幼児教育の指導者としての技能を伸ばす教育が重要な課題であると考えられる。

以上のような背景を基とし、大学体育は、単なる基礎教養科目という枠組みを外れ、心身の健康をはじめとして、将来教員となる時に必要となる要素が多々含まれている。指導者を養成する高等教育機関においても、学修過程で開講される「体育」の担う役割は非常に重要である。合わせて、将来指導者となる学生らにおいては、着実かつ正確な技能を身に付けるための教育が必要である。

3. 暗黙知学習支援教材の重要性

現状のLSMにおいて、その運用目的は、自己の知識研鑽、授業の予習復習を含む知識補完、あるいは資格試験合格に向けた学習支援、学習状況の管理など多岐に渡り、教材も様々整備されている。本研究の目指す体育実技(ダンス技能)の学習支援教材という点においては、その多くが動画配信という形で行われている。体育実技など、実技系技能の多くは暗黙知とされるものが多く、学習には多大な努力を要する。暗黙知は、一般的に「経験や勘に基づく知識であり、言葉などでの表現が難しいもの」とされる⁴⁾。学生らもその知識獲得が容易では無いことをこれまでの経験から感じ取り、空き時間などを惜しんで自己学習に励む姿を多々目にする。指導者不在となる自己学習の場において行うダンス実技の自己学習において、多くの学生が、Youtubeなどの動画視聴を通じた学習スタイルを取る。

自己学習時に動画を活用するという手段は、今日の教育現場において、よく目にする光景である。学習者である学生らも、自身の持つスマートフォンに動画視聴アプリをインストールし、いつでもどこでも手軽に動画視聴が出来る環境が手元にある。その状況下にあ

るからこそ、ダンス技能の自己学習においては、安易に動画視聴に頼る学生が非常に多い。また、検索するだけで、考えられる欲しい教材が動画配信されており、配信コンテンツの数は日に日に増えている。動画視聴を通じた自己学習も、1つの学習の在り方であり、動画も学習効果を高める教材であると評価すると共に、動画を活用した学習について否定は無い。しかし、「暗黙知」という掴みどころの難しい技能の学習において、動画視聴のみでの学習には不安が残る。技能が発展途上である学習者においては、動画視聴のみに頼る自己学習で正しい技能を学習出来ているか、正しい動きを学習出来ているか、という判断を自ら下す必要があるため、「正確な技能獲得」という面で確かな学習効果を見たときに疑問が拭いきれない。反面、現状で体育実技の自己学習教材において、動画以外の教材となると、その思いつく選択肢はなかなか無い。現在において、ダンスなど体育実技の学習支援教材としては、動画がほぼ唯一の教材ともなっているのである。筆者らは、より着実な実技技能の獲得支援として、動画教材と並行して活用し学習効果を高める新たな暗黙知の学習支援教材開発に挑戦した。

4. 体育実技（ダンス）の学習支援教材

ダンスにおいて重要なことは、音楽に合わせて動作を行うという、リズム取りと動作の2つを満たす必要がある。一方で、学習者のタイプは概ね

- ① リズム取りも動作も両方の学習が必要
- ② リズムは取れないが、動作は出来る
- ③ リズムは取れるが動作の学習が必要

の3つに分かれる。この中で、学習者である学生らのこれまでのダンス技能の自己学習において動画を使う目的は、動作の学習を行うという点であるため、本研究で開発する教材も「③リズムは取れるが動作の学習が必要」の支援を行うことを第一とした。また、実技系技能の学習支援教材は、手取り足取りではなく、学習者自身での反復と試行錯誤、気付きを通しての技能獲得が重要であると考え。筆者らはこの考えを第一として、ダンス実技の学習支援教材開発に取り組んだ。

機材として、図1に示すようにMicrosoft社が開発、発売するKinect v2を採用した。Kinectをはじめ



図1 Kinect v2 センサー



図2 Windows用Kinectアダプター

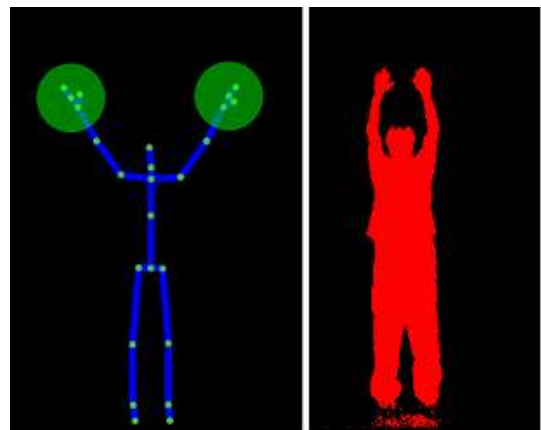


図3 開発教材例

様々あるモーションキャプチャーセンサーの中で、比較的安価に調達が可能であり、学習者の体にセンサーを付ける必要が無い点に着目し選定した。選定した機材であるKinect v2は、Xbox One用のセンサーであるため、Windows上で使用するためにWindows用Kinectアダプターと合わせて使用する(図2参照)。教材開発環境には、Kinect SDKおよびVisual Studio Expressを用いる。学習者の動きを捉え、模範演技と比較し動作の間違った部分を指摘する。間違いの指摘に関しては、先にも示したように、学習者の試行錯誤、気付きを促すため、指摘箇所に円を描く形とした(図3参照)。この教材画面についても、図3に示したものは現状の試作段階のものであり、今後学習効果を高めるユーザインタフェースの検討は必要である。

使用にあたっては、Kinectと接続し、教材を映し出しコントロールするパソコンが必要である。当初はノ



図4 動作に使用するタブレット PC

ートパソコンを使用していたが、持ち運び、機材重量などの不満が学習者より出されたため、タブレットパソコンで使用することとした(図4参照)。しかし、使用するタブレットパソコンのスペックの問題であると推測するが、使用中に動作が不安定になるなどの症状が認められるため、早急な改善が必要である。

5. まとめ

本研究では、幼児教育において重要視される体育実技(ダンス技能)の学習支援システムにおける動画以外の教材の在り方を模索し、動画と並行して活用する暗黙知の教材提案を行った。ダンスなど体育実技は、その多くが「暗黙知」とされるものであり、教科書を使った学習とは違う手段で学習を進める必要がある。また、反復と成功体験を通して知識、技能獲得に繋げるが、自己学習時に「成功した(正しい動作が出来た)」と自信で判断することが困難であり、その成功体験を支援する教材が必要であると考え、本研究に着手した。

本研究で取り扱った教材は、実験段階では目標としたダンス実技の学習支援教材であったが、使用用途として、正確さが求められる人工呼吸手技の学習支援など、他分野への転用とその教育効果が期待出来ると考える。使用機材は、動作キャプチャーセンサーとして比較的安価に入手が可能であり、学習者の体にセンサーを取り付ける必要の無い Kinect v2 を用いた。しかし、Kinect の開発元である Microsoft 社は、Kinect の生産終了をアナウンスした。未だ入手は可能であるが、将来的に他の手段を検討する必要があるため、代替手段を今後検討する必要がある。また、Kinect も機材の大きさとしては決して小さいものではない。現状、学生らの活用するスマートフォンのサイズと比較した

場合、圧倒的にスマートフォンが有意であり、積極的に活用しようとする学習者は少数であった。利用した学生らへのインタビューでは

- ① 持ち運びが大変
 - ② セットアップが大変(面倒である)
 - ③ 使用には電源が必要である(屋外での使用に制限がある)
 - ④ スマートフォンの方が慣れている
- という声が多く聞かれた。特に④スマートフォンの方が慣れている、という話は、これまでスマートフォンでの動画視聴で学習を繰り返してきた学生ならではの意見であろう。今後、本研究で提案する教材を学習者である学生らが積極的に活用しようと思わせるためには、サイズやセットアップの手間などに打ち勝ち、目に見える、実感できる形での学習効果へと繋げていく必要があると考える。そのためには継続した実験、教材改良が不可欠である。

以上のように、目指した教材には、未だ改善の余地、課題が山積している。しかし、実技の学習は動画での学習手段を第一選択として採る現状があり、どの学習者も自己学習の際に苦労を重ねる。高等教育においても、形式知と並行して暗黙知の習得は分野を問わず不可欠なものであり、暗黙知とされる技能の教材の多くが動画視聴に頼る現状に動画以外の選択肢を投げかけた事は意義があったと自負している。

参考文献

- (1) 文部科学省幼児期運動指針策定委員会：“幼児期運動指針”，文部科学省(2012)
- (2) 田中誠一，海老島均，田中陽子，妹尾江里子：“大学体育の果たす役割に関する再考”，成城・経済研究，第195巻，pp.75-92(2012)
- (3) 須賀由紀子：“生涯スポーツと体育科教育”，実践女子大学生生活科学部紀要第49号，pp81-93(2012)
- (4) マイケル・ボラニー，(佐藤敬三訳)：“暗黙知の次元 言語から非言語へ”，紀伊國屋書店(1996)
- (5) 浦尾彰，三輪和久：“動画を用いた組立てスキル学習支援環境の検討”，教育システム情報学会研究報告集 Vol.22, No.3, pp16-21(2007)