

も く じ

■開催日時：2020年1月12日（日）

於：山口大学吉田キャンパス（山口県山口市）

■テーマ：新技術と教育情報を活用した教育学習環境の設計／一般

- 1) 受講生画像からの表情・姿勢推定に基づく学習状態判定機能を備えた遠隔講義システムの開発-----1
○府馬央昂(神奈川工科大学), 鷹野孝典(神奈川工科大学)
- 2) 発話音素列に着目した学習者の発音傾向抽出手法の検討-----9
○齊藤祐希(神奈川工科大学), 上村航平(神奈川工科大学大学院), 鷹野孝典(神奈川工科大学)
- 3) チャットでの質問履歴から推定する習熟度を考慮したプログラミングヒント提示システムの開発-----15
○平野翔也(神奈川工科大学), 鷹野孝典(神奈川工科大学)
- 4) 学びの構成原理に基づく授業デザインと評価方法の提案
ー小学校におけるジグソー法を組み込んだ算数授業を対象とした実践ー-----21
○大崎理乃(産業技術大学院大学), 笠井俊信(岡山大学大学院), 林雄介(広島大学大学院),
益川弘如(聖心女子大学)
- 5) ICT環境のレベルと児童生徒の認知過程との関連研究-----27
○北澤武(東京学芸大学), 黒飛雅樹(八千代市教育センター), 中村めぐみ(つくば市総合教育研究所),
毛利靖(つくば市立みどりの学園義務教育学校), 渡邊茂一(相模原市教育センター),
渡部昭(墨田区教育委員会), 石坂芳実(ICT CONNECT 21), 赤堀侃司(ICT CONNECT 21)
- 6) 自己調整学習を主題とする授業実践における受講者の学習意識の変化-----33
○仲林清(千葉工業大学)
- 7) スマートフォンを使用しながら授業を受けることが学習者に与える影響
ー高等学校理科の科学と人間生活における授業実践ー-----41
○宇宿公紀(東京都立瑞穂農芸高等学校)
- 8) User Experience Considerations in Motivational Design for Sustainable Mobile Learning Usage----45
○Jarmo Seppala(東北大学, アアルト大学), 三石大(東北大学), 大河雄一(東北大学), 趙秀敏(東北大学),
Nieminen Marko(アアルト大学)

- 9) バドミントン競技におけるスポーツ解析への 360 度映像の活用-----51
 ○内田知己(羽衣国際大学), 小田まり子(羽衣国際大学), 喜多努(羽衣国際大学)
- 10) ビジュアルプログラミングツールを用いた AI 学習教材「Scriab(スクライブ)」の開発-----57
 ○竹迫颯人(大阪工業大学大学院)
- 11) 肢体不自由者のための Kinect V2 センサーを用いた自立活動支援アプリケーションの改良-----65
 ○中田青葉(東京工業高等専門学校), 春日源太郎(東京工業高等専門学校), 吉本定伸(東京工業高等専門学校),
 谷本式慶(東京都立八王子東特別支援学校)
- 12) タブレット PC を用いた肢体不自由者向け入力測定アプリケーションの利便性向上-----69
 ○橋本隆弘(東京工業高等専門学校), 吉本定伸(東京工業高等専門学校), 金森克浩(日本福祉大学),
 佐野将大(香川県立高松養護学校)
- 13) 認知機能検査及びトレーニング用 Android アプリケーションの開発 ―グラフの改良―-----73
 ○椎名泰之(東京工業高等専門学校), 小久保奈緒美(東京都健康長寿医療センター),
 吉本定伸(東京工業高等専門学校)
- 14) 写真データを用いた学びの軌跡可視化システムの開発-----77
 ○浦松良治(東京学芸大学), 森本康彦(東京学芸大学)
- 15) Web 調べ学習における課題関連度の提案 ―興味の変移に対応した LOD に基づく指標の算定―-----83
 ○山内拓磨(北陸先端科学技術大学院大学), 太田光一(北陸先端科学技術大学院大学),
 長谷川忍(北陸先端科学技術大学院大学), 柏原昭博(電気通信大学)
- 16) GitHub 利用履歴とアンケート調査に基づくチーム開発活動評価実験-----91
 ○伊藤恵(公立はこだて未来大学), 松原克弥(公立はこだて未来大学), 冨永敦子(公立はこだて未来大学)
- 17) 話しことばチェッカーの開発と実証評価-----99
 ○山下由美子(帝京大学, 公立千歳科学技術大学), 長谷川哲生(公立千歳科学技術大学),
 山川広人(公立千歳科学技術大学), 小松川浩(公立千歳科学技術大学)
- 18) 数学文章題を利用したオンラインジャッジ システム向け問題自動生成手法の提案-----105
 ○関根遼(公立はこだて未来大学大学院), 奥野拓(公立はこだて未来大学), 伊藤恵(公立はこだて未来大学)

19) 手書き入力漢字自動採点システムにおいて適切な点数化を行うための減点の統合方法-----113

○井戸伸彦(岐阜協立大学)

受講生画像からの表情・姿勢推定に基づく 学習状態判定機能を備えた遠隔講義システムの開発

府馬 央昂, 鷹野孝典
神奈川工科大学 情報学部 情報工学科

Development of a Remote Lecture System with a Function of Estimating Student's Learning Condition based on Prediction of Facial Expressions and Postures from Student Learning Images

Hiroaki Fuma, Kosuke Takano
Department of information and Computer Sciences,
Faculty of Information Technology, Kanagawa Institute of Technology

This paper presents a remote learning system with a function of estimating student's learning state based on the prediction of the facial expressions and postures from student learning images. In order to predict the facial expressions and postures from the student learning images, Convolutional Neural Network (CNN) is applied to build a prediction model. Since continuous capturing images of student's face and posture in a classroom would give some stress to the students, we consider setting a video camera away from student positions. However, when a video camera is set away from students, the resolution of captured image of student's face and posture would be lower according to the distance, and it would cause to decrease the recognition accuracy as well. In the experiment, we confirm the feasibility of our system by measuring the recognition accuracy of face and posture according to the distance between students and a camera.

キーワード: 遠隔講義, 学習状態推定, 解像度, 講義者, 受講者, 表情・姿勢推定, CNN

1. はじめに

講義では, 教師が学生の理解具合や集中度を把握し, それに応じて授業を展開することが望ましい。しかし, 大教室で大人数の学生が受講する場合は, 授業中に個々の学生の様子を知ることは困難である。また, Webinar形式の講義を含めた遠隔講義システムの利用も, 授業提供の機会を広めるとともに, 教師の授業負担の軽減できる点で有用であると考えられる。しかし, 遠隔授業では, 受講者の学習状態を把握することは一層困難となる。

本研究では, 受講生画像から, Convolutional Neural

Network (CNN) を用いて個々の学生の表情と姿勢を判定し, 判定された表情と姿勢の組み合わせにより, その学生の学習状態を推定する機能を備えた遠隔講義システムを示す。受講生画像を取得するには, 撮影カメラが必要となる。ただし, 受講生と設置カメラの距離が近いと受講生に緊張感や圧迫感を与えてしまう場合があることと, ノート PC を利用しない授業もあるため, ノート PC に内蔵されるカメラ等ではなく, 講義室の天井に撮影カメラを設置することを想定する。しかし, 設置カメラと受講生の距離が遠くなるほど画像の解像度が低下するため, 画像中の表情や姿勢の認識

精度が低下するという問題が生じる。

このため、本研究では、設置カメラと受講生の距離に応じた表情や姿勢の認識精度の変化を測定し、提案システムの実現可能性を検証する。

2. 関連研究

センサーから取得したデータを対象として機械学習により学習状態を推定することに関する研究がなされている⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾。文献(1)では、聴講者の状態推定課題をパターン認識系と解釈し、機械学習の枠組みで特徴量獲得を行う Convolutional Neural Network (CNN) を用いた聴講者の状態推定システムを提案している。また、文献(2)では、マルチモーダルラーニングアナリティクス(MMLA)を「単一または複数のローレベルインタラクションリソースを用いて認知的領域・情動的領域・技能運動的領域に関する学習支援を行う」ことと捉え、実効性の高い MMLA の実現への課題を示している。また、手塚らは、椅子の座面上部に設置した圧力センサーと机の天板裏側に設置した赤外線距離計測センサーを用いて推定した受講者の状態から、取り組んでいるタスクを推定するシステムを提案している⁽⁴⁾。文献(5)において、鈴木らは、教室内で多数のグループが活動する際の学習同士の協調性を推定し、指導者にフィードバックする一手段として Kinect を用いた動作分析を行い、抽出情報と主観評価との相関傾向および他手段との組合せによる精度向上可能性について考察している。さらに、文献(6)では、人によって体格の違いがある影響により、検出できなかった姿勢・行動を検知するために複数のフォトレジスタを用いる方法について検討した。

e-Learning システムでの受講生の集中度や学習状態などの推定手法についていくつかの研究が見受けられる⁽³⁾⁽⁷⁾。文献(3)では、個人を対象とした e-learning システムで顔の向き情報と上半身姿勢情報を利用して集中度を推定する手法を提案している。また、文献(7)において、安彦らは、一般的なパソコンに容易に設置が可能な Web カメラを用いて、e-Learning システムの受講者の顔画像を取得し、検出した視線情報から教材学習時の注意点を取得・蓄積することで、学習態度を把握するための方式を検討している。

提案システムは、遠隔講義などで講師がその場になくても受講生がどの程度理解や集中しているかといった学習状況を把握できることを目的とする。提案システムは、遠隔授業だけでなく、通常の講義においても利用することができる。例えば、講義で説明しているときに受講生全体の9割が理解できていると判定できるならば、講師が説明したことがきちんと伝わっているとみなすことができる。

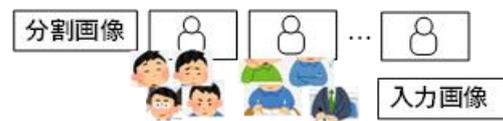
また、撮影カメラは受講生との距離を置いて設置することを想定するため、受講生は撮影されているという圧迫感や緊張感を受けずに講義に取り組める。演習時間のような場合においても学習状況を把握することにより、全体として演習が円滑に進んでいるかなどを確認できるため演習指導の効率が向上すると期待される。

3. 提案システム

[Step1]:カメラ認識



[Step2]: 表情姿勢画像分割



[Step3]: CNN認識モデル



[Step4]: 学習状態判定

受講者	表情	姿勢	学習状況
受講者1	無表情	頬杖	何か考えている
受講者2	無表情	勉強姿勢	集中してる

[Step5]: 講義者へ提示

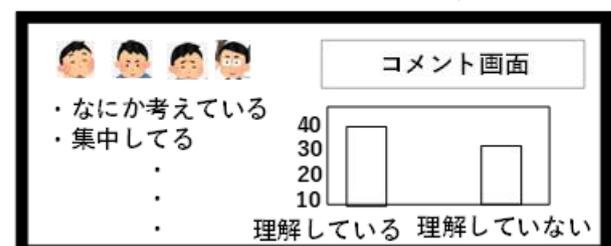


図 1 提案システムの概要図

図 1 に提案システムの概要図を示す。提案システムでは、受講生画像から個々の学生の表情と姿勢を判定し、判定された表情と姿勢の組み合わせにより、その学生の学習状態を推定し、講義者に提示する。実行手順を下記に示す。

Step-1: 天井などの設置カメラから、教室内の受講生の学習状況を撮影する。

Step-2: 撮影したカメラ動画を n 枚の画像に変換し、画像において表情と姿勢を認識する。表情と姿勢と認識された画像領域を矩形画像として切り取る。

Step-3: Step-2 で切り取った表情と姿勢の矩形画像を Convolutional Neural Network(CNN)等で構築した判定モデルにより表情と姿勢の状態を推定する。

Step-4: Step-3 で推定した結果から受講生の学習状態を推定する。

Step-5: Step4 で推定した個々の受講生の学習状態に基づき、教室全体における受講者の理解度や集中度を講義者に提示する

4. 実験システム

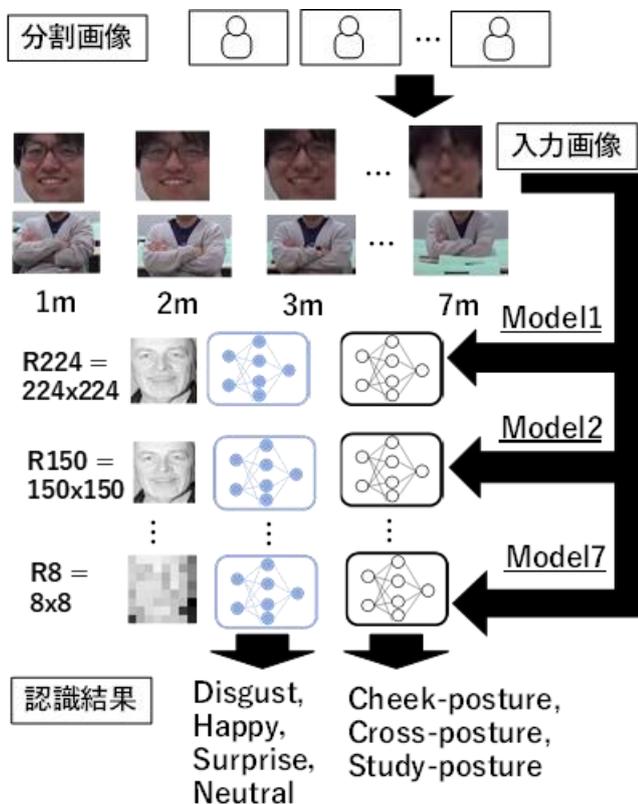


図 2 実験システムの概要図

実験システムとして、(1) 受講生画像から表情と姿勢を抽出する機能、および(2) CNN を用いて表情と姿

勢の内容を推定する機能を実装した。

受講生画像から表情と姿勢を抽出する手順を下記に示す。

Step-1: 画像から顔認識により、顔の抽出領域座標を取得する。ここで、顔認識には Face Recognition⁽¹¹⁾ と OpenCV⁽¹²⁾ の顔カスケード分類器を用いた。

Step-2: 顔の抽出領域座標をもとに姿勢の座標を決定し、姿勢の抽出領域座標を取得し、それぞれの抽出領域を切り取る。切り取った画像の例を、5章の図 4 に示す。

また、CNN を用いた表情と姿勢の判定手順を下記に示す。

Step-3: 上記 Step-2 の表情・姿勢画像をグレースケール化、および 224x224 にリサイズする。

Step-4: 表情画像を表情判定モデル、姿勢画像を姿勢判定モデルに指定された解像度 r で入力する。

Step-5: Step-4 で判定結果を提示する。

Step-4 において、切り取った顔・姿勢画像から表情と姿勢判定を行うために、CNN を適用して表情判定モデルおよび姿勢判定モデルを構築した。事前学習済み CNN モデルとして xception を用いた。また、転移学習用画像データとして、Helem dataset⁽⁸⁾ および Dfhq dataset⁽⁹⁾ を用いた。さらに、crawler⁽¹⁰⁾ や Google Images, Bing Images, Baidu Images などの画像検索エンジンを利用して独自に画像収集した。また、独自で撮影した画像も収集した。

CNN の判定モデルは、設置カメラと受講生の距離に応じた表情や姿勢の認識精度の変化を測定するために、7 種類の解像度(224x224, 150x150, 128x128, 64x64, 32x32, 16x16, 8x8)の画像でファインチューニングした 7 つの判定モデルを作成した。判定モデルの作成方法を下記に示す。

Step-1: 上記の Step-1~Step-3 の要領で、顔画像と姿勢画像を切り取る。

Step-2: 画像の色をグレースケール化し、画像サイズを 224x224 にリサイズする。

Step-3: 224x224 サイズの画像から 7 種類の画像サイズにそれぞれリサイズして画像を荒くする。7 種類の画像の例を表 1 に示す。

Step-5: 表情や姿勢の分類ラベルは手作業で付与する。

表情と姿勢の分類ラベルをそれぞれ表 2 と表 3 に示す。Step-6: Step-5 から Step-6 の画像データおよび分類ラベルを用いて、7 種類の解像度(224x224, 150x150, 128x128, 64x64, 32x32, 16x16, 8x8)に対応した 7 つの判定モデルを作成する。

表 1 7 種類の解像度例

解像度	表情	姿勢	解像度	表情	姿勢
224x224 (R244)			150x150 (R150)		
128x128 (R128)			64x64 (64x64)		
32x32 (R32)			16x16 (R16)		
8x8 (R8)			/		

表 2 切り取った顔画像とラベル例

Disgust	Happy	Neutral	Surprise

表 3 切り取った姿勢画像とラベル例

Cheek-posture	Cross-posture	Study-posture

5. 実験

設置カメラと受講生の距離に応じた表情や姿勢の認識精度の変化を測定し、提案システムの実現可能性を検証する。

5.1 実験環境

表 4 に示す撮影環境で、動画を撮影した (図 3) 。動画から画像に変換するために 1 秒間に 30 枚を変換した。これらの画像は、4 章で示した 7 種類の解像度画像に対応した CNN による判定モデルの学習画像データとテスト画像データの一部として用いる。なお、表情は Neutral, Disgust, Happy, Surprise の 4 種類、姿勢は頬杖、腕組、勉強姿勢の 3 種類の画像に分類さ

れる。また、判定モデルは(i) Disgust と Neutral の表情判定モデル、(ii) Surprise と Neutral の表情判定モデル、(iii) Happy と Neutral の表情判定モデル、(vi) 頬杖、腕組、勉強姿勢の姿勢判定モデルの 4 種類の判定種別ごとに構築した。実験に用いた画像データ数を表 5, 6 に示す。



図 3 撮影画像の例



図 4 表情・姿勢画像を切り取った例

表 4 撮影環境

	概要
距離	1-7m (1m 間隔で 7 地点)
被験者	10 人
撮影時人数	1-2 人
撮影解像度	(a) 1920x1080, (b) 1280x720

表 5 表情・姿勢判定モデルの学習枚数

モデル種類	表情・姿勢種類	学習用
表情判定モデル(i)	Disgust	1595 枚
	Neutral	2024 枚
表情判定モデル(ii)	Happy	8612 枚
	Neutral	8545 枚
表情判定モデル(iii)	Neutral	2055 枚
	Surprise	2024 枚
姿勢判定モデル(iv)	頬杖	10285 枚
	腕組	10413 枚
	勉強姿勢	10433 枚

表 6 実験データ数

		解像度(a)	解像度(b)
テスト	表情	2800 枚 (= 4 種類 x 100 枚 x 7 地点)	2800 枚 (= 4 種類 x 100 枚 x 7 地点)
	姿勢	2100 枚 (= 3 種類 x 100 枚 x 7 地点)	2100 枚 (= 3 種類 x 100 枚 x 7 地点)

5.2 実験方法

カメラから 1~7m 離れた 7 地点で撮影した画像を用いて、解像度ごとに構築した 7 つの判定モデルによる認識精度の変化を比較・考察する。

5.3 実験結果

(A) 表情判定モデル(i)

表情判定モデル(i)を用いた場合の表情認識の判定精度結果を図 6~9 に示す。図 7, 図 9 の結果から、解像度の一番高い R224 では、「Neutral」の判定において、設置カメラと被験者との距離が遠くなるに従い、認識精度が低下する傾向が見られた。しかし、図 6, 図 8 の結果から、「Disgust」の判定においては、「Neutral」とは逆に、カメラと被験者との距離が遠くなるに従い、認識精度が向上する傾向が見られた。図 6~図 9 から解像度(a)と(b)の違いによる表情認識精度を比較すると、「Neutral」では解像度(a)が、「Disgust」では解像度(b)の方が、認識精度が高くなる結果であった。また図 6 の結果から、R64 では、設置カメラと被験者の距離が遠くなるに従い、認識精度が向上する結果となった。

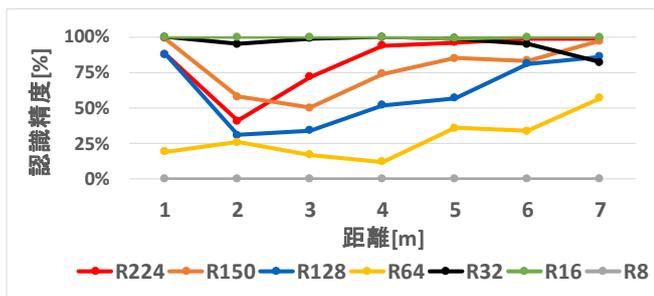


図 6 解像度(a)画像の認識精度(Disgust)

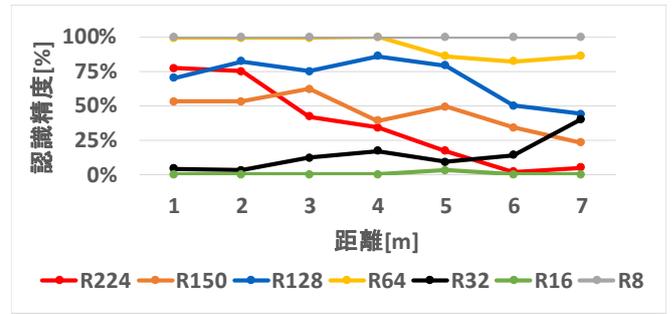


図 7 解像度(a)画像の認識精度(Neutral)

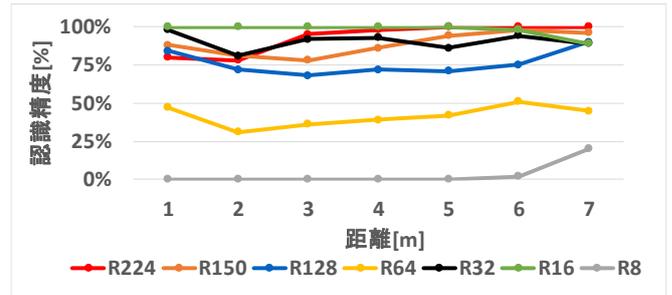


図 8 解像度(b)画像の認識精度(Disgust)

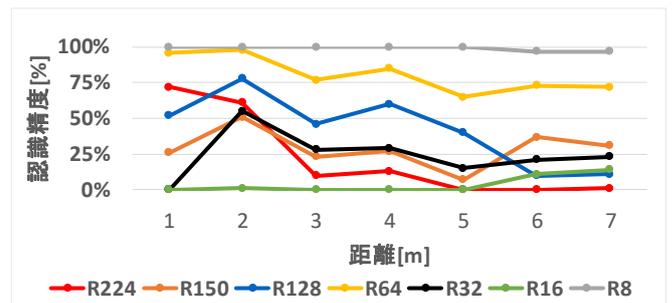


図 9 解像度(b)画像の認識精度(Neutral)

(B) 表情判定モデル(ii)

表情判定モデル(ii)を用いた場合の表情認識の判定精度結果を図 10~13 に示す。図 11, 図 13 の結果から、R224 では「Neutral」の判定において、設置カメラと被験者との距離が遠くなるに従い、表情認識精度が低下する傾向が見られた。しかし、図 10, 図 13 の結果から、「Happy」の判定においては、「Neutral」とは逆に、カメラと被験者との距離が遠くなるに従い、認識精度が向上する傾向が見られた。図 10~図 13 から解像度(a)と(b)の違いによる表情認識精度を比較すると、「Neutral」では解像度(a)が、「Happy」では解像度(b)の方が、認識精度が高くなる結果であった。また図 13 の結果から、R16 では、設置カメラと被験者との距離が遠くなるに従い、表情認識精度が向上する傾向が見られた。

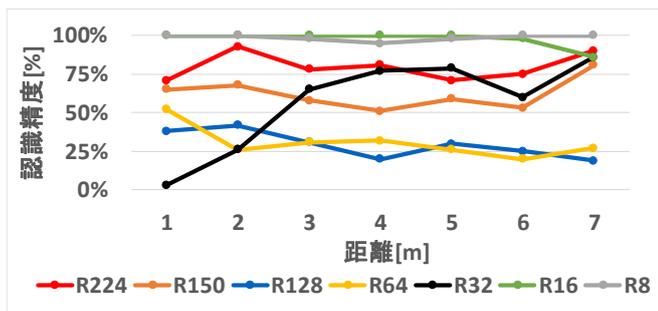


図 10 解像度(a)画像の認識精度(Happy)

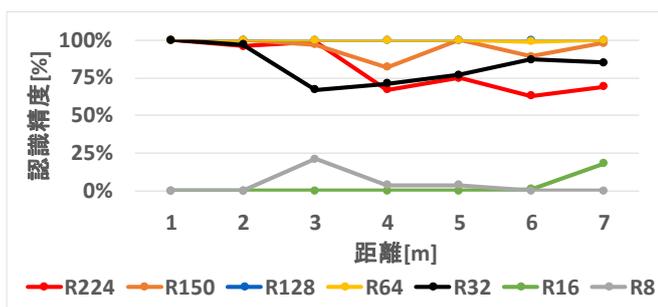


図 11 解像度(a)画像の認識精度(Neutral)

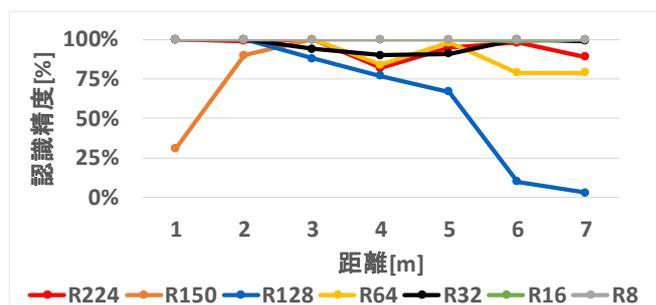


図 14 解像度(a)画像の認識精度(Neutral)

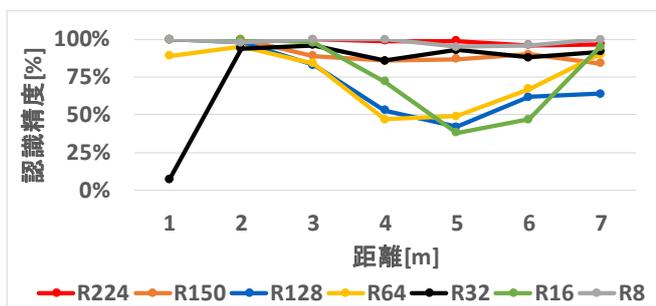


図 12 解像度(b)画像の認識精度(Happy)

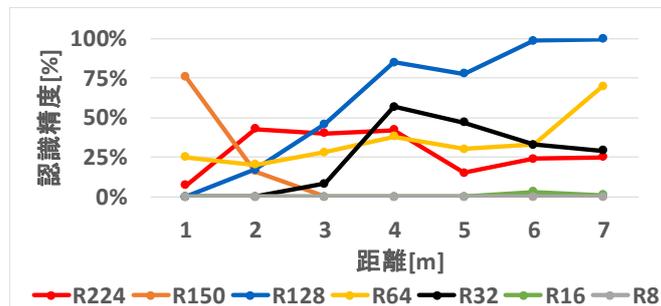


図 15 解像度(a)画像の認識精度(Surprise)

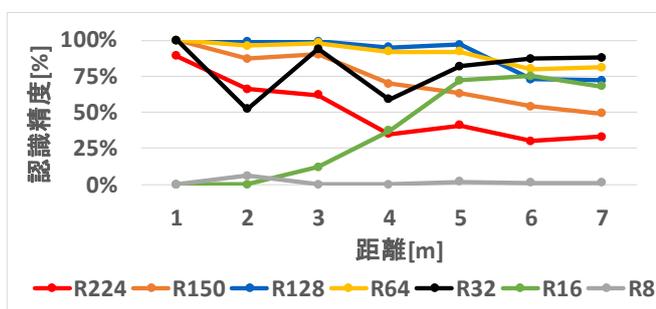


図 13 解像度(b)画像の認識精度(Neutral)

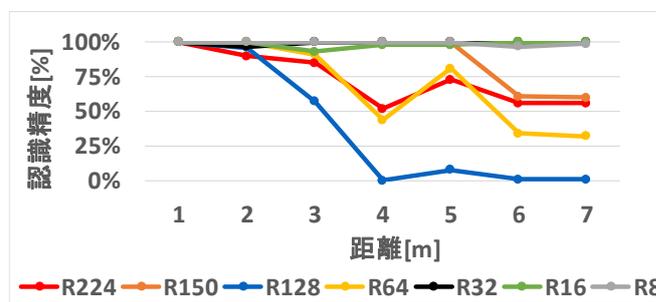


図 16 解像度(b)画像の認識精度(Neutral)

(C) 表情判定モデル(iii)

表情判定モデル(iii)を用いた場合の表情認識の判定精度結果を図 14~17 に示す. 図 16 の結果から R224 では解像度(b)画像の「Neutral」判定において, 設置カメラと被験者との距離が遠くなるに従い, 表情認識精

度が低下する傾向が見られた. しかし, 図 15, 図 17 の結果から, 「Surprise」の判定においては, 「Neutral」とは逆に, カメラと被験者との距離が遠くなるに従い, 認識精度が向上する傾向が見られた. 図 14~図 17 から解像度(a)と(b)の違いによる表情認識精度を比較すると, 「Neutral」では解像度(a)が, 「Surprise」では解像度(b)の方が, 認識精度が高くなる結果であった. また図 15, 図 17 の結果から, R64,R128 では, 設置カメラと被験者との距離が遠くなるに従い, 認識精度が向上する傾向が見られた.

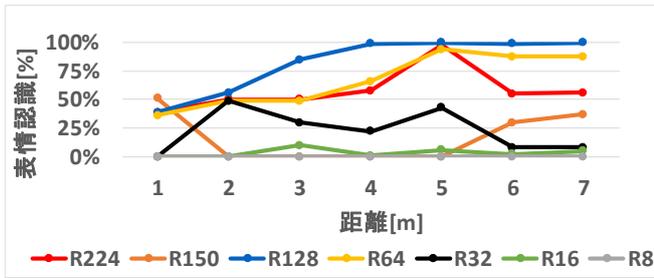


図 17 解像度(b)画像の認識精度(Surprise)

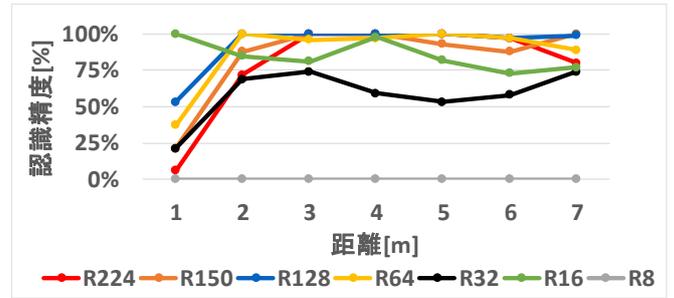


図 20 解像度(a)画像の認識精度(Study-posture)

(D) 姿勢判定モデル(iv)

姿勢判定モデル(iv)を用いた場合の姿勢認識の判定精度結果を図 18~23 に示す. 図 22 の結果から, R224 では解像度(b)画像の「Cross-posture」判定において, 設置カメラと被験者との距離が遠くなるに従い, 表情認識精度が低下する傾向が見られた. 図 18, 図 21-23 の結果から, R16,R8 以外のモデルにおける認識精度に変化は見られなかった. また, 図 19, 図 22 から解像度(a), (b)を比較すると, 解像度(b)の方が, 認識精度が高くなる結果となった

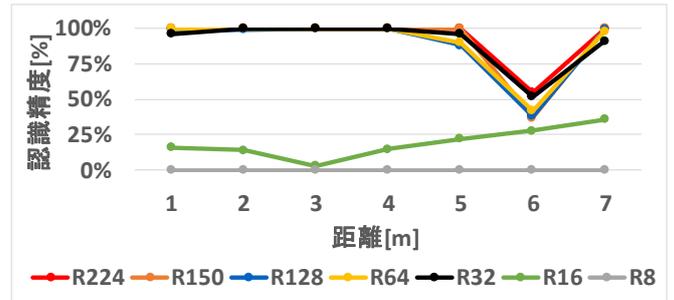


図 21 解像度(b)画像の認識精度(Cheek-posture)

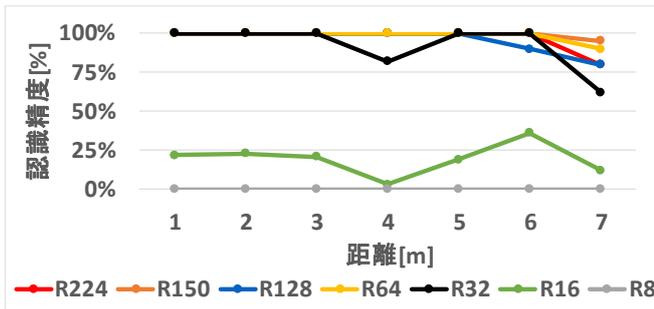


図 18 解像度(a)画像の認識精度(Cheek-posture)

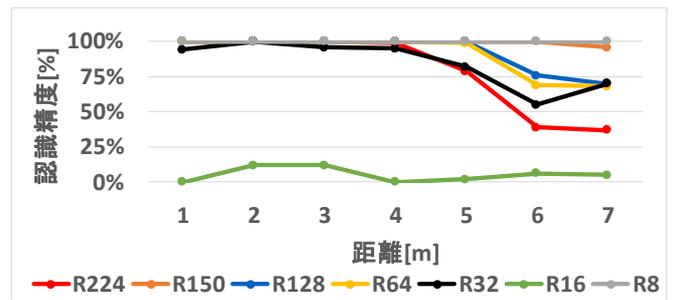


図 22 解像度(b)画像の認識精度(Cross-posture)

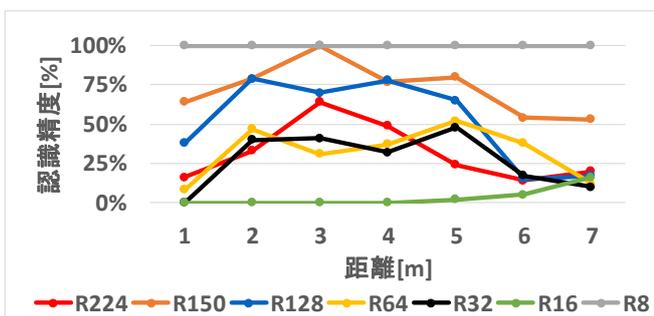


図 19 解像度(a)画像の認識精度(Cross-posture)

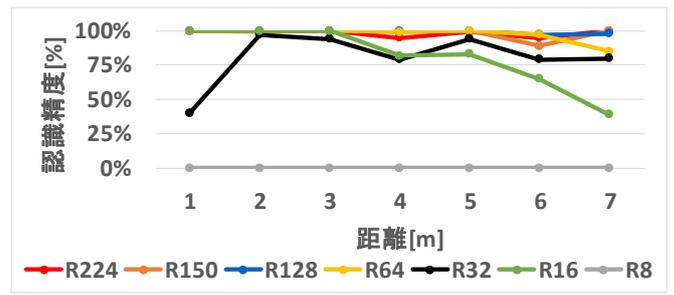


図 23 解像度(b)画像の認識精度(Study-posture)

[考察]

実験結果から, 構築した CNN モデルは解像度が(a), (b)で撮影したときの解像度に適応可能であると考えられる. 姿勢判定の結果から解像度(a), (b)において認識精度の差があまり見られなかった結果から, 画像枚数が多い場合には高い認識精度で解像度(a), (b)で認識できると考えらえる. R8, R16, R32 の認識精度が不安定になった原因として撮影した解像度とそ

それぞれの CNN モデルの解像度が適応しなかった可能性が考えられる。

6. まとめ

本研究では、受講生画像中の表情と姿勢を CNN を適用した判定モデルを用いて分類し、表情と姿勢の組み合わせから学習状態を推定して受講生全体の理解度として提示する機能を備えた遠隔講義システムを提案した。実験結果から、画像の解像度が 64x64 ピクセル～224x224 ピクセルであれば 1-7m の距離で撮影した場合において表情と姿勢の推定が可能であることが確認できた。また、表情と姿勢を推定することができたことから、表情と姿勢推定の組み合わせによって学習状態も推定できることが分かった。これらの実験結果から、受講生全体の理解度や集中度を判定することができる見込みを得ることができた。

現時点では、動画像中の受講生の表情・姿勢を時系列データとして捉えてないため、今後の課題として、時間変化を考慮した表情・姿勢判定を行うことが必要だと考えられる。また、構築した判定モデルでは、表情・姿勢の認識パターン数がともに数種類程度にとどまっているため、より多くのパターンの表情・姿勢を認識可能な判定モデルを構築していく予定である。

参 考 文 献

- (1) 島田大樹, 彌富仁: “畳み込みニューラルネットワークを使った授業映像中の聴講者の状態推定システムの構築と特徴量獲得に関する検討”, 知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌), Vol.29, No.1, pp.517-526 (2017)
- (2) 松居辰則: “マルチモーダルラーニングアナリティクス”, 情報処理, Vol.59, No.9, pp.810-814 (2018)
- (3) 立花優斗, 今井順一: “e-learning 学習者の上半身姿勢情報を利用し集中推定”, FIT2016 第 15 回情報科学技術フォーラム, N-018, pp.329-330(2016)
- (4) 手塚太郎, 清野悠希, 古谷遼平, 佐藤哲司: “姿勢計測による e-learning 受講者の行動推定”, 知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌), Vol.28, No.6, pp.952-962(2016)
- (5) 鈴木雅実, 張諾, 木村寛明, 高木正則: “学習者の行動分析に基づく協働学習支援に向けて-Kinect を用いた協調性の判定-”, 第 30 回全国大会(2016), 2D3-2
- (6) 森章汰, 佐々木皓平, 高瀬治彦, 川中普晴, 北英彦:

“複数のフォトレジスタを用いた講義中の学生の行動推定の試み”, 2019 PC Conference

- (7) 安彦智史, 池辺正典, 丸山広, 長谷川大: “PC 内蔵カメラを用いた学習態度把握方式の検討”, 情報教育シンポジウム 2015 論文集, pp.103-108(2015-08-10)
- (8) Helen-dataset,
<http://www.ifp.illinois.edu/~vuongle2/helen/>
- (9) ffhq-dataset,
<https://github.com/NVlabs/ffhq-dataset>
- (10) icrawler,
<https://pypi.org/project/icrawler/>
- (11) face_recognition,
https://github.com/ageitgey/face_recognition
- (12) OpenCV,
<https://opencv.org>
- (13) Keras
<https://keras.io/ja/>

発話音素列に着目した学習者の 発音傾向抽出手法の検討

齊藤 祐希^{*1}, 上村 航平^{*2}, 鷹野 孝典 教授^{*1}

^{*1} 神奈川工科大学 情報学部 情報工学科,

^{*2} 神奈川工科大学 大学院 工学研究科 情報工学専攻

An Method of Extracting Learner's Pronunciation Tendency Based on Spoken Phoneme Sequences

Yuki Saito ^{*1}, Kohei Kamimura ^{*2}, Kosuke Takano ^{*1}

^{*1} Department of Information and Computer Sciences, Faculty of Information Technology, Kanagawa Institute of Technology

^{*2} Graduate School of Engineering, Kanagawa Institute of Technology
Course of Information and Computer Sciences

This study presents a method to extract the pronunciation tendency of a learner from the learner's pronunciation history. The proposed method converts a spoken word into a phoneme sequence and, by comparing it with the correct pronunciation, extract the wrong pronunciation pattern as the pronunciation tendency, when the frequency of the wrong pronunciation pattern is high. The extracted pronunciation tendency can be applied to the support of pronunciation practice for an individual learner, for example, by incorporating it into a pronunciation practice system. In the experiment, we confirm the feasibility of the proposed method.

キーワード: 英語, 発音傾向, 英語発音, 発話音素列, 抽出手法, 発音学習

1. はじめに

日本の英語教育の傾向が読み書きに重点を置いていることや日本語と英語との音響的違いから、英語発音を苦手とする日本人は依然として多い。そのため学習者毎に異なる発音の傾向(癖)を認識することは英語の発音能力の向上に有効だと考えられる。

本研究では、ある発音を意図して、別の音素に発音誤りしてしまう頻度が高いものを発音傾向として捉え、英単語の発音履歴から学習者の発音傾向を抽出する手法を提案する。本手法は、英単語の発話音声を音素列に変換し、正解音素列との比較から、ある音素列に対して異なった発音をする頻度が高い場合に、その音素列の組を発音傾向として抽出する。抽出した発音傾向は、発音練習システムなどに組み込むことで、学習者

毎の発音練習支援に応用できる。実験では実験者の発話データを用いて提案手法の実現可能性を確認する。

2. 関連研究

英語発音学習支援を目的とした学習システムや学習手法に関する研究が多くなされている。

野村らは、Moodleを用いて、学習者は授業時間以外でも本システムを利用して発音の学習や練習を行うことができ、指導者は学習者の学習履歴を把握しながら効率的に学習管理を行うことが可能である英語発音指導システムを構築した⁽⁴⁾。文献⁽⁵⁾や⁽⁶⁾では、強勢音節検出における各特徴量の確率密度スコアに対する「重み」を変動させ、最高検出率を呈する重みを話者の「発音上の癖」ととらえる分析法や、従来の英語発

音指導法の問題点を解決する手段として「Praatを用いた発音指導システム」が提案されている。さらに文献(7)において、大崎らは、日本人英語の特徴的な誤りに着目し、日本人英語+日本人日本語マルチパス置換モデルの導入及びスペルに依存させた状態共有を導入することで、日本人英語の音声認識性能の向上を検討した。

3. 提案手法

3.1 概要

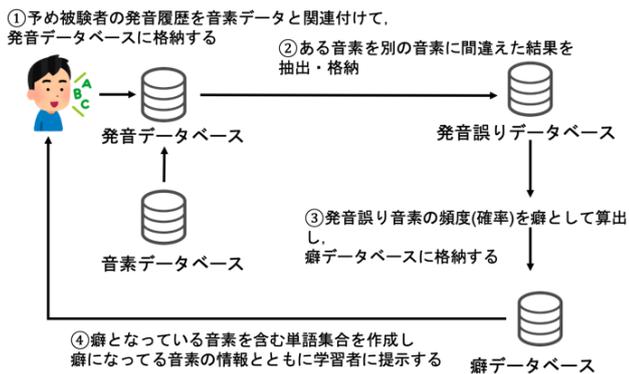


図 1 提案手法の概要

提案手法では、学習者の発音音声から苦手な発音の傾向を抽出する(図1)。以下に、実行手順を示す。

Step-1: [発話音声の抽出] 学習者は、総計 n 語の英単語を発音する。

Step-2: [発音音声に対する音素列の作成] Step-1 の発音音声から、発音音素列 p を作成する。発音音素列の作成には、音声認識の手法を利用し、認識された英単語の音素列を抽出する。

Step-3: [正解音素列との比較] 正解となる音素列 c と発音された音素列 p を比較する。両者が異なる場合に、正解音素と発音を誤った音素の組み合わせを抽出する。抽出する音素は、発音誤り音素を基準に $1 \sim k$ 個の音素列として抽出する。

Step-4: [発音傾向の抽出] Step-3 で抽出した音素の組み合わせの出現頻度を算出し、学習者毎にその出現頻度の高いものを発音傾向として抽出する。

3.2 提案手法を用いた学習ツールの提案



図 2 苦手発音単語練習システムの設計画面

提案手法を適用した発音学習ツールの設計(図2)について述べる。本発音学習ツールの特徴は、提案手法で抽出した発音傾向から、学習者の苦手な発音を含む英単語群を抽出し、学習者に提示する点にある。学習者は、ある音素について発音を間違いやすいというだけでなく、どのように間違えたかを意識しながら発音することで、発音間違いを減らし、結果的に発音傾向の改善にもつながると考えられる。その際、口の動きや舌の動きを明確に意識することで、より効果的な発音学習が可能となる。

3.3 授業等での利用

上記の発音学習システムにより、学習者個人が自分の発音傾向を把握しながら、自分のペースで学習することができる。一方、提案手法は、授業などに取り入れることで、受講者の発音傾向を分析し、発話者の発音傾向の特徴が分析できる。分析結果を、発音確認テストなどで使用し、そのデータを元に発音練習方針の作成も可能である。

4. 実験

提案手法により、学習者の発音音素列と正解音素列の差分から、学習者の発音傾向を抽出可能であることを確認する。

4.1 実験環境

表1に示す被験者5名に1124語[1]の英単語を発音してもらい、発音履歴データを発音傾向の抽出に用いる。また、録音は独自に開発した録音システムを用いる(図3)

表 1 被験者情報

被験者 ID	性別	所属
A	男性	大学院生
B	男性	大学院生
C	男性	大学生
D	男性	大学生
E	男性	大学生

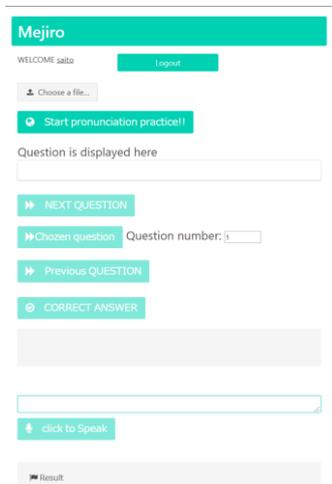


図 3 録音システム

4.2 実験方法

被験者に文献[1]から選定した 1124 語の英語を発音してもらい、発話された音声を Google speech API[2]を用いて既存の英単語に変換し、weblio 英和辞典・和訳辞典[3]から対応する英単語の音素列を関連付ける。その後、正解音素列と発話された音素列を比較し、誤った発音の組み合わせを抽出し、出現頻度を算出する。出現頻度が高いものを被験者の発音傾向とする。抽出する音素列の長さは 1~3 とし、それぞれ 1-gram, 2-gram, 3-gram のように表記する。

4.3 実験結果

表 2~4 に、被験者 A, B の, n-gram 音素列 (n=1~3) 毎に算出した発音傾向のうち上位 10 件を示す。なお空白の結果は“-”と表記した。他の被験者 C~E についても同様に発音傾向を得ることができた。

これらの発音傾向から、被験者 A~E について特有であった発音傾向を抽出した結果を、表 5~9 に示す。また、表 10, 11 に共通 (被験者の過半数以上) であった発音傾向を抽出した結果を示す。

まず、表 5~9 の結果から、被験者ごとに間違いやすい特有の発音傾向があることがわかる。例えば、被験者 A は[lou]の発音を[rou]と発音する頻度が高く、他の

被験者には同様の誤りが見られないことから、被験者に特有の発音傾向と言える。

一方、表 10, 11 の結果から、1-gram と 2-gram について、各被験者に共通して見られる発音傾向があることが確認できる。例えば、1-gram の場合では、全員が [a]を[α]と発音したり、[i]を[i]と発音したりする傾向がある。また、表 11 の結果より、[i]を[e]と発音する傾向については特に前に[r]の音がある場合に間違いやすく、[ri]を[re]と発音する傾向が過半数以上の被験者に見られることが確認できた。

以上の結果より、提案手法により、学習者の発音音素列と正解音素列の差分から、学習者の発音傾向を抽出可能であることが確認できた。

表 2 A, B の発音傾向(1-gram)

順位	A			B		
	正解	発音	頻度	正解	発音	頻度
1	ɪ	i	64	ɪ	i	67
2	l	r	41	a	α	46
3	a	α	39	e	α	25
4	ɪ	e	26	ɪ	e	23
5	e	æ	18	e	æ	22
6	ɪ	ə	15	ɪ	ə	18
7	α	α	15	-	d	18
8	r	l	14	ə	r	15
9	ə	ɪ	10	ɔ	α	14
10	s	-	10	-	p	14

表 3 A, B の発音傾向(2-gram)

順位	A			B		
	正解	発音	頻度	正解	発音	頻度
1	aɪ	ɑɪ	17	aɪ	ɑɪ	18
2	ɪ:	i:	12	eɪ	ɑɪ	13
3	li	ri	9	-r	pr	13
4	st	-t	7	rɪ	ri	12
5	dɪ	dɪ	6	ɪ:	i:	9
6	rɪ	re	6	en	æɪ	8
7	rɪ	ri	6	ɪz	is	7
8	en	æɪ	5	ɪn	en	7
9	eɪ	aɪ	5	nt	nd	7
10	rɪ	eɪ	5	ɪs	is	6

表 4 A, B の発音傾向(3-gram)

順位	A			B		
	正解	発音	頻度	正解	発音	頻度
1	li-	ri-	18	--i	ndɪ	12
2	--s	---	13	---	ʌnd	11
3	-st	--t	13	--i	fai	10
4	-pa	-pɑ	9	-in	am	10
5	--r	--d	9	end	ænd	8
6	ai-	ɑi-	8	eɪt	ɑɪt	7
7	loo	roo	7	i:t	i:t	7
8	-di	-di	7	-ri	prə	7
9	--i	--i	7	-kɑ	-kɑ	6
10	-in	-in	7	--d	ʌnd	6

表 5 特有の発音傾向(A, B)

gram	A			B		
	正解	発音	頻度	正解	発音	頻度
1-gram	r	l	14	-	d	18
	s	-	10	-	p	14
				ɔ	ɑ	14
2-gram	st	-t	7	r	pr	13
	dɪ	di	6	ɪn	en	7
	eɪ	ai	5	ɪz	ɪs	7
3-gram	loo	roo	7	--i	ndɪ	12
	ntɪ	nti	6	---	ʌnd	11
	spe	spæ	6	-ri	prə	7

表 6 特有の発音傾向(C, D)

gram	C			D		
	正解	発音	頻度	正解	発音	頻度
1-gram	r	e	11	æ	ʌ	21
				e	d	20
				e	ɪ	22
2-gram	ɪk	ek	6	rɪ	dɪ	24
	ɪ	ɪt	5	eɪ	dɪ	16
	ɪz	ɪt	5	nt	nd	14
3-gram	-mɪ	meɪ	6	-rɪ	ndɪ	20
	r:l	eɪl	6	--r	ʌnd	18
	ɪkt	ekt	6		ndɪ	15

表 7 特有の発音傾向(E)

gram	E		
	正解	発音	頻度
1-gram	:	ɪ	15
	ə	æ	13
	ə	e	12
2-gram	ɪk	æk	7
	ɪn	ɪn	7
	nd	nt	7
3-gram	r:t	eɪt	8
	ɪkt	ækt	8
	rɪ:	eɪt	8

表 10 共通発音傾向 (1-gram)

正解	発音	人数	被験者 ID
e	ɑ	3	B,C,E
ɪ	ə	3	A,B,C
e	æ	4	A,B,C,E
ɪ	e	4	A,B,C,E
l	r	4	A,C,D,E
a	ɑ	5	A,B,C,D,E,
ɪ	i	5	A,B,C,D,E,

表 11 共通発音傾向 (2-gram)

正解	発音	人数	被験者 ID
eɪ	ɑɪ	3	B,C,E
en	æn	3	A,B,E
rɪ	eɪ	3	A,C,E
rɪ	re	3	A,C,E
r:	i:	4	A,B,C,D
aɪ	ɑɪ	5	A,B,C,D,E

5. まとめ

本研究では、ある発音を意図して、別の音素に発音誤りしてしまう頻度が高いものを発音傾向として捉え、学習者の英単語の発音履歴から学習者の発音傾向を抽出する手法を提案した。また実験により、提案手法を用いて、学習者の発音傾向を算出し、さらに学習者間で共通の発音傾向や、学習者ごとに特有の発音傾向が抽出できることを確認した。

今後の課題として、提案手法に基づいた発音練習システムを実装し、提案手法により抽出した発音傾向が、学習者の苦手発音の改善に有効であるかを、実証実験により評価していく予定である。

参 考 文 献

- (1) 加藤草平, ロス・タロック, 中村信子, 工藤郁子, 石橋敦子, “TOEIC®L&R テスト 基本単語帳”, 2018
- (2) Web Speech API
https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/API/Web_Speech_API(2019年12月5日確認)
- (3) Weblio 辞書 英和辞典・和英辞典
<https://ejje.weblio.jp/>(2019年12月5日確認)
- (4) 野村尚美, 平塚紘一郎: e-Learning を用いた英語発音指導システム, 仁愛女子短期大学研究紀要, Vol.10, No47, pp17-21 (2015)
- (5) 峯松信明, 藤澤友紀子, 中川聖一: 英単語発音上の癖の自動推定・視覚化とそれに基づく発音能力の韻律的評定, 電子情報通信学会論文誌 D Vol.J83-D2 No.2 pp.486-499(2000)
- (6) 峯松信明, 藤澤友紀子, 中川聖一: 英単語音声の強勢音節検出における HMM と DP マッチングの比較 音声言語情報処理 29-3 (1999)
- (7) 大崎功一, 峯松信明, 広瀬啓吉: 日本人英語発音に観測される発音上の癖を考慮した音声認識, 電子情報通信学会技術研究報告 SP,102(749),7-12,(2003)

チャットでの質問履歴から推定する習熟度を考慮した プログラミングヒント提示システムの開発

平野 翔也, 鷹野 孝典
神奈川工科大学 情報学部 情報工学科

Development of a Programming Hint Presentation System according to Learner's Proficiency Estimated from Question History by Chat

Shoya Hirano, Kosuke Takano
Department of Information and Computer Sciences,
Faculty of Information Technology, Kanagawa Institute of Technology

This study presents a hint information presentation system for supporting the programming learning according to the learner's proficiency. The chat function is incorporated into our system, and a learner can get the knowledge of programming through communications with a teacher in addition to the hint information of programming that the proposed system provides. The feature of our system is to estimate the proficiency level of programming for each learner from the history of questions by chatting with the teacher, and provide the hint information according to the learner's understanding level. In the experiment of classifying a set of questions into some groups according to the understanding level, we confirm the feasibility of the proposed system.

キーワード: プログラミング言語教育, プログラミング学習, 習熟度推定, 学習チャット

1. はじめに

マルチメディアや Web 技術の進展により, オンラインで海外や遠方の教育機関の講義を受講できる MOOC (Massive Open Online Course) ⁽⁸⁾⁽⁹⁾ が普及し, 多くの受講者を獲得している. また, スマートフォンやタブレットで学習できる音や視覚効果に富んだ学習教材も数多く存在し, 個人学習や授業の補助教材として活用されている. このように, 教育形態も多種多様に変化してきおり, 学習者のレベルに応じた学習方法や指導方法の需要が高まっている.

例えば, MOOC では, ビデオ講義の中で問題や疑問に対するヒントを提示し, 問題を解くための過程を考える機会を作ることで, 更なる学習効果の向上が見込められると思われる. しかし, MOOC では受講生数が大規

模であるため, 個々の学生のレベルに応じた回答やヒントを与えることは困難である. また, 学習者が個人学習をする場合において, 適切なレベルの解説やヒントが提供されないと学習が滞ってしまう可能性がある. 一方, プログラミング教育では, 例題となるサンプルプログラムや解説をヒントとしながら, 学生に演習させる機会が多い. この際, プログラミング学習者の習熟度が推定できれば, その人の学力レベルに合ったヒントの提示を行えると考えられる. 既存の手法では, 学習履歴や成績から学習者の習熟度を推定することが多い. しかし学習履歴や成績だけでは, 例えば, 新しく別のプログラミング言語を学び始めた学習者の, 対象となるプログラミング言語の習熟度を推定することは困難な場合がある.

本研究では, プログラミング学習において, 教師と

のチャットを通じた質疑応答が可能な、プログラミング学習支援システムを提案する。システムの特徴は、チャットでの質問履歴から学習者のプログラミング習熟度を推定し、学習者のレベルに応じたプログラミングに関するヒント情報を提示する点にある。実験では質問文の習熟度ごとの分類精度を検証し、提案システムの実現可能性を検証する。

2. 関連研究

チャットでの自動応答やチャットを利用したプログラミング学習に関して多くの研究がなされている(1)(2)(3)。文献(1)では、ペアプログラミングにおいてテキスト対話を用いた教育手法を提案しており、対話(チャット)の頻度はコーディングやエラーの修正時間に影響すると報告している。安川らは、チャットでの学生の発言について人が対応すべきか、ボットでの対応で十分かを機械学習により判定する手法の考案と性能評価を行った(2)。また、平井らは、プログラミング学習におけるペアプログラミングの成功事例と失敗事例にみられる会話の違いを比較・分析している(3)。

一方、個々の学習の理解度等に応じた学習環境を実現するために、ユーザ情報抽出や習熟度推定に関する手法も数多く提案されている(4)(5)(6)(7)。文献(4)では、パーソナライズ可能な対話システムのために、ユーザ発言からユーザ自身に関する情報を構造化された形で抽出する手法を提案している。文献(5)では、誰がどのアイテムを読んだかという関係からなる2部ネットワークの情報のみを用いてアイテム難易度とユーザ習熟度を推定するアルゴリズムを示した。また、小田切らは、採点結果などをもとに利用者の苦手度を算出し、問題の出題傾向や指摘内容に反映させる敬語学習システムを通してより実践的な敬語学習を試みた(6)。文献(7)において、三好らは、ユーザの習熟度と学習コンテンツの難易度のマッチングを考慮に入れたコンテンツ推薦手法の開発を目的として、習熟度と難易度の推定手法について示した。

本研究では、プログラミング学習者の習熟度に応じた質問に関するヒント情報を学習者、教師の両者に提示することで、学習者には問題の解法や疑問解消への手助け、教師には解答や教え方に工夫を加えることが

できる学習チャットシステムの実現を目指している(図1)。



図1 学習チャット機能の画面設計

3. 提案システム

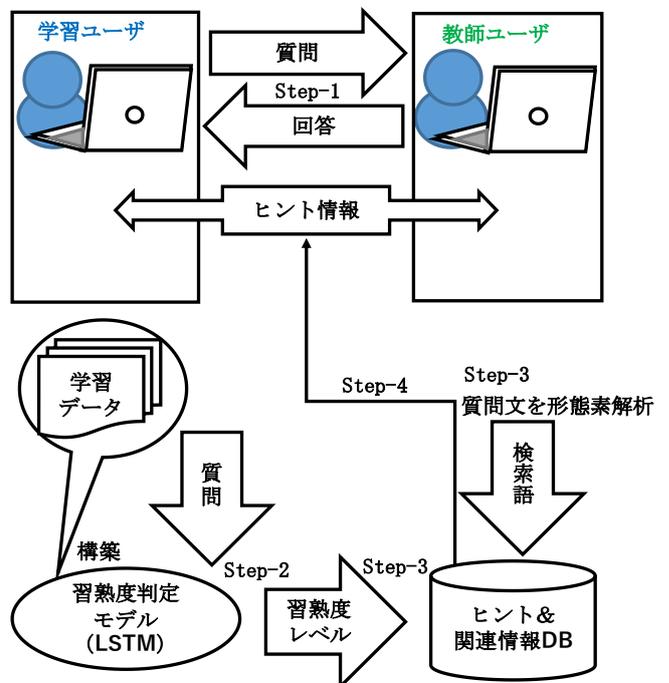


図2：提案方式の概要図

3.1 提案システムの概要

提案システムの概要図を図2に示す。提案システムは、プログラミング学習において、チャットを通じた学習者の質問履歴から学習者のプログラミング習熟度を推定し、習熟度に応じたプログラミング学習に関するヒントを学習者・教師の両方に提示する。提案システムにおける学習者の習熟度判定およびヒント提示は、下記の手順で実施される。

Step1: 学習ユーザは教師ユーザに質問を行い、教師ユーザは回答を送信する。

Step-2 : 質問文を習熟度判定モデルに入力し、習熟度レベル (N 段階) を得る。質問文の履歴から、各質問文に対応する習熟度レベルの平均値を習熟度 P として算出する。

Step-3 : 質問文を形態素解析で分割し、名詞を抽出する。Step-2 で算出した習熟度 P と抽出した名詞単語を入力として、ヒント情報データベースへ問い合わせる。

Step-4: Step-3 で問い合わせ結果として得られたヒント情報を学習ユーザ、教師ユーザの両方の画面に表示する。

3.2 習熟度判定モデルの構築

質問文から習熟度を推定するために、質問に含まれる単語、質問の言い回し、質問文の長さといった特徴が利用できる。本研究では、これらの特徴を表現学習するために深層学習による LSTM (Long short-term memory) を適用した深層学習を行い、習熟度判定モデルを構築する。習熟度判定モデルを構築するために、各質問文に対して習熟度に関する正解ラベル (習熟度ラベル) を付与する必要がある。例えば、プログラミング学習時の質問文に含まれる専門用語を学習項目ごとに分類し、さらに初級者が着目しやすい学習項目、上級者が着目しやすい項目などに対応付けて分類することで、各質問文に対する習熟度ラベルを付与することができる (表 1)

表 1 学習項目に応じた習熟度設定の例

学習項目	習熟度ラベル / 質問文の例
<ul style="list-style-type: none"> 変数 分岐, 繰り返し 関数 	LEVEL-1 (初心者) / 「〇〇するプログラムを教えてください」
<ul style="list-style-type: none"> クラス, 構造体 ファイル操作 GUI 画像処理 	LEVEL-2 (中級者) / 「クラス継承の仕方がわかりません」
<ul style="list-style-type: none"> データ分析 API フレームワーク 人工知能 Raspberry pi 機械学習 	LEVEL-3 (上級者) / 「python の Pandas データフレームから, 所定の辞書型に変換する方法を教えてください」

3.3 習熟度の算出

3.1 節の Step-2 における習熟度 P の算出手法について述べる。チャット履歴において、 N 個の質問文が含まれるとする。この場合、学習者の習熟度 P は、各質問文から判定される習熟度レベル (初級者レベル=1, 中級者レベル=2, 上級者レベル=3, ...) を重みスコアとした総和平均として、下記式により算出する。

$$\text{習熟度}P = \frac{L1 \times S1 + L2 \times S2 + \dots + Ln \times Sn}{\text{質問総数}N}$$

ここで、 Ln は LEVEL- n の質問数、 Sn は LEVEL- n の重みスコアとする。例えば、15 個の質問文のうち、初級者、中級者、上級者と判定された質問文の数がそれぞれ、5 個、4 個、6 個とすると、習熟度 P は下記のように計算される。

$$\begin{aligned} \text{習熟度}P &= \frac{5 \times 1 + 4 \times 2 + 6 \times 3}{15} \\ &= 2.06666 \dots \approx 2 \text{ (LEVEL2)} \end{aligned}$$

3.4 質問文に対するヒント情報の提示

提案システムでは、学習者の習熟度に応じて、質問文に対するヒント情報を、チャットをしている学習者と教師の両方に提示する。学習者に対しては、質問から習熟度を考慮することで、その人の理解に沿ったヒント情報を提示し、解答を導く手助けをすることができる。また、教師としても質問する回答の補助資料として Web 上でチュートリアル記事などを学習者に提示する機会も増えており、そのような補助資料を調べる手間を減らすとともに、習熟度の把握によって指導内容や教え方を工夫することができる。

ここで、習熟度が 1~3 の場合に対応する質問及びヒント情報の例を表 2 に示す。

表 2 習熟度に応じたヒント情報の例

習熟度	質問	ヒント情報		
		左側に配列名を書き、右側で初期化します。	配列への追加は append(値)です。	要素の挿入は insert(位置, 値)です。
1	python の配列はどう書けばいいですか？			
2	python の GUI ツールである Tkinter でのボタンの作り方がわかりません	Tkinter でのボタンは .Button と書く必要があります。	ボタンの名前には text='名前' で変更できます。	チェックボックスやラベルもボタンと同じ書き方で作ります。
3	python の機械学習で分類が複数のとき、model.compile は、どの損失関数を書けばいいですか	複数の場合は categorical が必要です。	optimize r は adam がよく利用されているようです。	モデル構築の最後の活性化関数は softmax がいいでしょう。

4. 実験

プログラミング学習に関する質問文を対象として習熟度に応じた分類精度を評価し、提案システムの実現可能性を確認する。

4.1 実験環境

プログラミングに関する質問文を yahoo 知恵袋⁽¹⁰⁾, Teratail⁽¹¹⁾, stackoverflow⁽¹²⁾の3つの Q&A サイトから収集した。学習データ、テストデータとして、それぞれ 335 件、135 件用意した。また、質問文の内容から表 1 に基づいて分類し、習熟度ラベルを設定した。分類数の内訳を表 3 に示す。

表 3 質問文の件数

	初心者	中級者	上級者
学習用 : 335 件	110 件	116 件	109 件
テスト用 : 135 件	45 件	45 件	45 件

4.2 実験方法

表 3 に示す 335 件の質問文・学習データを LSTM を用いて学習し、習熟度判定モデルを構築する。135 件の質問文・テストデータを習熟度判定モデルに入力し、習熟度に関する分類精度を算出する。ここで構築した習熟度判定モデルの学習精度は約 38%であった。

4.3 実験結果

分類結果として 40%の分類精度が得られた。分類の成功例と失敗例の結果を表 4 に示す。

正解ラベルは表 1 に示したように学習項目に応じて付与した。例えば、「機械学習」に関する質問は正解ラベルを習熟度 3(LEVEL3)とし、「繰り返し」に関する質問は習熟度 1(LEVEL1)とした。表 4 の結果において、習熟度判定が成功した質問文は該当する習熟度に沿った項目に関する内容であるため、正解したと考えられる。一方、不正解となった質問文については、構築した習熟度判定モデルでは、「numpy」や「opencv」で使用する関数名に関する単語が学習しきれておらず、それらが影響したことも考えられる。また、習熟度が高いほど質問文が長めとなり、内容が詳しい、かつ質問文中の言い回しが丁寧である傾向が見受けられた。このような特徴も考慮して、習熟度判定モデルを構築することで分類精度の向上が期待できると考えている。

表 4 習熟度判定の成功例と失敗例

習熟度		質問	P
1	成功例	「python 繰り返し処理で出た結果を連続して結合させる方法を教えてください。」	1
	失敗例	「Numpy を用いれば行列の計算が出来ることになっていますが使わなければならないのでしょうか？用いずに計算する方法があれば知りたいです。」	2
2	成功例	「Python 初心者です。標準化のプログラムを作成しています。1. ファイル名を標準入力で受け取り 2. ファイルの各列を標準化 3. 結果を新しい csv ファイルに出力といった流れを考えています。エラーの意味が分からず、解決策をご提示いただけないでしょうか。何卒、よろしく願いいたします。」	2
	失敗例	「python の opencv 円検出の精度を上げる方法をおしえてください。」	3
3	成功例	「当方 python 初心者です。python を用いて Twitter のプロフィール文から 2 クラス分類をする識別機を作成したいと考えています。現在教師データとラベルをライブラリに引き渡して機械学習をさせようとしている段階なのですが、エラーが発生しており困っています。詳しい方どうかお力添えお願い致します。」	3
	失敗例	「keras でモデルを構築し、学習させています。カスタム損失関数を作るため、何個目のデータを読み込んでいるかを知りたいです。つまり、欲しい値は、1/90000 の 1 や 29/90000 の 29 の値です。この値はどのように取得すれば良いでしょうか。」	1

5. おわりに.

本研究では、チャット上での質問からその人の習熟度を推定する手法の検討及び習熟度を考慮したヒントを提示する学習チャットシステムを提案した。実験において、質問文に対して習熟度判定を行ったところ、分類精度は 40%となり、習熟度判定モデルの分類性能に改善の余地があることがわかった。

今後の予定として、習熟度判定手法の精度向上のため、学習データを更に増やして評価実験を実施する予定である。また、習熟度に基づいたヒント提示機能の実装とともに、提案システムのユーザビリティや有用性の評価も行っていく予定である。

参 考 文 献

- (1) 佐々木孝輔, 林勇吾, 井上智雄: “テキストチャットによるペアプログラミング学習システム: 学習者同士のインタラクションに着目した検討”, 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション, 2014-HCI-157, 53号, pp.1-8, (2014)
- (2) 安川葵, 渥美雅保「ソフトウェア演習支援のためのチャットシステムへの機械学習の組み込みと授業での運用評価」, 情報処理学会第79回全国大会講演論文集, 2017巻, 1号, pp677-678, (2017)
- (3) 平井佑樹, 井上智雄: “ペアプログラミング学習における状態の推定——つまずきの解決の成功と失敗に見られる会話の違い”, 情報処理学会論文誌, 53巻, 1号, pp.72-80, (2012)
- (4) 平野徹, 小林のぞみ, 東中竜一郎, 牧野俊朗, 松尾義博: “パーソナライズ可能な対話システムのためのユーザ情報抽出”, 人工知能学会論文誌, 31巻, 1号, pp.1-10, (2016)
- (5) 濱田一伸, 三好康夫, 鈴木一弘, 塩田健一: “2部ネットワーク分析によるユーザ習熟度とアイテム難易度の推定アルゴリズムの提案”, 教育システム情報学会第36回全国大会講演論文集, pp.384-385, (2012)
- (6) 小田切直, 樽松理樹, 藤田ハミド: “習熟度を考慮した敬語学習支援システムの開発”, 情報処理学会第68回全国大会講演論文集, 68巻, 4号, pp.637-638, (2006)
- (7) 三好康夫, 濱田一伸, 鈴木一弘, 塩田研一, 岡本竜, 金西計英: “学習コンテンツ推薦に向けた2部ネットワーク分析に基づく習熟度と難易度の推定手法の提案”, ARG Web インテリジェンスとインタラクション研究会, 1号, (2012)
- (8) Coursera,
<https://ja.coursera.org/> (2019年12月11日確認)
- (9) edX,
<https://www.edx.org/> (2019年12月11日確認)
- (10) yahoo 知恵袋,
<https://chiebukuro.yahoo.co.jp/> (2019年12月11日確認)
- (11) Teratail,
<https://teratail.com/> (2019年12月11日確認)
- (12) stackoverflow,
<https://ja.stackoverflow.com/> (2019年12月11日確認)

学びの構成原理に基づく授業デザインと評価方法の提案

—小学校におけるジグソー法を組み込んだ

算数授業を対象とした実践—

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

*1 産業技術大学院大学, *2 岡山大学, *3 広島大学, *4 聖心女子大学

A Case Study of Lesson Design and Assessment Based on Design Mechanism for Mathematical Class in Elementary School

Ayano Ohsaki^{*1}, Toshinobu Kasai^{*2}, Yusuke Hayashi^{*3}, Hiroyuki Masukawa^{*4}

*1 Advanced Institute of Industrial Technology, *2 Okayama University,

*3 Hiroshima University, *4 University of the Sacred Heart

授業デザインの検討のために、設計された授業とそこでの学びのプロセスを対象とした評価が必要とされている。しかし、授業中の対話分析には実践から評価までに時間を要するという課題がある。本研究では、授業実践当日の検討会にて実施可能な、教師による授業評価と改善検討の実現を目指して、学びの構成原理を利用した授業デザインと評価による授業検討方法を提案した。さらに、小学校でのジグソー法を組み込んだ算数授業の実践を例に、提案方法の効果と課題についての検討を行った。その結果、提案方法は設計された授業と実際に行われた授業の比較、および実現を目指した授業への改善検討に効果が示唆された。

キーワード: 授業設計, 評価, 小学校教育, 目標の階層構造, 知識構成型ジグソー法

1. はじめに

授業デザインの検討では、学習者の成果物だけではなく学びのプロセスを対象とすることが必要とされている。例えば、学習科学研究で用いられることの多い「デザイン研究」⁽¹⁾という方法論について Sandoval は、「設計の評価」と「原則の評価」の二段階に整理している⁽²⁾。「設計の評価」では、学びのプロセスを対象として、授業設計の背景となる理論や設計者の意図が授業実践の中で期待通りに機能していることを評価する。「原則の評価」では、設計通りに機能している授業の学習成果を評価することで、授業デザインと学習成果の関係を検討する。つまり、学びのプロセスを評価する「設計の評価」は、学習成果を評価する「原則の評

価」の前提条件となる。この方法論を用いることで、授業設計の工夫と学習成果の関係を分析的に検討し、よりよい授業設計につなげることが可能となる。

そこで近年、学習者の対話を分析対象とした評価が注目されている。しかし、教育現場における授業設計検討は授業時間毎に行われるものであり、学習者の対話をテキストに変換し、その対話を分析するというプロセスの短縮が必要とされている。その観点では、オンラインの教育ゲームを対象に、限られた語彙集を利用して学習者の発話を自動的にテキスト化した研究⁽³⁾など、自動的な音声認識によるテキスト化技術の貢献が期待される。ただし、教室での学習者発話の自動テキスト化には、教室環境内の騒音や音声認識のトレーニングに関する困難さなど、多くの問題があることが

指摘されている⁽⁴⁾。

つまり、授業中もしくは授業直後に教師が、授業中の対話から「設計の評価」を行うためにはテキスト化の課題があり、教師が授業実践を通して授業デザインの検討を行うための新たな方法が求められている。そこで著者らは、対話のテキスト化を必須としない授業デザインの検討方法として、(1) 学びの構成原理に基づいた授業設計、(2) 授業設計意図の可視化を利用した授業観察による評価の2点を含めた方法を提案した。本研究での提案方法は、原則や理論に基づいて実践的に学習環境を設計する場面に焦点をあてた、「設計の評価」のより分析的な評価方法である。本稿では、提案方法の有用性検討と課題抽出を目的として、小学校の研究授業にて提案方法を利用した結果を報告する。

2. 提案方法

本研究における提案の目的は、教師による授業改善検討の支援である。つまり、授業実践の場面において (1) 学習者の思考に焦点を当てた授業設計の支援、(2) 授業設計意図の授業観察者での共有、(3) 授業設計意図を踏まえた学習プロセス評価の支援の3点により、授業当日に設計された授業と実施された授業の比較を可能とすることを目指す。具体的には、まず授業設計時に、その設計意図を原則に紐付いた形で整理して可視化する。授業観察時には、可視化された図に基づいて、授業設計意図の実現有無を評価する。つまり、授

業観察者が授業中に、授業設計意図が表現された図に基づいて、示された観点の活動や思考が実現しているかどうかを評価することで、授業中に「設計の評価」を実施しようという試みである。授業観察中に、児童生徒の対話を聞き、示された観点に対応するかどうかを判断する活動は、テキスト分析の際にあらかじめ定められたタグを付与し分析を行う協調学習分析⁽⁶⁾と同様の活動であると考えた。

本研究にて述べる「学びの構成原理に基づく授業デザインと評価」とは、授業で実現を目指す学習活動を明確にし、設計と実施とを照らし合わせることである。つまり、本研究が対象とする授業デザインには目標となる学習活動が整理されていることが必要となる。そこで著者らは、知識構成型ジグソー法を組み込んだ授業に焦点をあてた実践を行った。

知識構成型ジグソー法(以下、「ジグソー法」とする)は、東京大学大学発教育支援コンソーシアム推進機構(CoREF)が開発した学習法であり⁽⁶⁾、主にエキスパート活動、ジグソー活動、クロストークの3種類の活動によって構成されている。学習者は、授業全体で解決すべき学習課題(以下、「問い」とする)に対し、問いの解決に必要な数種類の教材(以下、「部品」とする)の一つをエキスパート活動で学習する。その後、別々の部品について学んだ学習者が新たなグループを構成し、それぞれの知識を組み合わせ、「問い」への答えをつくる。

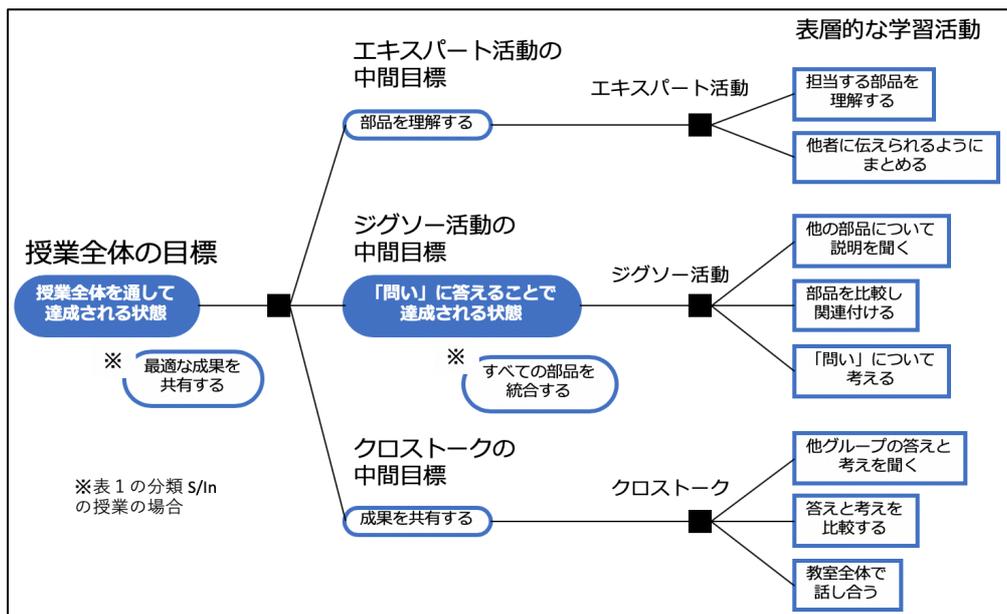


図 1 知識構成型ジグソー法の授業の目標の階層構造表現の例⁽⁸⁾

これまで著者らは、学習活動の目標を明示した「目標の階層構造表現」を提案し、ジグソー法を組み込んだ授業を対象とした実践研究を行ってきた(7,8)。「ジグソー法の目標の階層構造表現」は、CoREFから提供されているジグソー法を組み込んだ授業案を分析することを通して整理したものであり、ジグソー法の授業全体、エキスパート活動、ジグソー活動、クロストークの4種類の学習活動について、目標と期待する学習活動を明示している(7)。例えば、部品を統合して最適な成果を共有するタイプの授業を表した図1では、授業全体の目標が「最適な成果を共有する」であり、全体の目標達成のためにエキスパート活動、ジグソー活動、クロストークの各活動の目標（以下、「中間目標」とする）と学習活動があることが示されている。さらに、ジグソー活動の中間目標は「すべての部品を統合する」であり、中間目標達成のために「他の部品について説明を聞く」、「部品を比較し関連付ける」、「『問い』について考える」という学習活動中の学習者の思考があることが整理されている。また、図1の作成を通して、分析対象とした授業の構造を教科や教材に依存しないレベルまで抽象化したことで、ジグソー法を組み込んだ授業を、授業全体の目標2種類とジグソー活動の中間目標3種類の計6種類に整理した(表1)(8)。

さらに、授業実践の評価のため、学びの構成原理に基づく分析カテゴリを整理し、分析ツールの開発にも取り組んでいる(9)。開発した分析可視化ネットワーク(図2)では、各部品に関する発言の有無だけでなく、各部品の比較や「問い」への適用、「問い」へ部品を適応した結果の関連検討など、学習者の思考に焦点を当てた分析を支援している。

表1 ジグソー法の分類(8)

授業全体の目標の種類	ジグソー活動の中間目標の種類		
	分類する (Cl)	選択する (Ch)	統合する (In)
最適な成果を共有する (S)	S/Cl	S/Ch	S/In
多様な成果を認識する (D)	D/Cl	D/Ch	D/In

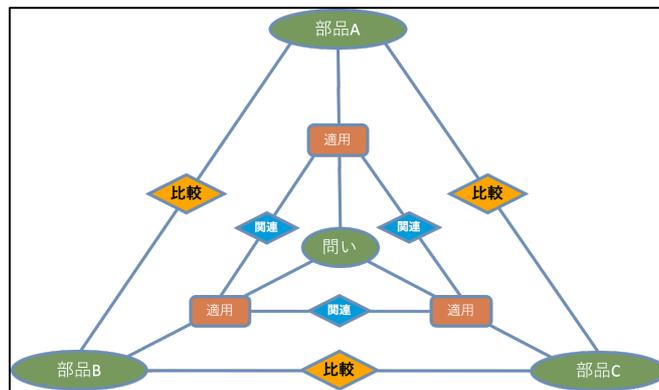


図2 ジグソー法を組み込んだ授業の対話分析テンプレート
※表1における「D/In」の場合

3. 実践

提案方法を利用した授業検討の実践は、公立の小学校（以下、「協力校」とする）における研究授業の場で行った。授業科目は小学校4年生の算数であり、学習者は3名から4名で構成される班で活動した。班の数は8班である。当該実践の「問い」は「4つの4と+、-、×、÷や（ ）を使って、答えが0～4になる式を作ろう」であった。また、各部品は計算の決まりに関するものであり、Aは「左から順番に計算する」、Bは「（ ）の中を先に計算する」、Cは「×、÷を先に計算する」であった。表1におけるジグソー法の分類では、「部品を統合し、多様な成果を認識する (D/In)」に相当する実践であった。また、研究授業に参加した授業観察者数は17名、全員が協力校の教員であった。協力校では、4年前からジグソー法を組み込んだ授業の研究に取り組んでおり、2019年度の研究テーマは児童の思考力向上である。

実践では、まず授業設計者が表1におけるD/Inとして授業をデザインした。その際に、授業でのジグソー活動のプロセスを前半・中盤・後半の3フェーズに分割して、図2のテンプレートを参照しつつ授業中に実現を期待する児童の思考を想定した図を作図した。作成された図は、前半が図3、中盤が図4、後半が図5である。続いて授業では、ジグソー活動中に、授業観察者は一人あたり1班の分析を担当し、A4用紙両面に図3から図5がカラー印刷された「授業観察ワークシート」へ分析結果を記入した。授業観察者には、図6の記入見本のとおり授業観察者が実現を判断した思考に○印をつけ、期間内に実現を確認した回数を記入す

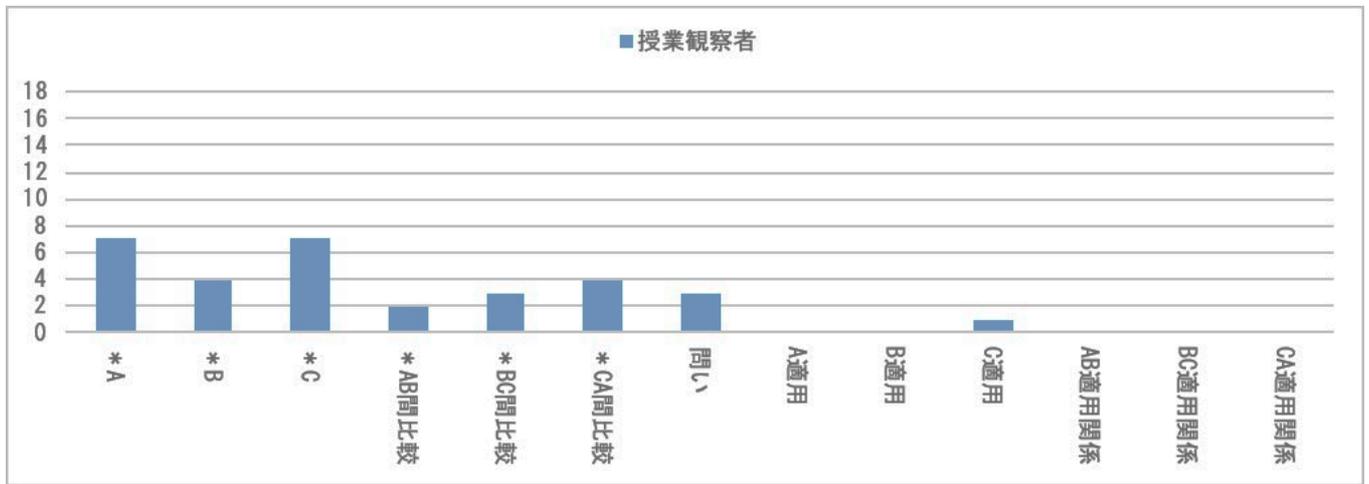


図 8 授業前半における分析の結果

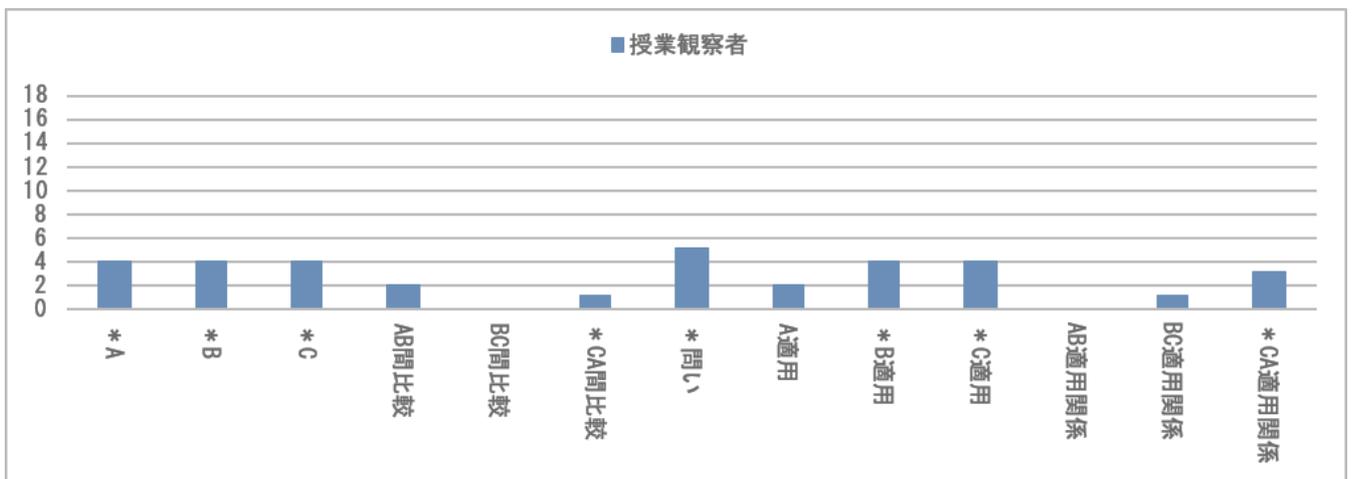


図 9 授業中盤における分析の結果

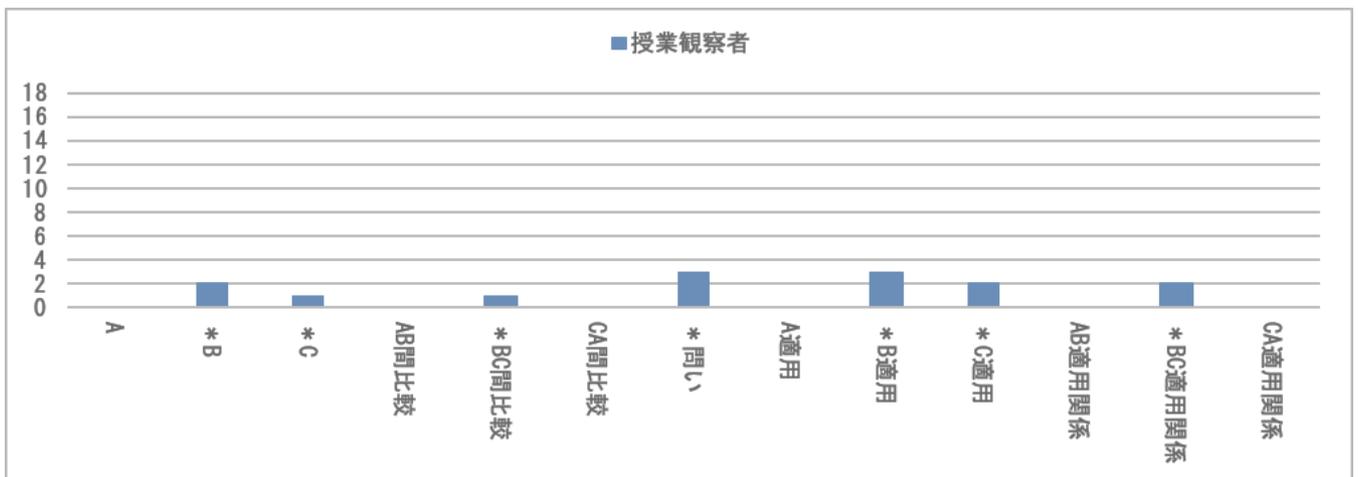


図 10 授業後半における分析の結果

する発言を評価した。これは、ジグソー法を組み込んだ授業では、始めに学習者による各部品の共有が行われるため、そのタイミングで各部品に関する発言と部品間の比較が行われることを授業設計者が期待し、実際の授業でも期待どおりに関連する対話を授業観察者が確認した結果と考えられる。また、授業前半では授

業設計者が意図していなかった「問い」に関する発言も、図 8 では確認されており、児童が活動の初期段階から「問い」を意識していた可能性が示唆された。さらに、図 9 と図 10 から、中盤と後半では、「*」の付与された観点の実現を評価した授業観察者が減少していることが確認された。このように、提案方法により

授業設計者の意図と授業観察者の認識を比較可能とすることで、授業後の検討会にて状況を詳しく共有し改善方法を検討することを通して、授業設計者が実現を目指す授業に向けた検討が可能になると考えられる。

ほかにも、授業観察ワークシートの記入内容には、授業観察者が児童の思考と紐付くと判断した児童の発言に関するメモとして「これはだめ?」「1でしょ5でしょ1でしょ」といった発話が数多く記入されていた。また、「部品間の比較」に対して「ヒントを言うのも一つの手」といった、授業設計者の意図を実現させるための改善提案が複数の授業観察者のワークシートに確認された。これらのことから、本研究での提案方法は児童の思考に着目し、実現を目指した授業への改善検討に一定の効果があつたものと考えられる。

一方で、次の改善につながる課題も確認された。第1の課題は、授業のフェーズ以降タイミングである。学習者の思考の変化を捉えることを目的として、本実践では授業を前半・中盤・後半の3段階にフェーズを分割した。しかし、実際の授業では学習者の様子を見ながら教師が声かけや時間配分を調整するため、授業設計者と授業観察者および授業観察者同士でフェーズの移行タイミングを揃えて分析することに困難さがあつた。

第2の課題は、授業観察者による学習者の発話の把握である。実践では図8から図10のとおり、各観点において授業観察者17名のうち数名しか「実現した」と評価しなかった。ただし、授業の3フェーズを通して一度も実現を評価しなかった授業観察者は2名のみであった。つまり、授業実践時には複数の班が近い距離で活動していたため、分析対象班の児童の発言が聞き取りにくい場面が数多くあり、実際には思考の実現を評価可能な対話があつたにも関わらず、授業観察者が聞き取れなかったため「実現が確認されなかった」と判断された可能性がある。今後学習者の発話データをテキスト化して分析することで、提案方法の検出力を評価した上で、提案方法であるテキスト化なしでの分析の精度向上を検討する必要がある。

さらに本研究では、授業の設計意図の実現有無を判定するだけでなく、その評価結果や差から次の授業実践への改善を支援することを目指している。しかし、本稿では授業中の分析結果に焦点を絞って議論した。

今後、提案方法が授業検討会での教師の検討に、どのように影響するのかを評価する必要がある。

謝辞

実践にご協力頂いたI市立小学校の先生方に感謝いたします。本研究は、JSPS 科研費 B19H01715 (代表者：笠井俊信) の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) 益川弘如：“デザイン研究・デザイン実験の方法”，清水康敬，中山実，向後千春(編著)，教育工学研究の方法，ミネルヴァ書房，東京，pp.177-198 (2012)
- (2) Sandoval, W.: “Conjecture mapping: An approach to systematic educational design research”, *Journal of the Learning Science*, Vol.23, No.4, pp.18-36 (2014)
- (3) Gruenstein, A., McGraw, I., and Sutherland, A.: “A self-transcribing speech corpus: collecting continuous speech with an online educational game”, In *International Workshop on Speech and Language Technology in Education* (2009)
- (4) Blikstein, P., and Worsley, M.: “Multimodal Learning Analytics and Education Data Mining: using computational technologies to measure complex learning tasks”. *Journal of Learning Analytics*, Vol.3, No.2, pp.220-238 (2016)
- (5) 稲葉晶子，大久保亮二，池田満，溝口理一郎：“協調学習におけるインタラクション分析支援システム”，*情報処理学会論文誌*, Vol.44, No.11, pp.2617-2627 (2003)
- (6) CoREF：知識構成型ジグソー法。http://coref.u-tokyo.ac.jp/archives/5515, (2009)(参照日 2019.12.10.)
- (7) 笠井俊信，遠藤育男，大崎理乃，林雄介，益川弘如，永野和男，平嶋宗，溝口理一郎：“授業目標の階層構造表現による教員研修支援の試み”，*日本教育工学会研究会報告*, JSET17-5, pp.97-102 (2017)
- (8) 笠井俊信，大崎理乃，益川弘如，林雄介，永野和男，平嶋宗，溝口理一郎：“授業の幅広い対案作成に基づく教員研修の試みとその効果”，*日本教育工学会研究会報告*, JSET18-5, pp.209-214, (2018)
- (9) 笠井俊信，大崎理乃，林雄介，益川弘如：“発話分析可視化ツールを活用した授業振り返り研修の実践”，*教育システム情報学会*, JSiSE Research Report, Vol.34, No.4 (2019)

ICT 環境のレベルと児童生徒の認知過程との関連研究

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

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

Research of Relationship between ICT Environments Level and Cognitive Process of Elementary and Junior High School Students

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

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

本研究では、各種学校等の ICT 環境レベルと ICT 活用、ブルームら（1956）の教育目標分類学（以下、タキノノミー）、および、ブルームの教育目標分類学の改訂版（以下、改訂版タキノノミー）との関連について分類した。第一に、公益財団法人パナソニック教育財団の実践研究助成報告書（2000～2018 年度、590 件）の記述内容から、文部科学省（2018）の学習場面に応じた ICT 活用と文部科学省（2018）の ICT 環境整備のステップ、タキノノミーの分類（知識、理解、応用、分析、統合、評価）と改訂版タキノノミーの分類（記憶、理解、応用、分析、評価、創造）の記述の有無について分析した。第二に、改訂版タキノノミーを意識した中学校体育科の授業（1 コマ 50 分）を対象に、授業における改訂版タキノノミーの分類の有無について分析した。以上の結果、ICT 環境のレベルとタキノノミーとの関連は認められなかったが、協働学習の場面における ICT 活用と、タキノノミーの応用、分析、評価との関連が認められた。

キーワード: ICT 環境, ICT 活用, 学習場面, 認知過程, 教育目標分類学 (タキノノミー)

1. はじめに

2020 年度から施行される平成 29・30 年改訂の学習指導要領の総則には、「情報活用能力の育成を図るため、各学校において、コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を活用するために必要な環境を整え、これらを適切に活用した学習活動の充実を図ること」と記された^①。平成 30 年 7 月 12 日には、文部科学省は「第 3 期教育振興基本計画を踏まえた、新学習指導

要領実施に向けての学校の ICT 環境整備の推進について（通知）」を公表した。この中の参考資料には、「全国の学校（普通教室）における ICT 環境整備のステップ（イメージ）」が掲載され、各学校における ICT 環境整備は、段階的に Stage3（大型提示装置＋授業展開に応じて必要なときに一人一台可動式 PC＋無線 LAN）を目指すことが謳われた^②。

そこで各自治体の教育委員会では、これまで文部科

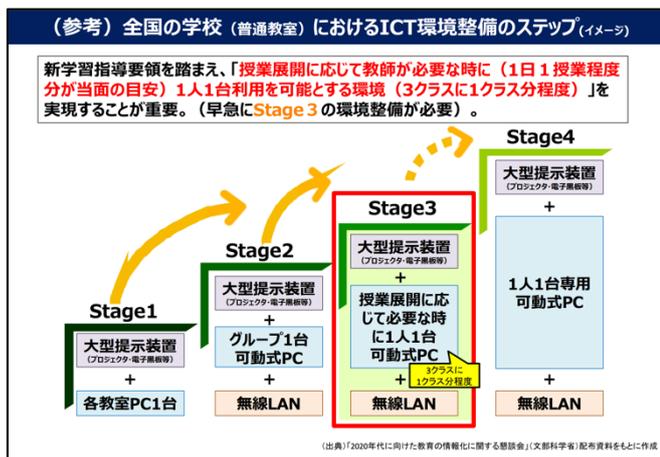


図1 ICT環境のレベル⁽⁴⁾

学省が提示してきた ICT 環境整備という外的要因に注目して整備計画を策定してきた。

しかしながら、学習の観点からは、ICT 環境整備によってどのような学習活動が生まれ、結果、子供の学びにどのような影響が生じるかについて着目する必要がある。清水 (2016) は、一人一台タブレット端末環境と子供の学力への影響について調査し、一人一台タブレット端末環境が学習意欲と学力に影響を与えることを明らかにした⁽³⁾。北澤ほか (2019) は、学習者同士が対話する場面で一人一台のタブレット端末を活用すると、特に、他者が自分のことをどのように思うかを気にする「公的自己意識」が高い子供達の学習意欲や成績が高まることを明らかにした⁽⁴⁾。しかしながら、ICT の環境整備を行う理由を学習の観点から主張できるようにするためには、各学校の ICT 環境のレベルや様々な学習場面に応じた ICT 活用が、子供の学びにどのような影響を与えるかの知見を蓄積することが重要である。

そこで本研究では、各学校の ICT 環境のレベル (図 1) ⁽²⁾と学習場面に応じた 10 種類の ICT 活用 ⁽⁵⁾に着目した (表 1)。そして、子供の具体的な認知過程が整理されているブルームの教育目標分類学 (タキソノミー) (知識、理解、応用、分析、統合、評価) ⁽⁶⁾と、この改訂版タキソノミー (記憶、理解、応用、分析、評価、創造) ⁽⁷⁾を子供の学びとして採用した⁽⁸⁾。そして、各種学校等の ICT 環境レベルと ICT 活用、タキソノミーとの関連を追究することを目的とする。

表 1 学習場面に応じた ICT 活用⁽⁵⁾

学習場面	ICT 活用
一斉学習	A1 教員による教材の提示
個別学習	B1 個に応じる学習
	B2 調査活動
	B3 思考を深める学習
	B4 表現・制作
	B5 家庭学習
協働学習	C1 発表や話し合い
	C2 協働での意見整理
	C3 協働制作
	C4 学校の壁を超えた学習

2. 調査

2.1 対象

本研究の対象は、公益財団法人パナソニック教育財団の実践研究助成報告書を対象に行った。この実践研究助成は、ICT を活用した実践研究について各学校から応募された中から選考で選ばれた学校を対象に、一般は1年間で 50 万円、特別研究指定校は2年間で 150 万円の研究助成を行うものである。実践研究助成成果報告書は、研究終了となる年度末に作成されるもので、ICT を活用した実践例やその効果等について綴られている。実践研究助成データベース (<http://www.pef.or.jp/db/>) には、第 26 回 (2000 年度) 以降の成果報告書が掲載されており、本研究ではこの成果報告書を対象とした。

2.1.1 タキソノミーの分析 (研究 1)

研究 1 として、公益財団法人パナソニック教育財団の実践研究助成報告書 (2000~2018 年度, 590 件 (小学校 217 件, 中学校 100 件, 高等学校 209 件, 小・中学校 4 件, 特別支援学校 51 件, 教育センター 7 件, その他 1 件)) をタキソノミーの分類による分析対象とした。

2.1.2 改訂版タキソノミーの分析 (研究 2)

研究 2 として、2016~2018 年度に助成を受けた小中学校を対象に、当該校の研究授業の回数について、研究助成を受ける前後の差の調査を行った。また、研究 1 がブルームのタキソノミーによる区分で分析を行

表 2 相関分析の結果（研究 1）

項目	ICT環境	A1	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	知識	理解	応用	分析	統合	評価		
ICT環境のレベル (Stage 1～4)	—	-.036	.313 **	.127	.109	.122	.111	.121	.072	.011	-.041	.055	.087	.041	.085	.101	.088		
ICT 活用 に 応 じ た	A1	—	.063	-.087	.059	-.190	-.096	.163	.082	-.043	-.094	.159	.193	-.049	.076	-.051	.125		
	B1		—	-.079	.161	.046	.071	.078	.010	-.171	-.013	.081	.024	-.056	.142	.099	.148		
	B2			—	.049	.163	-.106	.229	.255 **	.221	.084	.083	.119	.239	.183	.089	.097		
	B3				—	.124	-.039	.050	.026	-.009	-.088	.094	.061	.067	.089	.082	.032		
	B4					—	-.012	.169	.060	.230	.070	.130	.043	.201	.085	.178	-.010		
	B5						—	-.154	-.141	-.123	.022	.060	.014	-.076	-.151	-.068	-.087		
	C1							—	.419 **	.364 **	.066	.050	.108	.282 **	.307 **	.219	.262 **		
	C2									—	.506 **	-.029	-.042	.051	.296 **	.281 **	.141	.173	
	C3											—	.020	-.011	.049	.326 **	.156	.164	.030
	C4												—	.019	.037	.072	.008	.113	.024
知識													—	.466 **	.098	.026	-.120	-.017	
理解														—	.132	.195	-.027	.105	
応用															—	.138	.063	.064	
分析																—	.310 **	.383 **	
統合																	—	.250 **	
評価																		—	

** $p < .01$

ったため、研究 2 では改訂版タキソノミーに着目した分析を行った。これについて、公益財団法人パナソニック教育財団の実践研究助成報告書（2016～2018 年度、162 件（小学校 97 件、中学校 60 件、小・中学校 3 件、特別その他 2 件））を対象とした。

2.1.3 授業分析（研究 3）

研究 3 として、2019 年 10 月 31 日（木）14:00-14:50 に実施された都内公立中学校の第 1 学年体育科（バレーボール）の授業を対象に、授業分析を行った。対象校では、日頃より改訂版タキソノミーを意識した授業実践を行っているが、本研究では ICT 活用の場面と改訂版タキソノミーの分類の関係について分析した。

2.2 手続き

本調査分析の手続きについて、以下に述べる。

2.2.1 成果報告書の内容分析

研究 1 と 2 では、成果報告書の記述内容から、学習場面に応じた ICT 活用（10 種類）（図 1）の有無と ICT 環境整備のレベルについて、Stage（1～4 段階）のどれに当てはまるかを分析した（図 2）。これに加えて、研究 1 では、タキソノミーの 6 分類（知識、理解、応用、分析、統合、評価）、研究 2 では、改訂版タキソノミー（記憶、理解、応用、分析、評価、創造）の有無を確認した。

2.2.2 相関分析

研究 1 と 2 において、学習場面に応じた ICT 活用（10 種類）の有無と ICT 環境整備のステップの Stage（1～4 段階）、タキソノミーの各分類の有無について、

これらの関連を見るために相関分析を行った。

2.2.3 授業分析

研究 3 では、4 名の専門家（第 1、第 2、第 6、第 7 著者）による参与観察のもと、50 分間の授業の流れに沿って、ICT の活用場面と改訂版タキソノミーの分類について質的に記録した。その後、4 名の記録を合わせ、議論し、当該授業の ICT 活用と改訂版タキソノミーの分類について結果をまとめた（表 3）。研究 1～3 の結果から、得られた知見について考察する。

3. 結果

3.1.1 研究 1：タキソノミーの分析

表 2 は、研究 1 の相関分析の結果を示した表である。ICT 環境のレベルに着目すると、ICT 活用の「B1 個に応じる学習（ $r = .313, p < .01$ ）」との間に正の弱い相関関係が認められた。このことから、ICT 環境のレベルが上がるにしたがって、一人一台タブレット端末活用などの個に応じる学習が増加する、あるいは、個に応じる学習が多いと ICT 環境のレベルが高いことが示唆された。

一方、学習場面に応じた ICT 活用とタキソノミーとの相関関係に着目すると、タキソノミーの「応用」は「C1 発表や話し合い（ $r = .282, p < .01$ ）」、「C2 協働での意見整理（ $r = .296, p < .01$ ）」、「C3 協働制作（ $r = .326, p < .01$ ）」と、「C4 学校の壁を超えた学習」を除く 3 つの項目の間に正の弱い相関関係が認められた。このことからタキソノミーの「応用」は ICT を活用した協働学習場面との関連があることが明らかになった。

表3 相関分析の結果（研究2）

項目	ICT環境	校内研究会	A1	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	記憶	理解	応用	分析	評価	創造
ICT環境のレベル (Stage 1~4)	—	.154	.097	.359 **	.120	.103	.014	.188	.134	.101	-.022	.103	-.005	.115	.080	.049	.080	.159
校内研究会の実施数 (前年度からの増減)	—	.055	.114	-.088	.218	-.062	-.022	-.036	-.005	-.071	.206	.102	.125	.010	.052	-.063	.080	.080
ICT 活 用 に 応 じ た	A1	—	-.017	-.060	.127	-.169	-.038	.053	-.049	-.127	-.072	.268 **	.171	-.105	-.055	-.036	-.108	-.108
	B1	—	—	-.120	.172	.190	-.002	.018	.076	-.268 **	-.028	.130	.128	.039	.200	.213	.137	.137
	B2	—	—	—	-.012	-.047	-.127	.220	.142	.162	.203	-.022	.012	.167	-.062	-.037	-.057	-.057
	B3	—	—	—	—	.062	-.055	-.006	.055	-.030	-.067	.231	.156	.000	.038	.061	.111	.111
	B4	—	—	—	—	—	-.001	.160	.008	.129	-.012	.084	.012	.099	-.050	.015	-.060	-.060
	B5	—	—	—	—	—	—	-.079	-.070	-.064	.011	.107	.055	-.005	-.120	.031	.038	.038
	C1	—	—	—	—	—	—	—	-.254 **	.246	.096	.050	.107	.180	.033	.194	.158	.158
	C2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	.321 **	-.110	-.049	-.121	.188	.134	.000	-.022
	C3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	.006	-.016	-.116	.243	.068	.002	.114
	C4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-.031	.111	.067	-.038	.094	.181
ソ ノ ミ ー	記憶	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	.406 **	-.031	.059	.139	-.018
	理解	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-.100	.076	.072	.169
	応用	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-.132	-.022	.172
	分析	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	.295 **	.111
	評価	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	.074
創造	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

** $p < .01$

さらに、タキノミーの「分析」は「C1 発表や話し合い ($r = .307, p < .01$)」、 「C2 協働での意見整理 ($r = .281, p < .01$)」の2項目で正の弱い相関関係が認められた。したがって、ICTを活用した話し合いや協働的な意見整理と「分析」の認知過程が関連していることが示唆された。

タキノミーの「評価」に着目すると、「C1 発表や話し合い ($r = .262, p < .01$)」の1項目と正の弱い相関関係が認められた。したがって、ICTを活用した話し合いがタキノミーの「評価」と関連していることが分かった。

3.1.2 研究2：改訂版タキノミーの分析

表2は、研究2の相関分析の結果を示した表である。ICT環境のレベルに着目すると、研究1と同様に、ICT活用の「B1 個に応じる学習 ($r = .359, p < .01$)」との間に正の弱い相関関係が認められた。学習場面に応じたICT活用と改訂版タキノミーとの相関関係に着目すると、「A1 教員による教材の提示」が改訂版タキノミーの「記憶」と正の弱い相関関係があることが分かった ($r = .268, p < .01$)。

校内研究会の実施数の増減については、学習場面に応じたICT活用、および、改訂版タキノミーの分類との間には相関関係は認められなかった。

3.1.3 研究3：授業分析

表3は、研究3で対象とした中学校第1学年体育の授業を改訂版タキノミーの観点で分析した結果を示したものである。導入時にホワイトボードで本時のめあてを記す場面では、「記憶」や「理解」の学習活動が

営まれていたが、「展開2」の「3人組になり、対人パスと撮影を分担し、自分や仲間のプレーを振り返り、改善する」場面では、3人に1台のタブレット端末で、相互に自分達のプレイを撮影し、振り返る活動が行われていた。これらの活動は、「パスが続くことを目指し、考えた方略を実行する」という「応用」や、「(自分や仲間のプレーを)測定・調査する」という「分析」、「(自分や仲間のプレーを)コメントする」という「評価」の活動まで行われていた。

また、「まとめ」の「タブレットで撮影した練習開始時と練習終了時のパスの動画を視聴する」場面では、「(練習開始時と練習終了時のパスの動画を)共有する」学習活動や「(パスが長く続く理由や方法を)明確に述べる」の「応用」に関する学習活動から、「(パスが長く続く理由や方法を)結論づける」という分析、「(自分や他者の動きを)省察する」という「評価」の学習活動が行われたことが観察された。

4. 総合考察

上述したICT環境のレベルと学習場面に応じたICT活用、およびタキノミーの相関分析の結果では、協働学習の場面においてICTを用いながら「C1 発表や話し合い」や「C2 協働での意見整理」することと、タキノミーの「応用」、「分析」との関連が認められた。この知見に加えて、授業の参与観察では、タブレット端末を活用する場面に、改訂版タキノミーの「応用」、「分析」、「評価」の認知過程が見られた。これらの結

表4 参与観察の結果

時間	児童・生徒の学習活動・様子	授業の流れ(教師の指示, 発問, 板書, 教材等)	ICT活用(使用機器, 使用方法, 環境レベル)	生徒の活動(改訂版タキノミーの「学習活動」に関わるもの)					
				記憶	理解	応用	分析	評価	創造
導入 10分	準備運動・補強運動 ワークシートに本時のねらいを記述する.	準備運動の確認 ホワイトボードにあらかじめ本時のめあてを記す.	ホワイトボード	(準備体操について)脈略をつけて覚える. (本時のねらいについて)脈略をつけて覚え, ワークシートに記述する.	(準備体操を通じて)言葉や態度等で表す. (サービスの方法について)言葉や態度等で表す.	(サービスの方法について)考えた方略を実行する.			
展開 15分	アンダーハンドサービスやフローターサービスの練習を行う.	安全確認 個別指導 練習時間の管理							
展開 2 25分	バスの動画を視聴し, バスが続くためのポイント(ボールの軌道を山なりにする)を理解する. 3人組になり, 対人バスと撮影を分担し, 自分や仲間のプレーを振り返り, 改善する.	プロのバス練習の動画を流す. 安全確認 個別指導 練習時間の管理	大型提示装置・手本の動画 タブレット ロイロノート <i>Stage 3 (大型提示装置+授業展開に応じて必要な時に1人1台可動式PC)+無線LAN</i> 本時は3人に1台	(上手なバスのポイントを)脈略をつけて覚える. (練習を)撮影する	バスが続くためのポイントを説明する. バスが続くことを目指し, 考えた方略を実行する.	(自分や仲間のプレーを)測定・調査する. (バスが続いたり失敗したりする)基準を見出す.	(自分や仲間のプレーを)コメントする. (練習開始時と練習後半のバスの上手さを)格付ける(ランキング) (練習方法を)省察する.		
まとめ 10分	タブレットで撮影した練習開始時と練習終了時のバスの動画を視聴する. 他のグループの動画を視聴する. 本時の学びをワークシートに振り返り, 片付けをする.	振り返りの視点を明示する. 練習開始時と練習終了時でバスが向上した班を例示する.	大型提示装置・記録動画	(練習開始時と練習終了時でバスが向上した理由を)脈略をつけて覚える.	(練習開始時と練習終了時でバスが向上した理由や方法を)明確に述べる.	(バスが長く続く理由や方法を)結論づける. (練習開始時と練習終了時でバスが向上した理由やバスを長く続ける方法を)結論づける.	(バスが長く続く理由や方法を)コメントする. (自分や他者の動きを)省察する.		

果から, 一人一台タブレット端末で対話を取り入れた授業実践は, 従来の一斉授業よりも改訂版タキノミーのより高次の学習活動に導く足場かけになるかもしれない。

また、研究1において、「知識」と「理解」に相関関係が認められ(表2)、かつ、研究2の「記憶」と「理解」にも相関関係が認められた(表3)。一方、研究1と2の両者において、「分析」と「評価」に相関関係が認められた。したがって、教員はこれらの認知過程の関係を理解しながら、授業におけるICT活用の位置づけを明確にしていくことが求められる。

5. まとめ

本研究では、公益財団法人パナソニック教育財団の実践研究助成報告書(2000～2018年度, 590件)の記述内容から、各学校のICT環境のレベル(図1)⁽²⁾と学習場面に応じた10種類のICT活用⁽⁵⁾、子供の具体的な認知過程が整理されているブルームの教育目標分類学(タキソノミー)(知識, 理解, 応用, 分析, 統合, 評価)⁽⁶⁾と、この改訂版タキソノミー(記憶, 理解, 応用, 分析, 評価, 創造)⁽⁷⁾の有無を調査した。そして、各種学校等のICT環境レベルと学習場面に応じたICT活用、タキソノミーの分類について相関分析を行い、これらの関連を分析した。さらに、改訂版タキソノミーを考慮した授業実践を行っている中学校第1学年体育科の授業を対象に、ICT活用と改訂版タキソノミーの分類を時系列に分析した。

結果、協働学習場面とタキソノミーの「応用」、「分析」は関連していることが明らかになった。実際の授業においてもまた、ICT活用と「応用」、「分析」の学習活動との関係を確認することができた。このことから、一人一台タブレット端末で対話を取り入れた協働的な授業を実践することで、従来の一斉授業よりも改訂版タキソノミーのより高次の学習活動を支援できる可能性が示唆された。この知見は、ICT環境整備の理由を学習の観点から主張できる点で意義あるものと考えられる。

だが本研究の限界として、タキソノミーの「統合」、改訂版タキソノミーの「創造」について、相関分析や参与観察の手法でICT環境整備のレベルや学習場面に応じたICT活用との関係を追究することができなかった。このためICTを活用しながら「統合」や「創造」の学習活動を目指す授業を検討、実践し、ICT活用と認知過程の関係を分析することが求められる。

加えて、2015年度以前の実践研究助成報告書について、改訂版タキソノミーの分類で調査を行ったり、学校種別に分析をしたりすることが今後の課題である。

謝辞

本研究は、公益財団法人パナソニック教育財団と一般社団法人ICT CONNECT 21の共同研究助成の支援を受けた。参与観察にご協力いただいた学校関係者の皆様にお礼申し上げる。

参考文献

- (1) 文部科学省：平成29・30年改訂学習指導要領のくわしい内容(2017)
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1383986.htm (参照日 2019/12/09)
- (2) 文部科学省：第3期教育振興基本計画を踏まえた、新学習指導要領実施に向けての学校のICT環境整備の推進について(通知)(2018)
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1407394.htm (参照日 2019/12/09)
- (3) 清水康敬：One to One への道 一人1台タブレットPC
- (4) 活用の効果測定と教育委員会・学校の挑戦～ワンダースクール応援プロジェクト 成果報告書～. 教育同人社(2016)
- (5) 北澤武, 鈴木庸佑, 福本徹：一人一台タブレット端末による対話を重視した授業デザインの効果—アクティブ・ラーニングと小中学生の公的自己意識に着目して—。AI時代の教育論文誌, 1(1), pp.13-18 (学習情報研究論文誌, 第270巻, 第10号, pp.54-59)(2019)
- (6) 文部科学省：ICTを活用した指導方法(2018)
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afildfile/2018/08/14/1408183_4.pdf (参照日 2019/12/09)
- (8) B. S. Bloom, D. R., Krathwohl and B. B. Masia, Taxonomy of Educational Objectives. *Handbook 1: Cognitive Domain* (David McKay, 1956)
- (9) L. W. Anderson & D. R. Krathwohl (eds.), *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives* (2001)
- (10) 石井英真：「改訂版タキソノミー」によるブルーム・タキソノミーの再構築：知識と認知過程の二次元構成の検討を中心に。教育方法学研究, 28, pp.47-58 (2003)

自己調整学習を主題とする授業実践における 受講者の学習意識の変化

仲林 清^{*1,2}

*1 千葉工業大学

*2 熊本大学

Analysis on Learners' Attitude Transformation in a Course to Promote Reflection and Conceptualization on Self-regulated Learning

Kiyoshi Nakabayashi ^{*1, 2}

*1 Chiba Institute of Technology

*2 Kumamoto University

自己調整学習の概念や方略に関する内省・概念化を促し、学習者がこれらを意識して活用することをねらいとした授業実践を行った。大学1年生の学生を対象に、自己調整学習や学習理論に関する講義を行ったのち、この理論の観点から、中学生の学習の様子を描いたドキュメンタリービデオを視聴させた。その後、自らの学習経験とビデオの内容を対比したレポートを提出させた。アンケートやレポートの内容から学習者の意識の変化を分析した。

キーワード: 自己調整学習, ドキュメンタリービデオ, 学び方の学習, 既有知識の活用

1. はじめに

近年の社会構造の急速な変化に対応するために、自律的に学び続ける能力の重要性が指摘されている⁽¹⁾。

21世紀型スキルの中にも「学び方の学びとメタ認知 (Learning to Learn and Metacognition)」が位置付けられており⁽²⁾、学校教育でもこのような力の育成が重視されている⁽³⁾。自律的な学びに関連する理論や知見として、メタ認知⁽⁴⁾⁻⁽⁷⁾や自己調整学習⁽⁸⁾⁻⁽¹⁰⁾に関するものが数多く知られている。これらを促進するための教授方法についても、個別の課題や教科を対象とした様々な研究がある。文章の読み・書きや数学・理科に関するメタ認知⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾の研究、あるいは、国語・算数・理科・英語・心理学・統計学などの教科で小学生から大学院生までの学習者に自己調整学習を身につけさせる実践授業が行われている⁽⁸⁾⁻⁽¹⁰⁾。

これらの先行研究は、特定教科の授業において、メタ認知や自己調整学習を促進させる介入を行うものである。これに対し、本研究では、学習に関する学術的・体系的知識と自らの学習経験とを結びつけて内省・概念化させ、以後の学習活動におけるメタ認知や学習方略の活用を促進することを意図した授業設計を行う⁽¹¹⁾⁻⁽¹⁸⁾。本授業では初年次の大学生を対象としている。大学生は、メタ認知や自己調整学習の能力を誰もが身につけているわけではないが、小中等の学習者に比べ

れば、学術的・体系的知識を理解するのに十分な知的水準を有していると仮定できる。また、勉強やスポーツなどを通じた学習過程に関する経験があり、これを客観的に振り返る能力も有していると期待できる。そこで、これらの学術的・体系的知識と学習者自身の経験・既有知識とを結びつけさせて内省・概念化を促進する。自己調整学習は、場面限定的・文脈依存的で、全ての場面で自己調整している学習者は存在しない、と言われている^{(9)(p.12)}。逆に言えば、自らの学習経験を自己調整学習の立場から内省・概念化すること⁽¹⁹⁾ができれば、それをこれまでの経験とは異なる対象や状況の学習に転移させることも期待できる。

授業設計は、筆者らがこれまで、技術イノベーションや組織における問題解決といった、抽象度が高く正解が一意に定まらない分野の学習に適用して効果を確認したドキュメンタリービデオとオンラインレポート提出を組み合わせた授業設計の枠組み^{(20),(21)}に則ったものである。この枠組みでは、まず学習主題に関する体系的知識を説明し、次に学習主題に関連する観点を提示してドキュメンタリービデオを視聴させ、ビデオの登場人物の行動や考えを、体系的知識や自らの経験と関連付けて解釈させる。そして、その内容をレポートにまとめさせ、次の授業で全員のレポートを配布・閲読させて、自他の考えを比較して吟味させる。このような流れで、自らがこれまで行ってきた学習行動が、

様々な学習理論の概念から解釈できることに気付かせ、以後の自身の学習行動を客観的に観察し意識的に修正することを促すことを意図している。

本稿は、2015～17年度^{(11)～(17)}に引き続いて実施した2018年度の実践内容⁽¹⁸⁾に、他のデータを加えて評価したものである。以下、第2章で、本授業設計の学習目標について述べる。第3章ではビデオとオンラインレポートを活用した授業設計を示す。第4章でアンケート結果を示し、第5章で考察とまとめを行う。

2. 自己調整学習に関する学習主題

本授業では、自己調整学習⁽⁸⁻¹⁰⁾を中心に学習理論や学習の動機づけを取り上げる。また、自己調整学習に関連して、学習の意味を考えない暗記中心の学習の弊害を説いた「ごまかし勉強」⁽²²⁾について取り上げる。

自己調整とは、教育目標の達成を目指して学習者が自ら作り出す思考・感情・行為である。学習過程において、メタ認知・動機付け・行動に能動的に関与することを自己調整と呼び、特に自己調整学習方略・自己効力感・目標への関与が重要とされている⁽⁹⁾(pp.16-17)。

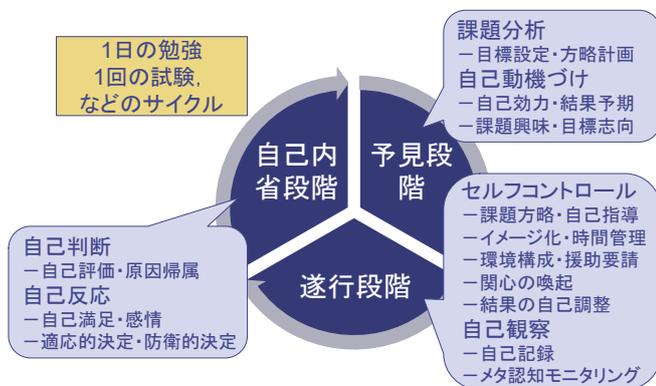


図1 自己調整学習のサイクル

自己調整学習は、図1に示す予見・遂行・自己内省の段階からなるサイクルでモデル化される⁽⁸⁾。

予見段階は、学習に先立って、学習を自己調整する準備と自己動機付けを行う段階である。準備においては、課題の目標設定や課題を解くための方略の計画立てが行われる。動機付けは、自己効力、結果予期、課題興味などに依っていて、これらは課題の目標設定や方略計画に関係している。自己調整学習に上達した学習者は、明確で具体的な目標設定や方略の計画を立てることができ、これによって、自己効力や結果予期に

起因する高い学習動機を得ることができる。

遂行段階は、実際の学習や課題解決に対応していて、セルフ・コントロールと自己観察の要素からなっている。セルフ・コントロールは、課題固有の解決方略と課題に依存しない一般的な方略からなる。一般的な方略としては、教材を読みながら自分に問いかけるといった自己指導、抽象的な情報を適切な心的イメージで捉えるイメージ化、課題に必要な時間を見積もる時間管理、先生や親に適切な支援を求める援助要請、などが挙げられる。自己観察は、メタ認知モニタリング(セルフ・モニタリング)と自己記録が含まれる。自己調整学習に上達した学習者は、遂行過程のセルフ・モニタリングを行い、これに基づいてセルフ・コントロールを行って方略を修正していくことができる。

自己内省段階は、学習や課題解決の結果に関わる段階で、この段階が次の学習の予見段階に影響する。自己内省段階には、自己判断と自己反応が含まれる。自己判断は、遂行結果を目標基準と比較する自己評価、および、遂行結果の原因を能力・努力・方略使用などの原因と結びつける原因帰属からなる。自己反応は、自己満足/感情と適応的/防衛的決定に分類される。前者は自己判断に対する情動的な決定で、一般に、学習者はマイナスの感情を生じる学習活動を避ける傾向がある。適応的決定は、使用した方略が良くなかったという原因帰属を行った場合に、次回は方略を修正するという決定を行うことである。逆に、防衛的決定は、能力に原因を帰属させ、マイナスの感情から逃れるために遅延や課題回避を行うことである。自己調整学習に上達した学習者は、自己評価を行い、努力や方略に原因を帰属し、これらを修正する適応的決定を行うことができる。

本授業設計では、自己調整学習を主要な学習主題とするが、特に後述するドキュメンタリービデオの内容との関連から、以下を具体的な学習主題とした。

- 1) 予見段階における目標設定・動機付け・自己効力感
- 2) 遂行過程のセルフ・モニタリング
- 3) 自己内省段階における自己評価や原因帰属、それによる適応的/防衛的反応
- 4) 自己調整学習を促進するための教師の介入

3. 授業設計

3.1 概要

前章で述べた自己調整学習のモデルは、体系的にまとめられたものであるが、実際に自己調整学習が行われる状況や場面は多様であり、学習者の思考や感情、学習方略もさまざまで、唯一の正解が存在するようなものではない。このため、単なる知識付与型の教育形態では十分な教育効果を得ることは困難で、自己調整学習が行われる実際の文脈を学習者に提示する必要があると考えられる。また、大学生は、自身で意識していなくても、自己調整学習の概念で説明可能な学習経験を有していると思われる⁽⁹⁾(pp.68-82)。そこで、コルブの経験学習モデル⁽¹⁹⁾に鑑みて、これらの経験を内省・概念化させ、体系的な知識と結び付けさせることができれば、これまでの経験とは異なる学習対象においても自己調整学習の転移を促進できると考えられる。

そこで本授業では、ドキュメンタリービデオ視聴とオンラインレポート提出を組み合わせた図2の枠組み^{(11),(12)}を適用する。この枠組みでは、(1) 学習者の既有知識・経験の活用、(2) 主題に関する真正な状況・文脈の提示、(3) 他者と自らの考えを対比する機会の提供、という方針をとる。具体的には、学習の主題に即したドキュメンタリーを視聴させ、これに関するレポートを課す。次の授業までにレポートをオンラインで集約して授業で配布し、教員が内容を適宜紹介する。

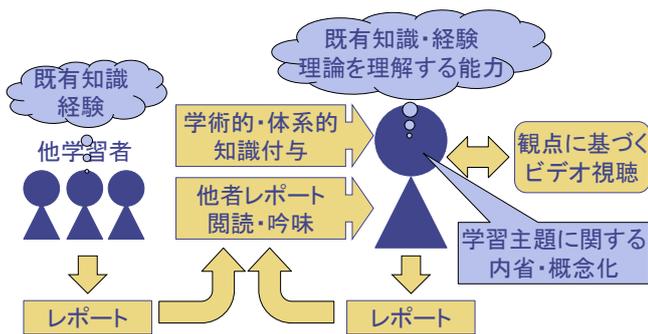


図2 授業設計の枠組み

ドキュメンタリービデオは後述するように、学習主題を直接解説した教材ビデオではないので、学習者は、現実の学習場面で生じている事象や登場人物の言動の背景にある学習主題を、講義の知識に結び付けて能動的に読み解く必要がある。これによって、学習主題を単なる知識としてではなく、文脈を含めて理解し、さ

らに学習者自身の経験と対比させることを意図している。レポートの提出と配布は、自らの考えを他者の考えや経験と対比しながら深めることを狙っている。上記のように、ビデオは、学習主題を直接的に解説したものではないので、レポートの内容は、学習者の着目点や経験との対比も含めて、非常に多様なものになることが期待される。このように、レポートの提出・配布で、自他の解釈や意見を対比しながら、学習主題についての理解を深化させることが狙いである。

3.2 ドキュメンタリービデオの内容と解釈

2018年度の授業では二つのドキュメンタリービデオを用いた。ひとつは、17年度以前と同じくNHKの「あしたをつかめ」というシリーズの「#33 塾講師」⁽²³⁾ (以下、塾講師) である。数学が苦手な女子中学生に対して、塾講師が自律的な学習目標設定を促し、中学生が明確な目標を持って適応的に学習するようになるまでの様子を描いている。

二つ目は、2017年度と同じ「負けて強くなれ 愛媛・将棋道場の日々」⁽²⁴⁾ (以下、将棋道場) である。将棋の実力はあるが、棋譜を付けて自局を振り返ろうとしない中学生を、将棋道場の指導者が厳しく指導し、全国大会での負けをきっかけに、自発的に棋譜を付けるようにさせる様子を描いている。

いずれも視聴時間は25分程度である。詳しい内容・解釈については先の報告⁽¹¹⁾⁻⁽¹⁵⁾を参照されたい。

3.3 授業の進め方

授業は全体で4コマの構成である。

まず、1コマ目開始前に、学び方の工夫⁽⁹⁾、学習結果の原因帰属⁽⁷⁾に関する事前アンケートを提出させる。1コマ目で、スキーマ理論、メタ認知、学習における動機づけを概説し、塾講師を視聴させたのち、以下のレポート課題を課す。

ビデオを視聴して、塾講師が女子生徒の学習を促進するために行っていることを、自分の学習経験とできるだけ結びつけて、学習の動機付けや学習理論・自己調整学習の観点から説明してください。塾講師や生徒の発言や行動に注意してください。(200～300字)

2コマ目で全員のレポートを配布して、特徴的なも

のを紹介した後、自己調整学習の説明をする。そして、以下のレポート課題を課して将棋道場のビデオを視聴させる。

ビデオ（約 25 分）を視聴して主人公の中学生と指導者の行動・やりとりを自己調整学習の要素の促進あるいは阻害の観点からまとめなさい。将棋を学習に対比させて考えること。自分のこれまでの学校や家庭での勉強、習い事、部活などの経験と、できるだけ結び付けて記述してください（2～300 字）

例えば

- 失敗を振り返る vs 失敗を振り返らない
- 考える過程が大事である vs 結果が大事である
- 自己評価を求める vs 自己評価を避ける
- （内省段階での）適応的決定 vs 防衛的決定
- （遂行段階での）セルフモニタリング、戦略の切替、など

3 コマ目で全員のレポートを配布して、特徴的なものを紹介する。自己調整学習・ごまかし勉強の説明をし、以下のレポート課題を課して、塾講師・将棋道場の二本のビデオを再視聴させる。

前々回・前回のビデオ（全 50 分）を再度視聴し、他の人のレポートも参考にして、学習理論・動機付け・自己調整学習の概念を用いて、以下を説明してください（1000～1500 字）

- 双方のビデオの学習者の学習が促進されていなかった要因は何か？両者の共通点や相違点は何か？学習者の感情や考え方、学習方法に注意すること
- 学習を促進するために、双方のビデオの指導者はどのような意図でどのように、学習者に働きかけているか？
- 指導者の働きかけは、学習者の感情や考え方、学習方法、理解の点で効果があったか？効果が得られた／得られなかった理由は何か？学習者は今後、自律的に成長できると思うか？

4 コマ目で全員のレポートを配布して、特徴的なものを紹介し、学習主題と関係付けてビデオの要点を解説する。4 コマ目終了後、翌週までに事後アンケートを提出させる。

4. 学習者の反応

2018 年度前期に情報系学科 1 年生向けの「情報社会とビジネス」という科目中の最後のパートで授業を実施した。レポートをすべて提出し、アンケートを提出した学生は 125 名であった。ただし、一部のアンケートに回答しなかった学生もおり、項目によって数名の欠損がある。

4.1 授業評価

アンケートで授業に関する評価を回答させた。内容は、ビデオ、レポート、授業全般に関するもの全 31 項目で、7 件法で実施した。この結果に対して因子分析を行った⁽¹⁸⁾。第 1 因子から第 3 因子の間で固有値が大きく減少したが、第 4 因子以降には大きな変動が無かった。そこで 3 因子構造を仮定してプロマックス回転を行った。この結果を表 1 に示す。

表 1 授業評価の因子分析

質問	因子 1	因子 2	因子 3
ビデオは講義を実感的に理解するのに社会に出てからも考え方は参考になる	0.759	-0.014	-0.027
大学での学習を進めるうえで参考になる	0.688	0.055	0.002
内容は役に立った	0.685	0.179	-0.091
ビデオを二度視聴して理解が深まった	0.674	0.123	-0.193
ビデオを視聴する観点で理解を深める	0.634	-0.094	-0.010
「学び方」に関する考え方が変わった	0.628	0.029	0.007
他の人のレポートを参考に様々な観点で同じビデオでも観点が違うと読み取れる	0.625	-0.079	-0.105
他の人のレポートで様々なものの見方が「学び方」に関する考え方が深まった	0.595	-0.108	0.211
このような内容を今後も学んでみたい	0.593	0.004	-0.077
内容に納得した	0.588	-0.068	0.177
自分の経験と結びついた	0.587	0.100	0.033
自分がビデオ中の人物だったらどう行動	0.582	0.114	-0.069
レポート提出で授業の内容を振り返る	0.578	0.229	0.025
授業のはじめのレポート紹介で理解を他の人のレポートを見て理解を深める	0.558	0.079	-0.174
自分のレポートが授業中に紹介されて嬉	0.554	-0.135	0.046
内容は理解できた	0.496	-0.006	0.255
ビデオは余分な情報が多く何が言いたい	0.495	-0.151	0.217
ビデオの内容と観点を対応付けるのが難	0.486	0.096	0.224
長いビデオで退屈だった	0.481	-0.063	0.097
レポートが配布されるは他人の利益にな	0.475	0.140	-0.015
レポートが配布されるので恥ずかしかつ	0.068	-1.010	-0.071
配布する時は名前を付けて誰のレポート	0.107	-0.547	-0.064
他の人のレポートは役に立たなかった	-0.144	-0.497	0.042
ビデオのストーリーを理解するのに精一杯	-0.006	-0.051	-0.762
ビデオを Web を使って自由に見たかつ	-0.059	-0.020	-0.651
「ごまかし勉強」をやっていた	0.175	-0.008	-0.496
毎回レポートを出すのは大変だった	-0.021	-0.071	-0.490
回転前固有値	-0.002	-0.330	-0.339
因子構造の平方和	0.246	-0.029	-0.076
クロンバックの α	0.210	0.113	0.044
最尤法およびプロマックス回転	-0.046	-0.120	-0.009
	8.59	2.47	2.10
	7.80	2.95	2.59
	.914	.690	.690

第1因子が「大学での学習を進めるうえで参考になった」、「学び方に関する考え方が変わった」、「ビデオを二度視聴して理解が深まった」、「他の人のレポートを見て理解を深めることができた」など、授業全体やビデオ、レポートによる学習主題の理解に関わる項目を含んでいたため、これを授業主観的理解度とした。

また、授業でのビデオ、レポートに関して回答任意のコメントを求めた。回答者数と記述文字数を授業主観的理解度の高低で分類した結果を表2に示す。理解度高群の方が回答者数が有意に多かった。理解度高低群別の記述例を表3に示す。

4.2 学び方に関する意識変化

同じアンケートで、自身の学び方に関する意識の変化を回答必須の自由記述で尋ねた。記述例を表3に示す。記述の分量は平均37.4文字、最少5文字、最大135文字であった。記述内容をカテゴリーにわけ、理解度高低群別の分類を行った。

表2 ビデオ・レポートに関するコメント数

	ビデオ		レポート	
	人数	字数	人数	字数
理解度高群	17	41.3	9	51.2
理解度低群	7	34.6	1	54
p値	0.03*	—	<0.01**	—

表3 ビデオ・レポートに関するコメント例

理解度高群
ビデオを使って説明したためとても分かりやすかったです。今後もビデオを使った講義があると理解しやすいと思いました。
ビデオを使うことによって授業内容をより理解を深めることができるようになり、自分が主人公だったらどうするかを考えることができました。
プレゼンテーションだけの授業では、いくら具体的な内容を事細かに説明してもあまりイメージがでないときもある。しかし、ビデオを用いることによって、視覚と聴覚で内容をさらに理解することができたと思う。
他人のレポートを見たことにより、自分とは違う捉え方をしているとても参考・勉強になった。
レポートを書くことによって、講義の内容をその場では理解していたつもりでも実はそうではないことに気づかされることが多々あった。長文のレポートは確かに楽ではないが、講義の振り返りや自分の記述力の向上と思えば、さほど苦になることはなかった。
理解度低群
授業の内容理解のために使用するのとはとても良いがビデオの内容をレポートにするのは難しいと感じた。
この講義を自主的にどう学習すればいいのかいまいちわからない
似たようなことが書いてあるのに授業で紹介されてるレポートとされてないレポートの違いがいまいちよくわからない。

表3 学び方に関する意識変化(125名)

カテゴリー	全体		理解度上位群	
	人数	割合	人数	対全体割合
意味	18	14.4%	11	61.1%
過程	8	6.4%	3	37.5%
動機	15	12.0%	10	66.7%
目標	15	12.0%	8	53.3%
方略	34	27.2%	19	55.9%
理論	4	3.2%	2	50.0%
無変化	14	11.2%	2	14.3%
抽象	17	11.2%	8	47.1%
総数	125	100%	65	50.4%

表4 学び方に関する意識変化の記述例

意味	<ul style="list-style-type: none"> ○昔は勉強はただ知識を頭に押し込む感じだったが、今では周りのものと関連づけながら勉強する方が楽しいと感じた。 ●ただ言われたことをやるだけではなく、やる意味を考えながら学習していくことが重要だということを理解した。
過程	<ul style="list-style-type: none"> ○ただ勉強するのではなく、その勉強する目的や過程も大事にしていこうと思った ●考える過程が大事だと改めて確認できた
動機	<ul style="list-style-type: none"> ○努力を重ねれば結果につながる事を実感しようと、勉強するときの取り組む姿勢を変えた。 ●学習をするうえで受け身ではなく、自主的に学習し、自分の頭で考えることが大切であるということがわかったから。
目標	<ul style="list-style-type: none"> ○ただやるだけではなくてその先を見据えて学ぶ必要があると思った。 ●見直しが成長において大変重要であることがわかった。
方略	<ul style="list-style-type: none"> ○人それぞれにあった学習法はあるが、振り返りはどんなことにも必要だということ ●曖昧にしないで理解できるまでやること
理論	<ul style="list-style-type: none"> ○メタ認知や自己調整学習の考えを取り入れた学習をしたいと考えるようになった。 ●授業やビデオの話を見て勉強が出来ない人間を客観的に見ることで、曖昧な目標を持つ、努力しても無駄という思い込みをするといった様々な要因を学習に関する考え方やモデルを通してより深く理解することができた。
無変化	<ul style="list-style-type: none"> ○失敗を振り返ることや短期の具体的な目標を立てることが大事なのは受講前から知っていたから。 ●特にこれと言って考え方が変わる事はなかった。
抽象	<ul style="list-style-type: none"> ○自分と共通点が多くあったので反面教師にして変わりたい ●固定観念にとらわれずに学習したいと思うようになった

○：理解度高群，●：理解度低群

表3にカテゴリー別の記述人数と、そのうち理解度高群の人数を示す。カテゴリーと理解度高低の間には顕著な関連は見られなかったが、「意味」、「動機」に関しては、理解度高群の学習者がやや多く、「無変化」に関しては理解度低群の学習者が多かった。表4にカテゴリー別の記述例を示す。理解度高低群でそれぞれ中

位の文字数のものを挙げている。記述内容についても、理解度の高低との間に顕著な関連は見られなかった。

4.3 レポート例

表5にレポート例を示す。これは理解度高群の1名の学習者の3コマ分のレポートを示している。1コマ

表5 レポート例（下線筆者）

1コマ目レポート：塾講師
塾講師の増田さんが成績の揮わない女子生徒に対し、自習ノートを手渡した。これによって、 <u>自ら学ぶ姿勢（自律的学び）</u> を取ることにより、予習や復習をしっかりと行うことが出来る。更に、それをしっかりと続けていく事で学力が身に付き、自信に繋がる。私も、 <u>全く出来なかった数学を日々少しずつ解き続ける事を続けた結果（自身の経験）、比較的いい点数を取れるようになった。点数が取れる人は「天才」なのでは無く（能力帰属）、自ら学ぶ事が出来る人であり、目標が定まっている人（目標設定）</u> である。授業だけの受身の姿勢ではなく、自分でしっかりと目標を定め、自ら学ぶ姿勢が日々の学習において大切である。増田さんも、この事を女子生徒に自習ノートを手渡す事によって伝えたかったのである。
2コマ目レポート：将棋道場
将棋教室の指導者は、生徒に対し将棋の対局の記録である「棋譜」をとるように言った。しかし生徒は、それをしようとはしなかった。 <u>勝った対局は振り返り易いものの、負けた対局を振り返るのは苦痛である（内省段階の自己判断・自己反応）</u> 。これは将棋の世界だけでなく、学習に関しても同じ事が言える。私も定期考査などで誤った回答を振り返る時には、 <u>筆舌に尽くし難い程の苦痛と後悔を味わう（自身の経験）</u> 。しかし、その誤答を振り返る事により次回の考査の対策や自分の弱点などを理解する事ができた。自分の弱点を知る事で、更なる飛躍が望めるのである。もし失敗を振り返らなければ、また同じ失敗を繰り返し、 <u>自分の弱点対策も出来ずに右往左往するであろう（内省の重要性）</u> 。失敗や負けと向き合う事で次に繋げる事が出来るのである。
3コマ目レポート：塾講師+将棋道場
<u>■双方の学習者の学習が促進されなかったのは、苦手や失敗と向き合わず自分をしっかり見つめることが出来ていなかったからである（内省段階の自己判断・自己反応）</u> 。■学習塾の場合、成績の伸び悩む生徒に対して指導者は小テストなどを通して定期的な学習を促そうとした。しかし、それでも成績は揮わなかった。ついに生徒は勉強が出来る人を「天才」と呼び、成績の良し悪しを「才能」という物差しで測る（能力帰属）ようになってしまった。この事から学習塾の指導者は方針を変え、小テストは継続するものあまりにも成績が揮わない生徒には自習ノートを提出させるようにした。生徒自身が学習しているつもりでも、それが確実に身につけているとは限らない。また、自習の動機を提出させる事で指導者は生徒の学習状況を把握出来る上、生徒も自主的に学習出来る。この指導方法によって <u>生徒はメタ認知をして「わからないところがわからない」状態から脱却し（遂行段階でのメタ認知）、自分の得意分野不得意分野も把握できるようになった</u> 。■将棋塾の場合、指導者は生徒に対し対局の際には棋譜をとるように言った。しかし、生徒は自分の腕に自信があったため対局を振り返る事をしなかった。両者の相違点は振り返らない理由である。先程の学習塾の例とは違い、 <u>この生徒は「勝ち」だけにこだわっていた（防衛的決定）</u> のである。もし自分の得意とする戦法で負けたとしてもそれは単なる「偶然」に過ぎないと考え、真剣に対局を振り返る事は勿論棋譜をとる事も無かった。遂に指導者は棋譜をとれという指導を聞かない生徒を叱った。指導者には負け嫌いではなく負けず嫌いになってほしいという気持ちがあった。単に負けそのものを嫌うのではなく、負けないために負けと向き合してほしいのだ。 <u>将棋塾の指導者が生徒を叱ったのは、指導者に従わなかったからと言うより生徒が負けと向き合う事から逃げていたからである（防衛的決定）</u> 。■双方の指導者は生徒が主体的に学習に取り組む姿勢を求めたが、それによって生徒自身が自ら進んで学習に取り組む意欲も同時に沸かせることにもなった。学習塾の生徒は目に見える形で効果が得られた。短期的に行われる小テストですぐに自分の成長を確認できるからだ。一方で将棋塾の生徒の場合は、強豪の相手が出そう大会でなければ自分の成長をしっかりと確認できない。棋譜をとるよりプロの将棋を見たほうが自分のためになると生徒は考えてしまったのもそのためである。叱られた後から将棋塾の生徒は棋譜をとるよう努力していくが、生徒自身にその真意が伝わっているかどうかは定かでは無い。映像にはその後の情報が一切なかった為そう言わざるを得ないが、負けと向き合う事により生徒はより一層成長する事が出来るのは确实と言えよう。今後、生徒が継続的に成長していくには指導者側の真意を汲み取り、自主的に負けと向き合わなければならない。叱られるから、提出しないとイケないからという理由で続けていけば、いずれそれは通用しなくなってしまう。負けと向き合うことはとてつもなく苦痛であるが、その苦痛の分だけ伸び代がある。学習者はそれを肝に銘じて、外発的にではなく内発的に成長していかなければならない。

目のレポートでは、「自律的学び」、「能力帰属」、「目標設定」、2 コマ目でも、「内省段階の自己判断・自己反応」などに言及し、SRLの要素に結びつけた記述を行っている。また、1 コマ目・2 コマ目では、できるだけ自分の経験と結びつけて書くように指示しており、この例でもビデオの内容に類似する自分の経験を記述している。

3 コマ目では、2 つのビデオを再度視聴して、双方の学習者の学習が阻害されていた要因の共通点・相違点を記述するよう指示している。この例では、内省段階に焦点を当て、塾講師の女子生徒の場合は、まわりが天才という「能力帰属」、将棋道場の場合は、負けを受け入れない「防衛的決定」に言及している。一方で、予見段階での目標設定や遂行過程のセルフモニタリングなどには触れられていない。

5. まとめと今後の課題

自己調整学習の概念・方略の意識的活用の促進を目的とする授業の評価を行った。授業評価アンケートの因子分析を行い、理解度の高低と学びに関する意識変化の関連を調べた。その結果、理解度と意識変化の間に明確な関係は見られなかった。また、レポートの例を示し、ビデオの内容を、自身の経験を踏まえながら、自己調整学習の理論を用いて解釈していることを確認した。

今後は、学習者の授業評価と、レポート内容の関係の分析から学習効果を確認する必要がある。レポートや学びに関する意識変化の記述でも、自身の経験と授業内容を関連付けて記述している学習者と、そのような関連付けができていない学習者がいるため、学習主題と自身の経験の関連付けに関して、個々のレポートの分析を行う。また、学習者が自己調整学習の観点から、自身の学習経験を想起しやすい内容のビデオを選択し、授業内容を再度見直すことも今後の課題である。

参 考 文 献

- (1) 日本経済団体連合会：“次代を担う人材育成に向けて求められる教育改革”，一般社団法人 日本経済団体連合会 (2014)
- (2) P.グリフィン，他（編），三宅なほみ，他（監訳）：“21 世

紀型スキル：学びと評価の新たなかたち”，北大路書房 (2014)

- (3) 中央教育審議会：“新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～（答申）”，中央教育審議会 (2012)
- (4) Bruer, J.T.: “Schools for Thought: A Science of Learning in the Classroom”, MIT Press (1993)
- (5) Dunlosky, J. and Metcalfe, J.: “Metacognition”, Sage (2009)
- (6) 三宮真智子（編）：“メタ認知”，北大路書房 (2008)
- (7) 市川伸一（編）：“発達と学習”，北大路書房 (2010)
- (8) Schunk, D. H. and Zimmerman, B. J.: “Self-Regulated Learning: From Teaching to Self-Reflective Practice”, Guilford Press (1998)
- (9) 伊藤崇達：“自己調整学習の成立過程”，北大路書房 (2009)
- (10) 自己調整学習研究会（編）：“自己調整学習—理論と実践の新たな展開へ—”，北大路書房 (2012)
- (11) 仲林 清：“自己調整学習を主題とするビデオとオンラインレポートを活用した授業設計の検討と試行”，日本教育工学会研究報告集，JSET15-4, pp.63-70 (2015)
- (12) 仲林 清：“自己調整学習を主題とするビデオとオンラインレポートを活用した授業の試行と評価”，教育システム情報学会研究報告, 30(5), pp.33-40 (2016)
- (13) 仲林 清：“自己調整学習を主題とするビデオとオンラインレポートを活用した授業実践における学習者の意識変化”，日本教育工学会研究報告集，JSET16-4, pp. 39-46 (2016)
- (14) 仲林 清：“自己調整学習を主題とする授業実践における受講者の学習に関する意識変化”，教育システム情報学会研究報告, 31(6), pp. 167-172 (2017)
- (15) 仲林 清：“自己調整学習に関する内省・概念化を促す授業における学習者の意識変化”，日本教育工学会研究報告集，JSET17-4, pp. 51-58 (2017)
- (16) 仲林 清：“自己調整学習に関する内省・概念化を促す授業における学習者意識変化の分析”，教育システム情報学会研究報告, 32(5), pp. 1-8 (2018)
- (17) Nakabayashi, K.: “Course design investigation and trial on the subject of self-regulated learning using video content and online report submission”, Interactive Technology and Smart Education, 15(2), pp. 104-118 (2018)
- (18) 仲林 清，國宗永佳：“自己調整学習に関する内省・概念化を促す授業がプログラミング演習科目の受講意識に

- 与える効果”, 日本教育工学会研究報告集, JSET17-4, pp. 463-470 (2017)
- (19) Kolb, D. A.: “Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development”, FT Press (1983)
- (20) 仲林 清: “技術イノベーションを主題とするビデオとオンラインレポートを活用した授業実践”, 教育システム情報学会誌, Vol.30, No.2, pp.172-186 (2013)
- (21) 仲林 清: “組織における問題解決を主題とする ビデオとオンラインレポートを活用した授業実践”, 教育システム情報学会誌, Vol.32, No.2, pp.171-185 (2015)
- (22) 藤澤伸介: “ごまかし勉強”, 新曜社(2002)
- (23) NHK: “あしたをつかめーしごともくらしも #033”, <http://www.nhk.or.jp/u29design/ashitsuka/033/> (2014)
- (24) NHK: “負けて強くなれ ～名門将棋道場の日々～”, <http://tvtopic.goo.ne.jp/kansai/program/nhk/25825/138725/> (2012)

スマートフォンを使用しながら授業を受けることが

学習者に与える影響

—高等学校理科の科学と人間生活における授業実践—

宇宿 公紀

東京都立瑞穂農芸高等学校

Influence of smartphone use during a class: Focusing on Science and Our Daily Life

Kiminori Usuki

Tokyo Metropolitan Mizuho Nougai High School

2019年11月に都内の高校生を対象に高等学校理科の科学と人間生活における授業実践を行った。本研究では、様々な授業形態においてスマートフォンを使用することが学習者の意識に与える影響について分析することを目的とした。現地調査した内容とWebページを活用した講義後に、スマートフォンの使用を全て許可した場合、スマートフォンの使用を全て禁止した場合、スマートフォンの使用を一部のみ許可した場合の3つの条件で授業を行った結果、全ての条件においてポジティブに感じる項目が確認された。さらに、自由記述の結果から、植物園や動物園、科学館へ行きたいと回答した生徒もいたため、今後の体験的な学びにも期待できる。

キーワード: スマートフォン, BYOD, Web ページ, 主体的・対話的で深い学び, 科学と人間生活

1. はじめに

文部科学省(2019)は、BYOD(Bring Your Own Device)も含めた公費以外による整備等について、「ICT活用教育アドバイザー」や総務省・経済産業省等と連携して検討・随時情報提供することを示している。また、東京都教育委員会(2018)は、生徒の所有するICT機器を活用した学習支援等を実施するため、導入時及び運用における課題の解決の方向性を検討している。日本スマートフォンセキュリティ協会 啓発事業部会(2019)は、2019年2月に調査を行った高校1年のスマートフォン(以下、スマホ)の所有率は98%であることを示している。このことから、今後BYODとしてスマホを教育現場で使うことが増加していくことが予測される。また、スマホを授業で活用する場面は数多く挙げられるが、生徒が生涯にわたって必要な情報を得るため使用するであろうWebページの活用に着目する。

本研究では、様々な授業形態においてスマホを使用することが学習者の意識に与える影響について分析することを目的とした。具体的には、Webページを活用

した講義後に、生徒が考える場面を設定し、スマホの使用を全て許可した場合、スマホの使用を全て禁止した場合、スマホの使用を一部のみ許可した場合の3つの条件で授業実践を行い、生徒の意識を検証した。

2. 調査の方法

2.1 調査の手続き

都内の高校生を対象に科学と人間生活の授業実践を3回行った。調査日、人数、授業内容、スマホの使用条件を表1に示す。

調査1は、東北大学植物園のWebページなどを活用して授業を行った。東北大学植物園のWebページは、「教育/普及」のコンテンツがあり、日本の植生、生物多様性などについて、多くの画像を用いて説明してある。また、調査1は、教員が東北大学植物園を現地調査した内容と東北大学植物園のWebページをスライドに提示して講義を行った。講義後にワークシートの全ての問いに関してスマホの使用の許可を行い、生徒が必要に応じてスマホでWebページを検索する授業形態であった。

調査 2 は、仙台市八木山動物公園の Web ページなどを活用して授業を行った。仙台市八木山動物公園の Web ページは、Twitter との連動機能などを活用して最新情報が分かりやすくまとめられており、数多くの動物が画像やスライドショーを用いて説明してある。また、調査 2 は、教員が仙台市八木山動物公園を現地調査した内容と仙台市八木山動物公園の Web ページをスライドに提示して講義を行った。講義後にワークシートの全ての問いに関してスマホの使用を禁止し、教員と生徒が問いについて 1 問ごとに一緒に考える授業形態であった。

調査 3 は、北陸電力の Web ページなどを活用して授業を行った。北陸電力の Web ページは、日本の発電方法や今後の電力供給などについて、図やデータを用いた分かりやすい説明となっている。また、調査 3 は、教員が北陸電力 科学館「ワンダーラボ」を現地調査した内容と北陸電力の Web ページをスライドに提示して講義を行った後、ワークシートの最後の問いのみに関してスマホの使用を許可した。スマホを使用せずに教員と生徒がワークシートの問いに 1 問ずつ考えた後、最後の問いのみ生徒が必要に応じてスマホで Web ページを検索する授業形態であった。

表 1 調査日、人数、授業内容、使用 Web ページ、スマホの使用条件

	調査 1	調査 2	調査 3
調査日	2019 年 11 月 19 日	2019 年 11 月 22 日	2019 年 11 月 29 日
人数	21	16	18
使用 Web ページ	東北大学 植物園	仙台市 八木山 動物公園	北陸電力
スマホの使用条件	全ての 問いで 使用可能	全ての 問いで 使用禁止	最後の 問いのみ 使用可能

2.2 調査の方法

学習後の意識について調べることを目的に質問紙による調査を行った。質問内容は、主体的・対話的で深い学び及びそれに関連する内容であった。「次の質問においてあなたがどう思うか教えてください」と質問し、5 件法(1:全くそう思わない~3:どちらともいえない~5:とてもそう思う)で回答を求めた。また、授業で使用した Web ページと授業の感想を「あなたが思ったことを自由に書いてください」と教示し、自由記述で記入してもらった。

2.3 分析の方法

まず、意識の得点における平均値と標準偏差を算出した。次に、各調査日ごとの意識の得点の相関関係を求めた。最後に、自由記述の内容を確認し、考察した。

3. 結果

3.1 スマホの使用を全て許可した授業(調査 1)

2019 年 11 月に都内の高校生 20 名を対象に授業を行ったところ、20 名中 19 名がスマホを使用して課題に取り組んだ。スマホを使用した 19 名の生徒における意識の得点の平均値と標準偏差を表 2 に示す。

表 2 意識の得点の平均値(標準偏差)

調査項目	平均値	標準偏差
1 内容を理解できた	3.47	1.04
2 集中することができた	3.58	1.14
3 学習内容に興味をもてた	3.50	1.21
4 考えることができた	3.68	1.26
5 主体的に学ぶことができた	3.47	1.19
6 深く学ぶことができた	3.32	1.17
7 自分の考えが、スマホで調べたことに影響を受けた	3.28	1.19
8 自分の考えに自信がもてた	3.26	1.25
9 自分の考えを誰かに伝えたい	2.74	1.37

表 2 から、「そう思う」に近い意識の得点の平均値の順に「考えることができた」が 3.68、「集中することができた」が 3.58 であった。また、意識の得点の相関係数を表 3 に示す。

表 3 意識の得点の相関係数

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	.88								
3	.90	.90							
4	.79	.83	.89						
5	.71	.81	.81	.91					
6	.74	.73	.75	.89	.91				
7	.70	.77	.72	.75	.83	.90			
8	.79	.82	.77	.76	.77	.84	.97		
9	.42	.43	.40	.56	.63	.71	.64	.62	

※各番号の項目は表 2 の項目を示す。

表 3 から、全ての意識の得点において正の相関がみられた。表 3 の一部の結果として、表 2 の意識の得点が「そう思う」であった「集中することができた」、「考えることができた」の相関係数を求めたところ、強い正の相関がみられた。

3.2 スマホの使用を全て禁止した授業（調査 2）

2019 年 11 月に都内の高校生 16 名を対象に授業を行った。生徒の意識の得点の平均値と標準偏差を表 4 に示す。

表 4 意識の得点の平均値（標準偏差）

調査項目	平均値	標準偏差
1 内容を理解できた	3.94	1.14
2 集中することができた	3.81	1.07
3 学習内容に興味をもてた	3.81	1.13
4 考えることができた	3.50	1.32
5 主体的に学ぶことができた	3.69	1.10
6 深く学ぶことができた	3.56	1.06
7 自分の考えに自信が持てた	2.93	1.12
8 自分の考えを誰かに伝えたい	2.93	1.18

表 4 から、「そう思う」に近い意識の得点の平均値の順に、「内容を理解できた」が 3.94、「集中することができた」、「学習内容に興味をもてた」が 3.81 であった。また、意識の得点の相関係数を表 5 に示す。

表 5 意識の得点の相関係数

	1	2	3	4	5	6	7	8
1								
2	.86							
3	.96	.95						
4	.85	.90	.94					
5	.83	.95	.91	.88				
6	.75	.81	.77	.74	.85			
7	.67	.71	.78	.84	.69	.61		
8	.58	.52	.59	.54	.60	.58	.75	

※各番号の項目は表 4 の項目を示す。

表 5 から、全ての意識の得点において正の相関がみられた。表 5 の一部の結果として、表 4 の意識の得点が「そう思う」であった「内容を理解できた」と「学習内容に興味をもてた」は非常に強い正の相関がみられた。

3.3 スマホの使用を一部許可した授業（調査 3）

2019 年 11 月に都内の高校生 18 名を対象に授業を行ったところ、18 名中 15 名がスマホを使用して課題に取り組んだ。スマホを使用した 15 名の生徒における意識の得点の平均値と標準偏差を表 6 に示す。

表 6 意識の得点の平均値（標準偏差）

調査項目	平均値	標準偏差
1 内容を理解できた	3.80	0.91
2 集中することができた	3.67	0.87
3 学習内容に興味をもてた	3.53	0.96
4 考えることができた	3.67	1.01
5 主体的に学ぶことができた	3.67	0.87
6 深く学ぶことができた	3.60	0.88
7 自分の考えが、スマホで調べたことに影響を受けた	3.40	0.88
8 自分の考えに自信をもてた	3.67	0.87
9 自分の考えを誰かに伝えたい	3.53	0.81

表 6 から、「そう思う」に近い意識の得点の平均値の順に、「内容を理解できた」が 3.80、「集中することができた」、「考えることができた」、「主体的に学ぶことができた」、「自分の考えに自信をもてた」が 3.67 であった。また、意識の得点の相関係数を表 7 に示す。

表 7 意識の得点の相関係数

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	.93								
3	.74	.94							
4	.87	.94	.87						
5	.93	1.00	.94	.94					
6	.82	.96	.97	.82	.96				
7	.60	.78	.86	.75	.78	.81			
8	.93	.91	.77	.94	.91	.78	.78		
9	.78	.83	.76	.79	.83	.77	.92	.92	

※各番号の項目は表 6 の項目を示す。

表 7 から、全ての意識の得点において正の相関がみられた。表 7 の一部の結果として、表 6 の意識の得点が「そう思う」であった「内容を理解できた」と「集中することができた」、「主体的に学ぶことができた」、「自分の考えに自信をもてた」は非常に強い正の相関がみられた。

られた。

4. 考察

調査1の結果から、授業後に「考えることができた」、
「集中することができた」という意識であることが確認された。調査1の自由記述の結果から、東北大学植物園のWebページの感想は、「いろいろな木や植物がありすごいと思った」、「知っている植物があった」、「面白そうだから、植物園に行ってみたくなった」などがみられた。授業の感想は、「植物満載だね」、「他の花をもっとみてみたい」、「楽しめた」、「こういう授業をどんどんやってほしい」などみられたことが内容の集中や考えることができたという意識に影響を与えたことが1つの要因として考えられる。

調査2の結果から、授業後に「内容を理解できた」、
「集中することができた」、「学習内容に興味をもてた」などの意識であることが確認された。調査2の自由記述の結果から、八木山動物公園のWebページの感想は、「トラの毛並みがとても良い」、「久しぶりに動物園に行きたくなった」、「可愛いと思った」などがみられた。授業の感想は、「良かった」、「動物についてわかった」、「楽しかった」などがみられたことが、授業内容への興味や理解力、集中することができたという意識に影響を与えたことの1つの要因として考えられる。

調査3の結果から、授業後に「内容を理解できた」、
「自分の考えに自信がもてた」などの意識であることが確認された。調査3の自由記述の結果から、北陸電力のWebページの感想は、「すごい」、「分かりやすい」、「面白い」などがみられた。授業の感想は、「電気の大切さを実感した」、「ダムには行ったことがある」、「楽しかった」などがみられたことが、内容への理解や自分の考えに自信がもてたという意識に影響を与えたことの1つの要因として考えられる。

調査1で問いにおけるスマホを全て許可した場合と調査2でスマホの使用を全て禁止した場合においては「自分の考えに自信をもてた」という質問に関して「どちらともいえない」という意識であったが、調査3で最後の問いのみスマホの使用を許可した場合においては、「自分の考えに自信をもてた」ことに「そう思う」という意識に近くなった。

5. まとめ

本研究では、Webページを活用した講義後に、スマホの使用を全て許可した場合、スマホの使用を全て禁止した場合、スマホの使用を一部のみ許可した場合の3つの条件で授業を行った。スマホを使用することが学習者の意識に与える影響について分析することを目的として、授業実践を行ったところ、全ての条件において「そう思う」という意識である項目が確認された。従って、授業形態に合わせて、スマホの使用の仕方を変えても良さそうである。さらに、自由記述の結果から、植物園や動物園、科学館へ行きたいと回答した生徒もいたため、今後の体験的な学びにも期待できる。

今後の課題としては、スマホの使用の有無による生徒の考えに与える影響などが考えられる。

謝辞

本研究は、東北大学植物園、仙台市八木山動物公園、北陸電力に協力していただいた。感謝の意を表したい。また、JSPS 科研費 19H00060 の助成をいただいた。

参考文献

- (1) 文部科学省: “新時代の学びを支える先端技術活用推進方策 (最終まとめ)”, p14 (2019)
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/_icsFiles/afieldfile/2019/06/24/1418387_01.pdf
(2019年12月5日確認)
- (2) 東京都教育委員会: “BYOD研究指定校等について”, (2018) http://www.kyoiku.metro.tokyo.jp/school/designated_research_school/byod/byod.html, (2019年12月5日確認)
- (3) 日本スマートフォンセキュリティ協会 啓発事業部会: “中高生スマホ利用傾向調査レポート 2019年2月版”, p4(2019), https://www.jssec.org/dl/UsageTrend_ResearchReport_MiddleSchoolStudent_20190322.pdf
(2019年12月5日確認)
- (4) 内閣府: “平成30年度 青少年のインターネット利用環境実態調査 調査結果(速報)”, p7(2019), <https://www8.cao.go.jp/youth/youth-harm/chousa/h30/net-jittai/pdf/sokuhou.pdf> (2019年12月5日確認)

User Experience Considerations in Motivational Design for Sustainable Mobile Learning Usage

Jarmo Seppälä^{*1,2}, Takashi Mitsuishi^{*1}, Yuichi Ohkawa^{*1},
Xiumin Zhao^{*1}, Marko Nieminen^{*2}

^{*1} Tohoku University, ^{*2} Aalto University

This study investigates how student feelings and emotions in a smartphone-based review material application can be used to develop motivating features for sustained m-learning use. Subject of the study is a smartphone application used in Chinese learning, “KoToToMo Plus”. In order to investigate these feelings and emotions, we use the Keller’s ARCS model of motivational design and appropriate User Experience (UX) design methods. The subject is approached through a practical design challenge, in which interactive UI prototypes are created and evaluated in iteration. These prototypes are used to measure the user experiences, in order to find out if there are unique design considerations relevant to the motivational design of m-learning applications. In addition, we demonstrate how UX research can be utilized in instructional design & Motivational Design Process.

Keywords: User Experience, User Interface, Motivational Design, ARCS

1. Introduction

Learning a foreign language requires a time, motivation and various learning methods. Reviewing and repetition play a key role in mastering a language; mere classroom education hours are not enough. Therefore, many institutes have proposed approaches that combine online educational materials with traditional classroom methods. Blended learning enables the usage of different forms and methods, such as mobile learning, in foreign language teaching settings, inside and outside formal tuition. Given the vast coverage of mobile devices, increasing number of students wish for learning materials to be distributed through their smartphones. However, only a handful of learning materials have been designed to facilitate this type of mobile learning. Currently, there are no clearly defined approaches for designing such materials for blended learning environments that considers user’s motivations, learning goals or user experiences while interacting with the UI. (2)

As a supplement to the face-to-face beginner level Chinese courses, a mobile application, KoToToMo Plus, has been used in a blended learning classroom to review the studied materials after the classroom lectures (1). The application allows students to practice four types of language learning; reading, speaking, listening and writing. The application makes use of microlearning, in which learning contents can be studied in small portions throughout the day, independent of time and place. The application has been in use since 2017 and is constantly being developed and updated to meet

student’s learning needs. Recently, KoToToMo’s user interface (UI) has been updated as KoToToMo Plus, in order to enable students to review the materials according to the class progress and to select learning content according to their recent status. (2) These functions are visualized in figure 1 below.

According to the questionnaire results, students found the new visualization functions useful, but increased learning time and amounts cannot be yet confirmed. Language learning is a type of skill learning; continuous and repetitive daily learning habit is preferable for attaining language mastery. Therefore, further investigation on methodologies that increases learning durations in addition to promoting intermittent learning is necessary. (3)

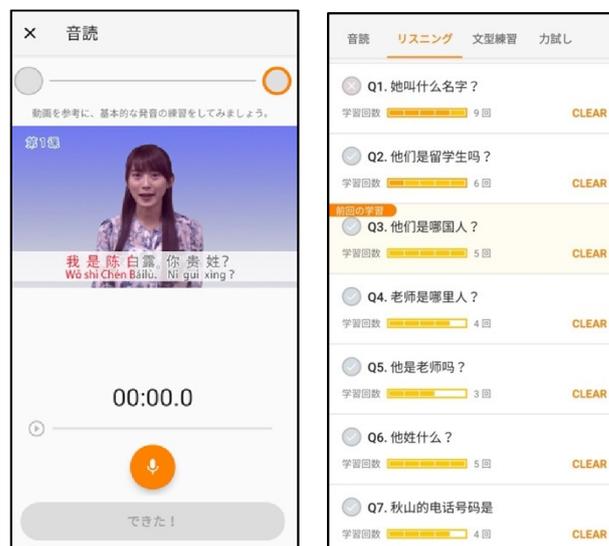


Fig. 1. Screenshots of the existing application

2. KoToToMo Plus

2.1 Current usage patterns and issues

Although KoToToMo Plus has been generally well received by the students, there are distinctive learning patterns and reoccurring student feedback that gives an indication of varying motivation levels.

With the recent updates in the UI, students are able to track their study progress within the app, but there is a lingering sense of uncertainty among the students about how much repetition is enough; how to know the maturity levels of the studied subjects? Students also tend to postpone their learning, although there are possibilities to study anytime and anywhere. Consequently, majority of the students study right before the bi-weekly quizzes, instead of regularly throughout the semester. Regular learning has been demonstrated to be a more effective way in retaining the information long after the course has ended, comparing to intense, last-minute studying before the exam (4). Some students have also expressed their discomfort in doing speaking and pronunciation practices in public spaces. This might affect the physical location and time, when student engage in this practice. (2)

2.2 Necessity of UX Research

In order to boost student motivations to do more regular learning, we need a more holistic view on how KoToToMo Plus is used.

Much of the UX research is about understanding user expectations, needs and behaviors through systematic and investigative approaches. In other words, the goal of a UX is to support in the process of understanding how people perform tasks and achieve goals that are important to them. By interacting with the actual users of KoToToMo Plus, we might get better sense of the impact of the application's design on future users, while omitting our own biases related to assumptions and expectations.

The essence of UX is focusing on actual user needs, for which the required features can be defined and prioritized. So far, qualitative means of data gathering has not been conducted with the students. We believe that investigating student feelings and emotions about using KoToToMo Plus could provide further insight on how the application is used in real life contexts. Thus, we believe that user experience (UX) design and research can be used to tackle these issues. (5)

We investigate the UX requirements for sustainable mobile language learning through these issues and propose a suitable UX model.

3. UX in Digital & Learning Systems

3.1 Perspectives and Elements of UX

Garret (2000) presents a 5-plane model for constructing user experience for Web UIs, but it's applicability can be extended in other types of interfaces and digital product design as well. The model shows the relation of the planes from abstract to more concrete. This can be seen in the figure 2 below.

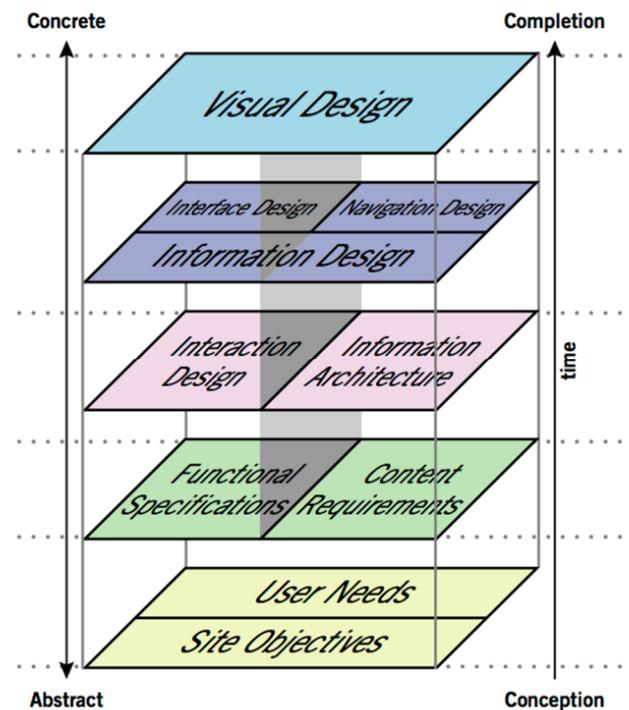


Fig 2: The Elements of User Experience

Left part of the model is task-oriented and considers the UX from a more functional, software interface-oriented viewpoint. Right part of the model is more information-oriented and describes the UX as a traditional hypertextual information space, as the Web originally used to be. (17)

Morville presents *UX honeycomb* model, which explains 7 different aspects, or “facets” of the user experience that a product or a service might have;

- **Useful:** product fulfills users' needs
- **Usable:** the product must be easy to use
- **Desirable:** image, identity, brand, etc. are used to evoke emotion and appreciation
- **Findable:** navigable sites & easily locatable items

- **Accessible:** product considers people with disabilities
- **Credible:** Users trust and believe the product

Morville explains three main usages for his model. First, it is a tool for communication. The facets can initially help the designer to identify and prioritize all the relevant areas to good user experience. For example, by asking questions such as “which of the facets are more important than the others, e.g. is it more important for the application or product to be accessible, than desirable?”

Second, the model brings a modular approach; each of the facets can be targeted individually in the design.

Lastly, the model can be used as a “glass window” for looking through and speculating what type of activities the users would do, per a facet. This can potentially transform how designers see what they are doing, enabling them to look beyond conventional boundaries. (18)

3.2 UX & Instructional Design overlap

UX research and instructional design disciplines share many similarities, but there seems to be a lack of communication between these two fields (6). This section discusses what UX considerations are important in learning environments.

Development of learning applications in mobile contexts has challenges in pedagogy, evolving technology, usability and UX design. The studies on how UX can work together with instructional design are scarce, but there are certain elements that have been demonstrated to be of great importance in distance learning platforms. In mobile learning environments, well-designed user interfaces with high usability have had a significant effect on student motivations (7), but according to Hassenzahl, there are “beyond instrumental” characteristics, in which user’s holistic goals and hedonic aspects also need to be fulfilled (8). These can be considered as non-functional requirements (e.g. feelings of engagement, enjoyment, accomplishment and emotional attachment), which seem to play a key role in supporting sustainable usage of an m-learning application (9). The importance of emotions that the user experiences when using an application have been demonstrated, but these factors have not yet been researched thoroughly (11).

According to Haag, instructional designers should consider establishing UX goals for their solutions in order for the learners to find them usable, engaging and motivating, along with satisfactory learning experiences (12). Examining UX in learning systems from both UI and instructional design perspectives is

possible, but there are different objectives for these two paradigms: UX supports immediate interaction and instructional design long-term learning gains. UX research typically focuses on the experiences of an individual learner, especially on aspects other than learning; these include playfulness, engagement, fun, or usability (1). As per Norman, “True user experience goes far beyond giving customers what they say they want or providing checklist features.” (10)

4. Related studies

4.1 Elevating student motivation via gamification

Pioneer in the field of gamification, Yu-Kai Chou, argues that even though many UX designers might craft easy-to-use UIs and effortless experiences, they do not explicitly focus on improving user’s intrinsic or extrinsic motivations. However, recent studies on increasing student motivations in distance learning platforms have not only utilized “traditional” UX considerations, but behavioral psychology and game design thinking. (15)

Thurston (2018) implemented an online programming course by using ARCS model for motivational design, combined with Hidi’s *four-phase model of interest development* as a framework for gamification implementation. To gain students initial attention towards distance learning, Travis states that gamification can be used to create situational interest, in order to allow the student to build interest and later become intrinsically motivated to learn. The students responded favorably to the incorporation of gamification in the course and the impact it had on the overall learning experience (14). However, the study focused on a browser-based e-learning application and does not discuss about UX considerations for motivating intrinsic, self-directed learning that is independent of time and place.

Despite of the industry-wide commotion around gamification, many studies share the consensus about the detrimental effects that some of “traditional” gamification elements, such as implementation of points, badges or achievements might have. Many gamification solutions fall short in the attempt for sustainable engagements (16).

In his framework, the *Octalysis*, Chou presents eight motivational drives that drives people to do activities. Some of the drives focusing more on extrinsic motivations, while some target more intrinsic motivations. These drives are meaning, empowerment, social influence, unpredictability, avoidance, scarcity, ownership and accomplishment. In order for gamification to be successful, Chou states that the drives need to be in balance (11). This means

that there should not only be features that draw from one or two of the drives.

Larsson (2015) used some of the core drives of the Octalysis framework in exploring how intrinsic motivation can be increased by utilizing gamification strategies in an e-Learning environment for programming. Larsson proposed his own framework, which consisted of five strategies: Meaning & Framing, Autonomy & Freedom of Choice, Mastery & Reflection, Social Connection & Relatedness and Context & User Situation. Larsson specifically targets intrinsic motivations, leaving out the “traditional” gamification methods. The Octalysis provides a properly structured overview of the different motivations, it is still rather abstract. Larsson also points out, that of the core descriptions are unclear and lack scientific consensus. (16)

When analyzing the beforementioned studies, it is apparent that gamification is a prevalent element in motivational design approaches, whether it is targeting extrinsic or intrinsic motivations.

4.2 UX Frameworks for m-learning

Dirin et al. proposed a mLUX framework, which provides a user-centered process model for developing m-learning applications. In its core, the framework consists of three components; stakeholders, context of use and process. (11)

Practical methods in the development and design process make use scenarios and stories that embed user’s emotional and behavioral factors into the concept development phase. The framework considers UX related factors, such as delightfulness, reliability, satisfaction, and adjustability as key factors when designing for continuous usage in any m-learning application. Satisfaction and adjustability arise from the direction of usability, in contrast to delightfulness and reliability which relate to students’ emotions and feelings. Dirin et al. have used the framework in various case studies; one of them investigated sustainable usage in an m-learning based driving school application via students’ emotional engagement. (11)

They measured the UX through these four key factors, with each factor having their own respective goal descriptions. Evaluation criteria for these factors were measured through subjective and behavioral means. They referred this method as Emotional Evaluation Analysis (EEA). As an example, one of the goals for adjustability is that students are able to customize their UI’s to their preferences and have the choice in selecting communication format, like email or newgroup. Subjective measurement criteria then assess whether the students feel that they have control of the application. They emotionally express as

though the application is their own. Behavioral measurement criteria observe whether the learners are relaxed and do not express stress or feeling of being lost in the application. The measurements were conducted during the usability tests of the application. (11)

5. Proposal of UX research for KoToToMo & complementing ARCS

5.1 UX design for mobile learning motivation

Given the microlearning context in KoToToMo Plus, we believe that capturing student attention becomes the utmost concern for the UX design in motivation. *Attention* is also one of the main components in the motivational design framework, ARCS, where it is defined as curiosity, attention grabbing, and senses-seeking. In other words, it could be considered as a component that targets user’s motivations through visual and perceptual cues in the UI. Although the Attention component discusses about the strategies on capturing student interests, stimulating an attitude of inquiry and maintaining the attention (13), it does not deeply discuss about complex process of building for the UX in a digital learning environment, or cover the UX facets that were presented in the previously mentioned honeycomb.

How to intrinsically motivate the students through immediate interaction to do spontaneous, unplanned microlearning? In other words, how can we motivate the students before they look and interact with the app itself?

The current situation on how KoToToMo Plus is used by the students provide an opportunity to apply UX principles and user-centered design to investigate and clarify student statements. Whereas the student data will provide the framing for the UX, the ARCS model & Motivational Design process provide systematic phases for developing motivational learning contents.

5.2 Current work and assumptions

We aim to gather the consensus amongst the existing and related UX and gamification frameworks, for example from those of Dirin, Garret, Chou. We investigate how they might differ or relate to the ARCS model, in order to create a synthesized model that considers both instructional design and user experience principles.

With the current student survey & statistics and state-of-art analysis as a groundwork, we can propose initial assumptions for the current issues in KoToToMo Plus usage.

Regarding the concerns about doing repetitions, we suspect that the students might be lacking the *sense of accomplishment* and *satisfaction*, due to the absence of informational and educational feedback. This could be targeted with extrinsic rewards, like badges or points.

Procrastination might be an indication of *lack of intrinsic motivation*. Intrinsic reinforcement should encourage the student about the benefits of using the m-learning application regularly (13). The question revolves around on questions like “how to motivate the student to start?” As an example, the students could receive push notifications to do their daily learning, and the UI could have a visualization of how many consecutive days the student has studied.

The student feedback about in-game items might indicate real user needs around *fun and entertaining features*, but these should be further validated, for example through interviews and testing sessions with interactive prototypes. Once the relevant UX factors for KoToToMo Plus are verified, we could also measure the UX through similar metrics as in used in the EEA, by Dirit *et al.* (11)

6. Conclusions

By identifying and elaborating the relevant UX factors in KoToToMo Plus and assigning goals and evaluation metrics, we believe that student feelings and emotions can be harnessed in designing and developing new, intrinsically and extrinsically motivating features for sustainable m-learning use. Through conducting a systematic study, connected to both Motivational Design and UX principles, the general aim of this study is to produce set of guidelines and recommendations for similar studies.

KoToToMo Plus has limitations, which needs to be addressed in the research. First, the e-learning materials used in this research were developed for only Japanese students learning Chinese as a foreign language. Subject matter and cultural contexts might affect the results of the study. Second, the learning data was collected from elective Chinese courses. Mandatory or elective courses might affect students’ motivation and decision-making and might not represent an all-encompassing view on motivations in using KoToToMo Plus. Lastly, we must consider the relevant mobile affordances in smartphone contexts, as KoToToMo Plus is only used in students’ smartphones.

References

- (1) Zhao, X., Tomita, N., Konno, F., Ohkawa, Y. & Mitsuishi, T., 2019. Development and Practice of Review Material KoToToMo for Use on Smartphones in Blended Learning by Beginning Learners of Chinese in University, *The Journal of Information and Systems in Education*, Vol.36, No.2, pp.131-142 (2019) (in Japanese)
- (2) Ohkawa, Y., Kodama, M., Konno, Y., Zhao, X., & Mitsuishi, T., 2018. A Study on UI Design of Smartphone App for Continuous Blended Language Learning, *Proc. of ICBIR2018*, pp.584-589
- (3) Ohkawa, y., Kodama, M., Konno, Y., Zhao, X., & Mitsuishi, T., 2019. Development and Evaluation of Smartphone Learning Material for Blended Language Learning, *Proc. of InCIT2019*, pp.108-113
- (4) Dunlosky, J. et al., 2013. Improving Students’ Learning With Effective Learning Techniques: Promising Directions From Cognitive and Educational Psychology’, *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), pp. 4–58. doi: 10.1177/1529100612453266.
- (5) Farrell, S. 2017. UX Research Cheat Sheet. Nielsen Norman Group. Viewed 1 December 2019. <https://www.nngroup.com/articles/ux-researchcheat-sheet/>
- (6) Kapros E., Koutsombogera M., 2018 Introduction: User Experience in and for Learning. In: Kapros E., Koutsombogera M. (eds) *Designing for the User Experience in Learning Systems*. Human–Computer Interaction Series. Springer, Cham.
- (7) Hu, Y., 2008. Motivation, Usability and Their Interrelationships in a Self-paced Online Learning Environment. Dissertation, 2008.
- (8) Hassenzahl, M., & Tractinsky, N. 2006. User experience - a research agenda. *Behaviour & Information Technology*.
- (9) Dirin, A. and Nieminen, M., 2017a. User Experience Evolution of M-Learning Applications. In: *Proceedings of the 9th International Conference on Computer Supported Education*. Vol 1, pp. 154161.
- (10) Norman, D. & Nielsen, J., 2016. The Definition of User Experience (UX). Nielsen Norman Group. Viewed 4 December 2019. <https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience/>
- (11) Dirin, A., Laine, T. H., Nieminen, M., 2017b. Sustainable Usage through Emotional Engagement: A User Experience Analysis of an Adaptive Driving School Application. *Cognition, Technology & Work Journal*. Vol. 19, Issues 2–3, pp. 303–313
- (12) Haag J., Berking P. (2015) Design Considerations for Mobile Learning. In: Zhang Y. (eds) *Handbook of Mobile Teaching and Learning*. Springer, Berlin, Heidelberg
- (13) Keller, J. 2010. *Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach*. New York, Springer.

- (14) Thurston, T. N., 2018. Design Case: Implementing Gamification with ARCS to Engage Digital Natives. *Journal on Empowering Teaching Excellence*: Vol. 2: Iss. 1, Article 5. <https://digitalcommons.usu.edu/jete/vol2/iss1/5>
- (15) Chou, Y. 2015. Actionable Gamification: Beyond Points, Badges, and Leaderboards.
- (16) Larsson, L., 2015. Framework for Increased Intrinsic Motivation using Gamification Strategies in E-Learning. Dissertation, 2015
- (17) Garret, J.J. 2010. Elements of User Experience, The: User-Centered Design for the Web and Beyond (Voices That Matter). New Riders Press
- (18) Morville, P. 2004. User Experience Design, Semantic Studios. Viewed 5 December 2019. http://semanticstudios.com/user_experience_design/

バドミントン競技における スポーツ解析への 360 度映像の活用

内田知巳^{*1},小田まり子^{*2},喜多努^{*1}

^{*1} 羽衣国際大学現代社会学部

^{*2} 羽衣国際大学産業経営研究所

Use of 360-degree video for sports analysis in badminton competition

Uchida Tomomi^{*1}, Oda Mariko^{*2}, Kita Tsutomu^{*1}

^{*1} Faculty of Social Sciences, Hagoromo University of International Studies

^{*2} Institute of Industrial and Management, Hagoromo University of International Studies

概要：東京オリンピック開催を目前に控え、近年盛んにおこなわれているスポーツ映像解析において、バドミントン競技でも、全日本強化選手をはじめ研究が進んでいる。VR元年と呼ばれる2016年を前後して急速に普及しているVR技術の一つである、360度カメラを用いた全天周映像があるが、この新たな映像メディアの研究分野での活用は未だ進んでいない。本研究では、この二つを合わせ、バドミントン競技のスポーツ映像解析に全天周映像を活用し、その有用性を検証した。

キーワード：映像解析，スポーツアナリティック，360度カメラ，全天球映像

1. はじめに

日本では、2020年の東京オリンピック開催を目前に控え、スポーツへの関心が高まっている。それに伴い競技スポーツへの科学的アプローチ・研究も盛んにおこなわれている。中でも映像解析とAIによる深層学習を組み合わせたゲーム分析が近年に盛んになっている。

バドミントン競技においても、スポーツ庁の主導で2008年より全日本強化選手へのスポーツ映像解析を始めとした様々な支援体制が生まれ、映像記録と解析の専属スタッフが専門的かつ高度な支援を行っている。

スポーツとは別の潮流として、VRがあるが、2016年はVR元年と称され、話題になるとともにVR関連機器やコンテンツがこの前後を境に急速に普及していった。その中の機器の一つに360度カメラがあり、そのカメラが記録できる全天球映像の活用について研究を始め

た。

先行の研究としては、バドミントン競技の映像分析として、先述の飯塚らの研究が続けられている。¹ また、スポーツへのVR映像の活用として、野球選手のイメージトレーニングシステムとして、一人称映像をHMD（ヘッド・マウント・ディスプレイ）を用いて視聴する試みが報告されている。²

いずれにしても、360度カメラ撮影および全天球映像の活用は確認されていない。本稿では、この新たな2つの潮流と組み合わせた研究として、全天球映像によるバドミントン競技での映像解析を行い、その有用性を確認した。

2. 実験の実施

羽衣国際大学バドミントン部の協力を得て、バドミ

ントン競技の練習の様子を 360 度カメラと通常のビデオカメラを用いて撮影し、その映像から解析データの抽出を行った。

そして、360 度カメラで得られる全天周映像による解析データの入力と、ビデオカメラで得られる通常ビデオ映像による映像解析データにどんな差異が生じるかを検証した。

2.1 360 度映像の撮影

全天球映像を撮影する機材として、表裏にレンズが配置された小型の 360 度カメラを使用した。(図 1)



図 1 360 度カメラ「Insta360 One」

小型軽量のため、ネットに直接貼り付けることができ、かつネットの網目の間にレンズを配置することにより、両面のコートと正面から、かつ選手の目の高さ、アイ・レベルでの映像撮影を可能にした。取付位置は全周囲を映像に収めることのできる全天球映像の画角を最大限に活かすことと、選手の視界により近い高さを想定し、床面より約 150 cm に設定した。(図 2, 図 3) また、取り付けの際にネット側のレンズにネットの糸が掛からないように位置の調整を注意するだけで、画角やカメラの向きフォーカスなどの操作を一切行う必要がない。

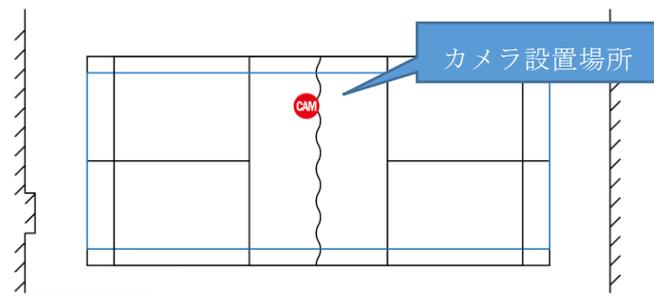


図 2 コート内のカメラ設置位置

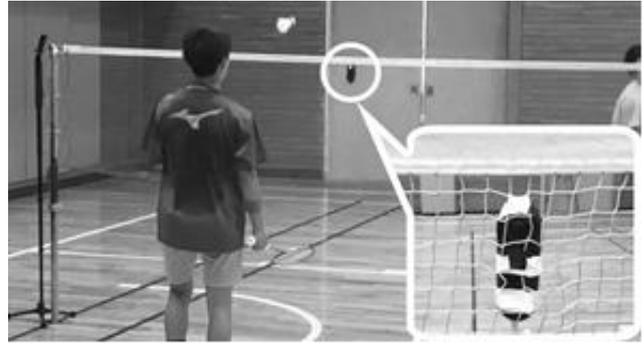


図 3 ネットへの取り付けの様子

また、360 度カメラとスマートフォンの専用アプリを Wi-fi を介して連携させることで、録画開始・停止などのカメラ操作をリモートで行うことが可能である。そのため、一度カメラを設置してしまえばバッテリーの続く限りは、一切コートに立ち入ることなく、ゲームを記録することができる。

2.2 全天球映像の視聴

上記設置場所から撮影された 360 度カメラの映像は、2 つのレンズが捉えた映像を統合する、「スティッチング (Stitching)」という工程を経て自動的にシームレスに繋がった一枚の映像として記録される。(図 4)



図 4 全天球映像：エクイレクタングラー形式

上記図 4 は全周囲の映像を方形に納めた映像である。中央部分に片方のコートを中心近くで捉え、一方のコートは両端に分割した状態で納められている。

2.3 記録映像の視聴

360 度カメラ全天球映像に対応した動画再生アプリケーション、もしくはカメラコントロールアプリで再生できる。視聴の際に図 4 のような全周囲を画面に収めてみることもできるが、周辺の歪みや位置関係の把握が困難である。そのため、映像の一部をクローズアップして人間の視野に近い画角で、見る方向を能動的に選択して視聴することができる。(図 5)



図5 視聴する方向・画角を選択できる

本実験での映像解析には、図5に示した詳細を観察できる3種類の映像を用いて、映像解析のソースとした。

2.4 通常ビデオ映像との比較

コートの外から撮影される通常ビデオでの記録映像と比較し、様々な面で違いを確認できる。

2.4.1 全天球映像のメリット

① VRによる、臨場感の高い視聴

VR対応した再生環境を用意することで、HMDを用いた視聴が可能となる。選手のプレーの振り返り、イメージトレーニングに活用することを今後検証したい。

② 視聴者による任意の視点・画角の選択

全天球映像の再生では、画面の中の映像の画角や見え方を様々な変えることができる。また、カメラを起点として、視点の方向をリアルタイムに変更することができる。全周囲のうち、注目したい任意の場所や、移動していく特定の人物をクローズアップして映し出すことが可能になる。

③ 死角が少ない映像

競技コートの中央から両面に向かい撮影を行うので、両陣の選手を正面からとらえることができる。通常ビデオでの撮影では、手前コートの選手やネットにより、奥側コートの様子には死角が発生したり、見難い状況が発生する。また、手前コートの選手は背後からの撮影となり、選手の表情や目の動き、自分の体による死角が発生してしまう。

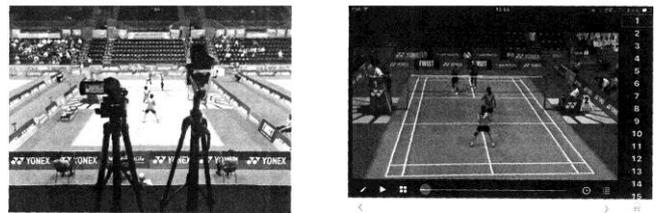


図6 通常ビデオによる撮影と映像例（画像出典²⁾）

また、バドミントン競技では、ショットによってはシャトル（シャトルコック）が高さ10mほど上がる場合もあり、フレーム上限から外れてしまう場合がある。

コート中央から撮影される全天球映像では、両コート正面から撮影しているため、両陣選手の重なりによる死角は発生しない。（ただし、ダブルスの場合は前衛／後衛選手間の死角はあるが、これも通常ビデオ映像よりも比較的少なくなる。）また、高く上がったシャトルの軌跡を天井方向に視点を変更して追うこともできる。

3. 映像編集ソフトを用いた解析データの入力

3.1 解析データ入力に用いたソフトウェア

先行事例として挙げている、飯塚らの研究⁽¹⁾で用いられている、映像解析ソフトはHudl社Sports Codeというソフトウェアである。その概要を引用する。

「Sports Codeは、スポーツの様々なシーンをビデオ映像のまま分類しデータベース化することで、ゲーム分析、評価を行うことのできるシステムである。これを用いて、分析したいシーンに必要な情報をタグ付けしていくことで、特定のシーンだけを収集した映像ファイルの作成とそれに基づいたデータの数値化が可能となる」⁽¹⁾

他にも、スポーツ・アナリストに用いられている著名なソフトウェアとしては、Dartfish社ダートフィッシュなどがある。

しかしながら、現在のところ、360度映像を入力ソースとして扱うことができるソフトウェアは見つかることができなかった。

そこで、本研究の映像解析データの入力には、映像編集ソフトウェアである、Grassvalley社Ediusというソフトウェアをつかって、解析データの入力を行った。

3.2 ゲーム分析の対象プレー

本研究の実験では,上記の条件を踏まえながら,羽衣国際大学バドミントン部の対戦形式練習の様子を撮影し,その中から,2組1ゲームずつの映像を選出した.

ゲーム1:男子シングルの1ゲーム

ゲーム2:女子シングルの1ゲーム

それら2ゲームを記録した全天球映像と通常ビデオ映像があり,合計8つの数値化結果が得られた.

4. 映像編集ソフトによるデータ入力と抽出



図7 Ediusによるタグ入力画面

360度映像,通常ビデオ映像を再生しながら,タグの入力として,テロップ情報を挿入していく.表1の内容のタグの種類に応じて,映像編集のフッテージとしてテロップを作成しておく.映像やテロップを並べ置くタイムラインは,分類項目に応じた複数のトラックを用意し,時間軸上にその瞬間に応じたタグのテロップを配置していく.(図7)

ここでは,主にゲームのサーブからポイントが決まりゲームが中断するまでの「インプレー時間」,ラリーの中で打たれるそれぞれのショットの種類などを入力し,その時間データとともに抽出することを試みた.業務用途を目的とした映像編集ソフトでは,放送設備と連携を取るための,時間情報を出力することができる.この機能を利用して,各トラックに配置している項目の時間情報を CSV 形式で数値とテキストデータを出力する.

表1 入力したタグの一覧

分類項目	タグの内容
サーブ	サーブ,レット

ゲーム時間	インプレー,オフプレー
ポイント (A陣B陣を分けて入力)	ポイント,ラインアウト,ネット,フォルト
ショット (A陣B陣を分けて入力)	スマッシュ,ハイクリア,ドリブンクリア,ハイバック,ドロップ,カット,プッシュ,ヘアピン,ロブ,ドライブ,サービス
ショット位置	右 SC,左 SC,右 SC,左 SC,ショート,ロング,ショート,ロング

これらの CSV を統合し,必要なデータのに変換して.タグの入力については,バドミントン競技選手(学生A)と,未経験者(学生B)の学生それぞれ一名が行った.両社とも映像編集ソフトの操作には慣れており,入力作業自体は困難なく行うことができた.

5. 抽出データおよび,映像からの考察

全天球映像と通常ビデオ映像の記録から,ゲーム解析のためのタグデータ抽出を通じて,わかったことを述べる.

5.1 映像の死角

通常ビデオ映像からは,撮影環境の影響が大きく反映されていることが分かった.コート片側一点からの映像撮影では,手前コートの選手は,常にカメラに背を向けていることになる,特にラリーの起点である,サービス・ショットの小さい動きの場合,サービスの瞬間は選手自身の体によって見えない局面が多く見られた.(図8,図9)

それに対し,全天球映像においては,ゲームプレー画面が判別できなくなるような死角は一切生じなかった.今回の解析対象のゲームがシングルスであったことも理由としてあるが,それでも通常ビデオにくらべ,明らかに優位な結果となった.(表2)



図 8 サービス時の死角



図 1 画角による死角

表 2 映像上に死角が生じた回数

	ゲーム 1	ゲーム 2
全天球映像	0 回	0 回
通常ビデオ映像	61 回	49 回

5.2 時間的ゲーム解析から読み取れる全天球映像と通常ビデオ映像の違い

それぞれのゲームから全天球映像を基準にした場合、通常ビデオ映像がどれくらい誤差が生じるかを分析した結果、表のとおりとなった。(表 3)

表 3 映像の種類による誤差

	学生 A 選手	学生 B 未経験者
ゲーム 1	24 秒	44 秒
ゲーム 2	21 秒	29 秒

この事より、入力学生のバドミントン経験がタグ入力作業に影響を及ぼしており、通常ビデオ映像映像からでも正確なプレーを読み取る力は経験者の方が有利

である。このことから、学生 A の全天球映像を用いた映像解析からの数値化が一番信頼性の高い数値であることが推測できる。

次に、学生間で映像の種類によって、誤差がどれくらい生じているかを比較した。(表 4)

表 4 映像の種類による学生間の誤差

	ゲーム 1	ゲーム 2
全天球映像	16 秒	11 秒
通常ビデオ映像	30 秒	20 秒

全天球映像は、通常ビデオよりも学生間での入力誤差が少ないことが確認できる。

前述の学生のバドミントン経験の差が、入力作業の精度に影響を及ぼしていることを確認したが、映像の種類の違いで見ると、全天球映像はプレー経験の浅い人物が入力しても、比較的高い精度を維持できることを示唆している。

6. 終わりに

これらの結果は、いずれも、全天球映像の活用は、これからのスポーツ解析の場所的な問題、カメラ台数、入力作業スタッフの経験値といった物的・人的資源の問題を解消し、小規模なチームにおけるスポーツ映像解析の導入ハードルを下げ、普及させていく可能性を十分に感じさせる結果となった。

今後の課題としては、SportsCode などの実用されている解析ツールとの組み合わせを通して、より高度な解析結果にもとづく検証を行ってきたい。

謝辞

映像撮影に協力いただいた羽衣国際大学バドミントン部の選手の皆さん、また本稿の執筆において助言いただいた羽衣国際大学現代社会学部教授 吉田典弘先生に感謝の意を表す。

本研究は、独立行政法人日本学術振興会科学研究費助成事業(基盤研究(C) 18K02877)の助成を受けたものである。

参 考 文 献

- (1) 平野 加奈子,飯塚 太郎: “リオデジャネイロオリンピックに向けたバドミントン日本代表に対する映像支援”, *Sports Science in Elite Athlete Support* 2017 年 2 卷,p.1-9(2017)
- (2) 三上 弾,高橋 康輔,西條 直樹,他: “VR イメージトレーニングシステムの実現と野球への適用”, *NTT 技術ジャーナル* 30(1), 22-25(2018)
- (3) 飯塚 太郎,平野 加奈子: “バドミンントンの映像技術サポート”, *体育の科学* 67(6), p.391-395 (2017)
- (4) 飯塚 太郎,平野 加奈子: “試合映像分析を通じたバドミントン選手の体力特性及びコンディションの評価 (特集 身体のコンドィショニングを測る)”, *日本バイオメカニクス学会機関誌* 20(2),p.73-77 (2016)

ビジュアルプログラミングツールを用いた AI 学習教材「Scriab(スクライブ)」の開発

竹迫颯人*1, 井上明*2

*1 大阪工業大学大学院ロボティクス&デザイン工学研究科・*2 大阪工業大学

Development of AI learning tool "Scriab" using visual programming tool

Hayato Takesako*1, Akira Inoue*2

*1 Osaka Institute of Technology Graduate School of Robotics and Design

*2 Osaka Institute of Technology

In this research, we have developed a teaching material "Scriab" for AI beginners. Scriab consists of an input material to learn basic knowledge about AI, and an output material to develop AI easily with visual programming tools. We conducted university students' evaluation experiments on Scriab and verified the characteristics as learning materials for AI. The results of the evaluation experiment showed that Scriab contributed to the acquisition and interest of AI basic knowledge and is suitable as a teaching material for AI beginners to learn AI.

キーワード: 人工知能, STEM 教育, プログラミング的思考, ビジュアルプログラミング, 教材開発

1. はじめに

1.1 研究背景

近年, AI 技術の発展によって AI に関する基礎的知識や技術を持った AI 人材の需要が高まっている. しかしながら, 2020 年にはビックデータ, IoT, AI について知識を持った先端 IT 人材は約 5 万人不足すると考えられている(1). この人材不足を解決するため, 2019 年 6 月に政府から文理系問わず AI 人材を年間 50 万人育成する AI 戦略が公表された(2).

これらの社会的背景から, AI 人材不足を解決するために効果的な人材育成を行うことが必要になると考えられる.

AI を容易に開発するための支援ツールは多く存在している. 例えば, SONY は「Neural Network Console」という AI 開発用ビジュアルプログラミングツールを提供している(3). このツールでは視覚的にニューラル

ネットワークを設計し, 簡単にディープラーニングを実装することが可能である.

しかし, 本ツールはディープラーニングやニューラルネットワークなどの AI に関する専門用語が多く使われおり, ユーザーがある程度の専門知識を持っている前提でこのツールを使用する必要がある.

このように, 既存の AI 開発支援ツールは手軽に AI 開発を行えるが, 学習教材の視点として「初めて AI を学ぶ」という点に関しては十分とは言えない.

そこで本研究では AI の仕組みや基礎的な知識を学び, ビジュアルプログラミングツールを用いて簡単に AI 開発することを可能にした AI 初学者向け学習教材「Scriab(スクライブ)」を開発した.

1.2 既存研究

株式会社グルーヴノーツが運営している TECHPARK は Scratch3.0 上に画像判別や音声認識を実行できる

AI ブロックを開発した(4). 本システムは誰でも手軽に AI を体験することを目的に開発され, 命令ブロックをスクリプトエリアに並べて実行することで簡単に画像認識や音声認識を体験することが可能である.

しかし, このツールは SONY のビジュアルプログラミングツールと同様に手軽に AI 作成を「体験する」ことに重点を置いているため, AI の「開発方法や仕組みを学ぶ」には難しいと考えられる.

2. ビジュアルプログラミングツールでの AI 学習教材「Scaib」

本研究では AI 初学者向け学習教材 Scaib を提案する. Scaib は AI の基礎的な知識を学ぶ Input 教材と, AI を実際に開発することによって学んだ知識を定着させる Output 教材の 2 つで構成されている(図 1).

Input 教材はディープラーニングやニューラルネットワークのような専門用語の解説や AI 開発のワークフローなどの AI に関する基礎知識が学べる(5)(図 1 左).

Output 教材は Scratch2.0 上で AI 開発が出来る AI ブロックである(図 1 右). AI ブロックは Scratch2.0 の拡張機能で作成され, ブロックを組み合わせ実行するとブロックと紐づけられた AI の処理が記述された Python プログラムを実行させることが可能である. 図 2 は Scaib を使った学習モデルである.

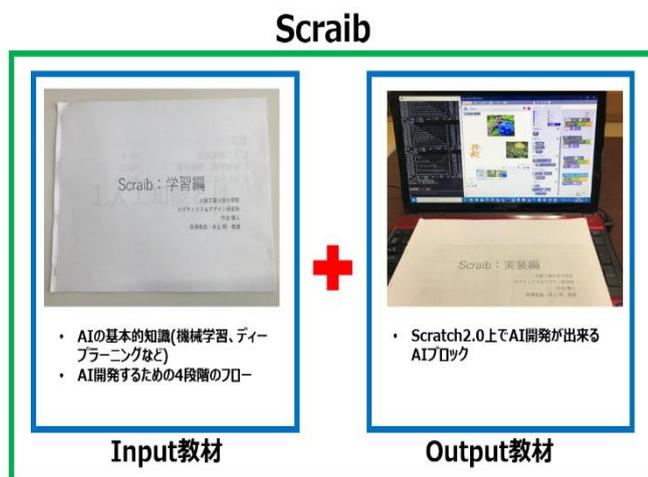


図 1 Input 教材と Output 教材

Scaib は大きく 2 つの利用状況を想定している.

1 つ目は教育現場における小中学生から大学生までのプログラミング教材としての使用である. Scaib は

Wi-fi などのネット環境と PC1 台があれば使用できる. したがって多人数の学生に対して AI 授業を行える. さらにこの教材は教師に AI の専門知識が無くても扱えるので, 授業に導入がしやすい.

2 つ目は企業内での AI 人材の育成である. IT 人材白書 2019 では, AI 人材の獲得・確保方法について IT 企業やユーザー企業を対象とした調査を行った. その結果, 社内に AI 人材がいると回答したグループにおいて「社内の人材を育成して確保する」と回答した割合が IT 企業ではおよそ 9 割, ユーザー企業ではおよそ 6 割であった(6).

つまり, 新たに AI 人材を獲得するのではなく, 社内で AI 教育を行って AI 人材を増やすと考える企業が多いと考えられる. このように企業においても AI について学べる教材が今後必要とされると考えられる.



図 2 Scaib を使った学習モデル

2.1 Scaib の全体システム構成

図 3 に Scaib のシステム構成図を示す. Python モジュールの Blockext によってローカルサーバを起動し, サーバから画像判別 AI プログラムのデータが入った HTTP 拡張用の S2E ファイルをダウンロードする. Scratch 上の AI ブロックは作成した S2E ファイルを読み込むことで新たに追加する. AI ブロックはローカルサーバを通じて画像判別 AI プログラムと連動しており, Scratch から Tensorflow などを用いた機械学習やニューラルネットワークのプログラムを扱える.

Tensorflow は機械学習やニューラルネットワーク用のオープンソースライブラリであり, 多次元のデータ構造を用いて複雑なデータの計算処理を行う. Keras は機械学習やニューラルネットワーク向けのライブラ

りであり, Tensorflow の計算処理を高速に行うことが出来る. これらのライブラリを用いて画像判別 AI の開発を進め, ローカルサーバを通じて AI 開発フローの段階ごとの実行結果を Scratch に反映させることが出来る.

AI 開発を行うには AI モデルの元となる学習データを多く集める必要がある. 今回は画像判別 AI の開発を行うため, Web 上から画像収集できる Python モジュールの icrawler が使える AI ブロックを作成し, より簡単に学習用の画像データを多く収集できるように Web スクレイピング機能を実装した.

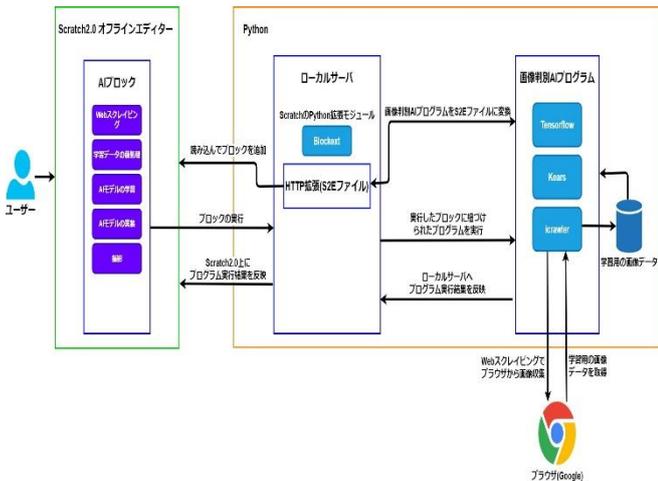


図 3 システム構成図

2.2 Scratch

Scratch はマサチューセッツ工科大学メディアラボが開発したビジュアルプログラミング言語であり, ブロックを繋げることでプログラミングが行えることが出来るプログラミング初心者向けの学習環境である.

Scratch は親しみやすい見た目であることや直感的にブロックを組み立てることが出来るため, 教育現場に導入しやすく, プログラミング授業の教材として数多く用いられている. 本研究では Scratch2.0 のオンラインエディターを使用している (7). Scratch2.0 では JSON 形式のファイルから新たなブロックを追加することが可能である. Scratch は世界で最も使われているビジュアルプログラミング言語である. そのため, AI 学習に Scratch を利用することにより AI を学べる環境を誰でも容易に利用できると考えた.

2.3 AI ブロック

Scratch2.0 上に拡張ブロックを作成できる Python モジュールの Blockext を用いて, ディープラーニングや Tensorflow を扱うことが出来る AI ブロックを開発した. AI 開発フローは, 1) 学習データの収集, 2) データの前処理, 3) AI モデルの学習, 4) AI モデルの実装, の 4 段階である. 4 段階の AI 開発フローに沿って 4 グループの AI ブロックに加え, 写真撮影用ブロックの合計 5 ブロックを用意した (図 4). この 4 段階が AI を理解し開発する上で最も適切であると考えた.

今回の実験では AI の画像判別について学んでもらうため, 4 グループの AI ブロックを使用して被験者が画像判別 AI の基本的な仕組みを学べるようにした (8) (9). 図 5 が示すように AI ブロックを画面右側のスクリプトエリアに並べて AI 開発を行う.

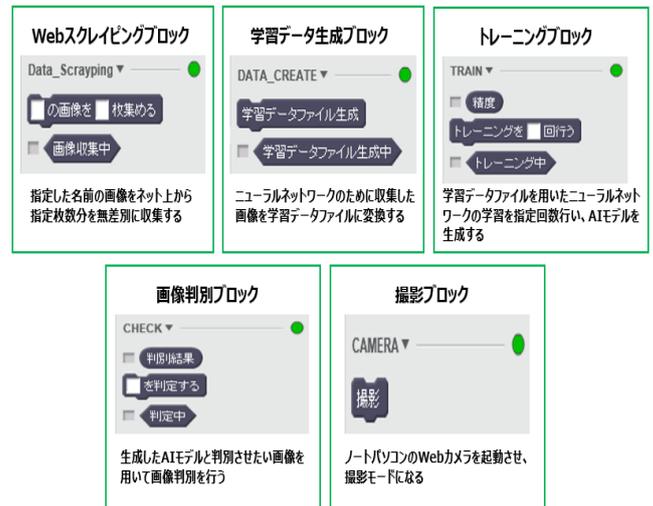


図 4 機能別の AI ブロック

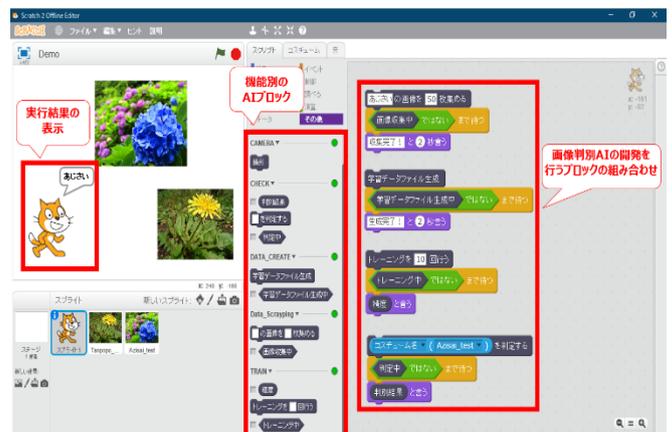


図 5 AI ブロック用いた AI 開発の画面

3. Scraib 評価実験

AI 初学者が Scraib を使用し、AI の基礎的知識を学習できる教材としての学習効果、および、AI 学習教材としてどのような特性があるのかについて評価実験を行った。被験者は大学生を対象とした。AI に関する理解度については Scraib を使用する前後で AI に関する理解度チェックテストを行い、それぞれの平均点の差から分析する。教材の使用感については ARCS 動機づけモデルを用いた評価と、被験者からの自由記述文章の 2 つから分析する。これらの分析結果から教材としての特性を検証する。

被験者の AI 理解度を確認するためのチェックテストは 11 問の選択問題である。独自で作成した問題とジェネラリスト検定¹に出題されている問題を一部改編した問題で構成した (10)。

ARCS 動機づけモデルはジョン・M・ケラーによって提唱されており、学習意欲を引き出す援助をするモデルである。「魅力ある授業、教材」の設計・開発、評価に有効な基準と言われている (11)。ARCS は「注意 (Attention)」、「関連性 (Relevance)」、「自信 (Confidence)」、「満足感 (Satisfaction)」の 4 つの領域の頭文字をとって、ARCS と名付けられたものである。これら 4 つのカテゴリにそれぞれ下位カテゴリが存在する。本実験の評価には鈴木克明、向後千春らが開発した「ARCS 評価シート」を用いた (12) (13)。この評価シートについては鈴木らの研究 (14) でその有用性が示されている。表 1 に ARCS 評価シートの質問項目と分類名を示す。

3.1 実験概要

大阪工業大学ロボティクス&デザイン工学部に在席している 20 代大学生 20 名を被験者とし、Scraib の評価実験を行った。評価期間は 2019 年 10 月 17 日～11 月 8 日である。教育現場へ本教材を導入することを考慮して、大学の授業 1 コマ 90 分以内に収まるように一人当たりの実験時間は約 60 分にした。

表 1 ARCS 評価シートの項目と分類名

項目	ARCS分類	ARCS分類名
1 この教材はつまらなかった/おもしろかった	A	注意
2 学習中に眠くなった/眠くならなかった	A1	知覚的喚起
3 AIに好奇心をそそられなかった/好奇心をそそられた	A2	探求心の喚起
4 この学習過程はマンネリだった/変化に富んでいた	A3	変化性
5 学習中にやりがいを感じなかった/やりがいを感じた	R	関連性
6 学習内容は自分には無関係だった/自分に関係があった	R1	親しみやすさ
7 学習内容はどうでもいい内容だった/身につけたい内容だった	R2	動機との一致
8 途中の過程が楽しくなかった/途中の過程が楽しかった	R3	目的志向性
9 AIに関する知識を得たと自信がつかなかった/自信がついた	C	自信
10 学習の目標があいまいだった/目標がはっきりしていた	C1	学習欲求
11 学習を着実に進められなかった/学習を着実に進められた	C2	成功の機会
12 自分なりの工夫が出来なかった/自分なりの工夫が出来た	C3	コントロールの個人化
13 学習内容に不満が残った/やてよかった	S	満足感
14 この教材はすぐには使えそうもない/すぐに使えそうだった	S1	自然の結果
15 出来なくても認めてもらえないように感じた/出来たら認めてもらえたと感じた	S2	肯定的な結果
16 実行結果に納得いかなかった/実行結果に納得があった	S3	公平さ

実験は大阪工業大学梅田キャンパス 16 階で行い、実験後にアンケート用紙に記述してもらった。実験中は本人の同意の上、実験中の様子をカメラにて動画撮影を行った。以下は実験時に使用した機材を示す。

・ノートパソコン

OS: Windows

プロセッサ: Intel(R) Core(TM) i7

実装 RAM: 8.00 GB

・マウス

・Input 教材

・Output 教材

・AI 理解度チェックテスト (事前・事後) 2 枚

・アンケート用紙

使用した AI 理解度チェックテストの一部とアンケート用紙を図 6, 7 に示す。

3.2 実験内容

実験は以下の手順で行った。

(1) 実験概要と目的の説明

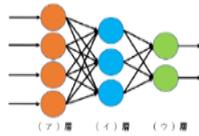
(2) 事前 AI 理解度チェックテスト

実験前時点での被験者の AI に関する知識を確認するために事前チェックテストを 5 分間行う。終了後、テストは採点せずに回収する。

¹ ジェネラリスト検定は一般社団法人日本ディープラーニング協会が実施

しており、ディープラーニングに関する基礎知識を有し、その知識を事業活動に応用する人材を育成する目的で行われている資格試験

5. 以下のニューラルネットワークの模式図で()に当てはまるものとして適切な選択肢をそれぞれ選びましょう。(G)
「ニューラルネットワークにおいて、入力が行われる層を(ア)層、入力されたデータを処理する層を(イ)層、出力を吐き出す層は(ウ)層と呼ばれる」



a.入力 b.出力 c.可視 d.予測 e.活性化 f.途中 g.演算 h.中間 i.合成
A.(ア, イ, ウ,)

6. 以下の図は機械学習AI開発のワークフロー図である。ワークフローの順番として適切なものを次うちから4つ選択し、正しい順番に並び替えよ。



7. ニューラルネットワークで良い学習結果を出すにはどれを調節するべきでしょう。
a.正解データ量 b.学習データ量 c.重み d.ニューロン数
A.()

8. 以下の()に当てはまるものとして適切なのは次のうちどれでしょう。
「(ア)では「色や形で判断」という着目点を指示する必要があったが、(イ)では指示しなくても自動で着目点を学習し、性能を上げられる」
a.ニューロン b.深層学習 c.中間層 d.機械学習
A.(ア, イ,)

図 6 AI 理解度チェックテストの一部の問題

本実験評価シート(2019年10月)

性別: 年齢: 学科: 学年:

【アンケート】

このAI学習ツールに関して、最も当てはまる番号を選択してください。

	1	2	3	4	5	
この教材はつまらなかった	<input type="radio"/>	おもしろかった				
学習中に眠くなった	<input type="radio"/>	眠くならなかった				
AIに興味心をそそられなかった	<input type="radio"/>	好奇心をそそられた				
この学習過程はマンネリだった	<input type="radio"/>	変化に富んでいた				
学習中にやりがいを感じなかった	<input type="radio"/>	やりがいを感じた				
学習内容は自分には無関係だった	<input type="radio"/>	自分に関係があった				
学習内容はどうでもよい内容だった	<input type="radio"/>	身につけたい内容だった				
途中の過程が楽しくなかった	<input type="radio"/>	途中の過程が楽しかった				
AIに関する知識を得たと自信がつかなかった	<input type="radio"/>	自信がついた				
学習の目標があいまいだった	<input type="radio"/>	目標がはっきりしていた				
学習を着実に進められなかった	<input type="radio"/>	学習を着実に進められた				
自分なりの工夫ができなかった	<input type="radio"/>	自分なりの工夫ができた				
学習内容に不満が残った	<input type="radio"/>	やっつよかった				
この教材はすぐには覚えそうもない	<input type="radio"/>	すぐに覚えそうだった				
出来ても認めてもらえてないと感じた	<input type="radio"/>	出来たら認めてもらえたと感じた				
実行結果に納得いかなかった	<input type="radio"/>	実行結果に納得いった				

・その他感想

図 7 ARCS 評価シートを用いたアンケート用紙

(3) Input 教材で AI の基礎的知識を獲得

AI の基礎的知識を学んでもらうために Input 教材を 8 分間読んでもらう。Input 教材には機械学習と深層学習の違いや機械学習アルゴリズムの説明などが記載されており、後半ページには画像判別を例に用いた AI 開発のフローを解説している。

(4) AI ブロックで AI 開発

AI ブロックでの AI 開発方法が記載されている手順書と AI ブロックを用いて画像判別 AI を開発してもらう。画像認識 AI 開発は約 30 分間行う(図 8)。

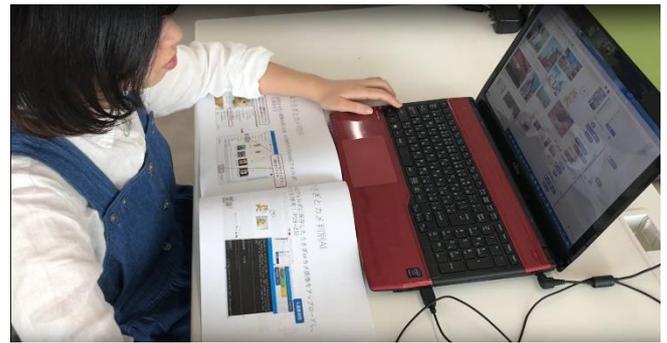


図 8 実験の様子

(5) 事後 AI 理解度チェックテスト

AI 開発を終えた後、Scraib を使用したことで AI についてどの程度の知識を得られたかを確認するために事後チェックテストを 4 分間行った。事後チェックテストは事前チェックテストと同じ問題で構成されている。

(6) アンケート

最後に、ARCS 評価シートを用いたアンケートと自由記述を行う。

以下の図 9 に実験の流れを示す。

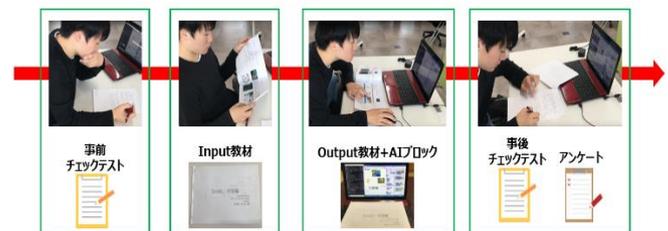


図 9 実験の流れ

3.3 結果

3.3.1 事前・事後での AI 理解度チェックテストの結果

表 2 に実験前後で行った AI に関する理解度に関するチェックテストの結果を示す。

表 2 事前・事後 AI 理解度チェックテストの平均点

	事前平均点(標準偏差)	事後平均点(標準偏差)	ρ
AI理解度チェックテスト	5.3(1.87)	8.75(1.97)	0.004595*
			* $\rho < 0.05$

表 2 の事前・事後での AI 理解度チェックテストの平均点に有意差があるか t 検定を行った. その結果, 事前・事後での AI 理解度チェックテストの平均点に有意差が見られた ($p=0.004595$)

3.3.2 ARCS 評価シートの結果

ARCS 評価シートのアンケートの各質問項目において 4, 5 の回答を肯定的意見, 1, 2 の回答を否定的意見として分類し, 人数を集計した. また, それぞれの質問項目において肯定的意見と否定的意見の比率に有意差があるかについてカイ二乗分布を用いる適合度の検定を行った (15). 以下の表 3 にアンケート結果と適合度検定の結果を示す.

表 3 アンケート結果と適合度検定の結果

項目	評価人数		ρ
	肯定的意見	否定的意見	
1	18	1	*
2	17	1	*
3	18	2	*
4	13	0	*
5	18	0	*
6	12	2	*
7	18	0	*
8	15	1	*
9	11	3	n.s.
10	18	1	*
11	18	0	*
12	9	4	n.s.
13	20	0	*
14	13	2	*
15	12	0	*
16	15	3	*
		n.s.:非有意	*: $p<0.05$

表 3 より, 項目 9, 12 には有意差が見られないが, それらの項目以外の 14 項目には肯定的意見と否定的意見に有意差が見られた.

3.3.3 テキストマイニングの結果

計量テキスト分析ソフトの KH Coder を用いて, 自由記述欄のアンケート結果から共起ネットワーク図を作成した. KH Coder の前処理 (16) を実行した結果, 総抽出語数は 933, 異なり語数は 287 であった. 共起ネッ

トワーク図は KH Coder の設定により最小出現数は 3 回以上の語を抽出し, サブグラフ検出 (modularity) の設定を行った. 語と語の結びつきが強い語は同じ色でグループ分けを行い, グループ間に繋がりがある場合は実線で結ばれ, そうでないときは破線で結ばれるようになっている. 図 10 に共起ネットワーク図を示す

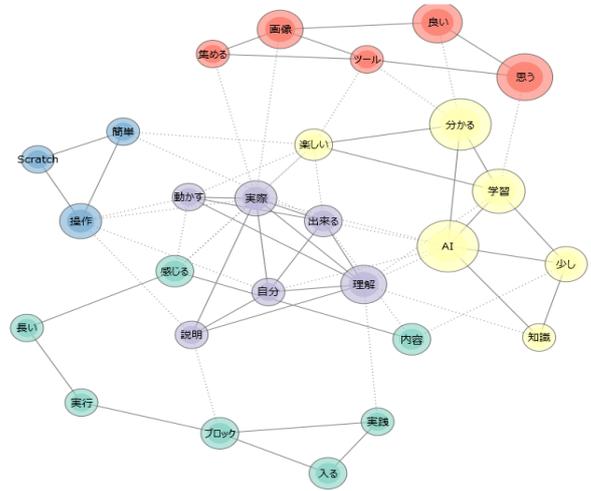


図 10 自由記述から作成した共起ネットワーク図

4. 考察

4.1 事前・事後での AI 理解度チェックテストによる学習効果の評価

事前・事後で行った AI 理解度チェックテストの結果より考察を行う. t 検定により, 事前・事後のチェックテストの平均点の差に有意差が見られた.

この結果について, Scraib を使用する前に事前のチェックテストを行うことによって AI を勉強する上での基礎知識の獲得ができたと考えられる. 事前チェックテストは AI の基本的な知識を確認する内容であるため, Input 教材の予習のような役割を担っていた可能性がある. また, Output 教材を使うことで学習効果を高め, 事後チェックテストの点数の上昇に影響したと考えられる.

4.2 ARCS 評価シートによる教材評価

ARCS 評価シートのアンケート結果より考察を行う. 「AI に関する知識を得たと自信がなかった/自信がなかった」と「自分なりの工夫が出来なかった/自分なりの工夫が出来た」という 2 つの項目については有意

差が見られないが、それらの項目以外の 14 項目には有意差が見られた。

有意差が見られた 14 項目について、ARCS 分類別に考察を行う。

ARCS 分類の A について、「この教材はおもしろかった」、「学習中に眠くならなかった」、「AI に好奇心をそそられた」、「この学習過程は変化に富んでいた」は注意、知覚的喚起、探求心の喚起、変化性の要素である。この結果は直感的操作によって簡単に画像判別 AI を扱えたことにより、もっと画像判別の精度を上昇させたいや多くの種類の画像を判別できる AI をどうやって開発するかなど AI に対する興味を促した可能性がある。実験では被験者にオリジナルのテーマの画像判別 AI を開発する際に、学習精度や判別精度を上げるために収集した学習データの質を確認する学生やニューラルネットワークの学習回数を調整する学生が見られた。

次に ARCS 分類の R について、「学習中にやりがいを感じた」、「学習内容は自分に関係があった」、「学習内容は身につけたい内容だった」、「途中の過程が楽しかった」は関連性、親しみやすさ、動機の一致、目的志向性の要素である。この結果は Python や C 言語のようなテキストプログラミングではなく、AI ブロックという視覚的に見やすいソースコードが AI 分野に対する難しいイメージを緩和させたと考えられる。

次に ARCS 分類の C について、「学習の目標ははっきりしていた」、「学習を着実に進められた」は学習欲求、成功の機会の要素である。肯定的意見が多い結果より AI 初学者でも AI 開発しているという実感があったと考えられる。

次に ARCS 分類の S について、「やってよかった」、「この教材はすぐに使えそうだった」、「出来たら認めてもらえたと感じた」、「実行結果に納得がいった」は満足感、自然の結果、肯定的な結果、公平さの要素である。AI の開発過程や開発した AI の精度が目に見えて分かりやすかったことにより、改良して AI を良くしていきたい意識が働いたと考えられる。実験では時間が許す限り何度でも画像判別 AI を開発し直すことが可能だったため、被験者が納得のいく結果になるまで挑戦

できたことが満足感に繋がった可能性がある。

最後に有意差が見られなかった 2 項目について考察を行う。「AI に関する知識を得たと自信がつかなかった」、「自分なりの工夫が出来なかった」は自信、コントロールの個人化の要素である。被験者が初めて AI 開発について学んだことにより基本的な知識は得られたが、AI を応用する力を育むのに教材内容は不十分であったことが考えられる。また、実験では被験者が開発した画像判別 AI を被験者自身が使用するため、作成した画像認識 AI の出来を他者が評価するものではなく、自身の主観的な評価しか出来なかったことが本人の自信につながらなかったと考えられる。

これらの項目を改善するには実験中に被験者が開発した AI を第 3 者に評価してもらう過程が必要だと考えられる。評価を受けることにより開発した AI の工夫すべき点が明確になり、被験者なりの工夫が AI 開発に反映しやすくなることが期待できる。また、工夫点を多く追加していくうちに AI 開発について自信がつくことが期待できる。

4.3 テキストマイニングによるアンケート分析

図 10 の自由記述の共起ネットワーク図より考察を行う。自由記述のアンケートは「ブロック」、「AI/分かる」、「実際/理解」、「良い/思う」、「操作」の 5 つのグループに分かれていることが分かる。

まず、「ブロック」のグループには「実行」、「長い」、「感じる」といった語が含まれている。これはプログラムの実行から実行結果を得られるまでの待機時間が長かったことを示している。実験では大量の画像データを Web から収集することや AI モデル学習に時間がかかり、実行結果が出るまで作業が止まってしまう様子が見られた。

二つ目に、「AI/分かる」のグループは「AI」、「分かる」、「学習」が近い共起関係であることが分かる。よって、Scraib が AI についての学習を分かりやすく被験者に伝えることが出来たと考えられる。

三つ目に、「実際/理解」のグループは「動かす」や「出来る」といった語が含まれている。よって実際に自分で動かすことで AI を理解出来たという可能性を示

している。

四つ目に、「良い/思う」のグループには「画像」, 「ツール」, 「集める」といった語が含まれている。画像を Web から収集するといった Scaib の画像関係のツールに対して被験者が好感を持ったということを示している。

最後に、「操作」のグループは「Scratch」と「簡単」といった語が含まれている。これは AI 学習に Scratch を用いたことによって AI 開発のための操作が簡単になったと考えられる。

以上の結果より, Scaib は AI についての理解を深める効果を持つ教材であると考えられる。

5. まとめ

本研究では直感的な操作で AI の基礎知識や AI 開発方法を学べる AI 学習教材 Scaib を開発し, 学習効果と教材の特性評価実験を行った。

事前事後 AI 理解度チェックテストの結果から Scaib を用いて AI を学ぶことによって AI に関する知識が獲得できることが明らかになった。また, ARCS 評価シートの結果と自由記述から作成した共起ネットワークの結果より, Scaib は AI に対する興味付けや基礎的知識の獲得に貢献し, AI 初学者が AI を学ぶ目的に使用する教材として適切であることが示された。

今後の課題として, 被験者が開発した AI を第 3 者に使用してもらうといった製作物に対する客観的評価を行う過程を教材に組み込む必要がある。また, 複数人や授業での使用を実現するために, 誰でもアクセスが可能で Scaib の AI ブロックが使用できるようにクラウドサーバを開発する必要がある。

参 考 文 献

- (1) ”人工知能技術戦略会議の検討状況”, 内閣府, <https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/juyoukadai/14kai/siryoo6.pdf>(アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (2) 平井卓也: “AI 戦略 2019”, 令和元年 6 月, 内閣府, <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/aisenryaku2019.pdf>(アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (3) “Neural Network Console”, ソニー株式会社, <https://dl.sony.com/ja/>(アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (4) “Scratch で使える拡張 AI ブロック”, TECHPARK, <https://www.techpark.jp/aiblock>(アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (5) 南浦敦之, 久保田 浩: “人工知能育成ブック”, 日経 BP 社, pp57-73 (2019)
- (6) “「IT 人材白書 2019」概要版”, 情報処理推進機構, <https://www.ipa.go.jp/files/000073565.pdf>(アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (7) “Scratch2.0 オフラインエディター”, MIT, <https://scratch.mit.edu/download/scratch2>(アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (8) “keras (tensorflow) で花の画像から名前を特定”, <https://qiita.com/tsunaki/items/608ff3cd941d82cd656b>(アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (9) “Scratch できかいがくしゅう”, <https://qiita.com/yoidea/items/f8769efcb58b6a277bdd> (アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (10) 明松真司, 田原眞一, 杉山 将: “徹底攻略 ディープラーニング G 検定 ジェネラリスト問題集”, 株式会社インプレス (2019)
- (11) 向後千春, 鈴木克明: “ARCS 動機づけモデルに基づく授業・教材用評価シートの試作”, 日本教育工学会大会講演論文集, 第 14 巻, pp. 577-578(1998)
- (12) 向後千春, 杉本圭優: “ARCS モデルに基づく CAI 教材の評価項目の試作”, 教育システム情報学会全国大会講演論文集, 第 21 巻, pp. 225-228(1996)
- (13) 向後千春, 鈴木克明: “ARCS 評価シートの構造方程式モデルによる検討”, 北陸三県教育工学研究会(1999)
- (14) 鈴木克明, 岩手県立大学: “ARCS 動機づけモデルに基づく授業・教材用評価シートと改善方略ガイドブックの作成”, 文部科学省科学研究費補助金研究成果報告書, (2000-2001)
- (15) 適合度の検定 (exact test), <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/R/gft.html>(アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (16) 山岡武邦, 白濱弘幸, 松本伸示: “小学生のための LED を用いた教材「光の足し算器」の開発と評価 - テキストマイニングによるアンケート分析を通じて - ”, 日本科学教育学会研究会研究報, 29 巻, 6 号, pp.27-32(2014)

肢体不自由者のための Kinect V2 センサーを用いた 自立活動支援アプリケーションの改良

中田 青葉^{*1}, 春日 源太郎^{*1}, 吉本 定伸^{*1}, 谷本式慶^{*2}

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

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

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

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

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

特別支援教育の場において、肢体不自由のある児童生徒に対して自立活動が行われている。この自立活動を支援するために様々な機器が利用されている。しかし、児童によって肢体不自由の度合いや興味を持つものというような教育的ニーズが異なるため、それぞれに対応した機器を用意し、その使用方法を理解しなければならず、教員等の大きな負担にもつながる。本研究では Kinect を利用した腕や上体を動かす自立活動の支援を行うアプリケーションを基礎として、現在、より多様な教育的ニーズに対応できるようにアプリケーションの改良を進めており、その報告を行う。

キーワード: Kinect V2 センサー, 肢体不自由者, 自立活動, アプリケーション

1. はじめに

特別支援学校では、肢体不自由を持つ児童生徒に対して、体を動かすといった自立活動の指導が行われている⁽¹⁾。自立活動とは、個々の児童生徒が自立を目指し、障害による学習上又は生活上の困難を主体的に改善・克服しようとする取組を促す教育活動である。その内容としては、健康の保持、心理的な安定、人間関係の形成、環境の把握、身体の動き、コミュニケーションの6つの区分が示されており、児童生徒の実態に応じて必要な項目を選定して取り扱うとされている⁽²⁾。そのような指導ではAT(アシスティブテクノロジー)と呼ばれる現代のテクノロジーによって、障害者のサポートを行う技術が利用されている⁽³⁾。しかし、ATを使う際には、「児童生徒によって興味を持つものが異なる」、「児童生徒によって肢体不自由の度合いが異なる」、「併発している障害の有無が異なる」というような、それぞれの教育的ニーズに沿った別々の機器やその利用方法の学習などの準備が必要になる。これは

支援学校の教員等にとって大きな負担になっている。

そこで、本研究ではマイクロソフト社の Kinect V2 センサーに着目して研究を行っている。Kinect V2 センサーは、2種類のカメラとマイクを使って物体までの距離、人物の骨格情報、音声情報などを認識できるという特徴を持つ。このような、ICT技術を活用することによって、よりアダプティブに児童生徒の教育的ニーズへ対応可能なアプリケーションを開発することができる。

本研究では Kinect V2 センサーを用い、肢体不自由者向け自立活動支援アプリケーションの改良を行っている。本アプリケーションは腕や上体を動かす自立活動の支援を行うもので、主に環境の把握や身体の動きを観点とし、児童生徒が画面上に映っている自分に気づいて、動かせる身体の部位を意識して動かすこと、ゲームにストーリー性を持たせたりするなどして意欲的に取り組んでもらうことを狙いとして開発を行っている。本稿では昨年度までに開発されたアプリケーシ

ョン^④を基礎として、より多くのユーザーに対応できるように機能の追加・改良を行う。

2. 昨年度までのアプリケーションの概要

昨年度までに開発されたアプリケーション^④は Kinect V2 センサーから得られた骨格情報を利用し、児童生徒の腕に表示された物体をターゲットまで移動するゲームである。また、ゲームを通じて腕の可動範囲の記録を行う。

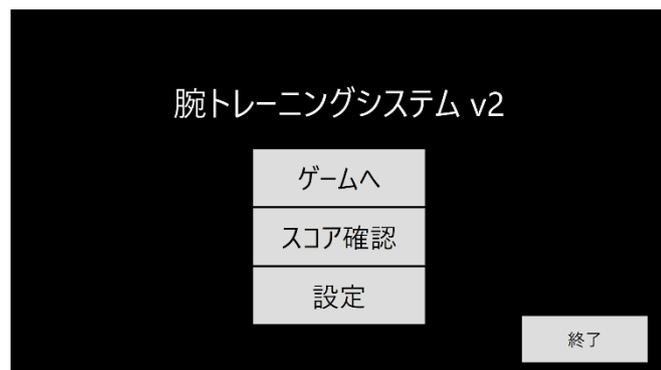


図 1 タイトル画面



図 2 メニュー画面

ゲームを起動すると図1のようなタイトル画面が表示される。「ゲームへ」ボタンを押すと図2のようなメニュー画面へと移動する。この画面ではプレイヤー、ゲームの種類、ターゲットまでの移動回数、ゲームを行う手、BGMの有無を設定して「ゲームスタート」ボタンを押すことでゲームを行う前の画面に移動する。

プレイヤーの登録はメニュー画面(図2)の「プレイヤー登録」ボタンを押すことでプレイヤー登録画面へと移動する。

ゲームを行う前の画面では、選択したゲームに対応したテキスト、アニメーションが画面に表示され、「ゲームへ」ボタンを押すことで図3のようなゲーム画面へと移動する。ゲームモードは「もぐらたたき」、「虫取り」、「フルーツキャッチ」、「ふきふきぞうきん」の

4種類がある。ここでは「もぐらたたき」を例として説明を行う。

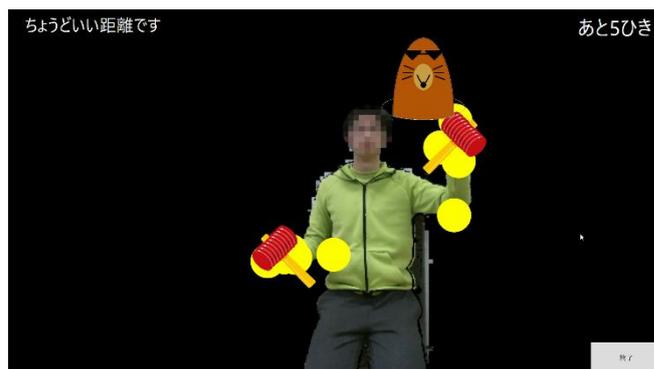


図 3 ゲーム画面:もぐらたたき

ゲーム画面では、手の近くに表示されたハンマーの画像をもぐらの画像まで移動させると、成功を示す別のもぐらの画像を表示する。ターゲットであるもぐらの画像は画面上部から少しずつプレイヤーへと近づいていく。画面左上には Kinect V2 センサーとプレイヤーの距離の状態を表示する。近すぎる場合には「近すぎます」となり、ゲームは進行しない。距離が適切な場合には「ちょうどいい距離です」と表示され、ゲームを行うことができる。画面右上には残りのターゲット数が表示されている。残りのターゲット数が0になるとゲームクリアとなり、ゲームクリア画面に移動する。

タイトル画面(図1)の「スコア確認」ボタンを押すとスコア確認画面へ移動する。登録したプレイヤーを選択することで、腕の最大可動範囲をイラストで表示することができる。また、この画面から、BGM、ターゲットに触れた際の音、ゲーム名、プレイ前に画面に表示されるテキストやゲーム中に使用される画像の変更を行うことができる。

3. アプリケーションの開発状況

3.1 改良点の検討

昨年度までに開発されたアプリケーションをもとに検討を行い、より多くの肢体不自由者への対応および既存のゲームモードのさらなる改良について進める。以下にこれらをふまえた開発状況を示す。

3.2 新たなゲームモードの追加

例えば、腕が上がりにくいような肢体不自由者でも

よりゲームを楽しめるように、新たにより大きな当たり判定を持つゲームモードの追加を行った。実際のゲーム画面を図4に示す。

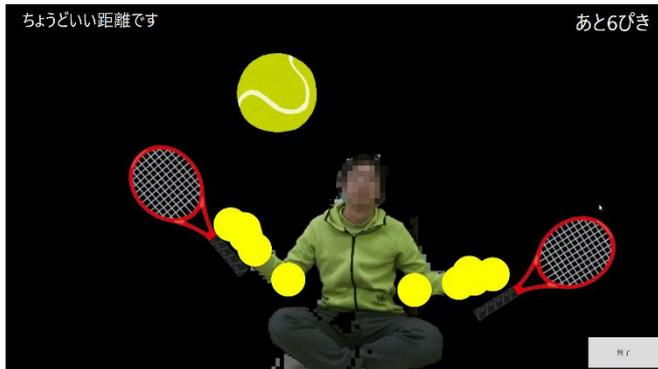


図4 追加したゲームモードの画面

このゲームモードでは、腕に表示された物体にリーチを持たせたものを採用し、その物体にも当たり判定を持たせた。また、この物体は腕の角度に応じて回転するようにした。ゲームのテーマとしてはリーチのある道具を使うもの、メジャーなもの、児童にとって刺激のないものとして、車いすテニスが候補となり、テニスに決定した。

新たに作成したテニスゲームについて、特別支援学校の教員等に使用感を尋ねたところ、ゲームの題材や上肢の可動域が少ない方をターゲットとしたゲーム性についてよい評価が得られた一方で、既存のゲームに比べて開始に時間がかかるという意見があったため、今後、検討する必要がある。

3.3 既存のゲームモードの改良

2019年の2月に一番楽しめているゲームとして、教員等の評価が高かった「フルーツキャッチ」をより児童生徒が楽しめるように、変更を加えた。実際のゲーム画面を図5に示す。



図5 改良したゲームモードの画面

この変更では、ターゲットの獲得時にエフェクトを

追加し、獲得したターゲットを画面右側に並べることで児童生徒がより直感的で満足感が得られるような表示を目指した。

同様に使用感を尋ねたところ、良い評価が得られた。今後、同様の改良を他のゲームモードにも行うことも検討する。

4. おわりに

本研究では、昨年度の Kinect V2 センサーを用いたアプリケーションの改良を行っており、新規のゲームモードの実装と既存のゲームモードの改良を行った。

今後は、特別支援学校の教員等のフィードバックから、新たに追加したゲームモードの改良と既存のゲームモードのさらなる改良を行い、より児童生徒や教員、介護職員にとって使いやすいアプリケーションへと改善を行う。

謝辞

本研究を行うにあたり、協力いただいた東京都八王子東特別支援学校の教職員、児童、生徒の皆様に感謝の意を表します。本研究は JSPS 研究費 18K02947 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) 中井滋, 高野清: “特別支援学校 (肢体不自由) における自立活動の現状と課題 (1)”, 宮崎教育大学紀要, 46, pp.173-183 (2011)
- (2) 文部科学省: “特別支援学校教育要項・学習指導要項解説総則編 (幼稚部・小学部・中学部)”, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/tokubetu/main/1386427.htm, pp.135-136(2018)
- (3) 独立行政法人国立特別支援教育総合研究所: “特別支援教育におけるアシスティブ・テクノロジー活用ケースブック”, ジアース教育新社, pp.6-9 (2012)
- (4) 春日源太郎, 吉本定伸, 谷本式慶: “肢体不自由者のための Kinect V2 センサーを用いた自立活動支援アプリケーションの開発”, 教育システム情報学会研究報告.vol33 no.5, pp.1-4 (2018)

タブレット PC を用いた肢体不自由者向け 入力測定アプリケーションの利便性向上

橋本 隆弘^{*1}, 吉本 定伸^{*1}, 金森 克浩^{*2}, 佐野 将大^{*3}

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

Improved Usability of Application for Measuring Input Operation of a Person with Physically/Motor Disabilities using Tablet Personal Computer

Takahiro Hashimoto^{*1}, Sadanobu Yoshimoto^{*1}, Katsuhiro Kanamori^{*2}, Syodai Sano^{*3}

^{*1} National Institute of Technology Tokyo College, ^{*2} Nihon Fukushi University,

^{*3} Kagawa Prefectural Takamatsu Special Needs School

文部科学省によると、特別支援学校の教育現場では、障害のある児童生徒の学習を容易にするため、個々の障害の状態や特性に応じた教材として、ICT 機器の効果的な活用が求められている。一方、専門知識を有する人材の不足などにより導入は進んでいない。そこで本研究では専門知識が無くても導入できるような基準を設けることを目的とし、ICT 機器の入力手法について、障害のある児童生徒を対象に評価を行うアプリケーションを開発している。本稿ではそのアプリケーションの改良について報告を行う。

キーワード: 入力手法, 特別支援学校, 肢体不自由者

1. はじめに

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

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

題となっている。

そこで本研究では、ICT 機器と障害の状態や特性の間に一定の基準を設けることで、より多くの教育現場で ICT 機器の導入を容易にすることを目的とし研究を行っている。

本報告では、昨年度までに開発されたアプリケーション⁽³⁾について、児童生徒や教員がより使いやすくなるよう、アプリケーションの形体や機能の改良を行う。

2. アプリケーションの概要

昨年度までに開発されたアプリケーションにはタッチ入力・スイッチ入力・視線入力の3つの入力手法と、それに対応した3つのゲームが実装されている。また、測定結果の取得を自動で行う機能や、記録点の区間を指定し表示している画面を画像ファイルの形式で出力

する機能を有している。これらの機能により、障害の状態に合わせた入力操作の測定が可能になっている。表1に各ゲームの概要と対象を、表2に各入力手法での操作方法を示す。また例として図1にポンポンピアノのゲーム実行時の画面を示す。

表1 測定用ゲームの概要と対象

	トントン花火	ポンポンピアノ	セレクトメディアプレイヤー
概要	画面上に花火が表示	鍵盤の色が変わるとともにピアノの音が再生されるゲーム	画面上に表示された動画を再生
対象	操作と反応の因果関係を理解することが課題	操作と反応の因果関係がある程度理解している	自分の意志で選択的に操作を行うことができる

表2 測定用ゲームの操作方法

	トントン花火	ポンポンピアノ	セレクトメディアプレイヤー
タッチ入力	画面の任意の場所をタップする	画面に表示された鍵盤をタップする	再生したい動画をタップする
スイッチ入力	任意のタイミングでスイッチを押す	鍵盤上のカーソルに合わせてスイッチを押す	再生したい動画にカーソルが合ったときスイッチを押す
視線入力	画面の任意の場所を注視する	画面に表示された鍵盤へ視線を向ける	再生したい動画を注視する

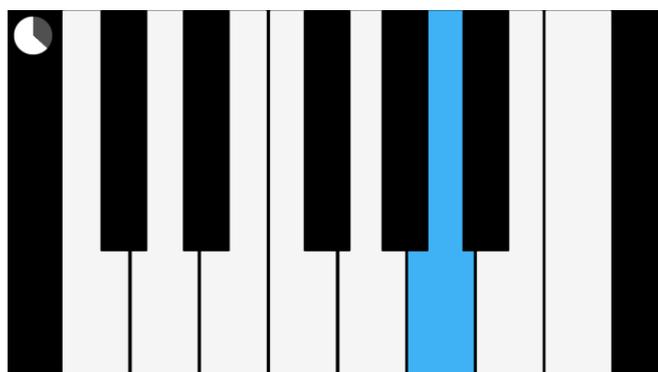


図1 ポンポンピアノの実行画面

3. アプリケーションの改良

前年度までに開発されたアプリケーションにおいて、

さらなるユーザーの利便性を考え、次の項目について改良を検討している。これらの中から、(1)、(2)、(3)について改良を行った。

- (1) 入力手法ごとにアプリケーションを分割し、目的別に利用できるようにする
- (2) セレクトメディアプレイヤーで再生する動画の設定を保存し、アプリケーションの起動ごとに設定する必要を無くす
- (3) セレクトメディアプレイヤーで再生できる動画形式を増やし、ユーザーが撮影した動画をより利用しやすくする
- (4) スイッチ入力によるポンポンピアノをより児童生徒が興味を持つような内容にする
- (5) ユーザー登録画面にユーザー一覧を追加し、表示を分かりやすくする
- (6) 測定結果を画像で保存する際の表示を分かりやすくする
- (7) ゲーム選択時等に効果音を追加し、操作したことを分かりやすくする

3.1 アプリケーションの分割

現在、1つのアプリケーションに3つの入力手法による測定機能が含まれているが、入力手法ごとにアプリケーションが分かれていたほうが使いやすいとの意見があった。ユーザーのニーズがはっきりしている場合、特定の入力手法のみ扱えたほうがより使いやすいと考えられる。そこで、アプリケーションを3つの入力手法ごとに分割し目的別に利用できるようにした。これにより、ゲームを行うたびに入力手法を選択する必要がなくなる。図2にゲーム選択からゲームを行うまでの画面遷移の様子を示す。

3.2 再生する動画の設定保存

セレクトメディアプレイヤーで再生する動画はアプリケーションの起動ごとに設定する必要があった。そこで、アプリケーションを終了しても一度設定した動画が保存されるように改良を行った。これにより、アプリケーションを再起動しても再度設定する必要がなくなり、スムーズに行うことが可能となる。

3.3 再生可能な動画形式の増加

ユーザーから iPhone 等で撮影した動画をセレクトメディアプレイヤーで再生したいという要望があったが、動画形式が対応しておらず再生することが出来なかった。そこで、教員が児童生徒の興味を引くような動画を自由に再生できるようにするために、iOS で利用している動画形式でも再生できるよう改良を行った。



図 2 改良前後の画面遷移図

4. おわりに

特別支援教育では ICT 機器を効果的に活用し、障害のある児童生徒の生活や学習における困難を改善することが求められている。一方で、特別支援学校での ICT 機器の活用には、特別支援に対する知識だけでなく、ICT 機器への専門的な知識も必要であるため人材不足などが課題になっている。

本報告では、アプリケーションの形体や機能の改良

を行い、児童生徒や教員にとってより使いやすいものになることが出来たと考えられる。今後はさらに 3 章であげた課題の改良を進める予定である。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 18K02765 の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) 文部科学省，特別支援教育の推進について(通知)，http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/nc/07050101.htm (2019 年 11 月確認)
- (2) 文部科学省，障害のある児童生徒の教材の充実について報告，http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/tokubetu/material/1339727.htm (2019 年 11 月確認)
- (3) 原田優輝，吉本定伸，金森克浩，佐野将大，タブレット PC を用いた肢体不自由者の入力操作測定用アプリケーション —改良とコンテンツ開発—，教育システム情報学会研究報告，vol.33，no.5，pp5-8，2019

認知機能検査及びトレーニング用

Android アプリケーションの開発 - グラフの改良 -

椎名泰之^{*1}, 小久保奈緒美^{*2}, 吉本定伸^{*1}

^{*1} 国立東京工業高等専門学校

^{*2} 地方独立行政法人 東京都健康長寿医療センター

Development of Android Application for cognitive assessment and training - Improving the graphs -

Hiroyuki Shiina^{*1}, Naomi Kokubo^{*2}, Sadanobu Yoshimoto^{*1}

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

^{*2} Tokyo Metropolitan Geriatric Medical Center

今後、日本では認知症有病者数の更なる増加が見込まれており、2025年には約700万人(65歳以上の約5人に1人)に上ると推計されている。そのため、認知症の早期診断・発症予防・進行鈍化に関する取り組みが重要視されている。本研究では、『User eXperience-Trail Making Test: UX-TMT』(Kokubo N. et al., 2018)を発展させ、認知症を予防する新たな遠隔医療・ヘルスケアプログラム『Information technology assisted - Cognitive Assessment & Neurobehavioral enhancement program for Dementia: i-CAN』で用いる、認知機能検査及びトレーニング用 Android アプリケーションの改良を進めている。本稿では、本アプリケーションのユーザー用アプリケーション(以下、ユーザーモード)におけるデータ閲覧画面改良を中心とした報告を行う。

キーワード: Android アプリケーション, 認知症, データ閲覧, グラフ表示

1. はじめに

近年、日本は急速な高齢化に伴い認知症有病者数が増加の一途を辿っている。2012年に462万人(65歳以上の7人に1人)だった認知症患者数が2025年には約700万人(5人に1人)になると見込まれており⁽¹⁾、認知症の早期診断・発症予防・進行鈍化に関する取り組みが重要視されている。認知症の前段階に当たる軽度認知障害(Mild Cognitive Impairment: MCI)や認知症の早期では、薬物療法や非薬物療法による予防と進行鈍化の効果が期待されている。認知症予防の非薬物療法では、血管リスク管理や運動、食事療法、認知機能トレーニングなどに介入効果があることが報告されている⁽²⁾。

近年、モバイルデバイスを活用した認知機能トレーニングや認知症予防を目的とする支援アプリケーシ

ョンは多数開発されてきた。しかし、信頼性や妥当性の検証とエビデンスの確立には課題が残されている。

筆者らはこれまで、Trail Making Test: TMT と Advanced Trail Making Test: ATMT⁽³⁾を発展させた認知機能評価・トレーニング用アプリケーション『User eXperience-Trail Making Test: UX-TMT』を開発してきた⁽⁴⁾⁽⁵⁾。本研究では、UX-TMTをさらに発展させ、認知症を予防する新たな遠隔医療・ヘルスケアプログラム『Information technology assisted - Cognitive Assessment & Neurobehavioral enhancement program for Dementia: i-CAN』で用いる、認知機能検査及びトレーニング用 Android アプリケーションの改良を進めている。

本稿では、本アプリケーションのユーザーモードにおけるデータ閲覧画面改良を中心とした報告を行う。

2. アプリケーション概要

本アプリケーションは、認知機能評価に用いる検査と認知機能の維持・促進を図るトレーニング、生活習慣や行動の記録を行うライフログから構成される。以下、サポーターは医療従事者を、ユーザーは認知症予防に取り組む当事者を表す。本アプリケーションでは各利用者に適した機能を提供するため、サポーターとユーザーが利用する機能を独立させている。以下、ライフログ機能のうち本報告に関係する、データ閲覧と服薬支援について示す。

2.1 データ閲覧

ユーザーモードにおけるデータ閲覧では、認知機能トレーニングの結果と履歴を数値やグラフ、イラスト等を用いてユーザーに提示する。

本研究では、本アプリケーションのデータ閲覧に関する改良を行った。トレーニング結果等のフィードバックは、ユーザーのセルフモニタリングやアプリケーションの継続的な利用をサポートし、医師による診察や治療、医療従事者や家族介護者とのコミュニケーションに役立てられることが期待される。

2.2 服薬支援

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

本アプリケーションにおける服薬支援は、薬の種類や用法・用量、服薬状況を視覚的に表示することにより、飲み忘れや飲み誤りを防ぐことを目的としている。また、通院予定や服薬・認知機能トレーニングの履歴を1つのカレンダーで管理することにより、ユーザーが頻繁に認知機能トレーニングを意識できるよう促すことをねらいとしている。はじめにユーザーが処方箋をアプリに登録すると、服薬情報がカレンダーに表示される。同時に次回通院予定や服薬履歴、サポーターからのメッセージを表示することが出来るため(図1)、ユーザーが本アプリケーションを毎日使用することを

促し、より頻繁に認知機能トレーニングが行われることが期待される。

このように、従来の認知機能トレーニングアプリケーションと服薬支援アプリケーションが持つ機能を融合させた点が特徴である。



図1 本アプリケーションにおけるカレンダー画面

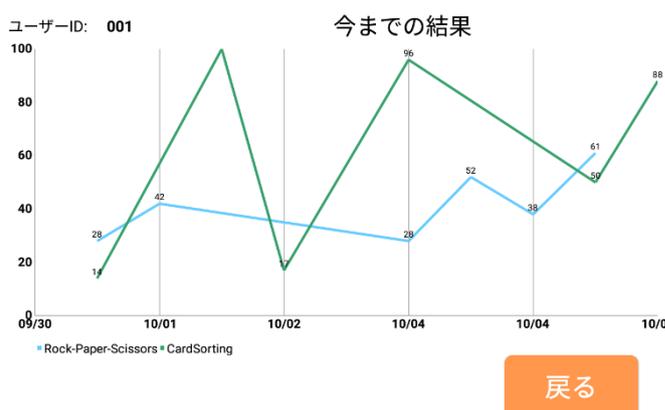


図2 開発中のデータ閲覧グラフ(改良前)

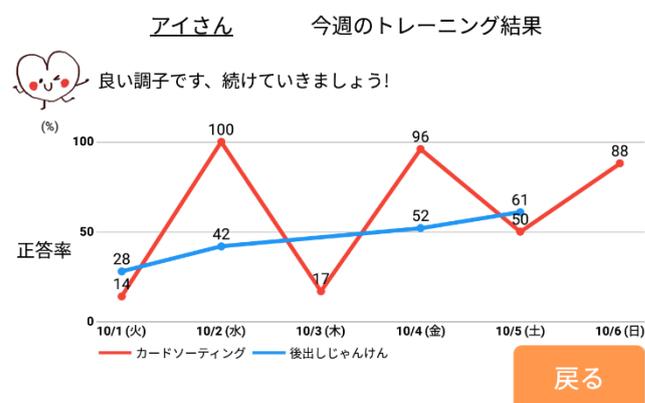


図3 開発中のデータ閲覧グラフ(改良後)

3. カレンダーとグラフの改良

これまでに、本アプリケーションはユーザー体験 (User eXperience: UX)を開発の軸に据え、実際にユーザーが使用した際の使用感について聞き取りを行い、改良を行ってきた。

ユーザーモードでは、データ閲覧で表示されるカレンダー(図 1)上でトレーニングを行った日付をタップすると、トレーニングの履歴をグラフで閲覧することができた。しかし、トレーニング開始から指定した日付までのすべてのデータが一画面に表示されるため結果を読み取りづらい、文字と文字が干渉して読みにくい等の課題があった(図 2)。

そこで、カレンダーで指定した日付を含む過去 1 週間の記録が等間隔で表示されるよう改良を行った(図 3)。

4. おわりに

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

本稿では、主に i-CAN アプリケーションのグラフ表示機能の改良について報告した。現時点では、各トレーニングの得点が同一の値に集中している場合にグラフ内の各系列が読み取りづらい可能性もあり、今後検討が必要である。また、今後は想定する実際のユーザーを対象に使用感調査を行い、UI/UX の改良の検討を進めていく。

謝辞

本研究を進めるにあたりご協力いただいた、堀越勝先生、横井優磨先生、斎藤勇二先生、檜村正美先生に感謝の意を表します。

本研究は JSPS 科研費 17K04484 の助成を受けたものです。

引用・参考文献

- (1) 国立研究開発法人日本医療研究開発機構産学連携部医療機器研究課:“未来医療を実現する医療機器・システム研究開発事業「認知症の早期診断・早期治療の

ための医療機器開発プロジェクト」基本計画”(2016)
<https://www.amed.go.jp/content/000004408.pdf>
(2018年11月21日確認)

(2) Tiia Ngandu, Jenni Lehtisalo, Alina Solomon, Esko Levälähti, Satu Ahtiluoto, Prof Riitta Antikainen, Prof Lars Bäckman, Tuomo Hänninen, Prof Antti Jula, Prof Tiina Laatikainen, Jaana Lindström, Francesca Mangialasche, Teemu Paaajanen, Satu Pajala, Prof Markku Peltonen, Prof Rainer Rauramaa, Anna Stigsdotter-Neely, Prof Timo Strandberg, Prof Jaakko Tuomilehto, Prof Hilikka Soininen, Prof Miia Kivipelto : “A 2 year multidomain intervention of diet, exercise, cognitive training, and vascular risk monitoring versus control to prevent cognitive decline in at risk elderly people (FINGER)a randomised controlled trial” , Lancet, 385, 9984, pp.2255-2263 (2015)

(3) Naomi Kokubo, Masumi Inagaki, Atsuko Gunji, Tomoka Kobayashi, Hidenobu Ohta, Osami Kajimoto, Makiko Kaga: “Developmental change of visuo-spatial working memory in children: Quantitative evaluation through an Advanced Trail Making Test”, ELSEVIER, 34, 10, pp.799-805 (2012)

(4) 小久保奈緒美, 渥美亮祐, 川久保亮, 後藤健太, 柴田尚輝, 平真宙, 諸星匡吾, 吉本定伸, 浅野敬一, 青木宏之: “高専における新時代の技術者養成と社会実装を通じた当事者及び医療従事者との協働による医療現場の潜在的ニーズの顕在化と課題解決のための実践研究—認知機能の評価とトレーニングを目的としたタブレット版 Trail Making test: TMT 開発の試み—”, 第 1 回 CEPD 研究会抄録集, p.13 (2015)

(5) Naomi Kokubo, Yuma Yokoi, Yuji Saitoh, Miho Murata, Kazushi Maruo, Yoshitake Takebayashi, Issei Shinmei, Sadanobu Yoshimoto, Masaru Horikoshi: “A new device-aided cognitive function test, User eXperience-Trail Making Test (UX-TMT), sensitively detects neuropsychological performance in patients with dementia and Parkinson's disease.”, BMC psychiatry, 18, 220 (2018)

写真データを用いた学びの軌跡可視化システムの開発

浦松良治*1, 森本康彦*1

*1 東京学芸大学

Development of a Learning Process Visualization System Using Photograph Data

Ryoji Uramatsu*1, Yasuhiko Morimoto*1

*1 Tokyo Gakugei University

近年、学校教育や文化活動等の様々な場や機会において学んでいく「生涯学習」が求められている。このような生涯学習において、学習者は継続的に振り返り見直しを持ち、次につなげながら学んでいく必要があると考えられる。しかし、学習者が継続的に振り返りながら学び続ける過程で、これまで学んできたことを思い出し、更に次につなげていくことは容易でないと考えられる。そこで、本研究では、学習者の学びの軌跡の把握を支援することを目的に写真データに着目する。具体的には、写真及び自動的に付与される Exif 情報を用いて、学習者が学んできた過程を学習者の学びの軌跡として可視化するシステムを開発し、評価実験を行った。評価実験の結果、学習者は、本システムを活用することで、これまで学んできたことを具体的に思い出し、その過程を把握する傾向が示唆された。

キーワード: 生涯学習, 写真データ, Exif 情報, ラーニング・アナリティクス, テキスト解析

1. はじめに

近年、「人々が生涯に行うあらゆる学習、すなわち、学校教育、家庭教育、社会教育、文化活動、スポーツ活動、レクリエーション活動、ボランティア活動、企業内教育、趣味など様々な場や機会において行う学習」と言われている「生涯学習」が求められている⁽¹⁾。このような生涯学習において、学習者は、継続的に振り返り見直しを持ち、次につなげながら学んでいく必要があると考えられる。しかし、学習者が継続的に振り返りながら学び続ける過程で、これまで学んできたことを思い出し、更に次につなげていくことは容易でないと考えられる。

一方、学習に関する様々なデータを分析し、ダッシュボード上に可視化することで、学習者の学びや教員の指導を支援するラーニング・アナリティクス(以下、LA)の活用が注目されている。LAを活用することにより学習者に気づきを与え、振り返りを促進することが可能となる⁽²⁾。つまり、LAを活用しあらゆる学びの記録を分析・可視化することで、学習者は自身がこ

れまで学んできたことを把握し、更にその過程を想起できると期待される。

そこで、本研究では、学習者の学びの軌跡の把握を支援することを目的に写真データに着目する。具体的には、写真に自動的に付与される Exif 情報を用いて、学習者が学んできた過程を学習者の学びの軌跡として可視化するシステムを開発する。

2. 写真データを活用した生涯学習における学びの軌跡可視化方法の提案

2.1 目的を達成するための要件

学習者は、生涯学習の学びにおいて、継続的に学び続けるため、自身がこれまで学んできたことについて具体的に思い出すこと、更に自身が学んできた過程を把握することは容易ではないと考えられる。つまり、学習者の学びの軌跡の把握を実現するためには、以下の要件を満たす必要があると考えられる。

要件① 学習者は自身が学んできたことを具体的に思い出すことができる。

要件② 学習者は自身が学んできた過程を把握することができる。

2.2 写真データの活用

近年、スマートフォンやタブレット端末等の ICT 機器の普及により、写真を容易に撮影することが可能となった。また、ICT 機器を用いて写真を撮影した際、位置情報や撮影日時等が Exif 情報として写真に自動で付与される⁽³⁾。また、写真は学習者がその時の状況等についてテキストデータとして記述し、その記述と合わせて記録することができる（以下、本研究ではこれら全ての写真に関連するデータを写真データとして扱う）。表 1 に、想定される写真データを示す。

表 1 写真データとして付与されている情報

大項目	小項目
Exif 情報	画像入力機器のメーカー名
	画像入力機器のモデル名
	画像タイトル
	画像方向
	画像の幅の解像度
	画像の高さの解像度
	ファイル変更日時
	原画像データの生成日時
	デジタルデータの生成日時
	北緯(N) or 南緯(S)
	緯度(数値)
	東経(E) or 西経(W)
	経度(数値)
	高度の単位
高度(数値)	
人が入力すること で付与できる情報	タグ
	コメント

写真データを活用した研究として五味らは、写真データの「何時、何処で、誰と」という情報を抽出し、個人がこれまで体験してきた出来事を把握するための可視化システムを開発した⁽⁴⁾。このシステムを活用することで、システムの利用者が写真に関連する出来事等を把握することが明らかとなった。つまり、写真データを活用することにより、学習者はこれまでの学び

を具体的に思い出すことが可能になると考えられる。

2.3 学びの軌跡の可視化

本研究では、写真データを用いて学習者が学びの軌跡を把握することを実現するため、時間・場所・内容に焦点を当てた学びの軌跡の可視化を提案する。

可視化 1) 時間を把握するための可視化

表 1 に示した Exif 情報の「デジタルデータの生成日時」を用いることで、写真を時系列に可視化することが可能になる。これにより、学習者はいつ学んできたか把握できると考えられる。

可視化 2) 場所を把握するための可視化

表 1 に示した Exif 情報の「緯度」「経度」「北緯(N) or 南緯(S)」「東経(E) or 西経(W)」を用いることで、写真を地図上に並べて可視化することが可能になる。これにより、学習者はどこで学んできたか把握できると考えられる。

可視化 3) 内容を把握するための可視化

表 1 に示した「コメント」として、学習者がその時に学んだことについて記述する。その記述の分析結果を用いることで、写真とその写真に関連したキーワードを可視化することが可能になる。これにより、学習者はなにを学んできたか把握できると考えられる。

これら 3 つの可視化を実現することで、学習者は時間・場所・内容の視点から自身が学んできたことを具体的に思い出すことができると考えられるため、要件①を満たすと期待される。加えて、可視化された情報を組み合わせながら確認することにより、これまで学んできた過程を把握することができるため、要件②を満たすと期待される。

3. 学びの軌跡可視化システムの開発

3.1 システム開発の方針

本研究では、写真データを活用し、2.3 で提案した 3 つの可視化を実現する学びの軌跡可視化システムを開発する。本システムの機能要件として以下の 5 点が挙げられる。

機能要件 1：写真データを蓄積できる。

機能要件 2：蓄積された写真データを分析し、写真を時系列で可視化できる。

機能要件 3：蓄積された写真データを分析し、写真を

地図上で可視化できる。

機能要件 4：蓄積された写真データを分析し、学びの内容と写真を紐づけて可視化できる。

機能要件 5：時間・場所・内容の可視化を任意に切り替えることができる。

3.2 システムの構成

本研究では、学びの軌跡可視化システムを Web アプリケーションとして開発した。本システムはクライアント部とサーバ部から構成されており、6つのモジュールにより構成される(図1)。開発言語は、クライアント部に HTML, CSS, JavaScript, サーバ部に PHP, データベース部に MySQL を用いた。以下、各モジュールについて説明する。

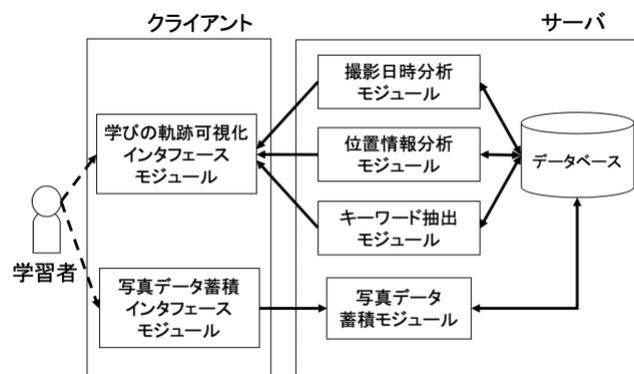


図1 システム構成図

・写真データ蓄積インタフェースモジュール

学習者に写真とその時に学んだことをテキストデータとして蓄積するためのインタフェースを提供する。また、蓄積する写真データを「写真データ蓄積モジュール」に提供する。

・写真データ蓄積モジュール

「写真データ蓄積インタフェースモジュール」から受け取った写真データをデータベースに蓄積するための処理を行う。

・撮影日時分析モジュール

データベースに蓄積された写真データを分析し、「デジタルデータの生成日時」を撮影日時として取得する。その情報を「学びの軌跡可視化インタフェースモジュール」に提供する。

・位置情報分析モジュール

データベースに蓄積された写真データを分析し、「緯度」「経度」「北緯(N) or 南緯(S)」「東経(E) or 西経(W)」

から位置情報を取得する。その情報を「学びの軌跡可視化インタフェースモジュール」に提供する。

・キーワード抽出モジュール

データベースに蓄積されたテキストデータから Yahoo! JAPAN が提供する Web API のキーフレーズ抽出⁶⁾を用いて特徴的な表現(キーワード)を上位3つ抽出する。その情報を「学びの軌跡可視化インタフェースモジュール」に提供する。

・学びの軌跡可視化インタフェースモジュール

「撮影日時分析モジュール」、「位置情報分析モジュール」、「キーワード分析モジュール」から提供される情報を用いて、写真とその時に学んだことをそれぞれ時間・場所・内容の視点で可視化し、学習者が把握する視点を切り替えながら操作するためのインタフェースを提供する。

3.3 システムの機能

3.2 で述べたモジュールをもつシステムの機能について以下に示す。

機能1：写真データ蓄積機能

写真データ蓄積機能は、「写真データ蓄積インタフェースモジュール」、「写真データ蓄積モジュール」の2つのモジュールから構成される。学習者は、写真とその時に学んだことについての記述を蓄積することができる(機能要件1に対応)。

機能2：学びの軌跡可視化機能

学びの軌跡可視化機能は、「学びの軌跡可視化インタフェースモジュール」、「撮影日時分析モジュール」、「位置情報分析モジュール」、「キーワード抽出モジュール」の4つのモジュールから構成される。学習者は、蓄積した写真データを時間・場所・内容の3つの視点から提供される可視化を確認することができる。また、これら3つの可視化は、学習者が把握したい情報に応じて随時切り替えることができる(機能要件5に対応)。

以下、3つの可視化について説明する。

3.3.1 時間を把握するための可視化

時間を把握するための可視化画面を図2に示す。これにより、学習者は、写真とその時に学んだことを撮影日時が降順に並べられた状態で確認することができ、学んだ時間を把握することができると思われる(機

表 2 質問紙調査の結果 (N=19)

質問項目	M	SD	否定	肯定	p
時間を把握するための可視化について					
1. いつ学んできたか把握できたと思う。	4.79	0.42	0	19	**
2. どこで学んできたか把握できたと思う。	2.47	1.17	15	4	*
3. なにを学んできたか把握できたと思う。	4.26	0.73	3	16	**
4. 学んできたことを具体的に思い出すことができたと思う。	4.11	0.81	3	16	**
5. これまでどのように学んできたか把握することができたと思う。	4.11	0.94	5	14	
6. 学んできたこととのつながりを感じることができたと思う。	2.42	1.26	15	4	*
7. 学んできたことを現在学んでいることとつなげて考えるきっかけになったと思う。	3.21	0.71	12	7	
8. 次のように学んでいくか考えるきっかけになったと思う。	3.32	0.89	12	7	
場所を把握するための可視化について					
9. いつ学んできたか把握できたと思う。	1.89	0.88	18	1	**
10. どこで学んできたか把握できたと思う。	4.84	0.37	0	19	**
11. なにを学んできたか把握できたと思う。	3.16	1.12	12	7	
12. 学んできたことを具体的に思い出すことができたと思う。	3.26	0.99	8	11	
13. これまでどのように学んできたか把握することができたと思う。	2.58	1.07	15	4	*
14. 学んできたこととのつながりを感じることができたと思う。	2.53	1.07	14	5	
15. 学んできたことを現在学んでいることとつなげて考えるきっかけになったと思う。	2.26	1.28	15	4	*
16. 次のように学んでいくか考えるきっかけになったと思う。	2.26	1.15	16	3	**
内容を把握するための可視化について					
17. いつ学んできたか把握できたと思う。	1.84	0.83	18	1	**
18. どこで学んできたか把握できたと思う。	2.42	1.02	16	3	**
19. なにを学んできたか把握できたと思う。	4.32	0.67	2	17	**
20. 学んできたことを具体的に思い出すことができたと思う。	3.89	0.99	6	13	
21. これまでどのように学んできたか把握することができたと思う。	3.21	1.03	10	9	
22. 学んできたこととのつながりを感じることができたと思う。	4.21	1.08	2	17	**
23. 学んできたことを現在学んでいることとつなげて考えるきっかけになったと思う。	3.79	0.98	6	13	
24. 次のように学んでいくか考えるきっかけになったと思う。	3.32	1.06	9	10	
3つの可視化を切り替えながら確認することについて					
25. いつ学んできたか把握できたと思う。	4.68	0.67	2	17	**
26. どこで学んできたか把握できたと思う。	4.74	0.65	2	17	**
27. なにを学んできたか把握できたと思う。	4.74	0.56	1	18	**
28. 学んできたことを具体的に思い出すことができたと思う。	4.63	0.76	1	18	**
29. これまでどのように学んできたか把握することができたと思う。	4.26	0.65	2	17	**
30. 学んできたこととのつながりを感じることができたと思う。	4.42	0.61	1	18	**
31. 学んできたことを現在学んでいることとつなげて考えるきっかけになったと思う。	3.95	0.71	5	14	
32. 次のように学んでいくか考えるきっかけになったと思う。	3.79	0.85	7	12	

※否定：1,2,3 の回答，肯定：4,5 の回答

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

任意に1枚選ぶ。

- 2) 学習者は、選択した写真とその時に学んだことをシステムに蓄積する。
- 3) 学習者は、システムの可視化画面を確認する。

4.2 評価方法

学習者が本システムの可視化機能を活用することの効果を検証することを目的に、事後調査のみの質問紙調査を行った。質問紙は、「時間を把握するための可視化」、「場所を把握するための可視化」、「内容を把握するための可視化」、「3つの可視化を切り替えながら確認すること」の4つの観点について、同じ8項目(全32項目)を5件法(5が高い)で構成し、1~3の回答を否定、4~5の回答を肯定とする二項検定を用いて分析を行った。

4.3 結果と考察

表2に、二項検定を用いた分析の結果を示す。それぞれの観点について結果と考察を述べる。

「時間を把握するための可視化」について全8項目中「1.いつ学んできたか把握できたと思う ($p<.01$).」, 「3.なにを学んできたか把握できたと思う ($p<.01$).」, 「4.学んできたことを具体的に思い出すことができたと思う ($p<.01$).」の3項目で肯定的に有意差が認められた。また、「2.どこで学んできたか把握できたと思う ($p<.05$).」, 「6.学んできたこととのつながりを感じることができたと思う ($p<.05$).」で否定的に有意差が認められた。このことから、学習者は、「時間を把握するための可視化」を確認することで、学んだ場所やそのつながりについて把握することは難しいが、いつなにを学んできたか把握でき、その学びについて具体的に思い出せる傾向が示唆された。

「場所を把握するための可視化」について全8項目中「10.どこで学んできたか把握できたと思う ($p<.01$).」, の1項目で肯定的に有意差が認められた。また、「9.いつ学んできたか把握できたと思う ($p<.01$).」, 「13.これまでどのように学んできたか把握することができたと思う ($p<.05$).」, 「15.学んでき

たことを現在学んでいることとつなげて考えるきっかけになったと思う ($p < .05$) .」, 「16.次どのように学んでいくか考えるきっかけになったと思う ($p < .01$) .」の4項目で否定的に有意差が認められた。このことから、学習者は、「場所を把握するための可視化」を確認することで、いつどのように学んできたか把握することや、これからどのように学んでいくか考えることは難しいが、学んだ場所について把握する傾向が示唆された。

「内容を把握するための可視化」について全8項目中「19.なにを学んできたか把握できたと思う ($p < .01$) .」, 「22. 学んできたことつながりを感じることができたと思う ($p < .01$) .」の2項目で肯定的に有意差が認められた。また、「17.いつ学んできたか把握できたと思う ($p < .01$) .」, 「18.どこで学んできたか把握できたと思う ($p < .01$) .」の2項目において否定的に有意差が認められた。このことから、学習者は、「内容を把握するための可視化」を確認することで、いつどこで学んできたか把握することは難しいが、学んだ内容やそのつながりを把握する傾向が示唆された。

「3つの可視化を切り替えながら確認すること」について全8項目中「25.いつ学んできたか把握できたと思う ($p < .01$) .」, 「26.どこで学んできたか把握できたと思う ($p < .01$) .」, 「27.なにを学んできたか把握できたと思う ($p < .01$) .」, 「28.学んできたことを具体的に思い出すことができたと思う ($p < .01$) .」, 「29.これまでどのように学んできたか把握することができたと思う ($p < .01$) .」, 「30.学んできたことつながりを感じることができたと思う ($p < .01$) .」の6項目で肯定的に有意差が認められた。このことから、学習者は、「3つの可視化を切り替えながら確認すること」によって、それぞれの可視化の特徴を生かすことができ、いつどこでなにを学んできたか把握し具体的に思い出し、更に学習者自身がこれまで学んできた過程を把握する傾向が示唆された。

以上より、本システムを活用することで、学習者は自身のこれまでの学びを具体的に思い出せることが伺えるので、要件①が満たされたと考えられる。更に、3つの可視化を切り替えながら活用することで、学んできた過程を把握することが伺えるので、要件②が満たされたと考えられる。

5. おわりに

本研究では、学習者の学びの軌跡の把握を支援することを目的に、写真データを活用した3つの可視化を実現する学びの軌跡可視化システムの開発とその評価を行った。その結果、3つの可視化を切り替えながら活用することで、学んできたことを具体的に思い出し、自身の学んできた過程を把握する傾向が示唆された。

今後は、より実験対象者を増やし、自由記述の分析を踏まえて、詳細に評価していく予定である。また、一人一人の社会的・職業的自立に向け、必要な基盤となる能力や態度を育てることを通して、キャリア発達を促すキャリア教育において、本システムをどのように活用できるか検討していく予定である。

謝辞

本研究は、科研費(17K01074)の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) 文部科学省 (2018) 文部科学白書, http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpab201901/1420047_010.pdf (2019年12月10日確認)
- (2) Verbert, K., Govaerts, S., and Duval, E., et al: "Learning dashboards: an overview and future research opportunities." *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol.18, pp.1499-1514 (2014)
- (3) 中野一也, 近津博文: "近接デジタル写真測量におけるExif情報を用いたカメラキャリブレーションについて", *日本写真測量学会*, Vol.48, No.3, pp180-187 (2009)
- (4) 五味愛, 伊藤貴之: "「何時, 何処で, 誰と」3つのメタ情報に基づく個人写真ブラウザ", *芸術科学論文誌*, Vol.30(1), pp.36-47 (2011)
- (5) YAHOO! JAPAN デベロッパーネットワーク, <https://developer.yahoo.co.jp/webapi/jlp/keyphrase/v1/extract.html> (2019年12月10日確認)

Web 調べ学習における課題関連度の提案

-興味の遷移に対応した LOD に基づく指標の算定-

山内 拓磨^{*1}, 太田 光一^{*1}, 長谷川 忍^{*1}, 柏原 昭博^{*2}

^{*1} 北陸先端科学技術大学院大学 ^{*2} 電気通信大学

A Proposal of Question Relevance

in Web-based Investigative Learning:

Criteria based on LOD Corresponding to Change of Learner's Interest

Takuma Yamauchi^{*1}, Koichi Ota^{*1}, Shinobu Hasegawa^{*1}, Akihiro Kashihara^{*2}

^{*1} Japan Advanced Institute of Science and Technology

^{*2} The University of Electro-Communications

Web 調べ学習では、学習者が主体的に Web リソースを選択しながら学習を進めていくため、設定した学習課題において学習すべき項目やその学ぶ順序(学習シナリオ)を学習者自身で決定しつつ学習を行う必要がある。しかし学習途中で Web ページのハイパーリンクや検索エンジンの検索結果などの情報から、初めに設定した課題とは関係のない事柄への興味の遷移が起こり得る。この興味の遷移を許容し別の学習課題として学習を行った場合、複数の学習シナリオが作成されることになる。そうした際に複数の学習シナリオに対して学習課題間での知識構造を関連付けることでより高い学習効果が期待できるが、学習中に関連を見つけるのは容易ではない。このような問題に対して、本研究では学習者に課題間の関連を提示するために、Linked Open Data (LOD)を用いて2つの学習課題に関するキーワードの情報から関連を表す指標として課題関連度を算出する手法を提案する。

キーワード: Web 調べ学習, 主体的学習, 興味の遷移, LOD, 課題関連度

1. はじめに

Web 調べ学習では、学習項目やその学習順序(学習シナリオ)が予め示されているテキスト教材とは異なり、学習者自身が非構造なリソースである Web リソースを選択し、学習シナリオを作成しながら学習を行っていく必要がある。先行研究では Web 調べ学習モデルが提案され、このモデルに沿った学習環境として interactive Learning Scenario Builder (iLSB)が開発されている⁽¹⁾。

また、Web 調べ学習を進めていく中で、Web ページのハイパーリンクや検索エンジンの検索結果などの情報から初めに設定した課題(初期課題)とは関係のない事柄へ興味が遷移し、それを課題として展開し学習を行うことが起こりうる。これに対して学習者の主体性

を損なわずに初期課題に沿った課題展開を促すための学習シナリオ診断手法が提案されている⁽²⁾。

一方、より学習者の主体性を重視した場合、初期課題には沿わないが新たに興味を持った課題を別の初期課題として展開することが考えられる。これを許容すると、異なる初期課題を持つ複数の学習シナリオが作成されることになる。人間はある概念についてそれを取り巻く他の概念と関連付けて認識・記憶しながら学習する⁽³⁾ため、複数の学習シナリオに対して学習課題間での知識構造を関連付けることでより高い学習効果が期待できる。しかし異なる学習課題から得た知識構造を関連付けることは学習者にとって容易なことではない。

この問題に対して、本研究では学習者に課題間の関

連を提示するために、Linked Open Data (LOD)を用いて、2つの学習課題の課題関連度を算出する手法を提案する。

2. Web 調べ学習

2.1 Web 調べ学習のモデル

先行研究では Web 調べ学習における学習活動を 3つのフェーズに分解したモデルが提案されている⁽¹⁾。

Web 調べ学習モデルは図 1 のように、Web リソース探索フェーズ、Navigational Learning フェーズ、学習シナリオ作成フェーズの 3つのフェーズからなり、学習者は部分課題が生成されなくなるまでこの 3フェーズを繰り返すことが想定されている。その結果として図 2 のような初期課題を根とする木構造で表現された学習シナリオが作成される。図 2 は地球温暖化を初期課題として学習を行った学習シナリオの一例である。

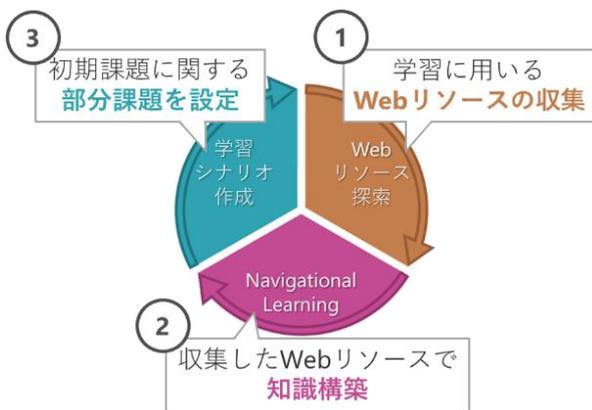


図 1 Web 調べ学習モデル

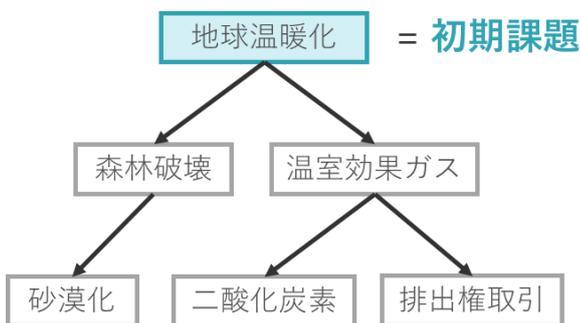


図 2 学習シナリオの一例

2.1.1 Web リソース探索フェーズ

Web リソース探索フェーズは、学習に用いるための学習リソースとなる Web リソースを探索・収集するためのフェーズである。検索エンジンを用いて課題を端的に表すキーワードに関する Web リソースを探索・収集する。

2.1.2 Navigational Learning フェーズ

Navigational Learning フェーズは、Web リソース探索フェーズで収集した学習リソースから情報を抽出し関連付けを行うことで、課題についての知識の構築を行うフェーズである。

2.1.3 学習シナリオ作成フェーズ

学習シナリオ作成フェーズは、Navigational Learning フェーズで学習した内容から、より深く学ぶ必要がある項目を抽出し部分課題として課題展開するフェーズである。

展開した部分課題についても Web 調べ学習モデルに沿って学習を行い、部分課題となる項目がなくなるまで学習を行う。

2.2 interactive Learning Scenario Builder

前節で述べた Web 調べ学習モデルに沿った学習環境として interactive Learning Scenario Builder (iLSB)が Firefox のアドオンとして開発されている⁽¹⁾。

図 3 のように、iLSB は Web リソース探索フェーズのための検索エンジン、Navigational Learning フェーズのための Keyword Repository, 学習シナリオ作成フェーズのための Question Tree viewer によって構成されており、Keyword Repository には課題についての知識を構成するキーワードが関連付けられた状態で格納されている。

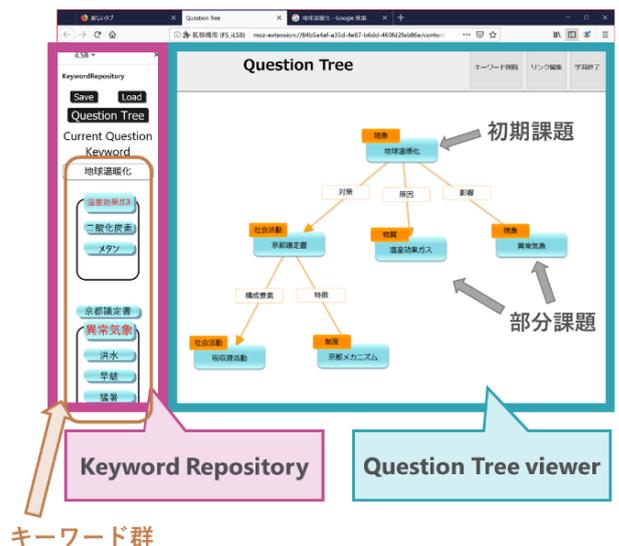


図 3 iLSB の UI

2.3 興味の遷移

Web 調べ学習モデルでは学習の中で行われる課題展開は初期課題の文脈に沿ったものであることを想定

している。しかし実際に学習を進めていく中では、Web ページのハイパーリンクや検索エンジンの検索結果などで目にした、初期課題とは関連性の少ない情報へ興味が遷移し、初期課題の文脈とは異なる課題の設定や展開が行われることがある。このような初期課題の文脈とは異なる課題が発生した際には、別の初期課題として展開させることで学習者の主体性をより重視した学習を促すことができる。

これを許容した場合、異なる初期課題を持つ複数の学習シナリオが作成されることとなる。一方で、人間はある概念についての知識を、それを取り巻く概念と関連付けたまとまりとして認識・記憶する³⁾。そのため異なる学習シナリオの学習課題間の関連付けを行うことでより豊かな知識構造を築くことが可能である。しかし、異なる初期課題から得られた学習課題間で関連する点を見つけるためには、同じ情報を様々な視点から見る必要があるが、これは容易なことではない。また、関連が存在したとして、それを見落としてしまった場合、見落としたということ自体に気づくことも難しい。この問題に対して、本研究では LOD を用いて課題間の関連を表す指標として課題関連度を算出する。

3. 課題関連度の算出

本章では LOD とそれを用いた課題関連度の算出手法について述べる。

3.1 Linked Open Data

Linked Open Data (LOD) とは Web 上でデータ同士を結び付けて公開する仕組みのことである。本研究では、Wikipedia 日本語版から情報を抽出した LOD である DBpedia Japanese⁴⁾ を用いる。

DBpedia Japanese は RDF と呼ばれる形式のデータ(RDF データ)から構成されるものである。RDF データは図 4 のような主語、述語、目的語の 3 つの要素からなる組(トリプル)でリソースに関する関係情報を表現する。



図 4 RDF 形式のトリプル

DBpedia Japanese は RDF データを検索するためのクエリ言語である SPARQL を用いてクエリを送信することで、データを取り出すことが可能である。これにより、指定した条件を満たすトリプルを DBpedia Japanese から抽出することで、キーワードに対する関連語句の情報を得ることができる。

例えば地球温暖化の関連語句を取り出したいとすると、地球温暖化を主語、Wikipedia 内の他のページに対するリンクである wikiPageWikiLink を述語とするトリプルを取得することで、地球温暖化に関連する内容のページが抽出でき、それらのページ名から関連語句の情報を得ることが可能である。

また、DBpedia Japanese ではそのページ内で関連付けしている Wikipedia の他のページの数(出次数)と Wikipedia の他のページから関連付けられている数(入次数)の情報を得ることができる。図 5 の場合、A の入次数は 3、出次数は 2 である。

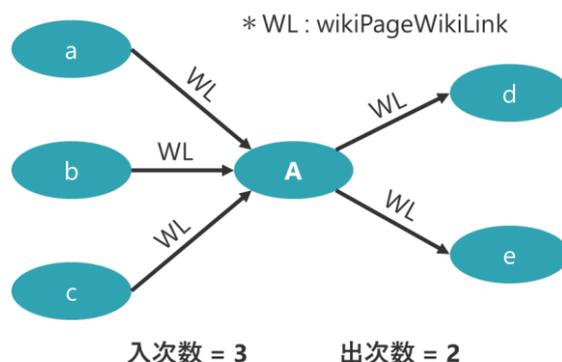


図 5 入次数と出次数

表 1 は DBpedia Japanese 上での地球温暖化の関連語句の一部と、その入次数・出次数を示したものである。DBpedia Japanese 上には圧倒的多数のリソースにつながる少数のリソースと、それほど多くのリソースとつながらない大多数のリソースが存在する。日本のような国名や地域名、2008 年のような西暦など語句は前者にあたり、これらの語句は一般性が高い傾向にある。こういった語句は多くのリソースと繋がる故に、実際には関連の薄い 2 つのリソースの間に入って、それらを DBpedia Japanese 上で結びつけてしまうことがある。そのため入次数と出次数それぞれについて閾値を設定し、それ以上のものは関連語句として扱わないようにすることで対処する。

表 1 地球温暖化の関連語句の入次数・出次数

語句	入次数	出次数
日本	135478	2324
2008 年	75227	893
京都議定書	220	247
化石燃料	195	197

3.2 アルゴリズム

前節で述べた LOD を用いて、iLSB の Keyword Repository に蓄えたキーワードの情報からその課題に対する関連語句集合を取り出し、他の課題のものと比較することで課題関連度を算出する。

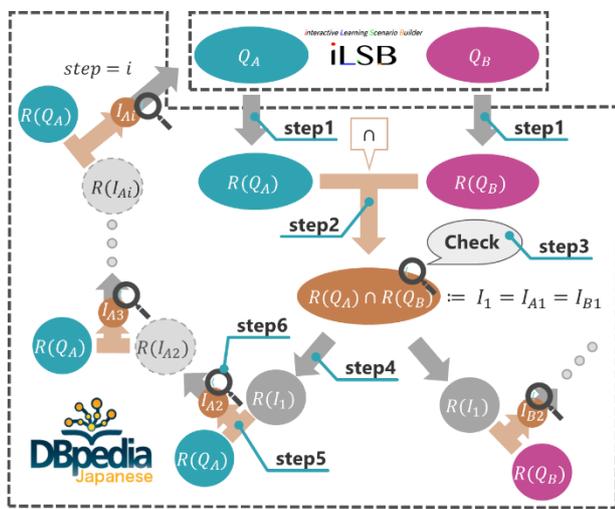


図 6 課題関連度算出の処理フロー

図 6 は課題関連度の算出に用いる処理のフローである。 Q_A は iLSB 上の課題ノードで、課題を表すキーワード (課題キーワード) q_A とその Keyword Repository に蓄えられたキーワード群 $key_{A1}, key_{A2}, \dots, key_{An}$ からなるキーワード集合である (Q_B も同様)。 DBpedia Japanese におけるキーワード x の関連語句集合を $R(x)$ と定義し、キーワード集合 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ の関連語句集合を

$$R(X) = R(x_1) \cup R(x_2) \cup \dots \cup R(x_n)$$

で定義する。

図 6 が示す Q_A から見た Q_B の課題関連度の算出手順について説明する。

step1. 関連の有無を調べる課題 Q_A, Q_B についてそれぞれ関連語句集合 $R(Q_A), R(Q_B)$ を抽出するためのクエリを送信する。

step2. $R(Q_A)$ と $R(Q_B)$ の積集合 (I_1) をとる。

step3. I_{A1} が空集合でない場合、 I_{A1} に DBpedia

Japanese 上で Q_A の課題キーワード q_A と相互につながる語句 (相互接続する要素) が含まれているかを調べる。

step4. 相互接続する要素が含まれていない場合、 I_{A1} の関連語句集合 $R(I_{A1})$ を抽出するためのクエリを送信する。

step5. 得られた $R(I_{A1})$ と $R(Q_A)$ の積集合 (I_{A2}) をとる。

step6. I_{A2} が空集合でない場合、 I_{A2} に対して step3. の操作を行う。相互接続する要素が含まれていない場合、この step6. で扱った積集合について step4-step6. の操作を行う。これを相互接続する要素が現れる、もしくは関連語句集合を取得した回数 (ステップ数) が一定回数に達するまで繰り返す。

ここで調べる課題関連度は 2 つの課題の直接的な関係を示すものであり、関連があるのならば step2. の操作を行った際に接点となるトピックを形成する語句群が I_1 に現れると仮定する。そのため I_1 が空集合となった場合はその課題間に関連はないものと判定し、処理を終える。 I_{A1} が要素を持つとしても、この一連の操作の中で相互接続する要素が現れる以前に I_{Ai} ($i \in \mathbb{N}$) が空集合となる場合は関連がないものとする。

step3. 以降の操作では I_1 から見たそれぞれの課題との関連性を調べている。これは二つの課題の間に共通するトピックがあるとしても、それに対するそれぞれの課題の重要度が低ければ関連としては弱いと考えられるためである。また 2 つの課題の間に関連があるとしても、 Q_A から見た Q_B と Q_B から見た Q_A とでは関連の強さが異なることも考えられる。そのため step3. 以降の処理はどちらの課題に注目して行うかによって扱う集合が異なる。

また前節で述べた通り、関連語句として現れるものには一般性の高いと思われる語句も含まれている。これを除去するために入次数と出次数それぞれについて閾値を決定し、フィルタリングを行う。閾値は DBpedia Japanese 上のリソースの入次数・出次数の傾向を調査し、経験的に決定した。

入次数については図 7 に示すように入次数が 1000 の前後で、急激にノード数が増加する傾向が見られた。また 2008 年といったような西暦のリソースは入次数 1000 未満ではあまり現れなくなった。これらのことから入次数についての閾値は 1000 とした。

出次数とノード数の関係は図 8 に示すようになった。

出次数が 300 の前後でノード数が 100 を超えていることや、化学の要素を含むリソースの間で強力なハブとなってしまう水素などの元素をある程度取り除けることから、出次数についての閾値は 300 とした。

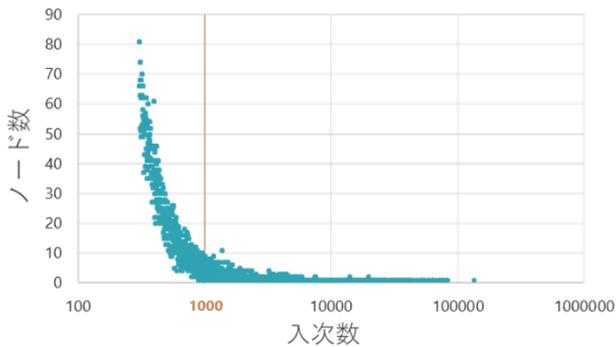


図 7 DBpedia Japanese における入次数の傾向

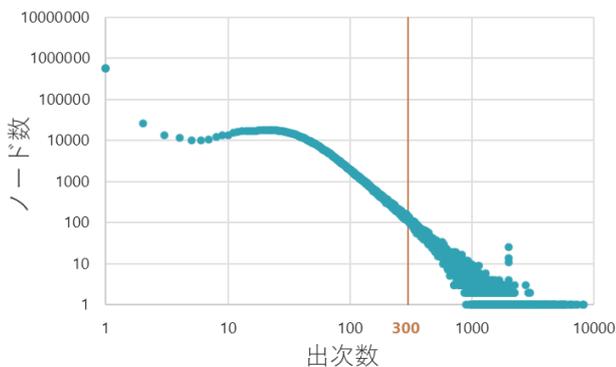


図 8 DBpedia Japanese における出次数の傾向

step3.もしくは step6.で相互接続する要素が現れた場合は、関連の強度を測るための以下で述べる 3 つのパラメータを取り出し、処理を終える。これらのパラメータを用いて課題関連度を求める。

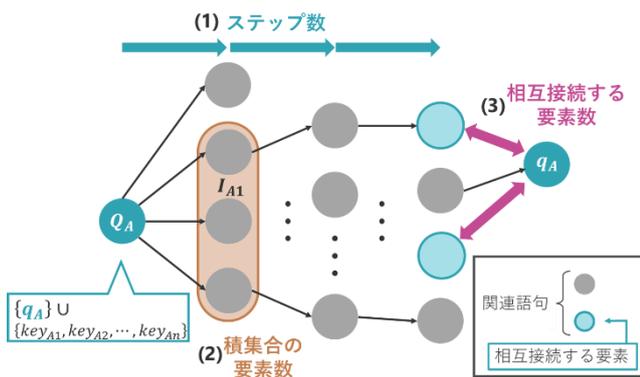


図 9 算出する 3 つのパラメータ

3.2.1 課題間距離

課題間の距離を表すパラメータとして、相互接続する要素が現れるまでにかかったステップ数を課題間距離として定義する。図 9 の場合、課題間距離は 3 である。課題間距離が小さいほど関連は強いと考えられる。

3.2.2 課題間類似度

2 つの課題の関連語句集合の類似度を表すパラメータとして $R(Q_A)$ と $R(Q_B)$ の積集合 I_1 の要素数を扱う。このパラメータを Simpson 係数によって正規化したものを課題間類似度として定義する。Simpson 係数は 2 つの集合の類似度を測る指標としてよく用いられるもので(1)式で求められる。

$$Simpson(X, Y) = \frac{|X \cap Y|}{\min(|X|, |Y|)} \quad (1)$$

図 9 の場合、 $R(Q_A) \leq R(Q_B)$ とすると課題間類似度は 0.75 である。課題間類似度は 0 から 1 の間の値をとり、課題間類似度が大きいほど関連は強いと考えられる。

3.2.3 課題間結合度

2 つの課題がいくつの要素を通じてつながっているのかを表すパラメータとして、現れた相互接続する要素数を課題間結合度として定義する。図 9 の場合、課題間結合度は 2 である。課題間結合度が大きいほど関連は強いと考えられる。

4. ケーススタディ

前章で述べた課題関連度について、表 2 に示す異なる初期課題を持つ 7 つの学習シナリオを用いてケーススタディを行った。この 7 つの学習シナリオからは双方向の関連がある課題の組み合わせとして、271 組が抽出された。これをそれぞれの方向に分解した 542 の関連について分析を行った。

表 2 使用した学習シナリオ

初期課題	ノード数	平均キーワード数
地球温暖化	6	8.3
電気自動車	7	6.1
オゾン層破壊	5	4.0
栄養素	15	4.7
喫煙	23	2.6
生命保険	11	11.4
原子力	13	1.6

4.1 閾値設定

課題間距離、課題間類似度、課題間結合度の 3 つのパラメータを用いて課題関連度ごとに分類するために、それぞれのパラメータについてその傾向を分析し、閾

値を設けた。

課題間距離を決定するステップ数の傾向は図 10 のようになった。ステップ数が 1, 2, 3 の占める割合が高く、4 以上のものはこれらに比べて大きく減少する傾向にあった。この結果から課題間距離を関連が強い順に A: 1, B: 2, C: 3, D: 4 以上、の 4 領域に分割した。

課題間類似度を決定する積集合 I_1 の要素数の Simpson 係数の傾向は図 11 のようになった。図 11 では積集合 I_1 の要素数の Simpson 係数が 0.01 以下のものを 0.01 で、0.01 より大きく 0.02 以下のものを 0.02 で、といったような計数を行い、その分布をみた。その結果、0.03 と 0.04 の間と、0.07 と 0.08 の間でそれぞれ大きな差が見られた。この結果から課題間類似度を関連が強い順に A: 0.07 より大きい, B: 0.03 より大きく 0.07 以下, C: 0.03 以下、の 3 領域に分割した。

課題間結合度を決定する相互接続する要素数の傾向は図 12 のようになった。相互接続する要素数は 1 が全体の約半分を占めていた。次いで多い 2 は 3, 4 の合計と同じほどの数であった。また 5 については 4 の 1/3 ほどになった。この結果から課題間結合度を関連が強い順に A: 5 以上, B: 3-4, C: 2, D: 1、の 4 領域に分割した。

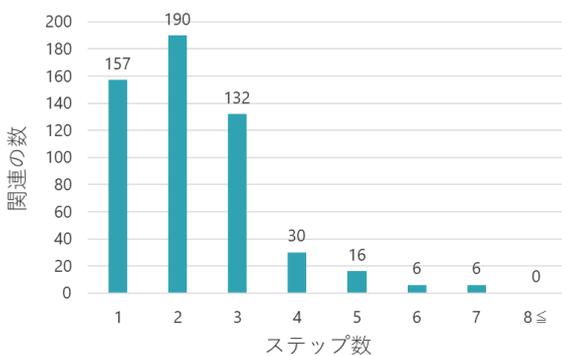


図 10 ステップ数の傾向

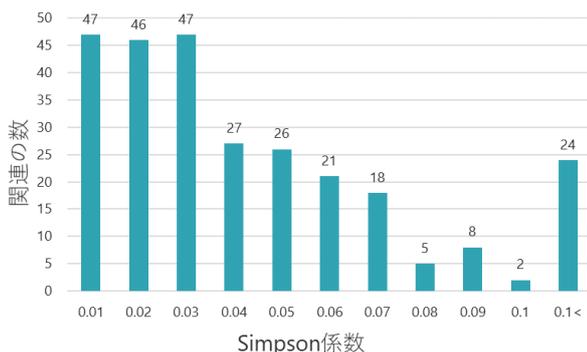


図 11 積集合 I_1 の要素数の傾向

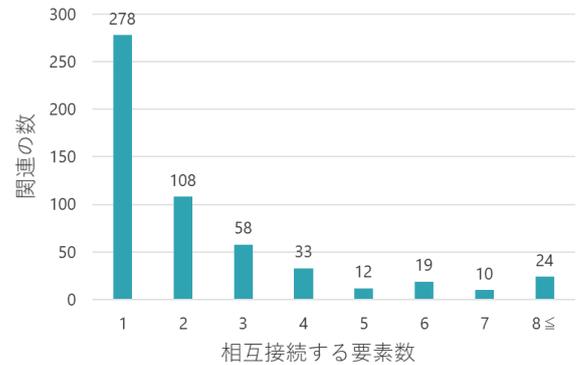


図 12 相互接続する要素数の傾向

4.2 各領域の分類

この閾値を用いて、課題間距離-課題間結合度と課題間距離-課題間類似度を組み合わせ、それぞれを 16, 12 の領域に分割した。課題間距離-課題間結合度、課題間距離-課題間類似度はそれぞれ特に課題間距離、課題間類似度に注目した課題関連度である。表 3, 4 にそれぞれの領域に現れた関連の事例を示す。表 3, 4 はともに左上にあるほど関連が強く、右下に行くにつれて関連が弱くなると考えられる。

課題間距離-課題間結合度について述べる際に、課題間距離が d かつ課題間結合度が c の領域を D_{dc} と呼称する。 D_{AA} , D_{AB} , D_{AC} には「呼吸器疾患→化石燃料」, 「電気自動車→化石燃料」, 「温室効果ガス→モントリオール議定書」などの妥当だと考えられる関連が多く挙げられた。 D_{AD} には「京都議定書→電気自動車」のような関連も含まれているが、全体としてはその割合は高くない結果となった。また D_{BA} , D_{BB} でも「ビタミン→喫煙」, 「地球温暖化→オゾンホール」のような関連が含まれているが、 D_{AD} と同様に全体としての割合は高くない。 D_{BC} や D_{CA} などの残りの領域ではより弱い関連のものの割合が高くなる。これらのことから課題間距離-課題間結合度を用いた課題関連度は図 13(a) のように各領域を分類した。これによって分類した課題間距離-課題間結合度の各領域の課題関連度は $[1]>[2]=[3]\gg[4]$ のような関係になっていると考えられる。

課題間距離-課題間類似度について述べる際に、課題間類似度が s かつ課題間距離が d の領域を S_{sd} と呼称する。 S_{AA} , S_{AB} には「呼吸器疾患→化石燃料」, 「京都議定書→ウィーン条約」のような関連が抽出できた。また S_{AC} , S_{AD} では「地球温暖化→一酸化炭素」, 「がん保険→

表 3 課題間距離-課題間結合度の各領域の分類

		課題間距離			
		A	B	C	D
課題間結合度	A	地球温暖化 → 化石燃料	ビタミン → 喫煙	化石燃料 → 禁煙	地球温暖化 → 原子力事故
		地球温暖化 → 気候変動	不飽和脂肪酸 → 電気自動車	ビタミン → がん保険	生命保険 → 化石燃料
		呼吸器疾患 → 化石燃料	不飽和脂肪酸 → 喫煙	ビタミン → 原子力事故	火災 → 不飽和脂肪酸
	B	電気自動車 → 化石燃料	地球温暖化 → オゾンホール	京都議定書 → 脂質	地球温暖化 → 受動喫煙
		原子力発電 → 電気自動車	地球温暖化 → 栄養素	京都議定書 → 脂溶性ビタミン	脂溶性ビタミン → 生命保険
		喫煙 → 火災	タンパク質 → 温室効果ガス	生命保険 → 地球温暖化	原子力発電 → 喫煙
	C	地球温暖化 → 電気自動車	回生ブレーキ → 京都議定書	脂質 → 地球温暖化	温室効果ガス → タンパク質
		温室効果ガス → 電気自動車	気候変動 → 電気自動車	脂溶性ビタミン → 地球温暖化	電気自動車 → ニコチン
		地球温暖化 → モントリオール議定書	地球温暖化 → アミノ酸	脂質 → 温室効果ガス	原子力 → ABS
	D	地球温暖化 → 回生ブレーキ	京都議定書 → 回生ブレーキ	回生ブレーキ → 地球温暖化	たばこ病 → 地球温暖化
		京都議定書 → 電気自動車	地球温暖化 → 脂質	地球温暖化 → タンパク質	たばこ病 → 温室効果ガス
		温室効果ガス → オゾンホール	アミノ酸 → 地球温暖化	地球温暖化 → ニコチン	たばこ病 → 京都議定書

表 4 課題間距離-課題間類似度の各領域の事例

		課題間距離			
		A	B	C	D
課題間類似度	A	呼吸器疾患 → 化石燃料	化石燃料 → 呼吸器疾患	地球温暖化 → 一酸化炭素	がん保険 → たばこ病
		飽和脂肪酸 → 喫煙	京都議定書 → ウィーン条約	喫煙 → 酸性雨	
		ウィーン条約 → 京都議定書	化石燃料 → ウィーン条約	一酸化炭素 → 酸性雨	
	B	オゾンホール → 酸性雨	酸性雨 → オゾンホール	たばこ病 → 脂溶性ビタミン	がん保険 → 喫煙
		栄養素 → 酸性雨	脂溶性ビタミン → たばこ病	電気自動車 → 一酸化炭素	電気自動車 → ニコチン
		モントリオール議定書 → 地球温暖化	一酸化炭素 → 電気自動車	ニコチン → 栄養素	がん保険 → ニコチン
	C	ビタミン → 京都議定書	温室効果ガス → 不飽和脂肪酸	京都議定書 → ビタミン	がん保険 → タンパク質
		タンパク質 → 火災	タンパク質 → がん保険	ABS → 原子力	原子力 → ABS
		京都議定書 → 原子力発電	火災 → タンパク質	地球温暖化 → 不飽和脂肪酸	たばこ病 → 不飽和脂肪酸

「たばこ病」のような「呼吸器疾患→化石燃料」などと比べると多少直接的ではないが妥当だと考えられる関連が抽出できた。S_{BA}には「モントリオール議定書→地球温暖化」のような関連が含まれていたが、全体としてその割合は高くない結果となった。一方、S_{BB}やS_{CA}などの残りの領域ではより弱い関連のものの割合が高くなる。これらのことから課題間距離-課題間類似度を用いた課題関連度は図 13(b)のように各領域を分類した。これによって分類した課題間距離-課題間類似度の各領域の課題関連度は[1]>[3]≥[2]>>[4]のような関係になっていると考えられる。

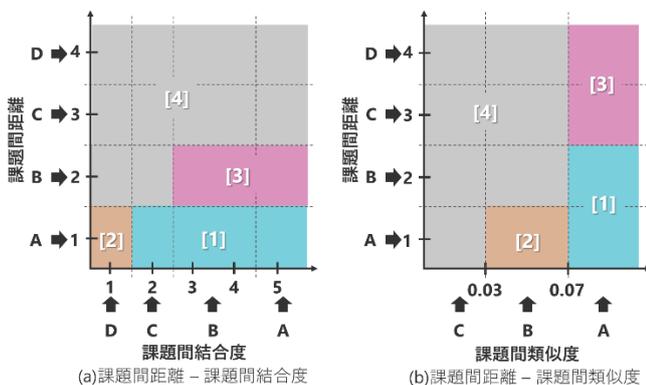


図 13 課題関連度による各領域の分類

4.3 エラー分析

前節で課題間距離-課題間結合度、課題間距離-課題間類似度についてそれぞれ4つの領域に分類を行った際に、関連性は少ないと思われるが[1], [2], [3]の領域に属している課題の組み合わせもあった。特に[2]や課題間距離-課題間結合度の[3]では、[1]に比べてこれらの割合が高かった。これらの分類が適当でない事例の一部と図 13(a)(b)におけるその分類を表 5 に示す。

表 5 適当でない分類の事例の一部

Q _A	Q _B	(a)	(b)
地球温暖化 →	火災	[2]	[2]
ビタミン →	化石燃料	[1]	[2]
気候変動 →	生命保険	[2]	[2]

分類が適当でない事例を調べたところ、「地球温暖化」、「ビタミン」、「火災」、「生命保険」などの一部の課題との組み合わせのものが多く現れていることが分かった。また表 5 で示した事例における相互接続する要素を見ると、「地球温暖化→火災」が「化石燃料」、「ビタミン→化石燃料」が「食品添加物」など、「気候変動→生命保険」が「気候」であった。これらの展開元

となった、 Q_B に含まれるキーワードはそれぞれ「火」、「環境問題」、「人間」であった。これらのキーワードについての入次数と出次数を表 6 に、それぞれの課題キーワードについての入次数と出次数を表 7 に示す。

表 6 展開元のキーワードの入次数・出次数

キーワード	入次数	出次数
火	432	254
環境問題	702	403
人間	1878	217

表 7 課題キーワードの入次数・出次数

課題キーワード	入次数	出次数
地球温暖化	850	311
ビタミン	472	515
気候変動	281	63
火災	959	485
化石燃料	195	197
生命保険	2048	209

表 6 が示す通り「ビタミン→化石燃料」をつなげる要因となった「環境問題」の出次数は 403、「気候変動→生命保険」をつなげる要因となった「人間」の入次数は 1878 であった。これらは DBpedia Japanese から得られたキーワードの入次数や出次数に対して設定した閾値を超えている。また「地球温暖化→火災」をつなげる要因となった「火」はどちらもその閾値未満であったが、2 つの課題キーワードである「地球温暖化」と「火災」はどちらも出次数が閾値を超えていた。

このことから、これらのハブとなるキーワードを通じて関連性の少ない課題同士が結び付けられたと考えられる。前章で述べた課題関連度の算出過程において、DBpedia Japanese から得られたキーワードは入次数や出次数を制限することで一般性の高いと思われるキーワードを取り除いていたが、iLSB の Keyword Repository 内にあるキーワードを用いる際にはそれらを考慮していなかった。そのため、Keyword Repository 内のキーワードにも入次数や出次数について制限を設けることが対策として挙げられる。

5. おわりに

本研究では、Web 調べ学習を行う中で作成された、複数の学習シナリオに対して学習課題間での知識構造

の関連付けを行うことが、学習者にとって容易ではないという問題に対して、課題間の関連を提示するために LOD に基づく課題関連度を提案した。

今後の課題として、iLSB の Keyword Repository 内に含まれるハブとなるキーワードによる影響を抑制するための入次数や出次数による制限の検討や、この課題関連度の妥当性を調べるための評価実験、また課題関連度を用いた支援システムの実装とその評価実験が挙げられる。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費基盤研究(B)(No.17H01992)の助成による。

参考文献

- (1) Akihiro Kashihara, and Naoto Akiyama: “Learning Scenario Creation for Promoting Investigative Learning on the Web”, Journal of information and systems in education, Vol.15, No.1, pp.62-72 (2017)
- (2) 佐藤禎紀, 柏原昭博, 長谷川忍, 太田光一, 鷹岡亮: Web 調べ学習における主体的学習プロセスの診断手法, 教育システム情報学会第 6 回研究会, Vol.32, No.6, pp.99-106 (2018.03.17).
- (3) Siemens, G.: “Connectivism: A learning theory for the digital age”, International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2(1), 3-10 (2005).
- (4) DBpedia Japanese, <http://ja.dbpedia.org/> (最終閲覧日: 2019.12.11)

GitHub 利用履歴とアンケート調査に基づく チーム開発活動評価実験

伊藤恵^{*1} 松原克弥^{*1} 富永敦子^{*1}

^{*1} 公立はこだて未来大学

An Evaluation Experiment of Team Development Activities based on GitHub Usage History and Questionnaire Survey

Kei Ito^{*1} Katsuya Matsubara^{*1} Atsuko Tominaga^{*1}

^{*1} Future University Hakodate

In system development PBLs, many student teams use several standard tools, such as GitHub. By usage history data of such tools, we aim to evaluate objectively and quantitatively students' activities in PBL. However, evaluation using usage history data of such tools is greatly affected by proficiency level of students. So, it is also needed to evaluate of proficiency level of students. In previous research work, we create a checklist for proficiency level of GitHub and try to evaluate proficiency level by the checklist. This article reports the results of the continuous evaluation of proficiency level of GitHub, the subsequent questionnaire, and the analysis results with GitHub usage history of students.

キーワード：習熟度評価，システム開発 PBL，GitHub

1 はじめに

さまざまな教育分野において実践的な教育方法の一つとして Project Based Learning(以下 PBL)が行われており，情報系の学部や学科においても，実践的な IT 教育の一つとしてシステム開発 PBL が広く実施されるようになってきている⁽¹⁾⁽²⁾。このようなシステム開発 PBL における成績評価は発表会や最終成果物に対する評価が中心である。しかし，学習対象には発表や最終成果物だけでなく，そこに至るまでのプロセスが含まれていることも多い。ところが，システム開発 PBL において開発プロセスの評価方法は確立されているとは言えない⁽³⁾。

システム開発 PBL では GitHub¹などの定番ツールがよく使われる。GitHub はシステム開発等で使われるバージョン管理ツールの一つ Git を基にした Web 上のサービスであり，開発プロセスに紐づけられる利用履歴情報が相応に残される。我々はその情報に着目し，GitHub

を使用するシステム開発 PBL を対象に，利用履歴情報を用いた PBL プロセス評価手法の確立を目指している⁽⁴⁾。しかし，Git/GitHub はまあまあ使えるレベル，かなり使いこなしているレベルなど，使用者の習熟度合の幅が広く，システム開発 PBL においてもチーム間やチーム内で習熟度合の差が大きくなることも多く，それが利用履歴を用いたプロセス評価に大きく影響してしまう。そこで我々は，システム開発 PBL のプロセス評価に活用することを前提として GitHub の習熟度チェックリストを作成し，実際にこれを用いた習熟度の評価実験を繰り返してきた⁽⁵⁾。

本稿では継続的に実施している GitHub 習熟度評価実験と，それに併せて実施した評価結果に対するアンケート調査，および，GitHub 利用履歴分析の結果を報告する。

¹<https://github.com>

2 主観評価に基づく習熟度評価

まず我々は先行研究⁽⁵⁾において Git/GitHub の習熟度評価のためのアンケート項目とアンケート結果からの習熟度判定方法を策定した。以下に述べる。

2.1 アンケート項目

アンケート項目は、Git や GitHub に関する書籍やある程度整理された Web 上の情報⁽⁶⁾⁽⁷⁾を参考に項目候補を決め、複数の GitHub 熟練者で協議した上で決定した。表 1 がアンケート項目の一覧である。

表 1 に記載されている順に、それぞれの項目について「何のことか分からない」「コマンドは分かる/使ったことはある」「分かる/使っている」「使いこなしている/十分理解している」の 4 択で回答させる。

表中の「分類」は、後述する判定のためのものであり、次のように決めている。Git の基本的な操作に関する項目で、Git/GitHub の利用開始初期から使うと思われるものを「基本 1」、基本的な操作だが利用開始後しばらくしてから使うと思われるものを「基本 2」とした。また、GitHub Flow などのバージョン管理のワークフローにおいて多く使われるブランチ操作についても同様に、ブランチの利用開始初期から使うと思われるものを「ブランチ 1」、しばらくしてから使うと思われるものを「ブランチ 2」とした。

ただし、これらはあくまでも基本的な操作の範疇であり、ある程度 GitHub を使い慣れた者はほとんどの項目に「使いこなしている/十分理解している」と回答する可能性がある。より熟練度が高い場合の評価項目について今後検討予定である。

2.2 アンケート結果からの判定方法

前節で述べたアンケートの回答結果から以下の手順で習熟度を判定する。

1. 点数化

まずアンケート回答一つ一つの点数化を行う。「何のことか分からない」を 0 点、「コマンドは分かる/使ったことはある」を 1 点、「分かる/使っている」を 2 点、「使いこなしている/十分理解している」を 3 点とする。

2. 分類ごと集計

次に表 1 の分類ごとに集計を行う。具体的には

「基本 1」の 5 項目の平均点、「基本 2」の 4 項目の平均点、「ブランチ 1」の 5 項目の平均点、「ブランチ 2」の 6 項目の平均点を計算する。それぞれ最低点は 0.0 点、最高点は 3.0 点となる。

3. 習熟度判定

4 つの平均点から以下の基準で習熟度を判定する。

- 4 つの平均点がすべて 1.0 未満なら「入門者」
- 上記以外で 1.0 未満が 2 分類以上なら「初級者」
- 上記以外で 2.0 未満が 2 分類以上なら「中級者」
- それ以外なら「上級者」

3 評価実験

著者ら所属大学学部 3 年生の必修通年 PBL 科目「システム情報科学実習」²において、GitHub を利用しつつシステム開発を行うプロジェクトを対象に、前節で述べた主観評価に基づく習熟度評価を開始時・中間・終了時の 3 回行い、また、その判定結果に対する個々の学習者本人へのアンケート調査を行ったほか、そのうちの 1 プロジェクトについて同じ期間中の GitHub 利用履歴との比較分析を行った。

3.1 実験対象

著者ら所属大学において学部 3 年生を対象として開講される必修通年科目「システム情報科学実習」では、毎年度 20 数個程度のプロジェクトが実施される。その中にはシステム開発を行うプロジェクトもそうでないプロジェクトもあるが、本実験ではそのうちの GitHub を利用してシステム開発を行うプロジェクトを対象とする。具体的には上記の条件を満たす 3 つのプロジェクト A,B,C の協力を得て、それらのプロジェクトの所属学生それぞれ 15 名、15 名、11 名の計 41 名を対象とした。プロジェクトへの配属は学生本人の希望に基づいて行われ、対象学生の多くはシステム開発や開発スキルの向上などに関心がある。前期は 5 月初旬ごろにプロジェクトが実質開始し、7 月上旬には中間発表会と中間報告書提出がある。また、後期は 9 月下旬にプロ

²https://www.fun.ac.jp/edu_career/project_learning/

表 1: アンケート項目

分類	項目
基本 1	コミットができる
基本 2	コミット間の diff がみれる
基本 1	リモートのリポジトリにプッシュができる
基本 1	リモートのリポジトリから pull ができる
基本 1	リモートのリポジトリのクローンができる
基本 2	git commit -amend ときいて使い方がわかる
基本 2	.gitignore が何のためにあるファイルか知っている
基本 2	コミットをどの程度の粒度にすべきか分かる
基本 1	コミットメッセージにはどんな内容を書くべきか分かる
ブランチ 1	ブランチの作成ができる
ブランチ 1	ブランチの削除ができる
ブランチ 2	あるブランチとあるブランチ 2 の差分がすぐに出せることを知っている
ブランチ 2	あるブランチ A とあるブランチ B を比較して、A のみに加えられた差分をすぐに出せることを知っている
ブランチ 1	merge ができる
ブランチ 2	merge に失敗した後、merge 前に戻るやりかたを知っている
ブランチ 1	rebase ができる
ブランチ 2	rebase に失敗した後、merge 前に戻るやりかたを知っている
ブランチ 2	merge 中のコンフリクトを解消できる
ブランチ 1	どんな名前がブランチ名として適しているか分かる
ブランチ 2	どのくらいの頻度 (単位) でマージするのがよいか分かる

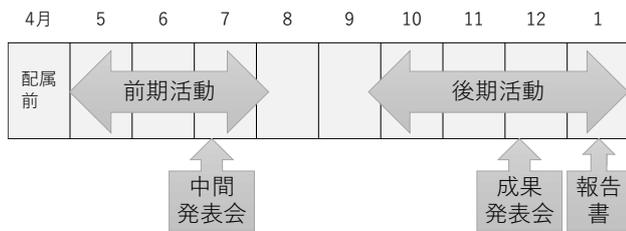


図 1: 実験対象科目の全体スケジュール

プロジェクトが再開され、12月上旬に成果発表会、1月に最終報告書提出がある(図1)。

3.2 習熟度評価

5月のプロジェクト開始直後、7月の前期活動終了後、12月の成果発表会終了後に第2節で述べた方法でアンケート調査とその回答に基づくGit/GitHub習熟度判定を行った。対象学生41名中3回ともアンケート回答が得られた36名分の判定結果が表2である。表では、3回のアンケート実施をそれぞれ開始時、中間、終了時と示し、学生の所属プロジェクト別に終了時の判定の降順に記載している。A01からA14がAプロジェクトの学生、B01からB15がBプロジェクトの学生、C01からC07がCプロジェクトの学生である。

著者ら所属大学ではGitHubそのものを教える授業はないが、プロジェクト開始時点の結果から一部の学生は既にGitHubをある程度使えていることが分かる。前期活動終了時点までに判定結果がやや向上し、成果発表終了後までに大きく向上している。この理由として、前期には各プロジェクト内で行われたGitHub勉強会等により、少し習得が進んだが、前期中はフィールド調査や要求獲得などの活動が多く、GitHubを実際に活用する機会は多くなかったこと、後期には開発が本格化し、プロジェクト内で実際にGitHubの利用が増えたことが考えられる。ただし、どのプロジェクトもごく一部の学生は終了時でもあまり判定結果が高くない。これは、実際に開発が本格化した後期に、チーム内での役割分担が明確化したことで、GitHubをよく利用する学生とそうでない学生とに分かれたことが原因と考えられる。

表の基本1、基本2、ブランチ1、ブランチ2のそれぞれについて、3時点の比較をするために、被験者内

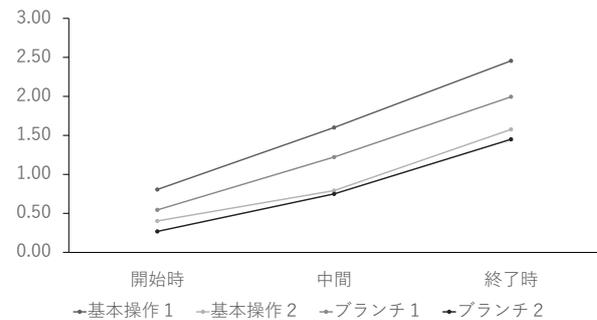


図 2: 各カテゴリの平均値推移

1 要因分散分析を行った結果、基本1、基本2、ブランチ1、ブランチ2ともに、1%水準で有意差が認められた($F(2, 70) = 91.86$; $F(2, 70) = 68.31$; $F(2, 70) = 113.88$; $F(2, 70) = 51.75$)。多重比較(Holm法)の結果、基本1、基本2、ブランチ1、ブランチ2ともに、5%水準で、開始時<中間<終了時という結果であった。この結果から、プロジェクトの活動が進むにつれて、基本1、基本2、ブランチ1、ブランチ2のスキルが有意に上がっていったということが言える(図2)。

3.3 判定結果に対するアンケート調査

7月に実施した2回目の習熟度判定の後、3プロジェクトの所属学生41名全員に、本人および同じプロジェクトの他学生の1,2回目の判定結果を開示した。その上で、自分自身の判定結果と同じプロジェクトの他学生の判定結果について、どう感じたかアンケート調査を行ったところ、22名から回答が得られた。その結果は図3のグラフの通りであった。

自分自身の判定結果に対しては、回答者22名中17名が大変妥当、2名がやや妥当と答えており、3名はやや妥当でないと答えていた。やや妥当でないと回答した3名のうちの1名は自由記述欄に「自分のレベルが上級者になっていたが、上級者と言われるほど実感できていない。」と記述していた。このことから2.1節で述べたようにより習熟度の高い場合の評価項目の必要性が感じられる。また、同じチームの他のメンバーの判定結果に対しては、回答者22名中12名が大変妥当、9名がやや妥当と答えており、1名がやや妥当でないと答えていた。やや妥当でないと答えた1名は自由記述欄に「全体的に初心者、入門者が想像よりも多いなと思った。」と記述していた。なお、どちらの問いに対しても「全く妥当でない」と回答したものはなかった。

表 2: 判定結果

学 生	開始時					中間					終了時				
	基 1	基 2	ブ 1	ブ 2	判定	基 1	基 2	ブ 1	ブ 2	判定	基 1	基 2	ブ 1	ブ 2	判定
A01	1.40	1.25	1.00	1.00	中級	2.80	2.75	3.00	2.83	上級	3.00	3.00	3.00	3.00	上級
A02	3.00	2.50	2.60	1.83	上級	3.00	1.75	2.60	2.00	上級	3.00	2.75	2.80	2.00	上級
A03	0.00	0.00	0.00	0.00	入門	1.20	0.00	0.60	0.17	初級	2.80	2.50	2.20	1.33	上級
A04	0.80	0.25	0.40	0.00	入門	2.00	1.25	1.60	0.67	中級	3.00	1.75	2.20	1.50	中級
A05	1.60	0.50	1.00	0.00	初級	1.60	0.25	0.20	0.00	初級	2.80	1.25	2.20	1.67	中級
A06	1.80	1.25	1.20	0.67	中級	2.00	1.50	1.60	1.33	中級	1.80	1.75	1.60	1.50	中級
A07	1.80	1.00	0.80	0.50	初級	1.80	1.50	1.80	1.33	中級	2.00	1.50	1.80	1.17	中級
A08	1.80	0.50	1.40	0.50	初級	2.00	1.25	1.80	1.17	中級	2.00	1.50	1.60	1.17	中級
A09	0.20	0.00	0.00	0.00	入門	1.20	0.00	0.20	0.00	初級	2.00	1.50	1.40	1.17	中級
A10	0.20	0.00	0.20	0.00	入門	0.80	0.25	0.80	0.33	入門	2.00	0.75	1.80	1.00	中級
A11	0.20	0.00	0.40	0.00	入門	1.80	0.50	1.20	0.50	初級	2.00	1.25	1.40	0.50	中級
A12	0.00	0.00	0.00	0.00	入門	0.60	0.00	0.80	0.33	入門	2.40	0.50	1.60	0.33	初級
A13	0.00	0.00	0.00	0.00	入門	2.00	0.25	0.80	0.33	初級	1.80	0.25	2.00	0.50	初級
A14	0.00	0.00	0.00	0.00	入門	0.20	0.00	0.00	0.00	入門	1.80	0.50	0.60	0.00	初級
	基 1	基 2	ブ 1	ブ 2	判定	基 1	基 2	ブ 1	ブ 2	判定	基 1	基 2	ブ 1	ブ 2	判定
B01	3.00	3.00	2.40	2.67	上級	3.00	3.00	3.00	3.00	上級	3.00	3.00	3.00	3.00	上級
B02	2.00	0.25	1.60	0.33	初級	3.00	2.25	2.60	2.17	上級	3.00	3.00	3.00	3.00	上級
B03	2.00	1.50	1.60	0.50	中級	3.00	2.50	2.60	2.33	上級	3.00	3.00	2.80	2.50	上級
B04	2.00	1.00	1.60	1.00	中級	2.40	1.25	1.60	1.17	中級	3.00	2.50	3.00	2.67	上級
B05	0.00	0.00	0.00	0.00	入門	1.20	0.25	0.60	0.00	初級	2.80	2.00	2.80	3.00	上級
B06	0.80	0.50	0.60	0.00	入門	2.00	1.25	1.80	1.33	中級	3.00	2.25	2.60	2.33	上級
B07	0.00	0.00	0.00	0.00	入門	2.00	0.00	1.20	0.00	初級	3.00	1.75	2.20	2.00	上級
B08	0.60	0.25	0.20	0.00	入門	2.00	0.50	0.80	0.33	初級	3.00	1.75	2.00	1.67	中級
B09	0.00	0.00	0.00	0.00	入門	0.80	0.50	0.20	0.00	入門	3.00	1.75	2.00	1.33	中級
B10	0.00	0.00	0.00	0.00	入門	1.00	0.75	1.00	0.83	初級	2.00	1.75	1.80	1.83	中級
B11	0.00	0.00	0.00	0.00	入門	1.60	0.75	1.20	0.83	初級	2.80	1.50	1.60	1.00	中級
B12	0.00	0.00	0.00	0.00	入門	0.60	0.00	0.80	0.00	入門	2.00	0.75	1.40	1.17	中級
B13	0.00	0.00	0.00	0.00	入門	1.00	0.00	0.40	0.00	初級	2.00	0.75	1.60	0.67	初級
B14	0.00	0.00	0.00	0.00	入門	1.20	0.75	0.80	0.50	初級	1.40	0.50	1.00	0.17	初級
B15	0.00	0.00	0.00	0.00	入門	0.00	0.00	0.20	0.00	入門	1.20	0.00	1.00	0.00	初級
	基 1	基 2	ブ 1	ブ 2	判定	基 1	基 2	ブ 1	ブ 2	判定	基 1	基 2	ブ 1	ブ 2	判定
C01	2.00	0.25	0.80	0.33	初級	1.00	0.50	0.60	0.33	初級	2.60	2.50	2.20	2.67	上級
C02	1.00	0.25	0.60	0.17	初級	1.80	1.25	2.00	1.17	中級	2.80	1.50	2.00	1.33	中級
C03	0.40	0.00	0.00	0.00	入門	1.20	0.25	0.80	0.17	初級	3.00	1.75	2.00	0.67	上級
C04	0.80	0.00	0.20	0.00	入門	1.80	0.50	1.60	0.83	初級	2.20	1.50	2.00	1.67	中級
C05	0.80	0.00	0.60	0.17	入門	1.00	0.25	1.00	0.17	初級	2.80	1.00	2.20	1.00	中級
C06	0.80	0.25	0.40	0.00	入門	2.00	0.50	1.40	0.67	初級	2.60	0.75	2.00	1.33	上級
C07	0.00	0.00	0.00	0.00	入門	1.00	0.25	0.80	0.17	初級	1.80	0.75	1.40	0.33	初級

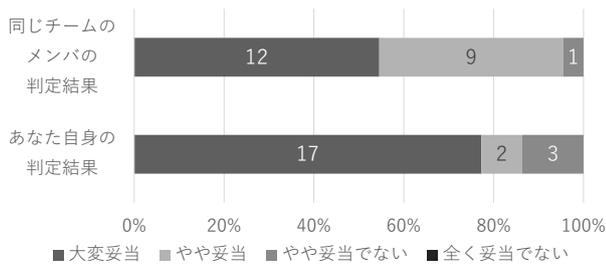


図 3: 判定結果に対するアンケート結果

3.4 GitHub 利用履歴との比較分析

主観評価に基づく習熟度評価と並行して、実験対象プロジェクトのうちの1つ(Bプロジェクト)を対象に、同じ時期の学生のGitHub利用履歴を取得し、分析した。Git/GitHubではコミットという単位でバージョン管理対象となるプログラムやドキュメントの変更を記録していく。コミットの粒度のばらつきには依存するものの、平均的にはコミット数の多い学生ほど、よくGitHubを使っていると言える。

表3はBプロジェクトの所属学生15名のプロジェクト期間中のGitHubコミット数を月ごとに示したものである。前期活動期間の5月から7月、夏休み期間の8月から9月は全体的にコミット数が少なく、開発が本格化した後期の10,11月にコミット数が急増している。この表では10,11月の合計コミット数の降順にBプロジェクトの学生を並べている。表の左側には3.2節で述べた3回分のスキル判定結果を再掲している。

コミット数が多い学生ほどスキルが向上することが想定されたが、コミット数が非常に多い4名のうち1名はコミット数が多いにも関わらずスキル判定結果は「中級者」に留まっている。コミット数が多くても使い方は上達していなかった可能性もあり、Git/GitHubの使い方のより詳細な調査が必要と言える。一方、コミット数が少ない学生はあまりスキルが向上しないことが予想されたが、10,11月のコミット数が30未満の下位学生の中にも開始時「入門者」から終了時「中級者」に上がった学生が3名、開始時「入門者」から終了時「上級者」に上がった学生が1名いた。コミットデータは「システム情報科学実習」でBプロジェクトが利用している複数のGitHubリポジトリから取得したが、学生に

よっては他の活動あるいは個人的に別のGitHubリポジトリを使用していることも考えられ、その結果スキルが向上した学生の可能性もある。

4 おわりに

先行研究において策定したアンケート調査に基づくGitHub習熟度評価手法を用い、学部3年生を対象とした通年必修のPBL科目において、開始時・中間・終了時の3回評価実験を行った。分析結果からPBL科目の進行に応じて各スキルの評価値が有意に上がっていることが分かった。また、中間段階で行った習熟度判定結果に対するアンケート調査でも、結果を妥当と考える回答が多かった。GitHub利用履歴データ(コミット数)との対比では、全体的な傾向としてはコミット数の多い学生がスキル向上していたが、一部に例外的な結果となった学生もいた。

アンケート調査に基づく評価のため、客観的な評価にはなっていないものの、評価実験を行った範囲では、対象学生のスキルを大よそ判定できていると考えられる。

今後は、より習熟度が高い場合の判定を可能とするアンケート項目の検討や、GitHubのコミット数以外のデータを用いた分析を行うほか、長期に渡るPBLではなく、他の活動が影響しにくい短期のハッカソンでの評価実験の実施を検討していく。

参考文献

- (1) enPiT事務局: “高度IT人材を育成する産学協働の実践教育ネットワーク”(2017)
- (2) 福田晃, 鶴林尚靖, 荒木啓二郎, 峯恒憲, 日下部茂, 金子邦彦, 亀井靖高, 廣重法道: “情報工学系大学教員のためのPBL実践ガイド”, 九州大学大学院システム情報科学府情報知能工学専攻社会情報システム工学コース(2012)
- (3) 日戸直紘, 伊藤恵, 大場みち子: “能力成熟度モデル統合に基づいたPBLにおける定量的学習評価手法の提案”, 日本ソフトウェア科学会第34回大会論文集, 日本ソフトウェア科学会(2017)
- (4) 松原克弥, 伊藤恵, 木塚あゆみ: “コード更新履歴の可視化による分散PBLでのチーム活動評価の試み”, 第4回実践的IT教育シンポジウム(rePiT2018)論文集, 日本ソフトウェア科学会, pp. 4955(2018)
- (5) 伊藤恵, 松原克弥, 富永敦子: “GitHub習熟度評価手法の提案とシステム開発PBLにおける習熟度評価の試み”,

表 3: コミット数との対比

学生	開始時	中間	終了時	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	10,11計
B04	中級	中級	上級	0	16	1	0	16	80	48	128
B02	初級	上級	上級	0	0	12	0	6	51	62	113
B10	入門	初級	中級	0	0	0	0	1	64	37	101
B01	上級	上級	上級	0	0	0	0	1	61	30	91
B07	入門	初級	上級	0	0	0	0	0	16	28	44
B05	入門	初級	上級	0	9	0	0	0	17	25	42
B08	入門	初級	中級	0	0	0	0	0	28	7	35
B03	中級	上級	上級	0	0	0	0	0	23	10	33
B13	入門	初級	初級	0	0	0	0	0	4	23	27
B11	入門	初級	中級	0	0	0	0	0	5	21	26
B12	入門	入門	中級	0	0	2	0	2	17	8	25
B09	入門	入門	中級	0	0	0	0	0	14	6	20
B14	入門	初級	初級	0	0	0	0	0	15	4	19
B06	入門	中級	上級	0	0	0	0	0	2	10	12
B15	入門	入門	初級	0	0	0	0	0	0	0	0

日本ソフトウェア科学会第 36 回大会講演論文集, 日本ソフトウェア科学会 (2019)

(6) @kyanro@github: git 理解度チェックリスト,
<https://qiita.com/kyanro@github/items/3f0d4303882e668e1e85> (2019 年 12 月 1 日確認).

(7) 大塚弘記: GitHub 実践入門, 技術評論社, (2014)

話しことばチェッカーの開発と実証評価

山下 由美子^{*1*2}, 長谷川 哲生^{*2}, 山川 広人^{*3}, 小松川 浩^{*2*3}

^{*1} 帝京大学 高等教育開発センター

^{*2} 公立千歳科学技術大学 大学院光科学研究科

^{*3} 公立千歳科学技術大学 情報システム工学科

Experimental Development of

Japanese Colloquial Writing Checker

Yumiko Yamashita^{*1*2}, Tetsuo Hasegawa^{*2}, Hiroto Yamakawa^{*3}, Hiroshi Komatsugawa^{*2*3}

^{*1} Center for Teaching and Learning, Teikyo University

^{*2} Graduate School of Photonics Science, Chitose Institute of Science and Technology

^{*3} Department of Information Systems Engineering,
Chitose Institute of Science and Technology

学生が提出前に自分のレポート内の話し言葉をチェックし、推敲することで、ヒントを基に適切な学術表現を使用できることを目的とする「話しことばチェッカー」を開発した。実証実験では、初年次学生 216 人にレポート課題を課し、提出後チェッカーでの判定をさせ、検出された話し言葉を修正したレポートを再提出させた。その結果、1 回目の検出数が平均 5.02 個だったのが、修正後は平均 0.83 個にまで減少した。事後アンケートからも、本システムの有用性について 8 割以上の学生から肯定的な回答を得た。

キーワード: 話し言葉, 書き言葉, 初年次, レポート, 話しことばチェッカー

1. はじめに

近年、多くの大学で初年次教育の一環として、レポート・論文の書き方等文章作法関連の授業が開設され、日本人学生に対する日本語力、文章力の向上を図る取り組みがなされている。初年次向けの文章作法に関する授業では、レポートの書き方の中でも構成面や形式面が特に重視される傾向がある。

同時に、レポート作成においてはレポートで求められる書き言葉（学術表現）が必要である。しかし、話し言葉が混在することにより、読み手にとって内容理解の妨げになったり、レポートの本質的なところが見えにくくなったりする可能性もある。日本語で中等教育までを受けていれば、一定程度の日本語リテラシーはあり、話し言葉と書き言葉の区別も経験的に学び認識しているはずである。にもかかわらず、学生のレポートには話し言葉が頻出する傾向がある。

このような背景から、本研究は、学生自身が推敲段階において自分のレポート内の話し言葉をチェックできる「話しことばチェッカー」システムの開発および、その教育的効果検証を目的としている。学生達が、レポート提出前に本システムを利用することによって、話し言葉への気づきを得ることができ、自分自身のレポートを推敲する手掛かりとすることができたか、また、レポートに必要な書き言葉を身につけていくトレーニングとなり得るか、アンケート調査の結果も含めて報告する。

2. 話し言葉に関する先行研究および校正ツール

学生のレポートに見られる話し言葉については、様々な観点から指摘されている。学生達が適切な書き言葉（学術表現）を使えていないことについて、佐藤

(2012) は、レポートの形式や内容以前に、学生達が日本語の運用そのものに問題を抱えていることを指摘している⁽¹⁾。山路・因・藤木 (2013) は、入学直後と3年次進級直後に書き言葉テストとアンケートを実施したところ、スコアが上昇した学生の多くは「書く」行為を通じた目上(大学教員と推測)とのコミュニケーションを行っていたとしている。書き言葉を身に付けるには、目上とのコミュニケーションや添削を受けることの必要性について述べている⁽²⁾。皆川 (2016) は、短期大学生に対し、話し言葉から書き言葉への修正問題を行っている。その結果、話し言葉自体には気づけても、書き言葉への修正ができていなかったり、修正する書き言葉の候補はあっても、文脈に合う表現を使えていなかったりする事例が見られたという⁽³⁾。

文章作法に関する授業では、話し言葉に関する指導は十分行われない現状がある。それは、時間的制約の理由もあるが、それ以上に、石黒 (2011) は教員自身が話し言葉と書き言葉の区別を感覚的に伝えることはできても、実証的かつ体系的に示すことが困難であるためとしている。その理由として、「とても」のように話し言葉と書き言葉の境界線があいまいな言葉があり、教員個人の解釈も異なるためである⁽⁴⁾。

また、著者 (2018) は、レポートの書き方に関する関連書籍 13冊で扱われる話し言葉を一覧表にまとめた。各書の中で扱われている話し言葉の種類や量、どのような書き言葉に改めるべきかについての例提示の仕方等、書籍によって大きく異なっていることを指摘した。話し言葉一覧表を基に初年次学生のレポートを調査したところ、最も多く出現したのは、接続表現の「そして」であった。逆に、複数のレポート関連書籍で取り上げられている「じゃあ」「超」「～ちゃった」など口語としての話し言葉は全く出現していなかったことから、明らかな口語的話し言葉と書き言葉の区別に関しては身につけていると言える⁽⁵⁾。

次に、日本語の文章校正を実装するシステムの中には無料で利用できるものもいくつか公開されている。例を挙げると、Word に文章校正機能として備えられた「スペルチェックと文章校正」を始め、「オンライン日本語校正補助ツール」⁽⁶⁾、「テキスト処理ツール」⁽⁷⁾、「日本語文章校正をサポート」⁽⁸⁾、「Enno」⁽⁹⁾は、誤字脱字・文法的誤り・表現の揺れ等をチェックしてくれ

る機能である。具体的には、「食べれる」の「ら抜き」や「研究してる」の「い抜き」のような文法的誤り、「大学生の学力の低下の原因は」のように「の」が3回以上連続した場合の指摘、「アイデア」と「アイディア」のような表現の揺れ等を検出する。しかし、「ら抜き・い抜き」等以外の話し言葉自体を指摘する機能は、いずれにも備わっておらず、話し言葉に特化した校正システムとは言えない。

有料版としては、「SAI 日本語リテラシー」の「話し言葉チェック」がある。これは、文章を入力し診断すると、話し言葉の箇所が黄色マーカーで表示され、以下の例のように修正候補も表示される。

例) これは、とても[⇒非常に、かなり、極めて]重要だと感じたから[⇒ため]です⁽¹⁰⁾。

しかし、根拠となるロジックや、この機能に紐づく教育的効果測定議論が示されておらず、汎用的な知見は提供されていない。また、本機能の利用は、初期費用に加え、最低 10ID 以上の契約が必要であるなど教育現場での一括導入が想定されており、学生個人で利用できるものではない。

3. 話しことばチェッカーの概要

3.1 データベース構築

データベース構築に当たっては、著者 (2018) を基に学術文章における話し言葉を規定し、「話しことば事例集」を作成した。これは、レポートの書き方関連書籍および初年次学生のレポートから話し言葉を抽出し作成したものである。この事例集を基に「話しことばテーブル」と「例文テーブル」に分けて正規化し、情報システムで扱える形にデータベース化した。

「話しことば事例集」の話しことば原文や原文の修正例を監修する中で、話し言葉には、単語そのものが話し言葉であるものに加え、単語の前後関係や文脈によって話し言葉か否かが変化する可能性があることがわかった。こうした変化はシステム上の検出方法の分類に大きく関わることを予測されるため、本研究では話し言葉のカテゴリーを5つ(表1)に分類した。

表 1 話しことばカテゴリー

	説明	例
1	対象の単語のみ	あたりまえ,あんまり
2	対象の単語の直前に特定の単語が付随	て+しまう 動詞+し
3	対象の単語の直後に特定の単語が付随	くせ+に 割+と
4	対象の単語と同じ文章内に特定の単語がある	一番+形容詞・動詞 どうしても+～たい
5	その他(例:文法的誤用、若者言葉など)	食べれる(ら抜き言葉) 痛い+人

このカテゴリー分類はパターンマッチで単語を検出後、その単語が話し言葉であるかを診断する分類方法の切り替えのために使用する。

3.2 システムの概要

「話しことばチェッカー」システムは、判定対象となる文章内に含まれる話し言葉を検出し、修正文例を提示する機能を搭載した話し言葉検出システムである。本システムの処理の流れは、図 1 に示す「形態素解析」

「話しことばデータベース検索」「話しことば判定」「例文データベース検索」「検出結果表示」の 5 つのモジュールで構成される。

「形態素解析」では、入力した文章を段落ごとに形態素解析し、単語それぞれの情報を作成する。文章を形態素解析することで、単語それぞれの表層系、基本形、読み、品詞大分類、品詞中分類、活用形の結果を得ることができる。その単語それぞれに段落番号と単語番号を追加し、形態素リストとして保持する。このリストは以降の話し言葉の検出に使用される。

「話しことばデータベース検索」では、形態素リストと話しことばデータベース(図 2)を使用して、文章内の単語それぞれを話しことばテーブルから検索する。

「話しことば判定」では、話しことば判定候補リスト内に保持された単語が、話しことばとして検出すべき対象であるかを判定する。

「例文データベース検索」では、話しことば検出リ

ストに保持された単語に対し、話しことば修正例の情報を追加する。

「検出結果表示」では、形態素リストに保持された単語と検出結果リストに保持された単語を照らし合わせて話しことば箇所を黄色表示する。また、画面上で黄色表示された箇所にカーソルを合わせると、ブラウザ上の JavaScript が駆動し、話しことば原文例とその修正例、コメント(解説)をポップアップ表示する仕組みとなっている。

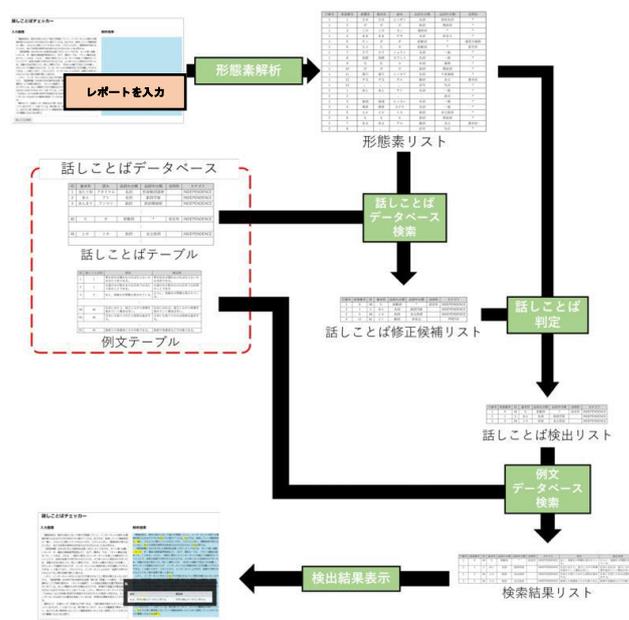


図 1 システムの処理の流れ

話しことば	カテゴリ・原文	修正文例	解説	学術的表現
ぐちゃぐちゃ	部屋の中が★ぐちゃぐちゃ★に 1 罵られていた。	部屋の中がひどく罵られていた。	具体的にどのような状況かを別の言葉で説明する	
ぐっと	強いこの苦勞話を聞いて★ 1 ぐっと★きた。	強いこの苦勞話を聞いて感動した。	具体的にどのような状況かを別の言葉で説明する 主観的表現、客観的にするには、別の言葉で説明する	感動する
グツと	強いこの苦勞話を聞いて★ 1 グツと★きた。	強いこの苦勞話を聞いて感動した。	具体的にどのような状況かを別の言葉で説明する 主観的表現、客観的にするには、別の言葉で説明する	感動する

図 2 話しことばデータベース

図 3 と図 4 は、本システムの画面図である。図 3 の入力画面では現在 800 字までを入力(貼付)でき、画面左下の「話しことば検出」ボタンを押すと、図 1 に示した 5 つの処理モジュールによる工程を経て話し言葉を検出し、図 3 の検出結果画面で黄色表示される。黄色表示の上にカーソルを合わせれば、「話しことば原文例・修正文例・コメント(解説)」がヒントとしてポップアップ表示される。



図 3 話しことばチェッカー画面図 (入力画面)

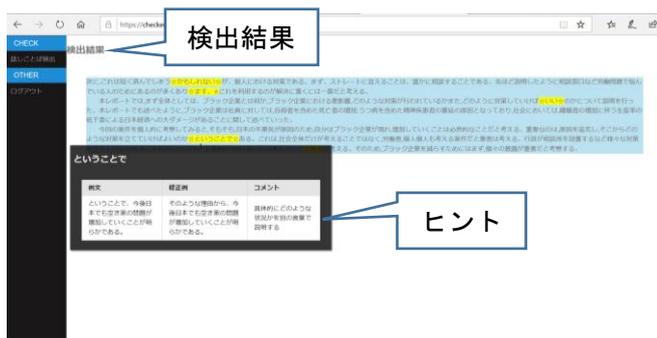


図 4 話しことばチェッカー画面図 (検出結果)

表示内の原文例・修正文例・コメントの解説は、初めてレポート課題に取り組む初年次の学生にも理解しやすい表現を意識している(図5)。修正文例を見ることで気づきを得ることができ、それを参考に学生自身が自分のレポートに転用することで、書き言葉の訓練となることを目指すものである。特に、コメントでは誤りの本質的な根拠をいくつかのパターンで示しており、話し言葉を概念化できるよう工夫している。

原文	修正文例	コメント
授業中に★なかなか★質問はできない。	授業中に質問はしにくい。	具体的にどのような状況かを別の言葉で説明する
手本通りには★なかなか★書けない。	手本通りに書くのは難しい。	具体的にどのような状況かを別の言葉で説明する
中学生の頃の作品にしては★なかなか★よくできている。	中学生の頃の作品にしては非常によくできている。	具体的にどのような状況かを別の言葉で説明する

図 5 原文・修正文例・コメント例

4. 実証実験

4.1 実験の手順および目的

現在までに開発した本システムの話し言葉検出性能および教育的効果を検証し、システムの性能評価を行うために、初年次学生への実証実験を行った。

調査対象は、公立千歳科学技術大学の初年次必修科目「情報技術概論」履修者(241名)である。実験の流れは、以下3つの手順で実施した。

4.1.1 ①レポート課題およびシステムでの判定

「AIとは/AI時代における学びとは」のテーマで、第1回目のレポート課題を課した。提出期限は1週間後とし、LMSに提出させた。その上で、話しことばチェッカーシステムについての説明を行い、各自のレポートをシステムで判定させ、レポート内の話し言葉への気づきを与えた。この段階では、話し言葉を意識することはできても、まだ概念の共有化はできていない状態である。図6は、話し言葉検出数と人数を示している。検出数0が21人、1~3個が34人ずつ、4個が29人であり、全体を俯瞰すると検出数自体の少なさが目立つ結果となっている。しかしながら、検出数の多い学生は32個が1人、28個が2人という結果である。

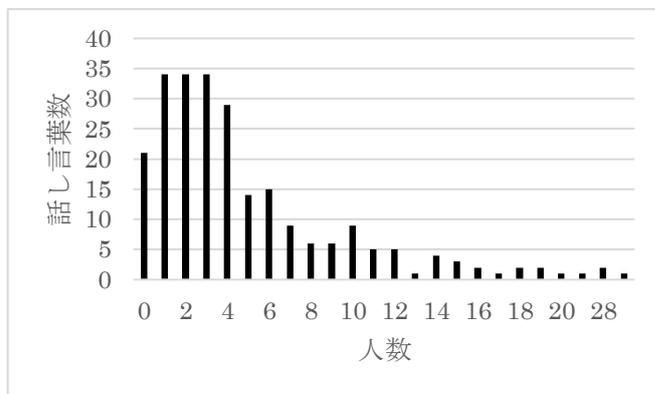


図 6 話し言葉検出数および人数

4.1.2 ②振り返りアンケート

話しことばチェッカー利用後に Web 上で振り返りアンケートを実施した。提出数および有効回答数は164人分である。主な質問項目および結果を以下に示す。

「このシステムを使うことで、話しことばをどのように修正すれば良いか気付けたか」には、「とても当てはまる」が90人(54.9%)、「だいたい当てはまる」が58人(35.4%)であった。

「修正例文の内容は参考になったか」には、「とても当てはまる」が79人(48.2%)、「だいたい当てはまる」が65人(39.6%)であった。

「コメントの内容は参考になったか」には、「とても当てはまる」が71人(43.3%)、「だいたい当てはまる」が64人(39.0%)であった。

「修正例文やコメントを参考に自分で話しことばを修正する事ができたか」には、「全て修正できた」が106人(64.6%)、「8割程度修正できた」が30人(18.3%)

であった。

「レポート提出前にこのシステムを繰り返し使うことで、レポートにふさわしい表現を身につけていくことができると思うか」には、「強くそう思う」が 95 人 (57.9%)、「どちらかと言えばそう思う」が 65 人 (39.6%) であった。

これらの結果から、多くの学生が気づきを与えれば話し言葉を修正できていたことが分かる。また、システムの有用性に関する質問項目についても、いずれも 8 割以上の学生から肯定的な回答が得られた。

4.1.3 ③レポート課題再提出

話しことばチェッカーの判定を受け、指摘を受けた話し言葉を再検討し必要に応じて修正させた上で、1 週間後に再提出させた。なお、再提出までの期間も学生は継続してシステムを使える状況であった。再提出後、再びシステム判定を受けさせた。これにより、アンケートだけでは測れない話しことばチェッカーの性能および、ヒントとなる修正例やコメントの適切さを知ることができる。ここまでの段階で、学生は指摘された箇所を自分なりに、もしくはヒントを参考に修正しているが、まだ話し言葉の概念の共有化ができていないかは不明である。

話し言葉修正前の検出数と、修正後に再度システム判定させた検出数を図 5 に示す。ここでは、再提出できていた 216 人分を比較している。

修正前は総検出数 1084 個、平均 5.02 個であったが、修正後は総検出数 180 個、平均 0.83 個と大幅に減少している。最も減少数の大きい学生は、修正前は 28 個だったが修正後は 0 個であった。

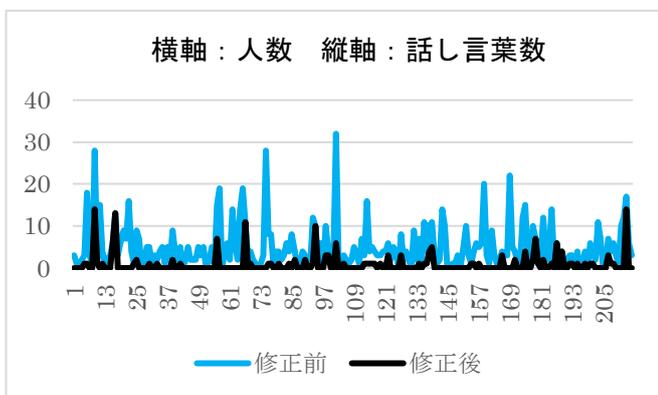


図 5 修正前後の話し言葉検出数

5. 考察

まず、第 1 回目のレポート提出の段階で、話し言葉検出数 4 個以下が 241 人中 152 人 (63.1%) であり、レポートでの話し言葉使用が不適切であることを認識できている初年次学生が多いことがわかる。また、第 1 回目の検出数が 10 個以上あり、第 2 回目で 0 個など極端に話し言葉が減少している学生の多くは、「です・ます体」の使用だったため、すぐに修正ができていた。再提出されたレポートの話し言葉検出数が大幅に減少したことに加え、事後アンケートの結果からも、ヒントや気づきを与えれば学生達は自ら推敲し修正できることがわかった。

一方、検出されたが修正されなかった話し言葉には、「私たち (私達)」「思う」が散見された。事後アンケートと照合したところ、「ほかの表現が思い浮かばなかった」「『私』は間違っているとは思わなかったため、修正しなかった」という意見が見られた。

「他の表現が思い浮かばない」ことに関しては、先行研究で皆川 (2016) も指摘しているとおりであり、その訓練として、新聞や読書習慣を身に付けさせることや、多様な表現が使いこなせるようになる指導をしていくとしている⁹⁾。しかし、本システムでは、検出された話し言葉には「修正文例・コメント」がポップアップで表示される。同じ間違いをすれば何度も同じ表示が出てくるため、自然とその訓練ができる。

「私」を修正しなかったという回答については、今回は「AI について / AI 時代における学びとは」がテーマであり、自分自身の考えを述べるレポートであったため、主語となる「私」や「思う」の出現が多かったと言える。

本システムは添削システムではなく、あくまでも「本システムを用いて推敲することで、気づきが得られ、適切な学術表現を使用できる」ことを目的としている。今回の実証実験から、気づきを得ることで学生達は自身の不適切な話し言葉を再検討し、その使用数を減らすことができたと言える。

6. 今後の課題

今回は、システム判定を通じて学生に推敲させ修正させることと「話し言葉」に注意を向けさせることは

できた。しかし、現段階で確認できるのは、システムで検出された箇所が修正できたことに留まっており、話し言葉の概念の共有化が浸透したかまでは測ることはできていない。そのため、異なるテーマで第2回目のレポート課題を課し、テーマが異なってもレポート内の話し言葉検出数が減少していれば、話し言葉概念の共有化は浸透していると言える。

システムに関しては、「～しなくて→～せず」として検出するところを、「～しなくても」の「なくて」のみを検出するなどの誤検出も見られた。今後、話し言葉の選定自体もより精度を上げていく必要がある。

また、「～てしまう」など、主語が一人称であれば主観的な表現になるが、三人称であれば客観性が保てるように、パターンマッチでは判断しきれない言葉も存在する。それらの言葉は今後機械学習を行い、文脈判断で話し言葉として検出できるよう、研究を進めていく必要がある。

さらに、小論文・意見文・感想文など、書き手の意見や考えが述べられるレポートでは、「私」「思う」など主観的表現の出現はある程度容認されるべきであり、客観性を担保するレポートと検出方法を変えることも今後検討していきたい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 17H01841 の助成を受けたものである。

参 考 文 献

- (1) 佐藤達全：“保育科学生の文章表現力について”，育英短期大学研究紀要，第 19 号，pp.69-80 (2002)
- (2) 山路奈保子，因京子，藤木裕行：“日本人大学生の書き言葉習得 — 初年次と 3 年次における調査結果の比較から—”，専門日本語教育研究 15，pp. 47-52 (2013)
- (3) 皆川晶：“短期大学生による話し言葉と書き言葉の認識と実態について”，近畿大学九州短期大学研究紀要，第 46 号，pp.1-14 (2016)
- (4) 石黒圭：“話し言葉と書き言葉-初年次教育の基礎資料として”，言語文化，第 48 号，pp.15-35 (2011)
- (5) 山下由美子：“学生のレポートにおける話し言葉とその出現傾向”，日本語日本文学，第 28 号，pp.57-71 (2018)
- (6) オンライン日本語校正補助ツール，[- \[glasses.com/jplan/\]\(http://glasses.com/jplan/\) \(2019 年 10 月 30 日確認\)
 - \(7\) テキスト処理ツール，<https://so-zou.jp/web-app/text/proofreading/> \(2019 年 10 月 30 日確認\)
 - \(8\) 日本語文章校正をサポート：<http://www.kiji-check.com/> \(2019 年 10 月 30 日確認\)
 - \(9\) Enno，<https://enno.jp/> \(2019 年 10 月 30 日確認\)
 - \(10\) SAI 日本語リテラシー，<http://www.za-net.co.jp/sai/lit/content.php> \(2019 年 10 月 30 日確認\)](http://www.paper-</div><div data-bbox=)

数学文章題を利用したオンラインジャッジシステム向け

問題自動生成手法の提案

関根遼*1,伊藤恵*1,奥野拓*1

*1 公立はこだて未来大学

Proposal of automatic problem generation method for Online Judge System by using math word problems

Ryo Sekine*1, Kei Ito*1, Taku Okuno*1

*1 Future University Hakodate

There are many researches for generating programming practice problems to reduce burden of instructors or to improve learning effects for learners in programming courses. But many of them are methods that learners do not write codes, for example filling form and selection. So we think that it is unsuitable for improvement of practical programming ability. In this research, we focused on practical use of online judge system as learning method that learners write code to solve problems, and we aim to generate problems for online judge system automatically. In this paper, we proposed a method for generating problems for online judge system automatically by using math word problem.

キーワード:オンラインジャッジシステム, プログラミング演習問題, 自動生成

1. はじめに

近年,高等教育機関では,基本的な情報技術の習得を目的とし,プログラミング演習系授業が導入されている.演習系の授業では,問題の作成から学習者の提出採点までを行う必要があり,受講者の人数によっては指導者の負担が大きくなる.そういった背景から,プログラミング演習系授業では,e-learningシステムを活用し,提出の採点や成績管理を自動化している場合も多い.しかし,問題や提出を採点するためのテストの作成など,まだ自動化が可能な余地は多く,指導者の十分な負担軽減には至っていないと考える.そこで本研究では,指導者の負担軽減を目的とし,プログラミング演習系授業で利用可能な問題の自動生成を目標とする.本研究により,指導者の問題作成における負担軽減だけでなく,問題量が増えることによって学習者にパーソナライズされた教材の提供や,授業外での演習教材の提供等などの活用が期待される.

2. 関連研究

プログラミング演習系授業での利用を目的とした,演習問題自動生成手法の提案がこれまでも数多く行われてきた.若谷ら(2015)は,以下の2種類のC言語学習向けプログラミング演習問題を自動生成するシステムの提案を行った[1].一つ目が,文法知識の習得や誤解の修正を目的とした,バグ修正問題である.学習者は提示されたソースコード内の文法的バグを,コンパイルが可能になるまで修正を繰り返す.二つ目が,ソースコード理解力の向上を目的とした,出力予測の演習問題である.学習者はソースコードを提示され,実行結果としてどのような値が出力されるかを回答する.これらの問題は,テンプレートとなるソースコードに対し書き換えを行うことで生成が行われる.また,吉本ら(2012)は,プログラミング学習支援システムCAPESにより出題される既存のプログラム読解問題から,類題を生成することで,学習者の繰り返し学習の支援を行う手法を提案している[2].提案手法では,プログラムの書き換えたい箇所や出題し

たい設問の種類などの情報を含んだ出題方針を、タグとしてプログラムのソースコードに記述することで、問題や正解例の自動生成を行なっている。これらの研究により、指導者の負担軽減の効果をj得ることは可能である。しかし、共通する課題として、学習者が直接コードを記述する工程が含まれていないことが挙げられる。実践的なプログラミング能力の習得には、学習者自ら課題を解くアルゴリズムを考え、実装に落とし込むという経験が必要であるjと考える。そこで本研究では、学習者が実装を行う形式の演習問題の自動生成を目指す。

3. オンラインジャッジシステム

3.1. オンラインジャッジシステムの概要

学習者が問題からアルゴリズムを考え、実装を行う形式のプログラミング問題を提供するプラットフォームとしてオンラインジャッジシステム(以下OJS)がある。OJSはサーバに対しソースコードを提出すると、プログラムを実行し、その実行結果に応じて判定を行うシステムまたはサービスのことである。OJSは、一般的にプログラミング演習授業やプログラミングコンテストの環境として使用されている[3]。また、プログラミング演習授業での活用を目的として様々な種類のOJSが研究、開発されている[4][5]。

3.2. OJSの問題の構成と提出の評価方法

OJSの問題は、大きく分けて問題文とテストケースから構成される。問題文は、数値や文字列またはそれらのリストなどの入力jが与えられ、それらに対し計算処理を行い適切な出力を行うソースコードをj求める文章形式のプログラミング問題である。図1に問題例を示す。入力は固定された値ではなく、回答者は定められた制約を満たす全ての入力に対し正しい出力を行うソースコードを提出しなければならない。テストケースは、複数の入力と出力のペアであり、提出されたソースコードの正誤判定(以下、ジャッジ)に用いられる。図2に図1の問題のテストケース例を示す。テストケースは入出力形式のサンプルなど、一部を除いて基本的に回答者には提示されない。以下に、OJSでのジャッジの流れを示す。

- 1, OJSは提出されたソースコードを実行する
- 2, 実行中のプログラムに対し、各テストケースの入力値を入力する
- 3, プログラムによって出力された計算結果をテスト

ケースの出力と比較する。この際の重要な点として、テストケースの入力値に対して正しい出力を行えているかという点であり、ソースコードで用いられているアルゴリズムについての評価は行わない。

4, プログラムの出力値や実行結果に対して判定を行う。判定結果としては以下が一般的である。

Accept - 全てのテストケースに対し正しい出力を行なった

Wrong Answer - どれか一つのテストケースでも間違った出力を行なった

Time Limit Exceeded - 実行制限時間を超過した

Compiler Error - コンパイルエラーが発生した

Runtime Error - 実行時エラーが発生した

等々

正整数 A, B が与えられます。

A が B の約数なら $A + B$ を、そうでなければ $B - A$ を出力してください。

図1 OJSで出題される問題例

入力 $A...4 B...12$ 出力16

入力 $A...8 B...28$ 出力12

入力 $A...1 B...1$ 出力...2

図2 図1の問題のテストケース例

3.3. プログラミング演習授業での活用における有用性

OJSは、提出からジャッジまで自動化されているため、既存のe-learningシステムやプログラミング演習環境と比較しても、指導者にとって低負担といった点で遜色がない。また、提出結果の判定についても、既存の穴埋め問題形式と比較した場合、方法がシンプルかつ正確なため、指導者が特別に判定ルールなどを作成する必要がないという点でも低負担である。学習者にとっては、判定方法の性質上、実行環境さえあればどのプログラミング言語も使用可能なため、様々なプログラミング言語の学習に用いることができる。また、学習者が問題文から問題を解くためのアルゴリズムを考え、実装を行うといった点で、本研究での利用に適しているjと考える。

4. 提案手法

本稿では、数学文章題を利用したOJS向け問題自動生成手法の提案を行う。本章では、手法の着眼点および概要、

生成される問題の特徴について述べる.

4.1. 着眼点

プログラミングにおける実装は,数学的な要素が深く関わっており,一般的に利用されているOJSにおいても,数学に関わる問題が数多く出題される.オンラインでのプログラミングコンテスト環境や,プログラミングあアルゴリズムの学習環境として用いられているOJSであるCodeforces[6]では,mathのタグが付与されている問題は全体の22.7%(19年7月21日時点)になる.OJSにおける問題は,制約内の入力に対し,正しい値を出力するプログラムを作成するのに対し,数学における文章題は具体的な値の入力に対し正しい値を計算する問題と捉えることができる.このことから,筆者はこの数学文章題と,OJSで出題される問題の類似性に着目し,数学文章題を利用することでプログラミングの問題を作成可能なのではないかと考えた.

4.2. 手法

提案手法では,数学文章題の問題内で与えられる値を,特定の制限の元任意の入力値を表す変数に置き換え,それに伴って解法式内の値も置き換えを行うことで,入力値に対する出力を行う関数に置き換える(以下テストケース生成用関数) また,生成された関数に対し適当な値を与え,出力を得ることでテストケースの作成を行う.以下の図に具体的な処理手順を示す.



図 1 問題文およびテストケース作成手順

4.3. 生成される問題の特徴

提案手法によって生成される問題は,数学文章題がベースとなっているため,組み合わせや確率,幾何学の分野など,OJSでも出題率の高い数学分野の問題が生成できる可能性がある.しかし,実装やアルゴリズムを重視した問題は難しいと考える.

5. 予備実験

提案手法をプログラミング言語での実装を行い,ルールベースで問題の書き換え自動化が行えるかの確認を行う.

5.1. 実装

数学文章題とその解法式をそれぞれ入力として与えることでOJS用の問題とテストケースを生成するCLIアプリケーション(以下アプリ)の実装を行なった.

5.1.1. 読み込み可能な式の形式

現状の実装で読み込み可能な式の形式について述べる.まず,問題文中に含まれる値のうち,答えの導出に必要な値が式内に含まれていることが条件となる.つまり,途中計算などは省略されていない状態でなければならない.これは手法の問題で,正しいテストケースを複数作成するために必要である.また,左辺が四則演算で構成された式であり,右辺は単一の数値である式が1回以上続く必要がある.これは実装の問題で,今後の拡張により対応可能な範囲を広げることが可能である.しかし現状では,対応していない記号が多い点や,単位や文章などの余計な文字列が含まれると読み込めないなどの課題がある.

5.1.2. アプリによる問題文およびテストケース作成のフロー

アプリが問題文およびテストケースの作成を行うまでのフローを以下に示す.

- 1, アプリは問題文および解法式が記述されたファイル,生成されたテストケース出力先のディレクトリをオプションとして受け取り実行する.
- 2,問題文中に出現する値の抽出を行う.また,問題文中の値を適当な変数として置き換える.
- 3,抽出した値と同じ解法式内の値を同じ変数として置き換える.また,それに伴って変わる値も適当な変数として置き換える.これがテストケース生成用関数となる.
- 4,テストケース生成用関数に,必要な数の変数を代入し,出力を得る.代入される値は現状試験的に1~10までのランダムな整数としている.
- 5,生成された入力と出力を用いてOJSで用いるためのファイルの出力を行う.対応しているOJSとして,OSSであるSharif-Judge[7]を用いる.生成されたファイルをSharif-Judgeの問題登録の際に使用することが可能である.

5.2. 実験

現状の実装の課題把握を目的とした,数学文章題を用いたOJS用の問題生成のテストを行なった.対象の問題として,オンラインの学習用問題集提供サービスのIXL[8]の,中学1年生向け数学分野問題集N.Problem solving and Estimation 2 - Multi-step word problemカテゴリからランダムに10問選択した.該当カテゴリを用いた理由として,解法式が提供されており途中式の欠損がないこと,英文であるため問題文中の数値の抽出が容易であること,解説のフォーマットが定まっておられ現状の実装で抽出が容易であることなどが挙げられる.実験の方法として,アプリを用いて生成されたテストケース生成用関数から,正しくテストケースの生成を行っているかの確認を行う.問題文や解法式内に含まれる,構文解析に影響を与える文字列等は適宜クリーニングを行なった.使用した問題の一覧を表1に示す.

5.3. 結果と考察

実験の結果を表2に示す.実験結果について,問題番号1,3,4については,正確にテストケースの作成まで行うことが可能であった.しかし,それ以外の問題については現状の実装では不可能であった.主な原因として,大きく分け2つあった.1つは問題文中や計算途中に同じ値の要素が複数出現することで,どの要素なのかを一意に特定できなかったことが挙げられる.これは問題番号2,6,7,8,10にみられた.この問題は解法式内の値が問題文中のどの値を指しているかをルールベースで参照する場合には解決できない問題であると考え.解決の手段としては,解法式を参照するのではなく,問題文から何かしらの方法で式を構築する,または手動で判別できるようにしておく必要があると考える.2つめに,テストケース生成用関数が作成できたとしても,入力値によっては現実的にはあり得ない出力になってしまうことが挙げられる.これは問題番号5,9などに見られた.例えば,現実的には0以上の数値になるはずが,マイナスの出力となるという問題があった.この問題は,問題文やその値などから適切な入力値を予測しておきその範囲に限定するといった方法や,人手でルールを追加しておくといった方法が考えられる.まとめとして,提案手法の課題として,式内の値がどの要素を示しているのか特定できる必要があることと,出力が正しい値になるよう入力値に制約を設ける必要があることがわかった.

6. おわりに

本稿では,既存のプログラミング演習問題自動生成手法およびそれらの問題について論じ,数学文章題を利用したOJS用のプログラミング演習問題自動生成手法の提案を行った.また,それらによって生成される問題の特徴について述べた.実験では実装したOJS用問題生成CLIアプリケーションを用いて対応範囲の数学文章題を用いたテストを行なった.結果として,提案手法の課題として,式内の値がどの要素を示しているのか特定できる必要があること,出力が正しい値になるよう入力値に制約を設ける必要があることがわかった.また,現状のルールベースでの書き換えでは,解法が省略されている場合や未対応の記号などが含まれる解法式に対応できない点や,対応している問題文が限定しているため,プログラミング用演習問題としても学習範囲が限定されるといった課題もある.今後の展望として,ルールベースで

の対応問題の範囲の拡張を行いつつ,未対応の問題に対してはディープラーニングや自然言語処理を用いた数学文章題ソルバの利用を検討している.また,生成された問題と既存のOJS上の問題との比較を行い,生成可能な範囲の調査や精度向上の方法についての検討も行なっていく予定である.

参考文献

- (1) Akiyoshi Wakatani,Toshiyuki Maeda: “Automatic generation of programming exercises for learning programming language”,2015 IEEE/ACIS 14th International Conference on Computer and Information Science (ICIS), 461-465 (2015)
- (2) 吉田拓己, 立岩佑一郎, 山本大介, 高橋直久, "プログラミング学習のためのソースコード読解問題類題生成システムの実現と評価", 情報処理学会研究会報告, Vol. 2012-CE-114,No.6,2012/3.
- (3) S. Wasik,M. Antczak,A. Laskowski,T. Sternal,et al. A survey on online judge systems and their applications. ACM Computing Surveys (CSUR),51(1):3,2018.
- (4) 岩本 舞,中村 真人,小島 俊輔,中嶋 卓雄: “不正コピー検出手法を備えたオンラインジャッジシステムの開発”,情報処理学会論文誌教育とコンピュータ(TCE) ,1,4,38-47, (2015)
- (5) 中村 慎司,笈 捷彦,“プログラミング授業支援システムWOJの開発”,第77回全国大会講演論文集,2015,1,939-940 (2015)
- (6) Codeforces,<https://codeforces.com/> (2019年12月11日確認)
- (7) Sharif-Judge,<https://github.com/mjnaderi/Sharif-Judge> (2019年12月11日確認)
- (8) IXL,<https://www.ixl.com/> (2019年12月11日確認)

表 1 実験に使用した問題の一覧

問題番号	問題文	解法式
1	Shawna bought stamps at the post office. Some of the stamps had a snowflake design, some had a truck design, and some had a rose design. Shawna bought 11 snowflake stamps. She bought 8 more truck stamps than snowflake stamps, and 7 fewer rose stamps than truck stamps. How many stamps did Shawna buy in all?	$11+8=19$ $19-7=12$ $11+19+12=42$
2	Tatsu wants to ride the bumper cars 3 times and the Ferris wheel 4 times. It costs 1 ticket to ride the bumper cars and 2 tickets to ride the Ferris wheel. How many tickets does Tatsu need?	$3*1=3$ $4*2=8$ $3+8=11$
3	16 students and 6 teachers went on a field trip to an art museum. Student tickets cost \$5 each, and adult tickets cost \$8 each. How much did the museum tickets cost in all?	$16*5=80$ $6*8=48$ $80+48=128$
4	Scarlett always takes the same route when she walks her dog. First, she walks 8 blocks to the park. Then she walks 6 blocks to the elementary school. Finally, she walks 10 blocks to get back home. Scarlett walks her dog 2 times each day. How many blocks does Scarlett's dog walk each day?	$8+6+10=24$ $2*24=48$
5	Owen had 12 toy cars. Then he bought 14 cars from the toy store and got 4 cars for his birthday. Owen gave 5 of the toy cars to his sister and 19 to his friend Abby. How many toy cars does Owen have left?	$12+14+4=30$ $5+19=24$ $30-24=6$
6	The baseball coach bought 2 new baseballs for \$2 each. The basketball coach bought 9 new basketballs for \$7 each. How much more did the basketball coach spend than the baseball coach?	$2*2=4$ $9*7=63$ $63-4=59$
7	The adventure club went on a hike to see a waterfall. To get to the hike, the club members took 3 cars and 3 vans. There were 5 people in each car and 4 people in each van. How many people went on the hike?	$3*5=15$ $3*4=12$ $15+12=17$
8	Damon can buy bottles of water in packages of 6 for \$12.36 or in packages of 4 for \$9.80. How much money does he save by buying 36 bottles of water at the better price?	$36/6=6$ $6*12.36=74.16$ $36/4=9$ $9*9.80=88.20$ $88.20-74.16=14.04$
9	Mario and Anne order pasta for \$9.50, salad for \$4.65, and 2 glasses of lemonade for \$2.00 each. The tax is \$1.45. How much change should they get from \$20.00?	$9.50+4.65+2.00+2.00=18.15$ $18.15+1.45=19.60$ $20.00-19.60=0.40$
10	William bought 7 packages of cat food and 2 packages of dog food. Each package of cat food contained 7 cans, and each package of dog food contained 2 cans. How many more cans of cat food than dog food did William buy?	$7*7=49$ $2*2=4$ $49-4=45$

表2 実験結果

	生成された問題文	テストケース 生成用関数	テストケース	結果
1	Shawna bought stamps at the post office. Some of the stamps had a snowflake design, some had a truck design, and some had a rose design. Shawna bought N_0 snowflake stamps. She bought N_1 more truck stamps than snowflake stamps, and N_2 fewer rose stamps than truck stamps. How many stamps did Shawna buy in all?	$N_0 + N_1 = T_0$ $T_0 - N_2 = T_1$ $N_0 + T_0 + T_1 = T_2$	input - { $N_0:9$ },{ $N_1:5$ },{ $N_2:2$ },output - 35 input - { $N_0:9$ },{ $N_1:8$ },{ $N_2:9$ },output - 34 input - { $N_0:3$ },{ $N_1:5$ },{ $N_2:9$ },output - 10 input - { $N_0:2$ },{ $N_1:2$ },{ $N_2:6$ },output - 4 input - { $N_0:9$ },{ $N_1:4$ },{ $N_2:9$ },output - 26	使用可
2	Tatsu wants to ride the bumper cars N_0 times and the Ferris wheel N_1 times. It costs N_2 tickets to ride the bumper cars and N_3 tickets to ride the Ferris wheel. How many tickets does Tatsu need?	$N_0 * N_2 = T_0$ $N_1 * N_3 = T_1$ <u>$N_0 + T_1 = T_2$</u>	input - { $N_0:7$ },{ $N_1:8$ },{ $N_2:3$ },{ $N_3:9$ },output - 79 input - { $N_0:8$ },{ $N_1:8$ },{ $N_2:3$ },{ $N_3:8$ },output - 72 input - { $N_0:9$ },{ $N_1:3$ },{ $N_2:9$ },{ $N_3:4$ },output - 21 input - { $N_0:1$ },{ $N_1:2$ },{ $N_2:6$ },{ $N_3:2$ },output - 5 input - { $N_0:9$ },{ $N_1:6$ },{ $N_2:8$ },{ $N_3:6$ },output - 45	下線部分が本来は T_0 の値になる
3	N_0 students and N_1 teachers went on a field trip to an art museum. Student tickets cost N_2 each, and adult tickets cost N_3 each. How much did the museum tickets cost in all?	$N_0 * N_2 = T_0$ $N_1 * N_3 = T_1$ $T_0 + T_1 = T_2$	input - { $N_0:4$ },{ $N_1:6$ },{ $N_2:7$ },{ $N_3:10$ },output - 88 input - { $N_0:4$ },{ $N_1:1$ },{ $N_2:9$ },{ $N_3:6$ },output - 42 input - { $N_0:1$ },{ $N_1:9$ },{ $N_2:7$ },{ $N_3:10$ },output - 97 input - { $N_0:2$ },{ $N_1:8$ },{ $N_2:4$ },{ $N_3:9$ },output - 80 input - { $N_0:5$ },{ $N_1:10$ },{ $N_2:10$ },{ $N_3:8$ },output - 130	使用可
4	Scarlett always takes the same route when she walks her dog. First, she walks N_0 blocks to the park. Then she walks N_1 blocks to the elementary school. Finally, she walks N_2 blocks to get back home. Scarlett walks her dog N_3 times each day. How many blocks does Scarlett's dog walk each day?	$N_0 + N_1 + N_2 = T_0$ $N_3 * T_0 = T_1$	input - { $N_0:6$ },{ $N_1:9$ },{ $N_2:10$ },{ $N_3:1$ },output - 25 input - { $N_0:5$ },{ $N_1:4$ },{ $N_2:3$ },{ $N_3:8$ },output - 96 input - { $N_0:10$ },{ $N_1:6$ },{ $N_2:9$ },{ $N_3:10$ },output - 250 input - { $N_0:2$ },{ $N_1:9$ },{ $N_2:1$ },{ $N_3:2$ },output - 24 input - { $N_0:8$ },{ $N_1:6$ },{ $N_2:5$ },{ $N_3:10$ },output - 190	使用可
5	Owen had N_0 toy cars. Then he bought N_1 cars from the toy store and got N_2 cars for his birthday. Owen gave N_3 of the toy cars to his sister and N_4 to his friend Abby. How many toy cars does Owen have left?	$N_0 + N_1 + N_2 = T_0$ $N_3 + N_4 = T_1$ $T_0 - T_1 = T_2$	input - { $N_0:2$ },{ $N_1:1$ },{ $N_2:7$ },{ $N_3:3$ },{ $N_4:4$ },output - 3 input - { $N_0:4$ },{ $N_1:9$ },{ $N_2:6$ },{ $N_3:8$ },{ $N_4:1$ },output - 10 input - { $N_0:3$ },{ $N_1:3$ },{ $N_2:10$ },{ $N_3:10$ },{ $N_4:7$ },output - -1 input - { $N_0:9$ },{ $N_1:3$ },{ $N_2:8$ },{ $N_3:10$ },{ $N_4:5$ },output - 5 input - { $N_0:10$ },{ $N_1:7$ },{ $N_2:4$ },{ $N_3:6$ },{ $N_4:4$ },output - 11	答えがマイナスの値になる可能性がある

6	The baseball coach bought $N1$ new baseballs for $N1$ each. The basketball coach bought $N2$ new basketballs for $N3$ each. How much more did the basketball coach spend than the baseball coach?	$\underline{N1} * N1 = T0$ $N2 * N3 = T1$ $T1 - T0 = T2$	input - { $N1:1$ },{ $N2:6$ },{ $N3:3$ },output - 17 input - { $N1:9$ },{ $N2:10$ },{ $N3:8$ },output - -1 input - { $N1:8$ },{ $N2:8$ },{ $N3:9$ },output - 8 input - { $N1:1$ },{ $N2:2$ },{ $N3:8$ },output - 15 input - { $N1:5$ },{ $N2:9$ },{ $N3:6$ },output - 29	下線部分が本来は $N0$ になる
7	The adventure club went on a hike to see a waterfall. To get to the hike the club members took $N1$ cars and $N1$ vans. There were $N2$ people in each car and $N3$ people in each van. How many people went on the hike?	$\underline{N1} * N2 = T0$ $N1 * N3 = T1$ $T0 + T1 = T2$	input - { $N0:9$ },{ $N1:4$ },{ $N2:9$ },output - 52 input - { $N0:1$ },{ $N1:6$ },{ $N2:7$ },output - 78 input - { $N0:7$ },{ $N1:5$ },{ $N2:7$ },output - 60 input - { $N0:7$ },{ $N1:7$ },{ $N2:7$ },output - 98 input - { $N0:8$ },{ $N1:5$ },{ $N2:2$ },output - 35	下線部分が本来は $N0$ になる
8	Damon can buy bottles of water in packages of $N0$ for $N1$ or in packages of $N2$ for $N3$ How much money does he save by buying $N4$ bottles of water at the better price?	$N4/N0 = T0$ $\underline{N0} * N1 = T1$ $N4/N2 = T2$ $T2 * N3 = T3$ $T3 - T1 = T4$	input - { $N0:7$ },{ $N1:3$ },{ $N2:2$ },{ $N3:4$ },{ $N4:10$ },output - -1.0 input - { $N0:6$ },{ $N1:4$ },{ $N2:6$ },{ $N3:6$ },{ $N4:8$ },output - -16.0 input - { $N0:8$ },{ $N1:8$ },{ $N2:8$ },{ $N3:2$ },{ $N4:3$ },output - -63.25 input - { $N0:2$ },{ $N1:5$ },{ $N2:8$ },{ $N3:2$ },{ $N4:10$ },output - -7.5 input - { $N0:4$ },{ $N1:3$ },{ $N2:8$ },{ $N3:10$ },{ $N4:2$ },output - -9.5	下線部分が本来は $T0$ の値になる
9	Mario and Anne order pasta for $N0$. salad for $N1$ and $N2$ glasses of lemonade for $N3$ each. The tax is $N4$ How much change should they get from $N5$?	$N0 + N1 + N3 + N3 = T0$ $T0 + N4 = T1$ $N5 - T1 = T2$	input - { $N0:3$ },{ $N1:2$ },{ $N2:3$ },{ $N3:1$ },{ $N4:10$ },{ $N5:1$ },output - -16 input - { $N0:6$ },{ $N1:5$ },{ $N2:1$ },{ $N3:10$ },{ $N4:2$ },{ $N5:8$ },output - -25 input - { $N0:9$ },{ $N1:9$ },{ $N2:10$ },{ $N3:1$ },{ $N4:2$ },{ $N5:5$ },output - -17 input - { $N0:8$ },{ $N1:8$ },{ $N2:7$ },{ $N3:8$ },{ $N4:6$ },{ $N5:9$ },output - -29 input - { $N0:9$ },{ $N1:2$ },{ $N2:4$ },{ $N3:3$ },{ $N4:4$ },{ $N5:8$ },output - -13	答えがマイナスの値になる可能性がある
10	William bought $N2$ packages of cat food and $N3$ packages of dog food. Each package of cat food contained $N2$ cans and each package of dog food contained $N3$ cans. How many more cans of cat food than dog food did William buy?	$\underline{N2} * N2 = T0$ $\underline{N3} * N3 = T1$ $T0 - T1 = T2$	input - { $N2:8$ },{ $N3:3$ },output - 55 input - { $N2:8$ },{ $N3:3$ },output - 55 input - { $N2:8$ },{ $N3:9$ },output - -17 input - { $N2:4$ },{ $N3:9$ },output - -65 input - { $N2:3$ },{ $N3:10$ },output - -91	下線部分が本来それぞれ $N0$ と $N1$ になる

手書き入力漢字自動採点システムにおいて 適切な点数化を行うための減点の統合方法

井戸 伸彦
岐阜協立大学 経営情報学科

Integrating Method of Deduction Points to Properly Score Hand-written Kanji Characters in Automated Scoring System

Nobuhiko Ido

Faculty of Business Administration, Gifu Kyoritsu University

I have been developing an automated scoring system for on-line kanji characters and the system is practically used in a class at the university where I work. The system can completely replace manual scoring. In the automated scoring system, various feature values such as stroke lengths, stroke angles, relationships between strokes and balances are measured and scored by predefined deduction functions, and their deduction points are summed up in order to grade inputs characters. In the summing-up process of deduction points, some of deduction points should be integrated because they are caused by the same shape defects of a character input. I report the integrating method used in the system in this paper.

キーワード:手書き入力文字, 自動採点, 点数化, 減点統合, タブレット端末, 学習支援

1. はじめに

タブレット端末等で手書き入力した文字や記号を自動採点する試みは各所で行われている⁽¹⁾⁽²⁾。しかしながら、実用化されている漢字自動採点システムには制限もある⁽³⁾。報告者は人が行う採点を完全に代替する機能を持つ手書き入力漢字の自動採点システムを開発しており、これを所属する大学の実際の授業で2019年度4月より運用している⁽⁴⁾。開発したシステムを用いれば、単語で解答する試験の自動採点も可能となる。

人が行う場合と同等の採点を行うための要件の一つとして、適切な点数化がある。すなわち、手書き入力の漢字としての図形的特徴をすべて正確に捉えたとしても、それを正誤の判定に結び付けるための点数化が適切で無ければ自動採点システムとしては機能しない。本稿では減点を統合することで適切な点数化を行う方法を提案する。

漢字の自動採点における正誤の判定について具体的

な方法に言及した文献はほとんど見出せない。例えば、文献⁽¹⁰⁾では"採点結果は「形」や「筆順」、「交差」など間違いの種類が区別されて表示される"としており、正誤の判断基準となる差異に、形、筆順、交差が含まれることがわかるが、具体的な方法についての言及はない。また、文字認識の分野でDPマッチングコストなどの指標が入力に対する評価の数値として用いられる場合⁽⁵⁾もあるが、“手書き入力漢字の正誤の判断の根拠を人間に対して説明する数値”である本稿で扱う得点とは根本的に性質が異なる。認識技術の中心が機械学習に移ったこともあり、正誤の判定もそれに関わる数値も近年では検討の対象とした例は無い。

提案方法は、正答とする字形と入力字形との差異を図形的な観点から数値化したものを減点とし、一つの手書き入力漢字に生じた複数の減点をまとめて得点を算出する枠組みを採る。その上で、生じた複数の減点と同じ図形的特徴から生じているものであるか否かをマージキーと呼ぶデータにより判定し、同じ要因であ

ればそれらを統合する．さらに同じ要因であることの判定においては，正答との差異を正すように入力字形を変換したものを試行的に採点することにより行う．本稿では実用的に運用した中で提案機能がどのように動作したかを含めて報告する．

2. 背景となるシステムと技術の概要

開発を行っている手書き入力漢字の自動採点システムについて，本稿で提案する減点の統合による適切な点数化の技術の前提となるものを中心にその概要を説明する．

2.1 システムの構成

図1に手書き入力漢字自動採点システムの構成と動作の概要を示す⁽⁴⁾．システムはwebページにアクセスすることにより利用する．2019年4月から所属する大学の授業において行っている運用では，システムを利用して行う小テストを宿題として課し，学生は情報施設利用窓口でタブレット端末を一時借用して自習室で解答することとしている．図2に学生向けのwebページでの採点結果表示画面の例と学生の利用の様子を示す．

2.2 自動採点処理

図3に自動採点処理の概要を示す．本システムでは漢字の字形をベジェ曲線で表現しており，これにより

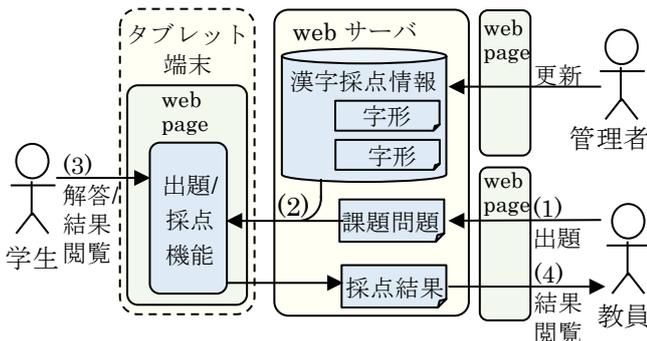


図1 システム構成と動作の概要

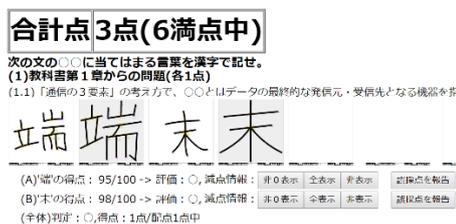


図2 採点結果表示画面と利用の様子

与えられた正答の字形と被験者による入力の字形との間で「(a)画の対応付け」を行う⁽⁶⁾．次に，対応付けられた画同士で「(b)辺の対応付け」を行う⁽⁷⁾．最後に，対応づけられた画や辺ごとの図形的特徴を用いて，「(c)点数評価」を行う⁽⁸⁾．

2.3 減点項目と採点情報

本漢字自動採点システムでは，採点において減点方式を取っている⁽⁸⁾．すなわち，様々な減点項目での減点幅を積算し，満点の100点から差し引いた点数が80点以上であれば正解（“○”）とし，80点未満60点以上であれば正解ではないが“△”とし，それ以外を“×”としている（このような条件は漢字採点情報中のパラメータ設定により変更出来る）．表1に減点項目の抜粋を示す．これらの減点項目はシステムにより自動で設定されるものと，報告者が開発した採点情報作成システムを用いて人手で設定するものがある⁽⁸⁾．各減点項目の減点幅は，減点関数により決まる．例えば図4(a)中に示すように，正答の字形で曲線になっている画がある場合，これに対応する入力の字形の画の様々な曲がり具合の測定値を求め，これに減点関数を適用して減点値を決める．減点関数は図4(b)のような数値列で

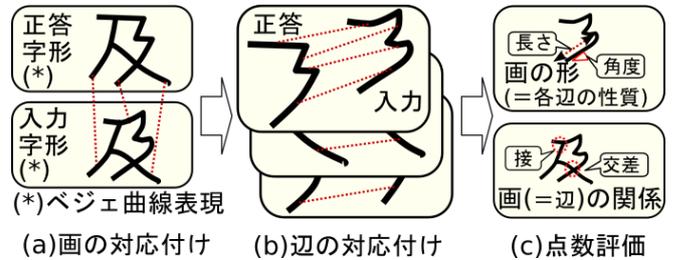


図3 自動採点処理の概要

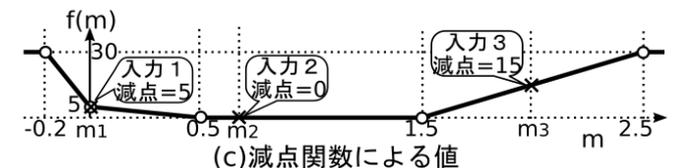
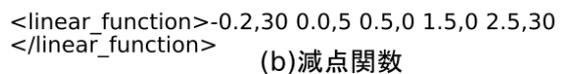
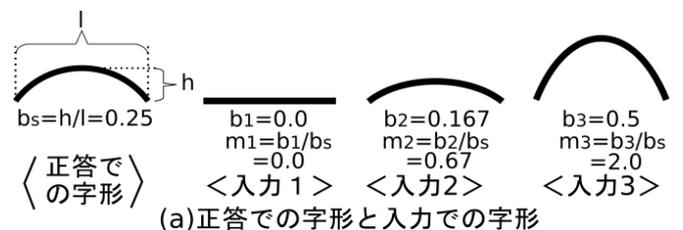


図4 減点関数

表現されており、これは(c)のグラフに示す減点を表している。このような減点関数を含む採点情報は、上述の採点情報作成システムにより系統的に生成される。

本システムの採点情報は、平成 28 年に文化庁により示された漢字の正誤基準に関する詳細な指針の文書⁹⁾に全面的に基づいている、

表 1 減点項目 (抜粋)

分類	項目
(1)画 (3項目)	(1.1)足りない画
	(1.2)余分な画
	(1.3)通常でない長さの画
(2)辺 (11項目)	(2.1)画中の足りない辺
	(2.4)正答と異なる曲がりの度合いの辺
	(2.10)通常でない角度の画/辺
(3)関係 (16項目)	(3.3)繋がるべき画[3:離れている]
	(3.11)位置がずれた接し点・交差点
	(3.14)余分な接し点
(4)字全体 (2項目)	(4.1)筆順間違い
	(4.2)推奨されない異体字または字形
(5)指定された画/辺 (28項目)	(5.4)通常でない水平方向の相対位置
	(5.6)通常でない直角方向の相対位置
	(5.23)通常でない3つの間隔
(6)バランス (11項目)	(6.1)字の左右の2つの部分の通常でない水平比率
(7)画構成 (3項目)	(7.1)逆向きの画
	(7.2)誤ってひと続きとなった画
	(7.3)誤って分割された画

3. 点数化における課題

3.1 点数化の要件について

上述した減点項目とその減点関数について、報告者は次のような要件を満たす必要があるとしていた⁸⁾。

- (1. 完備性) 入力のあるあらゆる種類の瑕疵に対して、漏らすこと無く減点出来ること。
 - (2. 直交性) 複数の減点関数が互いに独立であること。すなわち、入力字形の1つの瑕疵に対し(複数でなく)1つの減点項目が対応して減点すること。
 - (3. 明示性) 減点関数の意味が初等数学の範囲で理解出来ること(例えば“DP 距離により減点”という方法は明示的で無い)。
 - (4. 公開) (技術的な内容では無いが) 第三者による検証や議論が出来るように、公開されていること。
- 上記のような条件を満たす減点関数の設定手段が提供されていれば、これを適切に設定することにより、“人

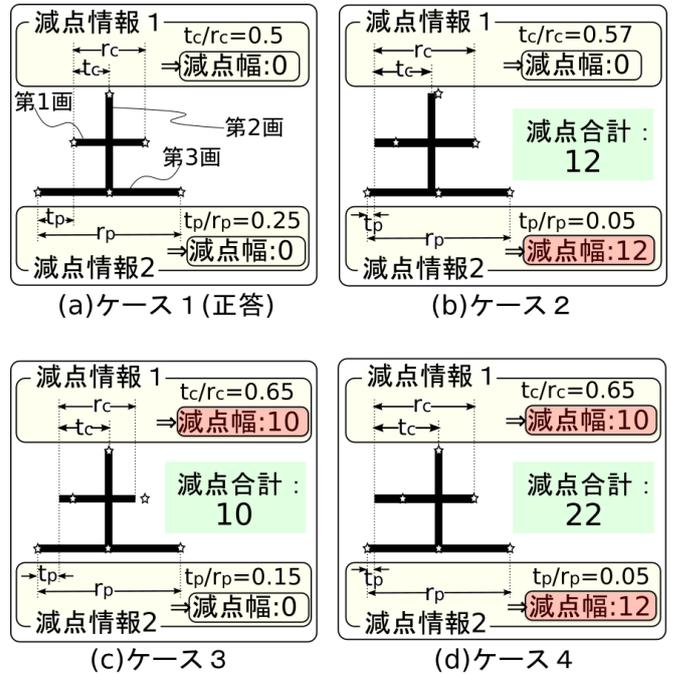


図 5 減点の単純合計時の問題点
 減点情報 1 : 「(3. 11) 位置のずれた接し点・交差点」
 減点情報 2 : 「(5. 4) 通常でない水平方向の相対位置」

図 5 減点の単純合計時の問題点

が納得する減点値を算出すること(これを“正規性”と呼ぶことにする)が実現できると考えていた。

3.2 直交性と完備性

その後の検討により、上記の要件のうち(2.直交性)については(1.完備性)と両立せず、要件から外さざるを得なくなった。図 5 を用いてこれについて説明する。

図 5 は、“土”の字に対するさまざまな入力パターンとその減点情報を示したものである。図中の減点情報 1 は、減点項目「(3.11)位置のずれた接し点・交差点」に対応するものであり、第 1 画に第 2 画が交わる位置をチェックする。減点情報 2 は、減点項目「(5.4)通常でない水平方向の相対位置」に対応するものであり、第 3 画に対する第 2 画始点の水平方向の位置をチェックする。図 5 中の漢字の字形に付された星印(☆)は、正答での各画の端点の位置を示すものであり、この星印に端点が一致した(a)ケース 1 は、正答と端点が一致する字形が入力されていることを示す。図 4 に示したような減点関数によりそれぞれの減点情報中の減点幅が算出され、正答と測定値が同じとなるケース 1 では、いずれの減点情報でも減点幅“0”となっている。(b)ケース 2 では、第 1 画始点が左に偏っているため減点情報 2 では減点幅が“12”となっているが、第 2 画も左に偏っているので減点情報 1 は減点幅“0”のままとなっている。(c)ケース 3 では第 2 画全体が左に偏ってい

るが、減点情報 1 のみに減点幅“10”が生じている。(d)ケース 4 では第 1 画始点が左に偏っていることにより、減点情報 1/減点情報 2 の両方にそれぞれ減点幅“10”および“12”が生じている。今、単純に減点情報の減点幅の合計を積算すると、(d)ケース 4 では減点合計が“22”となる。このように第 1 画の始点が左に偏っている 1 つの瑕疵に対して重複して減点されてしまうと、採点としては合理性に欠けることになる(すなわち上述の直交性が損なわれる)。このような重複を避けるために減点情報 1/2 に対応する 2 つの減点項目のいずれかを設定しないことにすると、(b)ケース 2 / (c)ケース 3 のいずれかで減点されない事態が生じる(すなわち上述の完備性が損なわれる)。このように、直交性と完備性とは両立しない。

3.3 減点の統合

完備性が損なわれれば採点としては成立しないことになるので、直交性が成り立たないことを前提とした採点方法、すなわち、入力字形の 1 つの瑕疵に対して複数の減点項目が対応して減点が生じることを前提とした採点方法が必要となる。開発した自動採点システム

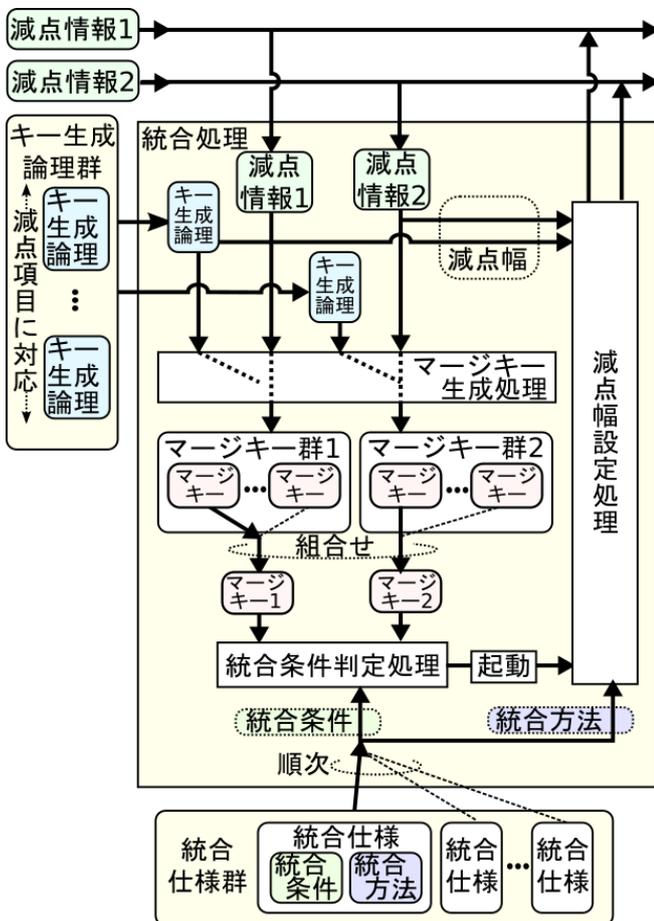


図 6 減点統合方法の概要

ムでは、同じ瑕疵から生じた複数の減点をひとつにまとめることによりこれを実現する。次項以下では、この方法について提案する。

4. 提案方法

4.1 概要

図 6 から図 8 を用いて、減点の統合方法の概要を説明する。図 6 の減点統合方法の概略では、“減点情報 1”と“減点情報 2”との 2 つの減点情報を入力として、それらの減点幅を書き換える処理を示している。一つの漢字の採点にて 2 つ以上の減点が生じる場合には、それらから 2 つを取り出すすべての組み合わせについて、図 6 の処理を行うことになる。図 6 中の統合処理は、図 5 に示したような 2 つの減点情報の他に、キー生成論理、統合仕様の、計 3 つの入力を取る。

このうち、キー生成論理の例を図 7 に示す。キー生成論理は減点項目ごとに定義されており、図 7 に示すのは、図 5 中の減点情報 2 の減点項目「(5.4) 通常でない水平方向の相対位置」の一部を抜粋して、説明のために簡略化したものである。キー生成論理は XML 形式のシステムファイル中に記述されており、図 7 に示す部分の記述が図 5(d)ケース 4 の減点情報 2 に適用されると、“土”の字の①第 3 画が右向きで、②測定値が小さいので、③第 1 画始点に左側過ぎる (point_too_left) というマージキーが生成される(この説明では一部の条件を省略している)。

このキー生成論理を適用する処理は、図 6 中の“マ

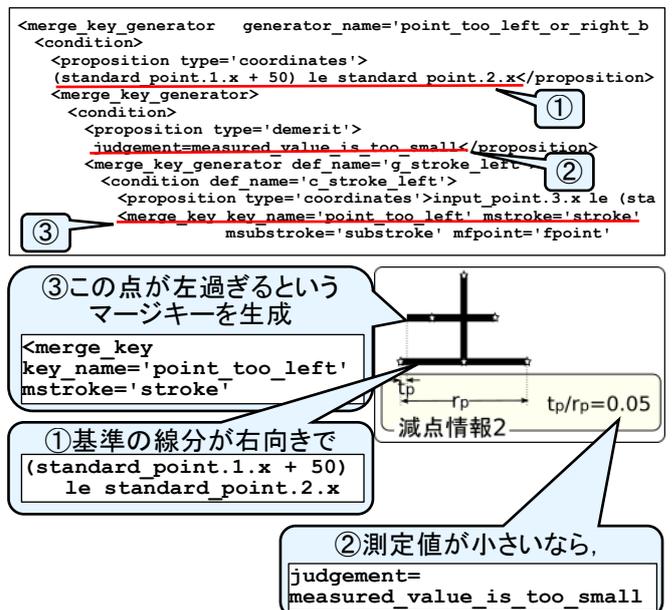


図 7 キー生成論理

ージキー生成処理”にて行われ、0 個以上のマージキーから成るマージキー群がそれぞれの減点情報に対応して生成される。これらのマージキー群は、図 6 中の統合条件判定処理により、統合仕様中の統合条件を満たす組み合わせがあるか否かが判定される。条件を満たす場合は、減点幅設定処理が起動されて減点情報内の減点幅を書き換える。この統合条件判定処理について、図 8 を用いて説明する。

図 8 中の 2 つの減点情報は、図 5 中のものと同じものであり、字形は図 5(d) ケース 4 のものである。図 7 に示したキー生成論理の動作例により、減点情報 2 より「キー名: point_too_left, パラメータ: 第 1 画始(X)」のマージキーがマージキー群 2 の中に生成される。同様に、減点情報 2 からは他に(Y), (Z)のマージキーが、減点情報 1 からは(A)(B)(C)のマージキーが生成される。これら 2 つのマージキー群から取り出した 2 つのマージキーの組み合わせのうち、マージキー群 1 の(B)とマージキー群 2 の(X)とは、図中に記された統合仕様中の統合条件を満たす。例えば図 8 中の“mstroke=mstroke”は両者のマージキーの画番号が一致している統合条件を表しており、(B)と(X)とは共に第 1 画で一致しており条件を満たす。これ以外にも様々な統合条件が連言標準形にて記されているが、

詳細の説明は省略する。なお、統合仕様は、キー生成論理と同じシステムファイル内に記述されている。

図 8 の(B)と(X)のように統合仕様中の統合条件を満たすマージキーの組み合わせがある場合、これらのマージキーを生成した減点情報は統合される。その際にどのような減点幅に設定するかが、統合仕様中の統合方法に記述されている。図 8 の例では、“max”となっており、これは減点情報の減点幅の大きい方を残し、小さい方は“0”に設定することを意味する。これに従って図 8 中では、減点情報 1 の減点幅は“0”に変更され、減点情報 2 の減点幅は“12”のままとなる。これにより図 5 (d) ケース 4 の“土”(すなわち図 8 の“土”)の減点合計は“12”となり、図 5(d)で説明した過剰な減点は解消される。

統合方法には“max”以外にも、“fixed_valueXX”(XX の値に固定)や、“first_only”(固定的に前者の減点情報の減点幅を残して後者の減点幅は“0”とする)などがあるが、それらの使用例は少なく、大半の統合仕様で用いられるのは“max”である。

4.2 マージキーの種類

マージキーには、次のような種類がある。

- < 1 > 共通マージキー：上記 4.1 項の例に示した“point_too_left”，および同じ意味合いの“right/upper/lower”の 4 つを含む、多くの減点項目で共通に生成するマージキー。
- < 2 > 個別マージキー：マージキー名を減点項目名として、各減点項目をそのままマージキーとして扱うマージキー。

開発過程においては、当初個別マージキーのみを用いて実装を行ったが、減点項目の組み合わせごとに膨大な数の統合仕様を定義する必要が生じたため、共通マージキーを導入した経緯がある。

図 9 に個別マージキーによる統合の例を示す。図 9 中(a)に示した入力字形では、第 4 画第 1 辺に接すべき第 3 画が、誤って第 4 画第 2 辺に接している。これにより「キー名：“t_joint_not_found_3” ((3.3)接すべき画 [離れている])」と「キー名：“unnecessary_t_joint” ((3.14)余分な接し点)」との個別マージキーが生成される。(b)の統合仕様は、それらのマージキー名 (= 減点項目名)

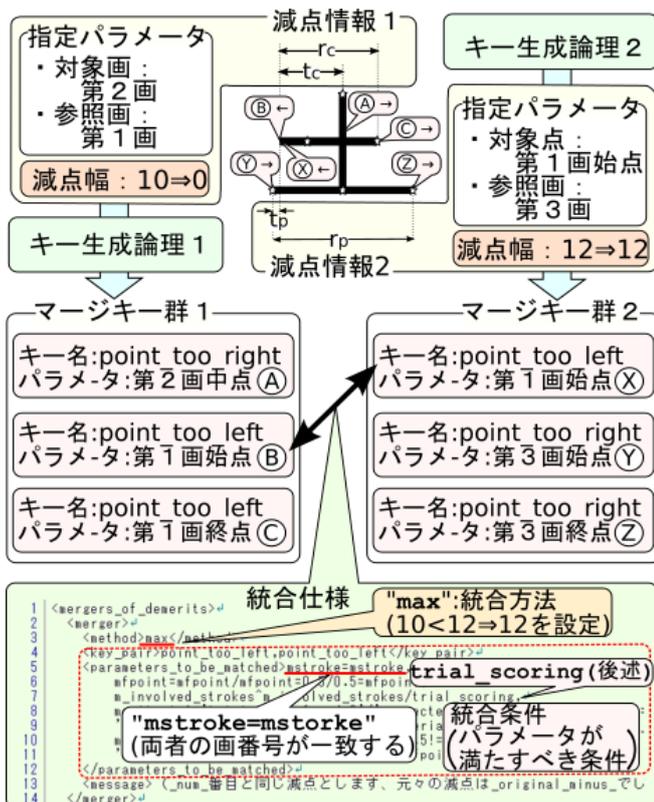


図 8 マージキーと統合情報

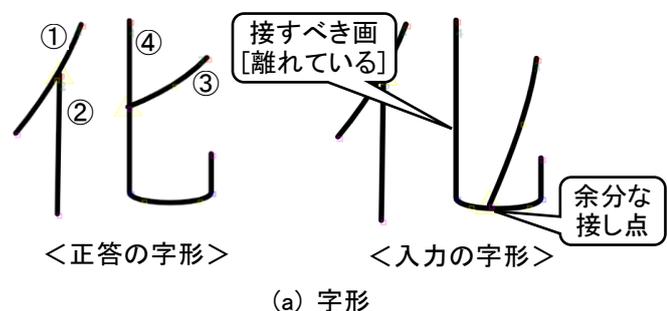
“t_joint_not_found_3”と“t_joint_not_found_3”とを組み合わせるものである。統合仕様には、統合を実施した場合に減点の説明としてのメッセージを記述する要素“message”があり、そこには、“合わせて’誤った辺に接している’こととなります”と記されている。これが、図9(c)の採点結果表示中の減点の表示欄に表示される。

なお、図9(b)の統合仕様においては、統合方法として前述した“fixed_valueXX”を用いており、固定的に25点の減点とするよう設定されている。

このように個別マージキーは、減点項目固有の事情に対応して、統合の仕方を工夫する際や共通マージキーとして一般化出来ない際の統合を行う場合に用いる。また、個別の漢字内のみで有効な個別マージキー／統合仕様も設定可能であるが、説明は省略する。

4.3 減点統合の解除

以上に記した方法により統合を行うと、過剰に減点が統合されてしまう場合が発生する。これを解除するためにやっている処理を、図10を用いて説明する。図



```

<merger>
  <method>fixed_value25</method>
  <key_pair>
    t_joint_not_found_3,unnecessary_t_joint
  </key_pair>
  <parameters_to_be_matched>.....
  <message>
    ( _num_番目と同じ減点とします, 元々の減点は original minus でした. 合わせて’誤った辺に接している’こととなります)</message>
</merger>
  
```

(b) 統合仕様

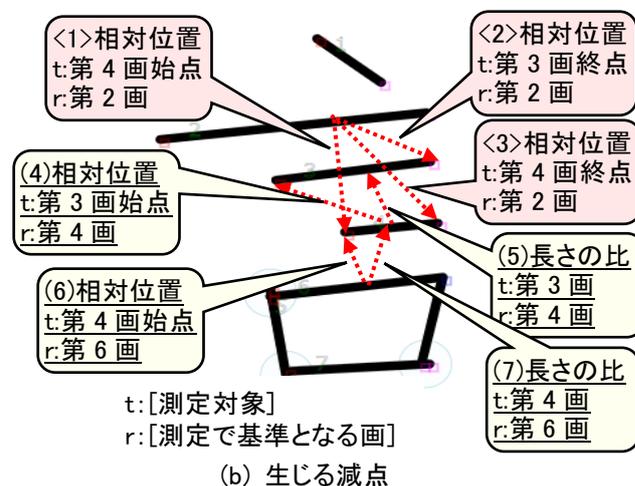
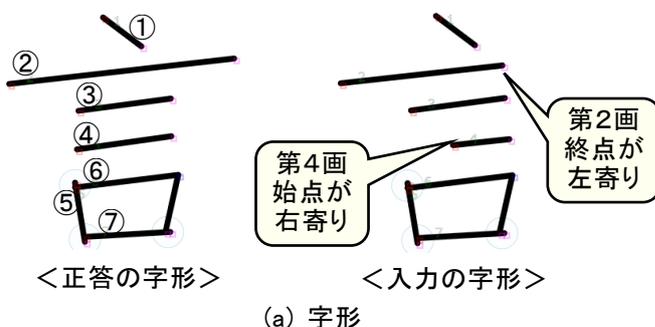
#1	【余分な接し点】第4画第2辺へ第3画第1辺が...(中略)... 合わせて’誤った辺に接している’こととなります)	減点25
#2	【接すべき画[3:離れている]】第4画第1辺へ第3画第1辺が...	減点0

(c) 採点結果表示中の減点の表示(概略)

図9 個別マージキーによる統合

10中(a)の入力字形は、「第2画終点が左寄り」「第4画始点が右寄り」となっている以外は、正当の字形と同じものである。これを採点すると(b)に示す7つの減点が生じるが、上記4.1項に記した統合処理によりすべて統合されてしまう。本来、入力には「第2画終点」「第4画始点」の2箇所に独立した瑕疵があることを考えれば、これは統合し過ぎである。

このような過剰な統合を解除するために、減点が統合される際に用いたマージキーにより減点をグループに分け、グループごとに減点を行う。図10(b)の7つの減点の例では、<1>から<3>の減点(下線なし)は、統合処理において「第2画終点が“point_too_left”」というマージキーを用いている。一方、(4)から(7)の減点(下線あり)は、統合処理において「第4画始点が“point_too_right”」というマージキーを用いてい



<2>	【通常でない水平方向の相対位置】第3画第1辺の終点は、.....	減点22
(5)	【通常でない長さの比率】第4画第1辺の長さ比べた、第3画第1辺の長さが...(中略)...(2番目と同じ減点とします<-同じ減点とする処置(統合)を調整しました。この減点項目は、統合のキーとなる文字の部分が「第4画第1辺始点」の代表として減点しています。)	減点20

(c) 採点結果表示中の減点の表示(概略)

図10 減点統合の解除

る。このように共通のマージキーを使用した減点のグループ内での統合を行うことで、〈2〉と(5)の減点幅を残し、残りの減点は“0”に設定する。図 10(c)に示す採点結果表示中の減点の表示においては、この旨が説明されている。すなわち、「第 4 画第 1 辺の始点」の代表として” という記述が、「第 4 画始点が “point_too_right” というマージキーによるグループの減点であることを反映している。

なお、現状のユーザーインターフェースではマージキーによる減点のグループ等の表示が必ずしも理解しやすいものではなく、今後改良を行う予定である。

4.4 試行的採点による統合条件

上記 4.1 項にて記したマージキー “point_too_left/right/upper/lower” に対する統合条件判定処理には、そのマージキーで指定された点を動かした字形を作成し、その変更した部分の字形を局所的に採点して 2 つの減点共に消えるか否かによって判定を行う “試行的採点” という機能がある。図 8 中の統合条件に記された “trial_scoring” がこれに当たる。減点の統合機能および解除機能は採点結果を左右する (80 点以上か否か) という意味で、“何を以て漢字を正しいと判定するか” にも関わる。その意味でも試行的採点は重要な機能であるが、紙面の都合上、詳細については別稿に譲る。

5. システムの運用での採点例

5.1 対象となる字

本稿では、次の単語が正解となる出題に対する解答の手書き入力 (41 字、重複 3 字) を試料とした、執筆時点で整理/分析済みの採点結果について報告する。

端末 階層 基本参照 量子化 回線 同僚
 符号化 搬送波 誤り 輻輳 全二重通信 送達確認
 廃棄 迂回 擬似 乱数

課題の出題時期等により試料数 (すなわち解答者数) には、16~35 個のばらつきがある。

5.2 統合/統合解除の発生状況

表 2 に、1 文字入力当たりの平均の統合/統合解除の発生数を示す。図 10 に文字の画数と統合の発生数との散布図を示す。文字入力ごとの減点の統合の発生

数は、瑕疵の多い入力では極端に大きくなるため、そのような入力の有無により平均は大きく影響されるが、概ね画数との相関が観られる。このことは、特定の文字や条件に偏ることなく、減点の統合が一般的に機能していることの証左であると考えられる。

表 2 統合/統合解除の発生数 (1 文字入力当たり)

文字 (*1)[*2]	統合	解除	文字 (*1)[*2]	統合	解除
端(34)[14]	3.26	0.29	波(21)[9]	1.38	0.19
末(35)[5]	0.57	0.14	達(18)[12]	4.40	0.65
階(35)[12]	3.11	0.26	確(20)[15]	2.70	0.30
層(34)[12]	4.64	0.55	認(19)[14]	2.10	0.30
基(34)[11]	1.15	0.12	誤(20)[14]	3.45	0.30
本(34)[5]	0.71	0.09	輻(21)[16]	1.10	0.14
参(35)[8]	2.03	0.17	輳(20)[16]	5.05	0.50
照(35)[13]	1.37	0.20	全(20)[6]	0.20	0.00
量(35)[12]	1.94	0.14	二(2)[2]	0.00	0.00
子(34)[3]	0.15	0.00	重(20)[9]	1.00	0.10
化(55)[4]	1.05	0.91	通(20)[10]	1.05	0.20
回(48)[6]	0.40	0.00	信(20)[9]	0.47	0.00
線(29)[15]	4.03	0.48	廢(18)[12]	3.11	0.28
同(33)[6]	0.39	0.03	棄(16)[13]	1.82	0.12
僚(31)[14]	2.35	0.23	迂(18)[7]	0.78	0.00
符(20)[11]	0.62	0.05	擬(17)[17]	0.38	0.35
号(20)[5]	0.50	0.00	似(17)[7]	1.06	0.12
搬(22)[13]	1.41	0.09	乱(17)[7]	0.65	0.06
送(42)[9]	1.52	0.10	数(15)[13]	4.31	0.19
総計	1.75	0.17	(*1)[*2] : (入力数)[画数]		

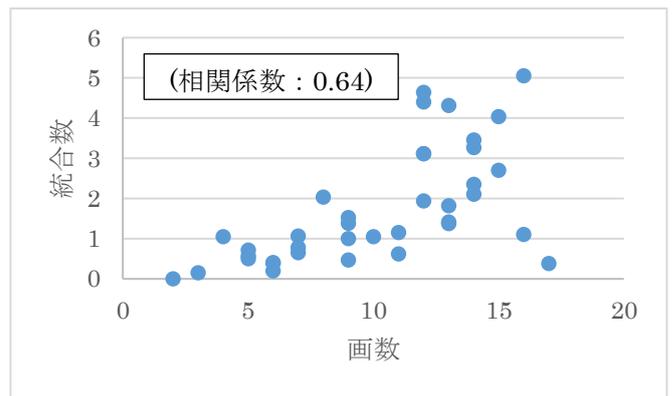


図 11 画数と統合数の相関

5.3 判定が変わった事例

全 1029 の文字入力中、“○” (80 点以上)、“△” (60 点以上)、“×” の判定が変わった事例の数は次のとおりであった。

- ・ △⇒○ : 11 例, ×⇒△ : 18 例

また、統合解除によって判定が変わったのは、次の

一例のみであった。

- ・“達”：80点 ⇒ 78点。

5.4 代表的な例

図 12 に“波”の字の入力例での統合と統合解除を示す。これは、判定が“△”から“○”に変わった場合に当たる。図中の吹き出しで示された減点は、各行に、減点項目、測定する画、減点の変遷、統合解除の際のグループ内の共通マージキーを順に示している。

図 12 中に示された6つの減点は、最初すべて統合され、その後3つが統合解除される。すなわち、減点<1><2><3>は第 8 画始点を移動させればすべて解消するグループであり、減点幅が最大の減点<2>を残して<1><3>の減点幅は“0”に設定される。その他の減点は、それぞれ、(4)は第 4 画始点を、(5)は第 8 画終点を、(6)は第 7 画終点を移動しないと解消しないため、統合解除される。統合解除はあるものの、解除されない統合により減点は減り、判定は“×”から“○”となる。

5.5 まとめ

図 12 に示した例を含め、試料としたすべての文字入力について、統合と統合解除が不足したり過剰であったりする場合は見いだせなかった。今後試料数を増やした検証は必要であるが、人手によるものを完全に代替する自動採点技術として十分機能するとの結果を得たと考えている。

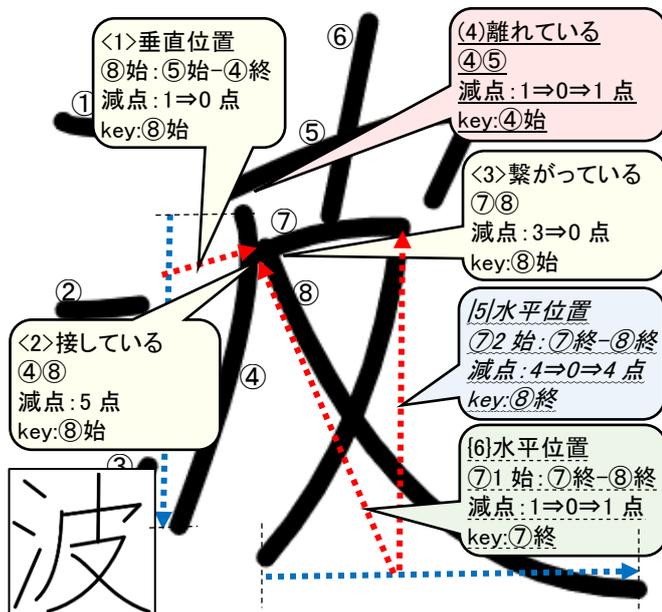


図 12 “波”の入力例における統合と統合解除

6. おわりに

開発する漢字自動採点システムは既に運用中であり、今後 JIS 第一水準を目指した採点情報の整備、ひらがなのサポート、ユーザーインターフェースの改善を行っていく予定である。

参考文献

- (1) 中川正樹, 平井佑樹: “記述式解答の採点支援・自動採点に向けて—手書き認識からの挑戦—”, 情報処理 57.9, pp. 920-924 (2016)
- (2) 石岡恒憲: “コンピュータ上で実施する記述式試験: エッセイタイプ, 短答式, マルチメディア利用について”, 電子情報通信学会誌, 99(10), pp. 1005-1011 (2016)
- (3) Benesse, “保護者サポート”, [https://faq.benesse.co.jp/faq/show/6646?category_id=855&site_domain=sho\(2019/12/06 確認\)](https://faq.benesse.co.jp/faq/show/6646?category_id=855&site_domain=sho(2019/12/06%20確認))
- (4) 井戸伸彦: “人手による採点を完全に代替する手書き入力漢字自動採点システムにおける画数フリーの実現方法”, 教育システム情報学会研究報告, 34(4), pp.49-56 (2019)
- (5) 槇重弼, 迫江博昭: “筆順・画数自由オンライン文字認識のための画対応決定法—多層キューブサーチ”, 信学論 (D-II), vol.J87-D-II, no.5, pp.1112-1119, (2004)
- (6) 井戸伸彦: “多軸順序距離を用いた手書き漢字の画の対応付け”, 信学技法 (パターン認識・メディア理解), Vol.114, No.42, pp.85-90 (2014)
- (7) 井戸伸彦: “漢字書き取りの自動採点の画の評価手法—アグレッシブ DP マッチングによる辺の同定と評価—”, 信学技報 (パターン認識・メディア理解), Vol.114, No.527, pp.217-222 (2015)
- (8) 井戸伸彦: “画と辺とを同定した後の手書き漢字入力の採点評価方法”, 信学技報 (パターン認識・メディア理解), Vol.115, No.25, pp.133-138(2015)
- (9) 文化庁: “常用漢字表の字体・字形に関する指針(報告)” [http://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkashingikai/kokugohokoku/pdf/jitai_jikei_shishin.pdf\(2019/10/01 確認\)](http://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkashingikai/kokugohokoku/pdf/jitai_jikei_shishin.pdf(2019/10/01%20確認))
- (10) 岩山尚美, 石垣一司, 山根僚介, 陰山英男, 「学習履歴を活用する手書き電子教材の開発と実践検証」 日本教育工学会 全国大会講演論文集, 第 21 巻, pp.165-168, 2005 年 9 月