

も く じ

■開催日時：5月11日（土） 9:00・18:00

於：キャンパス・イノベーションセンター東京（東京都港区）

■テーマ：「学習環境デザインと実践のモデル／Learning Analytics／医療・看護・福祉における
先進的 ICT 利用／一般」

- 1) 中学数学の文章題における思考過程の分析-----1
○中谷隼斗(千葉工業大学大学院), 仲林清(千葉工業大学)
- 2) 学習評価の4つのタイプに着目した、キャリア意識と思考力の総合評価-----5
○下郡啓夫(函館工業高等専門学校, 公立ほこだて未来大学),
白川隆朋, 山田悠貴(ベネッセコーポレーション), 鈴木恵二, 大場みち子(公立ほこだて未来大学)
- 3) 企業研修と連携したキャリア教育プログラムの開発と考察-----11
○澤崎敏文(仁愛女子短期大学)
- 4) 大学連携で取り組む地域協働型 PBL の設計と評価-----15
○田中洋一(仁愛女子短期大学, 熊本大学大学院), 山川修(福井県立大学)
- 5) 保育者養成課程における情報学の授業展開-----19
○神谷勇毅(鈴鹿大学短期大学部)
- 6) プログラムの理解状況に応じた図の外化による学習手法-----25
○疋田将之(千葉工業大学大学院), 仲林清(千葉工業大学)
- 7) アニメーションを用いた文字列検索アルゴリズム学習のための課題設計-----33
○下川輝(千葉工業大学大学院), 仲林清(千葉工業大学)
- 8) 発達障害者の多様なニーズに対する非侵襲性を考慮した
光学式ウェアラブル心拍測定情報を用いたボランティア支援-----39
○永森正仁(長岡技術科学大学大学院), 中村秋菜(長岡技術科学大学),
今井健太(長岡技術科学大学大学院), 福田美和子(長岡技術科学大学),
塩野谷明(長岡技術科学大学大学院), 三宅仁(立川メディカルセンター)

9) PC カメラ映像を利用した学習状態推定手法に関する研究 -----41

○長谷川忍, 平子温(北陸先端科学技術大学院大学), 卯木輝彦(フォトロン)

10) Automated Test Maker の開発と実践への応用 -----49

○住政二郎, 工藤多恵, Kym Jolley, Laura Huston, Kent Jones, Joshua Wilson(関西学院大学)

中学数学の文章題における 思考過程の分析

中谷 隼斗^{*1}, 仲林 清^{*2}

^{*1} 千葉工業大学大学院情報科学専攻, ^{*2} 千葉工業大学情報科学部

Analysis of Thinking Process in the Text Problem of Junior High School Mathematics

Hayato Nakatani^{*1}, Kiyoshi Nakabayashi^{*1}

^{*1} Chiba Institute of Technology Graduate School of Information Science

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

中学数学の文章題における学習者の思考過程を確率の分野を対象として調査した。学習者の記述した樹形図や表から解答内容の分析を行った。調査の結果、誤りの原因として、文章題をよく読んでいない学習者や、意味を理解していない学習者、樹形図を扱いきれていない学習者などのパターン分けをすることができた。

キーワード: 数学文章題, 確率, 中学数学

1. はじめに

中学数学の確率の問題は文章での出題が一般的である。そのため文章題に苦手意識を感じている学習者は、確率の問題にも苦手意識を持つことが多い。それと同時に、中学数学の確率の解答を導き出す際、問題を適切な樹形図や表などに変換することが困難な学習者も多い。ここでいう適切な手法に変換とは取り入れた問題の模範解答例の手法を指す。このように確率の問題に苦手意識を持っている学習者は、文章題に苦手意識を持っているのか、文章題の変換につまずいているのか、あるいは両方かなど理解を妨げている原因が分かりにくい現状が存在する。従って、学習者がどこの過程につまずいているのかを把握することが必要である。

2. 取り入れた手法

本調査では学習者の文章題に取り組む思考を調査するために、学習者の解答用紙から問題を読み取り、考察を行った。

本調査で扱う図表には樹形図, 表, 総当たり, 公式

などが存在する。図表例は以下の通りになる。

樹形図 (図 1) は問題の過程を木の枝のように広げていき、解答に導いていく手法である。

表 (図 2) は問題の内容を縦横に並べて記入していく手法である。

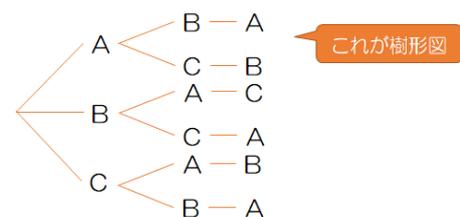


図 1 樹形図例

	1	2	3	4	5	6
1				○		
2			○			
3		○				
4	○					
5						
6						

図 2 表例

3. 調査

調査では、中学数学のテキストから数値を変換して、樹形図や表などに対応する問題を全 10 問出題し、被験者(中学校 2 年生から高校 2 年生 9 名)実験時の学年を対象として数学の学力調査を行った。対象者は実験者が教えている塾の生徒であり、解答の様子を観察できる状況下で実験を行った。

4. 学習者の到達段階

本調査の学習者のレベル分けを表 1 に示す。

表 1 学習者の解答レベル分け

レベル 1	解答する意思がない (空白)
レベル 2	適切な手法を選択できていない
レベル 3	選択した手法で正答できていない
レベル 4	正答した学習者
レベル 5	回答内容を説明できる学習者
レベル A	手法が異なり正答している学習者
レベル B	解答のみ記述
レベル B-1	正答していた学習者
レベル B-2	誤答していた学習者

レベル 1 の解答する意思がない (空白) は解答用紙に未記入の学習者のレベルである。このレベルに該当する学習者には、解く努力をしたが解答に至らなかったのか、問題を見て諦めてしまったかなどの別途ヒアリングをする必要があると考えられる。

レベル 2 の適切な手法を選択できていない学習者は樹形図の問題を表で行うなど異なる手法で回答した学習者である。解答は異なる手法でも正答に導けるため、このレベルには適切な手法以外を選択し誤答した学習者を該当させる。

レベル 3 の選択した手法で正答できていない学習者は適切な手法を選択できていたが誤答した学習者を該当させる。

レベル 4 の正答した学習者は問題に対して適切な手法に導けていた学習者を該当させる。

レベル 5 の回答内容を説明ができる学習者は、適切な手法で正答し、かつ解き方まですべて説明できる学習者を該当させる

レベル A の手法が異なり正答している学習者は適切な手法を選択しなかったが正答していた学習者を該当させる。

レベル B は樹形図などの途中過程を記述せずに解答のみ記述している学習者を該当させる。

その中でレベル B-1 は正答していた学習者を該当させ、レベル B-2 は誤答していた学習者を該当させる。

5. 結果と考察

学習者ごとの分類、学習者全体の分類は表 2、表 3 に示す。

表 2 学習者全体の分類

レベル分け	割合	解答件数
1	12%	11/90
2	7%	6/90
3	20%	18/90
4	3%	3/90
5	39%	35/90
A	10%	9/90
B-1	3%	3/90
B-2	6%	5/90

表 3 学習者ごとの分類

正答	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
Lv										
学習者 A	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×
	3	2	2	1	4	2	1	2	1	1
学習者 B	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	5	5	5	5	A	5	5	5	5	5
学習者 C	×	○	△	×	×	△	○	×	×	○
	3	4	3	B	3	3	4	1	3	A
学習者 D	○	○	○	○	○	○	△	×	○	○
	5	5	5	5	A	A	3	1	A	5
学習者 E	○	○	×	○	△	△	○	○	○	△
	5	5	3	B	3	2	A	B	A	3
学習者 F	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	3	1	3	B	2	B	B	B	1	1
学習者 G	○	○	○	×	○	×	○	○	×	○
	5	5	5	1	A	3	5	5	3	5
学習者 H	○	×	○	×	△	○	○	○	×	○
	5	3	A	1	3	5	5	5	3	5
学習者 I	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○
	5	5	5	5	5	5	B	5	3	3

学習者の解答状況から中学数学の文章題において適切な手法を選択できている割合は、全体の 62%を占めていた。しかし、適切な手法を選択し、問題を正答に導いている学習者は、全体の 42%となることから、適切な手法を選択した 32%の学習者が正答に導いていない学習者ということが判明した。

また、レベル 1，レベル B の空欄や途中式を記述していない学習者の割合が多かった問題、表 4 だが、「トランプの絵札」という単語の意味を理解できていない学習者が多かった。学習者にヒアリングしたところ、「絵札の意味が分からない」「トランプのマークはハート、ダイヤ、クローバー、スペードの 4 種類だから確率は 1/4」などと回答する学習者が多く、トランプのカード全 52 枚のうち絵札は 12 枚だから確率は 3/13 と解答できている学習者は 3 名の学習者のみであった。「トランプの絵札」を用いた文章題は高校入試、学力テストでも出題されている問題なので、学習者には理解を促していく必要があると感じた。

表 4 トランプの絵札問題例

ジョーカーを除くトランプをよくシャッフルし、その中からカードを 1 枚引くときそのカードが絵札である確率を求めなさい。カードを引く確率は同様に確からしいものとする。

また、レベル 2 の適切な手法を選択できていない学習者は問題ごとのばらつきがなく、学習者 A が 3 問該当する結果となった。この学習者は樹形図や表を用いることが少なく公式を用いて解答しようとする意志が見られた。しかし選択した公式が適切なものを選択できていなく誤答という結果となった。

また、レベル 3 の選択した手法で正答できていない学習者は適切な手法として樹形図を選択できていたが、樹形図のやり方を間違えている学習者が目立った。問題文の違いで「取り出した球の色を確認し、再度球を引く」という問題文と「くじを二回引くとき」という思考を繰り返すかどうかの違いに気付いていない学習者の解答も目立つ結果となった。この問題は高校レベルになるとコンビネーションを用いるかパーミテーションを用いるかの違いを認識させるのに必要な問題となるため、学習者の知識向上を促す必要がある結果と

なった。

レベル 4 の正答していた学習者は、問題の内容を深く理解していなく解答のやり方のみを覚えて正答していた学習者ではいわゆる「ごまかし勉強⁽¹⁾」を行っていた学習者である。大学生対象に今後行う際は十分なヒアリングを行い、問題の回答内容を説明できるかどうかを調査する必要がある結果となった。

レベル 5 の回答内容を説明できる学習者は、問題の内容を把握し、最適な手法を選択し計算ができていて、説明させることができた学習者である。1 問でもレベル 5 まで到達できている学習者は、ほかの問題でもレベル 5 に到達している割合が多い結果となった。

レベル A の学習者は、適切な手法を選択していないが問題に正答していた学習者である。このレベルを取得していた学習者は、問題の内容を把握し、自分なりのやり方を行って正答に導いていた学習者である。このレベルの学習者は確率や文章題にも苦手意識を持っていない、文章を自己流のやり方に変換ができている学習者である。また、その他の問題でも高いレベルの得点を記録していた。

レベル B-1 の解答のみ記述し、正答に導いていた学習者である。このレベルの学習者は問題の内容から「前回の問題と数値が一緒で文章が変わっただけだ」と発言していた学習者がいたことから樹形図や表を記述することを省略し正答したのではないと思われる学習者もいた。一方で答え合わせ段階で偶然正解したような発言をした学習者もいた状況であった。今後の課題としては問題の内容を理解し、樹形図や表の記述を省略したのか、一方で偶然正解できたのかなどの別途ヒアリングを行う必要性が生じた結果となった。

レベル B-2 の解答のみ記述し、誤答した学習者はレベル 1 と 2 の間に該当させるのが妥当ではないかと考える。このレベルの学習者は解答する意思はあるが適切な手法を選択できていないという学習者である。また、レベル B-2 の問題があった学習者は全員受験を終えた中学 3 年生であり、「わからない問題があったら空欄ではなく必ず何かを記述しろ」という指導方針に従い回答した疑いもある。問題を解答する意思がどれほどあったのか、問題を見てすぐに諦めてしまい適当に記述したのかをヒアリングする必要性が生じた結果となった。

6. 今後の課題

学部生時代は、高校入試レベルの数学の文章題についての学習者の思考過程を確率の分野を対象として調査した。学習者の文章題に取り組む思考過程を変換、統合、プラン、実行の4過程に分け、それぞれの過程に対応する問題を出題し、考察を行った。調査の結果、文章題でつまづいているのか、確率の概念でつまづいているのか、あるいは両方かなどのパターン分けを行った⁽²⁾。調査の結果、学習者の思考ごとの能力の差まで測ることは困難であったが、各過程の能力にどのように取り組んでいるかが分かる特徴的な回答をしている学習者も数名見られる結果となった⁽³⁾⁻⁽⁶⁾。

本調査では、中学数学の内容を樹形図や表を用いて解答させ学習者のレベル分けを行った。今後は高校数学を経験した大学生を対象に到達目標を設定し、樹形図や表、公式を用いた確率の文章題を解答させる。

学部生時代では確率の内容を忘れてしまったなどのアンケート内容が多く、解答結果にばらつきが生じてしまった。今後の課題として、まずは確率の内容、解答方法などを思い出させるために第一段階として本調査の中学レベルの内容と大学レベルの基礎を解答させる。その後コンビネーションやパーミテーションなどの解説を行い、その後本実験に入る予定である。

参 考 文 献

- (1) 藤沢伸介：“ごまかし勉強”，新曜社，(2002)
- (2) 中谷隼斗，仲林清：“確率の文章題における思考過程の分析”，教育システム情報学会全国大会，pp.1 - 19 (2018)
- (3) 岡直樹，真鍋明日香：“適切な問題解決方略の習得へ向けた学習支援”，広島大学大学院研究科紀要，第一部 (2013)
- (4) 飯塚佳乃：“算数科における問題解決促進のための学習支援の工夫 - 文章題解決の4つの下位過程に着目して -”，群馬大学教育実践研究 (2016)
- (5) 石田淳一，多鹿秀継：“子供の算数文章題解決過程の認知論的分析 I”，相木教育大学教科教育センター研究報告 (1988)
- (6) 中尾由佳：“文章題解決過程における確かな課題把握のための手立てに関する研究 - 小学校算数科 第3学年数量関係 D「□を」使った式」の指導に関する研究 -”，広島市教育センター (2010)

学習評価の4つのタイプに着目した、 キャリア意識と思考力の総合評価

下郡啓夫^{*1}, 白川隆朋^{*2}, 山田悠貴^{*2}, 鈴木恵二^{*3}, 大場みち子^{*3}

*1 函館工業高等専門学校, *2 ベネッセコーポレーション, *3 公立はこだて未来大学

Comprehensive Evaluation of Career Awareness and Thinking Ability Focusing on Four Types of Learning Evaluation

Akio Shimogoori^{*1}, Takatomo Shirakawa^{*2}, Yuki Yamada^{*2}, Keiji Suzuki^{*3}, Michiko Oba^{*3}

*1 National Institute of Technology, Hakodate College *2 Benesse Corporation

*3 Future University Hakodate

The analysis of high-level comprehensive ability is indispensable for human resource development. In this study, we will use four quadrants divided by two axes, direct evaluation and indirect evaluation, and qualitative evaluation and quantitative evaluation, regarding the relationship between career awareness and thinking ability. Student characteristics were extracted by the correlation coefficient of the data classified in the four quadrants.

キーワード: 学習評価の4つのタイプ, 相関分析

1. はじめに

学習評価は、大きく「間接評価」と「直接評価」に分けることができる⁽¹⁾。間接評価とは、学生の学習行動において、どのように学習したのかを学生自身に答えさせることによって、学習成果を間接的に評価することである。一方、直接評価とは、小テスト等を通じて、何ができるか、学生の学習成果を直接的に評価することである。しかし、直接評価・間接評価という区別以上に、さまざまな評価の特徴を把握する上で重要なのが、評価のパラダイムの違いである。実際、評価のパラダイムは、「心理測定的パラダイム」とそれに代替・対抗・補完するものとしての「オルターナティブ・アセスメントのパラダイム」に概念化することができる⁽²⁾。オルターナティブ・アセスメントとは、「標準テストを代替したり、補完したりするようにデザインされたさまざまな評価方法」の総称である⁽³⁾。この評価パラダイムの違いは、前者を量的評価、後者を質的評価と言い換えることができる。

一方、学生のキャリア発達・デザイン能力育成を促

進するツールとしてeポートフォリオを活用されることが進められている⁽⁴⁾。しかし、eポートフォリオを活用する場合そのような支援が有効であるのかについて必ずしも明らかになっていない。さらにeポートフォリオをキャリアデザイン教育に利用する場合、その評価について具体的にどのように行うのか、その評価方法の問題がある⁽⁵⁾。

上記より本研究では、キャリアデザイン教育に関して、キャリアへの気づきや仕事に関する洞察、専門の応用の視点を育むなどのために、思考力の育成は必須と考えた。そこで本研究では、キャリア意識と思考力の関係性について、特徴を抽出することを目的とする。また、その抽出方法として、図1のような、直接評価－関節評価と、量的評価－質的評価を2軸とする4象限によって分けられる、学習評価の4つのタイプ⁽⁶⁾を活用することを試行する。

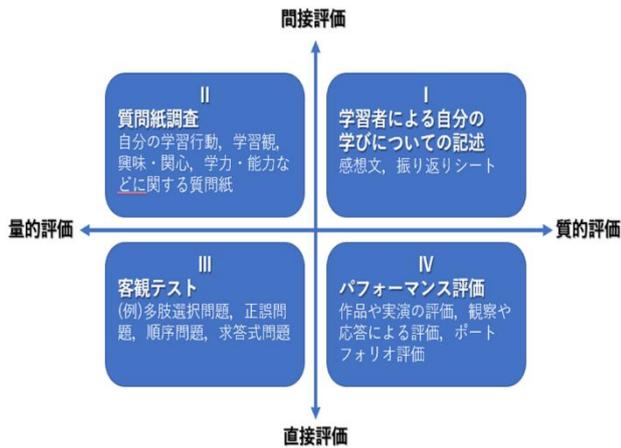


図 1 学習評価の 4 つのタイプ

2. 研究方法

本研究では、学習評価の 4 つの評価のタイプのデータを得るため、以下の調査を行った。

(1) 学習者による自分の学びについての記述

- キャリア設計に関する調査(記述式調査)

(2) 質問紙調査

- キャリア設計に関する調査(アンケート調査)

(3) 客観テスト

- スタディーサポート
- GPS-Academic

(4) パフォーマンス評価

- モデルコアカリキュラム (以下, MCC) に基づくルーブリック評価

これらの調査は、北海道 H 市にある工業高等学校の平成 30 年度 1 年次学生 192 名を対象に行った。

2.1 キャリア設計に関する調査(記述式調査)

(1) 時期：平成 30 年 12 月 20 日

(2) 手続き：本調査を、授業の一部として、集団法にて実施した。実施時間は 15 分であり、学生は真摯に受験していた。

(3) アンケート内容

将来設計をどのように考えているのか、またそのために何をするのかについて、自由記述を行った。

(4) 分析

自由記述の文章を単語化し、単語同士の関連性を全体解析した。具体的には、単語の重要度合い、顕著性を割り出し、特徴的な単語、単語同士の共起性・類似性

を抽出した。

2.2 キャリア設計に関する調査(アンケート調査)

(1) 時期：平成 30 年 12 月 20 日

(2) 手続き：本調査を、授業の一部として、集団法にて実施した。実施時間は 5 分であり、学生は真摯に受験していた。

(3) アンケート内容

本アンケートは、進路に関する質問 10 項目、ポートフォリオに関する質問 8 項目で構成されている(表 1)。

表 1 進路・ポートフォリオに関するアンケート項目

進路に関するアンケート	
1	自分の進路について考えたうえで、目標設定できています
2	卒業後の自分の姿を具体的にイメージして目標設定できています
3	自分が将来したいことを基に目標設定できています
4	自分が得意だと思うことを基に目標設定できています
5	これまでの活動や学んだことを基に目標設定できています
6	目標達成に向けて今の学校生活に具体的に行動を落とし込めています
7	複数の観点をもつことができました
8	ほかの人の考えも参考にして目標設定できました
9	自分のこだわりをもって目標設定できました
10	なぜ、その目標設定をしたか明確になっています
eポートフォリオに関するアンケート	
1	学校で学んだことやできるようになったことを、記録に残しておくことは大切だと思う
2	家庭学習中に分からないことや難しいことに直面しても、あきらめずにやり抜こうとしている
3	学校で学んだことに関連した事柄について、自分なりに調べてみようとしている
4	テストで間違えてしまった問題は、なぜ間違えたのかを自問自答することは大切だと思う
5	そんなことに対しても、自分の中で考えた(考えていた)ことを記録に残しておくことは大切だと思う
6	学んだことについて友達にアドバイスをしたり、されたりすることは大切なことだと思う
7	自分の考え方や気づいたことを自ら説明できることは大切だと思う
8	学校で学んだことやできるようになってことを、他の活動に活かそうとしている

(4) 分析

本アンケートを 5 件法で実施した。各質問項目と学習評価の 4 つの評価のタイプの各データと相関分析を行った

2.3 スタディーサポート

(1) 時期：平成 30 年 11 月 2 日

(2) 手続き：本調査を、授業の一部として、集団法にて実施した。国語、数学、英語について各実施時間は 60 分であり、学生は真摯に受験していた。

(3) テスト内容

本テスト⁽⁷⁾は、ベネッセコーポレーションが実施している、現在の学力や学習習慣の状態をチェックするアセスメントである。今回は、各科目、1年生第2回のテストを実施した。テスト内容は以下のとおりである。

- 国語：現代文，古文
- 数学：数と式，2次関数（最大・最小まで）
- 英語：特に試験範囲なし

(4) 分析

各科目の点数を、ベネッセコーポレーションが3科目及び各科目の正解率に基づき、S1からD3の15段階(以下、これをGTZとする)に分けている(表2)。このデータを、GPS-Academic結果及びMCCに基づくルーブリック評価との相関分析を行った

表2 スタディーサポートの15段階

	正解率			
	国数英	国語	数学	英語
S1	89.7～	92.0～	95.0～	98.0～
S2	87.0～	89.0～	90.0～	95.0～
S3	83.0～	86.0～	88.0～	91.0～
A1	79.3～	82.0～	83.0～	86.0～
A2	75.0～	79.0～	78.0～	82.0～
A3	70.3～	74.0～	71.0～	75.0～
B1	65.3～	68.0～	66.0～	68.0～
B2	59.0～	60.0～	57.0～	61.0～
B3	54.3～	56.0～	51.0～	55.0～
C1	51.0～	51.0～	46.0～	49.0～
C2	46.3～	46.0～	39.0～	43.0～
C3	42.3～	41.0～	34.0～	39.0～
D1	37.7～	36.0～	27.0～	33.0～
D2	32.3～	30.0～	17.0～	25.0～
D3	0.0～	0.0～	0.0～	0.0～

2.4 GPS-Academic

(1) 時期：平成30年12月20日

(2) 手続き：本調査を、授業の一部として、集団法にて実施した。選択式45分、記述式30分であり、学生は真摯に受験していた。

(3) テスト内容

本テスト⁽⁸⁾は、ベネッセコーポレーションが実施している、答えが一つではない問いに対して、協動的に問題発見・解決を行うために求められる「批判的思考

力」「協働的思考力」「創造的思考力」(表3)といった3つの思考力を測定、評価するアセスメントである。

表2 GPS-Academicで測定できる3つの思考力

批判的思考力	<ul style="list-style-type: none"> ● 情報を抽出し吟味する（選択式で評価） ● 論理的に組み立てて表現する（記述式で評価）
協働的思考力	<ul style="list-style-type: none"> ● 他者との共通点・違いを理解する（選択式で評価） ● 社会に参加し人と関わり合う（記述式で評価）
創造的思考力	<ul style="list-style-type: none"> ● 情報を関連付ける・類推する（選択式で評価） ● 問題をみだし解決策を生み出す（記述式で評価）

(4) 分析

選択式、記述式ともに、ベネッセコーポレーションにより成績処理を行っており、点数によりS・A・B・C・Dの5段階にカテゴリー化している。この結果とGPS-Academic結果及びMCCに基づくルーブリック評価との相関分析を行った。

2.5 MCCに基づくルーブリック評価

(1) 時期：平成30年10月～平成31年1月

(2) 手続き：本調査を、キャリアデザイン教育におけるポートフォリオ活用を重点的に行っていた、10月から学生を観察して評価した。

(3) 分析

MCCとは、国立高専のすべての学生に到達させることを目標とする最低限の能力水準・修得内容である「コア」と、高専教育のより一層の高度化を図るための指針となる「モデル」とを提示したものである⁽⁹⁾。

本評価については、「汎用的技能」や「態度・志向性（人間力）」「総合的な学習経験と創造的な思考力」といった技術者が備えるべき分野横断的能力の到達目標である「モデル」(表3)に関して、第1筆者がルーブリック評価を行った。ルーブリック評価は4件法(表4)である。

表3 MCCの「モデル」の構成要素

技術者が備えるべき分野横断的能力		
VII 汎用的技能 VII-A コミュニケーションスキル VII-B 合意形成 VII-C 情報収集・活用・発信力 VII-D 課題発見 VII-E 論理的思考力	VIII 態度・志向性（人間力） VIII-A 主体性 VIII-B 自己管理能力 VIII-C 責任感 VIII-D チームワーク力 VIII-E リーダーシップ VIII-F 倫理観（独創性の尊重、公共心） VIII-G 未来志向性・キャリアデザイン力 VIII-H 企業活動理解 VIII-I 学習と企業活動の関連	IX 総合的な学習経験と創造的思考力 IX-A 創成能力 IX-B エンジニアリングデザイン能力

表 4 MCC の「モデル」のルーブリック評価例

	4	3	2	1
VIII-A コミュニケーションスキル	相手を理解した上で、説明の方法を工夫しながら、自分の意見や考えをわかりやすく伝え、十分な理解を得ている。	相手の意見を聞き、自分の意見を伝えることで、円滑なコミュニケーションを図ることができる。	相手の意見を聞くことはできるが、自分の意見を伝えることができない。または、自分の意見を伝えることはできるが、相手の意見を聞くことができない。	相手の意見を聞くことができず、自分の意見を伝えることもできない。

また、その評価について、複数教科担当教員に確認をしてもらっている。なお、『VIII 態度・志向性(人間力)』の『VIII-H 企業活動理解』、『VIII-I 学習と企業活動の関連』の 2 項目に関するルーブリック評価は行わなかった。

3. 分析

今回、5 つの調査より得たデータについて、下記の相関分析を行った。

(1) (MCC のルーブリック評価) × (スタディーサポート成績, GPS-Academic 成績)

(2) キャリア設計に関する調査(記述式調査)の成績層別テキスト分析

以下、分析結果を述べる。

3.1 (MCC のルーブリック評価) × (スタディーサポート成績, GPS-Academic 成績)

まず、MCC のルーブリック評価とスタディーサポート成績の相関分析の結果を示す(表 5)。次に MCC のルーブリック評価と GPS-Academic の成績の相関分析の結果を示す(表 6)。なお、表 5, 6 内の数値は相関係数を表している。また表 5, 6 における**, *, + は、それぞれ $p < .01$, $p < .05$, $p < .10$ を表している。

3.2 キャリア設計に関する調査(記述式調査)の成績層別テキスト分析

キャリア設計に関する調査(記述式調査)の成績層別テキスト分析について、図 2 に示す。

表 5 (MCC) × (スタディーサポート) の相関分析

	コミュニケーションスキル	合意形成	情報収集・活用・発信力	課題発見	論理的思考力	主体性	自己管理能力	責任感	チームワーク力	リーダーシップ	倫理観	未来志向、キャリアデザイン力	創成能力	エンジニアリングデザイン能力
3総GTZ	0.408 **	0.549 **	0.557 **	0.570 **	0.533 **	0.541 **	0.534 **	0.477 **	0.400 **	0.447 **	0.417 **	0.543 **	0.505 **	0.557 **
3総学習GTZ	0.164 *	0.154 *	0.129 +	0.032	-0.039	0.078	0.092	0.123 +	0.141 +	0.130 +	0.166 *	0.094	0.085	0.074
国GTZ	0.177 *	0.271 **	0.364 **	0.256 **	0.178 *	0.251 **	0.229 **	0.207 **	0.209 **	0.182 *	0.194 **	0.330 **	0.299 **	0.291 **
国学習GTZ	0.131 +	0.150 *	0.133 +	-0.045	-0.037	0.070	0.046	0.095	0.142 +	0.107	0.125 +	0.029	0.040	0.039
数GTZ	0.360 **	0.503 **	0.525 **	0.570 **	0.577 **	0.504 **	0.515 **	0.470 **	0.391 **	0.413 **	0.420 **	0.506 **	0.483 **	0.574 **
数学習GTZ	0.200 **	0.170 *	0.127 +	0.103	-0.017	0.107	0.133 +	0.141 +	0.157 *	0.166 *	0.185 *	0.149 *	0.140 +	0.108
英GTZ	0.425 **	0.491 **	0.414 **	0.504 **	0.449 **	0.475 **	0.504 **	0.454 **	0.335 **	0.427 **	0.378 **	0.414 **	0.397 **	0.449 **
英学習GTZ	0.146 *	0.138 +	0.127 +	0.051	-0.016	0.107	0.119 +	0.148 *	0.139 +	0.126 +	0.169 *	0.100	0.081	0.089

表 6 (MCC) × (GPS-Academic) の相関分析

	コミュニケーションスキル	合意形成	情報収集・活用・発信力	課題発見	論理的思考力	主体性	自己管理能力	責任感	チームワーク力	リーダーシップ	倫理観	未来志向、キャリアデザイン力	創成能力	エンジニアリングデザイン能力
批判総合	0.124 +	0.234 **	0.222 **	0.244 **	0.167 *	0.219 **	0.232 **	0.218 **	0.182 *	0.231 **	0.223 **	0.277 **	0.226 **	0.291 **
批: 情報抽出	0.100	0.165 *	0.245 **	0.242 **	0.109	0.185 *	0.170 *	0.167 *	0.148 *	0.181 *	0.160 *	0.215 **	0.195 **	0.207 **
批: 論理的表現	0.099	0.213 **	0.110	0.211 **	0.205 **	0.208 **	0.174 *	0.189 **	0.159 *	0.205 **	0.211 **	0.219 **	0.167 *	0.304 **
協働総合	-0.006	0.069	0.042	0.133 +	0.035	0.013	0.053	0.062	-0.002	0.002	0.056	0.046	0.042	0.066
協: 他者理解	0.025	0.088	0.085	0.114	0.027	0.040	0.062	0.065	0.041	0.036	0.111	0.062	0.073	0.050
協: 社会参画	0.016	0.026	0.035	0.096	0.053	0.014	0.035	0.067	0.052	0.003	0.046	0.070	0.057	0.045
創造総合	0.097	0.168 *	0.139 +	0.227 **	0.194 **	0.165 *	0.183 *	0.163 *	0.178 *	0.182 *	0.207 **	0.201 **	0.139 +	0.252 **
創: 情報関連	0.101	0.138 +	0.142 *	0.162 *	0.121 +	0.128 +	0.160 *	0.135 +	0.109	0.162 *	0.187 **	0.140 +	0.122 +	0.183 *
創: 問題解決	0.110	0.169 *	0.098	0.213 **	0.204 **	0.147 *	0.123 +	0.121 +	0.217 **	0.170 *	0.195 **	0.201 **	0.127 +	0.211 **

批判的思考力と創造的思考力に弱い相関が見られた。

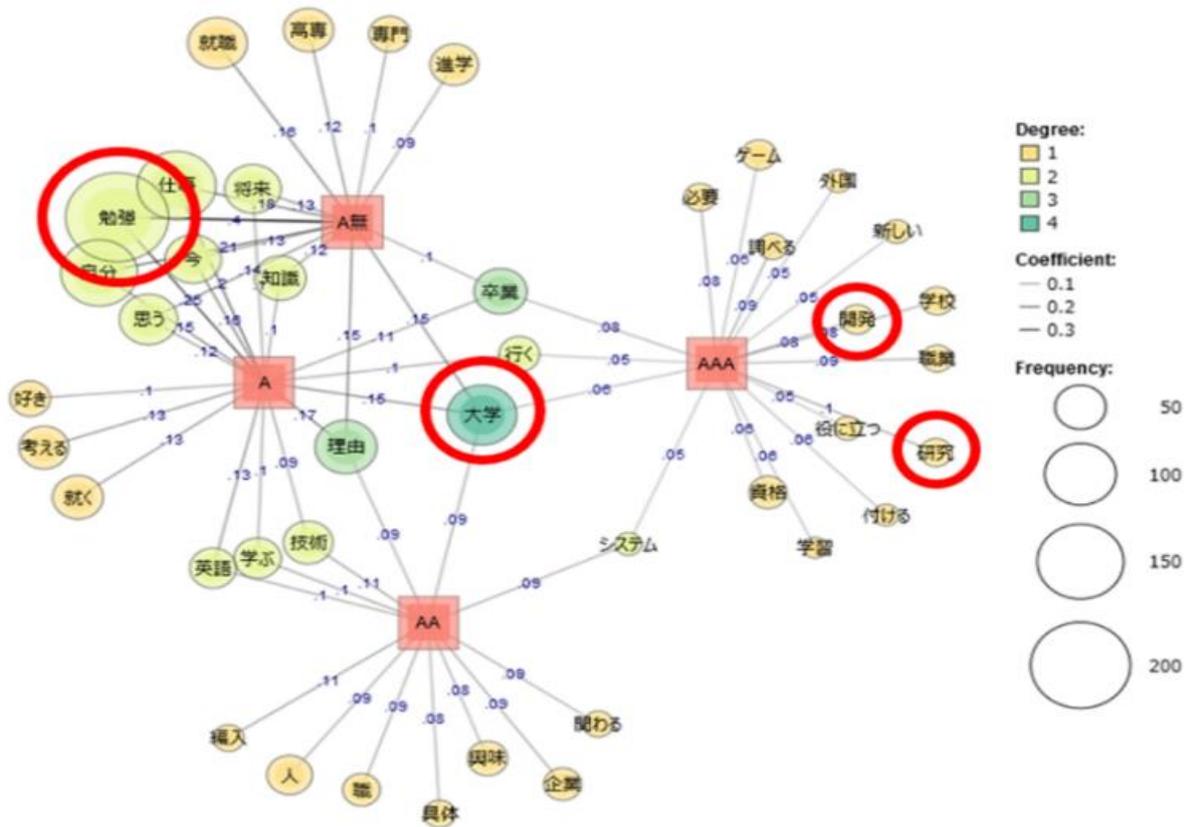


図 2 キャリア設計調査（記述式）の共起ネットワーク分析

図 2 は、キャリア設計調査(記述式)について、AAA, AA, A, A 無の学生層に分け、それぞれについて共起ネットワーク分析を行った結果である。特に AAA, AA, A, A 無は、以下のことを表している。

- AAA : 3つの思考力の全てにおいて A 以上(S を含む)の評価がある
- AA : 3つの思考力のうち、2つの思考力で A 以上(S を含む)の評価がある
- A : 3つの思考力のうち、1つの思考力で A 以上(S を含む)の評価がある
- A 無 : A 以上の評価となっている思考力が 1 つもない

4. 考察

表 5 より、スタディーサポートの成績は MCC と比較的強い相関があり、また、ほぼすべての項目と相関が見られることが分かる。

一方、MCC と GPS-Academic において、表 6 から

特に批判的思考力は、コミュニケーション能力、チームワークを除くすべての MCC の「モデル」に相関が見られる。しかし、MCC と協働的思考力との相関が見られなかった。

図 2 からは、思考力が高ければ高いほど、進路に関する深掘りができていることが分かる。すなわち、思考力の高い学生では、大学進学するのに勉強という漠然として考えから、研究・開発といった具体的な内容まで考えるようになっている。

これらのことから、学力・思考力の高まりは、キャリアデザインに大きく影響を与えており、それは批判的思考力の関係が強いと考えられる。しかし、その批判的思考力は、人間関係づくりにおける文脈を読み解く論理性としては働いていない傾向があり、そこが高専学生の育成観点の 1 つと考えられる。

5. おわりに

本研究では、学習評価の4つのタイプのデータを活用し、キャリア意識と思考力の相関関係を見ることで、高次の能力の分析を試みた。その結果、学力・思考力の高まりが、キャリアデザインに大きく影響を与えていることが分かった。また、思考力でも特に批判的思考力の関係が強い反面、対話場面などの人間関係づくりにおける文脈を読み解くところでは機能していない傾向が見られた。

今後は、異なるデータタイプの共通性を抽出することが課題となる。その上で、テキストデータの単語間の関係性をベクトル化してクラスタリングするなどのアプローチが考えられる。

参 考 文 献

- (1) 山田礼子：“学士課程教育の質保証へむけて—学生調査と初年次教育からみえてきたもの—”，東信堂，東京(2012)
- (2) Hart, D.: “Authentic assessment: A handbook for educators. Menlo Park”, CA: Addison-Wesley. (1994)
- (3) 松下佳代：“パフォーマンス評価による学習の質の評価：学習評価の構図の分析にもとづいて”，京都大学高等教育研究 (18), pp.75-114(2012)
- (4) 寺田盛紀：“キャリア形成(学)研究の構築の可能性に関する試論”，生涯学習・キャリア教育研究 1, pp.3-15(2005)
- (5) 新目真紀，長沼将一，小林万里乃，小松大，玉木欽也：“キャリア教育における e ポートフォリオの活用方法に関する考察”，研究報告コンピュータと教育(CE) 2013-CE-120(3), pp.1-8(2013)
- (6) 松下佳代，石井英真(編)：“アクティブラーニングの評価”，東信堂，東京(2016)
- (7) スタディーサポート
<https://manabi.benesse.ne.jp/assess/ss/what/>
(2019年4月1日確認)
- (8) GPS-Academic
https://www.benesse-i-career.co.jp/gps_academic/
(2019年4月1日確認)
- (9) モデルコアカリキュラム改訂版
https://www.kosen-k.go.jp/about/profile/main_super_kosen.html
(2019年4月1日確認)

企業研修と連動したキャリア教育プログラムの開発と考察

澤崎 敏文
仁愛女子短期大学

A Study of Development of Career Education Program associated with Corporate Training Programs

Toshifumi SAWAZAKI
Jin-ai Women's College

本学におけるキャリア関連の授業（企業研究）において、2017年度、2018年度に実践した企業連携についての発表である。企業における従業員研修と、大学における学生のための学習活動を連動させ、それぞれのプロセスの中で協働できる接点を作ることで、双方における学びへの動機づけ、学習効果等の向上を狙いとしている。また、今後、両者が共に学ぶための新しい学習プログラム・学習環境を開発したいと考えている。

キーワード：キャリア教育、アクティブラーニング、PBL、SECIモデル、授業設計、授業実践

1. はじめに

近年、社会人基礎力が提唱され、多くの大学等でアクティブラーニング型の授業設計を実践しているが、本学でも、2013年度からアクティブラーニング室を整備し、グループワークや協調学習型の授業を取り入れ、学生の自主的な活動を主体とした授業設計を行ってきた。特に、企業・地域との連携には力を入れており、企業の方々を招いた特別授業や地域活動への参画などに努力してきたところである。一方で、企業経営者等との懇談の中で、採用時のミスマッチによる従業員の早期離職や、次世代を担う中堅スタッフの育成などが企業の喫緊の課題であり、大学等において提唱されている社会人基礎力の必要性が、就職後の現場でも継続的に高まっていることを指摘された。さらに、企業における従業員研修等のプログラムを開発・実施する過程で、研修参加者の言動の中から、学ぶことに対するモチベーションが、企業研修という位置づけの学びよりも、学校という場や環境である方が高いことの可能性を知り、環境も目的も全く違う企業人と学生という2種類の学びが融合した共同学習になることで、お互いに高い効果を及ぼすのではないかと考えた。

そこで、本稿では、これらの相互作用をどのような

形で実践すれば、学生がリアリティを持ち、かつ、企業側の研修参加者の学習意欲の向上につながるかという視点で試行した2か年の事例を考察する。

2. 研修・授業の位置づけと設計・効果

企業における従業員のための研修活動と、大学等における学生のための学習活動を同時進行かつ共同で行うことで、双方における学びへの動機づけ、学習効果や自己効力感の向上が見込めるといふ仮説のもと、本

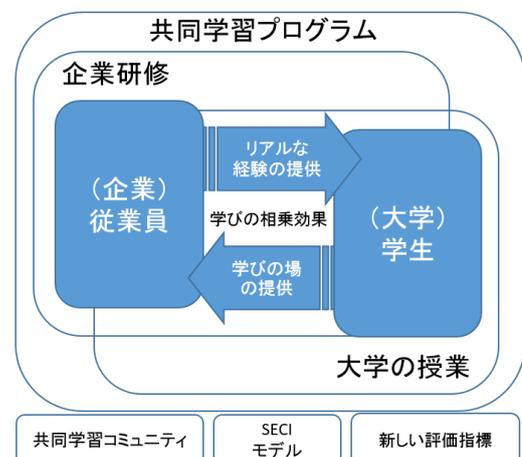


図 1 共同学習プログラムのイメージ

来であれば、両者が共に学ぶための新しい学習プログラム・学習環境を構築するのが理想であるが、今回の試行では、時間的・日程的な制約もあり、企業側、大学側双方が持つ既存の制度（研修・授業）を並行して実施、協働させる形で授業設計を行った。

2.1 企業研修側の授業設計

企業側の研修プログラムは、福井商工会議所、参加企業、大学が協力し、「ふくい右腕プロジェクト (FRAP - Fukui Right Arms Project)」と題して将来の幹部候補・中堅社員育成のための研修プログラムを試験的に開発。プレゼンテーション、コミュニケーション、商品企画、マーケティングなどの内容で構成される7回の連続講座とした。なお、2017年度は福井豪雪の影響もあり、研修実施が当初の7回から6回となり、2018年度の研修設計はそれらも踏まえた見直しを行い、同様の6回で設計している。

具体的な研修プログラム設計の流れは次のとおりである。

2.1.1 研修設計の事前ヒアリング（2017年6月）

福井商工会議所からの依頼により参加企業からの研修に関する要望等についてヒアリングを実施した。

2.1.2 研修プログラムの設計（2017年8月）

各社2名程度が参加する7回の連続研修プログラムを企画。そのうち、第4、5回目のプレゼンテーション演習を本学での企業研究の授業の中で実施するような流れとした。また、研修参加者には、第4、5回目を踏まえて、参加する授業の主旨や学生の様子等を研修内で紹介することで、この研修が大学での授業と並行して行われていることをイメージしていただいた。具体的な実施スケジュールと日程は次の通り。

2.1.3 2017年度の研修スケジュール

- (1) 9/26 スタートアップ、目標設定
- (2) 10/30 コミュニケーションとプレゼンスキル
- (3) 11/14 マーケティング、企画演習 1
- (4) 11/30 プレゼンテーション実習 1（大学の授業として大学にて実施）
- (5) 12/21 プレゼンテーション実習 2（大学の授業として大学にて実施）

て大学にて実施)

- (6) 1/15 マーケティング、企画演習 2
- (7) 2/13 最終のまとめ（豪雪により実施できず。）



図 2 プレゼンスキル研修の様子

2.1.4 2018年度の研修スケジュール

- (1) 10/1 スタートアップ、目標設定
- (2) 11/5 コミュニケーションとプレゼンスキル
- (3) 11/26 マーケティング、企画演習 1
- (4) 12/23 プレゼンテーション実習 1（大学の授業として大学で実施）
- (5) 1/17 プレゼンテーション実習 2（大学の授業として大学で実施）
- (6) 1/17 最終のまとめ（別会場に移動して実施）



図 3 マーケティング研修の様子

2.2 短期大学側での授業設計

○授業名等：企業研究 1回生 77名（2017年度）
84名（2018年度）

○実施期間：後期 10月～2月

2017年度からのカリキュラム変更により1年次後期に設定された「企業研究」では、経営やマーケティングの考え方の基礎を学習したのち、主に地元企業を対象にした研究活動を行う。3人1組のチームを編成し、福井県が選定している「実は福井の技」の企業群の中から1社を選び、企業の沿革や事業内容、強み等

についての調査から全体でのプレゼンテーションまでを行う。学生はその発表に対して、相互フィードバック等を行うことで、調査内容を受講者全員で共有できるような流れを組み立てている。

この発表機会の中で、4週分を外部からの企業を招いて実施したが、そのうち2週分を今回の「ふくい右腕プロジェクト(FRAP)」の企業研修の場に設定した。これらの回では、2017年度には研修参加企業6社が、3社ずつ、2018年度には研修参加企業8社が、4社ずつに分かれてそれぞれ約20分間のプレゼンテーションを実施。その内容を、学生に加えて、研修派遣元の企業の経営陣、人事担当等が評価・フィードバックを行った。



図4 企業研究の授業で発表する参加企業の様子

学生には、その回での企業からの発表が研修活動の一環であること、当該発表以前にも研修を実施しており、その流れの中での発表であること等は事前に説明し、平行して行われている研修の様子などを写真で紹介している。

実際の企業参加者の発表は、図4のように大講義室の前段から中段には学生、後段には発表評価者としての企業経営陣、人事担当者等を配置する形で発表を行った。

2.3 研修・授業の効果測定と自己効力感の変化

授業における学生評価は評定(成績)という形で測定される一方で、企業研修における研修の効果測定をどのように行うかは、その対象、目的によっても様々である。今回の企業研修の目的は、企業内における中堅社員・幹部候補社員の育成であるため、特定知識の習得や経験ではない。そこで、医療等の分野において

も広く使われている self-efficacy (以下「自己効力感」と訳す。)の変化を指標に研修効果の考察をおこなった。Bandura によれば、自己効力感とは、結果を達成するために必要な行動をどれくらいできるかという個人の自信・確信であり、今回の研修プログラムの効果測定の手法として、一般性セルフ・エフィカシー尺度(坂野ら, 1986)を活用したアンケート調査を実施し、研修前・研修後での差異を比較した。

一般性セルフ・エフィカシー尺度では、16項目を点数化し、その点数が高いほど自己効力感が高いと評価する。本研究では、年度は異なるが、同じプログラムを受講した30名の企業の研修参加者から、以下の条件で調査票の抽出を行い、その変化を比較した。

◎調査票を抽出した条件

- (1) 2017年度14名の調査結果から、経営者である社長3名を除外した11名分を利用。今回の研修目的が中堅社員・幹部候補育成であることから、経営者との視点とは異なるためである。
- (2) 2018年度16名の参加者から、研修前・研修後がそろっている9名の調査結果を利用した。(この年度では、最終日の参加者が業務の関係で参加できず、研修後のデータが十分にそろわなかった。)

上記、併せて20名分のデータの変化をグラフ化した結果が図5のとおりである。なお、AからTまでは研修参加者それぞれ個人を表している。また、AからKまでは2017年度、LからTまでは2018年度である。

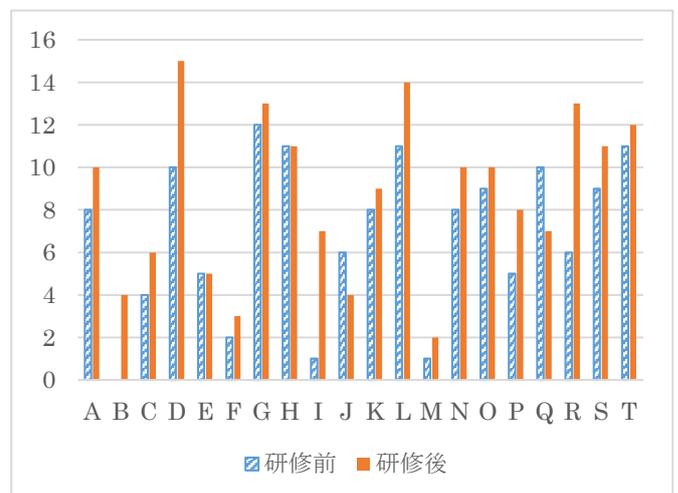


図5 自己効力感変化のグラフ(個人別)

これら 20 名の得点変化を比較すると、図 5 ならびに表 1 より、研修前の平均値が 6.85（標準偏差 3.65）であるのに対し、研修後の平均値が 8.70（標準偏差 3.74）と上昇している。有意水準を $p=0.05$ とした t 検定での p 値は $p=0.002808$ であり、研修前と研修後での自己効力感に有意な差が見られた。よって、この研修プログラムにより、企業参加者の自己効力感はある程度高まったことがわかる。

表 1 研修前後での自己効力感の変化

	研修前	研修後
平均	6.85	8.7
分散	14.028947	14.747368
観測数	20	20
ピアソン相関	0.798054	
自由度	19	
t	-3.429921	
$P(T \leq t)$ 両側	0.0028078	
t 境界値 両側	2.0930241	

自己効力感の変化については、他の要因等も考えられるが、日々の定例的業務の中での変化が今回の研修であったこと、業種を問わず全体的に効力感が上昇したこと等を考慮すると、今回の研修が効力感変化の要因であると推測できる。一方で、学生の授業効果を同様の方法で測定した場合、考慮すべきは、学生は今回の本授業だけを受講しているわけではなく、大学という環境の中で、それぞれ別の環境での学び等の要因が存在し、自己効力感の変化を今回の授業だけに特定することの困難さがある。今後、学生側でも同様の調査を行い比較検討することで、それら要因の有無を明らかにできると考える。

3. 授業設計の考察と今後の課題

学生にとって、企業人と共に学ぶことはリアルな学びの場や機会の提供である一方で、企業人にとっても大学等は物理的にも心理的にもリアルな学びの場であり、リアルな学習者である学生との共同での学びは従来の研修を超えた学びのリアルな体験になる可能性を秘めており、高い相互作用が期待される。従来であれば、インターンシップへの参加や企業による授業への

ゲスト参加等の連携協力が主であったが、今回のような研修・授業が発展し、双方が共同学習する環境が定着することで、学生にとっても、就職時のミスマッチによる早期離職やモチベーション低下など諸問題に対応できる可能性が高まり、キャリア教育のあり方に新たな変化をもたらす可能性があることを期待している。

今回の授業設計における今後の課題は、第 2 章第 3 節でも指摘したとおり、企業研修、授業それぞれの評価のあり方についてである。今回は検証の一指標として自己効力感の変化を用いたが、今後は新たな評価指標策定の必要性を感じた。また、学習プログラムの設計においては、大学等における学習効果の評定が主に個人を中心にされるのに対して、企業においては、ナレッジマネジメント等に代表されるように、組織としての成果で問われることが多い。そこで、今後は、「組織的知識創造の理論」といわれる SECI モデル(野中氏ら)等のフレームワークを活用し、かつ、企業からの研修者と授業を履修する学生が実践コミュニティを形成できるような環境を整備することで、さらに双方が共同で実践できるリアルな学習環境を構築できるのではないかと考えている。また、学習者の意欲向上などの測定や自己効力感の変化に加えて、企業側から見た人事考課等の評価との比較など多方面からの評価を実施し、引き続き学習プログラムの修正・改善等を継続していきたいと考えている。

参 考 文 献

- (1) 野中郁次郎, 竹内弘高: "知識創造企業 - The Knowledge-Creating Company", 東洋経済新報社 (1996)
- (2) Bandura, A.: Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84, 191-215. (1977)
- (3) 坂野雄二, 東條光彦: 一般性セルフ・エフィカシー尺度作成の試み, 行動療法研究 12, pp73-82 (1986)
- (4) 澤崎敏文: "地元企業・行政機関との連携による PBL 型授業設計とその実践", 教育システム情報学会第 4 1 回全国大会講演論文集, pp.299-300 (2016)
- (5) 澤崎敏文: "企業研修と連動したキャリア教育プログラムの開発と実践", 教育システム情報学会第 4 3 回全国大会論文集, pp.63-64 (2018)

大学連携で取り組む地域協働型 PBL の設計と評価

田中洋一^{*1, *2}, 山川修^{*3}

*1 仁愛女子短期大学, *2 熊本大学大学院, *3 福井県立大学

Instructional Design and Assessment for Project Based Learning by University Cooperation

Yoichi Tanaka^{*1, *2}, Osamu Yamakawa^{*3}

*1 Jin-ai Women's College, *2 Kumamoto University, *3 Fukui Prefectural University

福井県の高等教育機関が連携する福井県学習コミュニティ推進協議会「フレックス」にて 2014 年度から実施している地域の問題を解決する PBL (Project Based Learning) 科目では, 学習者の内発的動機づけが高まるようにデザインベース研究アプローチで授業設計の修正を継続している. その結果として, 現在では, エンゲストロームの探求的学習の枠組み, デザイン思考のプロセス&マインドセット, リーダーシップ最小 3 要素等を融合させている. 本稿では, 2018 年度の授業設計とそのプロジェクト評価を報告し, PBL (Project Based Learning) やアクティブラーニングの有効な授業設計とその評価方法に関して議論したい.

キーワード: 地域協働学習, Project Based Learning, エンゲストロームの探求的学習, デザイン思考, リーダーシップ最小 3 要素, 内発的動機づけ

1. はじめに

福井県では県内の 5 つの高等教育機関が連携した福井県学習コミュニティ推進協議会「フレックス」が 2008 年度から継続的に活動している. 連携の強みを活かし, 各機関に属する学生がチームを構成し, 地域の問題解決に取り組む Project Based Learning 型授業 (地域協働学習) を 2014 年度から実施している. 本科目の到達目標は, 「内発的動機づけを高め, 自律的に学習できる」ことである. この目標を実現するため, デザインベース研究アプローチとして, 下記のとおり, 毎年授業設計の修正を行っている.

2014 年度は地域協働学習の試行として, 夏休み休暇中に事前学習 1 日&フィールドワーク (2泊3日) にて, 単位無しで実施した. 主体的・対話的で深い学びを設計するため, エンゲストロームの探求的学習 (エンゲストローム 2010) の枠組み (図 1) を用いた. 専門が異なる多様な学生 (3 校から 8 名) が同じグループで議論することにより, 探求的学習サイクルの一つ

であるコンフリクト (矛盾, 葛藤, 対立) が生じる利点が確認された. それと同時に, 同サイクルの一つである「方向づけのベース」を学生が主体的に取り組む難しさも認識された.

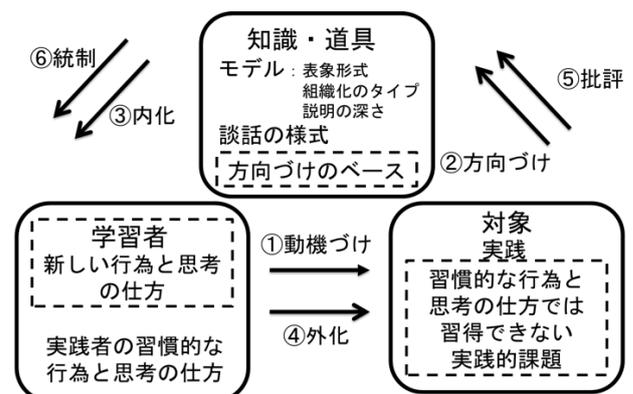


図 1. エンゲストロームの探求的学習サイクル

2015 年度の授業では, 福井県内高等教育機関の単位互換制度を用いて, 後期集中科目として, 事前学習 1 日, フィールドワーク 3 日, 事後学習 1 日 (以降, 毎年同様な日程) で実施した (3 校から 18 名の学生が

参加)。「方向づけのベース」の方法論として、スタンフォード大学の d.school で実践されている「デザイン思考」のマインドセット及びワークシートを取り入れた。デザイン思考のステップ(共感, 問題定義, 創造, プロトタイプ, テスト)を導入したことにより, 方向づけのベース(プロトタイプ)はある程度うまくいくようになったが, 議論の深まりにグループ間で差が生じた。

2016年度は, 福井県の COC+科目「地域社会とフィールドワーク A: 地域課題にデザイン思考で取り組む」として実施した(4校から14名の学生が参加)。グループメンバー間の関係性の違いにより議論の深まりの差が生ずるのではないかという仮説のもと, 関係性を参加者が自ら構築することを意図し, 立教大学の BLP を参考に, 参加者個々にリーダーシップ最小3要素(目標共有, 率先垂範, 同僚支援)を意識させる仕組みを導入した。その結果, 関係性の構築や議論の深まりがかなり改善された。

2017年度は, 4校から18名の学生が参加した。心理的安全性(エドモンドソン 2014)が確保されたコミュニティを形成するため, 2016年度の事後学習に取り入れた質問会議を事前学習から実施した。また, 同じ目的のため, 事前学習からフィードバックシート及びリフレクションシートの記入を毎回実施した。

2018年度は, 5校から27名の学生(中国からの交換留学生5名を含む)が参加した。今回の修正点は, ストーリーテリング(寸劇)の指導を演出家に依頼したことと, 各グループのファシリテーターとして SA (Student Assistant) を導入したことである。また, デザイン思考等のインストラクションもかなり修正した。

本科目は, 福井市中心部から約20km離れた中山間地域の殿下地区で実施している。殿下地区は, 平成23年度で14集落に198世帯514名が住んでいる過疎地域である。地域からの問題提起は下記のとおりである。2014年度は, 地元料理及び殿下地区自体のブランディング。2015年度は, 中山間地における情報の伝達方法。2016年度は, 地域の方を幸せにするムラ・ロゲイニングの設計。2017年度は, 県外の方が訪れたいくなる, 天候に左右されない(雨の日でも O.K.な) インスタ映えるスポット及びハッシュタグを探そう(殿下地区以

外に, 国見地区及び越廼地区もフィールドワーク)。2018年度は, 殿下地区の「ふるさと茶屋(カフェ&ゲストハウス)のアイデア企画。

本稿では, 2018年度の授業設計とそのプロジェクト評価を報告する。

2. 2018年度の授業設計

■第1回(事前学習)

2018年11月3日(土)@福井駅前アオッサ

- 9:00~10:00 オリエンテーション
- 10:00~12:00 発想法演習
- 13:00~13:30 リーダーシップの目標設定
- 13:30~14:30 質問ワーク
- 14:30~16:30 デザイン思考ミニワークショップ
- 16:30~17:00 振り返り



図2. 発想法演習



図3. デザイン思考ミニワークショップ

■第2回（フィールドワーク1日目）

2018年11月4日（日）@福井市殿下地区

10:00～10:30 オリエンテーション

10:30～11:00 福井ふるさと茶屋企画者からの問題提起及び質疑応答

11:00～12:00 ふるさと茶屋運営者からの説明及び質疑応答、ふるさと茶屋の見学

13:00～14:00 フィールドワークの準備

14:00～15:00 フィールドワーク（殿下地区に関わる方へのインタビュー）

15:00～16:00 問題定義（ニーズ、ユーザー、ギャップ、インサイト）

16:00～17:00 振り返り



図4. ふるさと茶屋の見学



図5. フィールドワーク（インタビュー）

■第3回（フィールドワーク2日目）

2018年11月23日（金・祝）@福井市殿下地区

10:00～10:30 オリエンテーション

午前 共感、問題定義

午後 創造（アイデア出し）、プロトタイプ、テスト

16:00～17:00 振り返り



図6. 創造, プロトタイプ

■第4回（発表準備）

2018年11月24日（土）@福井駅前アオッサ

午前 創造（アイデア出し）、プロトタイプ作成、テスト

午後 ストーリーテリング（寸劇）制作

16:00～17:00 振り返り

■第5回（現地での発表及び事後学習）

2018年11月25日（日）@福井市殿下地区

10:00～11:00 ストーリーテリング準備

11:00～12:00 ストーリーテリングによる地元の方
向け発表

13:00～15:00 最終課題レポートのための質問ワー
ク（テーマの再定義）

15:00～17:00 振り返り、アンケート

3. プログラム改善に関するアンケート

最終日の事後学習後に、本科目のプログラム改善に関するアンケートを実施した。その調査を分析した結果の一部を下記に示す。

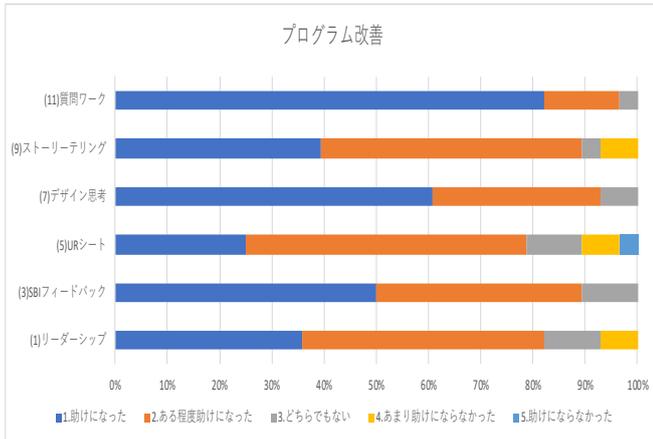


図7. プログラム改善全体の2018年度調査結果

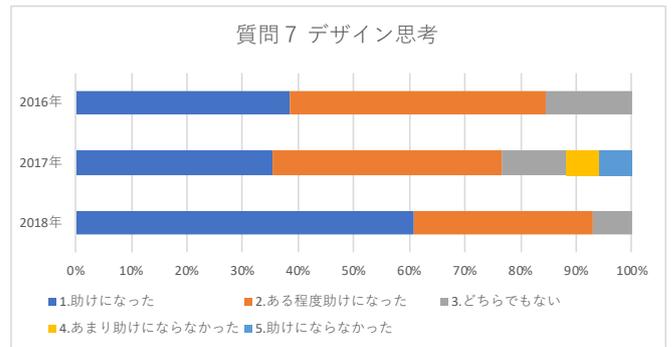


図11. デザイン思考に関する調査結果

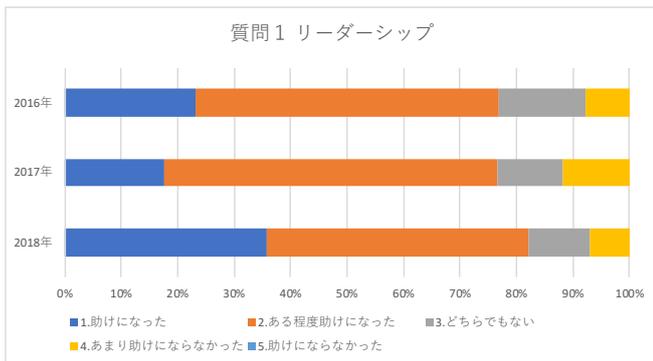


図8. リーダーシップに関する調査結果

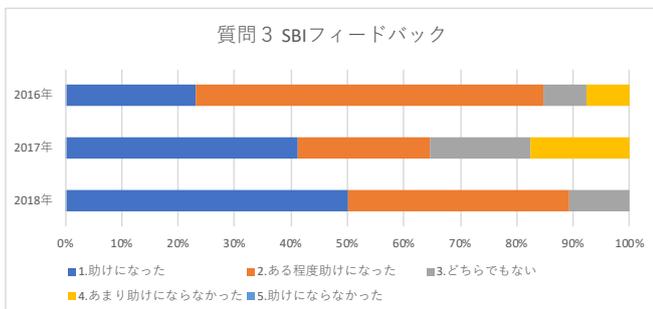


図9. SBIフィードバックに関する調査結果

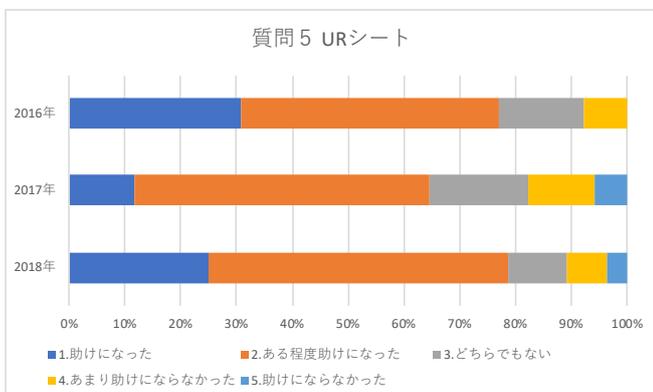


図10. URシートに関する調査結果

4. おわりに

2018年度は、SA (Student Assistant) によるファシリテーション、劇演出家によるストーリーテリング指導という新たな2項目を導入したが、どちらも効果を得た。また、中国からの交換留学生の参加が良い影響を与えたと考えている。

2019年度の改善点として、SA(Student Assistant) 制度の拡充がある。前期夏休みにファシリテーター養成集中科目を新設した上で、後期集中の地域協働学習プロジェクト科目にファシリテーターとして参加すると、ファシリテーター実践科目の単位が得られる。

参考文献

- (1) ブラウン, ティム (2014) デザイン思考が世界を変える, 早川書房, 東京.
- (2) 日向野幹也 (2013) 大学教育アントレプレナーシップ, ナカニシヤ出版, 京都.
- (3) 田中洋一, 山川修, 谷内眞之助, 長水壽寛, 近藤晶 (2017) ディープ・アクティブのための問いと関係性のデザインと実践II, 日本教育工学会研究報告集 17(1), pp.709-714
- (4) 山川修, 田中洋一, 谷内眞之助, 長水壽寛, 近藤晶 (2017) ディープ・アクティブのための問いと関係性のデザインと実践I, 日本教育工学会研究報告集 17(1), pp.703-708
- (5) ユーリア エンゲストローム (2010) “変革を生む研修のデザイナー仕事を教える人への活動理論”, 鳳書房

保育者養成課程における情報学の授業展開

神谷 勇毅*1

*1 鈴鹿大学短期大学部

Training Caregivers to Improve ICT Teaching Practical Skills

Yuki Kamiya*1

*1 Suzuka Junior College

ICT 教育活用について、「教育に ICT を活用すべき」と唱えらると、それに異を唱える教員はごく少数であろう。それでは「幼児教育に ICT を活用すべき」と唱えた時はどうであろうか。情報学は、教員免許を取得するにあたって必須科目の 1 つとなっている。保育者養成の課程においても情報学、ICT 活用に関わる科目が開講される。それにも関わらず、幼児教育の ICT 教育活用を積極化する動きは未だ少なく、現場での ICT 教育活用事例の報告は少ない。しかし、教員養成課程で情報学が必須の 1 つとされているのであれば、現場に出てからも活用していくべきであると筆者は考える。本稿は、保育者養成校での情報学担当者として、養成課程で取り組むべきと考える情報学の授業展開について報告する。

キーワード: ICT 教育活用, 幼児教育, 教員免許, 教員養成課程, 保育者養成校

1. はじめに

現在、教員免許の取得にあたって情報学（情報機器の操作）は必須科目の 1 つとされている¹⁾。教育現場では、ICT 教育活用は最早当たり前ともなっており、ICT 教育活用技術を含む情報学に関する知識、技能の獲得は、教員として不可欠である。小学校でのプログラミング教育、プログラムの思考を養う教育の開始を控え、ICT 教育活用の動きは、今後更に加速するであろう。保育者養成、幼稚園教諭養成課程においても、幼稚園教諭免許状取得のために情報学は必須である。しかし、保育現場において ICT 教育活用の事例報告は非常に数少なく、ICT 教育活用の動きは、未だ積極的とは言えない。保育者養成課程で開講される情報学は、卒業、幼稚園教諭免許状の両面で必要とされる重要科目の 1 つであると認識する。教員免許取得に必要なとされる知識、技能が、幼児教育の現場では、積極的な活用がされない現状に違和感を覚える。同時に、情報学が教員養成課程で必須とまでされているのであれば、現場に即した内容こそ授業で取り扱うべきであると考えられる。本稿は、保育者養成校において筆者が担当する情報学演習の授業展開の取り組みについて報告する。

2. 養成課程での情報学の展開

2.1 保育者養成校における情報学

筆者が勤務する保育者養成校では、情報学 2 単位が卒業要件の 1 つとされると共に、情報学演習科目が幼稚園教諭免許状必須科目とされる。卒業、免許状の両方に関わる重要な科目であり、在籍する学生のほぼ全てが、免許状取得要件で定められる情報学演習授業を 1 年次の前期 1 単位、後期 1 単位の計 2 科目 2 単位の幼稚園教諭免許状取得に必要な情報学科目の単位を修めると同時に卒業要件を満たす。他にも情報学に関わる科目は 1 年生、2 年生共にいくつか開講されるが、情報学演習科目以外の情報学系科目に関しては、卒業要件こそ満たせるが、幼稚園教諭免許状の取得には結びつかない。保育系の短期大学では、2 年という限られた時間の中で保育士証、幼稚園教諭二種免許状の 2 つの資格取得のために修めなければならない授業が膨大である。保育士証、幼稚園教諭二種免許状の両資格に追加する形で取得を目指す資格によっては、4 年制大学卒業相当に引けを取らない単位数を修める必要も生じる。そのため、選択科目、とりわけ卒業や資

格と直接の関連が無い情報学選択科目を積極的に受講する学生はごく少数である。現状、短期大学に在籍する学生らが情報学に接する機会は、1年次の1年間のみであり、週に1時間(90分)と非常に短時間である。

1年生の前期、後期共に単位が認められると、2年生は情報学に全く接せずとも卒業が出来る。原則1年間という短時間において、将来の保育者として必要になると考えられる情報学演習をどのように実施するか、保育者として求められるICT技能に直結するための教育を展開する事が重要だと考える。

2.2 1年を通した情報学の展開

筆者が担当する情報学の前期授業では、主に保育業務、園務で必要となる情報処理技能の獲得を狙っている。毎年、大学近隣の保育園、幼稚園、認定こども園に定期的に数回の訪問を行い、保育者として現場で必要とされるICT園務技能を調査し、授業内容に反映している。継続した調査によって、わずかではあるが、年々求められる技能が高度化している現状が明らかとなり、週1回の授業、15回を通してどこまで技能を引き上げる事が出来るかが課題の1つであると認識している。また、Word、Excelなどのオフィス系ソフトウェアの使用も、一般的な事務処理で必要とされる技能と、保育現場で求められる技能とでは、共通事項もある反面、保育現場だからこそ求められる技能もある。保育者養成校であるのならば、現場で求められる技能を教育してこそだと考える。そのため、現場園への聞き取り調査を通し、得た情報から授業内容を組み立てる事は、即戦力となる人材養成をするという点で理にかなっているはずである。履修生においても、その大部分が高等学校に至るまでに情報機器の操作を含む情報学に関係する学習を積んできているとは言え、その操作の得手不得手未などの技能格差、情報格差(Digital Divide)は存在する。最近では、スマートフォンの使用率の高まりと共に、フリック入力出来るが、キーボードでのタイピング入力に不安を持つ学生が多くなってきている。そのため、筆者は、毎年の前期初回授業時に、表1に示す情報に関わる習熟度調査および、タイピング技能調査を行っている。これら調査の目的は、自己評価であるが、オフィス系ソフトウェアの基礎技能がどの程度分かっているのかと、入力

表1 パソコンに対する習熟度調査

1. 入学直近1年間のパソコンの利用頻度				
1) 週に1回以上使っている	2) 1ヶ月に1回以上使っている			
3) 3ヶ月に1回以上使っている	4) ほとんど使っていない			
2. タッチタイピングの習熟度				
1) ほとんどできる	2) 習ってほしい			
3) 習ったができない	4) 習っていない、できない			
3. 各ソフトウェアの習熟度				
- Word				
文章の作成	ほぼできる	少しなら できる	ほとんど できない	できない
表や罫線の 利用	ほぼ できる	少しなら できる	ほとんど できない	できない
図やグラフの 貼り付け	ほぼ できる	少しなら できる	ほとんど できない	できない
- Excel				
表の作成	ほぼ できる	少しなら できる	ほとんど できない	できない
グラフの 作成	ほぼ できる	少しなら できる	ほとんど できない	できない
関数の利用	ほぼ できる	少しなら できる	ほとんど できない	できない
- Power Point				
スライドの 作成	ほぼ できる	少しなら できる	ほとんど できない	できない
スライドを 利用した発表	ほぼ できる	少しなら できる	ほとんど できない	できない

速度、技能がどの程度ついているかを計る事にある。タイピング技能調査は、日本情報処理検定協会が実施する日本語ワープロ検定試験の速度の過去問題を使用し、調査時間も検定試験同様に10分としている²⁾。この調査から得られる情報は、情報学演習内でどの程度の課題量を用意すべきかの重要な指標の1つとなっている。現在の情報機器を使う様々な仕事において、スマートフォンがパソコンに取って代わるような事例は未だ少なく、パソコンでのタイピング技能の習得は必要である。年により多少の差は見られるが、例年おおよそ10分間で320文字程度の入力速度が平均値として出される。また、10分間で1,000文字を超える入力出来る技能を持つ学生がわずかではあるが居る一方で、100文字に満たない入力速度しか持たない学生も在籍するといった、学生間でのデジタルディバイド(Digital Divide)もあり、授業進行、課題量に頭を悩ませる。筆者は、この格差を遅くとも前期間内で解消すべきだと考える。そのため、授業内で課す課題を、基礎、応用、発展の3段階用意すると共に、入力量に忙殺される事無く、入力速度が遅くとも、着実な操作技能を獲得する事を特に心掛けて授業の実施計画を立てている。基礎に相当する課題部分は、教科書に忠実な内容で準備している。基礎課題部分で躓く場合は、

どこで躓いているのかを、学生自身が気づき、時間内で解消出来る様、筆者の考案したステアケース式授業デザイン³⁾と、図1に示すような Google フォームを用いた理解度計測システムを活用する事で技能理解を着実に得る授業展開を行う。応用課題は、基礎課題の更に1歩先の技能を身に付ける事を目的として用意している。基礎課題の到達に必要なとなる技能を複数組み合わせる事で応用課題が完成出来る仕組みを取っている。各授業では、先に示したステアケース式授業デザインに則り、各回6つ程度の基礎課題、2つ程度の応用課題を課す。授業時に応用課題までの技能到達を目標にすると共に、「分からない」を次回以降に持ち越さないよう指導を行う。発展課題では、時に教科書に掲載されていない技能も必要になるものを用意している。発展課題として準備するものは、15回の全授業を通じて5つ程度である。そのため、各授業回で取り組むのでは無く、3回程程度の授業進行の間に取り組むべきであるという事を履修生には伝えると共に、授業時間外での取り組みを促している。

後期授業では、保育者の教育面での ICT 教育活用技能を伸ばし、ICT 教材を創り出す事が出来る能力養成の試みとして、電子紙しばいの制作と、その制作課題を用いた模擬保育としての読み聞かせを 2015 年度より行っている⁴⁾。図2は、学生の電子紙しばい作品例である。幼児教育において ICT の教育活用を行うという事は、実際のところハードルが高い。園で使用する教材も、特に私立園の場合、保育方針について、特色あるものを定めている園が多く、取り入れる教材についても、その保育方針を基として揃えるため、園によ

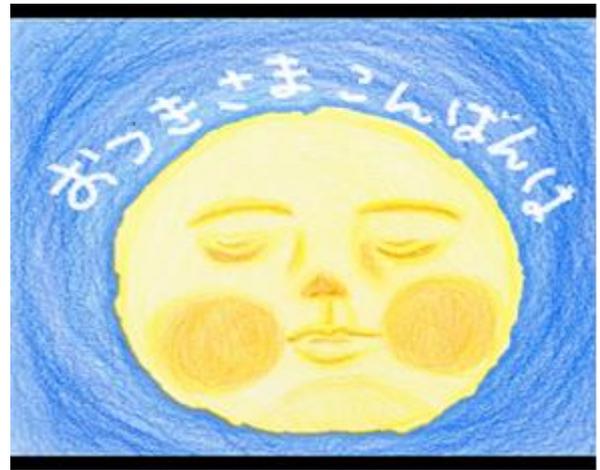


図2 電子紙しばいの作品例（表紙）

って使用する教材は千差万別である。筆者は、この状況を考え、保育者の ICT 教育活用実践技能を教育するためには、まずは ICT 教材制作技能が必要になると考える。教材制作の技能を持っていれば、入職後に園の保育方針を理解した上で自在に教材が制作出来る。寧ろ、ICT 教材制作技能こそ、保育現場での ICT 教育活用を広めていくための鍵を握ると筆者は考える。そのための教育として、後期授業においては、PowerPoint を主体とした授業を実施する。その目的は、先述の通り、保育者の ICT 教材制作技能と ICT 教育活用実践技能の教育である。PowerPoint は、一般的なソフトウェアであり、学生らもこれまでに使用経験を持つ者が多い。保育現場においても使われているソフトウェアである。しかし、学生らの使用経験のほぼ全てが文字や写真を提示する、発表資料スライドの制作であり、絵が主体となる電子紙しばいの制作経験は無い。登場人物が動く、ボールが転がるなど、既存の紙芝居では実現が不可能な「動き（アニメーション）」を付ける事が出来るのが電子紙しばいの最大の特徴である。制作にあたっては、文字入力などのタイピングを求める事もそれほど多く無いため、タイピングに苦手意識を持つ学生も比較的取り組みやすいようである。また、保育者を志す学生であるため、文章作成などの課題よりも、保育現場での教材制作にも通じるこの後期の情報学授業の方が、学生それぞれの柔軟な発想や閃きが多数見られ、授業に向かう姿勢も前期とは打って変わる場面も多々見られる。また、同じ作品を参考として課題制作を行っても、学生それぞれの視点、アイデアの違いから2つと同じものが作られない。授業は、アイデアの相互作用を期待し、協働の形を取り進める。情

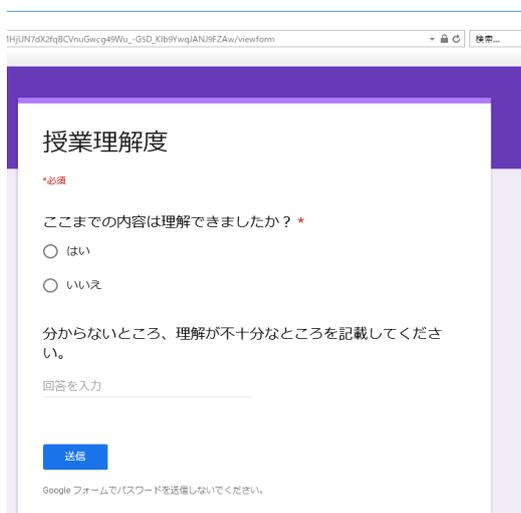


図1 Google フォームを用いた理解度計測

報学演習の協働学習の取り入れについても、学習効果
を高めるための仕組みを考案し実践している。

2.3 情報学演習の協働化のための仕組み

授業進行において、前期では個人ベースでの基礎技
能の向上を第一の目的としている。その実現のため、
最低限の技能到達ラインを本章 2 節で示したように定
め、情報機器、ソフトウェアの操作法の理解、技能習
得を一層深める事に注力する形態をとっている。その
ため、どうしても個人ベースでの学習が主体となる。
保育者養成校では、造形や体育をはじめ、他の座学、
演習科目で協働しての学習を進める授業が多数ある。
一方、情報学演習授業は、教育機関で多少の差はある
が、図 3 に示すような履修生 1 人に 1 台の操作端末を
割り当て 1 対 1 で向き合う形で実施される環境が殆ど
であり個人単位で完結する学習形態となる。

後期授業の柱は、保育者としての ICT 教育活用実践
技能の獲得としている。保育現場においても、他の保
育者と協働した仕事は不可欠である。また、協働する
ことで、新たな知識、技能を獲得すると共に、自己知
識、技能を他者へ伝える事による知の昇華がある事も
考えられる。知の昇華を目的に、後期授業においては、
情報学演習に協働学習の形態を取り入れている。協働
学習の有益性については、先行研究で様々示されてい
る^{5,6)}。この授業形態は、前期の学習スタイルと全く
変わるため、学習効果を確かなものにするための仕組
み作りが重要である。後期授業の課題である、電子紙
しばいについて、その制作をグループで行っても良い
としている。グループでの活動の条件として、グルー
プ内の全員が必ず参加する形を取る事、作品を基とし
た模擬保育（読み聞かせ）の課題時には、個人それぞ
れが行う、電子紙しばいの特徴の 1 つであるアニメー



図 3 情報学演習室の一例

ションの設定は個人で行う事を定めている。協働にあ
たって、スライド単位で担当割り当てを行うグループ
が殆どであったが、スライド単位での分担法で制作を
行くと、絵の描き手がスライドごとに変わる事になる。
絵の描き手が違うと、例えば同じ「みかん」のイラス
トであっても雰囲気が違うものである。そのため、背
景なら背景のみの担当者、みかんならみかんを全て描
く担当者、という形で役割分担を決定するよう促した。
これは、協働で教材を作る際に違和感の無い教材を作
る、という点で非常に重要な事項である。これまで行
ってきている ICT 教材としての電子紙しばいで、学生
らが一番苦勞する部分が、アニメーションである。こ
れまでに経験のある発表資料としてのスライドの場合、
その多くがアニメーションの「開始」を多用し制作を
すれば事足りる場合が殆どである。しかし、電子紙し
ばいの場合、開始、強調、終了という 3 つの異なった
動きを把握し、アニメーション設定をする必要がある。
また、思うアニメーションが都合よく用意されていな
い場合もあり、複数のアニメーションを組み合わせ、
タイミングを調整する事で思う動きに近いものを創り
出す工夫も必要である。そのため、協働学習の第 2 形
態として、アニメーション設定を行う演習時に付けた
いアニメーションの設定方法が分からない部分を募り、
その解決策を見出した、知っている学生が全員の前で
その設定方法を披露する仕組みを取っている。これは
知の供与であり、知っている、分かっている知識から、
人へ伝達できる知識への昇華を狙いとしている。相互
に協力しながら課題を行う事も確かに重要である。し
かし協働の形態も様々であり、1 つの教材を協働で制
作をするために知っていくべき知識、技能もある。ICT
教材についても同様であり、教材制作技能とその教材
制作を複数で担う場合に知っておくべき事項も学習し
て初めて保育 ICT 教育の実現が近づくはずである。

筆者の授業スタイルとしては、前期で履修生それぞ
れの技能を高めると共に、技能が足りない履修生を定
める一定以上の水準まで技能を伸ばす事を目的に進行
する。後期では、前期で得た基礎的技能を基として、
協働学習を取り入れた演習を行う事で、保育者の ICT
教育活用実践技能を伸ばす事を狙いとして進めている。

3. 現状の課題

これまでの取り組みの中で見出している課題として、前期授業では、基礎、応用課題までは、授業内で到達最低ラインとして示し、履修生全員が到達する。その一方で、発展課題に対しての取り組み姿勢が弱い点が挙げられる。取り組みに至らない理由として、授業での到達最低ラインを示す事で、単位認定に必要な最低限の事項は満たしていると判断する履修生が多い、他の教科の課題量が多く、義務としていない発展課題にまで手が伸びない、そもそも情報学演習が苦手である、など様々ある事が分かった。発展課題も到達目標として定める事で、半ば強制的に課題を強いる事は簡単である。しかし、情報学演習の授業を受け、基礎、応用課題をこなし、さらに一步先の知識、技能を身に付けたいと願い、自発的に課題に取り組んでこそその意義があると考え。そのため、発展課題に対して、どのような手法で取り組みを促すかに取り組む必要があると考える。後期授業の目標としている保育者としての ICT 教育活用実践技能の獲得について、取り組みから 5 年目を迎え、一定の効果を上げる授業進行が形となってきている。しかし、実践という面では、同じクラス内での友人を対象とした模擬保育での実践を行うだけであり、実際の幼児対象の実践経験を殆ど用意出来ていない。大学が運営する、地域子育て支援スペースでの実践や、大学近隣の認定こども園などの協力などを模索していく必要があるだろう。また、情報学演習授業としては、1 年次でしか学ばないという点も課題である。つまり、2 年次は、情報学演習授業に触れる事が無いという空白の 1 年間で学生は卒業していく。その空白期間に、学習内容を忘れてしまうという事例も見られる。カリキュラムと学生の履修モデルを見ると、空き時間自体が少なく、また、保育人材として学ばなければならない項目は多岐にわたる。他の科目においてレポート課題が課せられ、パソコンを使ってその課題をこなすという事例も見られる。しかし、レポート作成に関しては、その作成に求められる技能として、書式設定、図表の挿入程度の初歩的な技能であり、それらも筆者の授業では取り扱うものの、それ以外の技能を継続して伸ばしていく仕組みは未だ無い。場合によっては、それらレポート課題も手書きで処理

をする場合も見られる。卒業論文制作過程で、分からない、忘れてしまった、という声を多数聞くことも事実である。また、2 章 1 節でも示したように、2 年次にも情報学に関わる科目は用意されているものの、資格に直接関係の無い選択科目であるため、履修生は殆ど居ない。2 年次のフォローを行っていく必要が重要であると考え、どのようなフォローが学生の学習にとって最適であるかという点が未だ見出せずにいる。

また、筆者の勤務先では、学び直しなどのリカレント教育にも力を入れ、特に音楽療法士二種の資格を目指し入学してくる 60 代、70 代の学生も珍しくない。そういった学生に対しても、卒業必修という形で情報学を修める事を求める。保育者養成コースに在籍するが、保育士証、幼稚園教諭免許状の取得は目指さず、音楽療法士の資格を目標とする学生に対して、情報学をどのように展開していくべきかについても当然に考える必要がある。理想は、目指す資格ごとにクラスを編成し、それぞれの資格に関連付ける形での ICT 技能を教育する事であるが、入学者数や定員の関係でクラス編成は難しい。当然に、入学者の大多数は保育者志望であり、その学生らに対しては、示した授業展開が理想であると考え。その反面、保育者志望では無く、音楽療法士の資格取得を目指し入学してくる学生に対して、卒業必修として履修する情報学教育をどのように展開していくべきか十分に考えていかねばならない。

4. おわりに

本稿は、筆者が取り組む保育者養成校における情報学演習の授業展開について報告した。現状、教員免許の取得には、情報学が必須とされている。教員免許取得になぜ情報学が必須とされているのか、その意義を今一度考える必要があるであろう。合わせて、教職における ICT 活用という面で、オフィス系ソフトウェアの操作技能の習得だけに終始するのでは無く、教育活用実践技能の獲得という点も情報学演習科目が担う必要があるのではなからうか。オフィス系ソフトウェアの技能についても、特に保育現場での活用という点では、一般的なビジネス文章などで必要となる知識、技能とは違うものが必要となる場面も数多くある。保育者養成校、特に短期大学においては、2 年で即戦力

となる保育人材の育成が求められる。この即戦力という点も、単に保育技術だけでは無く、保育業務を行う上で必要となる知識、技能を現場で即座に使い活動が出来る技能を持つ者こそ、即戦力と呼ばれるに相応しいと考える。筆者は、保育現場で求められる ICT 技能を調査し、毎年の授業に反映して教育を繰り返している。恐らく将来的にも、教員免許の取得にあたって、情報学が不要となる時代は到来しないであろう。寧ろ、教員免許を取得するのであれば、その免許の種類に合わせた ICT 技能の養成が今後必要になるのではないだろうか。特に教員に要望される ICT 技能としては、ICT 教育活用実践技能であろう。その意味で、筆者の取り組む情報学演習授業は、保育者養成校としての責任を果たすものであると自負している。その反面、幼児教育においては、ICT 教育活用は異文化とも捉えられがちであり、積極的な活用展開がされない現状もある。多くの現職保育者への聞き取りの中で、「わざわざ園内で ICT を活用しようとは思わない」という意見も聞かれた。しかし、現職保育者の全てがそれに否定的な意見を持っているのでは無く、必要性は感じているものの、どのように教育活用していくのが幼児期に相応しいかが解り兼ねている現状もある。その面を保育者養成校として支援するという意味でも、定期的に行っている現場園への保育者が持っていると思うられる ICT 技能の調査を基とした授業内容の検討は、保育者養成課程の人材養成において重要度は高いはずである。聞き取り調査によって得る情報から毎年授業内容を検討、変更する事は担当者にとっては負担ではあるが、これまで積み重ねてきた調査データから、調査初期から全く変わらない、要望され続けている技能が明らかになりつつある。これは、保育者の ICT 技能の根幹に通じるものであり、今後、更なる調査を重ねる事で、保育者養成校における情報学演習の授業内容の最適解を見つけていく。

参 考 文 献

- (1) 文部科学省：“教員免許状取得に必要な科目の単位数・内訳”
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo/0/toushin/attach/1337063.htm (2019年4月1日確認)

- (2) 日本情報処理検定協会：“日本語ワープロ検定試験”
https://www.goukaku.ne.jp/test_wordpro.html (2019年4月1日確認)
- (3) 神谷勇毅：“学生の理解度に注目したステアケース式授業デザインによる情報教育の試行”，電子情報通信学会技術研究報 IEICE technical report:信学技報 115(223), pp.39-42, (2015)
- (4) 神谷勇毅：“保育者養成校における情報学の授業展開：電子紙しばい制作を通じた保育 ICT 活用理解”，鈴鹿大学短期大学部紀要= Journal of Suzuka Junior College 37, pp.167-173, (2017)
- (5) 西岡麻衣子，八島智子：“異文化間能力の変容から見る異文化間協働学習の教育的効果：接触仮説とその発展理論の可能性”，異文化間教育(47), pp.100-115, (2018)
- (6) 滝麻衣：“プレゼンテーションに向けた授業での効果的な協働学習を目指して”，国際教養大学専門職大学院グローバル・コミュニケーション実践研究科日本語教育実践領域実習報告論文集 9(0), pp.117, (2018)

プログラムの理解状況に応じた図の外化による学習手法

疋田 将之^{*1}, 仲林 清^{*2}

^{*1} 千葉工業大学大学院, ^{*2} 千葉工業大学

Learning Method by Externalization Using Diagrams to Depending on the Understanding of the Program

Masashi Hikita^{*1}, Kiyoshi Nakabayashi^{*2}

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

プログラムの理解度向上を目的としてプログラムのイメージや動作の流れを図として外化させる学習手法を検討した。使用したプログラム課題は雑誌の購読サイトをモデルとしたプログラムである。学習者の理解状況を踏まえ、アクティビティ図・シーケンス図などをもとに考案した複数種類の図を使い分けて提示し、外化の支援を行った。外化する前と後で学習者のプログラムの理解度を調査・分析した。実験の結果、大きな理解度の変化は見られなかったが、一部に理解度の向上が見られた学習者がいた。

キーワード: 図, 外化, プログラミング, 学習手法, 理解度向上

1. はじめに

プログラミング学習者にとって重要なことは、プログラムの内容を理解することである。しかし、学習者の中にはプログラムの内容理解が不十分な学習者もいる。この原因として学習者自身がデータ構造をイメージできていないこと、構文を1つ1つ単体でしか把握しておらず、全体の流れが不明瞭になっていること、ソースコードの処理とプログラムの機能を結びつけて考えられないことが挙げられる。

これらを解消する方法として外化に着目した。外化とは認知プロセスの途中で生み出される処理結果を何らかの形で表すことを示す⁽¹⁾。外化を行うことによって自身が考えていることが明確になり、問題を解いていくうえでのヒントとなる。また、頭の中での考えを何らかの形で表すことにより、思考に割けるリソースが増え、物事を考えやすくなる。

そこで、本研究では外化を利用し、学習者にプログラムの内容を図として外化してもらうことによってプログラムの内容理解度の向上を図る。

前回の実験結果⁽²⁾では、図として外化できなかった学習者がでたことや、図の外化の内容を学習者に任せ

てしまったことから効果が薄かった。そこで、今回の報告では、学習者の理解状況を調査し、アクティビティ図やシーケンス図などをもとに考案した複数種類の図を使い分け、学習者の理解状況に応じて提示することにより、外化の支援を行った。また、理解状況を踏まえることにより、その学習者に適した図を外化してもらうことによって更なる理解度の向上を狙った。以下、第2章では本研究の目的について述べる。第3章では学習目標について述べ、第4章では学習目標を達成するための学習手法について述べる。第5章では実験結果を述べ、第6章では分析と考察を行い、第7章ではまとめと今後の課題について述べる。

2. 前回の結果と今回の目的

2.1 前回の学習目標と学習手法

前回の実験⁽²⁾では、オブジェクト指向プログラミング(OOP)のjavaを学習対象とした。OOPの理解に関して表1のようなプログラム内容理解レベルを設定し、学習者の理解がレベル4に到達することを目標とした。

表1のレベルを上げるために以下の3つの手法を適応することで内容理解度の向上を図った。

1 つ目は学習者が考えているプログラム全体のイメ

ージや動作の流れを図として外化してもらうことである。この時、外化する図に関しては特に指示を出さず、学習者が持っているイメージをそのまま描かせた。

2 つ目は理解度を向上させ、図として外化できる状態にするための支援課題である。レベルごとに段階を踏んで構文の意味や役割、必要性やクラス間の関係性を意識させるような問題を出題することでイメージ形成の補助を行い、学習者が図として外化できるレベル3の状態まで支援する目的で行った。

3 つ目は理解度チェック問題である。実行結果の予測やクラス間でやり取りされているインスタンスや変数の中身を問う問題を出し、学習者の理解度を計った。

表 1 プログラム内容理解レベル

レベル1	1つ1つの構文が何をしているかが分かる
レベル2	プログラム全体から見た構文の意味、役割、必要性が分かる
レベル3	クラス間、構文同士の繋がり、関係性を理解し、正しく繋げることができる
レベル4	全体としての構文の集合体を正しく繋げて動かすことができる

2.2 前回の実験結果と考察, 課題

図を描く実験群と描かない統制群の合計8人で比較を行った結果、両群の理解度に大きな違いはなかった。実験群は図として外化できた学習者とできなかった学習者に分かれ、図として外化学習者の中でも理解度の向上が見られた学習者とあまり見られなかった学習者に分かれた。図として外化できなかった学習者はプログラムを外枠の流れのみでとらえていたことや、プログラムの内容について全く意識できていなかったことから、支援課題によるプログラムのイメージ形成補助がうまく機能せず、図として外化できるほど明確ではなかったと考えられる。一方、図として外化でき、内容理解の向上が見られた学習者は表1のレベル4の正答数が多く、図の内容がプログラムのメインとなるロジックを中心とした図であった。理解度の向上が見られなかった学習者は表1のレベル2~3の問題の正答数が多く、図の内容はプログラムの全体のやり取りや繋がりを表す図であり、プログラムのロジックの部分や細かいやり取りは描かれていなかった。このことから学習者によって理解度の向上に適した図と適さない図があることが想定される。また、学習者の理解度の

状況を考慮せずに行ったため、理解状況に応じて効果的な図の外化と、効果が薄い図があるのではないかと考えた。そのため、学習者と学習者の理解状況に応じて適切な図を外化させる必要があると考える。

2.3 今回の目的

前回の実験結果を踏まえて、本研究では、プログラムの内容理解が不十分な学習者を対象として、外化してもらう図を複数種類考案し、学習者の理解状況に応じて提示することにより、内容理解度を向上させることを目的とする。本研究に使用した言語はオブジェクト指向プログラミング(OOP)のjavaである。学習者の理解状況を調査するために、プログラムに関するスキル⁽³⁾⁽⁴⁾とプログラムの構造の観点をもとにプログラムの内容理解の過程を考案した。また、外化してもらう図はアクティビティ図やシーケンス図などもとに作成した。プログラムの内容理解の過程については第3章で説明し、外化してもらう図については第4章で説明する。

3. 学習目標

3.1 方針

前回の実験結果を踏まえ、本研究では、学習者の理解状況に応じて、外化してもらう図を複数種類使い分けることにより、内容用理解度の向上を図る。そのため、学習者の理解状況を調査するための、理解過程のモデルを考案する。

3.2 理解過程のモデルを構成する要素

理解過程のモデルを考案するにあたってプログラムの内容を構成する要素が必要であると考えた。そこでプログラムに関するスキル⁽³⁾⁽⁴⁾に着目した。プログラムに関するスキル⁽³⁾⁽⁴⁾とはプログラミングを行う上で必要となる能力のことである。たとえば、コードを書くスキルであれば、機能の説明をもとに、その機能の処理を実行するためのコードを書くことができるスキルである。プログラムを説明するスキルは、与えられたプログラムのソースコードを見て、その機能について説明できるスキルである。トレーススキルであれば、プログラムの動作に従って、変数などの値を正確に把握できるスキルである。このようなスキルの

中から、プログラムを説明するスキルとトレーススキルに着目した。

また、理解過程のモデルを構成する要素としてクラスの構造を理解するスキルも必要だと考えた。トレーススキルとプログラムを説明するスキルのみの場合、プログラムのデータ構造や処理構造の要素がなく、プログラムの内容を構成する要素として不十分だと考えたからある。

プログラムに関する2つのスキルとプログラムの構造理解のスキルをそれぞれのスキルを構成する要素に分解した。

3.2.1 プログラムを説明するスキルの要素

プログラムを説明するスキルについては与えられたプログラムのソースコードを見て、その機能について説明できるスキルである。このスキルはソースコードの処理内容を理解していること、プログラムがどのような機能を持っている理解していること、プログラムの機能とソースコードの処理内容を正しく結び付けられることの3つ要素に分解できると考えられる。

3.2.2 トレーススキルの要素

トレーススキルは、プログラムの動作に従って、変数などの値を正確に把握できるスキルである。このスキルはプログラムの構文が1つ1つの処理が何をやっているか理解していること、メソッドやコンストラクタなど構文を塊として捉え、どのような処理が行われているか理解していること、変数にどのような値が格納されているか理解していること、プログラムの動作によって変数のやり取りや値の変化を追えることの4つの要素に分解できると考えられる。

3.2.3 プログラムの構造理解のスキルの要素

プログラムの構造の理解を理解するスキルはプログラムを見て、プログラム全体の構造を把握できるスキルである。このスキルはプログラムが持っているクラス構造が理解できていること、プログラムのデータ構造が理解できていること、プログラムの制御構造が理解できていることの3つの要素に分解できると考えられる。

3.3 理解過程のモデル

3.2節の3つのスキルを構成する要素にもとにプログラムの理解過程をモデル化した。図1に示す。

プログラムを理解していくための前準備段階では実際にプログラムを理解するために必要な知識を理解していく過程であり、3つの項目から構成される。「プログラムの概要理解」はそのプログラムが何をしているプログラムなのかを理解することである。「クラスの繋がり」ではクラスの繋がりを理解することでプログラム全体のデータ構造を大まかにつかむことである。「クラスが持つ構造」ではそのプログラムのクラス構造を理解することである。

プログラムの内容を理解していく段階では4つの項目から構成されている。「処理を追っていく段階」では構文1つ1つの処理をクラスごとに目で追っていき、どのような処理を行っているか理解し、各クラスの制御構造を確認していく段階である。「処理を理解していく段階」ではメソッドなどの構文を集合体として捉え、どのような役割を持っているか理解し、クラス間の繋がりやプログラム全体の動作を意識していく過程であ

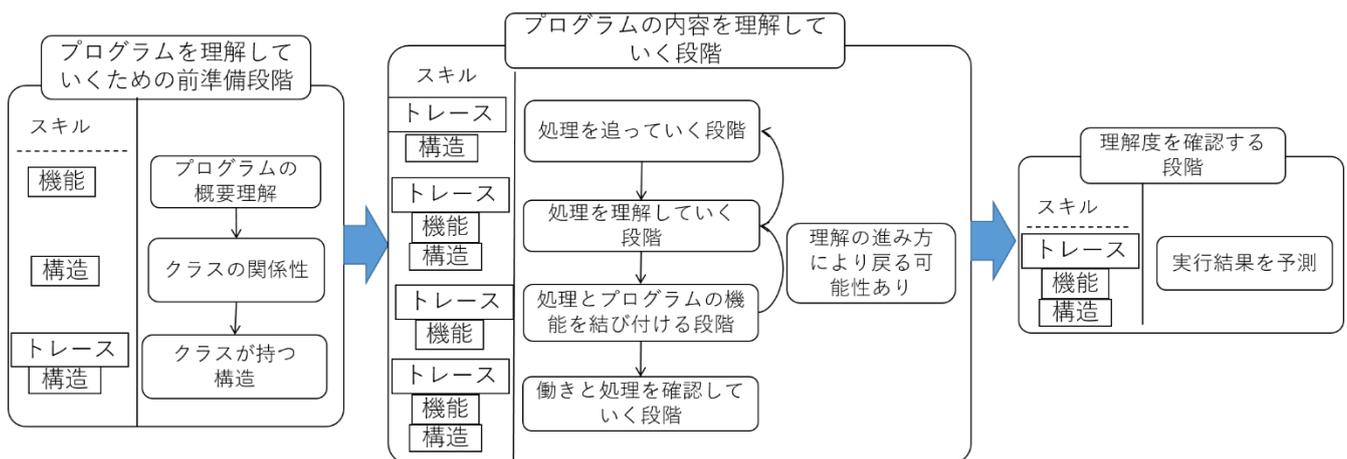


図1 理解過程のモデル

る。「処理とプログラムの機能を結び付ける段階」では、各クラスのメソッドや意味を持つ構文の集合体の機能とプログラムから見た機能を結び付けていく過程である。「働きと処理を確認していく段階」ではプログラム全体のやり取りや動作を、変数の中身の値の変化を確認しつつ、動作の流れに従って確認していく段階である。

理解度を確認する段階では最後にプログラムの動作に従って処理を理解でき、実行結果を予測できることを示す。

3.4 学習目標

本研究では、3.3 節の理解過程のモデルを使い、学習者の理解状況を調査し、理解度を現段階から向上させることを目標とする。理解度を調査するために、図 1 をもとに理解度調査問題を作成する。また理解度を向上させる手法として、理解状況に合った図を外化させる手法をとる。それぞれの詳しい説明は第 4 章で説明する。

4. 学習手法

4.1 学習者に提示する図

本研究では、学習者のプログラムの内容理解度を図 1 に沿って向上させるために、それぞれの理解状況に合った図を学習者に提示することで支援を行い、外化させることによって理解度の向上を狙う。そのためにプログラムの内容を理解していく段階の項目に対応した図を複数種類考案した。提示する図は問題に使用するプログラムではなく、別のプログラムを図で表したものを提示した。なお、プログラムを理解していくための前準備段階と理解度を確認する段階についてはそれぞれ学習者の初期状態と学習後の状態を想定しているため、対応する図は考案しなかった。

4.1.1 処理を追っていく段階の図

処理を追っていく段階の図を図 2 に示す。

この段階では 1 つ 1 つの構文の処理が何をやっているか理解し、クラスごとの処理の流れがどのようなものになっているか確認していく状態である。そのため、アクティビティ図をもとに、各クラスの処理をメソッド単位に区切り、処理の流れに沿って描き表わした図を考案した。この図の狙いは 2 つある。1 つ目はクラスごとの処理の流れと 1 つ 1 つの構文の処理が何をや

っているか明確させることである。2 つ目は構文 1 つ 1 つの処理内容とクラスの制御構造の理解させることである。

4.1.2 処理を理解していく段階の図

処理を理解していく段階の図を図 3 に示す。この段階はメソッドなど構文を 1 つの塊として意味を持つ処理の機能を理解していき、クラス間同士のやり取りやプログラム全体の動作を意識していく状態である。そのため、シーケンス図をもとに、各メソッドのやり取りと処理内容をプログラムの動作の流れに沿って描き表わした図を考案した。この図の狙いは 2 つある。1 つ目はメソッドの処理がどのような働きをしているかを明確にさせることである。2 つ目はメソッドや意味を持つ構文の塊としての機能とクラス間の繋がりを理解させることである。

4.1.3 処理とプログラムの機能を結びつける段階の図

処理とプログラムの機能を結びつける段階を図 4 に示す。この段階はソースコードの処理をプログラムの機能と結びつけていく段階である。そのため、各クラスにあるメソッドと意味を持つ構文の塊の処理に対してプログラムから見た機能の説明を書き、メソッドや意味を持つ構文の塊と各クラスのやり取りを描き表わした図を考案した。この図の狙いは 2 つある。1 つ目はメソッドや意味を持つ構文の塊とプログラムからみた機能を結び付けさせることである。2 つ目は各クラスとやり取りとプログラムの機能との結びつきを明確にさせ、ソースコードの処理とプログラムの機能の関係性を理解させることである。

4.1.4 働きと処理を確認していく段階の図

働きと処理を確認していく段階の図を図 5 に示す。この段階は、プログラム全体の働きや、変数の中身の値を確認しつつ、動作の流れに従って確認していく段階である。そのため、各クラスの処理の説明と、処理によって発生した変数のやり取りや中身をプログラム全体の動作の流れに沿って書き表わした図を考案した。この図の狙いは、プログラムの処理によってどのように変数の値が変化し、最終的にどのような結果になるかを意識させ、プログラム全体流れと変数のやり取りや処理によって発生する変数の中身の値の変化を理解させることである。

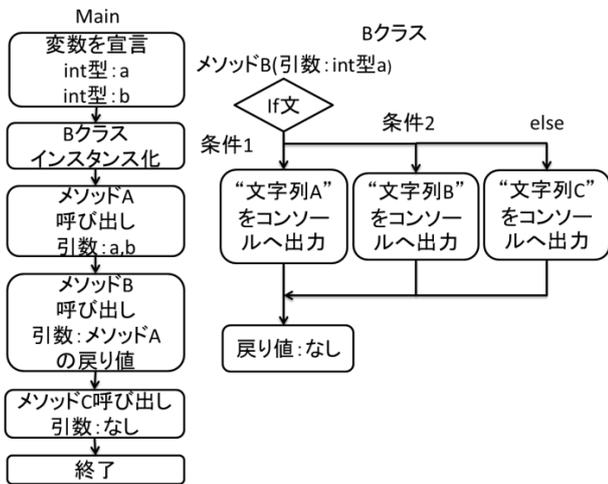


図 2 処理を追っていく段階の図

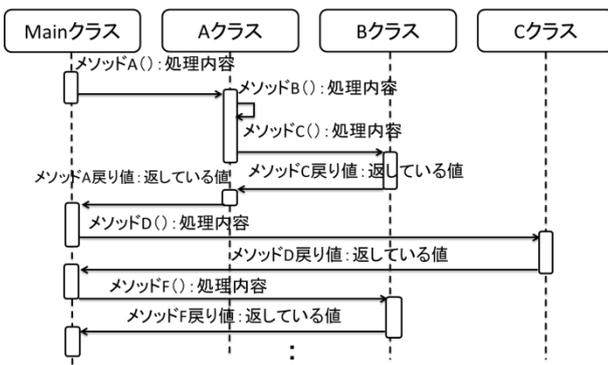


図 3 処理を理解していく段階の図

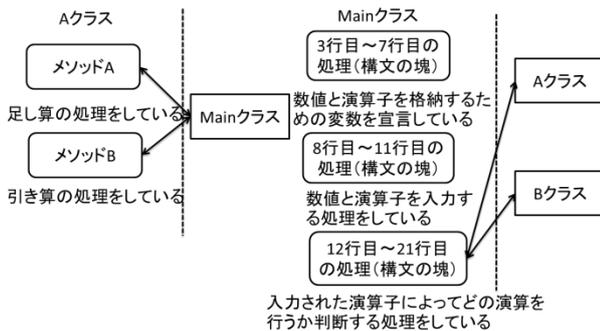


図 4 処理とプログラムの機能を結びつける段階の図

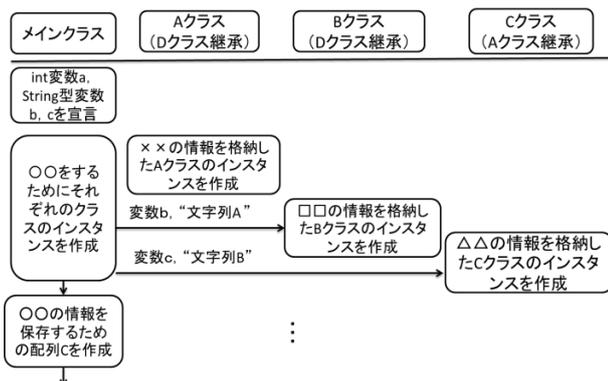


図 5 働きと処理を確認していく段階の図

4.2 図の提示方法

本研究では、4.1 節にある複数種類の図を学習者の理解状況に応じて提示することにより、理解度の向上を狙う。学習者に指示する方法は文章による図の内容説明と 4.1 節で取り上げた図、その図の説明文を提供する。図の内容説明ではどのような図を描いてほしいか文章による説明を提示する。これにより、どのような図を描くかイメージさせる。その後、図の例と図の説明文を参照させることによりプログラムのイメージを明確にさせ、図の外化を行ってもらう。図だけでなく、説明文を提示することで、単なる図の模倣を防ぐことを狙った。

4.3 学習課題

本研究で使用したプログラムは H26 基本情報技術者試験春季の java の問題である。このプログラムは雑誌の購読サイトをモデルとしたプログラムである。記事と閲覧者には種類があり、種類によって閲覧者が記事を閲覧できるかできないか判断する内容である。このプログラムをもとに学習者の理解状況を計る問題を 2 つ作成した。1 つ目は学習者の理解状況を調査する問題 1 である。問 1 から問 5 までの 5 種類あり、それぞれ理解過程のモデルの「クラスが持つ構造」から「働きと処理を確認していく段階」に対応している。

「クラスが持つ構造」の問題はクラスの継承関係やクラスのやり取りを問うものとなっている。「処理を追っていく段階」の問題は処理内容を出題し、その処理がソースコードのどこにあるのか答えるものやクラスの制御構造を問うものとなっている。「処理を理解していく段階」の問題はメソッドや意味を持つ構文の塊の処理をソースコードの中から探すものとなっている。「処理とプログラムの機能を結び付ける段階」の問題はプログラムの機能を実装している構文を答えるものとなっている。「働きと処理を理解していく段階」の問題は変数の中身を問うものとなっている。問題 1 は図として外化する前と後の 2 回行うことを想定しており、それぞれの問題の点数の差によって理解度が向上したかどうか調査する。外化する前に行ったものは問題 1 とし、外化後に行ったものを問題 1 (2 回目) とする。

2 つ目は問題 1 の類題である問題 2 である。問題 2 は外化後に回答させることを想定している。外化後の

問題 1 の点数と問題 2 の点数を見ることでより詳しく理解度を調査する。例として問題 1 の問 2 を表 2 に示す。この問題は処理を追っていく段階に対応していて、処理内容に対応するソースコードを抜き出す問題と、クラスの制御構造を問う問題となっている。構文 1 つ 1 つの処理とそのクラスの制御構造を理解して解答する必要がある。

表 2 問題 1 の問 2 の内容

番号	問題文
(1)	Article クラスの中で Article クラスをインスタンス化する処理をしている構文はどれですか？ソースコードから抜き出してください。
(2)	Main クラスの中で ARTICLES 内の指定された位置にある要素を返す処理をしている構文はどれですか？ソースコードから抜き出してください。
(3)	Article クラスと Member クラスの中にはどのような制御構造が含まれていますか？下の三つの中から該当するものを選んでください。 Article クラス 選択肢：順次構造 選択構造 反復構造 Member クラス 選択肢：順次構造 選択構造 反復構造

4.4 学習の流れ

学習の流れを表 3 に示す。問題 1 の解答結果から学習者の理解状況を判断し、それぞれの理解状況にあった図を外化してもらうように指示を出す。

表 3 学習の流れと目的

学習の流れ	目的
1. 事前アンケート	プログラムに対する意識調査
2. ソースコード配布	プログラムの簡単な概要説明の資料とプログラム内で使われる API の説明も配布
3. 問題 1 配布	学習者の理解状況を調査 (全 11 問, 11 点満点)
4. 図として外化	理解度の向上を狙う
5. 問題 1 (2 回目) 配布	外化前後での理解状況の差異を調査 (全 11 問, 11 点満点)
6. 問題 2 配布	問題 1 と同じ傾向で違う問題を使うことにより、さらなる理解状況の調査する (全 6 問, 6 点満点)
7. 事後アンケート配布	図として外化したことが問題を解くのに役に立ったか、またプログラムに対する意識の変化の調査

4.5 評価基準

図として外化する前の問題 1 と後の問題 1 (2 回目) の解答結果の差異と問題 2 の解答結果、学習者が外化した図を評価した。

問題 1, 問題 2 の評価は正解 (1 点), 一部正解 (0.5 点), 不正解 (0 点) の 3 段階で行った。

学習者が外化した図はこちらが指示した通りの図の意図に沿っているかどうか評価した。

5. 実験結果

5.1 実験概要

表 3 をもとに実験を行った。対象とした学生はプログラミングの講義を受けたことのある情報系学科 3 年生 5 人である。実験期間は 2 週間であり、その中で他人と相談することや調べることはせずに各自で問題に取り組んでもらった。

5.2 学習者に指示した図

図として外化前の問題 1 の点数と解答結果から学習者 C, E には処理を追っていく段階に対応した図 2, 学習者 A には処理を理解していく段階に対応した図 3, 学習者 B には処理とプログラムの機能を結び付ける段階の図 4, 学習者 D には働きと処理を確認していく段階の図 5 を描くように指示した。

5.3 問題の解答結果

図として外化した前と後の問題 1 の点数結果と問題 2 の点数結果を表 4 に示す。図として外化する前と後の問題 1 の点数に大きな差はなく、図として外化する問題 1 より外化後の問題 1 (2 回目) の点数が低い学習者がいた。問題 1 (2 回目) の点数が上がった学習者は E だけであり、E は問題 1 (2 回目) の点数が全体的に上がっていた。学習者 A は問題 1 と問題 1 (2 回目) 点数に差がなく、解答にも変化が見られなかった。点数が下がっていた学習者は B, C, D であった。学習者 B は外化した図に対応した項目の間の点数は変わらず、それ以外の問の点数が下がっていた。学習者 C は外化した図に対応した問の点数は上がっていたが、それ以外の問の点数は下がっていた。学習者 D は全体的に点数が下がっていた。問題 2 の点数は問題 1 に比べて全体的に点数率が高い結果となった。

表 4 問題 1 と問題 2 の点数結果 (問題 1: 11 点満点, 問題数 11 問 問題 2: 6 点満点, 問題数 6 問)

	問題 1	問題 1 (2 回目)	問題 2
学習者 A	3.5 点	3.5 点	5 点
学習者 B	8.5 点	6 点	5 点
学習者 C	4.5 点	4 点	2.5 点
学習者 D	6 点	2.5 点	4 点
学習者 E	3 点	6 点	5 点

5.4 図の結果と評価

図として外化した後の点数が上がった学習者 E と点数が下がった学習者 B, D の図の例の一部をそれぞれ図 6, 図 7, 図 8 に示す。

学習者 E の図は指示した図とは形が違うが、内容はこちらが指示した通りとなっており、各クラスの構文 1 つ 1 つの処理とメソッドごとの処理の流れを網羅したものとなっている。

学習者 B の図はこちらが指示した図の通りとなっており、プログラムに含まれるメソッドをすべて書き表したものとなっている。しかし、一部、メソッドの処理とプログラムの機能の結び付けを間違えていた部分があった。

学習者 D の図はこちらが指示した通りの図となっているがプログラムの内容が簡略されすぎて Main クラスに関する処理以外は描かれておらず、変数のやり取りや中身が書かれていなかった。

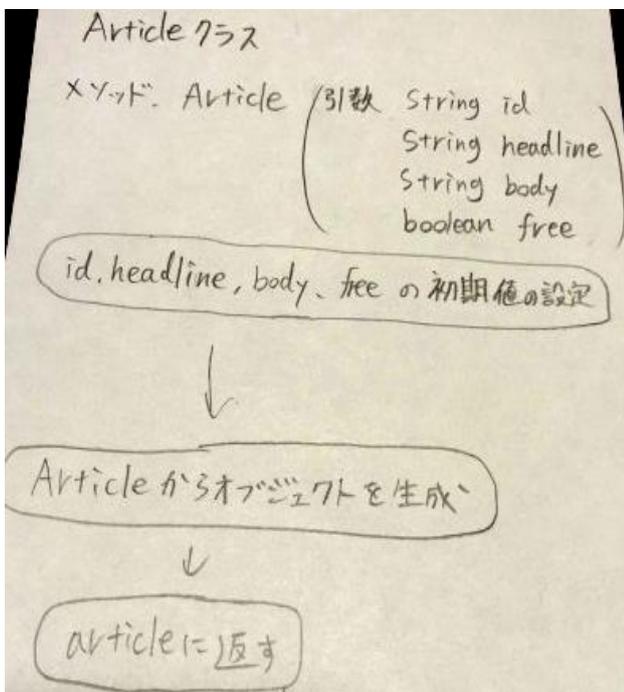


図 6 学習者 E の外化した図 (一部)

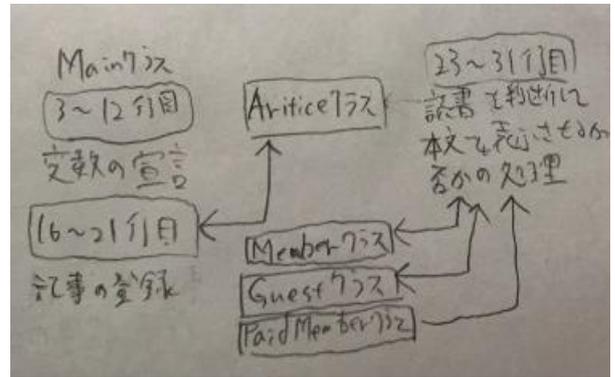


図 7 学習者 B の外化した図 (一部)

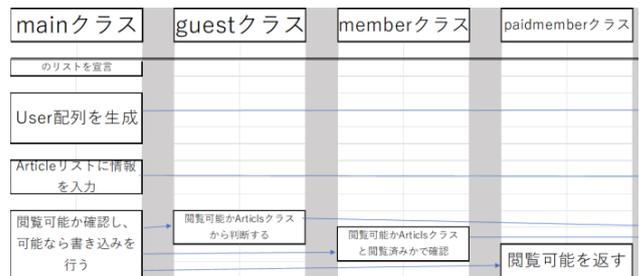


図 8 学習者 D の外化した図 (一部)

6. 分析と考察

本研究では、外化してもらう図を複数種類考案し、学習者の理解状況を踏まえ、使い分けて提示することにより、プログラムの内容理解度の向上を狙った。この章では実験結果を踏まえ、問題 1 と問題 2 の解答結果の分析を行い、図と問題の点数の関係の考察を行う。

6.1 解答結果の分析

解答結果を詳しく見ると全体的にプログラム全体から答えを探す問題の点数が低くなっていた。

例えば、問題 1 の問 3 にある「ソースコードの中で一般会員が記事閲覧できるかどうかを判断する機能を持っている部分はどこか」という問題は、プログラム全体の中から一般会員に関する処理を特定し、その処理を行っているソースコードを抜き出す問題となっている。そのため、一般会員に関するクラスに答えがあるが、ほとんどの学習者は Main クラスにあるすべての会員に共通する処理を抜き出して回答していた。

このことから、一部のクラスの処理しか理解していなかったと考えられる。また、他のプログラム全体から答えを探す問題の解答にも同じような傾向がみられたことから、ほとんどの学習者は、プログラムを全体のイメージはできておらず、一部のクラスのみイメ

ージのみしかなかったと考えられる。

6.2 図と問題の点数の関係の考察

外化後の問題 1 (2 回目) の点数が上がった学習者は E のみであった。

学習者 E の図はこちらが指示した図とは形式が違うが、内容はこちらが指示した通りとなっていた。このことから、提示した図をイメージ形成の補助として使い、自分が持っているイメージを図として外化できたことにより、理解度が向上したと考えられる。一方、問題 1 (2 回目) の解答の変化がなかった学習者は A のみであった。学習者 A はこちらが指示した通りの図となっているがこちらが提示した図に当てはめたような形となっていた。また、図の内容に間違いが多く見られたことから、プログラムのイメージが不明瞭な状態で図として外化したことが考えられる、そのため、理解度の向上がみられなかったと考えられる。

外化後の問題 1 (2 回目) の点数に学習者と下がっていた学習者は B, C, D である。学習者 B はこちらが指示し通りの図となっていたが、一部、メソッドの処理とプログラムの機能の結び付けを間違えていた。また、実験後のヒアリングの結果から図を描いたことで自分の間違いに気づき答えを訂正したと答えていることから、図として外化したことでプログラムの内容を誤解してしまい、問題 1 (2 回目) の点数が下がり、理解度の向上がみられなかったと考える。学習者 C も描いた図の内容がところどころ間違えており、学習者 B と同じ傾向が見られた。学習者 D はこちらが指示した通りの図となっているがプログラムの内容が簡略されすぎており、こちらが指示した図と形がほぼ同じになっていた、また、アンケート結果から問題 1 (2 回目) はソースコードを見ずに図のみで解答したと答えていることから点数が下がり、正確な理解状況を調査することが出来なかったと考える。

7. まとめと今後の課題

本研究ではプログラムの内容理解が不十分な学習者を対象として外化してもらった図を複数種類考案し、学習者の理解状況を踏まえ、使い分けて提示することにより、内容理解度を向上させることを目的とした。理解状況を調査する問題を作成し、図として外化する

前と後の点数の差異によって理解度の向上を調査した。実験を行った結果、理解状況を調査する問題の点数に大きな差は見られなかったが、一人理解度が向上した学習者がいた。理解度が向上した学習者 E はこちらが提示した図とは形式が違ったが、図の本質はとらえており、正しくプログラムの内容を図として外化していたことから、理解度が向上したと考えられる。一方、理解度の向上がみられなかった学習者は図として外化したことでプログラムの内容を誤解してしまったことや、プログラムのイメージ形成が十分でなく、プログラムの内容をあまり理解せずに図として外化してしまったことから理解度の向上がみられなかったと考える。

このことから今後の課題としてプログラムのイメージ形成補助の追加と学習者に提示する図の見直しが考えられる。今回は学習者に提示する図と理解度の向上の関係の考察が十分できておらず、提示した図と理解度の関係性のさらなる考察のもと、図の見直し行っていく。

参考文献

- (1) 鈴木弘明: “教養としての認知科学”, 東京大学出版会, (2009)
- (2) 疋田将之, 仲林清: “図の外化によるプログラム内容理解における学習者評価”, 教育システム情報学会第 43 回全国大会, P1-20, pp39-40 (2018)
- (3) 山本三雄, 関谷貴之, 山口和紀: “プログラミングのスキル階層に関する研究”, 情報処理学会研究報告, Vol20 10-CE-104, No3, pp.1-25 (2010)
- (4) Lopez, M., Whalley, J., Robbins, P. and Lister, R: “Relationships between reading, tracing and writing skills in introductory programming”, ICER '08: Proceedings of the fourth international workshop on Computing education research, pp101-112(1972)

アニメーションを用いた 文字列検索アルゴリズム学習のための課題設計

下川 輝¹, 仲林 清^{*2}

*1 千葉工業大学大学院情報科学研究科, *2 千葉工業大学情報科学部

Learning Task Design for String Matching Algorithm Using Animation

Hikaru Shimokawa^{*1}, Kiyoshi Nakabayashi^{*2}

*1 Information Science Research of Graduate School of Chiba Institute of Technology

*2 Information Science of Chiba Institute of Technology

アルゴリズムアニメーションはアルゴリズムの動的な振舞いを学習者に伝えやすいというメリットがある。しかし、学習者はアニメーションの速度などを注視してしまい、アニメーションのみで特徴を理解させることは困難な場合がある。本研究では文字列検索アルゴリズムのボイヤー・ムーア法のアニメーションを開発し、さらに特徴理解を促すための学習課題を取り入れた。今回の報告では、前回に報告した他のアルゴリズムの動作との比較および特徴が顕著にあらわれる文字列の動作の確認の2種類の学習課題を改善し、新たに課題階層分析によって学習の流れを設計した。実験の結果、動作などの表面的な知識を理解させることはできるが、時間計算量の理解については更なる改善が必要となった。

キーワード: アルゴリズムアニメーション, アルゴリズム学習, 特徴理解, 文字列検索

1. はじめに

アルゴリズムアニメーションとは、データ構造などを視覚的に表現して、それらを動的に変化させることにより、アルゴリズムの動作を直感的に学習者に伝えようとするものである。アニメーションの利点として教科書中の文章による解説や静的な図形による解説では理解することが難しいアルゴリズムの動的な振舞いを学習者に伝えやすい点が挙げられる⁽¹⁾。

しかし、学習者はアニメーションの速度などを注視してしまい、アニメーションのみで特徴を理解させることは困難であると考えた。本研究では文字列検索アルゴリズムのボイヤー・ムーア法（以下 BM 法）を対象として、アルゴリズムアニメーションを開発し、さらに特徴理解を促す学習課題を取り入れる。具体的には他の文字列検索アルゴリズムの動作と比較させることおよび入力機能を用いて特徴が顕著にあらわれる文字列の動作を確認させることを課題とする。今回の報

告では、前回の報告⁽²⁾を踏まえ、学習者の BM 法の特徴の理解度を向上させるための課題設計を行った。以下、第2章では学習課題について示し、第3章でアニメーション教材について述べる。第4章では実験についてまとめ、考察を行い、第5章ではまとめと今後の課題について述べる。

2. 学習課題

BM 法の特徴理解を促す学習課題について、対象としたアルゴリズムについて説明を行い、前回の報告を踏まえて今回の学習課題について説明する。

2.1 対象として選択したアルゴリズム

本研究で対象としたアルゴリズムについて説明する。

2.1.1 線形探索

線形探索とは最も単純な探索方法である。対象とす

るデータと検索文字を先頭から順に比較していく探索方法である。線形探索の場合、最も早いときは1回の比較で見つかり、最悪の場合にはデータ数だけ比較しなければならない。したがってデータ数を M としたとき最大時間計算量は $O(M)$ となる。図1に線形探索の照合例を示す。

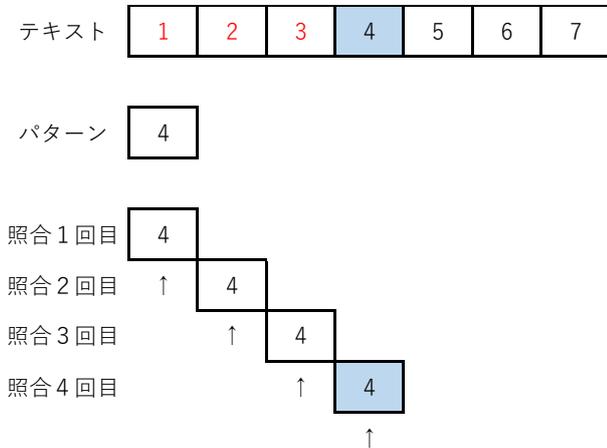


図1 線形探索の照合例

2.1.2 力任せ法

力任せ法とはテキストとパターンを揃え、左から順にテキストとパターンの対応する文字が一致しているかどうかを比較する。パターンの終わりに到達する前に、テキストとパターンの対応する文字が一致していなかった場合、パターンを1つ右にずらし、パターンの先頭から同様のことを繰り返し、照合を進めるアルゴリズムである。最悪の場合はテキストの長さ×パターンの長さだけ比較しなければならない。したがってテキスト長を M およびパターン長を N としたとき最大時間計算量は $O(MN)$ となる。図2に力任せ法の照合例を示す。

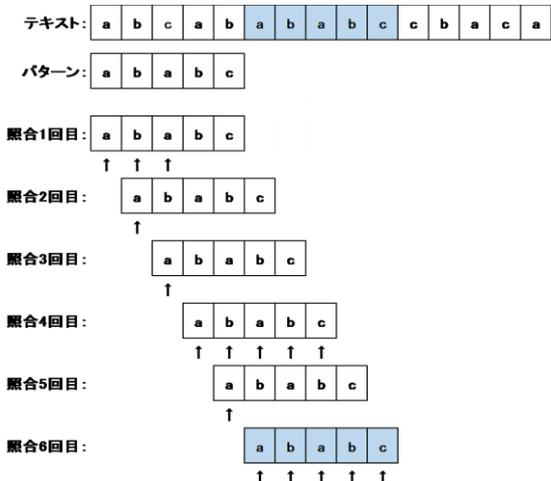


図2 力任せ法の照合例

2.1.3 クヌース・モリス・プラット法

クヌース・モリス・プラット法（以下 **KMP 法**）とは力任せ法と同様にテキストとパターンの先頭を揃え、左から順にテキストとパターンの対応する文字が一致しているかどうかを比較するが、パターンの不一致位置に応じて、比較の再開位置を決めるアルゴリズムである。図3に **KMP 法**の照合例を示す。図3の照合の場合、照合3回目において5文字目で不一致が起こるため、3, 4文字目の **ab** まで一致していることがわかる、したがって照合4回目では1, 2文字目の **ab** は一致することがわかっているため、比較の再開位置をずらし3文字目から比較することができる。

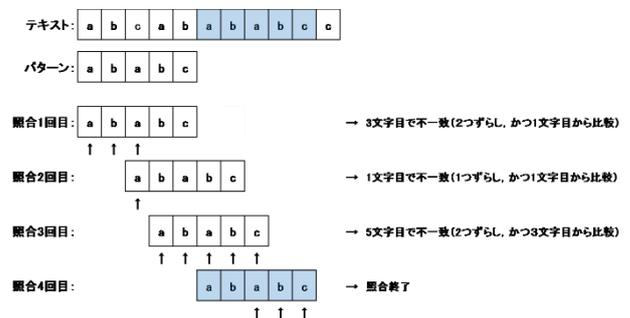


図3 KMP法の照合例

2.1.4 BM法

BM 法は他の力任せ法と **KMP 法**と同じようにテキストとパターンの先頭を揃えて比較を開始するが、両アルゴリズムがパターンの先頭から比較を始めるが **BM 法**はパターンの末尾から比較を行うアルゴリズムである。末尾から比較することの利点として、実際の文書処理の場合、文字の種類が多いため、パターンに現れる文字よりも現れない文字列のほうが多くなる。つまり、テキストとパターンの不一致になる確率が高いことになり、さらに不一致となったテキストの文字がパターンに含まれない確率も高いことになる。したがって不一致となった場合、検索文字列の長さに近い文字数だけ照合位置を移動することができるため、力任せ法や **KMP 法**よりも実用的である。また平均的な時間計算量はテキスト長を M およびパターンの長を N とすると $O(M/N)$ となる。

最悪の場合にはテキストとパターンが一致する確率が高い場合であり、テキストの長さ×パターンの長さだけ比較しなければならない。したがって最大時間計算量は $O(MN)$ となる。図4に **BM 法**の照合例を示す。

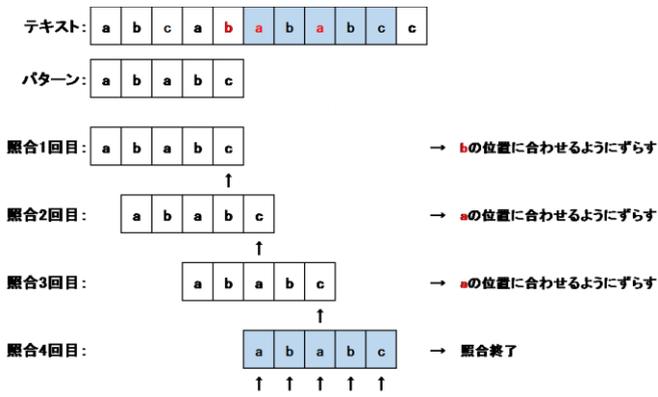


図4 BM法の照合例

2.2 前回の学習課題

2.2.1 他の文字列検索アルゴリズムとの比較

BM法の他に力任せ法、KMP法のアニメーションを実装した。これらの文字列検索アルゴリズムとBM法との違いはパターン先頭から照合することや不一致情報を利用しないことである。学習者は指定された文字列に対して、それぞれの文字列検索アルゴリズムのアニメーションを確認することでBM法の特徴を理解しやすくなると考えた。

2.2.2 特定の文字列の動作確認

BM法の最大時間計算量、平均的な時間計算量を理解させるためにそれらが顕著にあらわれる文字列を用意し、学習者にアニメーションを確認することを促した。学習者はこの文字列のアニメーションを確認することによってBM法の特徴や時間計算量の理解がしやすくなると考えた。

2.3 前回の実験結果と考察

前回の実験では、大半の学習者の解答に改善が見られたことから、アルゴリズムアニメーションはアルゴリズムの動作や特徴を理解させることに有効であると考察した。しかし、時間計算量は学習課題の不十分な内容や学習者の操作の不足、既有知識を考慮しなかったことなどが曖昧な理解に繋がってしまったのではないかと考えた。そのため学習課題の内容や組み立てをどのようにするのかを考える必要があると考えた。

2.4 今回の学習課題

2.3節の考察を踏まえて、課題階層分析^②を行い、新たに学習の流れを設定した。

2.4.1 課題階層分析法

課題階層分析法とは、学習目標を達成するために必要な要素、知識にどのようなものがあるかを明らかにし、どの順序で学ぶのかを明確化する方法をいう^③。学習目標とは、学習者が習得しようとしている知識、技能のことである。課題階層分析は、もっとも上位にある学習目標から、その目標がなにかを検討することを繰り返して分析を行う。そのため、学習目標より下位にある目標はすべて学習目標を習得するために必要な前提条件となる。洗い出した学習目標を階層に分けて配置した図式を課題階層分析図という。学習者は階層分析図に沿って、もっとも下位に位置する目標から、学習目標に向かって学習を行う。

2.4.2 課題階層分析図の設計

表1に本研究で理解させるBM法の特徴^④を示す。本研究では表1で示した特徴の理解度の向上を目標とする。BM法の理解に必要な要素を考察し、アルゴリズムの動作や仕組みなどの知識と時間計算量の2つの要素に分類し、課題階層分析を行った。設計した課題階層分析図を図5に示す。この課題階層分析図を基に学習課題の流れを設計した。図5の赤枠は学習者が一度に学習する内容である。学習者はまずアルゴリズムの時間計算量やオーダ記法などの基本的事項を線形探索を例にして学習する。その後、各アルゴリズムの動作や時間計算量を学習することになる。各アルゴリズムの学習では2.2.1項や2.2.2項で述べた学習課題を取り入れる。学習者は上位のアルゴリズムを学習する際、下位のアルゴリズムと比較して動作を見ることになるため、上位のアルゴリズムの動作が理解しやすくなると考えた。また、それぞれのアルゴリズムの特徴が顕著にあらわれる文字列を用意し、学習者はその文字列のアニメーションを確認することで動作や時間計算量が学習しやすくなると考えた。表2に用意した文字列を示す。例えば「abc1abc2abc3abc4abc5」「abc4」の文字列はパターンの末尾で不一致が起るため、BM法にとって効率の良い文字列となる。またパターンの長さだけ検索が進むため平均的な計算量である $O(M/N)$ の理解を促すことができると考えた。

表 1 理解させる BM 法の特徴

パターンの末尾から照合
不一致情報をもとに、何文字ずらすかを決定
実際の文書処理において、他の文字列検索アルゴリズムよりも実用的である。
最大時間計算量 $O(MN)$ 平均的な時間計算量 $O(M/N)$ M:テキストの長さ, N:パターンの長さ

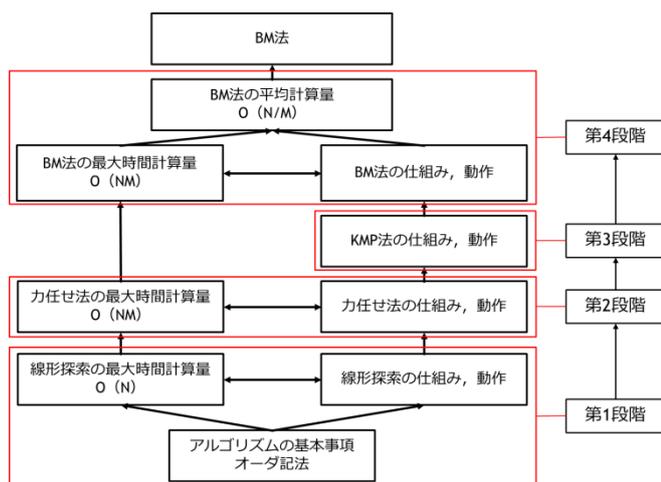


図 5 BM 法の理解の課題階層分析図

表 2 用意した文字列

テキスト	パターン
Abcabababc	ababc
123456789	56
abc1abc2abc3abc4abc5	abc4

3. アニメーション教材について

本研究で用いるアニメーション教材を Web ブラウザで動作するものを開発した。また、学習者の操作したテキストや検索方法などの操作を記録するためにデータベースと連携を行った。アニメーション教材の文字列検索部分を図 6 に、アニメーションの結果の例を図 8 に示す。アニメーションは「進む」ボタンを押すごとに処理が進み、テキストとパターンが一致している場合はテキストが緑色に変化し、不一致の場合は赤色に変化し、次の照合位置にパターンをずらすような動作を行う。また、ずらし表部分を図 8 に示す。ずらし表部分では選択したアルゴリズムに応じて、ずらし

表のアニメーションがボタンを押すごとに動作し、ずらし表の作成過程を確認することができる。

アニメーション部分



文字列入力部分

テキスト:

パターン:

アルゴリズム選択部分

- 力任せ法
- KMP法
- BM法

メニュー

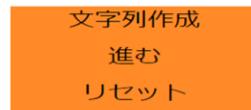


図 6 文字列検索アニメーション部分

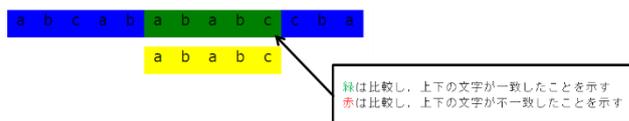
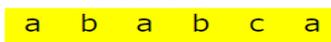


図 7 アニメーション結果

ずらし表部分



KMP法ずらし表:

BM 法ずらし表:

ずらし表メニュー

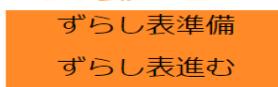


図 8 ずらし表部分

4. 実験について

4.1 実験概要

本研究では、学習者に 2.4.2 でも述べた各アルゴリズムの学習後に動作や時間計算量についての問題を出題し、アルゴリズムの理解度を測る。対象とした学生は情報系学科 3 年生 5 名である。

4.2 実験の流れ

実験は図 9 に示した手順で行った。学習者はまず事

前知識の確認と線形探索を用いてアルゴリズムの基本的事項やオーダ記法についての学習を資料にて行う。続いて各文字列検索アルゴリズムはアニメーション教材および学習課題の操作を行い、問題に取り組む。最後に事後の理解度を調査した。



図9 実験の流れ

4.3 出題内容

各アルゴリズムの理解度を確かめるため、確認問題を出題した。表3に各アルゴリズムでどのような問題を出題したのかを示す。動作は検索する順番などの動作について自由記述をする。効率の問題はそのアルゴリズムにとって、効率良いあるいは悪いテキストやパターンの特徴を記述する。効率の問題はそのアルゴリズムの特徴を理解していないと解答できないと考えたため行った。ずらし表はずらし表の文字と数字の意味を記述する。ずらし表の問題はずらし表の数字によって検索位置が変更されることを理解しているかを確かめるために行った。時間計算量の問題はそのアルゴリズムの平均的あるいは最大時間計算量はどのような値となるか、またその理由を記述させた。

表3 出題内容

アルゴリズム 出題内容	力任せ	KMP	BM
動作	出題	出題	出題
効率の良い場合	出題	出題	出題
効率悪い場合	出題	出題	出題
ずらし表		出題	出題
平均的な時間計算量			出題
最大時間計算量	出題		出題

4.4 実験結果と考察

この章では文字列検索アルゴリズムごとに結果をまとめ、考察を行う。各問題の評価は3段階とし、未解答や的外れな解答は×、抽象的な解答や不足している解答は△、具体的な解答は○とする。

4.4.1 力任せ法の解答結果と考察

力任せ法の問題の結果を表4に示す。力任せ法の動

作の結果ではすべての学習者が「テキストとパターンの最初の文字を比べて同じ文字ならば2文字目も照合するが違う場合は一文字パターンを右にずらして再度最初から照合していく」のような解答をしていたため、アルゴリズムの動作などの表面的な知識の理解度は向上したといえる。

効率に関する問題は「テキスト ababaabbacab パターン cab の様にテキスト内で出現数が少ない文字がパターンの先頭にくるもの」などの効率に関わる点に触れている解答をしていた学習者を○と判断した。学習者Cのみ「宝くじのような紙に書かれている文字や数字を照合して抽選するときなどに時間短縮としての効果がある」のような的外れな解答をしていたため、×とした。学習者Cのみ不正解だったが他の学習者がすべて○であったため、理解度は向上したといえる。また問2、問3で○と評価した学習者の大半が効率について説明する際に、用意した文字列を例にして説明していたため、この文字列は効率の理解度向上に効果があると判断した。

時間計算量は大半の学習者が未回答であったため、理解させることができなかったと判断した。

表4 力任せ法の解答結果

問題 \ 学習者	A	B	C	D	E
動作	○	○	○	○	○
効率の良い	○	○	×	○	○
効率の悪い	○	○	×	○	○
最大時間計算量	○	×	×	×	×

4.4.2 KMP法の解答結果と考察

KMP法の問題の結果を表5に示す。KMP法の動作の結果ではすべての学習者の解答を△と判定した。すべての学習者が2.1.3で述べたKMP法の特徴であるテキスト内の照合開始位置が変更される点に触れた解答をしていなかったため△とした。また、効率の良い場合の問題でもKMP法の特徴を踏まえた解答をした学習者がいない結果となった。原因としてアニメーションにおいて、テキスト内の照合開始位置が変更されることよりもパターンが大きく動くことを注視してしまっただけのため、学習者に特徴が伝わらなかったと考察した。一方効率の悪い場合の問題では「パターン内の文字列がテキスト中に何度も出現しないとき、KMP法

の探索の省略が行えないため効果が低いと考えられる」のような○の解答をした学習者が4人いた。正答が多い理由として効率の悪い場合では力任せ法と同じアニメーションをするため、効率の悪い場合のほうが理解しやすいと考察した。

ずらし表については「パターン文字列との比較時点で直前までに何文字一致していたかという意味」のようなずらし表の求め方を理解している学習者は見られたが、ずらし表に応じて次の比較再開位置を決めるといふ解答をしていた学習者がいなかったため、アニメーションの見せ方や学習内容を改善する必要があると考察した。

表4 KMP法の解答結果

問題 \ 学習者	A	B	C	D	E
動作	△	△	△	△	△
効率の良い	△	△	×	△	△
効率の悪い	△	○	×	○	○
ずらし表	△	×	△	×	△

4.4.3 BM法の解答結果

BM法の解答結果を表5に示す。BM法の動作の結果では「後ろから照合をすること」という点はすべての学習者が記述していたが、「不一致の時にずらし表の数字に応じてパターンをずらすこと」という点を記述している学習者はいなかったため、問題の表現の仕方や学習課題の内容を考える必要があると考察した。

効率に関する問題は「文字の種類が多い場合、不一致が起こる確率が高いため、パターンの文字数分ずらせる」という文字の種類数によって効率に変化する点を記述している学習者がEのみだったこと。また「パターンの文字列を比較的長くする」などの解答を△とし、パターンの長さに着目した解答をする学習者が多くいたため、改善が必要であると考察した。

ずらし表の問題については「パターンの末尾からの距離に応じて決まる」というずらし表の求め方を解答している学習者を○とした。しかし、学習者B、Eについては未回答であったため、ずらし表を考えさせる学習課題が必要であると考察した。

時間計算量は力任せ法の段階で理解させることができていないため、未回答が多い結果となった。学習者Aは平均的な時間計算量は○だったが事前知識を確

認した際に時間計算量について答えていたため、正答したと考えた。学習者Cは時間計算量を正しく答えていたがアニメーションの操作ログから学習課題の操作が足りない点があったこと、事前知識は無かったことを考慮し、正しく学習できていないと判断したため△とした。

表5 BM法の解答結果

問題 \ 学習者	A	B	C	D	E
動作	△	△	△	△	△
効率の良い	△	△	×	△	○
効率の悪い	○	△	○	△	○
ずらし表	○	×	○	○	×
平均的な時間計算量	×	×	△	×	×
最大時間計算量	○	×	△	×	×

5. まとめと今後の課題

アルゴリズムの動作などの表面的な知識や効率に関する知識は不足している解答やアルゴリズムの特徴を踏まえた内容で解答している学習者が少ないため、十分に理解させることができなかったと判断した。また時間計算量の理解は力任せ法の段階で躓いている結果となった。そのため再度階層分析を行い、学習内容や組み立てを考え直すことや出題する問題の内容をより具体的にするなどの改善が必要がある。

参考文献

- (1) 古川勝康, 井上勝行, 魚井宏高, 首藤勝: “制御の流れに重点をおいてアルゴリズム学習を支援するシステムの構想”, 電子情報通信学会技術報告, pp159-166(1997-03-15)
- (2) 下川輝, 仲林清: “アルゴリズムの特徴理解を促すアルゴリズムアニメーションと学習課題の分析”, 教育システム情報学会第43回全国大会論文集, pp45-46(2018)
- (3) 稲垣忠, 鈴木克明: “授業設計マニュアル ver.2 教師のためのインストラクショナルデザイン”, 北大路書房(2015)
- (4) 大森克志, 木村春彦, 広瀬貞樹: “アルゴリズムの基礎”, 共立出版株式会社(1997)

発達障害者の多様なニーズに対する非侵襲性を考慮した 光学式ウェアラブル心拍測定情報を用いたボランティア支援

永森 正仁^{*1}, 中村 秋菜^{*1}, 今井 健太^{*1}, 福田 実和子^{*1}, 塩野谷 明^{*1}, 三宅 仁^{*2}

^{*1} 長岡技術科学大学 ^{*2} 立川メディカルセンター

Volunteer Support using Optical Wearable Heart Rate Variability Measurement Information Considering non-Invasiveness for Various Needs of Developmental Disorder

Nagamori Masahito^{*1}, Nakamura Akina^{*1}, Imai Kenta^{*1}, Fukuda Miwako^{*1}, Shionoya Akira^{*1}, Miyake Hitoshi^{*2},

^{*1} Nagaoka University of Technology ^{*2} Tachikawa Medical Center

We are developing an e-portfolio system to support intentions with rational considerations. The feature of the system is to use heart rate information as an objective judgment material of stress for activity participation in environmental factors of ICF-CY which is a subjective judgment material of situation. Taking into account the non-invasiveness to various needs in obtaining this heart rate information, we examined the routine measurement method in activity participation and tried the practice about the objective feedback of the target person for the subjective support of volunteers.

キーワード: ICF-CY, 発達障害, 非侵襲性, ウェアラブル端末, 心拍変動, ボランティア支援

1. はじめに

2016年4月, 障害者差別解消法が施行され, 大学等を含む教育機関において合理的配慮の提供が義務化された. これにより, 発達障害を含む, 障害がある者に対する合理的配慮の提供が行政機関で義務付けられた. 合理的配慮の提供は原則として, 障害のある学生自身から社会的障壁の除去を必要としている旨の意思表示が支援の出発となる. しかし, 発達障害学生は障害の特性上, 適切な自己認識に困難があることから配慮が必要と思われる場合でも, 本人から配慮への要請を期待することは困難である. この合理的配慮における真正な合意形成と, 意思表示の支援のため eポートフォリオ・システムを開発してきた⁽¹⁾⁽²⁾.

システムの特徴は, 状況の主観的な判断材料である ICF-CY の環境因子における活動参加に対し, ストレスの客観的な判断材料に心拍情報を用いることにある. この心拍情報の獲得に, 多様なニーズに対する非侵襲性を考慮し, 活動参加における日常的な測定方法を検討, ボランティアの主観的支援に対する対象者の客観的フィードバックに関する実践を試みたので報告する.

2. システム

下記に使用したシステムの特徴を列挙する.

- 1) 蓄積における継続性: 近年普及が進んでおり日常生活に導入しやすいウェアラブル心拍情報測定端末, モバイル端末を用いる. これにより, ストレス因子に対する客観的情報として心拍変動の継続した蓄積を可能にする.
- 2) 入力における容易性: 自身の内部感情・内部感覚を簡単に表現でき, その簡便さから感性表現の分類にも広く使用されているオノマトペをアイコンとして用いる. これにより, ストレス因子に対する主観的情報の入力が容易となり日常的蓄積を可能にする.
- 3) 出力における視認性: ストレス因子に対する主観的情報であるアイコンを ICF-CY の構成要素である個人因子と適応させ, 環境因子での活動・参加における快・不快と定義し蓄積する. これにより, 蓄積したストレス因子の出力を明確化し振り返りを促す.

図1にシステムのデータ構造とイメージを示す.

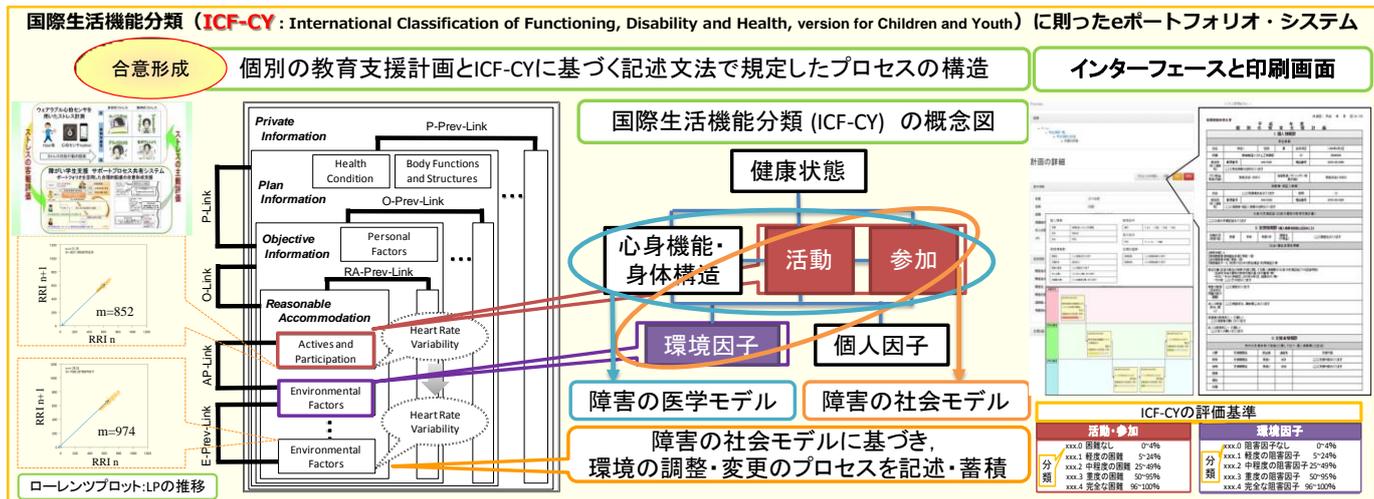


図 1 客観情報として心拍変動情報を用いる e ポートフォリオ・システムのデータ構造とイメージ

3. 実践

ストレスの客観的な判断材料としての心拍情報の有用性の評価として、先ず仮想環境での、時計型のウェアラブル心拍情報測定端末を用いたストレス傾向の測定を行い、本稿における適合性を確認した。次に、発達障害を持つ対象者が支援者にサポートを得ながら行う就労体験（労働）およびパソコン教室（余暇）の活動を日常生活と想定し、実践的な環境で5ヶ月間の継続的な検証を行った（図2参照）。

その結果、ストレス因子に対する客観的情報の記録である心拍変動の推移と、主観的情報の記録であるICFに則ったアイコンが一致傾向にあることを確認した。また、システムの利用が対象者に負担がなかったこと、および、蓄積情報が支援者であるボランティアらのサポート方針の決定にとっても有効であることが毎回のヒアリングからも確認できた。これらの評価から、対象者の日常的な活動・参加におけるシステム運用の実用性があることが明らかになった。

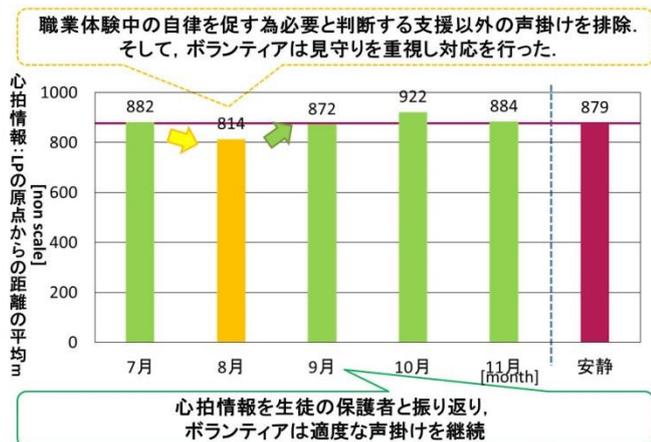


図 2 心拍情報を用いた振り返りによる認知支援

4. おわりに

採用した心拍情報は、すべての対象者の困り感を反映するとは言い難いが、あいまいな心拍情報や直感に頼った蓄積が、日常の困り感に対する指標として生徒自身の自己認識の助けになることが実践から確認できつつある。このような対象者の意思表示への支援は、支援者やボランティアを含む真正な合意形成を目的とした情報共有への支援に繋がり、合理的配慮の推進が期待できる考える。

また、実践によりシステムに蓄積された電子データを、個人情報排除した事例として共有することで、合理的配慮の合意形成に関する科学的な分析に用いることが可能な基盤データの収集が期待できる。この基盤データの分析により、ボランティアやピアサポーター、そして、新規参加者に対する支援を継続することにより、より建設的な合理的配慮に対する新規な知識創出を期待するしだいである。

謝辞

システムの先駆的な使用をお受け入れくださった「ぷれジョブながおか」の皆様と、実際にお使い頂いた生徒の皆様がこの場にてお礼を申し上げます。

参考文献

- (1) 永森正仁, 森本康彦, 植野真臣, “個別の教育支援計画” e ポートフォリオの作成支援システムの開発,” 電気学会研究会. IS, 情報システム研究会 (50), 13-17, 2010.
- (2) 永森正仁, 安藤雅洋, 若林敦, 原信一郎, 塩野谷明, 三宅仁, “ICF-CY に則った e ポートフォリオを基礎的環境整備としたピアサポートの実践 ~高等教育におけるアクティブ・ラーニングを目指した多様性に配慮可能な教育環境整備への試み~”, AHEAD JAPAN 2018, 全国高等教育障害学生支援協議会, 2018.

PC カメラ映像を利用した学習状態推定手法に関する研究

長谷川 忍^{*1}, 平子 温^{*2}, 卯木 輝彦^{*3,*4}

^{*1} 北陸先端科学技術大学院大学 情報社会基盤研究センター

^{*2} 北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科

^{*3} IMAGICA GROUP, ^{*4} フォトロン

A Study on Learning State Estimation using PC built-in Camera

Shinobu Hasegawa ^{*1}, Atsushi Hirako^{*2}, Teruhiko Unoki ^{*3,*4}

^{*1} Research Center for Advanced Computing Infrastructure, JAIST

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

^{*3} IMAGICA GROUP, ^{*4} Photron

The purpose of this research is to estimate learners' states, such as difficulty, interest, fatigue, and concentration, to their learning tasks through the built-in camera on the laptop/tablet PCs. We did an experiment which joined 19 learners, took the videos of facial expression in learning, and got parameters like emotion, eye gaze, head pose, face rectangle, mouse status, etc. using a vision library, Face++. We finally developed a neural network from the gathered parameters and compared the average accuracy of prediction by some traditional machine learning methods. The results show the potential of the proposed method and improvement plan from the accuracy point of view.

キーワード: PC カメラ, 学習状態推定, ニューラルネットワーク

1. はじめに

ICT 活用教育の特徴の一つとして、非同期の e-learning や講義中の実習を通じたアクティブラーニング等といった、学習者それぞれの主体的な学習活動が重視される点が挙げられる。こうした self-directed(主体的)/self-regulated(自己調整)な学習環境では、学習者がそれぞれのペースで学習を行うことで学習プロセスが個別化されるため、個々の学習者の学習活動に対する意欲や取り組み方、理解状態などを把握しながら適切な教育的支援を行うことは容易ではない。一方、こうした ICT 活用教育における学習用端末として一般に利用されるノート/タブレット PC の大部分にはカメラが標準で内蔵されているが、遠隔会議等の特定の用途のみでしか活用されていないことが現状である。

本研究の目的は、こうした主体的学習活動において利用されるノート/タブレット PC に内蔵されているカメラの映像を活用して、学習プロセスにおける学習者の状態を分析するためのプロトタイプを開発することである。本研究における学習状態とは、学習時のタ

スクに対して学習者が感じる難しさや興味、疲労度、集中度などを指し、学習者と学習環境の間で時系列に従って変化する心的状態であると捉える。こうした学習状態を推定することは、e-learning 等の学習活動における質の高い学びを支援する上で重要であり、本研究では、PC 内蔵カメラ映像という外的状態からいかに学習状態を推定できるかがポイントとなる⁽¹⁾。

2. 関連研究

学習時の学習者の状態/行動全般を推定する手法としては、以下のように様々な研究が行われてきた。

1. 姿勢情報の利用：Yokoyama らの USB カメラ映像から学習者の机上姿勢を判定し、その時系列データに基づいて意識状態を推定する手法⁽²⁾や、手塚らの圧力センサや距離センサを用いた姿勢計測による e-learning 受講者の行動推定手法⁽³⁾、山本らの Kinect を用いた頭と手の 3 次元座標から学習者の行動を推定する手法⁽⁴⁾など。
2. 視線情報の利用：坪倉らのアイカメラによる視線

行動に基づく学習者の習熟度把握手法⁽⁵⁾や、講義中の受講者の撮影映像から受講者が前を向いている比率を特徴量として講義への関心度を推定する手法⁽⁶⁾など。

3. 映像に基づくエンゲージメントの推定：Grafsgaard らの Web カメラと Kinect カメラによる PC 前の学習者の顔動作符号の推定に基づく感情やパフォーマンスとの関係づけの調査⁽⁷⁾，Whitehill らの Web カメラによる iPad 上の認知スキルトレーニングにおける SVM による推定⁽⁸⁾，など。
4. その他のセンサ情報の利用：竹花らの脳波計や脈波計などから収集した生体信号による心的状態の推定⁽⁹⁾や，李らの腕に装着するモーションセンサを利用した学習活動の推定手法⁽¹⁰⁾など。

本研究では市販のノート/タブレット PC を活用した主体的な学習プロセスにおいて，追加コストなしで利用可能な PC 内蔵カメラの映像ストリームを用いるアプローチを採る。また，学習者のエンゲージメントは，学習内容や作業負荷等によって時々刻々変化するため，ある瞬間の学習者の状態を推定するだけでなく，状態の変化をきっかけとして近い将来の学習意欲の増減を予測したり，同様の傾向を持つ学習者群をグルーピングしたりするといったことが期待される。本研究では，こうした学習中の映像ストリームに対する時系列データの分析・推定を実現するために準備したデータセットについても報告する。

3. データ収集

学習中の顔映像から学習者のエンゲージメントを推定する研究はいくつか存在しているが，ベンチマークとなるデータセットは存在していない。そこで本研究ではまず推定を行うためのトレーニングデータおよびテストデータとして利用するデータセットの収集を行った。

3.1 CAB テスト

本研究では学習課題として，日本エス・エイチ・エル社製の就職試験問題 CAB の「法則性」模擬問題⁽¹¹⁾を使用した。この問題はある法則性に基づいて並んだ 5 つの図形の内，1 つだけ欠けている物があり，これを残り 4 つの図形から法則性を予想して合致する図形を

5 つの選択肢から選ぶという課題である。この例題を図 1 に示す。

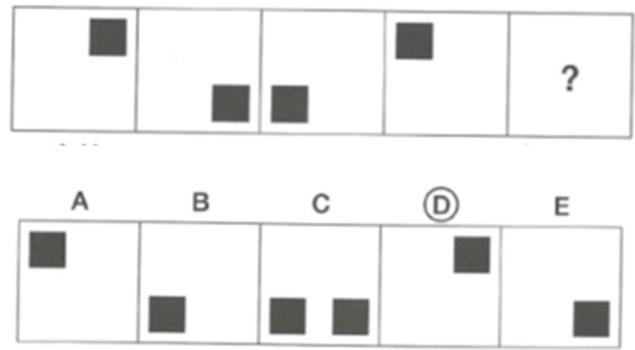


図 1 CAB テストの例⁽¹¹⁾

この課題の選定理由は以下の通りである。まず表情から心的状態に関連する特徴量を時系列的に抽出するという性質上，事後アンケートで収集する学習状態について時系列の単位が長すぎると実験協力者が正常に思い出せない可能性があり，逆に時系列の単位が短すぎれば実験協力者の負担が重くなりすぎることが考えられる。CAB の法則性問題は，他の「暗号」や「命令表」，「暗号解読」等の CAB 問題と比較して問題毎の回答時間のばらつきが少なく，SPI 等の模擬試験と比較して回答時間が長すぎないことが挙げられる。

さらに，他の問題は 1 つの出題に対して問が 3 つ有るなど，アンケートにおける問題の指定において混乱が生ずる可能性があった。例えば，CAB の暗号解読問題では，ある図形を変形する系統図に対してその系統がいかなる処理を行っているかを推測し問いに回答するが，1 つの系統図に対して 3 つの問いが存在するため，問題全体に対する難易度と，それぞれの問いに対する難易度が混同されやすいという課題があった。

3.2 データ収集の手続き

本研究におけるデータ収集の手続きは以下の通りである。

1. 実験協力者に実験の流れの説明
2. カメラ付きノート PC の前に着席
3. CAB 問題の低難易度の例題の回答
4. PC のインカメラを用いて実験協力者の顔を写した動画（以下，顔動画）と回答中の PC の画面を写した動画（以下，PC 動画）の撮影の開始
5. CAB 問題の回答（問題は全部で 30 問，制限時間を

- 12分とし、それ以降は残りの問題が有っても回答を終了)
6. 回答終了後、実験協力者にアンケートの説明
 7. 顔動画およびPC動画の撮影の終了
 8. 上記の手順4で回答した問題について、各問題と実験協力者の回答および正誤、正解と解説を見せ、各問題の「難しさ」「面白さ」「疲労度」「集中度」について1~5の5段階で評価

なお、本データ収集プロセスで用いた機材はLenovo製E560ノートパソコンであり、そのスペックは以下の通りである。

- CPU : Intel Celeron 3855U 1.60GHz
- RAM : 8 GB
- HDD : 1 TB
- モニタ : 15.6型フルHD
- Webカメラ : 2Dカメラ搭載

3.3 動画データからのパラメータ抽出

3.2節で取得した顔動画から学習者の心的状態を推定するにあたって、動画像を直接利用するにはトレーニングデータが不十分である。そこで、機械学習のための素性をいかに抽出するかは重要な課題である。本研究では、既存の顔画像認識ライブラリを利用してパラメータを抽出することとし、感情推定、視線、顔の向き、位置(画面に対するパーセンテージ)、眼鏡の有無、性別等のデータを抽出可能であったFace++⁽¹²⁾を利用することとした。顔動画からのパラメータ抽出手順を図2に示す。

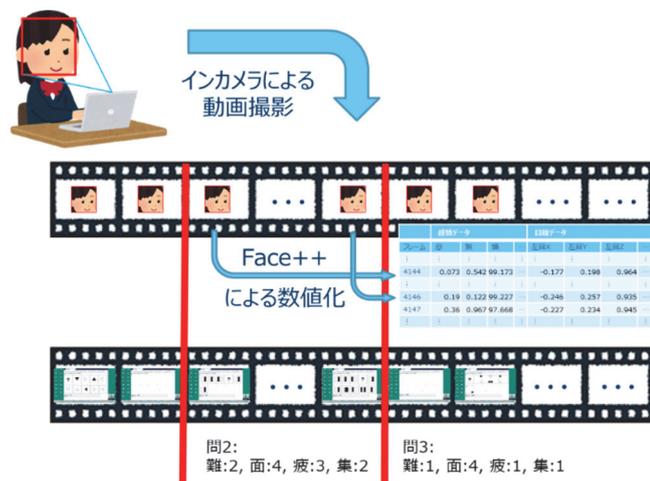


図2 顔動画からのパラメータ抽出手法の概要

1. 入手した顔動画フレームの静止画化
2. 手順1で得られた静止画に対してFace++によるパラメータの取得
3. PC動画から実験協力者が各問題を解いているフレームを計測
4. 手順3で得られたフレームを元に顔動画における各問題回答時のフレームのデータセットに分解
5. 手順4で得られたデータセットをアンケートと紐づけ

3.4 データ収集

実際のデータ収集は2018年6月~2018年12月の間に実施した。実験協力者として19名(男性13名、女性9名、年齢20~46歳)が参加した。動画フレームに顔が写っていない等の理由でFace++による分析が行えなかった表情データや、アンケートが未回答のデータ等を削除した結果、表情データとアンケートの有効なデータセットとして「難しさ:453問」「面白さ:453問」「疲労度:452問」「集中度:285問」を得た。

4. 推定モデルのプロトタイプ開発

4.1 開発環境

本研究では、分析モデルのプロトタイプ開発を行うライブラリとしてTensorFlow⁽¹³⁾とKeras⁽¹⁴⁾を使用した。TensorFlowはニューラルネットワークの設計において高い自由度を持つことが特徴である。Kerasはそれ単体が機械学習を行うライブラリではなく、TensorFlowやTheanoといった別のライブラリ上で動作するもので、下位のライブラリに渡すコードが関数としてまとめられている。このため、ニューラルネットワークを構成する上で簡便な記述で済み、画像分析を意識した関数を多数備えている事から汎用性が高いという理由で採用した。

4.2 ニューラルネットワークによる推定

ニューラルネットワークとは、人間の脳神経系の働きを数理モデルにしたもので、同様の動作を行わせることで人間と同じような問題解決能力をもたせようとするものである⁽¹⁴⁾。具体的には、複数の入力値に対して重み係数を掛けた合計値を計算し、この合計値が閾値を超えたときに出力するパーセプトロンと呼ばれる

関数をネットワーク状に組み合わせたものをニューラルネットワークと呼ぶ。近年では、ニューラルネットワークの技術を拡張した DNN (ディープニューラルネットワーク・深層学習) や CNN (畳み込みニューラルネットワーク) などの技術により、従来分類が困難だったデータも分類ができるようになったことで注目を集めている。

第3章で得られたデータをニューラルネットワークに学習させるに当たり、入出力の数を一致させる必要がある。実験協力者のそれぞれの問題にかかる回答時間は異なるため、得られたデータは実験協力者と問題毎に異なっている。そこでここでは、1問の回答に含まれる全てのフレーム内データの各系列(表情の怒りの成分の数値や目線のX方向の数値など)に対して「平均値・分散値・最低値・最高値」の4つの統計値を取ることで1個の入力データに圧縮した。最大値や最小値を利用したのは、驚きや嫌悪などの一瞬しか現れない表情だと平均値に反映されにくいいためである。また、分散については、例えば目線が左右に繰り返し動いている状態と目線が中央から全く動いていない状態では、双方とも目線の平均値が中央になってしまい区別がつかないためである。

次に、圧縮後のデータをそのままニューラルネットワークに用いた場合、ニューラルネットワークで使用する活性化関数の関係上、極端な値の振れを起こしてネットワーク内の各ノードの振る舞いが単純パーセプトロンのような動きになり学習を阻害する恐れがある。そのため、圧縮後のデータにおける各系列に対して、図3に示すような正規化を行った。



図3 データ正規化の例

本研究では以下のような条件で NN (ニューラルネットワーク) の学習を行った。

- 入力層ノードは 83 個 (入力データの次元と同数)
- 隠れ層はシグモイド関数を用いノードは 83 個 (入

力データの次元数と同じ)

- 出力層はソフトマックス関数を用い、ノードは 5 個 (5 段階評価に合わせて)
- 学習率は 0.2
- 隠れ層の層数を 0~5 層に変更
- 30 個をランダムにテストデータとして抽出し、残りをトレーニングデータに割当
- 抽出テストデータは 50 回変更し、テストデータごとの正解率の平均値を算出

NN における Confusion Matrix を図 4 に示す。ここでは正解を青色、不正解のうち推定値が 1 違いのものを黄色、それ以外の不正解を赤色に着色している。

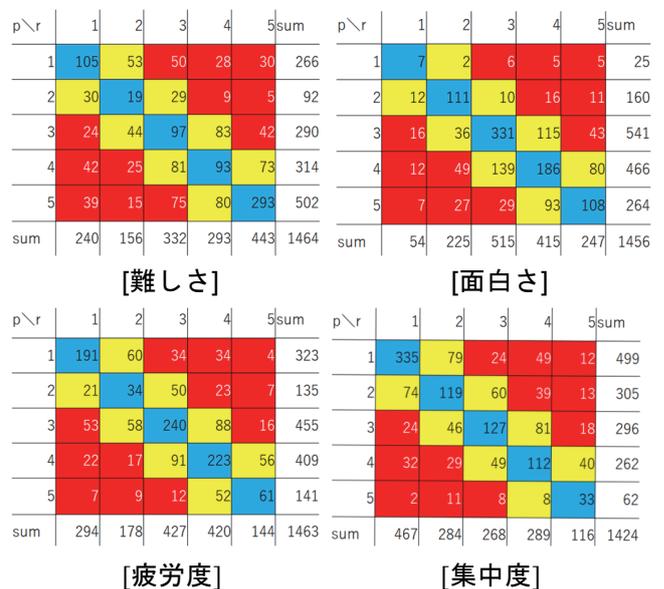


図4 NN 条件における Confusion Matrix

加えて、SVM (サポートベクターマシン) と KNN (k 近傍法) を用いて同一のデータセットからアンケートデータを推定した際の正解率を比較したものを表 1 に示す。この 2 法についても、テストデータの抽出をランダムに 50 回行い、各テストデータの正解率の平均値を比較した。また、KNN 法では K 値 (近傍回数) を 1~199 まで変化させ、最も高い平均正解率を比較の対象とした。

表 1 各手法の平均正解率の比較

手法	難しさ	面白さ	疲労度	集中度
NN	0.42 (隠れ 2 層)	0.55 (隠れ 0 層)	0.52 (隠れ 2 層)	0.51 (隠れ 0 層)
SVM	0.32	0.50	0.42	0.52
KNN	0.38 (k=4)	0.53 (k=18)	0.51 (k=1)	0.66 (k=1)

表 1 より、「集中度」以外は NN が最も高い平均正解率となっている。また、NN においてはすべて隠れ層 2 層以下という特徴が見られた。

4.3 統計的手法による分析

4.2 節にて述べた正規化済み表情データの各系列に対して、アンケートデータとの関連性を分析するために、MIC(Maximal information coefficient)⁽¹⁵⁾を用いて非線形相関係数を算出した結果の概要を表 2 に示す。

表 2 MIC による非線形相関係数の概要

難しさ	MIC > 0.3	—
	MIC > 0.2	怒り, 恐れ, 右目線 X 軸, 右目線 Z 軸, 左目線 X 軸, 左目線 Z 軸, 顔の幅, 顔の高さ
面白さ	MIC > 0.3	右目線 Z 軸, 左目線 X 軸, 左目線 Z 軸
	MIC > 0.2	不快さ, 驚き, 恐れ, 右目線 X 軸, 右目線 Y 軸, 左目線 Y 軸, 顔の幅, 顔の高さ, 頭部ピッチ, 頭部ロール, 頭部ヨー, 閉口
疲労度	MIC > 0.3	—
	MIC > 0.2	怒り, 幸せ, 右目線 X 軸, 右目線 Y 軸, 右目線 Z 軸, 左目線 X 軸, 左目線 Y 軸, 顔の幅, 顔の高さ, 頭部ピッチ, 頭部ロール, 頭部ヨー, 閉口, 他の口
集中度	MIC > 0.3	右目線 Y 軸, 右目線 Z 軸, 顔の幅, 顔の高さ
	MIC > 0.2	悲しさ, 無表情, 不快さ, 驚き, 幸せ, 右目線 X 軸, 左目線 X 軸, 左目線 Y 軸, 左目線 Z 軸, 頭部ピッチ, 頭部ロール, 頭部ヨー, 閉口, 他の口

表 2 より、全ての心的状態に対して、目線の項目に関する弱い相関係数が確認されている。このことから、より精度の高い予測を行うためには、目線のデータを重視すべきであると考えられる。

4.4 考察

機械学習の分野、特にニューラルネットワーク関連の研究においては使用するデータは何万個単位である場合が多い。本研究において入手したデータは約 30 万個であるが、問題数の観点からは 453 個に過ぎない。この課題の解決策としては、調査の内容を専用の Web アプリなどを開発して自動化し、インターネットを通じて協力者を募るなどして幅広くデータを集めることなどが考えられる。ただし後述のデータの質の問題と引き換えになることに留意しなければならない。

今回の実験を通じて、アンケート項目の定義や基準に対する質問があったから改善が必要である。特に課題となるケースとして、アンケートにおける難しさの項目は調査協力者の主観による難しさを表現するものを想定していたが、ある協力者は回答開始前に見せる低難易度の例題を基準として難易度の判断を行っていた。このような課題を防ぐためには、アンケートの項目について、用語の定義を更に厳密化することや、実際にアンケートに回答する際の例示を準備するなどして回答基準の個人差をできるだけ小さくすることが必要である。

また、アンケートの回答時の心理状態と実際の回答中の心理状態に差がある可能性も考えられる。本研究では全ての CAB 問題を回答した後にそれを思い出しながらアンケートを書くこととなっていたが、この際、思い出す為の補助として見せていた回答や解説が無意識下で記憶に影響を与え、記憶が変質した可能性がある。例として、調査協力者が回答中にある問題を難しいと感じたが、アンケート回答中に解説を見たことでアハ体験を起こし、この結果難易度の低い問題と誤認してしまい、これが無意識下で行われるため後の聞き取りでも発覚しないというものである。調査の方法をアンケートではなく聞き取りにし、調査協力者が中立的な聞き取り調査の手法について技能を持つことでこの問題を解決できるとしているが、これは調査にかかる労力との兼ね合いを考慮する必要がある。

正答と予測を組み合わせた Confusion Matrix により、表情からアンケート結果を正しく推定できなかったデータであってもその誤差範囲が 1 である「惜しい」データが多く、完全に予測ができていないわけではないことが明らかになった。また、本研究ではニューラル

ネットを用いたアンケートデータの予想において、ニューラルネットワークの出力層にソフトマックス関数という離散的なクラス分類に用いる関数を使用しているが、これを連続的な出力にした場合予測と正答の誤差が縮まるのではないかと考えられる。しかしながら、いかなる出力層・活性化関数が適当なのかという問題と、出力が連続値の場合、単純に正解・不正解を区別することが出来ないため、いかなる方法によってモデルの精度を評価したり、他の機械学習手法と比較したりするかという問題が有り、定性的・定量的な評価基準を新たに開発しなければならない。

本研究では、NN の出力層にソフトマックス関数を用い5クラス分類問題として解いている。前述した通り、誤差範囲が1である「惜しい」データが多いことから、クラス分けを減らすことで相対的に正解率を上げることが可能である。本来の目的である学習者の心的状態の変化のタイミングを検出することが目的であれば、その変化の程度を厳密に測定する必要はなく、3クラス程度でも効果が期待できると考えられる。

5. おわりに

本研究では、学習中の表情のデータから学習者の心的状態を推定するという目的を達成するため、学習状態と表情には一定の関係性があるという仮定の元、調査協力者19名に対し、CAB模擬問題をPCで解いてもらい、その作業中の表情とPCの画面を動画で撮影した。CAB模擬問題の回答終了後に各問題に対しての「難しさ」「面白さ」「疲労度」「集中度」といった学習状態に関係・影響すると思われる4つの項目についてアンケートを取り回答を得た。

このようにして得た表情のデータとアンケートのデータに対し、ニューラルネットワークを用いて表情のデータからアンケートのデータを推定することができるかを実験した。その結果、それぞれのアンケート項目が推定出来ているかどうかの指標となる正解率はそれぞれの項目の最大値で「難しさ:0.41」「面白さ:0.55」「疲労:0.522」「集中度:0.505」であった。

今後の課題としては、推定のためのデータセットを増やすとともに、時系列データを活用した推定手法を適用することが考えられる。RNN(Recurrent Neural

Network・再帰ニューラルネットワーク)は、隠れ層において過去に入力されたデータを記憶し、不正解時の勾配(修正量)の計算を遡って行うことで時系列的なデータの予測・分類が可能なニューラルネットワークの一種である。RNNの特徴として「時系列データの分類ができる」事と「入出力の数が一致していなくても良い」という特徴がある。この特徴は自然言語処理において文章を入力して分類や連続する文書の生成をさせたり、音声解析において各周波帯の音の大きさを入力として音声認識や続く音声の予想をさせたりするなどの形で利用されている。RNNに対して4.2節で加工する前のデータが動画の連続したフレームという時系列なデータであるため、これをそのままRNNに入力することでアンケート結果を予想することができると期待される。そこで、本研究ではRNNの一手法であり、過去の入力値を隠れ層に記憶することで時系列的予測を行うとともに、LSTMの入力・出力・忘却を1つに統合して簡易化した手法であるGRU(Gated Recurrent Unit)を利用して推定を行うことを検討している。

参考文献

- (1) 長谷川 忍, 卯木 輝彦: PC 内蔵カメラを利用した学習者のエンゲージメント分析に関する検討, 2018 年度人工知能学会全国大会(第32回)講演論文集, 4H1-OS-9a-04, (2018).
- (2) N. Yokoyama, T. Yamaguchi, and S. Hashimoto: "Care Giving System Based on Consciousness Recognition", Human Interface, Part I, HCI 2011, LNCS 6771, pp.659-668, (2011).
- (3) 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 28(6), pp.952-962, (2016).
- (4) 山本千尋, 天野直紀: "Kinect を用いた学習行動計測システムの研究", 情報処理学会第75回全国大会講演論文集, pp.585-586, (2013).
- (5) 坪倉篤志, 松原伸人, 林敏浩, 西野和典: "視線行動を用いた対話型学習環境における学習者習熟度: 対話型環境の構築と対話分解能", 電子情報通信学会技術研究報告 114(441), pp.33-38, (2015).
- (6) 村井文哉, 角所考, 小島隆次, 村上正行: "授業映像に基づく雰囲気認識のための基本特性と観測特徴量, 教育システム情報学会誌 32(1), pp.48-58, (2015).

- (7) 竹花和真, 田和辻可昌, 村松慶一, 松居辰則: "学習時における学習者の生体情報と心的状態の関係の形式化の試み", 人工知能学会研究会資料 SIG-ALST-B501-07, pp.34-39, (2015).
- (8) 李凱, 熊崎忠, 三枝正彦: "モーションセンサを用いた学習活動の状態推定手法の開発", 教育システム情報学会誌 33(2), pp.110-113, (2016).
- (9) Joseph F. Grafsgaard, Joseph B. Wiggins, Kristy Elizabeth Boyer, Eric N. Wiebe, and James C. Lester: Automatically Recognizing Facial Expression: Predicting Engagement and Frustration, Proceedings of the 2013 Humaine Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction, pp.159-165, (2013).
- (10) Jacob Whitehill, Zewelangi Serpell, Yi-Ching Lin, Aysha Foster, and Javier R. Movellan: The Faces of Engagement: Automatic Recognition of Student Engagement from Facial Expressions, IEEE Transactions on Affective Computing, Vol.5, No.1, pp.86-98, (2014).
- (11) SPI ノートの会, '20 必勝・就職試験! CAB・GAB 完全突破法!, 洋泉社, (2018).
- (12) Megvii Technology Inc, "Face++ Cognitive Services", <https://www.faceplusplus.com/>. (2019年4月8日確認)
- (13) Google, "TensorFlow の概要," <https://www.tensorflow.org/>. (2019年4月8日確認).
- (14) Keras, "Keras Documentation," <https://keras.io/ja/>. (2019年4月8日確認).
- (15) David N. Reshef, Yakir A. Reshef, Hilary K. Finucane, Sharon R. Grossman, Gilean McVean, Peter J. Turnbaugh, Eric S. Lander, Michael Mitzenmacher, and Pardis C. Sabeti: Detecting Novel Associations in Large Data Sets, Science Vol. 334, Issue 6062, pp.1518-1524, (2011).

Automated Test Maker の開発と実践への応用

住 政二郎^{*1}, 工藤 多恵^{*1}, キム・ジョリー^{*1}, ローラ・ヒューストン^{*1},
ケント・ジョーンズ^{*1}, ジョシュア・ウィルソン^{*1}
^{*1} 関西学院大学

The Development and Application of ATM

Sei Sumi^{*1}, Tae Kudo^{*1}, Kym Jolley^{*1}, Laura Huston^{*1}, Kent Jones^{*1}, Joshua Wilson^{*1}
^{*1} Kwansai Gakuin University

関西学院大学は、2014年に「スーパーグローバル大学創成支援」に採択され、英語教育の改革がはじまった。2017年度からは英語民間試験を活用した全学規模のプレイスメントテスト、習熟度別クラス編成、到達度テストが導入された。2021年度からは、全ての入学試験にて、英語4技能を評価し、出願資格とする方針が発表された。英語民間試験に準拠しながら学部横断的且つ縦断的に英語教育の成果を評価・検証する環境が整いつつある。しかし、解決すべき課題がある。各学部は専門性を踏まえた特色のある英語教育を行っており、その内容は英語民間試験の評価基準とは一致しない。この課題を解決するために、理工学部では、2015年度より、英語民間試験の内容と学部独自の教育内容の双方を加味しながら、英語教育の成果を客観的指標で評価・検証できる到達目標型英語教育の実現を目指し、自動テスト生成システム（Automated Test Maker, 以下 ATM）の開発と実践に取り組んできた。

キーワード: 大学英語教育, 外部英語試験, 到達目標型大学英語教育, テスト・プラットフォーム

1. はじめに

スーパーグローバル大学創成支援事業の採択以降、英語教育の外部環境は急速に変化している。その特徴は、英語民間試験に準拠する形で、各学部の英語教育に改革が加えられていることである。しかし、英語民間試験のような集団基準準拠テストと、学部独自の英語教育の成果を測る目標基準準拠テストとは、そもそも性格を異にするものである。2020年度からは、英語科目に関しては民間試験を併用した新しい大学入学共通テストがはじまる。学内でも2021年度から全ての入学試験にて、英語4技能を評価し、出願資格とする方針が発表された⁽¹⁾。今後、ますます、英語民間試験に準拠する形での英語教育の改革の外圧は高まるであろう。

理工学部では、こうした変化を見越し、英語民間試験と学部独自の英語教育の双方の内容と評価基準を加味しながら、英語教育の成果を客観的指標で評価・検証できる到達目標型英語教育の実現を目指し、ATMの

開発と実践に2015年度から取り組んできた。

2. ATM の開発

ATMは、「多肢選択問題」(Multiple Choice)、「読解問題」(Reading Comprehension)、「CAT」(Computer Adaptive Test)の3種のテストを自動的に生成することができる(図1)。

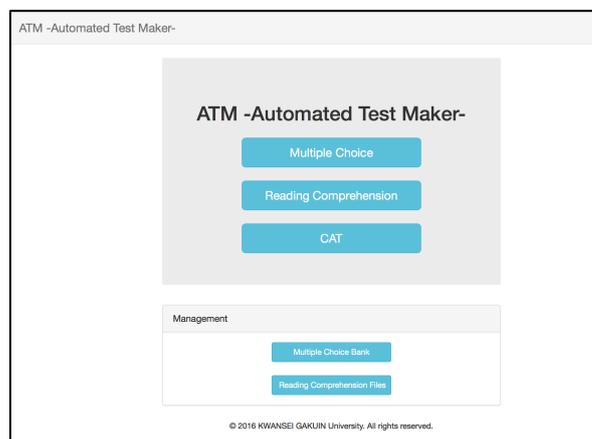


図1 ATM のログイン画面

2.1 多肢選択問題

多肢選択問題は、理工学部1・2年生の読解の授業で使う単語集をもとに、アイテムバンクの開発から行った⁽²⁾。出題形式は、TOEIC® Listening and Reading TestのPart 5を参考にした。現在、アイテムバンクには、約2,000問の問題項目がある。

開発した問題項目は項目分析を行い、学期毎に改善を加えている。分析は、古典的反応理論を使い行った⁽³⁾。また、ラッシュモデルの推定結果(outfit, infit)と合わせて改善を加えた⁽⁴⁾。

図2は、多肢選択問題の出力画面である。図2の①では、出題する多肢選択問題の数を1~100まで指定できる。②では、多肢選択問題の出題範囲を指定単語集の単語番号で指定できる。③では、多肢選択問題の出題範囲を指定単語集のParts 2~5から、または複数を組み合わせて指定できる。④では、共通項目の指定などを考慮し、特定の項目をカンマ区切りで指定できる。以上、上記①~④の機能を組み合わせ、約2,000問のアイテムバンクから自由に多肢選択問題をPDF形式で出力できる。

図2 英単語多肢選択問題の出力画面

2.2 読解問題

読解問題の開発は、指定教科書に準拠しながら行った。また、専任教員間で協議を行い、読解の授業で身につけるべき英語力について検討を加えた。

図3は、英文読解問題の出力画面である。①のデー

タベースより読解問題を選択し、②に追加して、③のボタンをクリックすることで、複数の素材を通し番号で連結し、解答と解答用紙を含む1つの問題として出力できる。

図3 英文読解問題の出力画面

2.3 CAT

CATは、受験者の正誤に応じて能力パラメータを推定し、能力パラメータに最適化された問題項目を自動的に出題できる。多肢選択問題の機能では、全員に同じ問題を提供する一方で、CATでは、学生の単語力に応じた問題を出題できる。

CATの開発には、ラッシュモデルを採用した。受験者の能力推定にはベイズEAP (expected a posteriori) 推定法を、項目選択にはフィッシャー情報量を用いた。ベイズEAP推定法(式1)は、受験者の回答パターンが全問正解あるいは全問不正解の場合でも受験者の能力の推定が可能で、推定作業も短時間で済むことからCATに適しているとされている⁽⁵⁾。受験者の能力値の分布には事前確率として標準正規分布を仮定した⁽⁶⁾。

$$\hat{\theta}_i = \int_{-\infty}^{+\infty} \theta_i g(\theta_i) L(u_i | \theta_i) d\theta_i / \quad (1)$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} g(\theta_i) L(u_i | \theta_i) d\theta_i$$

図4は、CATの出力画面である。①で問題数を指定し（初期設定30問、最大50問）、②で出題範囲を指定する。受験者の能力推定値の結果は、式2を使い線形変化し、KG.ELs（Kwansei Gakuin English Language Scale）として表示し、他の英語民間試験と対照できるようにした。

図4 CATの出力画面

$$KG.ELs = 50 \times \theta_i + 500 \quad (2)$$

3. 読解問題の開発

2019年度からは、読解問題の内容を充実させ、さらに精度を向上させる取り組みを行っている。読解問題はこれまで1年生用の問題しか存在しなかったが、2年生の読解問題開発にも着手した。読解問題の開発にあたっては、専任教員2名と英語母語話者の契約教員4名からなるチームを組織した。

読解問題の開発の際には、専任教員が中心となり、まず、問題カテゴリーを協議した。結果、以下、4種類の問題カテゴリーが決定した。

1. 主題に関するもの
2. 語彙・表現に関するもの
3. 内容理解に関するもの
4. 発展的内容に関するもの

次に、上記の問題カテゴリーに対して、それぞれタ

ーゲットとなる読解スキルと知識を定め、複数の設問タイプを設計した。読解問題を作成する際には、バランス良く設問が配置されることを意図し、また、統一された問題文を使うことにした。こうすることで、1年生から2年生まで、必修の読解の授業では、語彙・表現および内容のレベルはあげながらも、共通した読解スキルと知識を測定できるようにした。

4. 実践への応用と今後の予定

今後は、1年生と2年生の複数クラスで、多肢選択問題の事前テストと事後テストの実施を予定している。事前テストと事後テストの間では、ATMの多肢選択問題またはCATで出力した練習問題を授業で活用し、その効果を検証する予定である。

その他にも期末テスト等で読解問題を活用し、項目分析と困難度パラメータの推定を行う予定である。そして、将来的には、読解問題のCATの開発につなげていきたいと考えている。

読解問題に関しては、テストセットを出力する際に、KG.ELs換算で何点ぐらいのテストセットになるのかを表示できるようにしたいと考えている。こうすることで、GPAを採用しながらも、これまで不統一であったクラス間の評価基準を揃えることが可能になり、また習熟度別クラスにも、よりきめ細やかに対応することが可能になる。

テスト結果に関しても、従来のように、単にテストの結果、つまり、スコアだけをフィードバックするのではなく、KG.ELsを使うことで、学部独自の英語教育内での到達度を示すことができる。また、今後、データ量を増やすことで、KG.ELsの値から各種の英語民間試験のスコアを推定することも可能になる。こうすることで、学部独自の英語教育を行い目標基準テストの要件を満たしながら、集団基準準拠テストの情報も提供することが可能になる。

5. おわりに

英語教育を取り巻く環境は大きく変わりつつある。入試の抜本的改革、民間試験の入試への導入など、その背景には、客観的な指標で英語力を測ろうとする力学が通底する。その影響は、これまで比較的自由に行

われていた学部の英語教育にも及んでいる。民間試験を活用したプレイスメントテストや到達度テスト，こうしたテストと学部独自の英語教育との連携が求められるようになった。

本研究では，民間試験と学部独自の英語教育の内容を加味しながら，客観的指標で英語教育の成果を評価・検証できる到達目標型英語教育の実現を目指し ATM を開発した。英語科目は同一科目で複数クラスが開講されるという他の科目にはない特徴を持つ。同じシラバスと教科書を使いながらも，到達度を揃えることがこれまで極めて困難であった。ATM をテストプラットフォームとして授業の延長で活用することで，教員個々人で異なる授業アプローチを許容しながらも，到達度を客観的な指標で揃えることができるようになった。未だ実践への応用は部分的であり，不十分ではあるが，担当教員間でアイテムバンクを構築し，テスト項目の改善を続け，また，その結果を授業に還元する再帰的な授業改善サイクルを，ATM というテストプラットフォームを介して構築することができたことは，本研究の重要な一歩となった。

参 考 文 献

- (1) 2021 年度 入試改革基本方針について，https://www.kwansei.ac.jp/press/2018/press_20181015_020777.html (2019 年 4 月 5 日確認)
- (2) 河上源一：“カラー版 TOEIC テストに できる順英単語”，KADOKAWA，東京（2011）
- (3) 中村洋：“テストで言語能力は測れるか：言語テストデータ分析入門”，桐原書店，東京（2002）
- (4) 住政二郎：“ラッシュモデルの導出”，外国語教育メディア学会関西支部メソドロロジー研究部会 2012 年度報告論集，pp. 83-101（2012）
- (5) 村木英治：“項目反応理論”，朝倉書店，東京（2011）
- (6) 豊田秀樹：“項目反応理論 [入門編] 第 2 版”，朝倉書店，東京（2012）