# も　く　じ

**■開催日時：2020 年 3 月 14 日（土）**

**■テーマ：持続可能なプログラミング教育実践／一般**


1）小学校教員志望学生に対するプログラミング演習の試行----------1
○草場聡宏(西九州大学)，角和博(佐賀大学)，掛下哲郎(佐賀大学)

2）小学生によるゲームプログラミングでのテキスト型言語とビジュアル型言語の特徴比較----------7
○長谷部竜司(信州大学)，香山瑞恵(信州大学)

3）持続的なプログラミング教育のための教員支援に関する考察----------15
○中田充(山口大学)，鷹岡亮(山口大学)，藤本満士(やまぐち総合教育支援センター)，
森寛文(やまぐち総合教育支援センター)，葛崎偉(山口大学)

4）家庭での継続につながるような子ども向けプログラミングイベントの開催----------23
○松本章代(東北学院大学)，稲垣忠(東北学院大学)，菅原研(東北学院大学)

5）電気通信大学プログラミング教室における CPU の仕組みを学ぶ夏季集中講座の実践----------29
○島崎俊介(電気通信大学)，宮澤修(東京工業大学大学院)，安部博文(電気通信大学)

6）反転型のプログラミング授業におけるモブプログラミング導入の試み----------37
○山川広人(公立千歳科学技術大学)，上野春毅(公立千歳科学技術大学大学院)，
小松川浩(公立千歳科学技術大学)

7）学修データ収集システムの開発および子ども向けプログラミング教室における学修記録の分析----------43
○河野義広(東京情報大学)，河野由香(プログラミング教室 Candy)

8）プログラミング課題における進捗状況可視化手法の提案----------51
新村正明(信州大学)，○秋山直斗(信州大学)

9）情報処理基礎からデータサイエンス基礎へ
～パソコン操作リテラシー教育に求められる変遷へどのように対応するか～----------57
○森祥寛(国立大学法人　金沢大学)

10) 生物分野の学習における ICT 利用の可能性と課題----------61
○長嶋勇作(東洋大学附属牛久中学校高等学校), 徳竹圭太郎(東京工業大学)

11) スマートフォンを使用しながら双方向の授業を受けることが学習者に与える影響
ー高等学校理科における授業実践ー----------63
○宇宿公紀(東京都立瑞穂農芸高等学校)

12) e ポートフォリオを活用した個人内評価モデルに基づく評価支援システムの開発 ----------69
○間渕皓介(東京学芸大学), 佐藤隼明(東京学芸大学), 森本康彦(東京学芸大学)

13) 豊かな学びのデザインマップを活用した大学における授業実践と
e ポートフォリオとしての支援機能について ----------75
○鷹岡亮(山口大学), 加藤直樹(岐阜大学), 横山誠(エスブレイン), 上市善章(千葉県立佐倉高等学校),
芳賀敬輔(富士電機 IT ソリューション), 村松祐子(学研プラス)

14) 自己エスノグラフィによる AL 推進活動の「支援者」の分析----------81
○石田百合子(熊本大学大学院, 熊本大学), 平岡斉士(熊本大学),
松葉龍一(熊本大学), 鈴木克明(熊本大学)

15) AI を活用した初修中国語会話復習用アプリ教材の設計 ----------89
○趙秀敏(東北大学), 冨田昇(東北学院大学), 大河雄一(東北大学大学院), 三石大(東北大学)

16) 学習スタイルによるコースウェア型 CALL 教材利用評価----------95
○林俊成(東京外国語大学)

17) 情報系学生を対象とした文書作成力養成を目指した総合的なカリキュラムの評価----------103
○藤田悠(長野工業高等専門学校)

18) 造形要素への着目を促すための作品比較による美術鑑賞支援に関する検討----------109
○田窪梓(関西大学大学院), 田中孝治(金沢工業大学), 堀雅洋(関西大学大学院)

19) 問いのメタ認知を促す議論リフレクション支援システム----------115
○大野寛季(大阪府立大学大学院), 林佑樹(大阪府立大学大学院), 瀬田和久(大阪府立大学大学院)

20) 画像処理を用いたプレゼンテーションの振り返りを支援するシステムの開発----------123
○松下侑輝(鹿児島大学), 森裕生(鹿児島大学)

21) 地域連携での PBL 型授業の環境整備に関する一考察----------127
〇澤崎敏文(仁愛女子短期大学)

22) Web 配信講義ビデオを用いた事前学習でのオンライン・バスセッションの構想 ----------131
〇浅羽修丈(北九州市立大学), 斐品正照(東京国際大学)

23) 地方地域におけるライドシェアの発展可能性について----------137
〇櫻井翼(日本大学), 木川裕(日本大学)

24) 情報教育におけるプロジェクト型の学びの評価と可視化手法の検討----------143
山田雅之(星槎大学大学院), 〇近藤秀樹(九州工業大学), 遠山紗矢香(静岡大学),
大﨑理乃(産業技術大学院大学)

25) 事故体験により安全意識を向上させる運転シミュレーションのデザイン----------151
〇齊藤玲(電気通信大学大学院), 内藤弘望(徳島大学), 松浦健二(徳島大学),
柏原昭博(電気通信大学大学院), 石井隆司(三菱プレシジョン)

26) 小学校低学年児童ファーストでの ICT 教育導入の是非と課題----------155
〇山屋奈々子(日本大学), 木川裕(日本大学)

27) ヒューマンエラーの技術的減少可能性について----------159
〇林武範(日本大学), 木川裕(日本大学)

28) Pepper による学習者の理解状況に基づく応答・教授環境の実現 ----------165
〇高野勇人(東京工芸大学), 東本崇仁(東京工芸大学)

29) Web 調べ学習における学習シナリオの再構築支援 ----------169
〇森下夏暉(電気通信大学), 柏原昭博(電気通信大学院), 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)

30) 学習者の Web 調べ学習スキルに応じた演習問題生成----------177
〇萩原未来(電気通信大学大学院), 柏原昭博(電気通信大学大学院),
長谷川忍(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), 鷹岡亮(山口大学)

31) スラックラインを対象としたスキルサーバの設計・構築----------185
〇井上雄太(信州大学), 香山瑞恵(信州大学), 永井孝(ものつくり大学), 米窪彗(信州大学),
二上貴夫(東陽テクニカ, 信州大学)

32) AI チャットボットを活用した振り返り支援の設計 ----------193
○田中洋一(仁愛女子短期大学, 熊本大学大学院), 宮崎誠(帝京大学), 森本康彦(東京学芸大学),
山川修(福井県立大学)

33) Error-based Simulation (EBS) と概念マップを用いてメタ認知活動における
抽象化操作を促すシステムの開発と評価----------199
○久世泰成(東京工芸大学), 東本崇仁(東京工芸大学)

34) 理工系初年次「力学」履修者の誤概念保持の類型評価の試み----------205
○近藤隆司(大分大学), 後藤善友(別府大学短期大学部)

35) 数学問題における論理構造の可視化機能を用いた学習支援システムの開発----------207
○柴田大輔(東京工芸大学), 東本崇仁(東京工芸大学)

36) 集計前データの統計教育教材化の可能性----------211
○吉根勝美(南山大学)

37) 電子黒板を用いた授業において「教師が見える」ことによる効果に関する因果関係の検討----------215
○佐藤弘毅(名古屋大学)

38) 教職課程履修生の ICT 活用教育への理解を学校教員と比較した評価----------223
○内田瑛(青山学院大学), 湯浅且敏(青山学院大学)

39) 授業の到達目標の達成度評価と成績との関連性分析----------229
酒井浩二(京都光華女子大学), ○阿部一晴(京都光華女子大学)

40) グループディスカッションの遠隔指導支援に向けた映像分析の試み----------235
○髙田知裕(高知工科大学), 根子稚絢(高知工科大学), 卯木輝彦(フォトロン),
敷田幹文(高知工科大学)

# 小学校教員志望学生に対するプログラミング演習の試行

草場聡宏 [1)] 角 和博 [2)] 掛下哲郎 [3)]
西九州大学 [1)] 佐賀大学 [2),3)]

# A Trial of Programming Lesson for Prospective Elementary School Teachers

TOKIHIRO KUSABA[1)] KAZUHIRO SUMI[2)] TETSURO KAKESHITA[3)]
Nishikyushu University[1)] Saga University[2),3)]

2020 年 4 月から小学校でプログラミング教育が必修化される。現職の小学校教員に対する研修は実施されているが，将来教員となることを志望している学生に対して，大学の教職課程では小学校のプログラミング教育に対応したカリキュラムは整備されていない。著者らは教員を志望する学生に対して，プログラム作成経験について調査するとともに，教職科目の授業の一部に Code Studio を利用したプログラミング演習を取り入れ，小学校現場でのプログラミング教育に向けた演習を試行した。その結果,40%程度が「やや難しかった」と回答したものの，92%が「(とても)楽しかった」と答え，87%が「より高度な課題に取り組みたい」と回答した。さらに 82%が「現場で実践したい」と肯定的に回答した。

キーワード：プログラミング教育，小学校教育，教員志望学生，教職課程

## 1.はじめに

文部科学省は小・中学校の新しい学習指導要領を 2017 年 3 月に告示した。新小学校学習指導要領では「プログラミング教育」，「特別な教科道徳」，「外国語」の三つが大きな特徴である。小学校では 2020 年度から，中学校では 2021 年度からの完全実施に向けて，現在各学校などで移行措置が実施されている。「特別な教科道徳」は 2018 年度から完全実施された。また，教科としての「外国語」は従来の「外国語活動」実践を基盤として各学校で準備が着々と進んでいる。その一方，「プログラミング教育」については，全く新しい内容であるために教員の研修が必要なことに加え，学習用 PC の購入やネットワーク環境整備など多額の予算を必要とすることもあり，準備の遅れが心配されている。

文部科学省は，完全実施まで半年と迫った 2019 年 11 月 1 日現在で各教育委員会が所管する各小学校でのプログラミング教育に向けた取組状況，校内研修や模擬授業の実施状況についての調査(1)を実施した。全国の 73.5%で「実践的な研修」，または「授業の実践や模擬授業」が実践され，まだ研修や授業を実践していない学校においても 19.9%が「年度内に授業を実施予定」，5.7%が「研修を実施予定」と回答している。

## 2. 大学における小学校教員の養成

### 2.1 教職課程におけるプログラミング教育関連科目

これから小学校教員になろうとしている大学生に対する教職課程の状況はどうであろうか。草場が勤務する大学の教職課程において，小学校教諭一種免許状の取得を希望する学生は，国語，算数，社会等の各教科の「教科指導法」(各2単位)が必履修である。これらの科目の中で「情報機器及び教材の活用を含む」内容を学習する。(幼稚園教諭一種免許状に関しては「保育内容指導法」において同様)。「算数科指導法」を例にすると，講義室に備え付けられた電子黒板と指導者用デジタル教科書を利用した授業の指導案作成や模擬授業を実施している。学習指導要領を講義テキストとして用いて，プログラミング教育のねらいや，小学校5年の単元「正多角形」でプログラミングを体験するよう例示されていることなど，内容面について触れているが，多人数での講義であり，プログラミングそのものについては指導できる環境にない。他の「教科指導法」においても，「情報機器及び教材の活用」について触れるレベルで，プログラミング体験やプログラミング教育を取り入れた指導案の作成や模擬授業は行われていないのが現状である。

また，教育職員免許法に示されている「情報機器の操

作」に関する科目として，「情報基礎入門」「情報処理基礎」(各1単位)を共通教育科目で設定し，卒業必修単位としている。これらの科目の内容はwordやexcelの操作法，データの集計・分析等のアカデミックスキルに関する内容が主であり，直接プログラミング教育に関する内容は含まれていない。

直接的にプログラミング教育に関係する教職課程の授業科目として「教育の方法及び技術」(2単位)がある。この科目は「情報機器及び教材の活用」として，「情報機器を活用した効果的な学習や情報活用能力の育成を視野に入れた適切な教材の作成・活用に関する基礎的な能力を身につける」ことをねらいとしている。

### 2.2 現行学習指導要領にみる小中高でのプログラミング教育に関する教育内容

現在の大学生が大学入学までに受けてきた教育内容はどうであろうか。現在の大学生のほとんどは2007年(高等学校は2008年)に告示された現行の学習指導要領(小学校まではさらにその前の学習指導要領)に沿った授業を受けてきている。現行の小学校学習指導要領[2]では，プログラミングについての学習内容はないが，情報活用能力について取り上げてある。情報活用能力を育成するために，「コンピュータに慣れ親しませることから始め，キーボードなどによる文字の入力，電子ファイルの保存・整理，インターネットの閲覧や電子メールの送受信などの基本的な操作を確実に身に付けさせる」とされている。また，「言語活動の充実」の部分で，論理的思考の重要性には触れているが，当然プログラミング的思考についての記述はないため，プログラミング的思考を育てる授業を受けた経験はなく，プログラミング的思考の育成を意図した授業のイメージがわかない。

中学校学習指導要領[3]では，技術・家庭科[技術分野]の内容「D 情報に関する技術」で計測・制御に関連して，「情報処理の手順を考え，簡単なプログラムが作成」が内容として触れてある。

さらに，高等学校学習指導要領[4]の「教科情報」では，「社会と情報」と「情報の科学」の2科目が設定され，どちらかを選択としている学校が多いが，「社会と情報」ではプログラミングに関する内容の取り扱いはない。「情報の科学」では，内容に「(2) 問題解決とコンピュータの活用」として，「問題の解決をアルゴリズムを用いて表現する方法を習得」させることを目的としている内容がある。このことは，今回の小学校学習指導要領[5]プログラミング的思考での内容，「自分が意図する一連の活動を実現するために，どのような動きの組合せが必要であり，一つ一つの動きに対応した記号を，どのように組み合わせたらいいのか」に通じる部分と考えられる。

ただし，中央教育課程審議会教育課程部会情報WG資料[5]によると，「教科情報」における各科目の履修率は，「社会と情報」が82.5%，「情報の科学」が17.5%である(教科書の需要数から算出したもの)ことから，高校時代に「情報の科学」を履修し，プログラミング作成を経験して大学に入学してくる学生は多くないと予想される。

### 2.3 小学校教員志望学生のプログラム作成経験

草場が担当する各科目の受講学生を対象に，プログラム作成経験について2019年11～12月に調査を行った。対象は「算数」(主に1年生，有効回答79名)，「算数科指導法」(主に2年生，有効回答51名)，「教育の方法と技術」(主に3年生，有効回答数67名)，「保育・教職実践演習」(4年生，有効回答数69名)の各受講者である。「算数」を除く3科目は小学校教員免許取得のためには必履修科目である。調査結果をTable 1に示す。100行以上のプログラムを作成した経験者が1年生で12.7%，2年生で11.8%であったことは予想外であった。1年生に関しては，100行未満(10.1%)の自力での作成経験を含めると22.8%と作成経験者が想像以上に多かった。また，授業に関係して少し経験があるとした学生も1年生で50. 6%，2年生で49.0%と多かった。高校での授業かそれとも大学入学後の授業かの追跡調査を行うまでには至らなかった。

**Table 1** 大学生のプログラム作成経験

| | 未経験 | 授業で少し | 100行未満 | 100行以上 |
|---|---|---|---|---|
| 全体 | 47.4% | 41.0% | 4.9% | 6.8% |
| 1年 | 26.6% | 50.6% | 10.1% | 12.7% |
| 2年 | 37.3% | 49.0% | 2.0% | 11.8% |
| 3年 | 68.7% | 26.9% | 4.5% | 0.0% |
| 4年 | 58.0% | 37.7% | 1.4% | 2.9% |

## 3. 小学校教員志望学生に対するプログラミング演習

### 3.1 Code Studio を利用したプログラミング演習

今年度より草場が「教育の方法と技術」(3年次後期開講)を担当することになり，プログラミング教育に関する内

容を取り扱うこととした。授業は1コマ90分×15コマであるが，他の内容についても取り扱うので，15コマ全てをプログラミング演習に使うことはできない。前任者がPC演習を行っていた5コマをそのまま利用してプログラミング演習を行うこととした。2.3 で述べたように3年生はプログラム未経験者が70%近く，他の学生も「授業で少し」経験した程度であり，ほぼ全員がプログラミング初学者と見なすことができる。

本来ならば，就職後の小学校での実践を考えると，現在「プログラミング教育」を先行的に実践している小学校の多くで利用されているScratch[7]を利用するのが実践的とも思われるが，Scratchは自由度が高く「何でもできる」分，初学者の大学生にとっては「何をすればいいかわからない」ことが予想できたので，今回は，Scratchと同じくビジュアル型プログラミング言語，Code Studio[8]を利用することとした。Code.orgが運営するCode Studioにはチュートリアルに利用するコースがいくつか準備されてある。今回の受講者は大学生であってもプログラミング初学者なので「コース2」を利用することとした。「コース2」は小学校2～5年生が主な対象とはいえ，順次実行やループ，条件文のチュートリアルがあり，デバッグのためのレッスンも含まれるなど，初学者，特に算数・数学に苦手意識をもっている学生が多い小学校教員志望学生にとっては取り組みやすいと思われる。なお，「コース2」のチュートリアルの中でビデオ教材があるが日本語化されていないので，飛ばしても良いこととした。

Code Studioに関しては，今回のプログラミング演習に先立ち，掛下が9月に佐賀大学教育学部附属中学校の生徒を対象に実施したプログラミング講座においても使用した。この講座での実践は，「コンピュータ・プログラムを書こう：中学生を対象としたプログラミング講座」[9]として2019年11月の情報処理学会研究会(CE-152)において報告している。

9月の講座でもコース2を利用したが，中学生は90分の講座で平均46のパズルを完成させることができた。コース2のパズルは全部で約150なので，大学生を対象に実施する場合にも，90分×3コマで全部のパズルを完成させることができるだろうと予想し，プログラミング演習に3コマを当て，4コマ目は演習予備で早く演習が終わった学生は発表会で発表する「自由課題」作成の時間，または科目全体のレポート作成の時間とした。科目全体のレポートは，小学校教諭希望者は「プログラミング教育」，幼稚園教諭は「ICTを活用した保育」の実践的指導計画を作成することとした。5コマ目にはコースの中にある自由課題で作成したプログラムの発表会を行った。プログラミング演習を実施した5コマ(各90分)の内容は次の通りである。

①(全体15コマでの10コマ目) Code Studioへのサインインの方法とコース概要の説明及び各自で演習
②(11コマ目) 各自で演習
③(12コマ目) 各自で演習
④(13コマ目) 演習予備及び自由課題の作成
⑤(14コマ目) 自由課題発表会

Code StudioはID登録をしなくても利用できるが，継続的に利用すること，指導者が受講者の進行状況をモニターすることを考え，今回は草場が教員として登録した。教員としてサインインすると，マイダッシュボードから，生徒の登録やクラスの編成，生徒のクラス間の移動ができる。と同時に，それぞれの生徒の進行状況をモニターすることができる。Fig. 1 にその様子を示す。

**Fig. 1** マイダッシュボードで進行状況のモニター

受講者は全体で78名だが，演習室の関係から，プログラム作成経験者(ほとんどが「授業で少しだけ」状態)を中心の48名(Aクラス)とプログラム未経験者を中心の30名(Bクラス)に分けて登録した。プログラム作成経験者には「自分が進んだら，周りを助けてあげて」と教職科目ならではの演習の進め方をした。

実質90分×4コマでプログラム演習を行ったが，Aクラス48名中18名，Bクラス30名中7名が全パズル(150)を完成させることができた。平均パズル数はAクラスが138.3，Bクラスが116.1であった。

### 3.2 コース内での自由課題の作成

演習最後のコマでは，各自が作成した自由課題の発表会を行った。発表会では，小学校教員としてプログラミングの授業の実践を想定し，小学校現場の PC 教室に多く導入され，本学の PC 演習室にも導入されている「学習活動支援ソフト SKYMENU」を利用して，各自の画面を他の学習者の端末に画面転送を行った。作成した自由課題のねらいや工夫した点などについて発表し相互評価を行った。

自由課題はコース中の随所に設定されているが，発表するレッスンは学生の自由選択にした。発表会では，大きく分けて，描画系（Fig. 2 に例）と，ゲーム系（Fig. 3 に例）に分けられた。

**Fig. 2** 自由課題の例 1(描画系)

Fig. 2 に示すように，描画系ではループを入れ子にするなどの工夫が見られた。この学生は，「最初五輪に色をつけようとしたが，ループの中での色指定を試みたが，繰り返しが複雑になるのと，重なりの部分が色が違ってくるので，黒で五輪にして，代わりに TOKYO の文字を五輪色にして入れた。」と課題と工夫について報告した。

Fig. 3 に示すように，ゲーム系では，背景やキャラクターを工夫したり，音を鳴らしたりという工夫が見られた。障害物を通り抜けると点数が上がったり，ゲームオーバーとなる条件を緩くしたりと，プレーヤーを意識したプログラミング上の工夫がされている作品が多かった。

**Fig. 3** 自由課題の例 2(ゲーム系)

### 3.3 プログラミング教育に関する指導計画等の作成

科目全体のレポートとして，小学校教諭志望者には，小学校でのプログラミング教育の指導計画案，幼稚園教諭志望者には，幼稚教育における ICT を利活用した保育計画案の作成を課していた。演習を終えた科目最後の授業(15 コマ目)では，各自が作成したレポートを使ってグループワークを行った。

小学校 4 年の「総合的な学習の時間」を使ってのプログラミング教育の例として，

① まず，方眼紙を用いて色々な図形を描く
② ①で描いた図形を画面上で再現できるようにプログラムする。
③ ループが使えないかプログラムを工夫する。

を 2 人一組で行う。という計画案が報告された。他には，学習指導要領で例示されている，算数での「正多角形」の部分での指導計画の報告が多かった。さらに，音楽での「リズム遊び」やクラブ活動での指導計画など，数多くの指導計画が報告され，学校現場で教壇に立ったときの実践に結びつくイメージを作ることができたようであった。

幼稚園・保育園での保育計画では，プログラミング教育としてではなく，広く ICT の活用というテーマでのレポートだったが，iPad とアプリを組み合わせて，「おはなしづくり」などの計画案が報告された。iPad 等のタブレットで園児が描画したり，記録した静止画，動画を AirDrop で共有するというスマートフォンを常用している大学生ならではの利用法が多く提案された。

また前述したように，今回試行したプログラミング演習では，プログラム作成経験者には「自分が進んだら，周りを助けてあげて」と教職科目ならではの方法で演習を進めた。学生が作成した指導案でも，ペア学習，グループ学習を前提に，「わかる子，できる子がそうでない子を助

ける。」というものが多く，学生にとっては完成させたプログラムやレポート以上の効果があったものと思われる。

### 3.4 プログラミング演習を受講した学生の感想・意欲

最後に，プログラミング演習について，「プログラミングの楽しさ」，「課題(パズル)の難易度」，「自由課題の難易度」，「より高度な課題への意欲」，「教師や保育者として，学校(園)での実践に対する意欲」の5点について尋ねた。(有効回答者数78名)

#### 3.4.1 プログラミング演習の楽しさ

「Q1.プログラミングはどうでしたか？」に対して、30.8%が「とても楽しかった」、61.5%が「楽しかった」と答え，合わせて92.3%が肯定的に答えた。「やや苦しかった」，「とても苦しかった」と答えたのは7.7%であった。普段，算数をはじめとした理系科目に苦手意識をもっている学生が多い中，肯定的に答えた学生が90%以上だったことは良かったが，7.7%の「苦しかった」と感じた学生に対しても更なる改善の必要性があると感じる。

**Table 2** プログラミング演習の感想

| Q 1 プログラミングは | 人数 | 割合 |
|---|---|---|
| とても楽しかった | 24人 | 30.8% |
| 楽しかった | 48人 | 61.5% |
| やや苦しかった | 5人 | 6.4% |
| とても苦しかった | 1人 | 1.3% |
| 計 | 78人 | 100% |

#### 3.4.2 課題(パズル)の難易度

「Q2.それぞれの課題(パズル)はどうでしたか？」に対して、14.1%が「とても易しかった」，42.3%が「易しかった」と答えた。一方「やや難しかった」が 39.7%，「とても難しかった」が 3.8%であった。

**Table 3** 課題(パズル)の難易度

| Q 2 それぞれの課題は | 人数 | 割合 |
|---|---|---|
| とても易しかった | 11人 | 14.1% |
| 易しかった | 33人 | 42.3% |
| やや難しかった | 31人 | 39.7% |
| とても難しかった | 3人 | 3.8% |
| 計 | 78人 | 100% |

事前に調べた「プログラム作成経験」との関係を示したものがFig. 4である。ただし，欠席等の関係で分析対象者は64名である。「100行以上」は0名，「100行未満」が2名，「授業で少しだけ」作成経験が17名，「未経験」が45名とプログラム作成経験が「未経験」に偏っているため，プログラム作成経験と今回のプログラミング演習での課題の難易度との関係について示すことはできなかった。また，「Q1 プログラミングはどうでしたか？」との相関係数は 0.293 でQ1とQ2との相関は見られなかった。

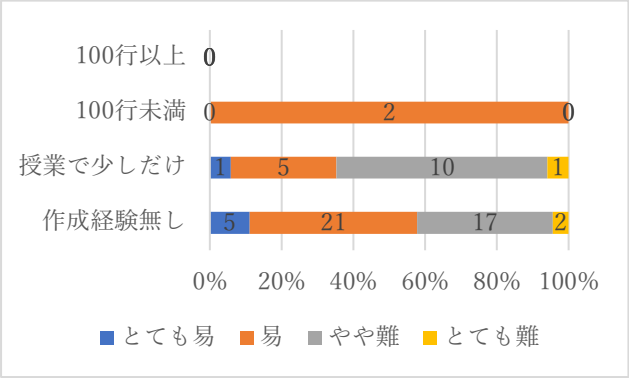



**Fig. 4** プログラム作成経験と課題の難易度の関係

#### 3.4.3 自由課題の難易度

「Q3.自由課題はどうでしたか？」に対して、11.5%が「とても易しかった」，48.7%が「易しかった」と答えた。一方「やや苦しかった」が 38.5%，「とても苦しかった」が 1. 3%であった。**3.4.2** と同様，プログラム作成経験と自由課題の難易度の関係についても分析したが，3.4.2 と同様の理由で関係について示すことはできなかった。「Q1 プログラミングはどうでしたか？」との相関係数は 0.277 で Q1 との相関は見られなかった。「Q2.それぞれの課題(パズル)はどうでしたか？」との相関係数は 0.625 で相関が認められたが，Q2,Q3 ともに難易度に関する質問なので，当然とも言える。

**Table 4** 自由課題の難易度

| Q 3 自由課題は | 人数 | 割合 |
|---|---|---|
| とても易しかった | 9人 | 11.5% |
| 易しかった | 38人 | 48.7% |
| やや苦しかった | 30人 | 38.5% |
| とても苦しかった | 1人 | 1.3% |
| 計 | 78人 | 100% |

#### 3.4.4 より高度な課題への意欲

「Q4.今後，より高度な課題に取り組んでみたいですか？」に対して、16.7%が「ぜひ取り組みたい」，70.5%が「取り組みたい」と答えるなど，多くの学生がより高度な課題への高い意欲を示した。

Table 5 より高度な課題への意欲

| Q4 より高度な課題に | 人数 | 割合 |
|---|---|---|
| ぜひ取り組みたい | 13人 | 16.7% |
| 取り組みたい | 55人 | 70.5% |
| あまり取り組みたくない | 10人 | 12.8% |
| 取り組もうとは思わない | 0人 | 0.0% |
| 計 | 78人 | 100% |

一方「あまり取り組みたくない」が12.8%,「取り組もうとは思わない」との回答はなかった。「あまり取り組みたくない」と答えた10名について,「とても楽し(易し)かった」を強く肯定,「楽し(易し)かった」を弱く肯定,「やや苦し(難し)かった」を弱く否定,「とても苦し(難し)かった」を強く否定として, Q1～Q3に対する回答を各設問ごとに集計したものをTable 6に示す。課題全体(Q2)や自由課題(Q3)に対して, やや難しかったと回答していた者が多い結果となった。

Table 6 Q4で「あまり取り組みたくない」と回答した10名のQ1～Q3への回答状況

| | 強肯 | 弱肯 | 弱否 | 強否 |
|---|---|---|---|---|
| Q1 楽しさ | 2 | 5 | 2 | 1 |
| Q2 難易度 | 1 | 2 | 6 | 1 |
| Q3 自由課題 | 2 | 2 | 6 | 0 |

しかし受講者全体で見るとQ1, Q2, Q3とQ4の相関係数は それぞれ, 0.361, 0.155, 0.065 でいずれの設問とも相関は見られず, 楽しさや難易度がより高度な課題への意欲とは相関がないと言える。

### 3.4.5 学校や園での実践への意欲

「Q5. 学校や園で指導者としてプログラミング教育やICTを活用した授業(保育)に取り組んでみたいですか？」に対して、21.8%が「ぜひ取り組みたい」, 60.3%が「取り組みたい」と答えるなど, 多くの学生が, 教員, 保育者として教育(保育)現場での実践に高い意欲を示した。

Table 7 学校教育や幼児教育での実践意欲

| Q5 プログラミング教育やICTを活用した授業に | 人数 | 割合 |
|---|---|---|
| ぜひ取り組みたい | 17人 | 21.8% |
| 取り組みたい | 47人 | 60.3% |
| あまり取り組みたくない | 14人 | 17.9% |
| 取り組もうとは思わない | 0人 | 0.0% |
| 計 | 78人 | 100% |

## 4.まとめ

プログラム作成経験がほとんどない小学校教員志望学生を対象にプログラミング演習を試行した結果, 全体的に肯定的な評価を得ることができた。今後は, 学生一人一人のプログラミングスキルを高め, 小学校教員として児童に指導できるようなレベルまで演習を重ねていくことが必要である。また, どのような授業場面において, 何を指導して, 何ができるようになることをねらいにするのかという単元計画や指導計画を作成できるよう, 実践的な演習プランを考えていくことが必要になってくる。単にcoding のスキルに留まるのではなく, 各教科の中で, 教科を通してプログラミング的思考を育成していけるような小学校教員の養成を目指すことが重要である。

### 引用文献等


(1) 文部科学省: “市町村教育委員会における小学校プログラミング教育に関する取組状況等調査” https://www.mext.go.jp/content/20200107-mxt_jogai02-000003715_002.pdf（最終閲覧日 2020/1/10)

(2) 文部科学省：“小学校学習指導要領(平成20年告示)” 東京書籍 (2008)

(3) 文部科学省：“中学校学習指導要領(平成20年告示)” 東山書房 (2008)

(4) 文部科学省：“高等学校学習指導要領(平成21年告示)” 東山書房 (2009)

(5) 文部科学省 “小学校学習指導要領(平成29年告示)” 東洋館出版社 (2017)

(6) 文部科学省：“中央教育課程審議会 教育課程部会 情報ワーキンググループ資料” https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/059/siryo/__icsFiles/afieldfile/2015/11/11/1363276_08_1.pdf(最終閲覧日 2020/1/10)

(7) SCRATCH：https://scratch.mit.edu/ (最終閲覧日 2020/1/10)

(8) CODE STUDIO：https://studio.code.org/ (最終閲覧日 2020/1/10)

(9) 掛下哲郎･草場聡宏･杉町信行：“コンピュータ･プログラムを書こう:中学生を対象としたプログラミング講座” 情報処理学会研究報告 CE-152 No.23 (2019)

# 小学生によるゲームプログラミングでの テキスト型言語とビジュアル型言語の特徴比較

長谷部 竜司 [*1] , 香山 瑞恵 [*1]

[*1] 信州大学工学部

# Quantitative comparison of game programs in visual based language and text-based language by japanese pupils

**Tatusi Hasebe[*1] ,Mizue Kayama[*1]**

**[*1] Faculty of Engineering, Shinshu University**

本研究の目的は, 小学生によるゲームプログラミングでのテキスト型言語とビジュアル型言語の特徴を比較することである. 同一ゲームに対するプログラムを, プログラム複雑度のメトリクス尺度と, ゲームの勝敗に影響するアイテム取得数の観点から特徴を整理した. その結果, 両言語でアイテム取得数に差がない一方, ビジュアル型言語ではプログラム複雑度が有意に低いプログラムを記述できることがわかった.

キーワード：プログラミング教育, ビジュアルプログラミング

## 1 はじめに

2020 年度から小学校でプログラミング学習が必修化することが文部科学省より通知された. 小学校プログラミング教育は, プログラミングを行うことを学習するのではなく, それらを手段として用い活用する力が求められている [(1)]. プログラミング学習教材の例として, Scratch を用いた研修資料が文部科学省から公開された [(2)]. その他, プログラミン [(3)] やプログル [(4)] などを用いた教材も存在する. 一方, 高等学校の情報 I 研修教材 [(5)] では Python のソースコードがプログラム例として示されている. また, Code.org[(6)] などのプログラミング学習コミュニティでは, Blockly[(7)], Python, Javascript といった多様なプログラミング言語が用いられている.

本研究では, Scratch やプログルに代表される, マウスを利用してプログラムを作成していくプログラミング言語をビジュアル型言語, Python や Javascrip に代表される, 文字入力によってプログラムを作成していくプログラミング言語をテキスト型言語と呼称する. 現状, 公開されている学習資料等の内容から, 小学生はビジュアル型言語, 高校生はテキスト型言語を用いた学習が中心となることが予想される. また, 中学校技術分野の学習指導要領解説 [(8)] では,「課題を解決するために, 適切なプログラミング言語」を用いることが示されている. すなわち, 教育課程や発達段階によってプログラミング学習に用いるプログラミング言語が異なることが予想される. しかし, 教育課程や発達段階とプログラミング言語との関係は, 共通の課題に対するプログラムを比較するといった方法では整理されていない.

## 2　研究目的

本研究の目的は, 小学生によるゲームプログラミングでのテキスト型言語とビジュアル型言語の特徴を比較することである. ここでのゲームプログラミングとは, 対戦型ゲームのプレイヤプログラムを作成することである. 小学生はこのゲームで勝利することを目的にプログラムの作成を行う. 2 つのプログラミング言語の特徴を, 対戦ゲームにおけるアイテム取得数と, プログラムの静的評価のメトリックス値とで比較する.

## 3　特徴比較の前提

### 3.1　プログラミング言語

本研究で比較するプログラミング言語は以下の 2 種とした. テキスト型言語は, C#を用い, 開発環境は Visual Studio とした. ビジュアル型言語は, Scratch を用い, 開発環境は Scratch 2 offline editor とした.

### 3.2　chaser ゲーム

chaser とは, マス目マップを移動しながらマップ上に存在するアイテムを取得していくターン制ゲームである [9]. ゲームフィールドは縦 17 横 15 マスのマップである. ゲームで利用されるマップの例を図 1 に示す. ゲームは 2 人のプレイヤ (図 1 中の C と H) による対戦であり, 下記に示す条件を満たしたプレイヤが勝利する.

- ターン終了時に取得アイテム (♥ ) が対戦相手より多い
- 対戦相手が上下左右動くことができない状態になる
- 対戦相手の上にブロック (☒) を置く
- 対戦相手がブロックの上に移動する
- 対戦相手がゲーム進行不能になる

プレイヤがアイテムを取得したとき, そのプレイヤが元いたマスにブロックが出現する. プログラムで利用する命令は 4 種類× 4 方向 (上下左右) と 1 種類の計 17 種類である. 5 種の命令を以下に示す.

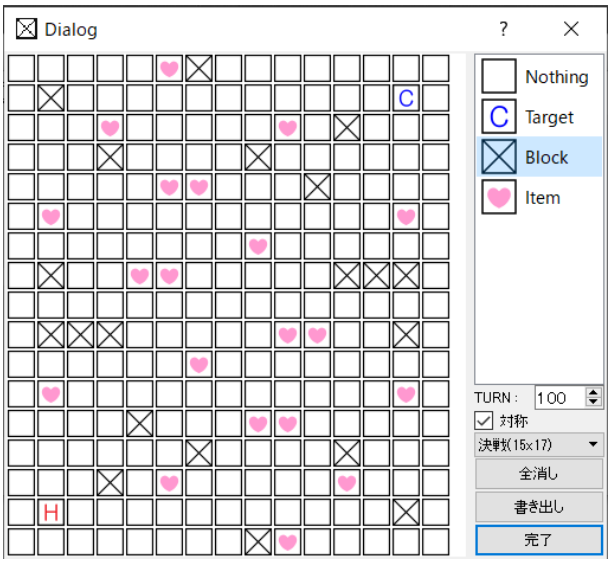



図 1　ゲームで利用されるマップの例

- walk :指定された上下左右どれかの方向に移動する
- look :指定された上下左右どれかの方向に対して, 正方形状に 9 マスの情報を取得する
- search :指定された上下左右どれかの方向に対して, 直線状に 9 マスの情報を取得する
- put :指定された上下左右どれかの方向に対して, ブロックを配置する
- getready :自分のターンが来るまでプログラムの実行を待機する

また上記命令を実行した際の返り値を参照するための変数として block がある.

### 3.3　ゲームプログラムの例

ゲーム中に上方向に移動し続けるプログラムの例を図 2, 図 3 に示す. テキスト型言語の例である図 2 では, ライブラリの指定も含め 23 行のプログラムである. 一方, ビジュアル型言語の例である図 3 は 6 行で記述されている.

## 4　静的評価のメトリックス

静的評価とはプログラムを実行せずに解析することである. ここではプログラムの静的評価のメトリックスとして, 循環的複雑度と Halstead's com-

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Drawing;
using CHaser;

namespace u15NaganoBot
{
class Program
{
    //接続用インスタンス
    private static Client Target = Client.Create();
    static void Main(string[] args)
    {
        while (true) //制御文
        {
            //GetReady 自分のターンまで待つ
            int[] value = Target.GetReady();
            value = Target.WalkUp();
        }
    }
}
}
```

図 2　C ＃でのゲームプログラム例

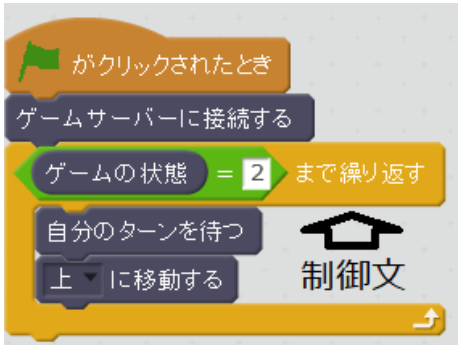



図 3　Scratch でのゲームプログラム例

plexity measures(以下, HCM) を取り上げる.

### 4.1　循環的複雑度

循環的複雑度とは, プログラムの複雑度を評価するために Thomas McCabe が開発したものである [10]. ソースコード内の線形的に独立した経路 (制御文) の数から算出される. 制御文とは, 条件分岐命令の if, 繰り返し命令の while や for などである. 循環的複雑度の求め方を以下に示す.

$$\text{循環的複雑度} = \text{制御文の総数} + 1 \tag{1}$$

図 2 と図 3 の制御文の総数は共に 1 であり循環的複雑度は 2 である.

### 4.2　Halstead's complexity measures:HCM

HCM は,「ソースコードが長くなるほど, 使用する変数や演算子の数や種類が増え, ソースコード全体が複雑になる」という考えのもと考案された尺度である [11]. 本研究では vocabulary, length, Volume, Difficulty, Effort を使用する[*1]. 本研究における 5 つの尺度の意味を以下に示す.

- h_vocabulary($n$) :プログラム内の語彙 (演算子とオペランド) の種類数.

$$n = n_1 + n_2 \tag{2}$$

- h_length ($N$) :プログラム内の語彙 (演算子とオペランド) の総数.

$$N = N_1 + N_2 \tag{3}$$

- h_Volume ($V$) :プログラムのコーディングに必要な最小ビット数を表す.

$$V = N \times \log_2 n \tag{4}$$

- h_Difficulty($D$) :語彙に基づく複雑度を表す.

$$D = \frac{n_1}{2} \times \frac{N_2}{n_2} \tag{5}$$

- h_Effort ($E$) :プログラムの開発や内容の理解に必要な作業量の推定値を表す.

$$E = D \times V \tag{6}$$

ただし, $n_1$=個別の演算子の数, $n_2$=個別のオペランドの数, $N_1$=演算子の総数, $N_2$=オペランドの総数である.

図 2,3 に示した C#と Scratch のプログラムにおける HCM の 5 つの尺度は図 1 に示される. この例では, C#の値が高い結果となった.

[*1] アルファベット表記の尺度はこれ以降「h_vocabulary」のように,「h_」が接頭語とする.

表 1　HCM 算出例

| | C# | Scratch |
|---|---|---|
| h_vocabulary | 36 | 8 |
| h_length | 71 | 8 |
| h_Volume | 367.06 | 24 |
| h_Difficulty | 6.54 | 3.5 |
| h_Effort | 2400.04 | 84 |
| $n_1, n_2, N_1, N_2$ | 10, 26, 37, 34 | 7, 1, 7, 1 |

表 2　解析対象のプログラム言語とプログラム数

| | C# | Scratch |
|---|---|---|
| 2018 | 7(15) | – |
| 2019 | – | 17(20) |

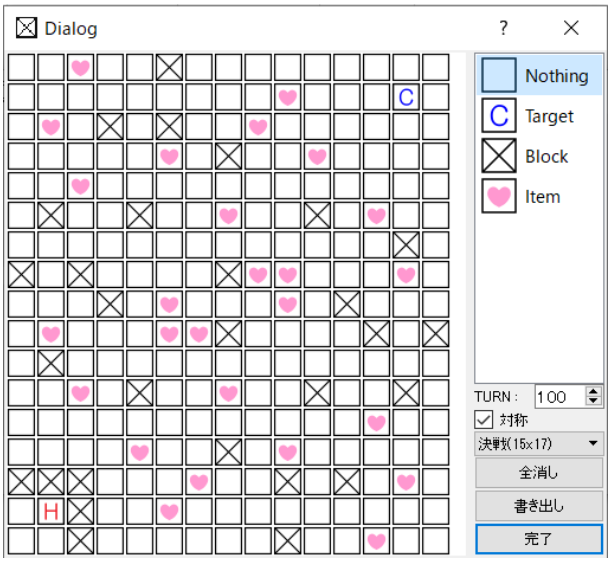



図 4　特徴比較で用いたマップ例 (マップ 2)

## 5　特徴比較

### 5.1　解析対象のプログラム

ここでは,2018 年と 2019 年のゲームプログラミングコンテスト[*2]に参加した小学生のプログラムを解析対象とした. このコンテストは小学 4 年生～中学 3 年生を対象としている. 小学生は 2018 年は 15 名, 2019 年は 20 名が応募した. 応募者は, 1 ヶ月の間 4 回の講習会に参加し, 複数回の個別指導に任意参加した. 利用したプログラミング言語は, 2018 年は C#, 2019 年は Scratch であった. 解析対象のプログラムは, これらの応募者が作成したプログラムの内, コンテストように提出し, かつ異常終了しないものとした. 表 2 に解析対象としたプログラム数を示す. () 内は応募者数である.

### 5.2　アイテム取得数

#### 5.2.1　特徴比較のためのゲームのマップ

表 2 に示した 24 プログラムを 2 種のマップ (マップ 1, マップ 2) 上でボットプログラムと対戦させた. 対戦にあたっては, 先攻後攻の 2 パターンでそれぞれ 100 ターン動作させた. ボットプログラムとは, 図 4 中の H であり, 実験者がコンピュータ上に用意したプレイヤプログラムである. この対戦では, ボットプログラムは, アイテムを取得せず, ブロックの上に移動せず, 対戦相手に近づかない振る舞いをする. 特徴評価のために使用したマップの例を図 4 に示す.

マップ 1 にはアイテム 48 個, ブロック 8 個が配置されている. 解析対象のプログラムはアイテム取得後に出現するブロックを避け, アイテムを取得し続けることが求められる. マップ 2 にはアイテム 26 個, ブロック 29 個が配置されている. 解析対象のプログラムはブロックの上に移動せず, アイテムを取得し続けることが求められる.

解析対象プログラムのアイテム取得数の平均値と代表値の差の検定結果を表 3 上部に示す. /の右側には, マップに存在するアイテム数である. ここではデータサイズが小さく, 正規性の確認が難しいため, 代表値の差の検定には, Mann–Whitney の U 検定を用いた.

両言語においてマップ 2 よりマップ 1 のほうがアイテム取得数が多い. マップ 1 合計, マップ 2 合計, マップ 1,2 の総計いずれの代表値の差に関して Scratch プログラムと C#プログラムの間に有意差は確認できなかった.

### 5.3　静的評価のメトリックス値

静的評価のメトリクスとして, 循環的複雑度と HCM の代表値の差の検定を行う. ここではデータ

[*2] U-15 長野プログラミングコンテスト [12]

表 3　scratch と C#の代表値の差の検定結果

| | 要素 | Scratch 平均値 | C#平均値 | p 値 |
|---|---|---|---|---|
| アイテム取得数 | マップ 1 合計 | 35.00/96 | 32.57/96 | 0.48 |
| | (先攻, 後攻) | (16.50, 18.50) | (17.43, 15.14) | |
| | マップ 2 合計 | 13.61/52 | 13.14/52 | 0.35 |
| | (先攻, 後攻) | (7.39, 6.22) | (5.86, 7.29) | |
| | マップ 1,2 総計 | 48.61/148 | 45.71/148 | 0.44 |
| 静的評価 | 循環的複雑度 | 55.06 | 44.14 | 0.17 |
| | h_vocabulary* | 27.44 | 81.00 | $p < 0.05$ |
| | h_length* | 528.89 | 679.43 | $p < 0.05$ |
| | h_Volume* | 2579.87 | 4331.39 | $p < 0.05$ |
| | h_Difficulty | 71.57 | 45.12 | 0.16 |
| | h_Effort | 260382.96 | 217207.89 | 0.24 |

*：Scratch と C#の間で 5% 水準の有意差が確認された項目

サイズが小さく, 正規性の確認が難しいため, 代表値の差の検定には, Mann–Whitney の U 検定を用いた. 循環的複雑度と HCM の 5 つの尺度の値の平均値と検定結果を表 3 下部に示す. 循環的複雑度の代表値の差に関して Scratch プログラムと C#プログラムの間に有意差は確認できなかった. Scratch プログラムと C#プログラムの間で制御要素数の平均値に差はなかった. HCM に関しては h_vocabulary, h_length, h_Volume の代表値の差に関して両者の間に有意差が確認された. この 3 つの尺度に関して, Scratch プログラムの方が有意に小さい値を示した. 一方, h_Difficulty, h_Effort には有意差は確認されなかった. すなわち, Scratch の方が少ない語彙数, 少ない語彙総数, 少ない情報量でプログラムを記述していた. また, 語彙に基づく複雑度とプログラムの内容の理解に必要な作業量には差がない.

### 5.4　アイテム取得数と HCM の関係

HCM はプログラムの複雑さを表現するメトリクスである. アイテム取得数とプログラムの複雑さの関係を整理する. ここでは, ブロックがより多く配置されているマップ 2 に着目する. マップ 2 でアイテムを取るためにはブロックを避けつつアイテムを取るという戦略が必要となるため, 複雑なプログラムが有利であると予測される.

マップ 2 のアイテム取得数と HCM の相関係数を表 4 に示す. C#では, アイテム取得数と HCM には負の相関傾向が確認された. h_vocabulary には負の相関が有り, 他の尺度には弱い相関が確認された[*3].

表 4　マップ 2 のアイテム取得数と HCM との相関係数

| HCM ＼使用言語 | C# | Scratch |
|---|---|---|
| h_vocabulary | -0.78 | 0.67 |
| h_length | -0.62 | 0.62 |
| h_Volume | -0.64 | 0.64 |
| h_Difficulty | -0.53 | 0.46 |
| h_Effort | -0.60 | 0.55 |

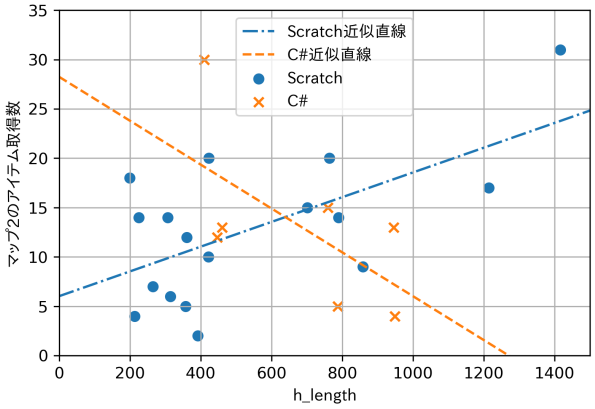



図 5　h_length とアイテム取得数

Scratch では, アイテム取得数と HCM には正の相関傾向が確認された. h_vocabulary, h_length, h_Volumen には高い正の相関が有り, h_Difficulty,

[*3] 一般に 7 データでの相関係数は, 0.67 より大きい場合, 10% 水準で有意であり, 相関があると判断される. 0.81 より大きい場合, 5% 水準で有意となり高い相関があるとされる.

h_Effort には正の相関が確認された[*4].

## 6 考察

表 3 の結果から, Scratch ではアイテムを取得する機能が C#と同程度なプログラムをより少ない語彙量で記述していた. よって, Scratch はゲームプログラムに必要な語彙量をアイテム取得数に影響を与えることなく, 少なくできる. 表 4 の結果から, Scratch は語彙の種類, あるいは語彙総数が増えるとアイテム取得数が増える. 一方 C#は語彙の種類, あるいは語彙総数が増えるとアイテム取得数が減る.

図 5 に HCM の h_length とアイテム取得数をそれぞれ軸にとった散布図を示す. ○のプロットは Scratch, ×のプロットは C#のプログラムを示す. また, 図 5 には各言語に対する近似直線を示す. 破線が Scratch で, 点線が C#である. この近似直線の傾きは表 4 の相関係数となる. Scratch で最多のアイテム取得数を示すプログラムの h_length は最大である. 一方, C#で最多のアイテム取得数を示すプログラムの h_length は最小である. また, マップ 2 の平均アイテム取得数は Scratch は約 14, C#は約 13 である. これらの個数以上のアイテムを取得するプログラムの h_length の範囲は, Scratch では 199〜1416 であり, C#では 410〜945 である. Scratch では, 最小の h_length であっても平均数以上のアイテムを取得するプログラムが存在している. すなわち, 多様な h_length でアイテムをより多く取得するプログラムを表現できていたと考えられる.

h_vocabulary と h_length から求めた各語彙の平均利用回数は Scratch は 19.27 回, C#では 8.38 回である.Scratch は C#の 2.4 倍となった. 図 6 と図 7 にプログラム例を示す.

Scratch ではゲームの状態を判別するために, 条件分岐が繰り返し利用されていることが多かった (図 6 参照). その際, 条件文には上下左右のマスが利用

図 6　Scratch のプログラム例

され, 条件が真 (, あるい偽) の場合の処理にはゲームの命令が記述される. そのため, 特定語彙の利用回数が多くなったと考えられる. 一方,C#では, 様々な変数が用いられていた. それらの変数はマップの状態や適用戦略の優先順位を表現していた (図 7 参照). これらの変数の評価や代入がプログラムに記述されていた.

これらのことから, 小学生のゲームプログラミングではテキスト型言語よりビジュアル型言語の方が少ない記述量で課題解決を行えていた可能性が示唆された. また, ゲームに勝利するという課題解決の手段として, アイテム取得を行うと考えられる. C#では, アイテム取得数が平均以上のプログラムと平均未満のプログラムでの h_length の範囲はほぼ同じである. そのため, アイテム取得数の違いはプログラムの戦略の違いに関係していると考えられる. プログラムの質的解析は今後の課題とする.

[*4] 一般に 17 データでの相関係数は, 0.41 より大きい場合, 10% 水準で有意であり, 相関があると判断される. 0.58 より大きい場合, 5% 水準で有意となり高い相関があるとされる.

```
1  前略
2  else if (value[5] == 1)
3  {
4      putmode = "Rigft";
5  }
6  else if (value[7] == 1)
7  {
8      putmode = "Down";
9  }
10 else
11 {
12     putmode = "off";
13 }
14 if (putmode == "Up")//putmode の方向に put
15 {
16     value = Target.PutUp();
17 }
18 else if (putmode == "Left")
19 {
20     value = Target.PutLeft();
21 }
22 後略
```

図 7　C#のプログラム例

## 7　おわり

本研究の目的は, 小学生によるゲームプログラミングでのテキスト型言語とビジュアル型言語の特徴を比較することである. 2 つのプログラミング言語の特徴を比較するための指標は, 対戦ゲームにおけるアイテム取得数と, プログラムの静的評価のメトリックス値とした. 比較の結果, ビジュアル型言語はアイテムを取得する機能がテキスト型言語と同程度なプログラムをより少ない語彙量で記述できていたことがわかった. また, ビジュアル型言語での語彙の平均利用回数はテキスト型言語の約 2.4 倍であった. これらから, 小学生ではビジュアル型言語はテキスト型言語に比べ少ない記述量でプログラムを作成し, 課題解決を行えていたことが示唆された.

今後は, 中学生や高校生に対象を広げ, 各教育課程におけるビジュアル型言語及びテキスト型言語の特徴の比較を行い, 教育課程や発達段階とプログラミング言語との関係を, 共通の課題に対するプログラムを比較するといった方法で整理を行っていく. また, プログラミングされたアルゴリズムの具体的な違いの特徴比較を行っていく.

## 参　考　文　献


(1) 文部科学省 : “小学校プログラミング教育に関する概要資料,” http://www.mext.go.jp/component/amenu/education/microdetail/icsFiles/afieldfile\newline/2019/05/21/1416331001.pdf (2020/01/27 アクセス).

(2) 文部科学省 : “小学校プログラミング教育に関する研修教材,” http://www.mext.go.jp/component/amenu/education/microdetail/icsFiles/afieldfile\newline/2019/05/21/1416331001.pdf (2020/01/27 アクセス).

(3) 文部科学省 : “プログラミン,” https://www.mext.go.jp/programin/ (2020/01/27 アクセス).

(4) 特定非営利活動法人みんなのコード : “プログル,” https://proguru.jp/ (2020/01/27 アクセス).

(5) 文部科学省 : “高等学校情報科「情報 1」教員研修用教材（本編）第 3 章コンピュータとプログラミング,” https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2019/10/09/1416758_005.pdf (2020/01/27 アクセス).

(6) Code.org: “Code.org,” https://code.org/ (2020/01/27 アクセス).

(7) Google Developers: “Blockly,” https://developers.google.com/blockly (2020/01/27 アクセス).

(8) 文部科学省 : “中学校学習指導要領解説技術・家庭編,” https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_009.pdf (2020/01/27 アクセス).

(9) U-16 旭川プログラミングコンテスト実行委員会 : “コンテスト内容,” http://www.procon-asahikawa.org/contest.html (2020/01/27 アクセス).

(10) T.J. McCABE: “A complexity measure,” IEEE Tran. on Software Engineering, vol.SE-2, no.4, pp.308–320, (1976).

(11) Halstead: Elements of Software Science, edition edition, North-Holland, (1977). New York.

(12) 長野商工会議所 : “U15 長野プログラミングコンテスト ホームページ,” https://www.nagano-cci.or.jp/u15procon/ (2020/01/27 アクセス).

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 持続的なプログラミング教育のための教員支援に関する考察

中田　充[*1]，　鷹岡　亮[*1]　葛　崎偉[*1]，　森　寛文[*2]，　藤本満士[*2]
*1 山口大学教育学部　　*2 やまぐち総合教育支援センター

# A Study on Teacher Support for Sustainable Programming Education

NAKATA Mitsuru[*1], TAKAOKA Ryo[*1], Qi-Wei Ge[*1], MORI Hirofumi[*2], FUJIMOTO Mitsushi[*2]
*1 Faculty of Education, Yamaguchi University,　*2 Yamaguchi Education Support Center

小中高におけるプログラミング教育の必修化や拡充が始まる中で，授業担当者の専門的知識が不足している，小学校のどの教科で実施するのかが不明確である，中高においては特定の教科以外の教員の当事者意識が欠如している等の様々な問題がある．本稿ではこの様な問題を解決し，持続可能なプログラミング教育を実現するための教員支援について考察する．

キーワード: プログラミング教育，プログラミング的思考，教員支援，教員研修，研修教材

## 1. はじめに

Society5.0の担い手となる子供たちには，将来の職業に関わらず全員が「プログラミング的思考力」や「プログラミング技能」を身につけることが求められる．2020年度から順次施行される新学習指導要領では，小中高等学校におけるプログラミング教育の必修化や内容の拡充が行われ，これらの力の育成を目指している．しかし小学校では，プログラミングの知識に自信がない，どの教科のどの単元でどのように実施するか明確に示されていないため不安を感じるといった声が多い．また中学校・高等学校では，教科「技術・家庭」と「情報」以外の教員の当事者意識が欠如しているといった問題がある．これらの問題を解決し，進歩の早いプログラミングに関する教育を持続的に続けていくためには，様々な支援を可及的速やかに，かつ，継続的に実施していく必要がある．本稿では，教材開発，教員研修の実施，地域連携モデルの構築等を柱とした「プログラミング教育のための教員支援」について考察する．まず，小中高等学校におけるプログラミング教育について概説した上で，教員として求められるプログラミング教育に関する資質･能力について述べる．その後，教員支援の事例として山口県における研修等の取り組みについて述べ，その成果や課題について考察する．

## 2. 学校教育におけるプログラミング教育

### 2.1 育成する資質・能力，教育の目的

小学校プログラミング教育の手引(第二版)[(1)]では，プログラミング教育は情報活用能力の育成や情報手段（ICT)を適切に活用した学習活動の充実を進める中に位置付けられる．情報活用能力とは「世の中の様々な事象を情報とその結び付きとして捉え，情報及び情報技術を適切かつ効果的に活用して，問題を発見・解決したり自分の考えを形成したりしていくために必要な資質・能力」であり，情報モラル・セキュリティ，統計，プログラミング的思考も含まれる[(2)]．

情報活用能力は各教科等の学びを支える基盤であり，発達段階や各教科等の特質に応じて適切な学習場面で育成を図ることが重要である．従って，情報活用能力育成の一部として位置付けられるプログラミング教育においても，校種や教科等を跨いでの実施が求められる．小中高等学校でのプログラミング教育の目的は，発達段階に応じて表1に挙げたような三つの柱で整理された資質・能力を育成することとされている．

本稿ではプログラミング教育の目的を，「発達段階に応じて，プログラミング技能，プログラミング的思考，及び，それらを生かそうという態度を身につけさせること」と捉える．

### 2.2 プログラミング的思考

プログラミング的思考とは「自分が意図する一連の活動を実現するために，どのような動きの組合せが必要であり，一つ一つの動きに対応した記号を，どのように組み合わせたらいいのか，記号の組合せをどのように改善していけば，より意図した活動に近づくのか，といったことを論理的に考えていく力」と定義されている[(1)]．この定義は非常に抽象的であり，具体的に何ができればプログラミング的思考ができたといえるのか，プログラミング的思考を身につけさせるためにどのような指導をすれば良いのかが分かりにくい．

著者らはこれまでにプログラミング的思考の要素を整理してきた文献等を参考にして，表 2 に示すような 6 つの要素概念に分けてプログラミング的思考を捉えることにした[(3)]．すなわち，2.1 節で述べたプログラミング教育の目的のプログラミング的思考に関わる部分を，「6 つの要素概念からなる論理的な思考を，通常の教科等を含む授業を通して子供たちに身につけさせること」と捉える．

### 2.3 小学校におけるプログラミング教育

小学校におけるプログラミング教育のねらいは表 3 の①～③に大別され，その学習活動は表 4 の A～F に分類される[(1)]．授業の実施形態の側面からは，表 5 に示したように，(1) コンピュータを使わない授業（以降，アンプラグド），(2) Scratch（https://scratch.mit.edu/）などのビジュアルプログラミング言語を用いた授業（ビジュアルプログラミング），(3) プログラミング教育用ロボットやマイコン等を活用した授業（フィジカルプログラミング）の三種類に大別できる．

学校の授業としては，主に算数，理科，総合的な学習の時間が A,B 分類として形態(2)(3)の形で実施される．算数や理科での実施においては，プログラミングを通して教科の学びを深めることが目的であり，プログラミングを習得する事が目的ではない（表 3 のねらい③）．ねらい①のプログラミング的思考やねらい②については，上記以外にも国語や社会等の様々な教科で，形態(1)のアンプラグドな授業による育成が考えられる．アンプラグドな授業は，コンピュータやロボット教材などを使わないため，授業準備の手間が掛からず難易度も低いと思われがちである．しかし実際には，

**表 1 小中高のプログラミング教育で育成する資質・能力（参考文献(1)より抜粋）**

| | |
|---|---|
| 知識・技能 | **小学校：**身近な生活でコンピュータが活用されていることや，問題の解決には必要な手順があることに気付くこと．<br>**中学校：**社会におけるコンピュータの役割や影響を理解するとともに，簡単なプログラムを作成できるようにすること．<br>**高等学校：**コンピュータの働きを科学的に理解するとともに，実際の問題解決にコンピュータを活用できるようにすること． |
| 思考力・判断力・表現力等 | 発達の段階に即して，「プログラミング的思考」を育成すること． |
| 学びに向かう力・人間性等 | 発達の段階に即して，コンピュータの働きを，よりよい人生や社会づくりに生かそうとする態度を涵養すること． |

**表 2 プログラミング的思考の要素概念**

| | |
|---|---|
| 分　　解 | 物事を個々の要素に分けること． |
| 順序立て | 推論によってやるべきことを整理して筋道を立てること． |
| 一　般　化 | パターンや手順を分かりやすく表現して適用範囲を広げること． |
| 抽　象　化 | 注目すべきことを重点的に捉えて物事の本質をつかみ共通点を見付けること． |
| デバッグ | 誤りを見付けて手直しをすること． |
| 評　　価 | より良い要素や手順がないかを検討すること． |

**表 3 小学校プログラミング教育のねらい**

| |
|---|
| ①「プログラミング的思考」を育むこと． |
| ② プログラムの働きやよさ，情報社会がコンピュータ等の情報技術によって支えられていることなどに気付くことができるようにするとともに，コンピュータ等を上手に活用して身近な問題を解決したり，よりよい社会を築いたりしようとする態度を育むこと． |
| ③ 各教科等の内容を指導する中で実施する場合には，各教科等での学びをより確実なものとすること． |

**表 4 小学校プログラミング教育の学習活動の分類**

| |
|---|
| A　学習指導要領に例示されている単元等で実施するもの |
| B　学習指導要領に例示されてはいないが，学習指導要領に示される各教科等の内容を指導する中で実施するもの |
| C　各学校の裁量により実施するもの（A，B及びD以外で，教育課程内で実施するもの） |
| D　クラブ活動など，特定の児童を対象として，教育課程内で実施するもの |
| E　学校を会場とするが，教育課程以外のもの |
| F　学校外でのプログラミングの学習機会 |

表 5:小学校プログラミング教育の実施形態の分類

| |
|---|
| (1) コンピュータを使わないアンプラグドな授業 |
| (2) ビジュアルプログラミング言語を用いた授業 |
| (3) プログラミング教育用ロボット教材やマイコン，センサ等を活用した授業(フィジカルプログラミング) |

プログラミング的思考について理解し，各教科等の見方・考え方との関連を認識した上でプログラミング教育の目的を踏まえた授業づくりが求められるため難易度が低いわけではない．その一方で，プログラミングと結びつけやすいとはいえない教科（例えば，国語や社会）においても，B，C 分類の学習活動を通してプログラミング的思考を育成することに繋がる．小学校におけるプログラミング教育の第一のねらいが「プログラミング的思考の育成」であることを踏まえると，小学校プログラミング教育において重要なのは,形態(2)や(3)によるプログラミング体験ではなく,算数や理科の A 分類の授業に加えて，その他の教科等の B 分類の授業を含んだ形態(1)のアンプラグドな授業であるといえる．もちろん，プログラミング的思考やコンピュータを活用しようとする態度の育成にはプログラミング体験は必要不可欠であり，総合的な学習の時間などで「プログラミングを用いた身近な課題を解決する難しさや楽しさ」を体験することも重要である．すなわち，発達段階や教科等の特性に応じて形態(1)～(3)の授業を組み合せて実施することが求められる．

### 2.4 中学校・高等学校におけるプログラミング教育

中学校におけるプログラミング教育は教科「技術・家庭」の技術分野の内容「D 情報の技術」として実施される[4]．従来の「生活や社会における問題を計測・制御のプログラミングによって解決する活動」に加えて，「生活や社会における問題を，ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングによって解決する活動」を通して，社会におけるコンピュータの役割や影響を理解すると共に，簡単なプログラムを作成できるようにする．高等学校普通科におけるプログラミング教育は 2022 年から科目「情報Ⅰ」の内容「(3)コンピュータとプログラミング」として実施され，アルゴリズムを表現する方法を選択し正しく表現する力，アルゴリズムの効率を考える力，プログラムを作成する力，作成したプログラムの動作を確認したり，不具合の修正をしたりする力などを養う．

具体的な学習内容としては，オープンデータなどを用いて，集計のアルゴリズムや探索・整列などの典型的なアルゴリズムを考える活動や，アルゴリズムをプログラムとして表現すること，プログラムから呼び出して使うライブラリや API，プログラムの修正，関数を用いたプログラムの構造化などが含まれる.さらに，問題解決のためのプログラミングを通して，アプリケーションの開発，カメラやセンサ及びアクチュエータの利用，画像認識や音声認識及び人工知能などの既存のライブラリや API の活用など，大学の情報系学部学科で学習してきた内容を高等学校で全員が学習することになる[5]．この様にアルゴリズム等の理論的な学習を含めて，中学校・高等学校におけるプログラミング技能に関する学習は非常に充実したものとなっている.その一方で，プログラミング的思考については，小学校と同様に情報活用能力の一部として各教科の特質に応じて適切な学習場面で育成することとされている.つまり，教科等横断的にプログラミング的思考を育成し，プログラミング的思考で教科等の学びを深めることが求められるのだが，技術科や情報科以外の教科の担当教員の当事者意識が欠如しているのが現実である.

## 3. 教員に求められる資質・能力

ここではプログラミング教育に従事する教員に求められる資質・能力について考察する．次節で説明するように，プログラミング教育に向けて様々な教員支援が実施されているが教員の不安は大きい．プログラミング教育の実施にあたり，教員が何をどの程度知っておき身につけておくべきかを示した基準がないことがその背景にあると考えられる．教員として身につけておくべき資質・能力の目安があれば，研修カリキュラムや教員支援の内容も設定しやすくなる.

筆者らは小学校 2，3，5 年生を対象として，形態(1)～(3)の授業を実践し,その成果や課題について検討してきた[6]～[8].その実践において教材研究や授業づくりに活用したプログラミング教育に関する知識･技能や，未来の学びコンソーシアムの「小学校を中心としたプログラミング教育ポータル」[9]に掲載されている A，B

分類の実践事例に関係する知識・技能，さらには2020年度から使用される小学校教科書で取り扱われるプログラミングに関わる単元の内容を整理することで，教員に求められるプログラミングに関する資質・能力を表6にまとめた．表中〔1〕～〔7〕の資質・能力は，小学校のみならず，中学校・高等学校の全教科の教員にも求められる．〔1〕〔2〕〔4〕は社会の情報化に伴って身近には感じるが，体系的に学んだ教員は少数と考えられる．〔3〕については児童生徒に対する指導はもちろん，教員自身が身につけておく必要がある．〔5〕については近年の教育の情報化推進の流れに伴って求められる場面も多く，苦手とする教員は比較的少ないと想定される．プログラミングを授業で扱わない教科の中学校・高等学校の教員にも〔6〕〔7〕が求められる．これは，技術や情報以外の教科でもプログラミング的思考を育成し，プログラミング的思考で児童生徒の学びを深める授業の実施が求められるためである．

〔8〕〔9〕は小学校，中学校技術科，高等学校情報科の教員に求められる．技術を担当する教員には，表6に加えてネットワークプログラミングや制御プログラミングに関する知識が求められる．また，情報Ⅰを担当する教員には，2.4節で挙げた技術等を活用した問題解決のためのプログラミングに関する知識・技能も求められる．

**表6:教員に求められる資質・能力の例**

| |
|---|
| 〔1〕コンピュータの仕組みを理解している<br>・情報の表現，単位<br>・CPU，メモリ，補助記憶，入出力装置，インターフェース，GPU<br>・OS，アプリケーション等のソフトウェア |
| 〔2〕インターネットの基礎知識を有している<br>・インターネットの概要，ドメイン名，Webページの構成や仕組み，httpsとhttp，Webアプリ<br>・WANとLAN，無線LAN，データ送受信の方式，勤務先のインターネット環境<br>・クラウドについて，クラウドを活用した協働作業 |
| 〔3〕情報モラル・セキュリティの知識を有している<br>・必要性の認識，ファイル管理・暗号化，著作権，ネットマナー<br>・インターネットの光と闇，不正の手口，ウィルス対策<br>・IDとパスワード，認証技術，セキュリティポリシー |
| 〔4〕社会におけるICTの関わりを理解している<br>・Society5.0，AI，ビッグデータ，データサイエンス，情報メディア，次世代技術 |
| 〔5〕授業でICT機器を活用することができる<br>・タブレットPC等の操作，バックアップ，メンテナンス<br>・ファイルの配布・回収 |
| 〔6〕プログラミング教育のねらいを理解している<br>・プログラミング的思考，情報活用能力<br>・プログラミング教育の分類・実施形態 |
| 〔7〕プログラミング的思考を活用した授業づくりができる<br>・プログラミング的思考を育成する授業<br>・プログラミング的思考で学びを深める授業 |
| 〔8〕プログラミング技能に関する知識をもち，自らもプログラムを作成することができる【小・技情】<br>・プログラミング言語，アルゴリズム，フローチャート，プログラムの構造，著名なアルゴリズム，アルゴリズムの評価， |
| 〔9〕プログラミング教育の教材に関する知識を持ち，教材等の操作に習熟している【小・技情】<br>・ビジュアルプログラミング言語，ロボット型教材，各種センサ |

## 4. プログラミング教育に関する教員支援の事例と考察

ここでは，前節で述べた教員に求められる資質・能力を育成するための教員支援について検討する．

### 4.1 教員支援の概要

来年度に向けて主に小学校教員及び市町教育委員会を対象としてプログラミング教育に関する教員研修が各県市町等で実施されているが，それ以外にも多様な支援の取り組みがなされている．例えば，3節で挙げた未来の学びコンソーシアムのプログラミング教育ポータルのようなサイトでは授業実践事例が公開されている．アンプラグドな授業については黒上らも多数の授業実践をまとめている[10]．また，プログラミングで育成する資質・能力の評価規準[11]も作成されており，発達段階に応じた授業実践の参考となる．都道府県等の総合教育センターでは，鹿児島県の「かごしまプログラミング教育校内研修パック」[12]や宮城県の「プログラミング教育校内研修ナビ」[13]のような教員研修用教材の開発を行っている例もある．

これらの教員支援は，i)特定のプログラミング言語環境やロボット教材等を用いた授業を実現するための支援，ii)プログラミング的思考の理解を促進するための支援，iii)プログラミング的思考を育成するための授業づくりに関する支援に大別できる．来年度からプログラミング教育が必修化される小学校の教員にとってプログラミング言語環境やロボット教材に関する支援の需要が高く，実際に多くの県市町の教育委員会等

の研修もそれに関わるものが多い．しかしながら，持続的にプログラミング教育の質を向上させていくためには，変化が激しいプログラミング言語環境や教材に特化した研修よりも，プログラミング的思考の理解を促進し，プログラミング的思考を育成する授業づくりを支援するような取り組みがより重要である．また，進歩の早いプログラミング関連技術を自ら学び続けるためにICTの基礎知識の修得を支援する取り組みやプログラミング的思考を活用して教科の学びを深めることができる授業づくりに関する研修なども重要である．さらには授業実践における支援員や授業づくりにおけるアドバイザの派遣なども求められる．表7はこの様な必要とされる教員支援をまとめた表である．

**表 7:必要とされる教員支援の例**

| |
|---|
| Ⅰ．ICT の基礎知識修得に関する支援<br>・研修教材の開発及び研修の実施 |
| Ⅱ．プログラミング授業実践に関する支援<br>・プログラミング言語環境やロボット教材等に関する研修<br>・授業実践例の創出・公開<br>・授業づくりアドバイザ・授業支援員（小学校）の派遣 |
| Ⅲ．プログラミング的思考の理解に関する支援<br>・研修教材の開発及び研修の実施 |
| Ⅳ．プログラミング的思考を育成する授業づくりに関する支援<br>・授業実践例の創出・公開<br>・研修教材の開発及び研修の実施 |
| Ⅴ．プログラミング的思考を活用して教科等の学びを深める授業づくりに関する支援<br>・授業実践例の創出・公開<br>・研修教材の開発及び研修の実施 |

### 4.2 山口県における事例

山口県では,やまぐち総合教育支援センター(以降，支援センター）と山口大学教育学部（以降，本学部）の連携の下で，プログラミング教育に関する勉強会の開催を皮切りに，表 7 に挙げた教員支援に関して様々な取り組みを行ってきた．

プログラミング的思考に関しては，2.2 節で述べた 6 つの要素概念の理解を広げるために，校内研修で使用することを想定した「プログラミング的思考研修モジュール」を開発・公開している（https://shien.ysn21.jp/teacher/shien/programing_tekisikou.html）．この教材はプログラミング的思考の要素概念毎に 2 部構成で作成されており，第 1 部は各要素概念の解説，第 2 部はワークショップ形式の演習になっている．いずれも 15～20 分程度の内容で選択的に研修を行えるモジュール型教材であり，読み原稿も含まれているので講師役の教員に過度な負担をかけずに校内研修等を実施できる．また，本教材は支援センターが実施する教員研修や筆者らが所属する学部の授業，及び，教員免許更新講習でも活用されている．

また 2018～2019 年度の支援センターの調査研究事業として，プログラミング的思考の要素を生かした，教科等における見方・考え方を働かせる授業づくりのための研修教材の開発・公開も行っている（https://shien.ysn21.jp/teacher/shien/mikata_kangaekata.html）．これは「分解」や「順序立て」等の要素概念を，小中高等学校の国社算（数）理英の見方・考え方を働かせる授業づくりにどう生かすかを示したものであり，プログラミング的思考を取り入れた授業づくりの手がかりとなる．

2019 年度からは，山口県が中心となって関係機関（市町教委，高等学校，大学，博物館，民間企業等）と連携しつつプログラミング教育推進事業を展開している．この事業は 3 年間の予定で実施されており，授業実践事例の創出，地域の研修リーダーとなる教員の養成が主な内容である．本年度は県内 7 つの研究協力校（小学校）において，算数科におけるアンプラグドな授業（形態(1)）や Scratch などのビジュアルプログラミング言語を活用した授業（形態(2)），そして，総合的な学習の時間においてケニス社のプログラミングロボット mBot（https://www.kenis.co.jp/mbot/）を活用した授業（形態(3)）などの実践研究に取り組み，15 件程の実践事例を創出した．10 月～11 月に各研究協力校において，授業公開及び研究協議を中心とした研修を実施し，各研究協力校及びその近隣校の教員を中心に全体で 600 名程の参加があった．研修では，授業公開の後，プログラミング的思考を育成するための指導の工夫について協議した．

地域のリーダー教員の養成については，本年度はリーダー養成研修を県内 3 地域で合計 4 回実施し，全体で 120 名程度の小学校教員が参加した．内容は，a）本

学部教員によるプログラミング教育の在り方に関する講義，b）mBot を用いたプログラミング体験，c）プログラミングを取り入れた教科等の学習の進め方に関する講義，d） 研究協力校授業担当者による実践報告である．研修会に参加した教員は市町教委主催の研修会や校内研修会の講師を担当する事を期待されている．

### 4.3 考察

他県の教育センターや団体等もプログラミング教育のための研修教材を作成・公開しているが，その多くは，アンプラグド，ビジュアルプログラミング，フィジカルプログラミングの授業実践をパッケージ化したものであり，主に表 7 のⅡとⅣに対応する．その一方で，我々が作成したプログラミング的思考研修モジュールは，プログラミング的思考自体をどう捉えるかを解説した教材であり表 7 のⅢに対応する．プログラミング的思考を 6 つの要素概念に分けて考えることで，プログラミング的思考を育成する授業やプログラミング的思考を活用して教科等の学びを深める授業の授業づくりが容易になり，表 7 のⅡとⅣに繋がる．

例えば，山口県のプログラミング教育推進事業において創出された多くの指導事例において,「分解」,「順序立て」,「デバッグ」,「評価」を取り入れることができていた．その一方で,「一般化」と「抽象化」については課題もあった．小学校 5 年生算数科の正多角形を描画するプログラムを扱う事例では,「正三角形を描くプログラムの数値を少し変えるだけで正方形などの他の正多角形も描けること」から「プログラミングの便利さに気づくこと」やプログラミング的思考の「一般化」に繋がる視点が十分押さえられていなかった.「抽象化」についても「正多角形を描画する際にはどんな性質に注目すべきか」を考えさせることで意識付けできるが,そのような働きかけが十分ではなかった.mBot を使った授業実践では，児童はいきなり経路全体を辿るプログラムを作成したため，目的地に到達させることが難しかった．経路全体を幾つかの部分的な経路に「分解」できることに気付けば，それらを適切な順番で必要な回数繰り返すことで目的地に至るプログラムとなる．このことも「一般化」に繋がるが，児童自らが気づくことは難しく教師からの適切な働きかけが必要である．この様に 6 つの要素概念を導入することで授業の詳細な分析が可能となる．

表 7 のⅣとⅤについては，年間指導計画に加えて学年進行に合わせた指導計画の検討も求められる．教科の内容とプログラミングの技能を同じ時間で学習することは難しいので,「各教科等での学びをより確実なものとする」というプログラミング教育のねらい③を達成するためには，事前に情報機器やプログラミング言語環境等の操作を学習しておく必要がある．例えば，5 年生の算数科の正多角形の学習までに,C 分類等でプログラミングを体験させておくこと等が必要である．さらにプログラミング的思考については 1～6 年生の各教科等の中で育成していくことになる．現在，多くの小学校で 2020 年度の指導計画を検討しているが，「何をどこまでどの順番で教えれば良いかが分からない」,「検討した指導計画で問題ないか判断ができない」という疑問や不安を感じている教員が多い．実際にはまず 1 年やってみて，その結果を踏まえて改善していくしか方法がない．児童のプログラミング体験の有無によっても授業構成を変える必要がでてくるため，来年度以降もしばらくは試行錯誤が続く．そのために，各校の年間指導計画の共有や教育センター等による指導計画の確認等の支援が必要とされている．

形態(1)～(3)の授業を一体のものとして捉えた授業づくりも重要である．例えば，算数科のある単元で，まずはアンプラグドでプログラミング的思考を用いてその単元の学びを深め，その後でプログラミング言語を活用して図やグラフを描画してみるといった授業である．山口県プログラミング教育推進事業における指導事例は主に算数と総合的な学習で行われたが,「一般化」や「抽象化」は社会科や生活科，家庭科等での活用が見込まれる．また，将来的には「プログラミングを体験する授業」から「プログラミングを考える授業」へ転換されていく．これらに対応するには，より多くの教科・単元でプログラミングを取り入れた授業を展開し，実践事例を共有する必要がある．加えて特定の言語や教材に依存しない授業づくりのために，事業で利用した Scratch や mBot 以外の様々な言語や教材(教具)を体験できる場の提供や研修の実施が必要となる．

授業支援員については，推進事業では小学校と近隣の工業高校との連携のもと，工業高校の教員や生徒が小学校に赴いて授業支援を行う取り組みがなされてい

た．教育効果も高く双方の担当教員からも肯定的な感想を多く得ているが，事業終了後の連携の継続については課題がある．また，近隣中学校の技術科教員が小学校で出前講義をする取り組みも考えられるが，継続的な実施には難しさがあるのが現実である．

中学校のプログラミング教育は，表 1 の技能・知識については，「技術・家庭」の技術分野の内容「D 情報の技術」として実施されるが，新しく導入される「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミング」については，多くの技術科教員が必要な専門知識を有していない可能性が高い．そのために，ネットワークプログラミング等に関する研修の実施や教材作成等の支援が求められる．また，中学校技術科の教員の免許外教科担任の割合が高いという問題もある[14]．高等学校については状況がより深刻である．2022 年に開始される「情報Ⅰ」で内容が全般的に情報科学に傾向したものになるが，その内容を苦手とする教員も多い．また，中学校と同じく高等学校情報科の教員の採用も少なく，免許外教科担任の割合が高い．一例として広島県の場合，令和元年 1 月 13 日付け中国新聞の記事によると 2005 年に情報科教諭の採用を始めたが実際に採用したのは 17 名で，情報免許所有者は 2019 年度に 200 名を切っている．しかも，数学や理科などを担当するため情報科を担当しない教員も多い．同県では高等学校 98 校のうち 70 校が非常勤講師を活用しており，また 13 校で免許外教科担任に授業を任している．この様な状況では，プログラミング教育の質を確保するためには，表 7 に挙げた支援を中学校技術科・情報科を担当する教員に提供する必要がある．

また，小学校で育成したプログラミング技能やプログラミング的思考は，情報活用能力の一環として中学校・高等学校でも教科等横断的に育成していくべきものである．従って，技術科と情報科以外の教科を担当する中学校・高等学校の教員を対象として，表 7 のⅢ～Ⅴに挙げた支援が必要となる．

## 5. まとめ

本稿では持続的なプログラミング教育のために求められる教員支援に関して考察してきた．持続的なプログラミング教育を実現するには，小中高および大学を通してプログラミング技能とプログラミング的思考を育成する授業づくりが必要である．また，ICT の急速な進歩の中でプログラミング関連の知識・技能もめまぐるしく変化するため，それに合わせてプログラミング教育も毎年のように改訂していく必要がある．そのためには，現在実施されている，あるいはこれから実施する教員支援をこの数年の一過性のものとするのではなく，長期的に系統的に実施していく必要がある．2020 年度以降，小中学校を中心に一人一台のタブレット PC 等が前提となるため，教科等でプログラミング的思考を扱うことが当たり前となる．将来的には教科で情報の知識を教えるのではなく，教科内容が情報化すると考えられる．そのためにも，プログラミング教育をはじめとする情報活用能力の育成に関わる教員支援の充実が求められる．

**謝辞**

本研究の一部は JSPS 科研費 19K03082 の助成を受けたものである．

**参 考 文 献**

(1) 小学校プログラミング教育の手引（第二版），http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2018/11/06/1403162_02_1.pdf（2020 年 2 月 6 日確認）

(2) 高等学校学習指導要領(平成 30 年告示)解説【総則編】，https://www.mext.go.jp/content/1407073_01_1_2.pdf（2020 年 2 月 6 日確認）

(3) 中田充，森寛文，藤本満士，鷹岡亮，葛崎偉：“プログラミング教育に求められる教員の資質能力と教員研修に関する考察”，信学技報，vol.119，no.236，ET2019-38，pp.33-38（2019）

(4) 中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説【技術・家庭編】，http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_009.pdf（2020 年 2 月 6 日確認）

(5) 高等学校学習指導要領(平成 30 年告示)解説【情報編】，https://www.mext.go.jp/content/1407073_11_1_2.pdf（2020 年 2 月 6 日確認）

(6) 田中良研，伊達寛幸，中田充：小学校 2 学年におけるプログラミング教育の実践：スクラッチ Jr を活用したア

ニメーション物語の作成，山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要，No.46，p157-166（2018）
(7) 田中良研，中田充：Ozobot 2.0 Bit を用いたプログラミング教育の実践，山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要，No.48，p151-160（2019）
(8) 田中良研，中田充：小学校におけるアンプラグド形式のプログラミング教育実践，山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要，No.49（2020 年 2 月掲載予定）
(9) 未来の学びコンソーシアム：“小学校を中心としたプログラミング教育ポータル”，https://miraino-manabi.jp/（2020 年 2 月 6 日確認）
(10) 黒上晴夫，堀田龍也：“プログラミング教育導入の前に知っておきたい思考のアイディア”，小学館（2017）
(11) 中川一史監修：第２版「プログラミングで育成する資質・能力の評価規準（試行版）」，https://beneprog.com/wp-content/uploads/2018/08/ver2.0.0.pdf（2020 年 2 月 6 日確認）
(12) 鹿児島県総合教育センター：“かごしまプログラミング教育校内研修パック”，http://www.edu.pref.kagoshima.jp/curriculum/jyouhoukyou/top.html（2020 年 2 月 6 日確認）
(13) 宮城県総合教育センター：“プログラミング教育校内研修ナビ”，http://www.edu-c.pref.miyagi.jp/support/info/（2020 年 2 月 6 日確認）
(14) 文部科学省：“免許外教科担任制度の在り方に関する調査研究協力者会議報告書”，https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/136/houkoku/1409410.htm（2020 年 2 月 6 日確認）

# 家庭での継続につながるような子ども向けプログラミングイベントの開催

松本 章代 † 稲垣 忠 †† 菅原 研 †

† 東北学院大学教養学部 †† 東北学院大学文学部

# Hosting events for children aiming to continue programming at home

Akiyo MATSUMOTO † Tadashi INAGAKI †† Ken SUGAWARA †

† Faculty of Liberal Arts, Tohoku Gakuin University

†† Faculty of Letters, Tohoku Gakuin University

**あらまし**：東北学院大学教養学部情報科学科では，2014 年度から毎年，子ども向けプログラミング体験イベントを開催している。イベント自体は好評で参加者の満足度は高く，プログラミングに関心をもたせることに成功した一方で，参加者が家庭でもプログラミングに取り組む様子はなかなかみられなかった。そこで今年度は，イベント会場のみならず自宅においても自発的で継続的な取り組みにつながるようなイベントを目指し，成果があったので報告する。

**キーワード**：プログラミング教育，マイクロビット

## 1. はじめに

東北学院大学教養学部情報科学科では，2014 年度から毎年，地域の子ども向けにプログラミング体験の公開講座を主催している。プログラミング体験をとおして「コンピュータに指示を出し思い通りに動かす楽しさ」を味わってもらい，ひいては子どもたちに「情報」という学問分野に興味を持ってもらうというねらいである。こちらの指示に従って画一的なプログラムを作成するのではなく，子ども自身が発想したものを形にできる体験となるよう配慮している。

このイベントは毎回好評で参加者の満足度は高く，プログラミングに関心をもたせることに成功している [2]。そこで次のステップとして，我々は「イベント会場のみならず自宅においても自発的にプログラミングに取り組むきっかけとなるようなイベントを目指したい」と考えた。

## 2. 本研究の位置づけ

### 2.1 これまでの経緯

我々が 2014 年度～2017 年度に実施した子ども向けプログラミング体験イベントでは，Android アプリ開発やロボットプログラミングを題材としていた。その教材として解説動画を作成して提供することにより，子どもが自分で作りたいものを選択でき，かつ自分のペースで作業が進められるように工夫した。その結果，参加者へのアンケート調査によって「プログラミングに興味・意欲を持たせることに成功した」と言える結果が得られた [1]。その一方で「そもそもイベントに自主的に参加している子どもは最初からプログラミングに興味があるのでは？」という見方もある。そこで 2017 年度には「イベントによってプログラミングに興味・意欲を持ってくれれば継続的なイベント参加につながるはず」という仮説のもとに，毎回異なる内容のイベントを計 3 回実施し，1 人の子どもが最大 3 回までイベントに参加できるようにした。2 回，3 回と繰り返し参加した子どもには，発展的な内容（より複雑なオリジナルロボットの作成）に挑戦できるようにした。その結果，参加した子どもの延べ人数は 47 名・実数は 26 名で，継続参加率は 70%という結果が得られた [2]。

2017 年度までの取り組みによって，「参加した子どもに対しプログラミングに興味を持たせることは可能」ということがわかったため，2018 年度は「イベント参加後の子どもが家庭でもプログラミングに取り組んでくれるか」をテーマにイベントを開催した。2017 年度までにイベントで用いていたロボットプログラミング

の教材は1セット約2万円程度と高価であったため，家庭でのプログラミング学習には不向きと判断し，新たにプログラミング教材として「micro:bit」を採用した。micro:bit の詳細は 3.1 節で述べる。また，micro:bit にはビジュアルプログラミング環境「MakeCode」が用意されており，作成したプログラムを画面上で実行できるシミュレーターが付いているため，家庭内でのプログラミング学習も可能と考えた。MakeCode の詳細は 3.2 節で述べる。イベント自体は好評で参加者の満足度は高く，プログラミングに関心をもたせることに成功した一方で，参加した子どもが家庭でプログラミングに取り組む様子はなかなかみられなかった。以下の問題点があった。

(1) イベントではプログラミング興味を持ってもらえる内容ではあったが，自発的な取り組みにつながるようなプログラム課題の提案・働きかけが不足していた。
(2) 新規参加者も継続参加者も同じ内容であったため，継続して参加しても難易度が上がらないため家庭内で子どもが一人でプログラムを作成する力を養うことができなかった。
(3) micro:bit は安価なので参加した子どもの保護者がイベント後に購入することを期待したが，購入にはつながらなかった。シミュレーターで動く魅力的なプログラム課題を提案できなかった。

よって本研究では 2018 年度の問題点を以下のように改善しイベントを実施する。

- (1) には，子どもが帰宅後もプログラミングをおこないたくなるような micro:bit の作品集を配布することにより，家庭学習への働きかけを強化する。
- (2) には，新規参加者と継続参加者のイベント内容を分け，継続参加者には回を重ねるごとに難易度を上げる。
- (3) には，micro:bit を持ち帰れるようにして，帰宅後もシミュレーターではなく実機で動かすことができるようにする。

改善の効果は，子どもの家庭内でのプログラミングの取り組み状況をアンケートによって調査する。

### 2.2 プログラミング教育の持続性に関する研究

本研究と同様にプログラミングの持続性に着目した「ボードゲーム戦略を題材としたプログラミング演習におけるレポートとアンケートの分析」という研究がある [3]。この研究では，五五というボードゲームを題材としてプログラミング教育をおこなっている。五五は，五目並べに石取りを加えたゲームで，連と取という 2 つの勝利条件があり，それぞれに攻撃と防御の優先度が考えられ，初心者でも戦略の個性が出やすい。受講生によって考えられた戦略同士を対戦させる大会をおこない，順位や戦績を公開する。このようにすることで，試行錯誤的なプログラミングを体験させ，持続的な戦略修正への動機付けをおこなう。

持続的なプログラミング学習を促すという意図は，本研究と共通している。一方，順位や戦績を公開することによって意欲を持続させるという発想は本研究には無く，興味深い。

## 3. プログラミング教材の概要

### 3.1 micro:bit

micro:bit とは，BBC が開発した子ども向けプログラミング教育用のマイコンボードで，イギリスでは 7 年生（11 歳〜12 歳）全員に配布されプログラミングの授業で用いられている。日本でも 2017 年 8 月の発売以来，国内でもっとも注目されているプログラミング教材のひとつとなっている。micro:bit は，4cm × 5cm と小さいサイズかつ約 2,000 円という価格でありながら，25 個の LED，2 つのボタン，加速度センサー，照度センサー，温度センサー，bluetooth による無線通信機能などを有している。また，汎用入出力端子があり，そこにスピーカーやモーターなどを接続して制御することができる。

### 3.2 MakeCode

MakeCode とは Microsoft 社が開発したプログラミング環境である。PC，Android タブレット／スマートフォン，iPad，iPhone 等さまざまな種類の端末でプログラミングをおこなうことが可能である。

MakeCode は，シミュレーター，ビジュアルエディタ，テキストエディタから構成される [4]。

シミュレーターは，micro:bit の動作を画面上で確認するためのものである。micro:bit が手元になくてもプログラムを作成し実行することができる。

ビジュアルエディタは，あらかじめプログラムが「ブロック」で用意されており，そのブロックを組み合わせながら，プログラミングの基礎を学ぶことができるため，初めてプログラミングをおこなう人に使用されるエディタである。

テキストエディタは，JavaScript でプログラムを記述することができる。ビジュアルエディタと交互に切り替えながらのプログラミングもできる。

本研究のイベントでは，初めてプログラミングをおこなう小学生，中学生にも容易にプログラムが作れるよう，ビジュアルエディタを利用する。

### 3.3　イベントで用いるプログラミングのテキスト

2017 年度までのイベントでは，プログラムの作成手順を解説する動画を用意した。

2018 年度および 2019 年度のイベントでは紙媒体のテキストを用意する。紙媒体の資料にした理由・目的は以下のとおりである。

(1) イベントにおいて紙媒体の冊子のテキストを用意することで，各自のペースでプログラミングをおこなうことができるため。
(2) 帰宅後にイベント内容の振り返りやプログラムの応用に取り組めるようにするため。
(3) 継続参加者のテキストについては「すべての制作過程を教える」から「子どもが自ら考えて作る」に徐々に移行していき，プログラムを作成する力を養うため。

このテキストを各回，新規参加者用と継続参加者用，それぞれ分けて作成する。また，MakeCode で作成したプログラムを micro:bit に転送する方法について，PC ／ Android 端末／ iOS 端末それぞれの方法を載せることで，自宅において円滑にプログラミングをおこなえるよう配慮する。

### 3.4　家庭学習用の作品集

家庭学習用の作品集を配付する目的は，イベントで作っていない様々な作品例を紹介し，参加者に帰宅後にも「作ってみたい」と思わせることである。イベントで持ち帰った micro:bit とワニ口クリップコードがあれば家庭で制作可能な，10 作品の作り方を掲載する。

## 4.　プログラミングイベントの概要

### 4.1　イベントの目的

我々が子どもを対象としてプログラミングイベントをおこなう目的は，プログラミングに対して興味を抱かせ，自主的にプログラミングを学ぼうとする姿勢を芽生えさせることである。

### 4.2　実施状況

イベントは約 1 か月おきに年 4 回実施する。対象者は小学 4 年から小学 6 年生および中学生とした。開催場所は東北学院大学土樋キャンパス，時間は午前と午後の 1 日 2 回（各 110 分間），同一内容で実施し参加者が都合の良い時間帯を選べるようにした。

イベントへの参加者の募集方法は主に，前年度のイベントの参加者へのコンタクト，各小学校でのチラシ配付，大学の公式ウェブサイトでの告知，peatix というイベント参加者募集サイトの利用，である。

### 4.3　2019 年度のイベント内容

イベントでは，初めての参加者を「新規参加者」とし，2 回目以上の参加者を「継続参加者」として内容を分ける。「新規参加者」の内容は第 1 回～第 3 回まで共通だが，「継続参加者」の内容は毎回異なり徐々に難易度が上がるようにした。

プログラミングは，貸し出した Android タブレットでおこなう。

2018 年度のイベントでは，子ども自身が工作したものは持ち帰り可能だったが，micro:bit やワニ口クリップコードについては使用後に返却するルールで運用した。2019 年度のイベントでは，子ども自身による制作物は micro:bit もワニ口クリップコードも含め，すべて持ち帰り可能とした[1]。

家庭学習用の作品集は，新規参加者全員に配布する。

イベントの冒頭で全体に対し，プログラミングとはどのようなものか，プログラムがどのように社会に関わっているのか，といった話をまずおこない，その後イベントの内容について説明する。説明後は各自，工作やプログラミングといった作業に移る。

#### 4.3.1　第 1 回～第 3 回イベント（新規参加者）

第 1 回～第 3 回の新規参加者用のイベントの内容は「オリジナル LED をつくって光らせる」である。まず型枠と UV レジン液を用いてオリジナル LED を作成する。その後プログラムを作成したら micro:bit とオリジナル LED を 2 本のワニ口クリップコードでつないで光らせる。早くにプログラミングを終えて時間がある子どもにはこちらで用意した紙の箱を渡し，micro:bit の明るさセンサーを利用して「箱をあけたら LED が光る」というプログラムを作ってもらった。

[1] ただし，micro:bit の贈与は初参加した回のみ（1 人 1 回限り）。2 度目からは持参する。

4.3.2　第2回イベント（継続参加者）

第2回の継続参加者用のイベント内容は「モグラたたきの制作」である。第1回では扱っていない「変数」と「関数」を用いる内容となっており，難易度が上がっている。

4.3.3　第3回イベント（継続参加者）

第3回の継続参加者用のイベント内容は「通信対戦シューティングゲームの制作」である。第2回で学んだ「変数」と，新たに micro:bit 同士の「通信」を扱う内容で，さらに難易度が上がっている。

4.3.4　第4回イベント

第4回のイベント内容は「モーターカーを走らせる」である。第4回イベントでは，継続参加者の人数が増えてきたことや，個々の実力差も出てきたことから，新規参加者と過去に1回のみ参加している子どもの「基本クラス」と，2回以上参加している子どもの「発展クラス」に分けた。

基本クラスでは,「A ボタンを押したら」「磁石が近づいたら」「前方に障害物があったら」といった「きっかけ」とモーターカーが「前へ進む」「止まる」「右に回転する」といった「動き」を自由に組み合わせてオリジナルプログラムをつくる。

発展クラスでは，第2回で学んだ「関数」と第3回で学んだ「通信」を利用し，micro:bit を2台を使用してモーターカーをもう1台の micro:bit でリモートコントロールする。今までやってきたことを活かし，より自分自身で考えなければならない内容になっている。

なお，第1回～第3回までのイベントでは子どもが制作した作品をそのまま持ち帰ってもらったが，第4回で使用したモーターカーは渡していない。ただし第4回で初参加した子どもにも第1回～第3回の参加者と同様に micro:bit スターターキットとワニ口クリップコードを渡している。

## 5.　アンケート調査による評価

2019年度のイベントの参加者数を表1に示す。全4回の延べ参加者数は63名，実数は29名である。

2018年度も4回イベントを開催しており，延べ参加者数は59名，実数は34名である。2018年度も同様にアンケート調査を実施しており，2019年度との違いを比較する。

表1　2019年度イベント参加者の内訳

単位:人

| | 参加人数 | 新規参加者 | 継続参加者 |
|---|---|---|---|
| 第1回 | 10 | 10 | – |
| 第2回 | 11 | 5 | 6 |
| 第3回 | 21 | 11 | 10 |
| 第4回 | 21 | 3 | 18 |
| 合計 | 63 | 29 | – |

### 5.1　イベントの満足度に関する調査

イベントの満足度を調査するため,「またイベントに参加してプログラミングをしてみたいか」について尋ねる。対象は第1回～第4回のイベントに参加した子どもで，初参加したときの回で質問する。

そのアンケート結果を表2に表す。「はい」と「どちらかというとはい」を合わせると，2018年度は全体の91%，2019年度は97%の子どもが「またイベントに参加してプログラミングしてみたい」と答えており，イベントへの満足度は高かったと言える。

表2　イベントの満足度

単位：人

| 評価 | 2018年度 | 2019年度 |
|---|---|---|
| はい | 25 (74%) | 24 (83%) |
| どちらかというとはい | 6 (18%) | 4 (14%) |
| どちらでもない | 2 (6%) | 1 (3%) |
| どちらかというといいえ | 1 (3%) | 0 (0%) |
| いいえ | 0 (0%) | 0 (0%) |

### 5.2　プログラミングへの関心度に関する調査

プログラミングへの関心度を調査するため,「イベントに参加してプログラミングに興味を持てたか」について尋ねる。対象は，前年度参加した子どもを除く，第1回～第4回のイベントに参加した子どもである。イベント満足度同様，初参加したときの回で質問する。

そのアンケート結果を表3に表す。「はい」と「どちらかというとはい」を合わせると，2018年度は91%，2019年度は100%の子どもが「イベントをとおしてプログラミングに興味を持てた」といえる。

表 3　プログラミングへの関心度

単位：人

| 評価 | 2018 年度 | 2019 年度[1] |
|---|---|---|
| はい | 25 (74%) | 20 (91%) |
| どちらかというとはい | 6 (18%) | 2 (9%) |
| どちらでもない | 3 (9%) | 0 (0%) |
| どちらかというといいえ | 0 (0%) | 0 (0%) |
| いいえ | 0 (0%) | 0 (0%) |

[1] 2019 年度は前年度からの継続参加者 7 名を除く.

### 5.3　プログラミングの家庭内の学習状況に関する調査

第 2 回〜第 4 回の継続参加者に対し,「前回参加してから自宅でプログラミングをおこなったか」について尋ねる。2018 年度のイベント参加者と 2019 年度のイベントの参加者の回答を比較する。

アンケート結果を表 4 に示す。2018 年度，家庭でプログラミングに取り組んだ子どもが 26%しかいなかったのに対し，2019 年度は取り組んだ子どもの割合が 60%となっており明らかに差が認められる。

また，家庭でプログラミングに取り組まなかった理由として以下の回答があった。

- 時間が無かった (4 名)
- プログラムをマイクロビットに送るのが難しかった
- プログラムを作るのが難しかった
- 英語のページが出てきてしまい分からなかった

表 4　家庭内での学習状況

単位:人

| | 2018 年度 | 2019 年度 |
|---|---|---|
| 取り組みなし | 14 (74%) | 8 (40%) |
| 取り組みあり | 5 (26%) | 12 (60%) |

### 5.4　プログラミングの家庭内の学習状況に関する追加の調査

第 4 回イベントから約 1 か月後の 2020 年の 1 月末に Google フォームを利用して追加アンケートを行い，家庭でプログラミングをおこなったかと，おこなった際にはどの教材を使用していたか，について各家庭の保護者に尋ねた。アンケートを依頼した 29 名中 16 名から回答があった。2018 年度も同様に，第 4 回イベントから約 1 か月後にアンケートをおこない，家庭でプログラミングをおこなったかについて 14 名から回答があったので比較する。

まず，家庭でプログラミングをおこなったかについては，2019 年度は 16 名中 11 名 (69%) が取り組みあり，5 名 (31%) が取り組みなし，との結果が得られた。2018 年度は 14 名中 4 名 (29%) が取り組みあり，10 名 (71%) が取り組みなし，であったことを考えると，状況が大きく変化したことが分かる。具体的な取り組み状況について表 5 に示す.

2019 年度に家庭でプログラミングに取り組んだ 11 名が，その際に使用した教材について確認した結果を表 6 に示す。多くの子どもがイベントで配布した作品集を使用してプログラミングをおこなっていることが分かった。さらに，家庭でプログラミングの書籍を購入してプログラミングをおこなっている，さらに積極的な子どもも複数いることが分かった。

また，2018 年度からの参加者に対して，2018 年度と 2019 年度でイベント後の子どものプログラミングの取り組み状況に違いがあった場合の要因について尋ねた。2018 年度からの参加者 7 名中，4 名から回答があった。アンケートの結果を表 7 に示す。4 名全員が「マイクロビットを持ち帰れたから」を選択し，4 名中 3 名が「作品集をもらえたから」も選択した。

以上のアンケートの結果から，イベントで使用した micro:bit と作品集を持ち帰れるようにしたことが子どもの家庭での学習につながったことが分かった。

## 6.　まとめ

本研究では，子ども向けのプログラミング体験イベントを開催し，参加した子どもたちがイベント会場のみならず家庭内でも自発的にプログラミングを学んでくれることを目指した。参加者の子ども・保護者を対象としたアンケート調査の結果，2019 年度は多くの子どもたちが家庭でもプログラミングに取り組んでいる状況を確認できた。2018 年度と比較して，その子どもたちの割合は明らかに増えており，その理由は 2019 年度に新たに採用した「micro:bit と作品集を持ち帰れるようにしたこと」であることが分かった。

**謝辞**

本研究は JSPS 科研費 JP19K03090 の助成を受けたものである。

表 5　家庭内での取り組み状況（1 か月後）

（複数回答可）

| | 2018 年度 | 2019 年度 |
|---|---|---|
| ご家庭内で継続的にプログラミングに取り組んでいる | 0 | 2 |
| ご家庭内で少しだけプログラミングに取り組んだ | 1 | 9 |
| 学校や別の団体主催のイベントなどに参加する機会があった | 3 | 2 |
| プログラミング教室でプログラミングに取り組んでいる | 0 | 2 |
| 取り組んでいない | 10 | 5 |

表 6　家庭内での学習に使用した教材

（複数回答可）

| | 回答数 |
|---|---|
| イベントで配布した作品集 | 8 |
| インターネット | 2 |
| 家庭で購入したプログラミングの書籍 | 4 |
| その他 | 3 |

表 7　2018 年度との違いの要因

（複数回答可）

| | 回答数 |
|---|---|
| マイクロビットを持ち帰れたから | 4 |
| 作品集をもらえたから | 3 |
| その他 | 0 |

## 参考文献


[1] 松本章代：手順解説動画を用いたプログラミング教育－大学生と小学生，それぞれを対象とした実践報告－，日本教育メディア学会研究会論集，No.44，pp.91–96 (2018).

[2] 大崎翔太：小学校高学年がプログラミングに興味を持つような教材の作成およびイベントの開催，東北学院大学教養学部論集，No.182，pp.155–178 (2019).

[3] 劉世博，花川直己，山田航平，富永浩之：ボードゲーム戦略を題材としたプログラミング演習におけるレポートとアンケートの分析，情報処理学会第 77 回全国大会講演論文集，pp.951–952 (2015).

[4] Microsoft MakeCode とは?，
`https://www.microsoft.com/ja-jp/makecode/about`

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 電気通信大学プログラミング教室における CPU の仕組みを学ぶ夏季集中講座の実践

島崎俊介[*1,2], 宮澤修[*2,3], 安部博文[*1,2]
*1 電気通信大学
*2 電気通信大学認定ベンチャー 特定非営利法人 uec サポート
*3 東京工業大学大学院

# Practice of intensive summer courses to learn CPU architecture in UEC programming school

Toshiyuki SHIMAZAKI[*1,2], Osamu MIYAZAWA[*2,3], Hirofumi ABE[*1,2]
*1 The University of Electro-Communications
*2 NPO uec support
*3 Graduate School of Tokyo Institute of Technology

本稿では，電気通信大学プログラミング教室において 2019 年 8 月に実施した夏季集中講座について報告する. 夏季集中講座では, 小中高生の生徒 45 名が 2 日間で 4 ビット CPU の仕組みとして, 1) CPU の 3 つのサイクル，2) 2 進数の 2 つを理解することを目的に実践を行った．実践前の事前アンケート結果では，学校で CPU の仕組みを学んだことがない生徒が 41 名いたが，実践後の確認テスト結果では，全生徒の平均点が 73.5 点であった．本実践の 3 つの仮説に対応した教材を用いることで，2 日間の短期講座であっても小中高生が学年によらず CPU の仕組みを理解できる可能性が示唆された.

キーワード: プログラミング教育，CS 教育，CS アンプラグド，プログラミング的思考， Computational Thinking

## 1. はじめに

### 1.1 研究の背景

日本国内において, 2020 年度より小学校プログラミング教育が必修化される. 学習指導要領の改訂に伴い，中学校プログラミング教育は 2021 年度，高等学校プログラミング教育は 2022 年度に実施される見込みである(1). これらの背景から小学生・中学生・高校生（以下，小中高生）を対象としたプログラミング教育が注目され，多くのプログラミング教室が開講している.

文部科学省によると，小学校プログラミング教育の目的は，ソースコードを記述するスキルを身につけるのではなく，目的達成のための一連のプロセスを論理的に設計・選択するために必要な思考法であるプログラミング的思考を身につけることを目的としている(2).

### 1.2 電気通信大学プログラミング教室の概要

筆者らは, 2016 年 5 月より電気通信大学プログラミング教室（以下，当教室）を開始した．当教室は，毎週日曜日に開講しており，授業は，プログラミングに関連する情報提供，生徒間のグループコミュニケーション，コンピュータサイエンス（以下，CS）解説とクイズ，生徒がプログラミングする時間の 90 分授業を通常授業として運営している．当教室では，初心者が学ぶプログラミング言語として Python を推奨している．月末は，120 分授業として，生徒が開発したプログラムを生徒や保護者に発表する成果発表会を行っている. 2020 年 2 月現在, 小学 5 年生から高校 2 年生あわせて 9 4 名が在籍している．講師は，電気通信大学の現役学生，OB，当教室 OB の大学生が務めている.

教材は，電気通信大学アライアンスセンターに入居している企業のエンジニアが監修している．当教室の運営は，電気通信大学認定ベンチャーNPO 法人 uec サポート社員が産学官連携体制で運営している．

当教室では，上記の通常授業に加えて，毎年 8 月は通常授業の代わりに，2 日間の夏季集中講座を開講している．今までのテーマとして，micro:bit を用いた演習講座や，Raspberry Pi を用いたダンボールコミュニケーションロボット作成講座を実施してきた．2019 年度は，コンピュータに内蔵されている CPU(Central Processing Unit)の仕組みを生徒が体験しながら 2 日間で学べる夏季集中講座を試みた．CPU の仕組みを題材にした理由は，通常授業の CS 解説で CPU の仕組みを題材にしたとき，クイズの正答率が低かったことや，生徒より CPU の仕組みが難しいという感想があったからである．

### 1.3 研究の目的

本研究の目的は, 当教室の生徒が 2 日間で CPU の仕組みを実際に体験しながら理解することである.具体的には, 当教室が作成した教材を生徒が活用し, 1) CPU の 3 つのサイクル，2) 2 進数，これら 2 つを理解することとする．

## 2. 先行研究

### 2.1 小中高生を対象とした CS 教育の現状

小中高生を対象としたコンピュータサイエンス教育（以下，CS 教育）に関する調査として，久野ほか（2015）では，初等中等教育における段階を考慮した情報教育のカリキュラム体系を提案している[3]．この論文では，諸外国の CS 教育の現状を踏まえ，日本国内における小中高生向けの CS 教育のあり方として，小中高いずれの段階においてもコンピュータの原理を学ぶことの必要性を提案している．

小田ほか（2019）では，日本における中等教育の CS 教育について調査を行っている[4]．この調査によると，中学校の技術・家庭科から学校種が上がるに従い CS に関する内容が増えているというという結果であった．

実際に，中学校の新学習指導要領である中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説技術・家庭編[5]によると，D 情報の技術において，「ア　情報の表現，記録，…（中略）...理解することでは，コンピュータでは全ての情報を「0」か「1」のように二値化して表現していることや，単純な処理を組み合わせて目的とする機能を実現していること」と記述されている．これより，中学生は 2021 年度以降，コンピュータは 2 進数を用いて情報を表現していることを学ぶことがわかる．

また，高等学校の新学習指導要領高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説情報編[6]によると，イ（ア）コンピュータで扱われる情報の特徴とコンピュータの能力との関係について考察 することにおいて，「コンピュータの仕組みや構造を取り上げ，…（中略）...データが CPU，メモリ，周辺装置の間でやり取りされていること，コンピュータがデータを処理する作業場所としてのメモリの役割, CPU が機械語のプログラムをデータとして読みながら実行することなどを扱う」と記述されている．これより，高校生は 2022 年度以降，情報の授業で CPU の仕組みを学ぶことがわかる．

CS 教育の現状を調査した結果，日本国内において，現行の学習指導要領で学んでいる小学生と中学生は CPU の仕組みを学んでおらず, 高校生になって CPU の仕組みを始めて学ぶことが確認できた．今後，新学習指導要領では CS 教育の割合が高くなるため，小中高生がコンピュータの仕組みを学ぶ上で CPU の仕組みを学ぶ機会が増えることが予想される．

### 2.2 日本国内におけるプログラミング教室の現状

近年，小中高生を対象としたプログラミング教室が多く開講されている．2017 年の総務省の調査によると，関東圏では 113 教室が開講されている[7]．実際にこれらの教室を調査すると，その多くが，ワークショップ形式の短期集中で開講されている．特に，大学発で毎週，継続的に実施しているのは当教室のみである．

また，2020 年 2 月現在，既存のプログラミング教室において, 小中高生を対象とした CPU の仕組みを学ぶ実践は見当たらなかった．そこで，小中高生を対象としたプログラミング教育に関する実践に着目すると，永田ほか (2019) [8], 島袋ほか (2018) [9] ，中川 (2019) [10]の通り，ビジュアルプログラミング言語や ICT 機器を用いたプログラミング的思考の育成を目的とした実践が多く見られた．現状のプログラミング教育の実践では，CS 教育に注力している実践は少ないといえる．

### 2.3　CS アンプラグド

近年, CS 教育において, コンピュータを使わずに CS を学ぶことができる CS アンプラグドが注目されている．CS アンプラグドは，Wing [11] の提唱する Computational Thinking（以下，CT）の育成を目的とした実践例が多くある．その中で本研究では，石塚ほか（2015）の実践と[12]渡波（2003）[13]を参考にした．石塚の実践では，小学生でも 2 進数を学べるカードゲーム形式の CS アンプラグドを活用し，小学生でも 2 進数を理解できることを明らかにしている．2 進数は，CPU を学ぶ上で必要な概念である．本研究では CS アンプラグドの教育効果の高さに着目し，CPU の仕組みを学べる CS アンプラグド教材の作成を検討する．

## 3.　方法

### 3.1　仮説に対応した教材の作成

本研究では，先行研究及び当教室の知見を踏まえ，生徒が CPU の仕組みを学ぶ上で必要であると考えられる以下の 3 つの仮説を立てた．

仮説①：概念的理解

仮説②：身体的理解

仮説③：現物理解

仮説①は, 生徒が CPU の 3 つのサイクルを知識として理解することである．生徒は，CPU が 0 と 1 で表現された命令をフェッチ(Fetch)し，命令を解読して実行する処理の理解に苦しんでいる．そこで，仮説①に対応し， CPU の 3 つのサイクルを①命令の取り出し，②命令の解読，③命令実行の過程をアニメーションで学べる CPU の仕組みスライドを作成した（**図１**）．

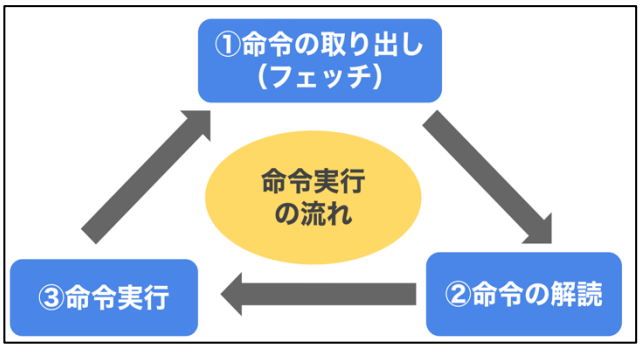



**図１　CPU の仕組みスライド**

仮説②は, 生徒が CPU の３つのサイクルを疑似体験することで理解することである. 仮説①の CPU の仕組みスライドだけでは必ずしも CPU の 3 つのサイクルを理解できないと想定する. そこで, 仮説②に対応し, 生徒がゲーム感覚で 3 つのサイクルを体験できる CS アンプラグド（以下，CPU 教材）を作成した（**図２**）．

**図２　CPU 教材**

仮説③は, 生徒が実際に CPU そのものを実際に見て理解することである. 仮説②の CPU 教材で実際に体験するだけでなく，CPU がその通りに動作していることを視覚的に確認できる必要があると考えた．そこで，仮説③に対応し, 演算命令に特化した 4 ビット CPU 回路をブレッドボードと LED を用いて作成した（**図３**）．

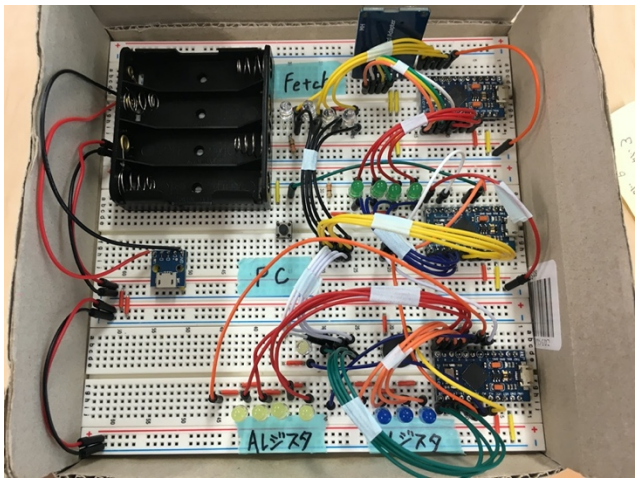



**図３　4 ビット CPU 回路**

### 3.2　事前アンケート

1 日目冒頭に生徒 45 名に下記 4 つの質問を行った．

質問①：所属を選んでください

小学生 / 中学生 / 高校生

質問②：学年を選んでください

1 年生 / 2 年生 / 3 年生 / 4 年生 / 5 年生 / 6 年生

質問③：学校の授業でコンピュータのしくみ（ハードウェア，CPU など．Word や Excel は除く）を勉強したことはありますか？

はい / いいえ

質問④:学校の授業で２進数の計算を勉強したことがありますか？

はい / いいえ

### 3.3 実践

**表１**に 2 日間の日程を示す．各時限は 90 分で，実践は，2019 年 8 月 19 日，20 日の A 日程と 2019 年 8 月 21 日，22 日の B 日程に分かれて同じ内容で実施した．

**表１　夏季集中講座の２日間の日程**

| | | |
|---|---|---|
| １日目 | 1 限　CPU の話 | 【概念的理解】 |
| | 2 限　CPU なりきり演習 | 【身体的理解】 |
| | 3 限　CPU 回路でプレイ | 【現物的理解】 |
| | 4 限　まとめ | |
| ２日目 | 1 限　CPU なりきり演習#2 | 【身体的理解】 |
| | 2 限　CPU 回路でプレイ#2 | 【現物的理解】 |
| | コンピュータの話 | 【概念的理解】 |
| | 3 限　デモ&プレイ | |
| | 4 限　まとめと理解度調査 | |

1 日目の 1 限は，作成したスライドを用いて CPU の 3 つのサイクル関する講義を行った（**図４**）．

**図４　1 限 CPU の話の様子**

1 日目の 2 限は，CPU 教材を用いて生徒同士で CPU なりきり演習を行った．演習は，1)命令を取ってくる Fetch 担当，2)Move 命令を実行する Move 担当，3)演算を行う ALU 担当，4)命令のデコードを行う Decoder 担当，5)レジスタの値を増やす Program Counter 担当，計 5 つの担当に分かれて 1 限で学んだ CPU の 3 つのサイクルを体験した（**図５**）．

**図５　2 限 CPU なりきり演習の様子**

1 日目の 3 限は，当教室で作成した 4 ビット CPU 回路を生徒に 1 つずつ配布した．実際に 1 限と 2 限で学んだ CPU の 3 つのサイクルと同じ命令を機械語で 4 ビット CPU 回路に書き込み動作確認を行った（**図６**）．本実践では，時間の制約上，生徒一人ひとりが 4 ビット CPU 回路を作ることができなかったため，電池，抵抗，LED について説明を行うことで，どのように 4 ビット CPU 回路が動作しているかを理科の授業と関連付けて解説した．

**図６　3 限 CPU 回路でプレイの様子**

1 日目の 4 限は，1 限，2 限，3 限で学んだことの振り返りを行い，感想を書いて終了した．

2 日目の 1 限は，1 日目の 2 限で実施した CPU なりきり演習をもう一度行った．生徒は 2 日目で演習にも慣れていたため，命令を複雑にし，グループ対抗で処理速度を競い合った（**図 7**）．

**図 7　1 限 CPU なりきり演習#2 の様子**

2 日目の 2 限は，1 日目の 3 限で実施した CPU 回路でプレイをもう一度行った．2 日目は 1 日目より複雑な命令を生徒自ら考え機械語で記述し，4 ビット CPU 回路に書き込む演習を行った（**図 8**）．

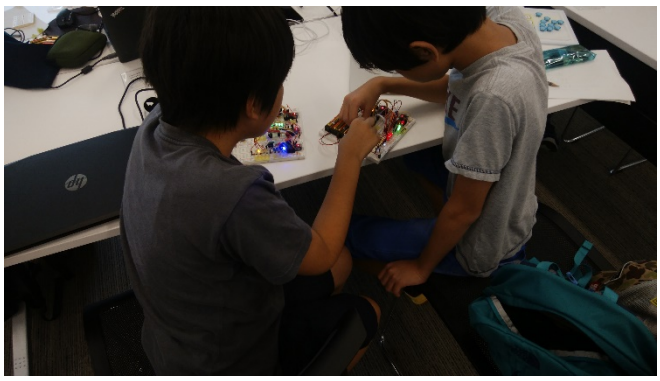


**図 8　2 限 CPU 回路でプレイ#2 の様子**

2 日目の 3 限は，講座の集大成として，4 ビット CPU 回路を用いてサービスを提案する実習を行った．実習の目的は，生徒が 2 日間の講座を通して 4 ビットの 2 進数を 10 進数に変換できるかを確認するためである．ある生徒は，出た目を 10 進数の運勢に読み替えるおみくじサービスを考えていた（**図 9**）．

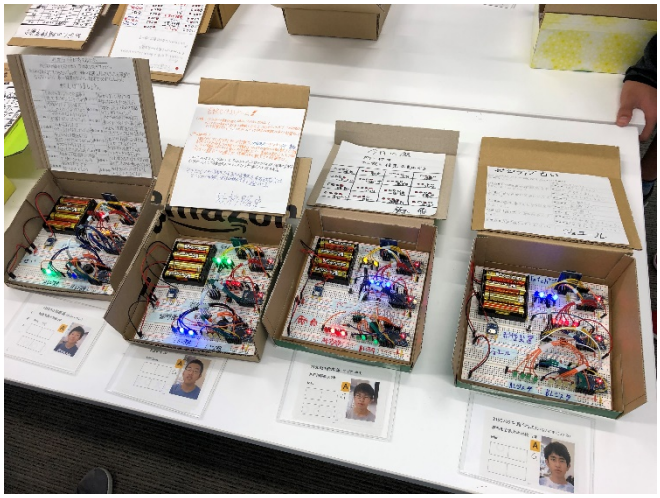


**図 9　3 限デモ＆プレイの様子**

### 3.4　確認テスト

2 日目の 4 限は，最後に仮説検証を目的とした確認テストを行った．確認テストは，仮説①：概念的理解，仮説②：身体的理解，仮説③現物理解の観点毎に設計し，問題数は 21 問で 100 点満点とした．回答者は生徒 45 名全員で，確認テスト終了後，生徒は 2 日間の感想を記述し，講座は終了した．

## 4.　結果

### 4.1　事前アンケートの結果

事前アンケートの結果によると，生徒の内訳は小学生 13 名，中学生 18 名，高校生 14 名であった．学校で CPU の仕組みを学んだことがある生徒は，小学生 0 名，中学生 2 名，高校生 2 名で，2 進数を学校で学んだことがある生徒は，小学生 1 名，中学生 3 名，高校生 11 名であった．

### 4.2　確認テストの結果

**表 2** に小中高生別の得点結果，**表 3** に問題別の正答率を示す．小中高生 45 名全員の確認テストの平均点は 73.5 点であった．

**表 2　小中高生別の得点**

| | 平均点 | 最低点 | 最高点 |
|---|---|---|---|
| 小学生 | 63.5 | 30 | 85 |
| 中学生 | 69.4 | 30 | 95 |
| 高校生 | 87.9 | 60 | 105 |

**表３　問題別の正答率**

| | 問題 | 正答率 |
|---|---|---|
| 【概念的理解】 | Q1:CPU の正しい名称はどれですか？ | 75.6 |
| | Q2:CPU の中には，演算装置や制御装置など重要な装置が組み込まれています. CPU の中にないものはどれですか？ | 86.7 |
| | Q3:名称と役割で間違っているのはどれですか？ | 80.0 |
| | Q4:CPU はいつも同じ手順で命令を実行しています．正しいのはどれですか？ | 93.3 |
| | Q5:プログラムカウンタの役割はどれですか？ | 77.8 |
| 【身体的理解】 | Q6:CPU の処理スピードを上げるのに次の中で最も有効な方法はどれですか？ | 66.7 |
| | Q7:1 ビットで表現できない例はどれですか？ | 91.1 |
| | Q8:1 ビットで表現できる情報量は何通りですか？ | 84.4 |
| | Q9:2 ビットで表現できる情報量は何通りですか？ | 84.4 |
| | Q10:3 ビットで表現できる情報量は何通りですか？ | 68.9 |
| | Q11:4 ビットで表現できる情報量は何通りですか？ | 86.7 |
| | Q12:8 ビットで表現できる情報量は何通りですか？ | 44.4 |
| | Q13:16 ビットで表現できる情報量は何通りですか？ | 62.2 |
| | Q14:32 ビット，64 ビットで表現できる情報量の組合せで正しいのはどれですか？ | 33.3 |
| | Q15:0101 は何ビットで表現していますか？ | 71.1 |
| | Q16:1011 を 10 進数に変換すると 8+0+2+1 で 11 です．同様に 0100 は 0+4+0+0 で 4 です．次のうち間違っているのはどれですか？ | 95.6 |
| | Q17:機械語は，命令を 2 進数で表現したものです．「機械語は人間に分かりにくい」と言われる理由のうち，適切でないものはどれですか？ | 28.9 |
| 【現物理解】 | Q18:電池の電圧は 1 本で 1.5 ボルトです．6 ボルトを得たいときの本数とつなぎ方は次のどれですか？ | 80.0 |
| | Q19:直列つなぎと並列つなぎの特長で間違っているのはどれですか？ | 37.8 |
| | Q20:抵抗については間違っているのはどれですか？ | 46.7 |
| | Q21:LED について間違っているのはどれですか？ | 68.9 |

### 4.3　生徒の感想

生徒の代表的な感想を抜粋する（**表４・表５**）.

**表４　１日目の生徒の感想**

| | 感想 |
|---|---|
| A日程 | ・体を実際に動かすことでパソコンの仕組みについて理解する事が出来ました.<br>・難しい内容だったので初めの授業だけでは少しわかりにくかったが, 実際に体を動かして学ぶことで理解することができた.<br>・1 限の説明時は，大大体わかったぐらいでしたが，２限中盤では人に説明できるぐらいになりました<br>・時間が長く，持久戦だった．明日も耐えられるだろうか<br>・命令実行の流れを全身で学べた．体で学ぶやつはフェッチがとくいだった. |
| B日程 | ・普段何となく使っていた CPU について詳しく知ることができてよかった. Intel や AMD が作っている CPU は凄いなと思った.<br>・二進数が完璧になった．とても分かりやすかった.<br>・二進数４桁だとやれることって少ないと感じました. 普段使ってるパソコンってすごいんだなと思いました.<br>・2 進数について親近感が増した.<br>・思ったより，短かったです.<br>命令の二進数の種類をもっと知りたいです |

**表５　２日目の生徒の感想**

| | 感想 |
|---|---|
| A日程 | ・点数：１００点　確認テストでいい点が取れてとても嬉しかった. また機械語についても興味を持った.<br>・テスト中にビットの求め方がわかりませんでした．それ以外にも，あやふやなところがちょくちょく合ったので, 家でもう一回軽く復習したいと思います<br>・５７％ビットの問題が連続で正解出来た事がうれしかった. |

| | |
|---|---|
| | ・学校の情報の授業の時間では CPU 軽く説明されただけで，二進数から十進数にする方法や，CPU についてほとんど知らない状態だったので二日間を通して CPU について深く知ることができました．自分が実際に CPU の役になって命令が出たらその通りに動くことによって，CPU の中の動きがより分かりやすくなりました．実際に，ゲーム作るのが楽しかったです.<br>・ちゃんとできたと思っていたが理解が進んでなかったのが辛かった |
| B 日程 | ・CPU について概念，身体，現物の 3 つから考えられたのは良かった．特に Fetch に時間がかかるというのが, 身体で感じられてイメージが湧きやすかった<br>・実際の pc に使われている機械語はどうなるんだろう・・・32bit では 4294967296 通りだったよなー．って 4294967296!?!?!?<br>恐ろしい・・・・<br>・結構問題間違えてた．理科の電気について，もっと学習するべきと思った<br>・4 ビットコンピューターを使って面白い作品を作ることができてよかった. また, CPU の仕組みも詳しく分かった.<br>・夏季集中講座を受けていろいろわかってよかった |

## 5. 考察

### 5.1 事前アンケートの結果に関する考察

4.1 節の事前アンケート結果では，45 名中 41 名が学校で CPU の仕組みについて学んでいないと回答した．この結果は，現行の学習指導要領では中学校技術で学び高等学校情報の授業でコンピュータの仕組みを学ぶからであると考える．また 2 進数は，現行の学習指導要領では同じく高等学校情報の授業で学ぶことになっているため，結果は妥当であると考える．

### 5.2 確認テストの結果に基づく仮説の検証

まず，仮説①：概念的理解の CPU の仕組みスライドの効果を検証する．**表２**の正答率に着目すると，Q1 から Q5 の全ての問題において 7 割以上であった. 特に，Q4 は本実践で強調してきた CPU の 3 つのサイクルであり正答率は，93.3%であることから，多くの生徒が理解できていたと考えられる．

次に，仮説②：身体的理解の CPU 教材の効果を検証する．**表２**の正答率に着目すると，Q7 の 1 ビットから Q11 の 4 ビットで表現できる情報量についての正答率は，Q10 の 3 ビットを除き 8 割以上であった．Q10 の 3 ビットで表現できる情報量の不正解例として，6 通りという回答が一番多かった．Q12 から Q14 は，本実践では扱っていない 8 ビット，16 ビット，32 ビット，64 ビットの情報量を問う問題であったが，いずれも正答率が 7 割未満であった. 身体的理解では, 生徒が CPU なりきり演習で 5 つの担当を担うことで CPU の仕組みや 2 進数を身体で理解を目指した．その中で，ALU 担当は，4 ビットの計算を行う処理を行うため，2 進数を理解していないと担当が務まらない．実際に ALU 担当を多く担った生徒は，Q12 から Q14 に正しく回答している傾向がみられた．Q15 と Q16 は，4 ビットの 2 進数で表現された値を 10 進数に変換して計算する問題で，これらの正答率は 7 割以上であった．この結果は，生徒が身体的理解の問題で一番正答率が低かったのは Q17 の 28.9%であった．その理由として，我々が用意した選択肢の文章が適切ではなく，複数正解ともとることができたためと考える．

最後に，仮説③：現物理解の 4 ビット CPU 回路の効果を検証する．**表２**の正答率に着目すると，Q18 以外の正答率は，7 割未満であった．この理由として考えられるのは, 本実践で用いた 4 ビット CPU 回路を実際に生徒が作らなかったからであると考えられる．よって，4 ビット CPU 回路を作る過程をカリキュラムに組み込むことで，より現物理解の正答率の向上ができるのではないかと考えられる．

以上，仮説①，仮説②，仮説③を確認テストの正答率から考察した．加えて，**表４**，**表５**の生徒の感想に着目すると，多くの生徒が，身体的に理解することの良さを述べていた. よって仮説②の CPU 教材を用いて身体的理解を行うことによって，仮説①の概念的理解が促進され，CPU の 3 つのサイクルと 2 進数の理解が促進されることが示唆された．また，10 進数の変換の正答率については，先行研究の石塚ほか（2015）の考察で，十分な活動時間が確保できれば小学校 4 年生以上で学習効果があることを裏付ける結果になっている．

### 5.3 学年毎の差異

**表２**の小中高生別の得点を見ると，高校生の平均点が 87.9 点で最も高く，次に中学生の平均点が 69.4 点で，小学生の平均点は 63.5 点で最も低かった．ここで小学生の最高点，中学生の最低点，高校生の最低点に着目すると，それぞれ，85 点，30 点，60 点であり，小学生の最高得点が最も高いことがわかる．実際に上記 3 名を当教室に入学した経験年数を調査したところ，それぞれ，2018 年 9 月，2019 年 4 月，2019 年 3 月入学の生徒であり，小学生の生徒が最も経験年数が高かった．この結果は，当教室が毎週実施している CS 解説を受講した回数が小学生のほうが最も多いことが理由だと推測する．

## 6. おわりに

### 6.1 まとめ

本研究では，小中高生の生徒 45 名を対象に 2 日間で 4 ビット CPU の仕組みを理解することを目的とした夏期集中講座を実践した．その結果，本実践の 3 つの仮説に対応した教材を用いることで，短期講座であっても小中高生が学年によらず 1) CPU の 3 つのサイクル，2) 2 進数を理解できる可能性が示唆された．また，CPU の仕組みを学ぶことにおいては，学年に関係なく，プログラミング教室で学び始めた経験に関係があることも示唆された．

本実践は，大学発プログラミング教室だからこそ実現できる持続可能なプログラミング教育の実践であると自負している．3 つの仮説は，生徒が CPU の仕組みを学ぶだけでなく，プログラミング的思考や CT を学ぶ実践での援用が期待できる．

### 6.2 今後の課題

本研究の課題として，2 日間の実践を通して 4 ビット CPU の仕組みや 2 進数の短期的な理解にはつながったものの，長期的な理解として定着しているかを明らかにすることである．現在，当教室では生徒一人一人のプログラミング学習状況を可視化する Web システムを開発し，通常教室で運用をはじめた．今後は，Web システムを活用し，生徒の長期的な理解をデータに基づき分析することで，通常授業の改善や 2020 年度夏期集中講座の設計に生かせることを試みる．

### 謝辞

本研究にご協力頂きました電気通信大学プログラミング教室生徒の皆様，学生講師の皆様，及び関係者の皆様に感謝申し上げます．

### 参 考 文 献

(1) 兼宗進: “新教育課程でのプログラミング教育とプログラミング環境の研究”,教育システム情報学会誌, Vol.35, No.2, pp.104-110 (2018)

(2) 小学校プログラミング教育の手引（第二版），文部科学省(2019)

(3) 久野靖, 和田勉, 中山泰一: “初等中等段階を通した情報教育の必要性 とカリキュラム体系の提案”, 情報処理学会論文誌, 教育とコンピュータ, Vol.1, No.3, pp.48-61 (2015)

(4) 小田理代, 登本洋子, 堀田龍也: “日本の中等教育・高等教育におけるコンピュータサイエンスに関する学習の系統性の整理”, 日本教育工学会研究報告集, JSET19-2 pp.61-68 (2019)

(5) 中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説技術・家庭編, 文部科学省(2017)

(6) 高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説情報編, 文部科学省(2017)

(7) プログラミング教育事業者等の現状に関する調査研究に係る請負報告書，総務省 (2017)

(8) 永田奈央美, 佐野典秀, 髙橋等:“プログラミング的思考を育成するための教育実践と今後の展開” ,静岡産業大学情報学部研究紀要(21) ， pp.205-216 (2019)

(9) 島袋舞子，小林史弥，久保友広，兼宗進:“ワークシートとタブレット端末を使ったプログラミング的思考を育む教材の提案”, 情報処理学会大会講演論文集(1) ，pp491-492 (2018)

(10) 中川一史: “教育論壇 プログラミング教育を視野に入れた情報活用能力の育成”,小学校時報 69(11), pp4-8, (2019)

(11) Jeannette M. Wing.: “Computational Thinking” Communications of the ACM, Vol.49 No.3, pp.33-35（2006）

(12) 石塚丈晴, 兼宗進, 堀田龍也: “小学生に対するアンプラグドコンピュータサイエンス指導プログラムの実践と評価” , 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ（TCE）1(2) pp.19-27 (2015)

(13) 渡波郁著: “CPU の創りかた”, (2003)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 反転型のプログラミング授業における モブプログラミング導入の試み

山川 広人[*1], 上野 春毅[*2], 小松川 浩[*1*2]
*1 公立千歳科学技術大学 情報システム工学科
*1 公立千歳科学技術大学 大学院光科学研究科

# Trial of Mob-Programming in Flipped Classroom

Hiroto YAMAKAWA[*1], Haruki UENO[*2], Hiroshi KOMATSUGAWA[*1*2]
*1 Dept. of Information Systems Engineering, Chitose Institute of Science and Technology
*2 Faculty of Science and Technology, Chitose Institute of Science and Technology

本研究は反転型のプログラミング授業における知識の補習・実習にモブプログラミングを活用できる可能性の検討を目的とする．反転授業では学生の予習を前提とし，授業では予習した知識の補習・実習を通じた確実な習得をはかる．筆者らの先行研究では CBT で学生の予習度を判定し，これに基づいたグループワークで知識を補習し，個々の実習課題でスキルとしての習得をはかるモデルを提案した．本稿はこのグループワーク（知識の補習部分）にモブプログラミングを導入した授業を試みる．

キーワード: モブプログラミング，プログラミング教育，反転学習

## 1. はじめに

知識やスキルの習得の積み上げが重要であるプログラミング科目では，基礎的な知識の学習は予習部分に充て，授業内では予習を前提としてより深い知識・スキルの習得を図る補習・実習を行う反転授業[(1)]が有効であろう．筆者らは先行研究で，CBT（Computer Based Testing）で学生の予習度を測定し，これに基づいたグループワークで知識を補習し，個人の実習課題でより深い理解や定着を図る反転授業モデルを提案した上で，学生の習得状況の底上げへの効果や，つまずいた学生の把握による動的な授業進度の調整手法を検討してきた[(2-3)]．しかしながら授業内では，学生の知識の習得状況の違いにより，グループワークに向かう意識や姿勢の差が発生する例，実習にむけ十分な補習ができない学生が生じる例，共有できる知識が限られる例など，課題が残されている．

実務的なシステム開発現場では，近年，モブプログラミング[(4-5)]に注目が集まっている．モブプログラミングはチーム開発手法の一種で，ひとつの開発課題をチーム全員で解決するスタイルをとる．複数人が協議し方針・手段を考えながら進める過程を経ることで，高度な課題にも対応しやすいだけでなく，課題内外の専門知識をチーム内で共有し，チームメンバーを成長させる効果も期待されている．

本研究は，モブプログラミングの知識の共有・チームメンバーの成長効果に着目し，前述の反転学習モデルのグループワークの改善にモブプログラミングの導入が効果を発揮する可能性の検討を目的とする．本稿は特に，反転学習モデルの授業にモブプログラミングの導入を試み，学生のアンケート結果からその可能性を考える．

## 2. ベースとなる反転授業モデル

本稿の試みのベースとなる，先行研究の反転授業モデルの概要と，本稿で取り上げる課題について述べる．

### 2.1 先行研究の反転授業モデルの概要

この反転授業モデルはプログラミング科目を対象に，ひとつの学習単元を 3 週分（Step1.用語と概念の理解，

Step2.知識の活用，Step3.知識の発展，の 3Step）の授業で進めることを前提とする．各週の授業は①～⑥のシナリオで進められる．

① 学生は e ラーニングで，各週の学習単元・Step にむけた予習を行う
② 授業開始時に，学生は予習内容と紐付いた CBT で予習度の判定を行う
③ 学生は個人ワークで，その回の実習に求められる具体的な知識を再確認する
④ CBT の結果を反映したグループの中で，学生は個人ワークの不明点を確認し，時には教え合う
⑤ 学生は PC 教室で個人のプログラミング実習を行い，知識のより深い理解・定着にむけて訓練する
⑥ 演習後，学生はその日の自分の成果や行動を振り返り，カードにコメントとして記入・提出する

①では，学生は背景知識の解説資料（PDF，映像など）を使いながら e ラーニングシステム内の演習問題を予習する．演習問題は学習単元の 3 週分（Step1~3）との対応を意識し，表 1 に示す 7 段階の難易度にそって整備されている．予習の指示では，授業で扱う学習単元および Step の演習問題を最低限の範囲とする．ただし学生の自己調整を妨げないよう，過去の Step の復や，Step を先取る予習は制限しない．

②では同システム内の CBT 機能(4)を使い，学生の予習度を判定する．予習度の判定は授業で扱う単元の中で行う[i]．テスト問題は演習問題と同じ内容であり，予習の成果がテスト回答に現れることを狙っている．学生が CBT を受検すると，その 1 問 1 問の正誤状況から難易度の異なる問題が出題される．これを繰り返すことで，学生が十分に解けると判定された演習問題群の難易度の値を算出し[ii]，予習度として表示する[iii]．

③では，⑤で必要な知識を問う紙のワークシートに取り組む．ワークシートの内容は予習した知識を使い，語句や仕組みの説明，文法例，プログラミング例などに穴埋めをする形式が主となる．ワークシートを進めることで，実習の達成に用いる知識を再確認し，自身にとって補習を要する箇所を明らかにする狙いがある．

**表 1 学習単元内の Step と演習問題の難易度の対応**

| 学習単元の Step | ラベル | 演習問題の難易度 |
|---|---|---|
| Step1（1 週目の授業）用語と概念の理解 | 基礎 | 1 |
| | 標準 | 2 |
| Step2（2 週目の授業）知識の活用 | 基礎 | 3 |
| | 標準 | 4 |
| | 応用 | 5 |
| Step3（3 週目の授業）知識の展開 | 基礎 | 6 |
| | 標準 | 7 |

**注）中間に位置する Step2 は前後のつなぎを考慮して難易度を 3 つにわけている**

④では，③で明らかになった要補習の箇所を学生どうしのグループワークを通じて解決する．グループ分けには②で判定した予習度を用い，予習度が同程度の学生が偏らないグルーピングを配慮する．ワークシートの答え合わせではなく，ワークシートを元に予習度の異なる学生が自身の互いの予習度や習得状況と向き合い協力しながら，⑤に向けた準備を整えることを狙っている．

⑤では，学生は③・④を経て確認・補習した知識を踏まえ，プログラミング実習に取り組む．ワークシートの例題や，授業のゴールとなる課題を各自でプログラミングし，試行錯誤や達成することで，知識のより深い理解やスキル化が図れることを狙っている．

⑥では，予習や授業を通じた自身の行動・成果をふりかえる．次週の予習や授業に向けた心構えを整える機会を設けることで，学生自身が反転授業モデルのサイクルを継続できるようにすることを狙っている．

### 2.2 本稿で取り上げる課題

本稿は 2.1 節のシナリオの中で，特に④のグループワークの部分で考えられる 3 点の課題を対象とする．

**グループワークに向かう意識や姿勢の構築の点**：グループワークには，予習度が高い学生から「できる人が一方的に教えるばかりである」「できない・やる気がな

[i] 予習範囲は単元内の Step まで指示するにも関わらず，予習度は単元ごとに判定する理由は，予習段階での学生の自己調整学習を妨げないことにある．つまり，ある単元を扱う 3 週のうち，早い段階で Step3 部分まで予習を進めた学生や，単元の中でつまずき Step の進行に追従できていない学生，およびそれらの度合いを予習度により可視化したい狙いがある．

[ii] 予習度の詳細な算出ロジックは参考文献(5)を参照されたい．

[iii] 例）ある学生に判定された予習度が 4 であれば，その学生は単元の中で「第 2 週に必要な知識の標準段階の難易度まで予習できている」という見方ができる．

い学生をどうしてサポートしなくてはいけないのか」という声が，そうではない学生からは「わかりやすく教えてもらえない」「わからないまま進んだ」という声が寄せられることがある．これは予習度が異なる学生がグループ内で協力しあう主旨とは異なる意識・姿勢で取り組んでしまうことのシグナルとも捉えられ，学生の意識や姿勢を整う工夫の余地がある．

**十分な補習ができない学生が生じる点**：学習単元や⑥の実習内容にも大きく影響されるが，特に予習度の分散が大きい週では，実習を完了できない学生が多数発生する例もある[3]. 2.1 節のモデルではグループワークが実習前の準備の要であり，学生達が実習に不足がない段階に到達できているかグループワークの中で相互の理解度を判断できる工夫の余地がある．

**共有できる知識に限りがある点**：グループワークはワークシートの内容に基づいて行われるため，単元や実習で直接的に取り上げるコア部分の知識の補習は期待できるものの，個々が実習段階で用いている細やかなノウハウやテクニックの共有までは行われ難い．実習に向けた準備として効果を十二分に高めるためには，こうした派生部分の共有も促せる工夫の余地がある．

## 3. モブプログラミングとその導入の試み

2.2 節の 3 点の課題は，モブプログラミングが効果的であると言われている点とも共通部分が多い．そこで本研究では，グループワークのフレームワークとしてモブプログラミングの導入を試行し，3 点の課題に向けた効果が発揮されると仮定する．3.1 節にモブプログラミングの概要を，3.2 節では本稿の反転授業にモブプログラミングを試行的に導入する方法を述べる．

### 3.1 モブプログラミングの概要

モブプログラミング[5]は近年，システム開発現場で採用されているチーム開発手法の一種であり，ひとつの PC でひとつの開発課題をチーム全員で解決するスタイルをとる．チームメンバーはタイピスト（1 名）とモブ（その他名）の 2 つの役割に分かれる（図 1 に例示）．タイピストは PC の操作や入力を担当する．モブはタイピストに PC の操作や入力の指示をする．タイピストとモブは 5〜15 分程度の時間で順番に交代していく．

モブプログラミングを進める上で重要な部分は，ゴールに向けた方針やそれを実現する手段をモブ全員で協議し，合意が得た指示をタイピストに伝えることと，タイピストがモブの指示を忠実に PC やプログラミング上に反映されるように操作を行うことである．これによりモブの指示（つまり，タイピストの操作）はモブ全員の集合知が包含され，高度な課題への対応が期待できるようになる．さらに，副次的な効果としてチームメンバーのスキルアップも期待できる．モブが自身の意見を提案し，モブ間で協調的な質疑や議論が行われることで，意見の背景となる個々の知識・経験・スキルを相互に理解し，共有・学習できるプロレスを兼ねられる．タイピストは細やかな操作方法も含めてモブから様々な指示やフィードバックを受けて手がける．これはモブから共有されるノウハウ・テクニックを実践的にトレーニングするプロセスも兼ねられる．

### 3.2 反転授業への試行的な導入方法

3.1 節に述べた利点を前提に 2.2 節の課題を振り返ると，グループワークに向かう意識や姿勢の構築には，モブとして協調的な姿勢が求められる仕組みを利用できる．十分な補習ができない学生が生じる点には，タイピストへの指示のために，各個の背景知識を含めて質疑や議論を通じ共有・学習できるプロセスが利用できる．共有できる知識に限りがある点には，実際に PC を操作する環境で細やかな指示やフィードバックを通じたノウハウ・テクニックのトレーニングを兼ねるプロセスが利用できる．本稿ではこの点を意識して，反転授業へモブプログラミングを導入する試みを行う．

#### 3.2.1 モブプログラミングを導入したシナリオの想定

2.1 節の反転授業のサイクルへのモブプログラミン

図 1 モブプログラミングでの活動風景

グ導入を考えると，④ないしはその前段となる③も含めた部分を以下のように変更する案が想定できる．

①' 学生はｅラーニングで，各週の学習単元・Step にむけた予習を行う

②' 授業開始時に，学生は予習内容と紐付いた CBT で予習度の判定を行う

③' 〈変更部分〉：CBT の結果を反映したグループの中で，学生はモブプログラミングで実習に向けた不明点を確認し，知識を補習する

④' 学生は PC 教室で個人のプログラミング実習を行い，知識のより深い理解・定着にむけて訓練する

⑤' 演習後，学生はその日の自分の成果や行動を振り返り，カードにコメントとして記入・提出する

本稿ではこうしたシナリオを実際に実現できるかを検討する．本稿は試行の第一歩目の段階であるから，①'~⑤'を通しての試行は今後の課題とし，②'，③'の流れを重点的に試行する．

3.2.2 モブプログラミング環境の準備

モブプログラミングを行うためには，グループごとにタイピストが操作する 1 台の PC と，画面をモブにむけて表示するディスプレイが必要になる．PC 教室内への用意することは難しいため，グループワークが行える学生ホールのデスク上にノート PC とディスプレイを 1 台ずつ，計 15 セット（15 グループ分）用意した．ノート PC は PC 教室の実習時と同じソフトウェア（AdoptOpenJDK 11, JetBrains 社 IntelliJ IDEA）が利用できる準備を整えた．

3.2.3 モブプログラミングの解説資料

多くの学生にとって，開発現場で用いられるモブプログラミングは聞き慣れない・未体験のものであろう．そこで，モブプログラミングの方法・手順をまとめた解説資料を用意した．解説資料は筆者が作成し，チーム活動の重要性，チーム活動に向かう姿勢（The Drucker Exercise(6)と心理的安全性(7)）[iv]，モブプログラミングの方法，モブプログラミングを進める上での注意点の 4 点をまとめた PDF である（図 2 に例示）．モブプログラミングではモブの協調作業が活動の主となるため，モブ自身が協調を意識して活動する必要がある．チーム活動の重要性と姿勢のページを設けることで，学生に意識・姿勢の徹底を促す狙いがある．

3.2.4 モブプログラミング用ワークシート

モブプログラミングを行う上で，実習に向けた準備を整えるためのワークシートが必要となる．従前のワークシートは先述の通り穴埋めの問題形式による知識の確認に重きを置いている．モブプログラミングの導入後においてはより実践的な（実習に近い）課題で，ノウハウ・テクニックの共有も目指したい．本稿では将来的な実習課題との接続も考慮し，実習課題を達成する手順を順番に解決する内容とした（図 3 に例示）．この形での課題が達成できれば，③'は実習課題の前半部分までをモブプログラミングで行い，④'は実習課題の後半部分や自由度の高い課題を確認するなどといった実用が可能であろう．

## 4. 試行とアンケート評価

3.2 節の準備を整えた上で，授業の 1 回分を用い，モブプログラミング（3.2 節の②'・③'）の導入を試みた．対象となった授業は Java プログラミング（学部 2 年生，出席者 79 名）で，2.1 節の反転授業モデルを適用した科目である．

### 4.1 試行の流れと様子

試行した週はすべての単元の学習を終え科目のまとめ・発展的な学習を行う最終週であったため，学生には予習の指示が行われていない．②'では，過去の学習単元の Step.3 の CBT 結果の中で最も分散が大きい（つまり，学習単元の中で習得が十分にできている知識に差がある可能性が高い）判定結果を CBT 結果の変わりとして用いた．

③'では，指導教員（筆者）が 3.2.3~4 項の解説資料とワークシートを用いて学生に流れを解説したあと，②'で 4～5 名前後に分けたグループでのモブプログラ

[iv] The Drucker Exercise：チーム活動に対し「自分は何が得意か」「自分はどう貢献するつもりか」「自分が大切にしたい価値は何か」「自分に期待される成果は何か」の 4 点を共有し，メンバー間の相互理解を促進する手法．
**心理的安全性**：チーム活動で，メンバーがリスクを恐れずに活動できるようにするための心構え．本稿では特に「作業を学びの機会と捉える」「自分の誤りを認める」「好奇心をもってたくさん質問する」という手法．
これらは筆者が学生にとって手法がわかりやすい例として判断し，意識や姿勢の構築方法として併せて紹介した．

ミングを開始した（図 4 に授業風景を例示）．モブプログラミングは 80 分間，タイピストは 8 分を基準に交代（タイピストを 2 回程度体験可能）とし，担当教員がタイムキーパーと交代の指示を行った．開始当初~数回までのタイピスト交代の段階では，モブ役の学生の発言が少ないグループが目立ち，一人の一方的な指示によって進んでしまう姿や，進め方に戸惑う姿が見られた．そこでタイピスト交代の指示の度に，解説にも記載した心理的安全性の徹底や，レポート用紙にイラストを描き説明をする・質問や意見を述べづらい際は意思表示の合図を取り入れることなどの工夫例もアドバイスし，雰囲気作りを図った．次第にモブどうしの意見交換や質問の元で課題を進められるグループが増え，活発なモブプログラミングが行われた．

### 4.2 アンケート評価と考察

授業終了後に学生へのアンケートを実施した（有効回答者数 75 名）．設問と回答を表 2，3 に示す．

Q1～3 には約 8 割の学生が肯定的に回答した．Q1~2 は，学生がモブ・タイピストの活動を共に進められた実感の現れであり，授業の様子からも，3.2.3 の解説資料や授業中のアドバイスが有効に働いた可能性が高い．Q3 の理由の肯定的な記述では，難度の高い課題の解決を通じた理解や，協働を通じた新たな知識・テクニックの取得の様子が見られる．一方で，協議の中で合意が形成できなかった場合や，目新しい知識を得られなかった学生が否定的な記述をしている．モブ間の協議やタイピストとして指示を反映する過程のかみ合い方が，意欲・姿勢の維持や相互の理解度に基づいた活動，派生知識の習得効果に影響することがうかがえる．

一方で，Q4 では従前のグループワーク方法を本稿のモブプログラミングに代替することを望まない学生も多数であった．Q4 の理由の記述から，ひとつは活動に係る時間の問題，ひとつは学生が従前のグループワークで得ていた効果がモブプログラミングでは兼ねられない例があることに気づく．活動に係る時間の面では，図 3 の課題の指示のうち，80 分で最も進捗があったグループの到達は第 5 段階であった．モブの協議やタイピストによる反映を都度行うことからも，モブプログラミングは開発の速度を上げるものではないが，学生には進度が遅いよう映った可能性がある．従前の

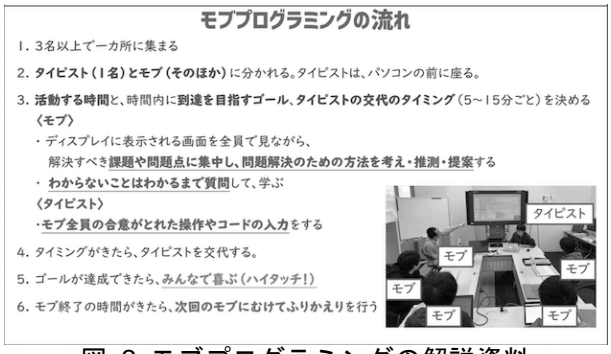



図 2 モブプログラミングの解説資料

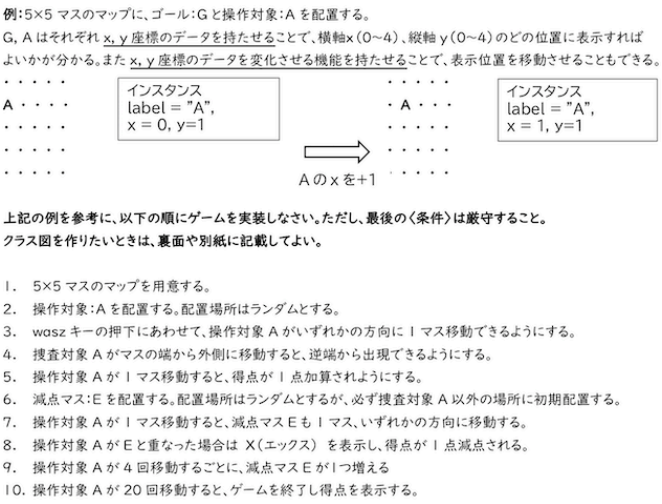



図 3 モブプログラミングで課した課題（抜粋）

図 4 モブプログラミングでの授業風景
注）右上：タイピスト役，その他はモブ役の学生
モブ役の学生達が協議した指示を，
タイピスト役の学生がノート PC で反映・表示させる

グループワークで得ていた効果の面では，学生の手元に残る成果物やそれを用いる復習のしやすさは，学習単元や Step の中でつまずきを感じている学生にも重要であろう．本稿の試みにあたり，ワークシート内容を大きく改訂した影響も考えられる．この部分を再検討した上で，グループワークにモブプログラミングを導入する際は，従前のグループワークの利点もふまえ，通常時は従来の反転型の授業モデル，単元のまとめや発展的学習にはモブプログラミング，といった使い分

けの必要性が示唆されたと考えている．

## 5. おわりに

先行研究で提案した反転授業モデルでは，グループワークが予習部分の不足と授業のゴールとなる実習部分をつなぐ要である．ここに生じる課題に対し，モブプログラミングを導入する試みを行った．モブプログラミングの効果の発揮を伺わせる結果が得られた一方で，学生がグループワークに求める効果の違いを考慮した導入シナリオの検討が新たな課題となった．


### 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費基盤研究(C)17K00492 の助成を受けたものである．


### 参 考 文 献


(1) 重田勝介："反転授業 ICT による教育改革の進展", 情報管理, Vol.56, No.10, pp.677-684 (2013)

(2) Ueno, H., Kato, T., Yoshida, F., Tsukada, N., Tateno, H., Fukamachi, K., Yamakawa, H. and Komatsugawa, H. : A Model of Flipped Classroom Using an Adaptive Learning System", 25th International Conference on Computers in Education: Work in Progress Posters Proceedings, pp.1-3 (2017)

(3) 山川広人, 加藤巽, 上野春毅, 小松川浩："CBT を活用した反転型授業の Java プログラミング授業での実践, 教育システム情報学会研究報告 Vol.33, No.2, pp.57-62（2018）

(4) 上野春毅, 光永悠彦, 山川広人, 小松川浩："段階的な学習目標を持つ反転学習モデルのための適応型学習システムの開発", 教育システム情報学会誌, Vol.37, No.3 (2020 掲載予定)

(5) Mark Pearl : " Code with the Wisdom of the Crowd: Get Better Together with Mob Programming", Pragmatic Bookshelf（2018）

(6) Jonathan Rasmusson : "The Agile Samurai: How Agile Masters Deliver Great Software", Pragmatic Bookshelf（2010）

(7) re:Work - Guide, Tool: Foster psychological safety, https://rework.withgoogle.com//guides/understanding-team-effectiveness/steps/identify-dynamics-of-effective-teams/（2020 年 2 月 6 日確認）


表 2 Q1～Q3 の設問と回答人数（n=75）

| 設問 | | | |
|---|---|---|---|
| Q1. あなたはモブ役として，積極的に発言をできましたか？ | | | |
| Q2. あなたはタイピスト役として，モブ全員の合意に基づいた PC 操作やコード入力ができましたか？ | | | |
| Q3. モブプログラミングを通じて，Java やプログラミングについてわからなかった点の解決や, 新たな手法に気づきを得ることができましたか？ | | | |
| **回答項目** | **Q1** | **Q2** | **Q3** |
| とてもよくあてはまる | 29 | 34 | 20 |
| どちらかといえばあてはまる | 32 | 36 | 47 |
| どちらかといえばあてはまらない | 13 | 4 | 5 |
| あまりあてはまらない | 1 | 1 | 3 |
| **Q3 の理由例　※筆者が抜粋し，着目点に下線したもの** | | | |
| 肯定的 | • 5×5 マスを作ることに苦戦した．その中で，ArrayList での二次元配列の仕組みについて議論して理解することができた．<br>• チームで動くので脳みそが 5 つありました．そこで答えは１つではなく，いろいろな取り組み方が知れて，面白かったため．<br>• Intelij での速いプログラムの書き方の新たな手法を得ることができた | | |
| 否定的 | • （前略）極力モブの指示に従って動くようにしていたが，その時も同意が形成される気配がなく，結果としてモブプログラミングの利点が私のグループでは上手く機能しなかった<br>• 人のコーディングの仕方について色々学ぶことはあったが，特に知らない知識はなかった． | | |

表 3 Q4 の設問と回答人数　（n=75）

| 設問 | |
|---|---|
| Q4. プログラミングの毎回の授業で，CBT の後に行うグループワーク課題は？ | |
| **回答項目** | **Q4** |
| 今回のモブプログラミングの形が良いと強く思う | 7 |
| どちらかといえば今回のモブプログラミングの形が良いと思う | 17 |
| どちらかといえば従来の紙に記入する形が良いと思う | 33 |
| 従来の紙に記入する形が良いと強く思う | 18 |
| **Q４の理由例　※筆者が抜粋し，着目点に下線したもの** | |
| Mob が良い理由 | • グループで話し合いできるとともに，実際の動作とも見比べながらできる点．細かな構文の間違いも見つけられると思う．<br>• 実際にプログラムを書いてみてからわかる問題点をグループで検討できるため，従来のグループワークよりも活発で有意義に思えた． |
| 中立的理由 | • 従来のやり方のほうが時間という点で個人的にはいいと思ったので，（中略）理解という点でみるなら，モブプログラミングのほうがいいと思った． |
| 紙が良い理由 | • モブプログラミングはメモを取る場面が少なく後で復習することが難しいと感じた．<br>• 紙に残すことで復習につながるから（中略）穴埋め形式であると思考の手順がわかるのでそれが良いと考える． |

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 学修データ収集システムの開発および子ども向けプログラミング教室における学修記録の分析

河野 義広[*1], 河野 由香[*2]
*1 東京情報大学, *2 プログラミング教室 Candy

# Development of Learning Data Gathering System and Analysis of Learning Data in a Programming Classroom for Children

Yoshihiro KAWANO[*1], Yuka KAWANO[*2]
*1 Tokyo University of Information Sciences, *2 Candy

小学校でのプログラミング教育が本格的に始まる今，各地でプログラミング教室が盛んに開講されている．本研究では，子ども向けプログラミング教室での学修記録の収集・分析により，主体的な学修課題の選択に寄与する行動特性や興味関心などの志向を明らかにすることを目的とする．子どもの発達段階と学修活動に連動した学修データ収集システムを開発し，毎回の教室後に感想や達成度，次回への期待などを記録した．その分析結果を報告する．

キーワード: プログラミング教育，学修支援システム，学修記録分析

## 1. はじめに

世界各国では，子ども達に対しプログラミングをはじめとしたコンピュータサイエンス教育が盛んであり，特にエストニアや英国ではいち早く導入し，アルゴリズムやプログラミング言語の学習が取り入れられている(1)．我が国においても，2020 年から小学校でのプログラミング教育が本格的に始まる今，各地でプログラミング教室が盛んに開講されている(2)．プログラミング教育において，総合的な学習の時間においてプログラミングを通じ論理的思考を養い，社会課題に対応する横断的・総合的な探求型学習が期待されている(3)．単なるプログラミング言語の習得ではなく，我々が直面する現代社会の諸問題に対し，「問題の発見」「課題の抽出・整理」「解決策の実行」の一連の流れを体験することに意義がある．

筆者らは, 2016 年より子ども向けプログラミング教室の事業計画と運営を継続しており，プログラミング教育や事業計画に関する議論を重ねてきた(4)．活動の中で子ども達は多様な学習機会があるにも関わらず，それらが主体的な学修課題の選択にどのように寄与するか，子どもの志向に適した学修課題は何であるかが明らかではなかった．

そこで本研究では，子ども向けプログラミング教室での学修記録の収集・分析により，主体的な学修課題の選択に寄与する行動特性や興味関心などの志向を明らかにすることを目的とし，子どもの発達段階と学修活動に連動した学修データ収集システムを開発する．毎回の教室後に感想や達成度，次回への期待などを記録し，その学修記録を分析する．

## 2. 子ども達の主体的な学び

### 2.1 主体的な学びを促す能力要素

子ども達が主体的に学修課題を選択するためには，自身の志向および社会における役割を理解する必要がある．子ども達自身が何に対して興味を抱くか，他者との関わりにおいて貢献できるかことは何であるかを知るには，学修とフィードバックを繰り返す経験学習により視野を広げることが効果的である．そこで本研

究では，子ども達の主体的な学修課題の選択を目的とし，それに必要な能力要素を「プログラミング的思考」「ICT リテラシー」「社会的な見方や考え方」の 3 つに分類・定義した（図 1）[5]．社会課題に対して子ども達自身が貢献できる分野を見出せることを目指し，自らが意図したものを実現するための要素に分解して論理的に組み上げるためのプログラミング的思考，コンピュータの扱いとともに他者との協調作業やオンラインでの情報収集／情報発信に必要な ICT リテラシー，社会の仕組みや経済活動の流れを知る社会的な見方や考え方，以上 3 点が必要と判断し能力要素として定めた．加えて，これら学修活動を繰り返し実行することで，社会課題に対応できる学修成果物の創出が期待される．

図 1 主体的な学修課題の選択に必要となる能力要素

### 2.2 能力要素に対応する諸活動

図 1 では，プログラミング的思考，ICT リテラシー，社会的な見方や考え方の最初の段階として我々が活動を推進するプログラミング教室，IT 大学，こどものまちの 3 点を提示した．

#### 2.2.1 プログラミング教室

プログラミング教室 Candy（以下 Candy）は，コンピュータサイエンスの分野で博士号を持つ共著者がカリキュラム策定，教材作成，教室運営を行うことで，プログラミング的思考の本質を捉えた実践教育が可能である．図 2 の Candy の Web サイトでは，教室の案内や講師の紹介，Facebook ページやブログのお知らせ・記事が閲覧できる[6]．

Candy は，市川市・浦安市を中心とした出張型のプログラミング教室であり，毎週・隔週・毎月の 3 つのコースから子ども達の希望や保護者の要望に応じて柔軟に学習課題を選択できる方式を採用している．

導入時の教育では，MIT メディアラボが開発したビジュアルプログラミングツールである Scratch を用いた課題学習に取り組む．その後，ある程度子ども達がプログラミングに慣れた段階で，本人の希望をもとに自ら設計書を書いて自由課題に取り組んだり，Python による簡単なゲーム作成や独自のロールプレイングゲーム，JavaScript によるドローン操縦，チャットプログラムの開発に挑戦したりしている．大学におけるゼミや卒業研究のように，子ども達の主体性を活かせるように，学修課題を子ども達自身が選択できることを教室の方針としている．

教室での子ども達の様子を観察した結果，与えられた課題を黙々とこなす子，キャラクタや背景の描画に注力する子，自由な発想で取り組むものの興味が移ろいやすい子，作成したゲームの改良を重ね自分で楽しむ子など，子ども達の行動特性や興味は多種多様である．導入時期では，与えられた課題に取り組みながらプログラムの仕組みや問題解決の考え方を養うことが重要となるが，ある程度理解が進んだ段階では，自由な発想のもとに自身の行動特性や興味などの志向に沿った課題に取り組むことが望ましい．

図 2 Candy の公式 Web サイト

#### 2.2.2 IT 大学

IT 大学は，地域活動の際に PC・タブレットを用いたプログラミング体験や子ども向け情報リテラシー教育を行う本研究室独自の教育コンテンツである[7]．

図 3 は，2018 年 7 月に植草学園大学にて開催された「わかば CBT こどものまち」での IT 大学の様子である．Scratch によるプログラミング体験の他，保護者に向けにこどものまち会場の様子をライブ配信した．各地域活動と合わせて IT 大学を実施する機会は多く，千葉市若葉区での「みつわ台夏祭り」，本学学園祭の「翔風祭」，千葉市花見川区での「花見川団地 100 円商店

街」など，各地に出向いて精力的に活動している[8]．

図 3 IT 大学の様子

2.2.3 こどものまち

こどものまちは，子ども達の自治のもとで子ども達のみが利用できる行政機関や商店などを企画・運営するまちづくり体験イベントである[7]．学生達は，参加する小学生との関わりやそれを支援する大人達との連携を通じて，地域活動における社会課題の発見・開発を体験する．筆者の研究室では，大学近隣の四街道市を中心とした「四街道こどものまち」の他，千葉市若葉区での「わかば CBT こどものまち」，千葉市中央区での「こどものまち CBT」，「幕張こどものまち」などに参加している．

図 4 は，四街道こどものまちの様子である．毎年夏季休業期間の 2 日間に，四街道市の吉岡小学校と鷹の台公園の 2 箇所で 1 日ずつ開催されている．四街道こどもまちづくりプロジェクトを母体として活動しており，こどものまち，プレーパーク（外遊び主体の体験学習），みんなでマーケット（会場に併設される飲食・物販用のスペース）の 3 本柱で構成される．

図 4 四街道こどものまちの様子

## 3. 学修データ収集システム

### 3.1 子ども向け学修支援システムの全体構想

本研究では，上記理念に基づく子ども向け学修支援システムを開発している（図 5）．図 5 より，各能力要素に対応する学修活動の際に，毎回振り返りの機会を設け活動内容の達成度や満足度などを記録・収集し，子ども達の行動特性や興味などの志向の類似度を算出する．学修課題の選択時に，本人と志向の類似度が高い子ども達が取り組んだ学修課題を提示することで，学びたいことを主体的に選択する訓練を行う．

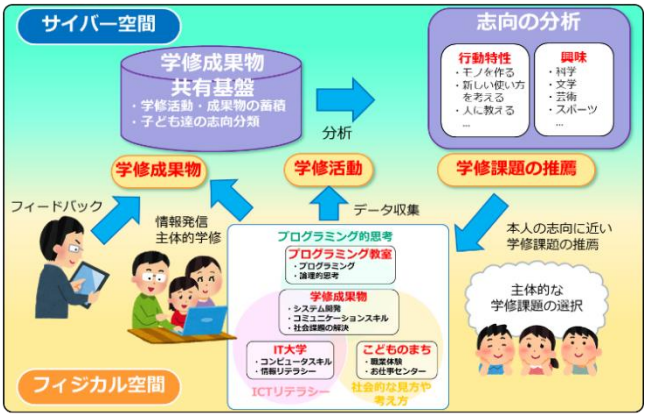



図 5 子ども向け学修支援システムの概要

### 3.2 システム要件

前節までの議論を踏まえ，子ども向け学修支援システムの第一段階として，学修データ収集システム（以下，本システム）を開発する．本稿では，学修活動として収集する項目を決定し，学修の振り返り時に記録できるよう入力インタフェースと DB を設計する．収集項目は，活動内容の達成度や満足度などについて，子ども達の発達段階に合わせ内容の深さや聞き方を調整できるようにする．

以上より，本システムは子ども向けの簡便なアンケートシステムとして開発する．本システムの要件は以下の 3 点である．

(1) 子どもの学年や学修活動に応じて質問および選択肢の内容や表記が動的に切り替えられること
(2) 選択肢の内容や表記が異なっていても，同じ意味の回答は，同一の回答として識別・分析できること
(3) 可能な限り少ない操作手順で回答が完了すること

上記(1)について，対象とする子どもの発達段階に合わせ内容の深さや聞き方を調整する．文部科学省が提唱する「子どもの発達段階ごとの特徴と重視すべき課題」によれば，学童期の小学校低学年では，善悪の判断や集団生活おける規範意識，情操の涵養などが重視される[9]．小学校高学年になると，自己肯定感の育成や他者への思いやり，集団における役割の自覚などが課題である．中学校以降では，人間としての生き方や自己の在り方，自立した生活を営む力の育成などが課題となる．以上の発達段階における特徴と課題を踏まえ，小学校低学年と高学年，中学校以降の 3 段階に分けて，アンケートの収集項目および質問の表記を検討する．すなわち，3 段階の発達段階と 3 種の学修活動（プログラミング教室，IT 大学，こどものまち）の組み合わせで 9 パターンのアンケート項目が必要となる．

続いて(2)について，子どもの発達段階に応じて質問の内容や聞き方の深さが異なること，学修活動の種別に応じて到達目標が異なることから，アンケートの選択肢の内容や表記も同様に異なる．一方，子ども達の行動特性や興味などの志向の類似度を算出するためには，アンケートの選択肢の内容や表記が異なっていても，同じ意味の選択肢は，同一の回答として識別・分析できることが望ましい．多様かつ多数の学修活動データから子ども達の志向を分析することが，本人の志向に近い学修課題を推薦できると考えるためである．

最後に(3)について，学修直後の子ども達は，一般的に集中力が低下した状態と考えられる．そこで，可能な限り短時間でアンケートを回答できたほうが，子ども達の負担が少ないだけでなく，より正確な学修活動データを収集できると考える．また，こどものまちでは，学修活動となるお仕事体験は 1 回 30 分で終了し，その直後は給料受け取りのため，銀行に行列ができることが多い．銀行での混雑は，学修活動の円滑な進行に支障をきたすため，待ち時間短縮のためのアンケート回答の手順簡略化は不可欠である．

### 3.3 アンケート収集項目の検討

プログラミング教室，IT 大学，こどものまちでの各学修活動の終了後，希望する対象者から学修内容の振り返りに関する問いをノート PC やタブレットなどのモバイル端末を用いて電子的に収集する．各学修活動における振り返りの収集タイミングは以下のとおりである．

- プログラミング教室：1 回の教室の終了時（1 回 60 分～90 分程度）
- IT 大学：情報リテラシーやプログラミングなどの各教育コンテンツ体験後（1 回 5 分～30 分程度）
- こどものまち：こどものまちでのお仕事終了後の銀行での給料支払い時（1 回 30 分程度）

学修活動データの収集項目は，活動の振り返りと次回への期待とし，具体的には「楽しめたか，楽しめたこと，楽しめなかったこと，できたか，できたこと，できなかったこと，次にやりたいこと」の 7 項目とする．本調査に関して，子ども達が被験者となることから，本学倫理審査委員会に対し，「人を対象とする実験・調査等に関する研究計画書」を提出し，審査・承認を経て調査・研究を行っている．調査にあたり，子ども達の保護者に対しては，インフォームド・コンセントにより研究の趣旨を説明した上で同意を得ている．受講者となる児童・生徒に対しては，インフォームド・アセントによる同意を得ている．

### 3.4 データベース設計

3.2 節で示した本システムの要件(1)，(2)を満たすためのデータベース設計を検討する．これまでの議論をもとに，本システムに必要なデータ構造を洗い出すと，

＜本システムのデータ構造＞

- 利用者名簿
  - アカウント名，パスワード，氏名
  - アカウント種別：子ども、保護者、スタッフ
  - 入学年度（発達段階の管理用）
  - 学修活動の種別：プログラミング教室，IT 大学，こどものまち
  - 学修活動の実施状況
- アンケート情報
  - アンケート構成情報
  - 質問情報，選択肢情報
  - 学年：小学校低学年，高学年，中学校以上
  - アンケートの回答

となる．上記データ構造に基づくデータベース設計を図 6 に示す．

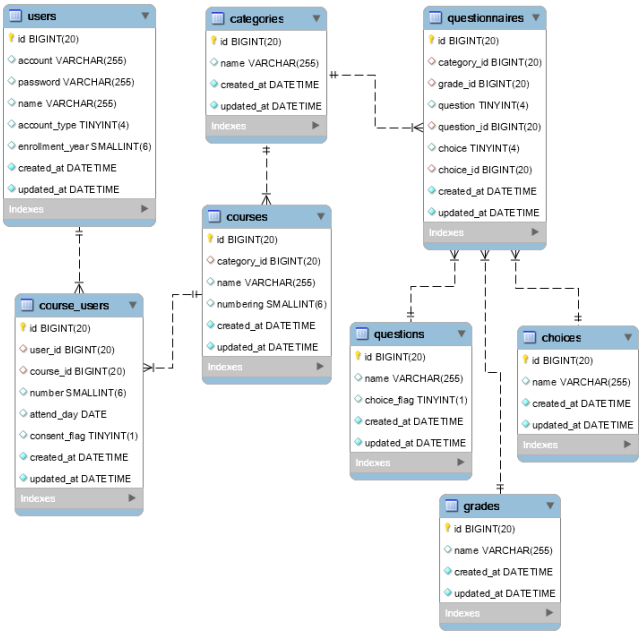



図 6 本システムの ER 図

図 6 より，本システムのデータベースは，以下の 8 つのテーブルで構成される．

- 利用者情報
  - users：利用者の基本情報
  - categories：学修活動の種別
  - courses：種別内の学修コンテンツ
  - course_users：ユーザとコースの紐付け
- アンケート情報
  - questionnaires：アンケートの構成情報
  - questions：アンケートの質問項目
  - choices：アンケートの選択肢
  - grades：アンケート生成用の発達段階

上記の利用者情報では，利用者（子どもや保護者）のアカウント，学修活動の種別（プログラミング教室，IT 大学，こどものまち）とその中で利用者が選択した学修コンテンツに関する情報が記録できる．アンケート情報では，アンケートの構成情報（質問と選択肢の表記の組み合わせ，選択肢の識別番号），実際のアンケートの質問と選択肢の表記が記録される．これにより，子どもの学年や学修活動に応じた質問および選択肢の内容と表記の切り替え，同意の回答の識別を実現する．なお，要件(3)は，実装時の工夫で解決する．

### 3.5 システム開発

前節までの要件を満たす学修データ収集システムを開発する．本システムの要件(1)，(2)を満たすために，3.4 節で示したデータベースに記録されたアンケート情報を参照できる Web API を開発する．本 API は，学修活動と発達段階を入力パラメータとし，質問とそれに対する選択肢の表記一覧を JSON 形式で出力する．参考として，アンケート項目の確認用に作成した Web API の実行画面を図 7 に示す．図 7 では，入力パラメータとして，学修活動にプログラミング教室，発達段階に小学校低学年を指定すると，アンケートの質問と選択肢が出力されている．また，アンケート回答データの保存時は，大量の回答データを高速かつ容易に蓄積・分析できることが望ましいため，JSON に似た階層構造の形式でデータを保存できるドキュメント指向型データベース「MongoDB」を採用する．

続いて，要件(3)を満たすために，Web アプリケーションの UI 構築用フレームワークである Vue.js を導入する．これにより，ページ遷移することなく，利用者の操作に応じてアンケート項目の表示をリアクティブに切り替えることができる．

アンケート一覧

カテゴリ：プログラミング教室
学年：小1〜小3

| ID | カテゴリ | 学年 | 質問 | 選択肢番号 | 選択肢 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | プログラミング教室 | 小1〜小3 | たのしかったですか？ | 1 | たのしかった |
| 2 | プログラミング教室 | 小1〜小3 | たのしかったですか？ | 2 | すこしたのしかった |
| 3 | プログラミング教室 | 小1〜小3 | たのしかったですか？ | 3 | あまりたのしくなかった |
| 4 | プログラミング教室 | 小1〜小3 | たのしかったですか？ | 4 | たのしくなかった |
| 5 | プログラミング教室 | 小1〜小3 | なにがたのしかったですか？ | 1 | きちんとうごいた |
| 6 | プログラミング教室 | 小1〜小3 | なにがたのしかったですか？ | 2 | うごきがおもしろかった |
| 7 | プログラミング教室 | 小1〜小3 | なにがたのしかったですか？ | 3 | おしえてもらえた |
| 8 | プログラミング教室 | 小1〜小3 | なにがたのしかったですか？ | 4 | えがかけた |
| 9 | プログラミング教室 | 小1〜小3 | なにがたのしかったですか？ | 5 | ひとりでできた |
| 10 | プログラミング教室 | 小1〜小3 | なにがたのしかったですか？ | 6 | みんなとなかよくした |
| 11 | プログラミング教室 | 小1〜小3 | なにがたのしかったですか？ | 7 | はめられた |
| 12 | プログラミング教室 | 小1〜小3 | なにがたのしかったですか？ | 20 | ほか |
| 13 | プログラミング教室 | 小1〜小3 | なにがたのしかったですか？ | 30 | ない |
| 14 | プログラミング教室 | 小1〜小3 | なにがたのしくなかったですか？ | 1 | きちんとうごかなかった |
| 15 | プログラミング教室 | 小1〜小3 | なにがたのしくなかったですか？ | 2 | けんけいのいったことがわからなかった |
| 16 | プログラミング教室 | 小1〜小3 | なにがたのしくなかったですか？ | 3 | えがかけなかった |

図 7 アンケート確認用 Web API

上記設計に基づく本システムの構成を図 8 に，開発したシステムの実行画面を図 9, 10 に示す．図 8 より，利用者が本システムにアクセスすると，学年や体験した学修活動を選択し（図 9），入力内容に応じた質問と選択肢が表示される（図 10）．学年と学修活動を入力パラメータとし，本システムから API 経由で質問と選択肢を取得する．回答後は，JSON 形式で回答データが MongoDB に保存される．

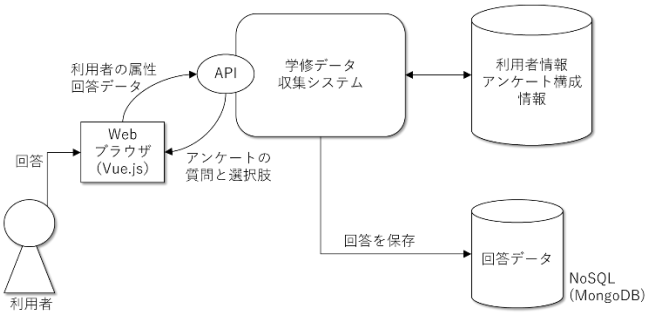



図 8 学修データ収集システムの構成

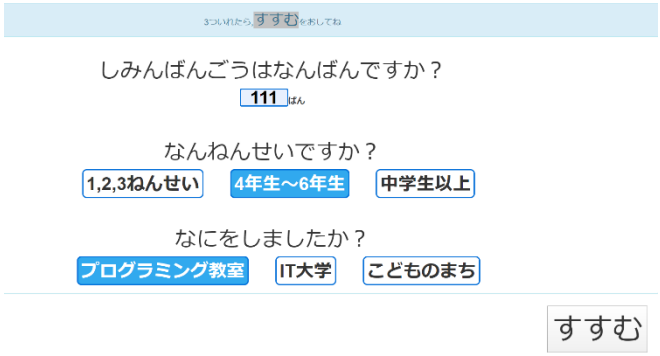



図 9 学修データ収集システムのトップページ

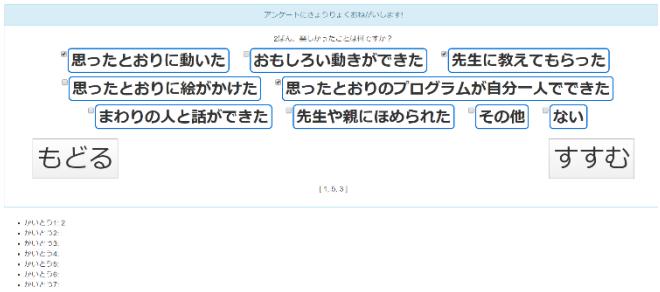



図 10 学年と学修活動にもとに生成したアンケート

## 4. プログラミング教室における学修記録の分析

### 4.1 教室の運営状況

Candy は，2016 年 10 月に教室を開講し，運営 4 年目のプログラミング教室である．市川市・浦安市を中心とした出張型のプログラミング教室であり，下記の活動場所で計 37 名の生徒を受け入れている（表 1）．

表 1 Candy の運営状況

| 場所 | コース | 人数 | | | 計 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 小1～3 | 小4～6 | 中1～ | |
| 妙典 | 毎週 | | 5 | | 5 |
| | 隔週 | | 2 | | 2 |
| | 毎月 | 7 | 1 | 1 | 9 |
| 南行徳 | 毎月 | 4 | 6 | 1 | 11 |
| 新浦安 | 毎月 | 3 | 5 | 2 | 10 |
| | | | | | 37 |

### 4.2 調査状況

上記の各教室にて，研究の趣旨説明を行った上で，保護者と本人から了解を得た 35 名に対し，2019 年 6 月 8 日～2020 年 2 月 8 日の 8 ヶ月間で調査を実施した．ただし，2019 年 9 月は講師出産のため全教室にてお休みとした他，台風や講師の大学業務の関係で中止とした回があり，毎月コースの妙典が 6 回，南行徳が 7 回，新浦安が 6 回の教室開催となった．

### 4.3 結果と考察

まず，教室毎の学修活動の記録を表 2 に示す．表 2 より，毎週コースで 104 件，隔週で 22 件，毎月が 3 箇所で 128 件，合計 254 件の学修活動の記録が得られた．毎週や隔週コースの生徒のほうが振り返りの機会が多く，教室継続による学修効果の観察が実施しやすい．一方，毎月コースは頻度が少ないことに加え，他の行事や体調不良などで欠席が続いた場合，前回の学修から 2～3 ヶ月程度の期間が空いてしまうこともあり，継続的な学修効果の観察は難しい場合がある．

表 2 教室毎の学修活動の記録

| 場所 | コース | 学修活動の回数 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 平均 | 最大 | 最小 | 合計 |
| 妙典 | 毎週 | 20.8 | 25 | 17 | 104 |
| | 隔週 | 11 | 12 | 10 | 22 |
| | 毎月 | 3.56 | 6 | 2 | 32 |
| 南行徳 | 毎月 | 6.09 | 6 | 2 | 67 |
| 新浦安 | 毎月 | 3.63 | 5 | 1 | 29 |
| | | | | | 254 |

小学校低学年と高学年，中学校以上の発達段階毎に，「楽しかった/まあまあ楽しかった」，「できた/だいたいできた」と回答した生徒の割合を表 3 に示す．表 3 より，発達段階が進むにつれて，楽しかった，できたと回答した生徒の割合が減少した．一方，ほとんどの生徒がプログラミングを楽しかったと回答していることから，子ども達の志向を分析する上での有効な質問項目とは言い難く，質問項目自体の再考が必要である．

表 3 発達段階毎の回答の割合

| | 小1～3 | 小4～6 | 中1～ |
|---|---|---|---|
| 楽しかった/<br>まあまあ楽しかった | 1.000 | 0.963 | 0.923 |
| できた/<br>だいたいできた | 0.943 | 0.894 | 0.769 |
| 回答件数 | 53 | 188 | 13 |

続いて，楽しかったか否かおよびその理由，できたか否かおよびその理由，次にしたいことについて，集計結果を表 4 に示す．なお，最も回答件数の多かった小学校高学年の回答に着目し，その傾向を分析する．表 4 を見ると，自分の意図した通りの動きが実現できたか，やるべきことができたかどうかが，楽しかったかどうかに大きく影響することが分かる．同様に，意図した動きが実現できない場合は，楽しくなかったと回答する生徒が多かった．できたことについては，プログラムの工夫や自分で動作を考えることなど，主体的な行動が見られた．このことから，プログラミング教室で積極的に課題に取り組む生徒は，意図した動きを実現するための思考とそのための工夫といったプログラミング的思考を醸成できる環境にあるといえる．

**表 4 アンケート回答の分析（小学校高学年）**

| | | N:188 |
|---|---|---|
| | 項目 | 件数 |
| 楽しかった理由 | 面白い動きができた | 78 |
| | 先生に教えてもらった | 70 |
| | 思ったとおりに動いた | 65 |
| 楽しくなかった理由 | ない | 121 |
| | 思ったとおりに動かなかった | 44 |
| | 思ったとおりに絵がかけなかった | 15 |
| できたことは何か | プログラムを工夫できた | 71 |
| | どうやればできるか考えた | 70 |
| | 先生が教えてくれたことが分かった | 42 |
| できなかったことは何か | やることが終わらなかった | 93 |
| | ない | 65 |
| | どうすればできるか考えなかった | 14 |
| 次は何をしたいか | やることを終わらせたい | 117 |
| | プログラムを工夫したい | 96 |
| | どうすればできるか自分で考えたい | 48 |

学修の振り返りの際，できたことやできなかったことについて，選択肢の他に生徒や講師から自由記述でコメントを残すことができる．プログラミング能力の成長が著しい生徒（JavaScript を用いたチャットシステムに挑戦中，図 11 参照）の様子を見ると，調査開始当初は，「問題が解けた」や「問題の原因が分かった」など抽象的な表現が多かったが，調査後半になると「メッセージの取り消しができた」や「連想配列の内容がおかしい」，「リアルタイムで表示できるようにしたい」など具体的な表現が多くなってきた．より深い学修ができるようになると，自分が学んでいることに関して，分かることと分からないことの区別が明確にできるようになり，プログラミング的思考が身に付いてきたことが分かる．一方，学修があまり進まない生徒の場合，毎回の振り返りでは，「やることが終わらなかった」や「先生が教えてくれたことが分からなかった」などの反省が多く，主体的な学修にはまだ課題が多い．

**図 11 Candy の生徒の作品（お絵描きチャット）**

## 5. 関連研究

子ども達の学びに関して，地域福祉の観点から子どもの主体性を育てるための地域連携に関する研究[10]，子ども達の多様な学びの場の必要性を説く研究[11]が見られた．また，子どもの主体性開発については，人生の長期的視点を見据えた人生哲学であるスティーブン・コヴィー著の「7 つの習慣[12]」を小学校の特別活動に導入し，子ども達の自治活動の調査事例がある[13]．

一方，プログラミング教育に関しては，2020 年の小学校でのプログラミング教育の必修化を踏まえ，ロボット制御を題材にモノづくりの観点でプログラミングに取り組んだ事例[14]，プログラミング的思考の観点から教材作成と小学校での実践教育の事例[15]，ビジュアルプログラミングツールを用いた協調作業のワークショップ報告，小学校でのプログラミング教育推進における課題調査などが報告されている．しかしながら，社会課題に対して子ども達自身が貢献できる分野を見出せることを目指し，それに必要な能力要素として，プログラミング的思考に加え，ICT リテラシーと社会的な見方や考え方の必要性を論じた研究は報告がない．

本研究では，子ども達が社会課題に取り組むための素地となる主体的な学修課題の選択を目的とし，そのために必要な能力要素を「プログラミング的思考」「ICT リテラシー」「社会的な見方や考え方」の 3 つに分類・定義し研究を進める．これら 3 つの観点に着目し，学修活動の収集・分析・推薦および学修成果物を共有する学修支援システムを開発する．

## 6. まとめ

本研究では，子ども向けプログラミング教室での学修記録の収集・分析により，主体的な学修課題の選択に寄与する行動特性や興味関心などの志向を明らかにすることを目的とし，子どもの発達段階と学修活動に連動した学修データ収集システムを開発した．毎回の教室後に感想や達成度，次回への期待などを記録した．その結果，積極的にプログラミングの課題に取り組む生徒は，プログラミング的思考が身に付きつつあることが分かった．

今後は，収集した学修活動に対しデータマイニングにより子ども達の行動特性や興味などの志向の類似度を算出し，学修課題の選択時に本人と志向の類似度が高い子ども達が取り組んだ学修課題を提示するシステムを開発する予定である．発達段階が進むに連れてより精度の高い学修課題が推薦できるようになり，幅広い可能性の中から自身が学びたい分野に集中し，その分野に関する理解を深化できると考える．本システムより推薦された学修課題に対する満足度とともに，学修課題を自ら創造できたかの意識変化も調査する

**謝辞**

本研究は，JSPS 科研費 JP19K02982 の助成を受けたものです．ここに感謝の意を表します．

### 参 考 文 献

(1) 文部科学省: “情報教育指導力向上支援事業（諸外国におけるプログラミング教育に関する調査研究）”，平成 26 年度文部科学省委託事業，http://jouhouka.mext.go.jp/school/pdf/programming_syogaikoku_houkokusyo.pdf (2019 年 2 月 7 日確認)

(2) 文部科学省: “小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論の取りまとめ）”，http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm (2019 年 2 月 7 日確認)

(3) 渋谷一典: “小学校総合的な学習の時間におけるプログラミング教育”，未来の学びコンソーシアム，小学校を中心としたプログラミング教育ポータル，https://miraino-manabi.jp/content/260 （2019 年 2 月 7 日確認）

(4) 河野由香，河野義広: “プログラミング教室 Candy の運営と課題”，電子情報通信学会 2 種研究会サイバーワールド（CW）第 38 回研究会報告, (2018)

(5) 河野義広，河野由香：” 子ども達の主体的な学びを促進する学修支援システムの検討”，教育システム情報学会 2018 年度 第 6 回研究会（於武蔵野大学），(2019)

(6) プログラミング教室 Candy，https://www.candy-cs.com/ (2019 年 2 月 7 日確認)

(7) Y. Kawano, N. Shingyoji: “Evaluation of Active Learning Method for Students by Community Activities with Children”, 22nd International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 22nd) (Oita, Japan) (2017)

(8) 河野義広: “千葉市花見川区魅力発信プロジェクト「花見川どっと com!」の運用体制作りと今後の展望”，東京情報大学研究論集, Vol.18, No.1, pp.35-44 (2014)

(9) 文部科学省：“子どもの発達段階ごとの特徴と重視すべき課題”, 子どもの徳育に関する懇談会 「審議の概要」（案） (2009) (2020 年 2 月 10 日確認)

(10) 後山恵理子: “子どもの主体性を育てる福祉教育－地域の連携のあり方－”，東海学院大学紀要, 2, 43-46 (2008)

(11) 田村光子: “大学―地域連携による「わかばこどものまち CBT」の取り組み― 多様な子どもの学びの場の必要性についての検討―”，植草学園短期大学研究紀要，第 18 号, 1-7（2017）

(12) スティーブン・R・コヴィー：“7 つの習慣-成功には原則があった!”，キングベアー出版（1996）

(13) 高橋健一：“子どもたちが自治的活動を行う姿を求めて：「7 つの習慣」を意識した取組を柱にして”，上越教育大学学校教育実践研究センター，教育実践研究，Vol.20, pp217-222（2010）

(14) 松田孝: “低学年プログラミング教育の必然性とその実際ーCutlery Apps の活用を通して”，日本デジタル教科書学会 発表予稿集, Vol.7 (2018)

(15) 豊田充崇，“小学校プログラミング授業の推進における実践上の課題”，和歌山大学教職大学院紀要 学校教育実践研究, No.2, 83-90 (2017)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# プログラミング課題における進捗状況可視化手法の提案

秋山 直斗[*1]，新村 正明[*2]
*1 信州大学 工学部情報工学科
*2 信州大学大学院工学系研究科情報工学専攻

# Proposal of a Visualization Method of Progress in Programming Task

Naoto Akiyama[*1], Masaaki Niimura[*2]
*1 Faculty of Engineering, Department of Information Engineering, Shinshu University
*2 Shinshu University Graduate School of Engineering Department of Information Engineering

**概要**：プログラミング教育を目的とした講義では，教授者が受講生に対して課題を与え，受講生はその課題に個別で取り組むという演習方式が採用されている．しかし，大学などにおける多人数講義の場合，少数の教授者が，多数の受講生の中から行き詰まっている受講生を全て特定するのは困難であるため，教授者の学習指導への支援が必要である．教授者が受講生の具体的な行き詰まり内容を把握しやすくする手法を提案した先行研究はあるが，教授者の学習指導が演習後になってしまうという問題点がある．本研究ではリアルタイムで教授者の学習指導を支援するための手法を提案する．

キーワード：プログラミング教育，リアルタイム，AST，GumTree，類似度，可視化

## 1. はじめに

プログラミング教育を目的とした講義では，教授者が受講生に対して課題を与え，受講生はその課題に個別で取り組むという演習方式が採用されている．そのため，受講生の理解度によって課題の進捗状況に差が生じる．また，大学などで行われる多人数講義の場合，TA（Teaching Assistant）を含めた少数の教授者が，多数の受講生の中から行き詰まっている受講生を全て特定するのは困難であるため，教授者の学習指導への支援が必要である．

このような教授者の学習指導を支援するものとして，先行研究[(1)]では，受講生が編集しているある時点のソースコードを用いて行き詰まり箇所を特定することで，教授者が受講生の具体的な行き詰まり内容を把握しやすくする手法を提案した．しかし，この先行研究においては教授者の学習指導がリアルタイム（演習中）になされないという問題点がある．

本研究では，同じように受講生が編集しているある時点のソースコードを用いるが，リアルタイムで教授者の学習指導を支援するための手法を提案する．

## 2. 先行研究

### 2.1 先行研究の概要

藤原ら[(1)]の研究では，井垣ら[(2)]が提案したコーディング過程可視化システム「C3PV」の機能にあるスナップショットを用いることで，プログラミング演習時に受講生がいつ，どの部分で行き詰まっていたのかを特定する手法を提案した．図 1 はこの先行研究において，受講生の行き詰まり箇所を特定する前段階の概要図である．

まず，受講生が取り組んでいるプログラミング課題に対して，編集中のソースコードを①のスナップショットとして記録する．このスナップショットとは，ソースコードのある時点の状態を指し，これは 1 分間隔もしくコンパイルや実行などの操作で記録する．

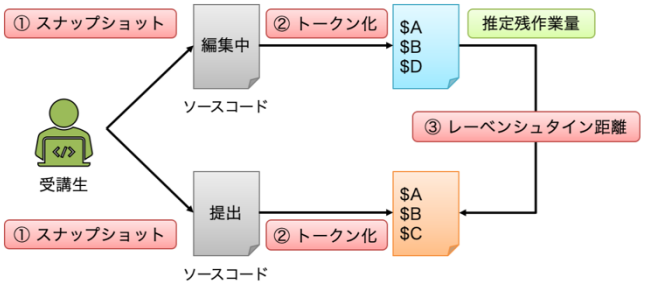



図 1 先行研究の概要図

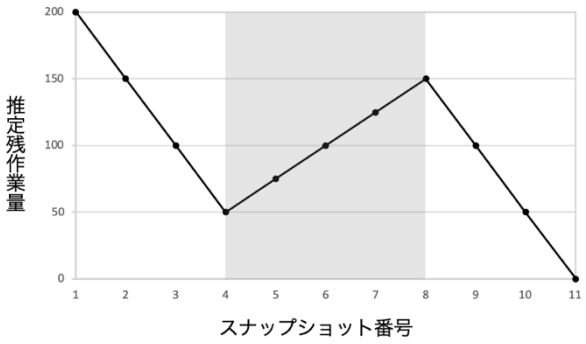



図 2 推定残作業量の推移グラフ

次に，このスナップショットとして記録されたソースコードに対して，②のトークン化を行う．トークン化とは，ソースコードを構成する文字列を一単位の文字列へ変換することを指す．そして，受講生が提出したソースコードを最後のスナップショットとして，同様にトークン化を行い，ある時点での編集中のソースコード（スナップショット）が提出されたソースコードと同一になるために，どれだけの作業量が必要であったのかを表す「推定残作業量」を③のレーベンシュタイン距離によって算出する．

この「推定残作業量」を縦軸に，スナップショットの番号を横軸にとった図 2 のような推移グラフを作成する．なお，横軸におけるスナップショットの番号は記録された時系列を表す．

このグラフの傾きが負の場合は編集中のソースコードが提出されたソースコードに近づいていることを意味しており，逆に傾きが正の場合は遠ざかっていることを表す．先行研究の提案手法では，この傾きの基準値を設定し，その基準値以上の状態が一定回数以上続いている区間を「行き詰まり区間」と定義した．

図 2 の場合は灰色部分（スナップショットの 4～8 番）がそれにあたる．そして，この区間のソースコードにおける編集部分の変化を調べることで，受講生の行き詰まり箇所を特定した．

## 3. 本研究の目的と提案手法

### 3.1 本研究の目的

先行研究の場合，受講生が提出したソースコードで

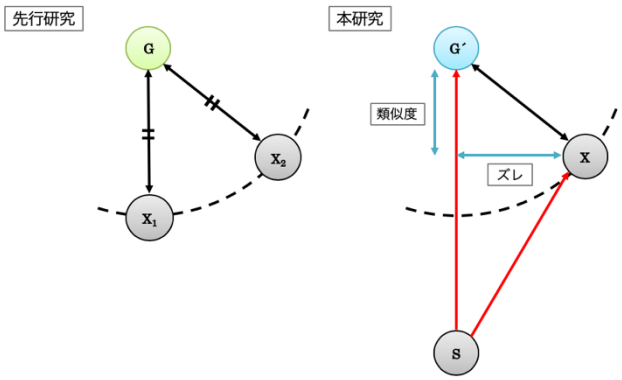



図 3 本研究の提案手法

比較をするため，リアルタイムに行き詰まっている受講生に対しての学習指導がなされない．

そこで，本研究では，次の 3 点をリアルタイムで実現し，教授者の学習指導を支援するための手法を提案する．

① 課題の進捗状況の可視化
② 行き詰まっている受講生の特定
③ これから行き詰まりそうな受講生の早期発見

### 3.2 提案手法の概要

先行研究では，図 3 のように提出されたソースコード G という演習後に設定されるゴールがあり，スナップショット X との「推定残作業量」を算出していた．しかし，スナップショット $X_1$ と $X_2$ の「推定残作業量」に変化がない場合，この 2 つは G を中心とした円周上のどの位置にいるのかが分からないため，受講生の解答の方向性が見えてこない．

そこで本研究では，スタート S とゴール G´をあらかじめ設定し，S～G´間の距離と S～X 間の距離を調べ

ることで，スナップショット X のゴール G′に対する「類似度」と「ズレ」をリアルタイムに算出する方法を提案する．この「類似度」と「ズレ」により，スナップショット X の位置が決まるため，リアルタイムで動く X を見たときに，受講生の解答がどのような方向性で進んでいるのかを知ることが可能になり，誤った方向に進もうとしている受講生を早期に発見できると考えられる．

### 3.3 提案手法の実現例

先行研究で用いられたレーベンシュタイン距離ではプログラムの構造を捉えられないため，ソースコードの分析には適していない．よって，本研究では抽象構文木（Abstract Syntax Tree，以降 AST とする）のノード単位でソースコードを分析する．

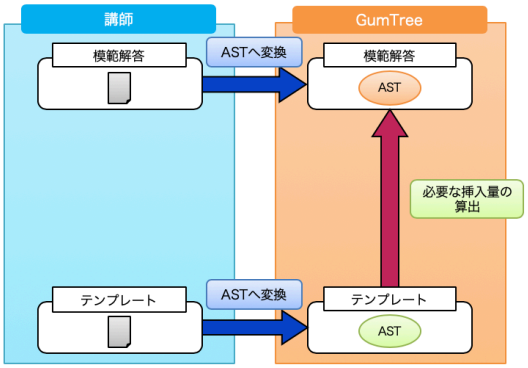
また，本研究では C 言語を対象とするため，これらを踏まえて，GumTree[3][4]をソースコードの解析ツールとして選定した．GumTree は 2 つのソースコードを入力として与えることでそれぞれの AST を生成し，この AST 間でノードの一致，挿入，削除，更新，移動の個数を検出可能である．

この GumTree を用いた提案手法の概要を図 4 に示す．まず，教授者側では 1 つのテンプレートと模範解答のソースコードをそれぞれ用意する．テンプレートとは，図 5 のようにプログラムの形がある程度決まっているものを指す．教授者は受講生に対して，学習して欲しいポイントを灰色部分のようにコメントとして記述し，受講生はこの部分をスタート地点として編集を開始する．模範解答とは，赤字で示されたような正解例を指す．

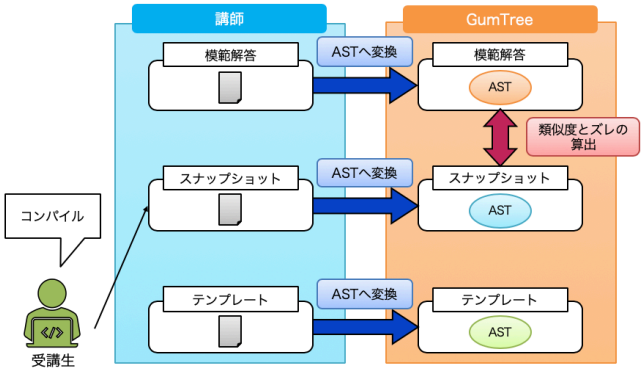
このテンプレートと模範解答のソースコードを GumTree によってそれぞれ AST へと変換し，図 4 の（ｉ）のようにテンプレートが模範解答と同一になるために必要な挿入量を算出する．

次に，（ii）のように受講生がコンパイルをしたタイミングをスナップショットとして記録し，同様に GumTree によって AST へと変換する．

そして，AST 上でスナップショットの模範解答に対する「類似度」と「ズレ」を算出することで，ある時点のスナップショットが模範解答に対してどの位置にいるのかを特定する．




（ｉ）必要な挿入量の算出




（ii）類似度とズレの算出

図 4 提案手法の概要

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int num ;

    scanf("%d", &num) ;

    /* ここに処理を記述する */
    /* ここまで */

    return 0 ;
}
```

テンプレート

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int num ;

    scanf("%d", &num) ;

    /* ここに処理を記述する */
    if(num == 3) {
        printf("Hello World!¥n") ;
    }
    /* ここまで */

    return 0 ;
}
```

模範解答

図 5 教授者が用意するもの

### 3.4 類似度とズレの算出方法

図 6 はテンプレート，模範解答，スナップショットをそれぞれ AST 間のノード数で表したものである．

3.3 の GumTree の説明で，AST 間のノード数検出には一致，挿入，削除，更新，移動があると述べたが，更新と移動に関しては一致に含まれる．よって，図 6 の算出方法では一致，挿入，削除の 3 種類を用いる．

（イ）では，テンプレートから模範解答を見たときに，例として，一致するノード数 m が 130 個，テンプレートが模範解答と同一になるために必要な挿入量 $i_g$ を 145 個であるとする．

（ロ）では，あるスナップショットが記録され，テンプレートからこのスナップショットを見たときに，挿入されたノード数 $i_s$ が 125 個であるとする．

（ハ）では，スナップショットから模範解答を見たときに，この挿入されたノード数 $i_s$ の 125 個のうち，模範解答と一致したノード数 $m_s$（= $m_g$）が 100 個あったとすると，模範解答とは違ったノード数 $d_s$ が 25 個あると分かる．

よって，「類似度」は模範解答と新たに一致したノード数 $m_s$ の 100 個を，「ズレ」は模範解答とは一致しなかったノード数 $d_s$ の 25 個を，最初に必要な挿入量 $i_g$ であった 145 個で割った値として算出する．

また，ここまでの算出式は(1)，(2)のようになる．

(1) 類似度 = $\dfrac{m_s}{i_g}$

(2) ズレ = $\dfrac{d_s}{i_g}$

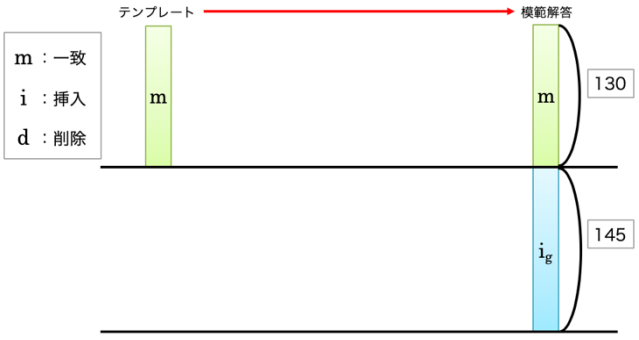
## 4. 評価

### 4.1 提案手法を用いた散布図表示

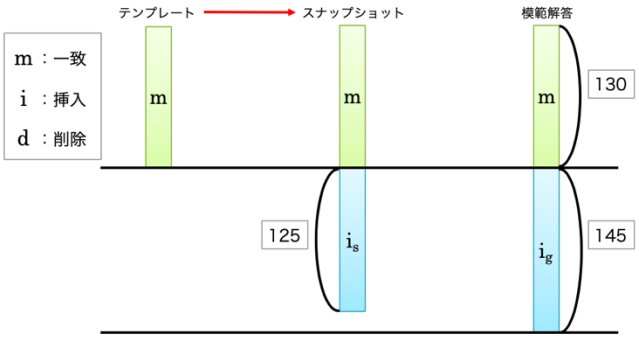
本提案が受講生のプログラミング過程を正しく表現しているかを確認するために，ある受講生のスナップショット群に対して類似度とズレの算出を行った．この結果を散布図として表現したもの図 7 に示す．

縦軸の類似度は[0，1]の区間で正規化されており，1 に近いほど模範解答に近づいていることを表す．また，横軸のズレは値が大きいほど，模範解答にはない部分があることを表す．また，プロットの番号はスナップショットの時系列を表す．

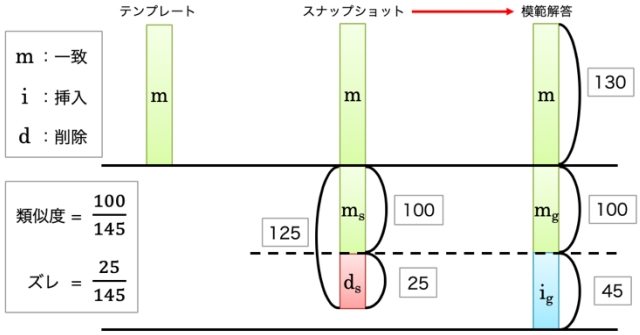
実際のスナップショットの内容と，散布図のプロットの対応を調べたところ，赤枠①の 1～13 番はほぼズレがなく，ソースコードも順調に進んでいることが確認できた．また，赤枠②の 14～33 番では 1～13 番に比べてズレがあり，ソースコードにおいても模範解答にはない処理が散見された．赤枠③における 36 番が最後のスナップショットであり，散布図でズレは見




（イ）必要な挿入量の算出




（ロ）挿入されたノード数




（ハ） 類似度とズレの算出

図 6 類似度とズレの算出法

られるものの実際のソースコードでは正しい実行結果を出力していた．

以上から，受講生のプログラミング過程が，散布図におけるプロット順として可視化できていることが確認できた．

### 4.2 複数の正解がある場合の比較

次に，複数の正解が考えられる課題に対して，ある受講生のスナップショット群で類似度とズレの算出を

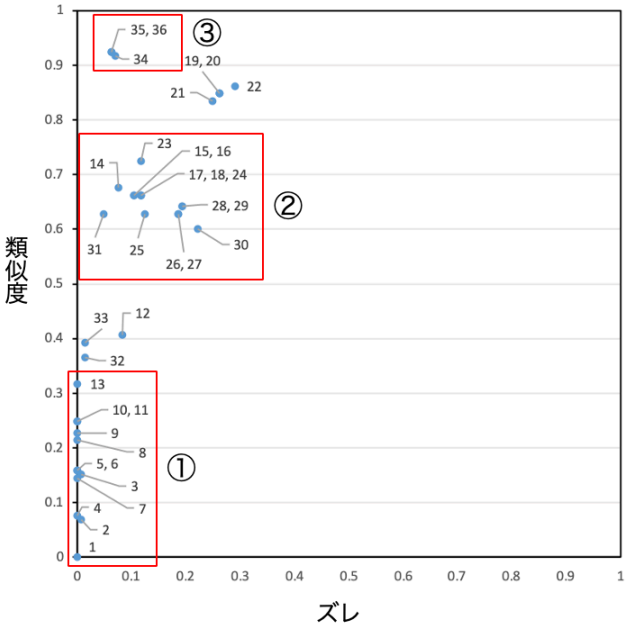



図 7 ある受講生における散布図

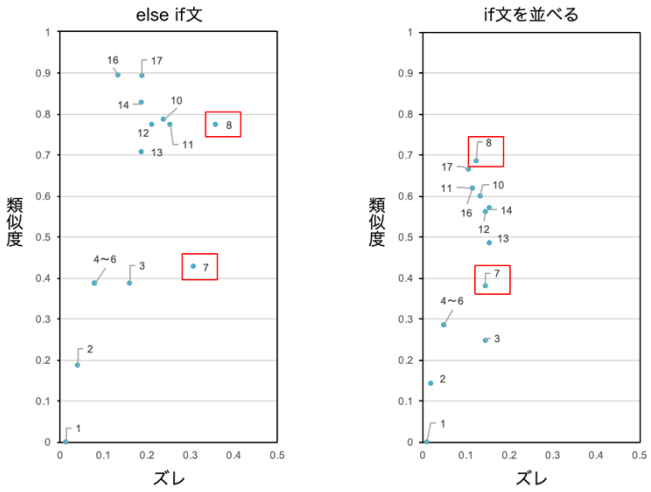



図 8 別解との比較

行った．その結果を図 8 に示す．なお，プロットの 9 番と 15 番に関しては GumTree による計算ができていなかったため，散布図からは省いている．

この課題における解答は，else if 文を使って解く場合と単純に if 文を並べて解く場合の 2 つの解法がある．

実際のスナップショットの内容と，散布図のプロットの対応を調べたところ，赤枠で囲った 7，8 番では if 文を並べて解く方向で進んでおり，散布図を比較すると，else if 文よりも if 文を並べる方がズレは小さくなっている．そして，プロットの 10 番以降では else if 文を使う方向で解いており，else if 文側の散布図ではズレが小さくなっていく動きが見られる．

このことから，プログラミング過程における解法の方向性も可視化できることが確認できた．

## 5. おわりに

本研究では，リアルタイムで教授者の学習指導を支援するための手法を提案した．

今回は類似度とズレの算出法の検討から課題の進捗状況の可視化を表現できたが，そこから行き詰まっている受講生の特定やこれから行き詰まりそうな受講生の早期発見の段階までには至らなかった．本研究における行き詰まりの見解としては，図 7 の赤枠②のように同じ場所を行き来する場合である．また，図 8 における else if 文側のプロット 7，8 番のような模範解答とは違う処理をしている場合に，類似度の値としては大きくなっているが，同時にズレの値も大きくなっていくような動きがこれから行き詰まる受講生の早期発見につながるのではないかと考えられる．

## 参 考 文 献

(1) 藤原賢二，上村恭平，井垣宏，吉田則裕，伏田享平，玉田春昭，楠本真二，飯田元：“スナップショットを用いたプログラミング演習における行き詰まり箇所の特定”，コンピュータソフトウェア 35（1），pp.3-13，（2018）

(2) 井垣宏，斎藤俊，井上亮文，中村亮太，楠本真二：“プログラミング演習における進捗状況把握のためのコーディング過程可視化システム C3PV の提案”，情報処理学会論文誌 54（1），pp.330-339，（2013）

(3) GumTreeDiff/gumtree : A neat code differencing tool. https://github.com/GumTreeDiff/gumtree.（2019 年 7 月 5 日確認）

(4) GumTreeDiff/cgum : The C parser for Gumtree. https://github.com/GumTreeDiff/cgum.（2019 年 7 月 5 日確認）

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 情報処理基礎からデータサイエンス基礎へ

## ～パソコン操作リテラシー教育に求められる変遷へどのように対応するか～

森　祥寛[*1], 佐藤正英[*1], [*1]
*1 金沢大学総合メディア基盤センター

# From Introduction to Information Technology to Data Science Fundamentals

Mori Yoshihiro[*1], Sig Committee[*1]
*1 Information Media Center, Kanazawa University

In recent years, the need for data science education has increased. In university education, introduction is required to be a required subject regardless of the student's affiliation. On the other hand, the university curriculum is well organized until graduation. Therefore, there is no room to incorporate data science education additionally. We included data science education in the content of the class to learn how to operate a computer to balance these. In this presentation, we report on the background and how to actually change the lesson content.

キーワード: PC リテラシー教育，データサイエンス教育，Society5.0

## 1. はじめに

現在，日本では，首相官邸や内閣府，その他の省庁では，情報社会（Society4.0）の先に位置する超スマート社会「Society5.0 の実現」をキーワードとして，さまざまな政策が示されだした.例えば，日本経済再生本部では，成長戦略実行計画や未来投資会議などで，AI 時代の人材育成やSociety5.0の地方における社会実装などが示されている [(1)].

一方で，金沢大学を始めとする高等教育機関では，平成 10 年代半ばより，大学全体で IT を教育に活用していくような取組が始まりだし，現代 GP や特色 GP のような文科省の補助事業によって後押しされてきた.併せて，最近では BYOD と呼ばれるような，入学時にパソコンやタブレット端末などを新入学生に準備させ，授業などで使用する取組も進められてきた[(2)]．同時に ICT を活用していくために必要な知識やリテラシーを学ぶ教育も進められた．このような流れは，平成 20 年代後半になると，初等中等教育でも進められるようになり，「教育の情報化の推進[(3)]」として，令和元年 6 月 28 日に教育の情報化の推進に関する法律が公布，施行され，この法律に基づいて，さまざまな取組が行われている．

これまで，大学などの高等教育機関で行われてきた ICT に関する教育は，社会全体の技術革新の中，「Society5.0 の実現」のために，大きな変換点を迎えている．その 1 つの要素が，「データサイエンス」をキーワードとして実施が求められている，所謂，データサイエンス教育である．本稿では，このデータサイエンス教育の最初の一歩として，金沢大学内で新たに実施される「データサイエンス基礎」という科目について，その概要等を紹介する．

## 2. データサイエンス教育の実施に向けて

データサイエンス教育の強化自体は平成 20 年代後半から動きがあり，令和 2 年現在では，数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアム[(4)]という形で，拠点校と協力校が設定され，その教育内容やモデルカリキュラムなどが提示され始めている．同時に，拠点校や協力校以外でも，データサイエンス教育の実施が求められ，既存のカリキュラムへの組込みが必要とな

**表 2 情報処理基礎の授業概要**

| 授業回 | 担当教員 | 授業内容 |
|---|---|---|
| 第１回～第３回 | 総合メディア基盤センター | 金沢大学特有のネットワーク、サービスの利用方法 |
| 第４回 | 図書館 | データ収集や資料探索実習（文献検索による情報検索） |
| 第５回～第８回 | 学類 | Office 系ソフトウェアの使い方 |

**表 2 データサイエンス基礎の授業概要**

| 授業回 | 担当教員 | 授業内容 |
|---|---|---|
| 第１回、第２回 | 総合メディア基盤センター | 金沢大学特有のネットワーク、サービスの利用方法 |
| 第３回 | | データサイエンス関連 |
| 第４回 | 図書館 | データ収集や資料探索実習（文献検索による情報検索） |
| 第５回～第８回 | 学類 | 表計算ソフトウェアの扱いに重点をおいた Office 系ソフトウェアの使い方／学類毎のデータサイエンス教育 |

っている．これは人文社会理工医薬保健の別なく求められており，その対応に苦慮している教員も多いのではないだろうか．

金沢大学においても，状況は同様で，金沢大学の全新入学生に対して，必修科目とするデータサイエンス教育の実施が，大学上層部より求められた．

当初案では，金沢大学にて，新入学生全員に対して必修科目として課している情報処理基礎(5)(6)に続く科目として，情報処理基礎Ⅱのような形で実施することが検討された．しかし，カリキュラム上の制約（追加で必修科目を組込む余地がない)，教室や授業内容を教えられる担当教員の不足などから，一旦，本案は見送られた．その後，いくつかの議論を経て，現在実施されている情報処理基礎の授業内容を変更し（表 1，表 2)，データサイエンス基礎という授業として再構築することになった．

## 3. PC リテラシー教育の縮小とデータサイエンス教育

データサイエンス基礎の授業内容は，総合メディア基盤センター教員，図書館職員、学類教員で 3 つのパートに分けて実施する基本方針はそのままに，図書館職員の担当パート以外に，データサイエンスの要素を組み込んでいくこととなった．組込み場所としては，総合メディア基盤センター教員が担当する授業の内，まず，第 3 回目に「データサイエンスの役割，データの取得と管理，AI などをキーワードとしたデータサイエンスの導入」という内容で入れ，その後，学類担当回にて，その学類が扱う学問分野で，データサイエンスをどのように活用しているかという状況に合わせた内容を盛り込むことになった．

この結果，パソコン操作に関するリテラシー教育が圧縮され，学内で使用する ID の取得や，Microsoft 社との EES 契約による OfficeProPlus ライセンス用ログインアカウント取得と認証作業などについて，授業開始前までに，学生達自身で実施してくることとなった． 学類担当部分の授業内容では，明示的に「データサイエンス」という文言を授業計画に含めているのは，6 学類等に限られていた．授業計画に書かれた授業内容の傾向として，これまで実施されていた Office 系ソフトウェアのリテラシー教育（文章作成，表計算，プレゼンテーションを全体的なもの）から変更できていない学類が，人文社会系に存在しているが，総じて，表計算の使い方，特に統計的な解析に重点を置くように授業計画を立てている．やはり，人文社会系の学類では，データサイエンスの授業を実施できる教員が少ないようで，授業内容の計画立案には苦労をしているようだ．理工系の学類では，データサイエンスに関しては，後々の専門教育にて実施している学類が多く，敢えて，この授業では表計算に重点をおくにとどめているようにも見える．

## 4. まとめ

実際のデータサイエンス基礎の授業は，令和 2 年 4 月から開始される．これまで行われてきた情報処理基礎の授業内容から，変更を余儀なくされた結果，パソコン操作にかかる教育が圧縮されてしまった．大学における教育への ICT 活用の普及具合を考えれば，問題なく，そこに社会全体でデータサイエンス教育を組込んだことは，非常に有意に思える．しかし，ここ数年の ICT 機器の普及は，スマートフォンなどの携帯型の情報端末の需要に方が高まっており，結果として，学生はパソコンなどの機器操作などを行う機会が減少している．その中で，機器の扱い方や Office 系ソフトウ

ェアの使用方法などを学ぶ機会が減少してしまうことは，学生生活を営むにあたって必要とされるスタディスキル獲得への阻害にもなりかねない．今後，この辺りのしわ寄せが，他の授業にどのように出てくるかなど，経過を見つつ対応していくことが必要だろう．

## 参 考 文 献


(1) “日本経済再生本部”, https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/, (2019/05/27 アクセス確認)

(2) 森祥寛, 佐藤正英, 大野浩之, 笠原禎也, 井町智彦, 高田良宏, 東昭孝, 二木恵, NAKASANCHAWANAT, "金沢大学における携帯型パソコン必携化に関する 12 年間の取組", 学術情報処理研究 23(1), 29-42, 2019

(3) “教育の情報化の推進”, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/index.htm, (2019/05/27 アクセス確認)

(4) “数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアム”, http://www.mi.u-tokyo.ac.jp/consortium/index.html, (2019/05/27 アクセス確認)

(5) 松本豊司, 鈴木恒雄, 佐藤正英, 堀井祐介, "教科「情報」を継続する「情報処理基礎」授業の構築", コンピュータ&エデュケーション 21(0), 49-54, 2006

(6) 佐藤正英, 森祥寛, 松本豊司, "金沢大学での共通教育における情報教育と必携 PC の活用（第 15 回学術情報処理研究集会)", 学術情報処理研究（15), 180-184, 2011

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 生物分野の学習における ICT 利用の可能性と課題

長嶋　勇作[*1]，徳竹　圭太郎[*2]
*1 東洋大学附属牛久高等学校　*2 東京工業大学大学院

# *Possibilitys and Tasks in using ICT for learning biology*

Nagashima Yusaku [*1],　Tokutake Keitaro[*2]
*1 Toyo university Ushiku Senior High School
*2 Graduate School of Tokyo Institute of Technology

平成 30 年度公示の学習指導要領では，理科教育における生物分野の目標として，実験や観察を通じた生物学の概念や原理・法則の理解を挙げている．本研究では，実験や観察が困難な単元において，上記の目標を達成するため，PC 端末を用いた学習支援を行い，生物における ICT 利用の可能性と課題について検証した．その結果，生物の授業場面において実験や観察の代替として ICT を利用することは，学習に対する主体性を向上させるとともに，学習に対する理解を向上させる可能性があることが示唆された．また，学習の成果物に関しては，紙媒体と並行して導入していく必要がある可能性が示唆された．

キーワード: 研究会報告，書式，執筆要領

## 1. はじめに

平成 30 年度公示の学習指導要領（2018）では，理科教育における生物分野の目標として，実験や観察を通して生物学の概念や原理・法則の理解を深めることを挙げている．しかしながら，特定の分野では実験や観察が困難なケースが見られる．こうしたケースにおいて内容の理解を促進する方法の一つとして，ICT 機器の導入が挙げられる．本稿では ICT を用いた生物の学習を展開する際の課題について生徒の自由記述から分析を行い，その結果について報告する．

## 2. 先行研究

郡司（2016）は，生物基礎の分野において，電子黒板とタブレット PC を用いた授業を展開し，その結果として，タブレット PC を用いた学習の有効性が示唆されたとしている．しかしながら，上記の研究では内容の理解度についての自由記述を分析対象としており，教授方法の違いに関する感想等の分析は十分に行われていない．

本研究では，教師が教科書を用いて紙面媒体で学習内容について説明した後に，PC を用いて理解を深める学習活動を展開し，その感想として記入させた自由記述を用いて，生物の授業における ICT 利用の可能性と課題について分析する．

## 3. 授業実践と評価方法

### 3.1 授業内容

高校２年 40 名を対象に，日本のバイオームの分布図をグループで作成する学習を行わせた．グループごとに下記の植物の分布について調べさせ，地図上に記録させた．

・A1 班～２班「エゾマツ、シラビソ」
・B１班～２班「ブナ、ミズナラ」
・C1 班～２班「シイ、カシ」
・D1 班～2 班「ソテツ、ガジュマル」

各班の分布図が完成した後，グループごとに各植物の分布について発表させた．その後，Google Drive を用いて生徒が作成した分布図を教員に共有させ，それぞれの画像を合成して分布図を用いて各分布の推移等から水平分布，分布が重複している点から垂直分布について学習し，主体性のある学習と講義型の学習の両方を行うことで生徒の知識の定着を図った．

### 3.2 評価方法

授業終了時に，生徒には授業手法に関するアンケートに答えさせた.アンケート項目の内容を以下に示す.

項目１ 紙媒体での説明と PC によるまとめ学習とで，どちらの方が理解が深まったと思うか.

項目２ 作業はしやすかったか.

アンケートは自由記述方式で行った.

## 4. 分析と結果

生徒のアンケートの記述内容を，質問項目ごとに学習方法に対してポジティブな意見とネガティブな意見に分類し，内容に基づいてカテゴリー分けをした．また，今回の単元内容について記述されているものであったり，PC の使用に関係しない記述については分析の対象から外した．カテゴリー分けは生物を専門とする筆者と，教育工学を専門とする社会科教諭の２名で行なった．その結果を表１から表２に示す.

表１ 項目１に関する回答のカテゴリと回答数

| ポジティブ | 回答数 | ネガティブ | 回答数 |
|---|---|---|---|
| 学習参加 | 13 | 学習理解 | 3 |
| 学習理解 | 5 | 効率性 | 2 |
| 学習内容 | 2 | 学習内容 | 1 |
| 操作性 | 2 | 操作性 | 1 |

表２ 項目２に関する回答のカテゴリと回答数

| ポジティブ | 回答数 | ネガティブ | 回答数 |
|---|---|---|---|
| 操作性 | 3 | 操作性 | 6 |
| 学習参加 | 3 | 効率性 | 3 |
| 効率性 | 2 | 学習理解 | 1 |

項目１に関するポジティブな記述には，「学習参加」に分類される項目が多く見られた．学習参加には，主体的に取り組むことで学習内容に対する興味が深まったという記述があった回答を分類している.

一方で，PC を用いたことで学習内容が理解しやすかったという記述は「学習理解」に分類しているが，これはネガティブな意見としても３件の回答が得られている．生徒の記述内容を詳細に分析するため，学習理解に分類した生徒の回答の例を表３に示す.

表３ 学習理解に分類された生徒の回答

| ポジティブ | ネガティブ |
|---|---|
| ・自分で調べる方が分かりやすい.<br>・自分で考えるから分かりやすい | ・手間の割に学ぶことが薄い.<br>・自分の手で書く機会がないから印象が薄い. |

ポジティブな記述としては，主体的に学習に参加することで,理解が促進されたことについて触れている.

一方で，今回の実践では PC を用いた学習における生徒の作業負担が多いために，学習内容の難易度を下げた．その結果，複数人が「学ぶことが薄い」という回答をしていた.そのため,PC を用いた学習を展開する際には，学習教材そのものの設計も重要であることがわかる．また，作業そのものは PC で行うことによって効率化できるが，メモや学習内容に対する考察等は，紙面媒体で記入させる必要があることが示唆された.

項目２ では，操作性，及び PC を用いることによる効率性についての記述が多く見られた．操作性に関するネガティブな記述としては，生徒自身の PC スキルによるものであり，今後授業内で使用頻度を上げることで解消できるものであると考える.

一方で,効率性に関するネガティブな記述の中には,使用した機材の不具合等についての書かれているものが多く，PC を使用することに関するネガティブな印象は見られなかった.

## 5. 今後の課題

今後の課題としては以下の点がある.

①他分野での導入と生徒の学習態度の変化の記録

②生徒のアンケート記述のより詳細な分析

### 参 考 文 献


(1) 文部科学省: “高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説”, pp.128-147 (2018)

(2) 郡司浩史，福田智美，二歩伸匡，佐伯英人:“ICT を使った理科の授業に関する一考察（その４）-高等学校の生物基礎「生物の体内環境の維持」において-”，山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要，第 42 号，, pp.41-48 (2016)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# スマートフォンを使用しながら

# 双方向の授業を受けることが学習者に与える影響

# ―高等学校理科における授業実践―

宇宿　公紀
東京都立瑞穂農芸高等学校

Influence of smartphone use during the interactive learning : Focusing on science at high school

Kiminori Usuki
Tokyo Metropolitan Mizuho Nougei High School

本研究は，都内の高校生を対象に水族館での取材動画を視聴してもらい，コメント送信機能で双方向のやり取りを行った授業実践を報告することを目的とした．意識調査の結果から，「学習内容に興味が持てた」という意識が高かったことと学習に関係のあるコメントが継続して送信されたことから主体的な学びが実現できた．また，コメント送信機能を使用しないグループと比較し，コメント送信機能を使用したグループは有意に「眠気が覚める」傾向が確認された．さらに，送信されたコメントを分析したところ，動画内の質問とパパパコメントを活用することで，短時間で多数のコメントが送信されたことと学習内容を振り返ったコメントの分析から対話的で深い学びも実現できたことが示唆された．

キーワード: スマートフォン，BYOD，水族館，志摩マリンランド，パパパコメント

## 1. はじめに

文部科学省（2019）は，新学習指導要領において主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善を通して資質・能力を育む効果的な指導ができるようにすることを示した．また，文部科学省（2018）は，主体的・対話的で深い学びにおいて， ICT は大きな役割を果たすと期待している．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．授業で ICT 機器を活用した場面として，Web ページにアクセスした調べ学習，Kahoot! クイズ，様々なアプリの活用，コメント送信機能など，授業の場面ごとに多岐にわたった効果的な ICT の活用が求められる．主体的・対話的で深い学びの学習の手助けとして ICT 機器を効果的に活用した事例は，数多く報告されている．例えば，佐藤ら（2004）は，受講者が専用のページにログインし，フィードバックを黒板に表示するソフトウェアを開発しており，質問のしやすさ，教師との関わりについて高く評価されたことを報告している．また，長谷川（2019）は，リアルタイムスクロールシステム（RCSS）を開発し，大学講義内で実践を行ったところ，発言がしやすくなった，モチベーションが上がった，理解度が上がったという意見が半数以上となったと評価している．これらのことから，コメント送信機能が学習に果たす役割は大きいと考える．

本研究では，ニコニコ動画風のコメント送信機能として，無料で公開されているパパパコメントを活用する．パパパコメントを活用することで，無音での発言，匿名での発言，コメントの保存などができるため，

発言のしやすさ，振り返りが期待できる．一方，学習とは関係ない内容に話が発展したり，誤った情報が共有されたりする恐れもある．さらに，大学と比較して，高等学校での実践事例が少ない．従って，無料で使用可能な教材を高等学校で効果的に活用する実践事例は意義深いと考える．

## 2. 目的

スマートフォンでコメント送信機能を使用し，双方向のやり取りを行った授業実践を報告することを目的とした．具体的には，コメント送信機能の使用有無による生徒の意識の差異，送信されたコメントの内容の分類などを報告する．

## 3. 調査の方法

### 3.1 調査対象

2019 年 11 月に都内の高校生を対象に 2 回調査を行った．第 1 回調査は 21 名を対象に「科学と人間生活」，第 2 回調査は 3 名を対象に「生物基礎」の授業実践を教員である筆者が行った．

### 3.2 使用教材

第 1 回調査，第 2 回調査はどちらも同様の教材を使用した．授業教材として，志摩マリンランドの水族館裏方探検で取材した動画を生徒に視聴させた．志摩マリンランドは，「めぐり逢ういのちの不思議」をテーマに，普段入れない水族館の内部をじっくり見学できる水族館裏方探検を主に土日祝日に実施しており，水槽設備の仕組みなどの解説や，餌やり体験ができる．撮影した水族館裏方探検の動画は 8 分間であった．生徒に考えさせながら動画を視聴させるために，動画再生途中に質問 1～質問 3 の 3 つが表示されるように設定した．

### 3.3 授業形態

第 1 回調査と第 2 回調査のどちらも質問 1～質問 3 が出題された時に，動画を生徒からのコメントにより一定期間停止し，生徒に解答させた．動画の最後は授業者の画像を表示させ静止した後に，「生き物の飼育に必要なものは何か」と口頭で質問を行い生徒に解答するように指示した．

第 1 回調査では，生徒にワークシートを配布し，動画を視聴する形式であった．解答方法は，パパパコメントを使用したい生徒はパパパコメントでコメントを使用し，ワークシートを使用したい生徒はワークシートを使用するように指示した．動画視聴前にパパパコメントを使用したい生徒は，パパパコメントに入室するように指示した．質問に解答させる間は動画を停止し，スクリーンに流れたコメントは，授業者が読み上げたり，他に意見がないか発言を求めたりした．また，コメント内容が分かりにくかったり，複数の意味に捉えられたりする場合は，追加でコメントを求めた．パパパコメントを使用しながら学習するグループをながら G，パパパコメントを使用せずに学習するグループを非ながら G とした．

第 2 回調査においては，授業前に生徒からのパパパコメントを使用した授業をして欲しいとの要望があったことから，授業で全員がパパパコメントを使用するように指示した．パパパコメントを使用した授業者と生徒のやり取りは第 1 回調査と同様に行った．

### 3.3 調査の方法

第 1 回調査と第 2 回調査で同様の授業を行ったが，人数による違いから，第 1 回調査と第 2 回調査で異なる方法で調査を行った．

第 1 回調査においては，授業後に質問紙による意識調査を行い，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．質問紙の内容は，主体的・対話的で深い学びに関する調査項目，水族館への興味，パパパコメントをまた使用したいかどうか等の内容であった．さらに，授業の感想について自由記述で回答を求めた．

第 2 回調査では，生徒がパパパコメントで送信したコメントについて，教員がスクリーンショットを用いて画面の撮影を行った．また，授業後にインタビュー調査を行い，生徒にパパパコメントを使用した感想を聴取した．分析は，生徒のコメントを確認し，教員の投げかけや動画の内容に対する生徒の反応に着目し，コメント内容を分類した．

本調査では，生徒の発言のしやすさを尊重し，誤った情報があったとしても否定せずに授業を進めることとした．

### 3.4　分析の方法

第 1 回調査では，意識調査を行った．パパパコメントの使用の有無により，ながら G と非ながら G の人数を集計し，2 グループに分けた．ながら G と非ながら G の平均値と標準偏差を算出した後，対応のない t 検定を行った．また，自由記述の内容を確認した．

第 2 回調査では，筆者が動画の内容と送信されたコメントを確認し，コメントの内容ごとに分類を行った．また，分類されたコメント数を集計し，分類されたコメント数の比較を行った．

## 4. 結果と考察

### 4.1　第 1 回調査（意識調査）

第 1 回調査において 21 名を対象に授業を行ったところ，21 名中 12 名がパパパコメントで解答を送信し，21 名中 9 名がワークシートに解答を記入した． ながら G の 12 名と非ながら G の 9 名の意識の得点の平均値と標準偏差を表 1 に示す．

**表 1　　意識の得点の平均値（標準偏差）**

| | ながら群 | 非ながら群 | $p$ |
|---|---|---|---|
| 内容を理解できた | 4.00 (0.71) | 3.67 (1.33) | |
| 集中することができた | 4.00 (0.58) | 3.56 (1.26) | |
| 学習内容に興味が持てた | 4.00 (0.71) | 3.56 (1.26) | |
| 考えることができた | 4.00 (0.71) | 3.56 (1.26) | |
| 主体的に学ぶことができた | 4.00 (0.74) | 3.44 (1.26) | |
| 深く学ぶことができた | 3.92 (0.76) | 3.44 (1.25) | |
| 眠気が覚めた | 4.42 (0.64) | 3.22 (1.13) | ** |
| 水族館の裏側を知ることで，水族館に興味が持てた | 4.08 (0.64) | 3.67 (1.33) | |
| 水族館に行きたい | 4.25 (0.72) | 3.67 (1.33) | |
| パパパコメントをまた使用したい | 4.25 (0.72) | 3.00 (1.49) | |

**$p$<.01

表 1 から，ながら G において意識の得点の平均値を求めたところ，全ての項目で『そう思う』に近くなった．中央教育審議会答申（2016）は，主体的な学びの視点として，学ぶことに興味や関心を持つことも示しているが，どちらのグループも「学習内容に興味が持てた」に『そう思う』に近い得点であった．しかし，ながら G は「主体的に学ぶことができた」における意識の得点の平均値が 4.00 で『そう思う』に近かったが，非ながら G の意識の得点の平均値が 3.44 で『どちらともいえない』に近かった．しかし，t 検定の結果，両グループに有意な差が確認されなかった．非ながら G における意識の得点の平均値を求めたところ，「主体的に学ぶことができた」，「深く学ぶことができた」，「眠気が覚めた」が『どちらともいえない』に近い得点となり，その他の項目は『そう思う』に近い得点であった．

t 検定を行った結果，「眠気が覚めた」の項目において，ながら G が有意に高い（$p$<0.01）得点となった．

授業の感想は，「いろいろ分かった」，「奥が深い」，「楽しい」，「魚についての知識が増えたし，楽しそうだった」，「水族館に行きたくなった」，「すごい」，「魚が好きだから羨ましい」，「面白かった」等がみられた．結果の一部として，どちらのグループも「学習内容に興味が持てた」ことを示していたため，主体的な学びが実現できたことが分かったが，ながら G が有意に「眠気が覚めた」ことに強い傾向を示すことが確認された．

### 4.2　第 2 回調査（コメント内容の分類）

第 2 回調査において，3 名全員がパパパコメントを送信していた．3 名のコメントのやり取りを分類した結果を表 2 に示す．また，分類した番号とコメント一覧を表 3 に示す．コメントの一部を図 1 に示す．

コメント数を分類し集計した表 2 の結果から，「動画の内容に関するコメント」が 25 件と一番多く，続いて「質問に対する応答」のコメント合計数が 21 件と多かった．また「生徒の応答に対するコメント」のうち，2 件が「動画の内容に関すること」への応答であった．結果として，合計 55 件のコメントのうち，48 件が学習内容に関するコメントであった．質問を取り入れながら動画教材

を視聴させることで，パパパコメントを有効に活用できた．

**表 2　意識の得点の平均値（標準偏差）**

| 分類記号 | 分類 | 合計コメント数 |
|---|---|---|
| A | 質問に対する応答 | 21 |
| B | 動画の内容に関すること（学習に関係する） | 25 |
| C | 生徒の応答に対するコメント | 3 |
| D | その他 | 6 |

＊番号は，表 3 の番号に該当する．

表 3　　意識の得点の得点の平均値（標準偏差）

| 分類番号 | 時間（分） | 質問内容 | コメント |
|---|---|---|---|
| A1 | 1 | 質問 1「カミツキガメはなぜ日本の生態系を乱すのか。」 | 知らない |
| A2 | 2 | | わかんない |
| A3 | 2 | | 食べる |
| D1 | 3 | | 2019/11/28 |
| A4 | 3 | | 在来種　食べる |
| A5 | 3 | | 食べる |
| A6 | 3 | | 友食い |
| A7 | 4 | | 人喰い亀 |
| B1 | 5 | | 黄色い人 |
| A8 | 5 | 質問 2「エサの頭と尻尾を切って与えるのはなぜか。」 | 消化できないから |
| A9 | 5 | | 喉に引っかかる |
| A10 | 5 | | つまるから |
| B2 | 7 | | 美味しそう |
| B3 | 7 | | 人間の餌 |
| B4 | 8 | | するめか |
| B5 | 8 | | こおってる |
| B6 | 8 | | ずるめいが |
| B7 | 8 | | マンボウには海老 |
| B8 | 9 | | イカ　エビ餌 |
| B9 | 9 | | マンボウは柔らかいのが好き♥ |
| D2 | 9 | | ？？（文字化け） |
| B10 | 9 | | さめ？押すなよ |
| B11 | 10 | | 熱湯風呂 |
| B12 | 10 | | さめの劣化版みたいな見た目 |
| B13 | 10 | | 泳ぎが遅い魚 |
| B14 | 11 | | 足と頭が美味しくないから |
| B15 | 11 | | ただ単に嫌いなんかーーーい |
| C1 | 11 | | へー |
| C2 | 11 | | へー |
| A11 | 12 | 質問 3「なぜマンボウを 6 匹も飼育できるのか。」 | 赤ちゃんの頃から一緒にいるとか？ |
| D3 | 12 | | ((((;゜д゜)))) |
| D4 | 13 | | (✌'ω')✌ |
| A12 | 13 | | 何メートルだろうこの水槽 |
| A13 | 13 | | 深くて大きい |
| A14 | 13 | | 深くて大きい |
| B16 | 13 | | 上から |
| B17 | 14 | | えび　するめいか |
| B18 | 14 | | いか　あさり |
| B19 | 15 | | ビタミンざいうーーーー |
| B20 | 15 | | |
| B21 | 15 | | 🎬まんぼっ！！ |
| B22 | 15 | | 水がきれい |
| B23 | 16 | | 水の音 |
| B24 | 16 | | 人殺しエイ |
| B25 | 16 | | 先生が好きな亀 |
| D5 | 16 | | 王子様？ |
| D6 | 17 | | 天皇陛下？ |
| C3 | 17 | | あざといバンザイ🙌🙌🙌🙌🙌 |
| A15 | 17 | 口頭質問「生き物の飼育に必要な物は何か。」 | 広くて |
| A16 | 17 | | 水質 |
| A17 | 17 | | 水がきれいで |
| A18 | 18 | | 温度 |
| A19 | 18 | | 生き物にあった餌 |
| A20 | 18 | | あと育てる人 |
| A21 | 18 | | 一緒に生きる仲間 |

**図 1　パパパコメント（番号 B9）**

表 3 から,「動画の内容に関するコメント」が続いたとしても，質問を投げかけることで「動画の内容に関するコメント」から「質問に対する応答」へと生徒のコメント内容を誘導することができると読み取れる．さらに，表 3 の番号 D5，D6，C3 で学習の内容に関係ないやり取りもみられたが，質問を投げかけることで「質問に対する応答」へとコメント内容が変わった．

質問 1～質問 3 で生徒が考えコメントを送信する時間を確保するために，質問 1 が 4 分間，質問 2~4 が各 2 分間動画を停止した．表 3 のコメント A1，A2 から，生徒にとって質問に対する解答が不明であることが分かった．従って，生徒が分からないことを考えることができる機会を設けることができた．しかし，分からないことが続くと生徒が学習に興味を示さなくなる恐れがあることから，授業者が「動画の中にカミツキガメは特定外来生物に指定され，飼育には環境大臣の許可を得る必要がある」,「容器に，危険！担当者以外蓋を開けること禁止と書かれている，どんな理由で隔離されているのだろう」等動画の内容に目を向けさせ，考えるように促した．その結果，生徒自らが表 3 の A3～A7 の解答を導き出した．A6～A7 に関しては,「共喰いするの？」,「人喰い？」と読み上げつつ，疑問を投げかけた．国立環境研究所はカミツキガメの影響として，捕食による淡水生物相への影響，競合による在来の淡水カメ類への影響を示しているが，動画を進めずにもう少しコメントの補足を促すことも考えられた．

中央教育審議会答申（2016）は，主体的な学びの視点として，粘り強く取り組むことも示している．表 3 のコメントから動画視聴中コメントが頻繁に続いたことからも本授業実践が主体的な学びにつながった．中央教育審議会答申（2016）は，対話的な学びの視点として，子供同士の協働，教職員や地域の人との対話を挙げているが，18 分間に数多くの対話が実現できた．中央教育審議会答申（2016）は，深い学びの視点として，知識を相互に関連付けてより深く理解したり，情報を精査して考えを形成したりすることを挙げている．表 3 の分類番号，B7,B8,B9 と B17，B18,B19 でマンボウとエサについての知識を結びつけている．さらに，A15～A21 で動画の内容を振り返り，コメントを送信できていることから深い学びも達成できたことが確認された．

## 5. まとめ

本研究では，都内の高校生を対象に水族館での取材動画を視聴してもらい，コメント送信機能を活用した双方向のやり取りを行った授業実践を報告することを目的とした．

意識調査の結果から，コメント送信機能の使用の有無に拘わらず学習内容に興味が持てたことから主体的な学びが実現できた.さらに，コメント送信機能を活用しなかったグループと比較し，コメント送信機能を活用したグループは有意に「眠気が覚めた」の意識の得点が高かった．

コメントの内容を分類した結果や，18 分間の短時間で 55 件のコメントが送信されていたことから，効果的に主体的・対話的な学びが実現できた．また，学習内容を振り返り考えるコメントもみられたことから，深い学びが実現できた．さらに，授業者が学習者に学習内容を着目させたい時には，質問を投げかけることの有効性が確認できた．

今回の主体的・対話的で深い学びが実現できた要因の一部として以下の 4 点が挙げられる．

・水族館の裏方探検を撮影した取材動画
・パパパコメントとワークシートの自由選択
・動画内視聴時の質問の投げかけ
・生徒のコメントによる授業者の応答

今後の課題として，コメント送信機能を活用したことが生徒の考えに与える影響，パパパコメントのコメントの個に応じた内容の分析等が考えられる．

**謝辞**

本研究は，志摩マリンランドの杉山弘樹様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: “高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）”, 株式会社　東山書房，p26 (2019)

(2) 文部科学省: “次世代の教育情報化推進事業(情報教育の推進等に関する調査研究)成果報告書　主体的・対話的で深い学びの実現に向けた ICT 活用の在り方と質的評価- 平成 29 年度 ICT 活用推進校(ICT-School)の取組より－ ”，p26 (2018), https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2018/06/11/1400884_3_1.pdf,（2019 年 12 月 5 日確認)

(3) 佐藤弘毅，柳沢昌義，赤堀侃司 : “受講者のフィー ドバ ッ クを黒板に表示するソフ トウェアの開発と評価”, 科学教育研究 Vol.28 No.5，p304（2004）

(4) 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)

(5) 中央教育審議会答申: “幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）”,（2016）, https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyc0/toushin/__icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf,（2019 年 12 月 5 日確認)

(6) 国立研究開発法人　国立環境研究所 : “侵入生物データベース　カミツキガメ”, https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/DB/detail/30010.html ,（2020 年 2 月 4 日確認)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# e ポートフォリオを活用した個人内評価モデルに基づく評価支援システムの開発

間渕　皓介[*1]，　佐藤　隼明[*1]，　森本　康彦[*1]
*1 東京学芸大学

# Development of a System Supporting Intra-Indivisual Assessment Using E-Portfolios

Kosuke Mabuchi [*1], Toshiaki Sato[*1], Yasuhiko Morimoto[*1]
*1 Tokyo Gakugei University

近年，学習者が自らの学びを振り返って次の学びに向かうことができるようにするために，学習評価の在り方が極めて重要であると指摘されている．特に，他者との比較ではなく，個人内評価を用いることで，学習の過程において学習者の資質・能力がどのように伸びているかなどの学習状況を把握していくことが強く求められるようになった．一方，テストだけでは測ることができない資質・能力を育成・涵養し評価するためのツールとして，学習者の学びのポートフォリオを電子的に扱う e ポートフォリオが注目されている．そこで，本研究では，学習者の学びの成長等の学習状況を把握するための個人内評価を支援することを目的とした．具体的には，e ポートフォリオを活用した個人内評価モデルを提案し，そのモデルに基づく個人内評価支援システムを開発した．

キーワード: 資質・能力，学習評価，個人内評価，e ポートフォリオ，下線引き，評価支援システム

## 1. はじめに

2020 年度より順次施行される新学習指導要領では，育成すべき資質・能力を，三つの柱として「知識及び技能」，「思考力，判断力，表現力等」，「学びに向かう力，人間性等」に整理し，これら資質・能力を育成するために，学習評価を充実することが必要であると述べている(1). 特に，学習評価は，学習者の学習状況を把握するものであり，学習の成果だけでなく，学習の過程を一層重視すること，教員が指導の改善を図るとともに，生徒自身が自らの学習を振り返って次の学習に向かう事ができるようにすること，について強く言及している．また，学習評価においては，「他者との比較ではなく生徒一人一人のもつよい点や可能性などの多様な側面，進歩の様子などを把握し，学年や学期にわたって生徒がどれだけ成長したかという視点を大切にすることも重要」であり，特に，「学びに向かう力，人間性等」については，「個人内評価（個人のよい点や可能性，進歩の状況について評価する）を通じて見取る部分がある」と述べられている(1).

そもそも個人内評価とは，「児童生徒を個人内の基準に即して把握する評価の在り方を差す．（中略）学力面のみならず，行動面，性格面にいたるまで，個性全体を対象とする性質をもっている．（中略）すなわち，子どもの個性やその発達について統合的に解釈する枠組みであり，個性的，全体的な成長を把握し，支援するための評価方法」とされる(2). この評価法は，従来から行われてきたが，特に近年，「学びに向かう力・人間性等」をはじめとする，いわゆる非認知能力と言われる，テストだけでは測ることのできない資質・能力の評価への適用が期待されるようになってきた．

一方，文部科学省では，Society5.0 に向けて，個人の学習成果やスタディ・ログ（学習履歴）等を，学びのポートフォリオとして電子化・蓄積し指導と評価の

一体化を加速するとともに，児童生徒が自ら活用できるようにすることを求めている[3]．この学びのポートフォリオとは，学習者自らが，学習活動を振り返って次につなげる主体的な学習過程における様々な学びの記録であり，それらを電子的に扱えるようにしたものがｅポートフォリオである[4]．ｅポートフォリオは，学習を促進するだけでなく，学習評価のエビデンスとして活用できるという二つの側面を有している[5]．そのため，e ポートフォリオを活用することで，学習者はエビデンスに基づいて学習過程を振り返り，個人内評価を通して，自身の学びの成長を把握することができると考えられる．しかしながら，e ポートフォリオを活用した個人内評価の効果的な方法は明らかにされていない．

そこで，本研究では，学習者の学びの成長等の学習状況を把握するための個人内評価を支援することを目的とする．具体的には，e ポートフォリオを活用した個人内評価モデルを提案し，そのモデルに基づく個人内評価支援システムを開発する．

## 2. e ポートフォリオを活用した個人内評価モデル

### 2.1 モデル化のための要件

本研究では，2020 年度より順次施行される新学習指導要領[1]で述べられている個人内評価方法を参考にモデル化を目指す．

新学習指導要領では，「資質・能力のバランスのとれた学習評価を行っていくために，指導と評価の一体化を図る中で，論述やレポートの作成，発表，グループでの話合い，作品の制作等といった多様な活動を評価の対象とし，ペーパーテストの結果にとどまらない，多面的・多角的な評価を行っていくことが必要である」とされている[1]．これから，学習者の学びの過程で生成される学びのポートフォリオ（e ポートフォリオ）を活用したエビデンスに基づく評価を実現できることが求められる（**要件１**）．

また，「生徒一人一人のもつよい点や可能性などの多様な側面，進歩の様子などを把握し，学年や学期にわたって生徒がどれだけ成長したかという視点を大切にする．（中略）特に「学びに向かう力・人間性等」では，個人内評価（個人のよい点や可能性，進歩の状況について評価する）を通じて見取る部分がある」としている[1]．そのため，個人内評価を行う際には，学習者は，自身の「よい点」，「可能性」，「進歩の状況」といった視点で振り返り，それを教員が指導に活かすことが求められる（**要件２**）．なお，本研究では，「よい点（以下，学びのよい点）」とは，学習活動の中で高く発揮されている資質・能力，「可能性（以下，学びの可能性）」とは，学習活動の中で成長してきている（たとえば，できなかったことができるようになった）と見取れる資質・能力，「進歩の状況」は，学習過程を通して，資質・能力がどのように発揮され，進歩してきたかの状況，と捉えることにした．

### 2.2 ｅポートフォリオを活用した個人内評価モデルの提案

前節の要件を満たすｅポートフォリオを活用した個人内評価モデルを提案した（**図 1**）．

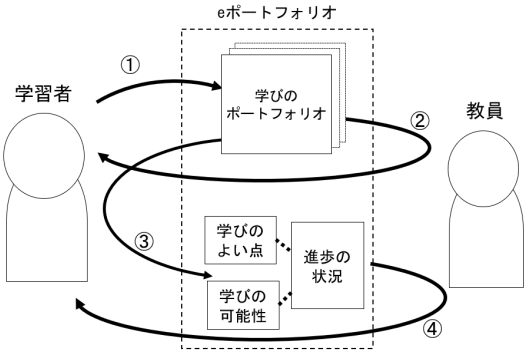



**図１ ｅポートフォリオを活用した個人内評価モデル**

まず，学習者は，学習過程において，ワークシート等の成果物や学びの振り返りなどの学びのポートフォリオを蓄積・活用しながら学びを進める（**図１−①**）．教員は，学習者の学びのポートフォリオを見て，学習状況を把握し，適宜フィードバック（足場かけ）を行うと共に，次の授業を改善する（**図１−②**）．

ある程度学習が進み，学習内容のまとまりの良いときに，学習者は自身の学びのポートフォリオから「学びのよい点」，「学びの可能性」を見取る（総括的に振り返る）（**図１−③**）．さらに，それらを踏まえて，学習活動を通した文脈の中での「進歩の状況」について具体的に外化し，自身の言葉で文章化する（**図１−③**）．

教員は，学習者が外化した「学びのよい点」，「学びの可能性」，「進歩の状況」の記録を見て，資質・能力

がどう育成・涵養され，学びがどう成長したかを評価し，学習者個人にフィードバック（足場かけ）を行うと共に，次の授業の改善を行う（**図１−④**）．

本モデルでは，学習者及び教員は，①〜④を通して，学びのポートフォリオを学習エビデンスとして活用し個人内評価を行うことができるため**要件１**の達成が期待される．また，学習者は，①で記録された学びのポートフォリオを見ることで，「学びのよい点」，「学びの可能性」を見取り，それらに基づいて「進歩の状況」について外化し，自身の言葉で文章化する．さらに，教員は④で，それらから学習者の学習状況を把握できるため，**要件２**の達成が期待される．

## 3. 提案モデルに基づく評価支援システムを実現するための評価手法の検討

### 3.1 「下線引き」を取り入れた評価手法

本研究では，提案モデルを評価支援システムに実装するにあたり，「学びのよい点」，「学びの可能性」を見取る際に「下線引き」を用いることにした．

下線引きは，何が重要か重要でないかといったように情報を探し出したり，探索，選択したりする際に有効的に働く効果があり，さらに，下線が引かれていることで，その箇所の情報を学習しやすくなる効果が明らかにされている [6]．そのため，学びの振り返りの記述の中で，視点を決め，その視点に基づいて学習者が下線を引くことは，より「学びのよい点」「学びの可能性」を見取りやすくなるだけでなく，後から見返し振り返る際にも有効であると考えられる．

### 3.2 「下線引き」を取り入れた評価手法の検証

本論文では，「下線引き」を提案モデルに基づく個人内評価の手法に取り入れることが有効に機能するかを検証するため，実際の授業で試行した．

#### (1) 授業の概要

本授業は，A大学の教職課程の授業において，受講者 15 名を対象に，2019 年 9 月 17 日から 11 月 8 日の期間で行った．この授業は高等学校情報科における「ICT を活用した指導力」の育成を目指し，全 8 回で構成されている．授業実践の流れを以下に示す．

1) 第 2 回から第 7 回において，学習者は，授業での成果物等の写真データ及び学びの振り返りの記述を WebClass[7]の e ポートフォリオコンテナに蓄積する（**図１−①**に対応）．ここで，学びの振り返りにおいては，「〜する中で大切だと思うことは何ですか？どうしてそう思いましたか？」という振り返りプロンプトを提示した．また，教員は，提出された e ポートフォリオから学習者の学習状況を把握し，各回の授業改善を行った（**図１−②**に対応）．
2) 第 8 回において，学習者は，これまで蓄積してきた学びの振り返りの記述を印刷し，同時に WebClass 上の e ポートフォリオを見ながら，紙上の振り返りの記述を見返し，「学びのよい点（ここでは，よく取り組めたこと）」に関する部分に緑色のマーカーで線を引き，「学びの可能性（ここでは，できるようになったこと）」に関する部分に橙色のマーカーで線を引いた（**図１−③**に対応）．
3) 学習者は，2）の下線部分を時系列に並べたり，比べたりしながら「学びのよい点」，「学びの可能性」を見取り，さらに，それを踏まえて「進歩の状況」について振り返り，外化し記述した（**図１−③**に対応）．

#### (2) 検証方法

提案モデルに基づき上記(1)を行った結果，学習者の「学びのよい点」，「学びの可能性」，「進歩の状況」が見取れたか検証するため，質問紙調査を行った．質問紙調査の項目は，開発したモデルの活動を参考に，全 10 項目 7 件法（7 が高い）で作成した．

さらに，学習者が「学びのよい点」「学びの可能性」をどのように把握しているか，その傾向を検証した．具体的には，まず，学習者が上記(1)の活動を通し，自身の「学びのよい点」「学びの可能性」について下線を引くことで把握できたことをシートにそれぞれ書き出した．次に，授業を担当した教員が，学習者と同様に，学びの振り返りの記述と WebClass 上に蓄積された e ポートフォリオを見ながら，学習者の「学びのよい点」「学びの可能性」について下線を引くことで把握できたことをシートにそれぞれ書き出した．そして，教員のシートと学習者のシートの内容の一致度を分析した．分析するにあたり，教員 1 名，TA3 名が 3 段階（一致：

1，半分一致：0.5，一致していない：0）で点数をつけ，それぞれの段階が占めている割合を算出した．ここで，4 名の値が異なる場合，ワークシートの内容などを参考に協議し，点数を決定した．

### (3) 結果と考察

#### (A)質問紙調査

**表 1** に質問紙調査の結果を，中央値を 4 とする 1 標本の *Wilcoxon* の符号付き順位検定を行い中央値の差を分析した結果を示す．分析の結果，全項目において有意差が認められ，中央値の 4 も有意に大きいことがわかった．

項目 1，2 より，毎回の授業で，自身の思いや考えを外化できる傾向が示唆された．

項目 5, 6 より，よく取り組めたことに関する記述に線を引いて，それを見返していくことで，自身の学びにおける良さや授業での成果を把握できる傾向が示唆された．

項目 7, 8 より，できるようになったことに関する記述に線を引き，それを見返していくことで，自身の学びにおける可能性や学びの過程を把握できる傾向が示唆された．

項目 9，10 より，これまでの記録を見返しながら，線を引いて，学びを振り返ることで，進歩の状況や，今後どのように学んでいくかを把握できる傾向が示唆された．

#### (B)一致度の調査

**表 2** 及び**表 3** に，学習者が「学びのよい点」「学びの可能性」を書き出した記述内容と，教員が書き出した記述内容との一致度を点数で表した結果を示す．これらの結果から，「学びのよい点」について 1 及び 0.5 の割合が 8 割以上，また，「学びの可能性」について 1 及び 0.5 の割合が 7 割以上であった．

以上の結果より，学習者が，よく取り組めたこと，できるようになったこと，に着目して線を引いていくことで「学びのよい点」，「学びの可能性」を把握することに有効である可能性が示唆されたと考えられる．

**表 1　質問紙調査の結果**

| 項目(*N*=15) | 中央値 | 四分位偏差 | *z* | *r* | *p* |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. 振り返りプロンプトがあることで，授業や課題に取り組む際に，自問自答しながら学ぶことができたと思う | 6.00 | 0.00 | 3.41 | 0.88 | ** |
| 2. 振り返りプロンプトあることで，授業や課題での学びを振り返る中で得られた，自分の思いや考えを外化することができたと思う | 6.00 | 0.50 | 3.47 | 0.90 | ** |
| 3. 授業や課題での学びを振り返ることで，毎回学びを繋げようとすることができたと思う | 6.00 | 0.50 | 3.24 | 0.84 | ** |
| 4. 授業や課題に取り組む中で，学んだことを記録に残していくことができたと思う | 7.00 | 0.50 | 3.48 | 0.90 | ** |
| 5. よく取り組めたと思うことに着目して記録を見返すことで，自身の成果を把握することができたと思う | 6.00 | 1.00 | 3.10 | 0.80 | ** |
| 6. よく取り組めたと思うことに着目して記録を見返すことで，自身の学びのよい点を把握することができたと思う | 6.00 | 0.50 | 3.26 | 0.84 | ** |
| 7. できるようになったところに着目して記録を見返すことで，自身の学んできた過程を把握することができたと思う | 5.00 | 0.50 | 3.24 | 0.84 | ** |
| 8. できるようになったところに着目して記録を見返すことで，自身の学びの可能性を把握することができたと思う | 5.00 | 0.50 | 2.97 | 0.77 | ** |
| 9. これまでの記録を見返しながら学びを振り返ることで，自身の学びにおける進歩の状況を把握することができたと思う | 6.00 | 0.50 | 3.35 | 0.87 | ** |
| 10. これまでの記録を見返しながら学びを振り返ることで，自身の今後の学びに活かしていこうとすることができたと思う | 5.00 | 1.00 | 3.35 | 0.87 | ** |

** $p$<.01

**表 2　「学びのよい点」の記述について**

| 学習者 | 評価の結果 | 教員 | TA① | TA② | TA③ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.5 |
| 4 | 0.5 | 0 | 1 | 0 | 0.5 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 0.5 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.5 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 0.5 |
| 10 | 1 | 1 | 0.5 | 0.5 | 1 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 12 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0 |
| 13 | 0.5 | 1 | 1 | 0.5 | 0.5 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 0.5 |
| 15 | 0.5 | 1 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |

一致：1，半分一致：0.5，不一致：0

**表 3　「学びの可能性」の記述について**

| 学習者 | 評価の結果 | 教員 | TA① | TA② | TA③ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 |
| 2 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 1 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 1 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 0.5 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 1 |
| 12 | 0.5 | 0.5 | 1 | 0.5 | 0.5 |
| 13 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 0.5 |
| 15 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 |

一致：1，半分一致：0.5，不一致：0

そこで，本研究では，実践の評価を踏まえて，提案した個人内評価モデルに基づく評価支援システムの実現を目指すことにした．

## 4. 個人内評価モデルに基づく評価支援システムの開発

### 4.1 システム開発

本研究では，提案モデルに基づく評価支援システムを Web アプリケーションとして開発した．

開発言語は HTML，CSS，JavaScript，Java を用い，データベースには MySQL を用いた．また，本システムは，5 つのモジュールによって構成される（**図２**）．なお，本システムで想定する学びのポートフォリオ（e ポートフォリオ）は，学習成果物等の写真データ，および，学びの振り返りの記録とした．

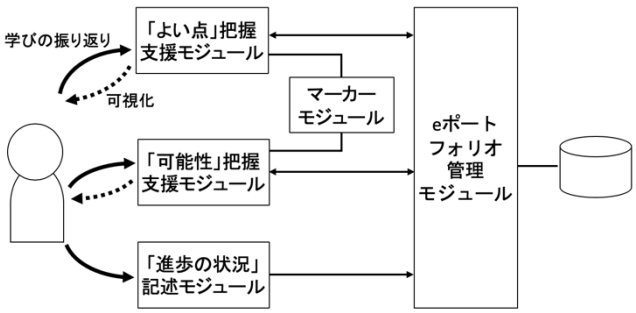



**図２ システム構成図**

各モジュールは，以下の通りである．

**・e ポートフォリオ管理モジュール**

学びのポートフォリオを e ポートフォリオとして蓄積・活用し，データベース上で管理する．

**・マーカーモジュール**

学びの振り返りに対してマーカーを引くことのできるインタフェースを提供する．

**・「学びのよい点」見取りモジュール**

「マーカーモジュール」，「e ポートフォリオ管理モジュール」と連携して，学習者が「学びのよい点」を見取るための支援を行う．具体的には，「学びのよい点」に関する e ポートフォリオを蓄積し，それらを時系列で可視化する．

**・「学びの可能性」見取りモジュール**

「マーカーモジュール」，「e ポートフォリオ管理モジュール」と連携して，学習者が「学びの可能性」を把握するための支援を行う．具体的には，「学びの可能性」に関する e ポートフォリオを時系列で可視化する．

**・「進歩の状況」記述モジュール**

「e ポートフォリオ管理モジュール」と連携して，学習者の「進歩の状況」の記述を e ポートフォリオとして蓄積する．具体的には，「学びのよい点」または「学びの可能性」の可視化されたものを見ながら「進歩の状況」を外化し記述する機能を提供する．

### 4.2 システムの機能

本システム内のモジュールを構成する機能は以下の通りである．

**機能１：e ポートフォリオ蓄積機能**

学習者は，学習活動での学びのポートフォリオを e ポートフォリオとして蓄積できる（**図３**）．

**図３ e ポートフォリオ蓄積機能の画面**

**機能２：マーカー機能**

**機能１**で蓄積した学びの振り返りの記述上に，「学びのよい点」に関する部分に黄色，「学びの可能性」に関する部分に水色のマーカーを引くことができる（**図４**）．なお，環境として TinyMCE5 を用いた[8]．

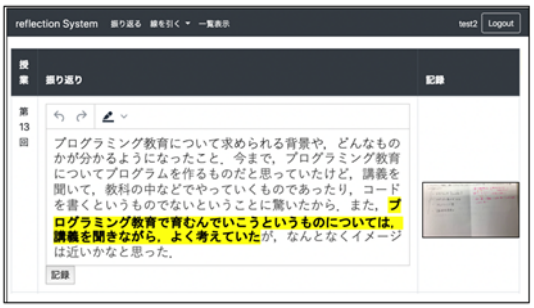



**図４ マーカー機能の画面**

**機能３：「学びのよい点」見取り機能**

**機能２**でマーカーを引いた「学びのよい点」に関する e ポートフォリオを時系列でダッシュボード上に可視化する（**図５**）．

図５「学びのよい点」見取り機能の画面

**機能４：「学びの可能性」見取り機能**

**機能２**でマーカーを引いた「学びの可能性」に関するｅポートフォリオを時系列でダッシュボード上に可視化する（**図６**）.

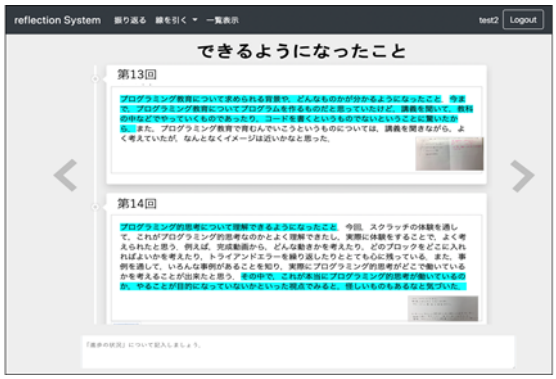



図６「学びの可能性」見取り機能の画面

**機能５：「進歩の状況」記述機能**

学習者は,**図５**と**図６**に示す画面を切り替えながら，「進歩の状況」について振り返り，外化し文章で記述することができる．また，教員は，教員用の画面でこれを確認することができる.

**機能１**から**機能５**により学習者は，ｅ ポートフォリオを活用して個人内評価を行うことができるため，**要件１**の達成が期待される．また，学習者は，「学びのよい点」,「学びの可能性」を見取ることができ，「進歩の状況」を外化し記述することができる．さらに，教員は，これを確認し指導に活かすことができると考えられ，**要件２**の達成が期待される.

## 5. おわりに

本研究では，学習者の学びの成長等の学習状況を把握するための個人内評価を支援することを目的とした．具体的には，ｅ ポートフォリオを活用した個人内評価モデルを提案し，そのモデルに基づく個人内評価支援システムを開発した.

今後は，開発したシステムを用いた中・長期的に実践に用い，その評価を行うことでシステムの有効性を検証していく．特に，非認知能力の「学びに向かう力・人間性等」の成長・変容の把握にどのような効果があるかを検証するため，初等中等教育において実践を行っていきたいと考えている.

また，学習者が，マーカーを引いた箇所を，テキストマイニングや AI 等を活用して，どのように分析・可視化することができるか検討していく予定である.

**謝辞**

本研究の一部は，科研費(17K01074), (18K02825)の助成を受けたものである.

**参 考 文 献**

(1) 文部科学省：“高等学校学習指導要領解説（平成 30 年公示）総則編”，東洋館出版社（2019）

(2) 鹿毛雅治:“個人内評価の立場”（北尾倫彦編集：“新しい評価観と学習評価”），図書文化社，pp.140-146（1996）

(3) 文部科学省：“Society 5.0 に向けた人材育成～ 社会が変わる、学びが変わる ～”，https://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/__icsFiles/afieldfile/2018/06/06/1405844_002.pdf（参照 2020.2.6）

(4) 森本康彦：“高大接続改革と ｅポートフォリオ-資質・能力を多面的・多角的に評価し育成していくために-”，情報処理学会，Vol60，No.6, pp.536-540（2019）

(5) 森本康彦:“学習履歴/学習記録を活用した教育の今とこれから-期待される「ｅポートフォリオ/学習記録データ」の活用とは-”，学習情報研究，Vol. 5，pp.38-43 (2018)

(6) 魚崎祐子，伊藤秀子，野嶋栄一郎：“テキストへの下線ひき行為が内容把握に及ぼす影響”，日本教育工学会論文誌，Vol.26, No.4，pp.349-359（2003）

(7) Web Class. https://www.datapacific.co.jp/webclass/index.html（参照 2020.2.6）

(8) TinyMCE5. https://www.tiny.cloud/docs/（参照 2020.2.6）

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 豊かな学びのデザインマップを活用した大学における授業実践とｅポートフォリオの支援機能について

鷹岡 亮[*1] 加藤 直樹[*2] 横山 誠[*3] 上市 善章[*4] 芳賀 敬輔[*5] 村松 祐子[*6]
*1 山口大学 *2 岐阜大学 *3 株式会社エスブレイン *4 千葉県立佐倉高等学校
*5 富士電機 IT ソリューション株式会社 *6 株式会社学研プラス

# A Lesson Practice in University and Support Functions of e-Portfolio with Design Map to Enrich Learning

Ryo TAKAOKA [*1], Naoki KATO[*2], Makoto YOKOYAMA[*3], Yoshiaki KAMIICHI[*4], Keisuke HAGA[*5], Yuko MURAMATSU[*6]
*1 Yamaguchi University, *2 Gifu University, *3 ESBrain, Inc., *4 Sakura Senior High School, *5 Fuji Electric IT Solutions Co.,Ltd., *6 Gakken Plus Co.,Ltd.

Abstract: In the age of rapid change in the future, it is conceivable that knowledge acquisition and creative problem solving will be carried out while utilizing ICT effectively. Therefore, it is necessary to build a e-portfolio of continuous ICT utilization by using a ICT utilizing competency model and a ICT utilizing reflection tool. In this paper, we describe a lesson practice at universities that use a design map to enrich learning that have been considered so far, and try to extract support functions as an e-portfolio from the examples of the lesson practice.

キーワード: ICT 活用力，ICT 活用した学び履歴の可視化，豊かな学びのデザインマップ，
教員養成教育における授業実践，学びと ICT 活用の e ポートフォリオ

## 1. はじめに

ICT 技術の進歩に伴うイノベーションの加速化，急速なグローバル化，気候変動や自然災害などの環境・エネルギー問題，人口構成の変化（日本においては少子高齢化・人口減少社会），個人の価値観や嗜好の多様化などによって起因する「複合的な課題」や「様々な社会・分野で生じる変化」への対応が求められている(1)．このような様々な要因が絡みあって複雑性が増すことによって生じる予測不能なVUCA(2)(Volatility[変動]，Uncertainty[不確実]，Complexity[複雑]，Ambiguity[曖昧]）時代において，今後の教育・人材育成の在り方への期待が大きくなり，各国・地域で教育改革が進められている(1)．

日本においても，よりよい学校教育を通じてよりよい社会を創るという目標を掲げ，社会と連携・協働しながら，新しい時代において未来の創り手となるために必要となる「学びを人生や社会にいかそうとする学びに向かう力，人間性等の涵養」，「生きて働く知識及び技能の習得」，「未知の状況にも対応できる思考力，判断力，表現力等の育成」の 3 つの資質・能力を，児童・生徒が主体的・対話的に関わることを通して深い学びを得ていくことを目指した新しい学習指導要領が整備され，小学校では 2020 年度，中学校では 2021 年度から全面実施され，高等学校では 2022 年度から年次進行で実施される(3)．さらに，平成 31 年 4 月には中央教育審議会に「新しい時代の初等中等教育の在り方について(4)」が諮問され，Society5.0 時代における義務教育・高等学校教育，教師の在り方や教育環境の整備等が議論されている．そこからは，変化の激しい時代への対応が待ったなしの状況であることがみてとれる．また，変化の激しい時代に必要とされる資質・能

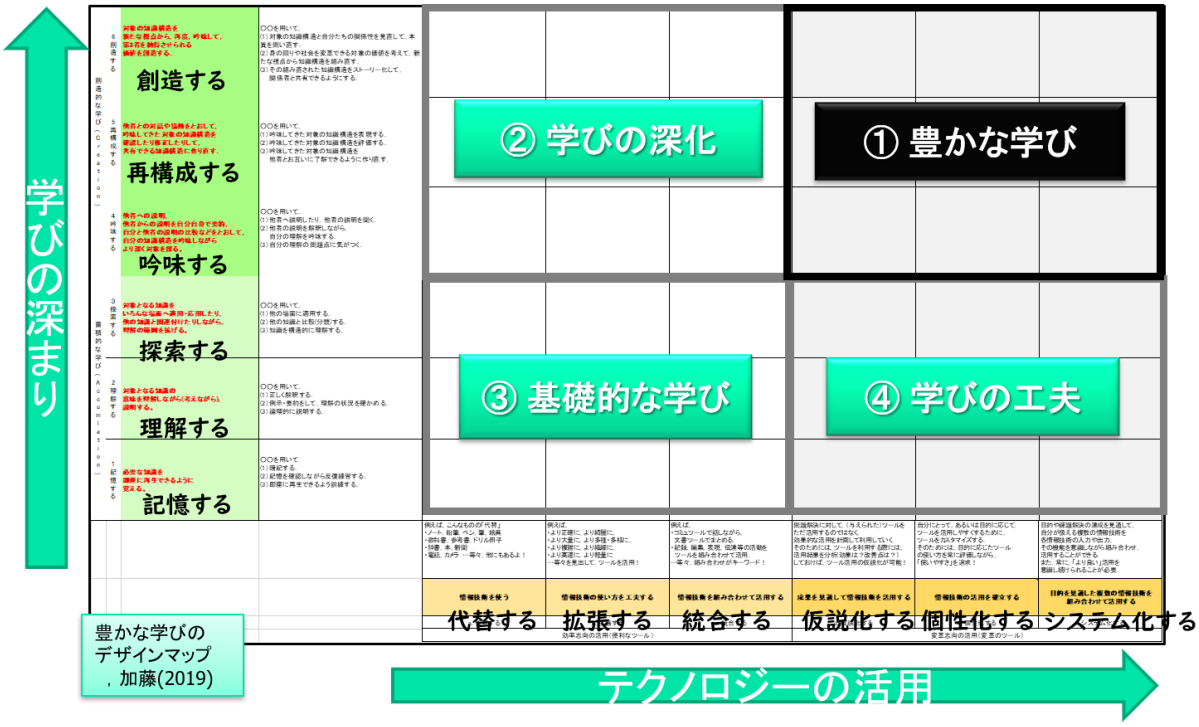



図 1 「豊かな学び」のデザインマップ

力，特に「知識レベル」と「思考の深さ」を測るための新しい学力の基準が開発されている[5,6,7]．首都圏模試センターでは，新しい学力の基準として，知識と思考のレベルを可視化した「思考コード」を活用している[6]．この「思考コード」は，横軸に思考(認知)の次元(A:知識・理解思考，B:論理的思考，C:創造的思考)をとり，縦軸に知識の次元(1:単純[手順操作,単純操作]，2:複雑[複雑操作,カテゴライズ]，3:変容[変換操作,全体関係])をとり，2 軸の掛け合わせで 9 つの領域に分けて，そのレベルを可視化している[6]．そして，思考コードが指し示す具体的な力を「思考スキル」として具現化している[6]．この可視化によって，思考コードの認識と，さらにその領域において課題解決するために必要となる思考スキルを結びつけることができるため，課題解決に必要な力を具体的に意識することが可能となる．

一方，Society5.0 で実現する社会は，IoT 技術，AI 技術，クラウドサービス技術，ネットワーク技術，ロボット技術等によって必要な知識や情報の提供・分析・共有が提供され，新たな価値の創出や課題の克服が期待されている[8]．このような社会に将来参画する児童・生徒にとって，ICT（テクノロジー）を知識・スキル習得だけでなく，論理的な思考や協働的，創造的な課題解決において有効に活用できる力は必須である．

そこで，本研究では，児童生徒の授業・学習・課題解決における ICT 活用力を育てるモデル及び，その ICT 活用を継続的に記録し，ICT 活用を省察して，その成長を意識できる ICT 活用の e ポートフォリオツールを設計・開発・実践することを目的としている．本稿では，最初に，これまで検討されてきた ICT 活用を学びのレベルで記述し可視化できる「豊かな学びのデザインマップ」について説明する．次に，「豊かな学びのデザインマップ」を活用した大学における授業実践について述べ，そこから ICT 活用の e ポートフォリオツールとして必要な支援機能について抽出することを試みる．

## 2. 豊かな学びのデザインマップ

変化の激しい時代，Society5.0 で実現される社会では，ICT（テクノロジー）を変革の加速装置として活用することが重要であり，それは授業・学習・課題解決の文脈でも同様である．加藤らは，テクノロジーで学び（特に，探究的な学び）を深化させる教育方法のモデルを開発する必要性と，学び深まりの状態や方向性とテクノロジーの活用志向を描き出す羅針盤ともいえる地図の必要性を述べている．そして，学びの深まりを縦軸にテクノロジーの活用志向を横軸の二軸とする「豊かな学びのデザインマップ」を提案し，教員養成教育や教員研修において活用してその効果検証を試みている[9]．

現時点での「豊かな学びのデザインマップ」の2軸の要素とその意味は，下記のとおりとなっている（図1参照）．なお，四角内には，学びの深まりの次元では具体的なあ学習活動，テクノロジーの活用志向の次元では対象者に対する具体的な説明を示す．

**[学びの深まりの次元]**

**○創造的な学び(Creation)**

**[6] 創造する**

…対象の知識構造を新たな視点から，再度，吟味して,第3者を納得させられる価値を創造する．

<<テクノロジー>>を用いて，
(1) 対象の知識構造と自分たちの関係性を見直して，本質を問い直す．
(2) 身の回りや社会を変革できる対象の価値を考えて，新たな視点から知識構造を組み直す．
(3) その組み直された知識構造をストーリー化して，関係者と共有できるようにする．

**[5] 再構成する**

…他者との対話や協働をとおして，吟味してきた対象の知識構造を確認したり修正したりして，共有できる知識構造に作り直す．

<<テクノロジー>>を用いて，
(1) 吟味してきた対象の知識構造を表現する．
(2) 吟味してきた対象の知識構造を評価する．
(3) 吟味してきた対象の知識構造を他者とお互いに了解できるように作り直す．

**[4] 吟味する**

…他者への説明，他者からの説明を自分自身で要約，自分と他者の説明の比較などをとおして，自分の知識構造を吟味しながらより深く対象を探る．

<<テクノロジー>>を用いて，
(1) 他者へ説明したり，他者の説明を聞く．
(2) 他者の説明を解釈しながら，自分の理解を吟味する．
(3) 自分の理解の問題点に気がつく．

**○蓄積的な学び(Accumulation)**

**[3] 探索する**

…対象となる知識をいろんな場面へ適用・応用したり，他の知識と関連付けたりしながら，理解の範囲を拡げる．

<<テクノロジー>>を用いて，
(1) 他の場面に適用する．
(2) 他の知識と比較(分類)する．
(3) 知識を構造的に理解する．

**[2] 理解する**

…対象となる知識の意味を理解しながら(考えながら)，説明する．

<<テクノロジー>>を用いて，
○○を用いて，
(1) 正しく解釈する．
(2) 例示・要約をして，理解の状況を確かめる．

**[1] 再構成する**

…必要な知識を即座に再生できるように覚える。

<<テクノロジー>>を用いて，
(1) 暗記する．
(2) 記憶を確認しながら反復練習する．
(3) 即座に再生できるよう訓練する．

**[テクノロジーの活用志向の次元]**

**○変革志向の活用（変革のツール）**

**[f] システム化する**

…目的を見通した複数の情報技術を組み合わせて活用する．

目的や課題解決の達成を見通して，自分が扱える複数の情報技術を各情報技術の入力や出力，その機能を意識しながら組み合わせ,活用することができる．また，常に,「より良い」活用を意識し続けられることが必要．

**[e] 個性化する**

…情報技術の活用を確立する．

自分にとって，あるいは目的に応じて，ツールを活用しやすくするために,ツールをカスタマイズする．そのためには，目的に応じたツールの使い方を常に評価しながら,「使いやすさ」を追求！

**[d] 仮説化する**

…成果を見通して情報技術を活用する．

問題解決に対して,(与えられた)ツールをただ活用するのではなく，効果的な活用を計画して利用していく．そのためには，ツールを利用する際には，活用結果を分析(効果は？改善点は？)しておけば，ツール活用の仮説化が可能！

**○効率志向の活用（便利なツール）**

**[c] 統合する**

…情報やデータを組み合わせて活用する．

例えば，
・図や表を組み合わせて文書ツールでまとめる．
・動画や画像と音楽を組み合わせてアルバムツールでまとめる．
…等々，組み合わせがキーワード！

**[b] 拡張する**

…情報技術の使い方を工夫する．

例えば，
・より正確に，より綺麗に，
・より大量に，より多種・多様に，
・より複雑に，より繊細に，
・より高速に，より軽量に
…等々を見出して，ツールを活用！

**［α］代替する**

…情報技術を使う．

例えば，こんなものの「代替」
・ノート，鉛筆，ペン，筆，絵具
・教科書，参考書，ドリル冊子
・辞書，本，新聞
・電話，カメラ
…等々，他にもあるよ！

これらの２軸により構成される２次元マトリクスの各セルを活動セルと呼び，学習者はこの活動セルに，例えば「○○の学びをするために，××の場面で△△ツールを□□という目的で活用する」という方法で自身の経験を表現していく．現在は，図１に示しているExcel シートを活用して「豊かな学びのデザインマップ」づくりを行っている．

「豊かな学びのデザインマップ」は，①基礎的な学びから②学びの深化や③学びの工夫に進み，④豊かな学びを目標に進んでいくことになり，これらの間を行き来し，省察を繰り返すことによってテクノロジー活用の価値に気づき，変革志向の活用を身につけていくことを目指す．

## 3. 「豊かな学びのデザインマップ」を活用した大学における授業実践

今後の教員に求められる能力の１つは，新たな時代における協働的，創造的な学びを支えるICT や先端技術の効果的な活用法であり，それらを学びとの関わりで結びつけられることが必要である．そこで，「豊かな学びのデザインマップ」を活用した授業実践を教員養成系学部の教職科目「教育メディア論(学部３年選択授業)」で実施している．

授業では，事前と事後に「学びとテクノロジーの意識調査（学習におけるICT の必要性：9 問，学習の仕方：12 問，学習におけるICT 活用方法：13 問．事後には，豊かな学びのデザインマップの意義や中高生へ活用することに対する自由記述を調査)」を実施している．授業では，『教育メディア（ICT・テクノロジー）を成長・学びの変革のための道具として考える事』をテーマにして，「豊かな学びのデザインマップ」に関する以下の学習内容を展開した（表１参照)。

**表 1 豊かな学びのデザインマップに関する学習内容**

| 授業日 | 学習内容 |
|---|---|
| 第１回 | [1] 「学びとテクノロジーの意識調査」の事前実施<br>[2] これからの変化の激しい時代を生きる児童・生徒に求められる力について考える |
| 第２回 | [1] 新しい学習指導要領から３つの資質・能力とICT 活用を考える |
| 第３回 | [1] 学びの深まりを考える<br>[2] テクノロジーの活用志向を考える<br>[3] 「豊かな学びのデザインマップ」を理解する<br>[4] 「豊かな学びのデザインマップ」に関する４つの課題提示 |
| 第４回 | [1] 教育や学習に活用できる ICT をキーワードから考える |
| 第５回 | [1] 普通の授業における知識・理解のためのICT 活用について考える |
| 第６回 | [1] 協働的な課題解決学習におけるICT 活用について考える<br>[2] 「学びとテクノロジーの意識調査」の事後実施 |

「豊かな学びのデザインマップ」に関する４つの課題を表２に示す．

テクノロジーを自身の成長・学びの変革のための道具として考えることを授業テーマに設定しているため，「学びとテクノロジーの意識調査」では，「そう思う」方向への回答が予想された．ICT 活用の必要性は認めている学生が多いが，ICT 活用を不可欠だとは思わない学生も存在している．また，今回の学習活動を通して，ICT 活用の必要性を認めつつも，自分の学びに積極的に ICT 活用を進めていくことに消極的な学生が存在し，ゲームなどの余暇や日常生活の情報収集ではICT を活用するが，学びのICT 活用には一線を引いて考える学生が一定数の割合で存在していた．学びに対するICT 活用の意識ができる状況から，実際に活用できるように変革を促していくことが大切であり，その

ための授業デザインを再検討する必要がある．また，豊かな学びのデザインマップを記述する作業は難しく，簡単に始められ，スモールステップで記述を高めていける仕組みが必要であることも分かった．

表 2 豊かな学びのデザインマップに関する課題

| | 課題内容 |
|---|---|
| 課題 1 | 今学期(4 月～7/4)の自分の学びへのICT 活用を思い出し,「豊かな学びのデザインマップ」の 4 事象の当てはまる部分に,「××の場面で△△ツールを□□という目的で活用した」という形式で埋めて下さい. |
| 課題 2 | 7/17 まで，自分の学び×ICT 活用を意識して,ICT を活用した場面に対して,「豊かな学びのデザインマップ」の 4 事象の当てはまる部分に,「××の場面で△△ツールを□□という目的で活用した」という形式で埋めて下さい. |
| 課題 3 | 実現可能な皆さんの[アイデア]レベルでかまいませんので,「豊かな学びのデザインマップ」の左側半分の各セル（3×6 枠）に，学び×ICT の事例を 1 ケース以上考えて，セル（枠）のなかに「○○の学びをするために，××の場面で△△ツールを□□という目的で活用する」という形式で記述することにチャレンジしてください. |
| 課題 4 | 「豊かな学びのデザインマップ」のすべてのセル（枠）に対して，1 ケース以上事例を考えて，セルのなかに「○○の学びをするために，××の場面で△△ツールを□□という目的で活用する」という形式で記述することにチャレンジしてください．なお，左側半分は課題 3 で書いた事例をコピーしてもらってかまいません．もちろん，事例を追加してもらうことは大歓迎です. |

## 4. ICT 活用の e ポートフォリオツール

ICT（テクノロジー）を学びの変革の加速装置として活用するためには，短いスパンで意識するだけでなく，多くの経験と時間が必要であると考えられる．したがって，ICT 活用に関する e ポートフォリオツールの存在は不可欠であり，義務教育段階，高等学校教育段階を通して利用できることが理想的である．本研究では,「豊かな学びのデザインマップ」の e ポートフォリオ化を Google スプレッドシートを活用して行うことにした. 図 2 は Google スプレッドシート上での「豊かな学びのデザインマップ」画面である. 現時点では，以下の機能を実装している．

**[実装している機能]**

- シート名を指定してマップを開始する機能
  （アドオン⇒マップ⇒マップシートの作成をクリック）
- 各セルの活動記録をポップアップで表示する機能
  （アドオン⇒マップ⇒現在選択中のセルの活動記録の表示をクリック）
- 活動記録は，見通し，活動，振り返り，助言の 4 つの要素で構成され，各要素は HTML での編集機能
  （文字の色づけ, URL のリンクを貼り等が可能）
- 各セルを 4 つの進捗状況(見通し，活動，振り返り，助言)で色分け表示機能
  （各セルの内容を，見通し，活動，振り返り，助言，進捗のいずれかを一覧として切り替え表示可能)
  （アドオン⇒マップ⇒マップの切り替え⇒［表示させたい項目］をクリック）

## 5. おわりに

本稿では，これまで検討されてきた ICT 活用を学びのレベルで記述し可視化できる「豊かな学びのデザインマップ」について説明した．次に，教員養成学部の教職科目を対象にして「豊かな学びのデザインマップ」を活用した授業実践について述べ,「学びとテクノロジーの意識調査」の結果について報告した．最後に，現状開発されている ICT 活用のための e ポートフォリオツールの機能について述べた.

今後の課題として，教員養成系学部の学生を対象にして，テクノロジーを学びの変革の加速装置として活用できるための 4 年間をかけて習得できるカリキュラムの開発を行うことがあげられる．また,「豊かな学びのデザインマップ」を Google スプレッドシート上で記述する際に，情報・データの入出力と機能（処理），ツール間の関係を記述できるインタフェイス環境を開発することが課題となる.

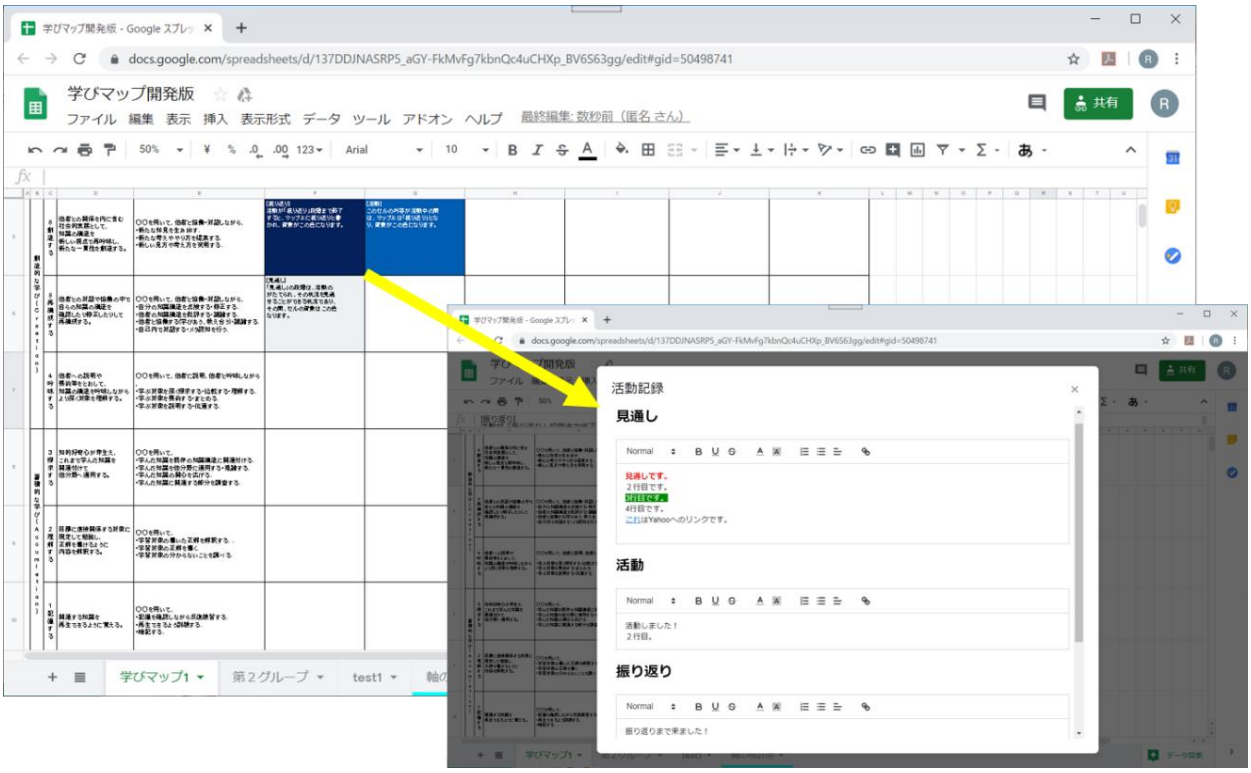



図 2 Google スプレッドシート上での「豊かな学びのデザインマップ」のインタフェイス画面


## 謝辞

本研究の一部は，JSPS 科研費（19K03027, 18H01053, 19K03082）の助成を受けたものである．


## 参 考 文 献


(1) 勝野 頼彦 他: “社会の変化に対応する資質や能力を育成する教育課程編成の基本原理”,国立教育政策研究所, (2013)

(2) VUCA(Wikipedia), https://ja.wikipedia.org/wiki/VUCA (2020 年 2 月 11 日確認)

(3) 平成 29･30 年改訂 学習指導要領、解説等(文部科学省), https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htmhttps://ja.wikipedia.org/wiki/VUCA (2020 年 2 月 11 日確認)

(4) 新しい時代の初等中等教育の在り方について（諮問）(文部科学省), https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1415877.htm (2020 年 2 月 11 日確認)

(5) 高大接続システム改革会議(文部科学省), https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/koutou/064/index.htm (2020 年 2 月 11 日確認)

(6) 「思考コード」&「思考スキル」活用法座談会（首都圏模試センター), https://www.syutoken-mosi.co.jp/column/entry/entry001230.php (2020 年 2 月 11 日確認)

(7) 有山裕美子: “中学・高等学校図書館における情報リテラシー教育の一例”, 情報の科学と技術, Vol.67, No.10, pp.533-538 (2017)

(8) Society 5.0(内閣府), https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html (2020 年 2 月 11 日確認)

(9) 加藤直樹, 鷹岡亮, 上市善章, 村松祐子, 芳賀敬輔, 山崎宣次, 及川浩和: “「豊かな学びマップ」を活用した学習活動デザイン”, 日本教育情報学会年会論文集, 第 35 巻(2019)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 自己エスノグラフィによるAL推進活動の「支援者」の分析

石田百合子[*1,*2]，平岡斉士[*2]，松葉龍一[*2]，鈴木克明[*2]
*1 熊本大学大学院教授システム学専攻，*2 熊本大学教授システム学研究センター

# Analysis of an Active Learning promotion activity supporter by Dialogical Autoethnography

Yuriko Ishida[*1, *2], Naoshi Hiraoka[*2], Ryuichi Matsuba[*2], Katsuaki Suzuki[*2]
*1 Graduate School of Instructional Systems, Kumamoto University
*1 Research Center for Instructional Systems, Kumamoto University

本研究では，第一筆者の国立高等専門学校でのアクティブ・ラーニング（AL）推進活動の支援経験を自己エスノグラフィで記述的に分析した．FD を教員持ち回りで行う学校で支援者が果たした様々な役割や変遷を明らかにし，生じた葛藤やその意味を探ったうえ，学校がもつべき仕組みや機能も提案した．また教育改善・組織改善に関する研究の信頼性や有用性を高めるのに，従来の研究方法に本研究の方法を付加することの有効性が示唆された．

キーワード: 高等教育，FD，ファカルティ・ディベロッパー(FDer)，質的研究

## 1. はじめに

ここ数年で，高等教育機関での AL 推進を目的とした FD のさまざまな取組みが増えている(1). 一方で FD の形式化・形骸化も指摘され，これらを打開するアプローチとして，スタンダード・アプローチと生成アプローチが提案された(2). スタンダード・アプローチは，外部専門家が設定する大学教員の力量や教育改善の基準やフレームワークをもとに作られた体系的な研修プログラムを通じた FD が実施される（専門家モデル）．例えば FD マップ(3)は，この考え方をベースに作られている．生成アプローチは，教員のコミュニティやネットワーク形成の促進，日常の教育実践の相互批評，そのなかから生まれる実践知を共有するツールや場の提供に力を注ぎ，教員の相互（主体）性を尊重したボトムアップを前提とする（同僚モデル）．

第一筆者は，組織的な AL 推進活動の支援するための特命教員として，全国 51 校ある国立高等専門学校（以下，国立高専）の AL 推進実践校の一つである A 高等専門学校（以下，A 高専）にて，2014 年 7 月から約 4 年間勤務した．多くの国立高専では，教員持ち回りの委員会組織で FD および AL 推進活動が行われている状況を鑑み，同僚モデルを適用した国立高専各校の AL 推進責任者研修の設計，開発，実施およびデザイン原則の提案(4)や，A 高専の全教員で担当する PBL 科目の授業設計・運営支援ツールを開発(5)し，国立高専各校の FD および AL 推進活動を担う教職員へ提供・紹介してきた．しかし他の国立高専では，AL 推進担当者の交代で学内の AL 推進活動が停滞したり，教育の専門家を採用しても彼らの経験・知識・スキルがうまく活用されずに離職に至るなど，国立高専全体で組織的な AL 推進活動を行う難しさを感じていた．国立高専各校の設置主体である国立高等専門学校機構（以下，高専機構）本部事務局でも，国立高専各校での FD の運営方法の見直しや専門の教職員配置の議論はあるが，その方向性は見出せていない．

主に FD および AL 推進活動を担う存在は，大学教育センター等で FD を専従で担当する教職員（ファカルティ・ディベロッパー：以下，FDer），委員会組織で運営する場合は FD 委員，管理者(3)が挙げられる．FDer の使命は，教員自身が取り組む教育活動の改善を支援・

促進[3]することにあるが，その具体的な役割（機能）に言及されたものは少ない．佐藤ら[6]は，FDer の役割を「研究者」，「開発者」，「設計者・講師・進行役」，「コンサルタント」に分け，それぞれ具体的な内容を示している．京都大学高等教育研究開発推進センター編[2]では，専門家モデルと同僚モデルの場合で分けており，前者は「教育の専門家」，「FD サービスの提供者」，後者は「コーディネーター」，「FD 主体（教員）の支援者」[2]としている．しかしその具体的な内容は触れられていない．専門家モデルと同僚モデルは対立関係にあるものではなく，杉原・岡田[7]は，FDer は専門家モデルと同僚モデルの双方の役割を行き来しながら，専門性と同僚性を同時に形成していく存在だと述べている．そこで，同僚モデルにおける「支援者」の役割（機能）の具体的な様相を明らかにする必要性があると考えた．

今回，沖潮[8,9]が提案した対話的な自己エスノグラフィを用いて，A 高専の AL 推進活動を支援した第一筆者自らの約４年間の経験についての語りを題材に，AL 推進活動の「支援者」が果たした役割とその変遷を明らかにする．また第一筆者が当時抱えていた葛藤やその意味を探りながら，今後 A 高専が組織として持つべき仕組みや機能を提案する．また教育改善・組織改善に関する研究において，実践研究，開発研究などの従来の研究方法に加え，研究者自らの経験を自己エスノグラフィで分析することの有用性を検討する．

## 2. 方法

### 2.1 対話的な自己エスノグラフィ

自己エスノグラフィは，調査者が自分自身を研究対象とし，自分の主観的な経験を表現しながら，それを自己再帰的に考察する手法である．自己の置かれている立場をふり返る再帰的な行為だけではなく，自分の感情を振り返り，呼び起こす，内省的な行為[8]でもある．最近，保育・教育分野での研究例が増えている[10]．自己エスノグラフィは，自由度が高い[11]半面，信頼性，読みやすさの問題，表面的な語りに依存する，他者との関わりが切り離されるという批判や，自己客観視の難しさ，精神的苦痛の出現，匿名性がないなどの困難さ[8]も指摘されている．

対話的な自己エスノグラフィは，従来の自己エスノグラフィがもつ批判,困難さに対処すべく,自己エスノグラフィの研究過程に対話という手続きを組み込んだ[8]ものである．

### 2.2 対象

今回の研究対象は，筆者（以下,「支援者 I」）である．支援者 I は，１年更新の任期付教員として高専機構本部にて採用され，４年１ヶ月間（2014 年７月～2018 年７月），高専機構の AL 推進実践校の一つ，A 高専で勤務した．A 高専での勤務開始当時，支援者 I は社会人 13 年目であった．主な職歴には，自然科学系の公的研究機関での人材開発担当業務がある．任期付研究者・技術者を対象に，自律的なキャリア選択を支援するためのキャリア支援部門の立ち上げを経験，主にキャリア開発研修プログラムの企画，運営を 5 年間担当した．

A 高専で組織的な AL 推進の支援活動を行いながら，そこで得られた知見やノウハウに加え，自身の専門である教授設計（Instructional Design：以下，ID）およびキャリア形成支援の知識・スキルを基に，全国国立高専教員向けに AL 推進に関する情報提供や研修を行っていた．高専機構と A 高専での活動のバランスを取る必要から，A 高専で授業や AL 推進以外の校務（寮の宿直、部活動指導など）は担当できなかったが，結果として FDer として専念できる立場にあった．現在は博士後期課程の学生として，A 高専における実践を研究論文にまとめる日々を過ごしている．

### 2.3 対話者

＜教員 A＞

教員 A は，実践者 I が着任した当時，A 高専へ着任して３年目の 40 代前半の中堅教員であった．現在は FD および AL 推進を担う学内委員会組織の AL センターでセンター長を務めている．組織的な AL 推進活動への関わりは，A 高専が 2016 年度に開講した全教員で担当する PBL 科目[5]の立ち上げと科目運営を担う科目運営タスクフォース（以下，科目運営 TF）のリーダーになったことに始まる．科目運営 TF は若手・中堅の教職員を中心に構成され，当初，通常校務とは異なる位置づけで活動していた．開講後は AL センターに業務が吸収され，教員 A は AL センター長として科目運営以外に AL 推進全般を担当することになった．

また教員 A は，支援者 I が着任後すぐから始めた学内有志の教授法に関する勉強会の初期メンバーであり，支援者 I が退職するまでメンバーとして参加していた．

＜教員 B＞

教員 B は筆者が着任した当時，A 高専へ着任して 4 年目の 30 代前半の若手教員であった．支援者 I は着任当時，教員 B と同じ学科に所属していたため，教員 B の所属学科の全教員に対し，AL 導入状況についてインタビューをする機会が得られた．教員 B は，各種コンテストなど，学生の課外活動への指導も熱心であり，自身の担当する授業も関連科目のシラバス分析をしながら，改善に努めていた．また所属学科の実験・実習科目を改善したいという想いも強く，他の教員ともインフォーマルな形で議論をしている様子だった．しかし，カリキュラム見直しは学科全教員の協力が必要であり，なかなか着手できない状況だった．

一方，学内全体の AL 推進活動に対しては，一定の距離を取ろうとしていると感じられた．教員 B に対しては，本人が力を入れている課外活動の取組み支援から始め，外部研修受講を薦めたり，学内有志の勉強会への参加を促すなど，段階的支援を行った．2017 年度に入り，教員 B が所属学科の実験・実習科目のカリキュラム，シラバス見直しの検討会を立ち上げたため，約 1 年間にわたって，会の運営支援を行った．

＜専門家 H＞

専門家の対話者を決定する際には，沖潮[8]の対話者選定の留意点を参考にした．今回，対話者として依頼をした専門家 H は，第一筆者の博士後期課程の研究指導教員の一人である．他の研究指導教員には，A 高専で支援活動を行っていた当時のスーパーバイザーを依頼していたため，本研究における対話者として介在してもらうことでの新たな視点は生まれにくいと考えた．また専門家 H は，ID 以外に教育心理学も専門としており，自らを語ることでの分析・解釈において，ID と教育心理学の視点を行き来しながら分析の深まりや拡がりを支えてもらえるのではないかと考えた．

### 2.4 データ収集

#### ①当時の記録物の整理と一覧表の作成

まず当時の記録物を整理し，時系列で活動一覧を作成した（図 2-1）．使用データは，支援者 I が毎月作成提出した業務報告書，毎年度末に A 高専が作成する AL 推進事業報告書，約 30 冊の日々の業務記録ノート（会議メモ，教員からの相談や授業見学記録など），インタビューメモ，有志教員で行った授業の AL 化を目的とした勉強会の資料等である．一覧表のカテゴリは，教員 A, B との対話で当時を思い起こしやすくするため，業務報告書のカテゴリをそのまま使用した．また教員 B への支援記録の一覧は別に作成した．このプロセスは，研究の全体像（図 2-2）のステップ 1 に該当する．

#### ②２種類の対話的な自己エスノグラフィ

教員 A, B とのセッションは，全部で 6 回行った（表 2-1）．教員 A，B とのセッションと並行し，専門家 H とのセッションを計 8 回行った（表 2-2）．筆者の語りや対話は，IC レコーダーで録音し，逐語録として文字データに起こした．また対話や文字データに起こす過程で考えたことや感じたことを書き留めたものも，データに含めることにした．なお教員 A とのセッションでは，教員 A 自身が AL 推進責任者としてのこれまでをふり返る必要性を感じていたため，筆者が対話を始める準備として行った当時の記録物整理と同様の作業をしてもらい，当該資料もデータに含めた．

図 2-1　支援者 I が 4 年間に行った AL 推進活動支援一覧

### 2.5 データ分析

データ分析は，自己エスノグラフィがもつ自身の内側から生を描く強みが薄れてしまうこと[8]，また，当時の場の雰囲気や関わる人々とのさまざまな相互作用のリアリティを表現するため，カテゴリ分析ではなく記述的な分析を行った．ステップ 2-1 および 2-2（図 2-2）は何度も行き来を繰り返し，最後に全てのデータを読み直しながら，時系列で記述的な分析を行った．その結果をもとに，セッションの準備段階で作成した図 2-1 を改訂した（ステップ 3（図 2-2））．

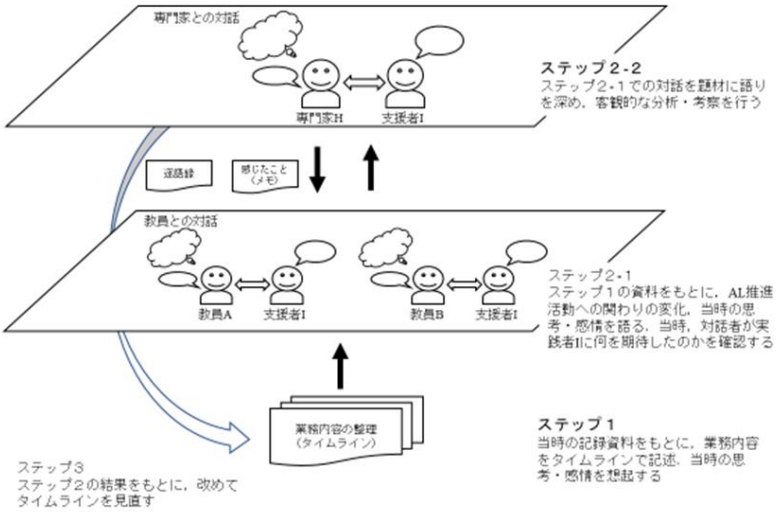



図 2-2　本研究のプロセス

表 2-1　教員 A および B とのセッション記録

| 回 | 日時 | 時間 | 録音 | 対話者 | 大まかな対話のトピック |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2019/5/22 | 2:00 | 無 | A | ・双方で作成した活動記録と印象に残った出来事を見て，当時お互いにどんなことを思っていたかを回想<br>・幅広い業務範囲からふり返るＡＬ推進活動の焦点化 |
| 2 | 2019/8/8 | 2:00 | 有 | A | |
| 3 | 2019/8/26 | 2:00 | 有 | A | |
| 4 | 2019/9/19※ | 3:00 | 有 | B | ・Ｂ教員が取り組んでいた教育改善の現在の状況<br>・Ｂ教員に対する支援記録を見ながら,当時お互いにどんなことを思っていたかを回想（後日逐語録を送付．追加質問をメールでやり取り） |
| 5 | 2019/9/25 | 2:00 | 有 | A | ・過去３回分のメモおよび逐語録を共有．焦点化した内容についての語り（責任者に求められるスキル，他の校務との違いについて思うことなど）<br>・支援者Ｉの果たした役割 |
| 6 | 2019/10/23 | 1:10 | 有 | A | ・人材育成における教授の役割<br>・支援者Ｉの果たした役割,ＡＬ推進において必要なスキルと環境 |

計 6 回・12 時間 10 分（うち録音時間 10 時間 10 分（5 回分））
※　第 4 回のみ対面でのやり取り．それ以外はオンラインでの実施．

表 2-2　専門家 H とのセッション記録

| 回 | 日時 | 時間 | 録音 | 対話者 | 大まかな対話のトピック |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2019/7/11 | 1:00 | 無 | H | ・自己の経験を語ることで考察を試みようと思った理由 |
| 2 | 2019/7/31 | 1:00 | 有 | H | ・当時の自分の多様な役割と活動範囲の広さについて<br>・一番主張したいこと（大事だと思ったこと）は何か |
| 3 | 2019/8/19 | 2:00 | 有 | H | ・どのような研究知見が得られそうか<br>・筆者自身が何を目指していたのか |
| 4 | 2019/9/24 | 1:30 | 有 | H | ・教員 A,B との第 3-4 回の逐語録から気づいたこと<br>・A高専での勤務経験を通じた筆者自身の変化<br>・本研究でどんな研究知見が得られそうか<br>・筆者の役割の多様さと活動範囲の幅広さについて |
| 5 | 2019/10/7 | 0:40 | 有 | H | ・本研究でどんな研究知見が得られそうか<br>・筆者が幅広い活動範囲で多様な役割を演じた理由 |
| 6 | 2019/10/15 | 1:00 | 有 | H | ・今回の研究アプローチと他の研究方法との対比 |
| 7 | 2019/10/23 | 2:00 | 有 | H | ・過去の職業経験が筆者の AL 推進活動および活動支援にどんな影響を与えたか |
| 8 | 2019/10/30 | 1:05 | 有 | H | ・これまでのプロセスの確認と自己エスノを行った意味 |

計 8 回・9 時間 15 分（うち録音時間 8 時間 15 分（7 回分）），すべてオンラインでの実施．

### 2.6 倫理的配慮

教員 A，B に対話者を依頼する際，対話の一部を論文で公表することの口頭での事前承諾を得たうえ，セッション後に逐語録を電子データで送付し，公表することについて問題がないかを再確認した．

以下，対話を抜粋した部分は四角で囲っている．また対話の内容で，本研究の内容に直接関係しない部分や匿名性を高めるために省略した部分は,【中略】と記載した．また読みやすさを担保するため，活動の名称やグループ名などの現場固有の用語は，一部文言を変えたり，カッコ書きで補足説明を加えている．

## 3. 結果および考察

### 3.1 支援者 I の役割の変遷および生じた葛藤

前章の手続に従い分析を行った結果，支援者 I の 4 年間の活動は，大きく 5 つの段階に分けることができた（表 3-1）．また本研究の動機の再整理と，記述的分析から得られた結果をまとめる枠組みを発見できた．本報告では，5 つの段階のうちⅡおよびⅤ，そして，Ⅵに関する記述的分析の詳細を記載する．

Ⅱ.「嫌われない」ための振舞いと中立的立場への移行（2015 年 6 月頃～2016 年 8 月頃）

徐々に，イベントや会議に声を掛けられるようになり，学内関係者の話し合いの場の設計・運営を任される機会が増えた. これは学内の教育改革, AL 推進の様子を知るうえでとても良いチャンスだった．

表 3-1　A 高専での支援者 I の役割（機能）の変遷

| |
|---|
| 0．本研究の動機 |
| Ⅰ．課題の把握と学内の立ち位置の模索（2014 年 7 月～2015 年 5 月頃）<br>Ⅱ.「嫌われない」ための振舞いと中立的立場への移行（2015 年 6 月頃～2016 年 8 月頃）<br>Ⅲ．AL 推進組織の揺らぎと新たな役割の確認（2016 年 9 月頃～2018 年 7 月（退職まで））<br>Ⅳ. 教育改善に関する共通言語づくりと個々の教員に自信をもたせる試み（2015 年 8 月頃～2017 年 3 月頃）<br>Ⅴ．AL 推進活動に必要なスキルの移転（2017 年 2 月頃～2018 年 7 月（退職まで）） |
| Ⅵ．本研究の結果をまとめる枠組みの発見 |

会議の設計，ファシリテーション，対話の場づくりなど，自らのスキルも向上している実感があった．一方，本来これらのスキルを向上すべきは学内の教職員であって，支援者 I がこれらの役割を担うことが，教職員の意識変革や成長機会も奪っているという想いを抱くようになる．他の教職員との立場の違い（支援者 I は FD 機会を享受する立場ではない）を改めて認識し，自分がすべきことは，自分がいなくなったあと，学内の教職員で AL 推進を継続するためにどんな支援ができるかを考え，実行することだと気づいた瞬間でもあった．

時期を同じくして，学校運営側の教員と中堅・若手教員との間のコミュニケーションが上手くいっていないと感じることが増えた．中堅・若手教員に AL 推進や教育改革に関する議論に積極的に関わってほしいという学校運営層の教員の想いと，学校全体のことまで関わる時間がない，関わっても自分たちの考えは聞き入れてもらえないと感じる中堅・若手教員の間で，意識のズレやさまざまな想いが表出し始めた時期でもある．

その後，全教員で担当する PBL 科目の議論が始まり，学内では「AL 推進＝全学 PBL 科目」というイメージが強くなっていた．それが一因で AL 推進に対して距離を取ったり，反発する教職員も出てきた．学校運営側の想いもあり，全学 PBL 科目の立ち上げを行った科目運営 TF メンバーは, 主に中堅・若手教職員で構成されていた．支援者 I は彼らとの関わりが増える一方，それ以外の教職員との関わりをどのように維持するか，特に AL 推進に対して反発する教職員との対話のチャネルを閉じないためにどうすべきかを意識するようになった. 教員 A との対話で出てくる「嫌われない」に通じるものである．この頃から「嫌われない」ための振舞いが，専門家として指摘すべきときの足枷にもなり，自分は何のためにここにいるのかを思い悩むようになる．

Ⅰ：うーん．どういう立ち振る舞いだといいんでしょうね．自分では全然分からないので．
【中略】
A：あ，うーん．何なんですかね．少なくとも嫌われないってことですかねえ．
Ⅰ：あー，難しい．
A：もう思いつかなかったから思ったことを言いますけど．そんなことを文章では書けないと思うんですけど，どうしたらいいですかね．

結局なかの人たちに協力してもらったり，動いてもらったりしていくので．関係がこじれると…．その関係を保ちながら動いてもらうという．

（表 2-1　第３回から）

自らの存在意義に悩みながらも，個々の教職員との対話のチャネルをできるだけ閉じない努力を続けた結果，AL 推進に対して非協力的，反対派に見える教員も，多くは AL 推進活動を担う教職員とそれほど意識の差がないことが分かった．お互いの勘違いやボタンの掛け違いに気づいたり，活動の改善のヒントとして，時には彼らを勇気づけることもあるなど，AL 推進活動を担う教職員グループへの一つのフィードバックツールにもなった．そして個々の教職員支援は，あくまでその教員の文脈やスピードに合わせて行うべきという，支援者 I の気づきの機会でもあった．これは支援者 I の過去の職務経験で得たスキル，ノウハウを発揮できる部分であったことは自信に繋がった．

支援者 I は，自身の立ち位置は推進主体そのものではなく，推進主体と他の教職員の間であるべきでという想いに至るようになる．しかしその直後，推進主体そのものも揺らぐ存在であることを実感する出来事が起きることになる．

## V．AL 推進活動に必要なスキルの移転

（2017 年２月頃～2018 年７月（退職まで））

AL 推進メンバーの入替えが始まった時期と前後し，支援者 I の残りの任期と今後を考え始める時期が来ていた．当初３年間という期限で始まったにも関わらず，もう１年更新できる可能性も示してもらい，なかには A 高専の常勤教員へのチャレンジを後押ししてくれる方もいた．このような選択肢が提示されたことに感謝するとともに，再び自分の立ち位置を思い悩むことになった．選択するうえでの判断基準の一つは，どうすれば元々採用された目的を最後まで遂行できるか，もう一つは A 高専の組織的な AL 推進を継続には何が必要で，自身は何をすべきかであった．

A 高専および高専機構における AL 推進活動の支援や，さまざまな教員の授業設計支援ツールの開発は行ったものの，学内の組織的で継続可能な AL 推進の在り方を提示するにはそれだけでは不十分であると考えていた．一方，特に個々の教員への支援における実効性を上げるには，支援者 I が中長期的に関わることが望ましいとも考えており，どの選択肢が適切なのかが決め切れない状況が続いていた．最終的には残り１年間と決め，徐々に業務の引継ぎをしながら，これまでよりもさらに一歩下がった形での支援を行うことにした．

ちょうどそのタイミングで，教員 B が学科内で有志を集めて実験・実習科目の見直し検討会を立ち上げることになり，その会の運営サポートとスーパーバイザーを引き受けることになった．この検討会で挑戦したいと思っていたのは，会議方法の見直しである．学内で行われるさまざまな会議では，アイデアを膨らませ，自由な議論を行う場と物事を決定する場が混在することが多く，議論された内容の記録や共有がされていない，次のアクションを決めないままに会議が終了するといった状況に遭遇することが度々あった．教員 B との対話からも，支援者 I が当時意識していたことが伝わっていたことを確認できた．

B：I 先生（支援者 I）が毎回，そろそろやりましょうかって言ってくれなかったら，なかなか集まれなかったろうなあというのはあるんですね．【中略】毎年 3 月くらいに入って，次年度が見え始めたときに，あのときこんなこと言ってましたねえという話になって，でも間に合わんからこのまま行こうかって．でもこれだけ機会を設けてくれて，準備したので，よっしゃほな，これで学科で話を通して回るようにしましょうかっていうみたいになったのは良かったですね．【中略】あの，話を定期的にまとめてくれるじゃないですか．問題点がちゃんと話を始める前に明確になっているのが．【中略】だからそういう短い回数でできたのは，そのおかげやと思いますし．ああやって残さないですもんね，先生方．あれこうやったらええと思うわあ．ええですねえそれって，全然記録に残ってないんで．そんなこと言ったっけってなるのが，具体的に進められた．

（表 6-1　第４回から）

## VI．本研究の結果をまとめる枠組みの発見

教員 A，B との対話では，支援者 I の活動範囲が個人，学科，学内全体と幅広く，その時々で多様な役割を演じていたことに対し，教員 A，B は当時どのように感じていたかを確認しながら，語りを進め

ていた（表 2-1）．専門家 H とのセッションは，教員 A，B とのセッションの合間で行われた（表 2-2）．そこで主に語られたのは，支援者 I は何故その多様な役割を演じようかとしたのか，そして，多様な役割をどうしたら学内の既存の仕組み，機能や教職員（役職，階層など）へ戻していけるかの２点であった．何度も，時系列で自らの役割を整理し直すことに留めようとする第一筆者に対し，専門家 H がこの２点についてぶれることなく，最後まで問いかけ続けてもらったことにより，次節で示す役割（機能）の整理までたどり着くことができた．

> I：えっと，いまおっしゃったことは…．
> H：二つあって．一つは，教員とは別にそういう役割を担う人間が必要で，現状の組織ではそういう人はいないという考え方．（もう一つは）今回，I さんが果たした役割のなかで，本来は教員が身に付けなければいけないスキルは何だったかということ．例えば，職位と連動して経験させることで身に付くスキルや，経験年数を重ねることで身に付いていくスキルとか．組織はそういうことも意識しながら，動かしていかないといけない．そういう話であれば，僕は一番納得できるかな．
>
> （表 6-2　第４回から）

### 3.2 A 高専における組織的で継続可能な AL 推進活動のために必要な役割（機能）

前節で整理した５つの段階のそれぞれのタイミングで支援者 I が果たしていた役割（機能）について，先行研究で確認したもの[2,6,7]も参考にしながら記述した．また，学校の仕組みにこれらの役割や機能をどのように取り入れることができるかについても提案した（図 3-1）．

主に教員同士の対話やコミュニティの形成，相互批評を行う際に必要なスキルは，校務等での OJT 機会を利用して経験やスキルを身に付けさせることが考えられる．また新たな試みに取組むことで，教員間で意見が分かれたり，一時的な対立や関係性に溝が生まれるなどの状況に発展した場合の対応として，学校運営層でもある教授クラスの教員が，仲裁に入ったり，お互いの考えを伝える橋渡し役になる，そして AL 推進活動に関与する教員を支える存在として，活動に関与することの意味や目標設定を支援するといったことも，教授が果たす意味は大きい．そして，学内の人間関係や階層による関係性が影響して，組織としての AL 推進活動の方向性が定まらない場合など，外部の専門家の支援も必要である．一方で，国立高専の特徴を把握したうえで支援を行うほうがスムーズであることから，学内の関係性からは一歩引いた立場で関わることができる，本部事務局または各地区ブロックで ID や FD に精通している専門家を配置できることが望ましいと思われる．

## 4. まとめと今後の課題

A 高専の AL 推進活動を支援した約 4 年間の自らの経験を，対話的な自己エスノグラフィにより回顧的にふり返り，「支援者」という様相とその役割の変遷を記

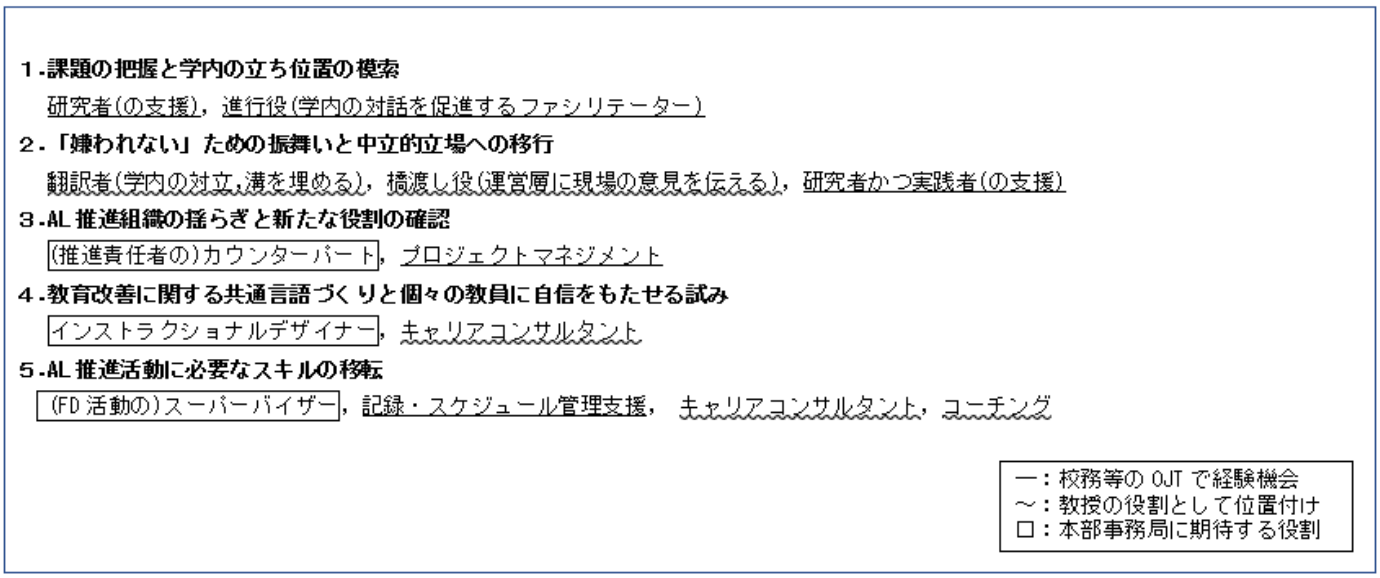



図 3-1　組織的で継続可能な AL 推進のために必要な役割（機能）および組織の仕組み

述的に分析した．その結果，実践時には整理しきれなかった「支援者」としての行動基準や役割を変化させたタイミングとその判断理由を時系列で表出させることができた．また「支援者」の役割や求められるスキルは広範であり，状況によってその役割や学内の立ち位置を変化させることでの葛藤や心理的負担は大きく，学内の教職員に同様の役割を求めた場合，大きな負担となる可能性が示唆された．そして，研究者自らの経験を自己エスノグラフィで記述的に分析することは，支援者としての活動をしている最中では整理するのが難しい現場の状況や，介入した研究者の特性も含めた影響を示せるなど，他の現場で同様の実践を展開する場合の再現性を高め，研究の信頼性や有用性も向上させる可能性が示唆された．

今後の課題は，教員が日常業務や教育活動でどのような経験をすることで，どんなスキルが向上できるのかといった内容を，階層別（職階別）でマップとして可視化し，学校全体の共通認識とするなどの検討が必要と考える．

特に AL 推進責任教員や AL 推進活動を行うグループへの継続的な支援は，学内の人間関係が影響することも多く，学内教員だけでこれを担うのはなかなか難しい．普段から高専機構全体の FD や教育改革に関わる教員が，国立高専各校の AL 推進，FD 活動を担う教員のスーパーバイザーとして，適切な距離を保ちながら，客観的な視点を学内へ取り入れていくことが望まれる．また現状は，各国立高専の AL 推進，FD 活動を担う教員が誰なのかが把握しづらい状況にあるが，既存の担任，学生相談や教務などの校務で行われている全国，地域ブロック単位での研修会や集まる仕組みを，教育改善・FD においても構築することも考えられる．

## 謝　辞

本報告は，2019 年度に熊本大学大学院社会文化科学教育部に提出した博士論文の一部を加筆修正したものである．本研究を行うにあたり，A 工業高等専門学校の A 先生，B 先生には，多大なご協力をいただいた．また本研究の一部は，JSPS 科学研究費補助金基盤研究(C)(課題番号：17K00505)の助成を受けて行われた．

## 参 考 文 献

(1) 文部科学省高等教育局：“平成 27 年度の大学における教育内容等の改革状況について（概要）”，https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/daigaku/04052801/1398426.htm（2019 年 12 月 8 日確認）

(2) 京都大学高等教育研究開発推進センター 編：”大学教育のネットワークを創る-FD の明日へ”，東信堂，東京（2011）

(3) 国立教育政策研究所 FDer 研究会：“大学・短大で FD に携わる人のための FD マップと利用ガイドライン”，https://www.nier.go.jp/koutou/projects/fder/fdmap_ver9.pdf（2019 年 12 月 8 日確認）

(4) 石田百合子，根本淳子，松葉龍一，平岡斉士，鈴木克明：“同僚モデルを適用したアクティブ・ラーニング推進責任者研修の開発とデザイン原則の提案―国立高等専門学校機構での事例から―”，教育システム情報学会論文誌，vol.36，No.4，pp.243-256（2019）

(5) 石田百合子，石田　祐，梶村好宏，松葉龍一，根本淳子，鈴木克明：“サービスラーニングの原則・基準を活用した PBL 科目の授業設計・運営準備ガイドおよびワークシートの開発”，教育システム情報学会論文誌，Vol. 34，No. 2，pp. 196–201（2017）

(6) 佐藤浩章，中井俊樹，小島佐恵子，城間祥子，杉谷祐美子：”大学の FD Q&A”，玉川大学出版部，東京（2016）

(7) 杉原真晃，岡田佳子：”新任教員 FD のための「基準枠組」の開発・構成と開発研究の可能性”，国立教育政策研究所紀要第 139 集，pp49-61（2010）

(8) 沖潮（原田）満里子：”対話的な自己エスノグラフィ　ー語り合いを通した新たな質的研究の試み”，質的心理学研究，第 12 号，pp157-175（2013）

(9) 沖潮（原田）満里子：”障害者のきょうだいが抱える揺らぎ：自己エスノグラフィにおける物語の生成とその語り直し”，発達心理学研究，第 27 巻第 2 号，pp125-136（2016）

(10) 佐藤智恵：”自己エスノグラフィーによる「保育性」の分析ー「語られなかった」保育を枠組みとしてー”，保育学研究，49(1)，pp40-50（2011）

(11) 藤田結，北村文 編：“現代エスノグラフィー　新しいフィールドワークの理論と実践”，新曜社，東京（2013）

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# AI を活用した初修中国語会話復習用アプリ教材の設計

趙秀敏[*1]，冨田昇[*2]，大河雄一[*3]，三石大[*4]
*1 東北大学高度教養教育・学生支援機構
*2 東北学院大学教養学部
*3 東北大学大学院教育学研究科
*4 東北大学データ駆動科学・AI 教育研究センター

# Design of the Speaking Review App for Chinese Language in University Using AI

Xiumin ZHAO[*1], Noboru TOMITA[*2], Yuichi OHKAWA[*3], Takashi MITSUISHI[*4]
*1 Institute for Excellence in Higher Education, Tohoku University
*2 Faculty of Liberal Arts, Tohoku Gakuin University
*3 Graduate School of Education, Tohoku University
*4 Center for Data-driven Science and Artificial Intelligence, Tohoku University

筆者らは，大学初修中国語教育のためのブレンディッドラーニング環境の構築に取組んできたが，授業時間外には実施困難であった会話練習を促進し，コミュニケーション能力の向上を図るために，人工知能（AI）の音声認識，対話機能等を活用して，対面授業と連携した会話復習用 AI アプリ教材の設計手法と実教材の開発を目指している．本稿では，中国で小学校英語教科書に対応して開発された，AI 活用英会話復習用アプリ教材“AI 老師”に着目し，その設計手法を分析するとともに問題点を明らかにすることで，本研究が目指す初修中国語会話復習用 AI アプリ教材設計の課題を検討したい．

キーワード: 大学初修中国語，ブレンディッドラーニング，人工知能（AI），会話復習，アプリ教材

## 1. はじめに

筆者らは，大学初修中国語教育において，自習を促進し，学習意欲と学習効果を高めるため，インストラクショナルデザイン理論に基づき，対面授業，授業後の e ラーニングによる復習，及び次回授業でのテスト・発展学習からなる 3 段階学習プロセスのブレンディッドラーニングを提案，実践している．

また，急速なスマートフォンの普及に対応し，短時間で随時随所にミニ学習ができるよう，e ラーニングによる復習をパソコン利用からスマートフォン利用へ転換し，スマートフォン利用の学習形態である Microlearning の設計原則に基づき，音声機能やゲーム性等を活用した単語練習，音読練習，聞く練習，文型練習を設計し，アプリ教材 KoToToMo を開発した．さらに，より効率的，動機づけの高い学習を実現するために，学習状況可視化のユーザーインターフェースを設計し，新たに改善版アプリ教材 KoToToMo Plus を開発した．実証実験の結果，学習意欲の継続，音声面を重視した復習の促進等の効果が確認された(1) (2)．

一方，開発した上記復習教材を含め，これまでの中国語教材では，教師やネイティブ等の対話者不在の授業外に，発音・発話の確認と訂正，会話の受け答え等の会話練習は実施困難であった．これに対し，ここ数年，ディープラーニングにより AI（人工知能）の音声認識，機械翻訳，対話機能等が飛躍的進化を遂げ，AI を活用した外国語教育が模索されはじめ，特にこうした機能の活用によるスピーキング力の強化が期待されている．

しかし近年に至るまで，開発された AI 活用の外国語学習アプリ教材は主に英語独習用で，少数の上，授

業と連携して設計・開発されたものではなく，教材の設計・開発の手法も明らかにされていない．また日本人学習者向けの中国語学習 AI アプリ教材，特に大学初修中国語会話復習用教材は見当たらない.すなわち，大学初修中国語教育において，授業外の会話練習を促進し，コミュニケーション能力を高めるには，対面授業と連携する AI 活用の会話復習用アプリ教材，活動の設計手法を明らかにし，それに基づいて実教材を開発する必要がある[3].

本研究の目的は，大学初修中国語ブレンディッドラーニングにおいて，AI の活用によって，これまで授業時間外には実施困難であった会話練習を促進し，コミュニケーション能力の向上を図るべく，対面授業と連携した会話復習用 AI アプリ教材の設計手法と実教材の開発を目指している．

こうした目的のもと，設計手法の開発を進めていく過程で,これまでの研究動向と異なる,本研究の理念,実践および目的と極めて近い成果が中国において公開された．すなわち，小学校英語教科書に対応した英会話を復習するための“AI 老師”（人民教育出版社　4 年生　上巻 2018 年）である．本発表では，主に同 AI 教材を取り上げ，その設計を分析するとともに，問題点を明らかにすることで，本研究が目指す初修中国語会話復習用 AI アプリ教材設計の課題を検討したい．

## 2. AI を活用した英会話復習用アプリ教材“AI 老師”とその設計

### 2.1 “AI 老師”の概要と内容構成

#### 2.1.1 概要

“AI 老師”とは，iOS 版アプリ“AI 老师—智能聊天学英语（人教版 4 年级上册)”【和訳：AI 先生—スマートチャット（AI による自動応答機能）で英語を学ぶ（人民教育出版社　4 年生　上巻)】である[4]．このアプリ教材は，中国で最も有名な教育関係出版社である人民教育出版社刊，小学校英語教科書（4 年生上巻，3 年生からスタート）に対応したモバイル型英会話復習専用アプリ教材である．

“AI 老師”は，第二言語習得研究の著名な学者である Stephen Krashen が提案する第二言語の“自然習得法”に基づき，視聴覚とインタラクティブなゲームを通して，効果的な言語環境を多元的にシミュレートし，子どもたちが無意識の状態で英語を使い，学習負担を減らし，英語能力を向上させるのを効果的に助ける．また，会話練習 AI テクノロジーを活用して，様々な表現を受け入れて理解することで,子供たちに自信,リラクゼーション，集中の状態で英語で考え，表現することを学ばせる．

具体的には，“AI 老師”は，ネイティブ教師による指導のように，上記教科書に連携した 30 以上の場面提示による会話練習を提供する．コンテンツでは，教科書の重要学習事項をカバーし，展開しながら，様々な手がかりと場面提示を通して，子どもたちが会話をよりよく理解し，その日の英語学習の成果を効果的にアウトプットするのを助けている．すなわち，“AI 老師”は，スキマ時間を最大限に活用して，いつでもどこでも，オーセンティックな英語環境により，教室での学習事項を復習し，気軽に適切な言語感覚を身につけることを目指している．

#### 2.1.2 内容構成

“AI 老師”は，全体として，2 つの Part，計 6 つの話題から構成され（表 1），さらに各話題は主に 4 種類の練習から成っている（表 2）．このうち，特に練習 1～練習 3 は，繰り返して行われる．

**表 1 全体構成：6 つの話題**

| | 話題 |
|---|---|
| Part1 | 我的教室（私の教室） |
| | 我的书包（私のかばん） |
| | 我的朋友（私の友達） |
| Part2 | 我的家（私の家） |
| | 晚餐好了（夕食ができた） |
| | 我的家人（私の家族） |

**表 2 各話題の構成：4 種類の練習**

| 練習 | | 項目 | 分量 |
|---|---|---|---|
| 1 | Read Aloud | 語彙 | 3 問ほど |
| 2 | Listen and Point | 語彙 | 3 問ほど |
| 3 | Answer the Questions | 会話 | 3 問ほど |
| 4 | Chat | 会話 | 5 問以上 |

### 2.2 “AI 老師”の練習形式とフィードバック

ここでは，“AI 老師”の 4 種類の練習について，各練習の形式（表 3），学習者の回答に対するフィードバック，及び練習画面上に用意されている補助ボダンについて説明する．

**表 3 各練習の形式**

| 練習 | 形式 |
|---|---|
| 1 | 音読：AI 先生の後について語彙を音読する |
| 2 | 聞いて選ぶ：聞こえた語彙を選ぶ<br>（4 択 1 のクイズ） |
| 3 | Q&A：AI 先生の質問に答える<br>（1 往復の Q&A） |
| 4 | Q&A：様々な質問に答え，タスクを完成させる |

#### 2.2.1 練習 1：Read Aloud

これは，語彙の音読練習で，AI 先生の後について語彙を音読する形式となっている（図 1）．学習者の発音に対しては，音声認識 AI を活用して，フィードバックを与えている．具体的には，発音が正確な場合は，Right を示すと同時に語彙と発音記号を緑色で提示する．一方，発音に部分的に誤りがある場合は，黄色で誤りの箇所を提示し，音素レベルで誤りを提示する形となっている．なお，発音が不正確な場合は，語彙と発音記号を赤色で提示し，再発音させる．

また，練習画面では，補助ボダンとして，練習を中止するための⊗ボダンのほか，「帮我答（私の代わりに答えてください）」というボダンが用意されており，これを押すと自分の代わりに答えてくれる（そのほかの練習の場合も同じ，以下略）．

#### 2.2.2 練習 2：Listen and Point

これは，語彙の聞き取り練習で，聞こえた語彙の絵を選ぶという 4 択 1 のクイズ形式となっている（図 2）．フィードバックとしては，選択した語彙が発音され，正解の場合は Right を示し，不正解の場合は，Wrong! と Try again を示し，再回答させる．

また，補助ボダンとして，“AI 老師”ボダンが用意されており，これを押すと練習問題の語彙が再発音されると同時に文字化される．

#### 2.2.3 練習 3：Answer the Questions

これは，会話の Q&A 練習で，AI 先生の質問を聞いて答える形式となっている（図 3）．ここでは，フィードバックとして，音声認識 AI を活用して，学習者の発話を判定する．具体的には，学習者の回答を文字化して，さらに正誤判定を行う．正解の場合は，AI 先生が Very good! や Excellent! Fantastic! 等と称賛し，画面上に学習者の回答が文字で示される．正解に近い場合は，AI 先生が That's right 等といい，画面上にまず学習者の回答が文字で示され，すぐにそれが正解の文字に改められる．不正解の場合は，AI 先生が No, that is not right. や Come again? Sorry, can you repeat?

Read Aloud

図 1 練習 1

Listen and Point

図 2 練習 2

Answer the Questions

図 3 練習 3

Chat

図 4 練習 4

等といい，再回答させる．2 回不正解の場合は，AI 先生が同じ質問を繰り返し，再回答させる．3 回以上不正解の場合は，AI 先生が You can say：～, Let's try it again．といい，音声と文字による回答例を与えて，学習者にリピートさせる．

また，補助ボダンとして，練習 2 と同様に“AI 老師”ボダンが用意されており，これを押すと質問が繰り返えされると同時に文字化される．さらに，「教我（私に教えて下さい）」というボダンが用意されており，これを押すと，音声とともに画面上に You can say：～と文字化された回答例を教えてくれる．

2.2.4 練習 4：Chat

Chat は，会話の Q&A 練習で，様々な質問を聞いて答えていくというタスク形式となっている（図 4）．ここでは，主に 2 種類のタスクで，1 つは「これは何だと思う？」というようなクイズ形式で，もう 1 つは～の紹介という形式である．なお，練習 4 のフィードバック及び補助ボダンは，練習 3 と同じである．

2.2.5 AI を活用したフィードバック

上に述べたように，“AI 老師”では，AI を活用して，語彙の発音判定や会話の発話判定を行い，様々なフィードバックを与えている（表 4）．これにより，ネイティブ教師との会話練習環境の構築を目指す．

2.2.6 補助ボタン

上に述べたように，“AI 老師”では以下の 4 つの補助ボタンが用意されており，これらにより，学習者をフォローし，学習を進めやすいようにしている．

(1) 練習中止ボダン⊠

このボダンを押すと，練習を中止することができる．

(2)“AI 老師”ボダン

このボダンを押すと，同じ質問が繰り返えされ，同時に文字化される（図 5）．

(3)“帮我答（私の代わりに答えてくだい）”ボタン

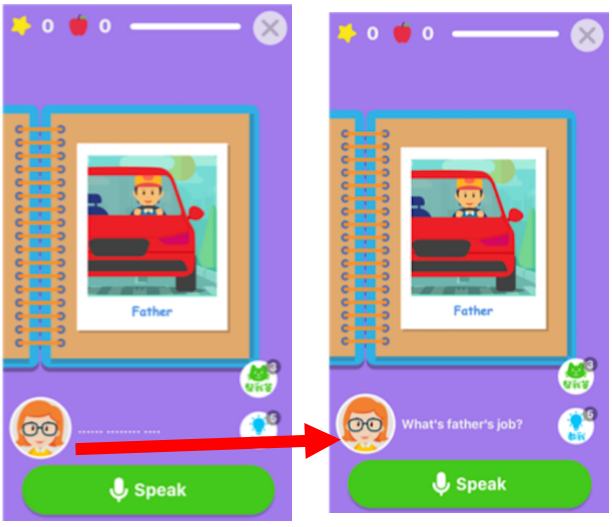
このボダンを押すと，自分の代わりに答えてくれる（図 6）．

(4)“教我（私に教えて下さい）”ボタン

このボダンを押すと，音声とともに画面上に You can say：～と文字化された回答例が提示される（図 7）．

表 4　AI を活用したフィードバック

| 練習 | フィードバック |
|---|---|
| 1 | 語彙の発音判定<br>(1)発音が正確な場合<br>緑色で語彙と発音記号を提示する．<br>(2)発音に部分的な誤りがある場合<br>黄色で誤りの箇所を提示する．<br>(3)発音が不正確な場合<br>赤色で語彙と発音記号を提示する． |
| 3, 4 | 会話の発話判定<br>(1)発話が正解の場合<br>AI 先生が称賛し，画面上に学習者の回答が文字で示される．<br>(2)発話が正解に近い場合<br>AI 先生が That's right 等といい，画面上に学習者の回答が文字で示されるが，すぐにそれが正解の文字に改められる．<br>(3)発話が不正解の場合<br>・1 回目：AI 先生が No, that is not right 等といい，学習者に再回答させる．<br>・2 回目：AI 先生が同じ質問を繰り返し，学習者に再回答させる．<br>・3 回目：AI 先生が音声と文字による回答例を与えて，学習者にリピートさせる． |

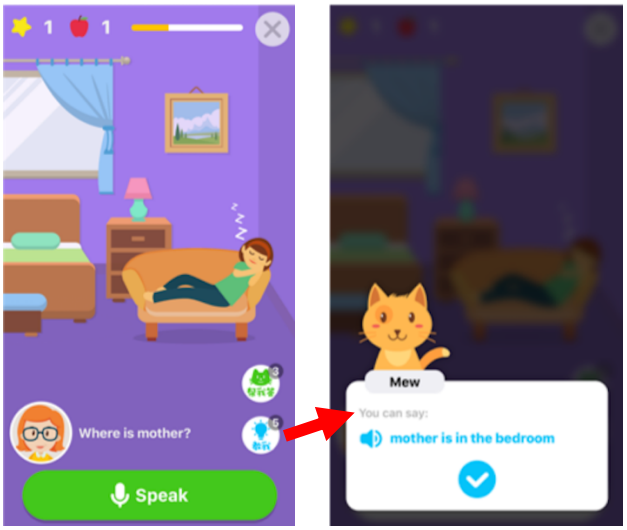



ボダンを押す前　　ボダンを押した後

図 5 補助ボダン 2：AI 老師（AI 先生）

ボダンを押す前　　ボダンを押した後

図 6 補助ボダン 3：帮我答（私の代わりに答えてください）




ボダンを押す前　　ボダンを押した後

図 7 補助ボダン 4：教我（私に教えて下さい）

## 3. “AI 老師”の問題点と今後の課題

### 3.1 “AI 老師”の問題点

#### 3.1.1 問題点 1：練習項目の選択ができない

“AI 老師”は，すべての練習が用意されている練習順で進むことになっている．これにより，学習者自身による練習項目の選択，ある特定の項目の反復練習ができないため,学習者は自身の学習状況や弱点に合わせて，自身のペースで学習することができない．

例えば，“AI 老師”では，練習 3：Answer the Questions と練習 4：Chat の難易度が，練習 2：Listen and Point より，遥かに高くなっているが，学習者自身で練習項目を選択することができないため，特にこの 2 つの練習だけに集中して反復練習する，ということができないのである．

以上のように，練習項目の選択ができない設計になっていることにより，個々の学習者にとって，より適合的な学習が実施できず，学習効果，学習効率，及び学習意欲を阻害する可能性が考えられる．

#### 3.1.2 問題点 2：発話へのフィードバックが不十分

“AI 老師”の練習 3 と練習 4 は，会話練習として，学習者が AI 先生の質問を聞いて答える Q&A 形式となっている．ここでは，AI を活用して学習者の回答，すなわち，発話に対して，発話判定を行っている．具体的には，2.2.5 で述べたように，学習者の回答を音声認識 AI により文字化し，さらに正誤判定を行って，フィードバックを与えている．

通常，会話練習では，学習者の発話は，まさに多種多様であるが，これに対して，教師は正誤判定及びそれに基づくフィードバックを与えていく必要がある．“AI 老師”では，学習者の発話の正誤判定の方法としては，基本的に正解をキーワード（単語やフレーズ）形式とし，学習者の回答にそのキーワードが含まれ，あるいはキーワードに近い回答であれば，正解と判定される．

例えば，話題 6「我的家人（私の家族）」の練習 3：Answer the Questions の質問 What’s aunt’s job? の場合，正解が cook となっているが，cook ないしは cook が含まれる回答であれば，正解と判定される．その場合, 画面上では, まず学習者の回答が文字化されるが, すぐに正解 cook に改められ，そして次の質問に移ることになる．このように，正解の場合のフィードバックでは，完璧な回答 Aunt’s job is cook. や She’s job is cook. 等を提示したり，リピートさせたりすることをしないのである．他方，3 回不正解の場合は，2.2.5 で述べたように, AI 先生が音声と文字により回答例を与えて，学習者にリピートさせている．そのほか，補助ボダン“AI 老師”や「教我（私に教えて下さい）（利用回数 3 回前後の制限付き）」では，上記のような質問や完璧な回答例が音声及び文字により提示されている．

確かに，“AI 老師”のこうした基本的に正解をキー

ワード（単語やフレーズ）形式とする発話判定やフィードバックによれば，スムーズに会話練習を進めることができるだろう．また，本教材の対象が初級レベルの小学 4 年生であるということを考えると，この方法には，一定の妥当性があるかもしれない．しかし，このような方法は，学習者の発話力の育成には不十分なものとなりかねず，問題点があるように思われる．通常，人間の教師の場合は，会話練習の際，学習者の不完全な回答を受け入れたうえで，さらに，フィードバックとして，模範となる完璧な回答文を学習者に提示し，リピートさせる．これにより，学習者にアウトプットさせ，会話力を身につけさせるのである．

これに対して，“AI 老師”では，学習者の回答が，キーワードに限られ，場合によっては，ほとんど Yes, No と答えただけでも，正解とされるため，むしろこの正解の場合に，かえって十分な会話練習が省かれかねない問題点があるのである．特に，大学生や成人を対象とする場合は，不真面目な学習者が，単語や Yes, No とだけ答えて，会話復習課題を義務的に消化する等の場合さえ想定しておく必要があろう．

### 3.2 今後の課題

“AI 老師”は，ブレンディッドラーニング教材として，小学校の英語教科書に対応し，AI を活用して，語彙の発音判定や会話の発話判定等を取り入れた会話復習を実現し，ネイティブ教師による会話練習のような学習環境を提供している．本教材は，練習することが楽しく，まるで AI 先生による個人会話レッスンのようであるが，一方において，3.1 節で述べたように，練習項目の選択ができない，発話へのフィードバックが不十分という問題点を指摘することができる．

こうした問題に対し，今後，本研究が検討すべき課題は，まず，学習者が自由に練習項目を選択し，自身のペースで学習できるようにし，次に，十分な会話内容を伴ったフィードバックを与えるように，教材を設計，開発することである．因みに，ガニェの 9 教授事象においても，フィードバックの付与は，事象 7 として取り上げられており，効果的な学習の実現には重要不可欠な要素とされる．特に初級レベルの会話練習では，学習者の発話に対し，模範例の提示や発話の訂正等のフィードバックを与え，練習させることは，より一層重要である．今後は，上記の課題に対して，AI を活用した設計手法を明らかにしていく必要がある．

## 4. まとめ

本研究の目的は，大学初修中国語ブレンディッドラーニングにおいて，AI の活用によって，これまで授業時間外には実施困難であった会話練習を促進し，コミュニケーション能力の向上を図るべく，対面授業と連携した会話復習用 AI アプリ教材の設計手法と実教材の開発を目指している．本稿では，中国の小学校英語教科書に対応し，AI を活用した英会話復習専用アプリ教材“AI 老師”に着目し，その設計手法を分析するとともに，さらに問題点を明らかにした．

今後は，この分析結果を踏まえ，AI を活用した初修中国語会話復習用アプリ教材の設計手法を明らかにし，実教材を開発していく予定である．

**謝辞**

本研究は，JSPS 科研費 19K00875，19H04223，17K01070 の助成を受けたものである．

**参 考 文 献**

(1) 趙秀敏，冨田昇，今野文子，大河雄一，三石大：“大学初修中国語ブレンディッドラーニングのためのスマートフォン利用復習教材「KoToToMo」の開発と実践”，教育システム情報学会誌，Vol. 36，No. 2，pp.131-142 (2019)

(2) Yuichi Ohkawa, Masaaki Kodama, Yuta Konno, Xiumin Zhao, and Takashi Mitsuishi,: "Development and Evaluation of Smartphone Learning Material for Blended Language Learning," Proceedings of 2019 4th International Conference on Information Technology (InCIT), pp.108-113 (2019)

(3) 趙秀敏，冨田昇，大河雄一，三石大：“大学初修中国語会話復習用アプリ教材の開発における AI 活用の可能性”，第 44 回教育システム情報学会全国大会講演論文集，pp.337-338 (2019)

(4) AI 老师 - 智能聊天学英语(人教版 4 年级上册)，https://apps.apple.com/cn/app/ai 老师-智能聊天学英语-人教版 4 年级上册/id1332574362 (2020 年 2 月 1 日確認)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 学習スタイルによるコースウェア型 CALL 教材利用評価

林俊成
東京外国語大学

# Evaluation of Course Type CALL Material by Learning Style

Chunchen LIN
Tokyo University of foreign studies

This research evaluated 3 types of teaching materials with different design philosophies, which are exercise-based courseware, Japanese conversation learning materials using TUFS Language Modules, and courseware based on elaboration theory, from the perspective of learning styles. Based on past questionnaire results, the "sequential and aggregate" category has had a significant difference. This research presents the results of interviews of Japanese learners with "sequential and aggregate" learning styles who have used the teaching materials.

キーワード: CALL 教材，マルチメディア，コースウェア，学習スタイル

## 1. はじめに

コンピュータを語学教育に応用する動きは、90 年代以後、ネットワークとマルチメディア環境が急速に整備されたところから加速している。これらに基づいて多くの語学教材が作成･利用されてきた。その中で、たとえば、言語教育の補助あるいは、一部の能力（たとえば単語学習・音声聞き取り学習等）を強化とする目的として作成されたものがある (1)(2)。これらの教材の多くは、語学教育において反復練習が重要であることに着目し、行動主義学習理論に基づいて多数の演習をこなすドリル練習によって構成されたものである。筆者も、脳科学の記憶に基づき、リズムを導入した単語ドリル教材を開発し、その有効性を証明している(3)。さらに電子教材の再生方法の自由度が高いという特徴を活かして、テキストの on/off 制御や全文・ターン・文・単語の音声・映像制御などにおいて、格段に高い操作性を達成したが、これは、教科書が電子化されたハイパーテキスト教材であり、比較的にわかりやすい例として、東京外国語大学が Web 上に公開している JPLang(4)の会話である。

上記 2 種類の教材とも、教員の教授過程において、その指導を補助する形で利用されるものである。このような補助教材の利用に対して、教材だけで全般的に習得できるように教材を系列化にして、コースとして提供するコースウェアと呼ばれる教材も存在する。大山ら(5)(6)は、「東京外国語大学言語モジュール中国語」(7)（以下 「TUFS」）と「パンダで学ぶ中国語」（以下「パンダ」）の 2 種類の Web 教材のスキット間の関連の違いについて、Felder(8)(9)の学習スタイルモデルを用いて、学習スタイルの違いが学習行為にどのような影響を及ぼすのかを調査した。その際、両教材のスキット間の関連性に着目し、「TUFS」は、スキットの関連が強く、確実にステップを踏むタイプの深い階層構造を持ち、「パンダ」は、スキット間の関連が弱く、ネットワーク型構造を持っているとした。しかし、そもそもこの論文で利用した 2 教材に関して言えば、東京外国語大学言語モジュールが、学習順を踏んで学習できるようなコースウェア教材であるのに対し、パンダで学ぶ中国語教材は、教科書を元に電子化したハイパーテキスト教材だと考えられる。また、後でも説明するが、筆者が設計に関わる「東京外国語大学言語モジュール」は、スキット間においては関連が比較的弱い教材である。そのため、上記の論文は、設計フォームの違う教材の比較についてのものであることになる。これに対し、筆者は、ドリル型コースウェア教材と精緻化理論に基づき、自作した日本語教材「会話台湾」

(10)(11)と学習スタイル調査と照らしあわして、評価した結果、教材設計の違いにより、「順序的・全体」に有意性があったことがわかった。

本論文では、Web 上に存在するドリル型コースウエア型 CALL 教材に加えて、筆者が設計に関わった「東京外国語大学言語モジュール日本語」と精緻化理論に基づいたコースウェア教材(11)を用いて、学習スタイルを用いた学習行為の分析を行い、その結果をまとめる。以下、第 2 章は、学習スタイルについて、第 3 章は、利用するコースウェア型 CALL 教材について、第 4 章は、実験内容および実験結果を述べ、第 5 章は、まとめを述べる。

## 2. 学習スタイルについて

学習スタイルの研究については、かつて 1970 年代よりアメリカやイギリスを中心に盛んに行われ、多くの学習スタイル理論やモデルが提唱されてきた。例えば、Hartley(12)は、学習スタイルとは、個人が学習する際にとる特徴的なアプローチである、と定義し、個人はあるタスクを解決するためにストラテジーを変化させて活用するとした。Felder ら(8)( 9)は、学習スタイルを情報処理のスタイルとして捉え、個人が情報を獲得・保持・検索する際の特徴として定義している。このように学習スタイルは、認知スタイル、ストラテジーと明確な線をひくことが難しく、これがこの分野における問題点だと指摘されている。

青木(13)は、多くの学習スタイルのモデルを分析したがその中では Curry のオニオンモデルが最も外因の影響を受けにくく、生来の生活・気質・能力によるものとみなしている。それに基づき開発されたのが、Felder and Henriques の学習スタイルモデルであり、外因の影響をもっとも受けにくいモデルの一つである。この学習スタイルモデルも、ICT も用いた学習を対象とした研究で多く用いられている。メディア教育開発センター（14）では、2003 年から 2006 年に発表されたウェブ上で入手可能な 18 本の研究論文を対象に、学習スタイルと学習形態（対面式―オンライン式、ブレンデット型―ウェブベース型等）を調査した例、及び学習スタイルと学習内容（コンテンツ・ビデオの内容）を調査した例について紹介し、効果的な ICT 活用教育の提供について論じており、その中で一番多く用いられていた学習スタイル指標が Felder のものであったと報告している。

ここで、Felder の学習スタイルの概要を紹介する。Felder の学習スタイルを図 1 に示すような二極軸の 4 性質に区分している。二極軸の 4 性質が-11～11 までの幅で表示されるのが、この学習スタイルモデルの特徴である。表 1 にその学習スタイルモデルの個々の性質の特徴を記述する。

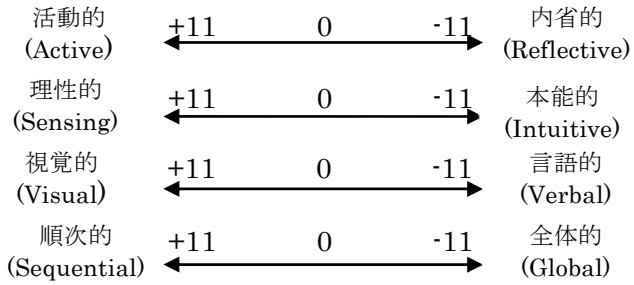



**図 1 Felder の学習スタイルモデル**

この学習者スタイルモデルは、全 44 項の Index of Learning Styles( 以下、「ILS」）によって、構成されており、それぞれの項目に対し、11 の二択質問が用意されている。結果は、-11 から 11 までの幅で表

| Active（活動的） | Reflective（内省的） |
|---|---|
| 得た情報を使って実際に行動し、経験。体を使うのが好き。教室活動では会話、ダイアローグやドラマの上演、チームで競争するのが好き。 | 情報を内省的に調査、処理。情報を内省的に考察する事を好む。教室活動では短時間のライティング練習、質問形式の演習が得意 |
| **Sensing（理性的）** | **Intuitive（本能的）** |
| 事実やデータなど具体的な事を好む。<br>物事を詳細に見ていく。注意深く遅い。<br>ルールに基づき暗記をする。<br>一般的な手順で学習を進める。 | 原理・コンセプト・理論など抽象的で想像的な事を好む。複雑な事物に慣れている。学習が速いが注意力に欠ける。多様に新しいルールを適応させ、例外を生みながら学習する。 |
| **Visual（視覚的）** | **Verbal（言語的）** |
| 絵、図、フローチャート、タイムライン、映画を好む。 | 話したり書いたりした説明を好む。 |
| **Sequential（順次的）** | **Global（全体的）** |
| 小さなチャンクごとに情報を得て理解。<br>コース全体の項目を完全に理解していなくても許容できる。<br>知識全体の関係や、他の科目や原理との関係性を捉えるのが苦手。<br>順次的な教師は、構造的シラバスで授業をする。 | 該当項目を理解する前に一見関連なさそうな情報でも全体像から理解し、その項目が今まで習ってきた知識とどう繋がるかを理解する。全体像を捉えるまでは習得が遅く、課題等で良い点が取れないが、全体像を捉えると習得が速い。全体的な教師は、コミュニカティブに授業を行う。 |

**表 1　Felder 学習スタイル指標**

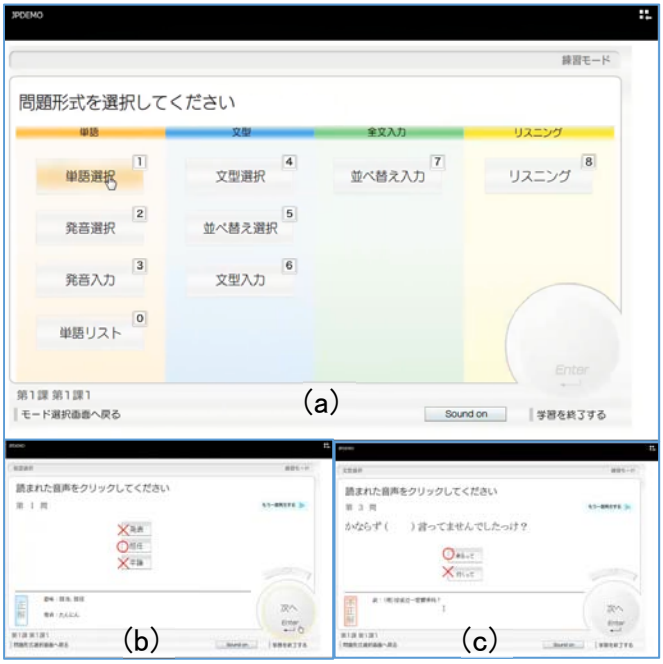



図 2　ドリル教材

示されている。外因の影響を受けにくいという点を踏まえて、本稿における学習スタイル調査も、Felder の学習スタイルモデルを利用することにした。

## 3.　コースウェア教材について

第 1 章に述べたように、CALL 教材といっても、開発手法や利用方法によって、多くの種類が存在する。今回の評価を行うにあたって、Web 上にあるドリル型日本語 CALL 教材（以下「ドリル教材」と呼ぶ）および筆者が設計に関わる東京外国語大学が開発した TUFS 言語モジュールの日本語会話教材の学習者教材(以下「TUFS 教材」と呼ぶ)と筆者が精緻化理論に基づき開発した、日本語教材「会話台湾」(以下「会話台湾」と呼ぶ）を利用する。ここでは、その 3 種類の教材を説明したうえで、今回比較するポイントを説明する。

### 3.1　ドリル教材

ドリル教材は、行動主義学習理論をもとに、学習目標を決め、この学習目標に到達させるため、学習内容を細かく分け、論理的、系統的に順序をつけ、その順序に従い習得させる方法である。語学教材で市販されているものとして最も有名なものは「ロゼッタストーン」であるが、一つの内容でありながら、同じ仕組みで世界の 24 言語もカバーする世界的な語学学習ソフトである(15)。

今回実験で利用するのは、もともと早稲田大学のプロジェクト研究所の研究内容を応用して事業展開をするために設立された WEIC 社が開発した「超速日本語」(16)というドリル型コースウェアである。このドリル教材は、図 2 に示すように 1 課の内容は、8 つのステップで構成され(a)、たとえば、最初の単語選択(b)は、発話を聞いた後、三択問題に答え、回答したあと次の問題に進むように、一つの内容を学習するのに、完全にドリルで対応する学習形式である。文法学習も、(c)に示すように文型ドリルを出して、繰り返し練習することになる。

### 3.2　TUFS 教材

「TUFS 言語モジュール」は、インターネット上で 27 言語を学習できる E ラーニング教材であり、全ての言語は、発音・会話・文法・語彙の 4 モジュールから成る。この中の「日本語会話モジュール」は、大学生活に必要な日本語に焦点を絞り、これら機能シラバスに基づいて、初級レベルの 40 機能に対応する初級レベルの文型・表現を選定した会話教材である。会話は教室、研究室、食堂、図書館など大学内の様々な場所で、大学生の男女、教師、事務職員等の登場人物で展開される。

この教材は教室用と学習者用に分れ、教師がいる場合の学習と、教師がいない場合の学習に合わせた教材設計がなされており、学習環境によって自分に合った

図 3 TUFS 言語モジュール日本語会話教材

教材が選択できるようになっている。今回は学習者用を研究対象として使用した。学習者用のページでは、4 つの学習モデル（「聞いて話す」「聞いて書く」「読んで話す」「読んで書く」）の中から選択して利用するが、実験にあたっては、「聞いて話す」を用いた。図 3(a)に利用画面を示す。左側は、ステップを示すナビゲーションであり、右側は、各頁に対応する教材になる。各ページの内容は、下記の通りになる。

・ページ１：「まずは聞いてみよう」

図 3(a)に示すように、会話全体を把握するため、まず、会話全体の動画を再生し、聞くページである。

・ページ２：「内容を理解しよう」

1 ページの画面に対し、1 回一文一文を切り分けて聞き、内容の理解を図る。

・ページ３：「繰り返して言ってみよう」

このページでは、一文一文を切り分けて再生し、台詞を繰り返して言う練習を行う。

・ページ４：「文字を見て確認しよう」

図 3(b)に示すように会話のスクリプトが表示され、文章を視覚的に確認しながら、自由に文の音声を再生できるページである。

・ページ５：「会話してみよう」

図 3(c)に示すように、自分の発話者を選び、ロールプレイの形で練習できるページである。

上記のページ内容のとおり、この「聞いて話す」学習者用ページでは、基本的にはまず音声で入力して、後半になると、発話する作業になる。

### 3.3 会話台湾

精緻化理論に基づいた日本語教材「会話台湾」は、自然な会話能力の習得を目標とした自己学習用教材であり、精緻化理論(17)を一部採用し、千葉大学の竹蓋氏が開発した「三ラウンド・システム」(18)が精緻化理論と類似していると考え、二つの理論を参考にしつつ「台湾」の設計を行った。

教材の１課は、三つのエピソードで構成されている。各エピソードとも、単独で完結できるように下記の目標を設定した。

１．概略的な理解　目標：会話概略の確認

２．詳細な理解　目標：会話内容の詳細理解・聞き取りを中心とした練習

| | Page | 内容 | 動作 |
|---|---|---|---|
| 概略理解 | 1.1 | 会話の概略をつかむ | 会話を聞きながら聞き取れた単語とフレーズを選択する。 |
| | 1.2 | 内容を想像しよう | 単語とフレーズを見て内容を想像して入力する。 |
| 詳細な理解 | 2.1 | 単語を覚えよう | 単語とフレーズを学習する。再生録音ボタンで自分の発音をチェックする。 |
| | 2.2 | 文を組み立てよう | 一文単位で会話の内容を並び替える。 |
| | 2.3 | 内容確認 | 動画を見て質問に答える。適宜ヒント情報を閲覧する。 |
| | 2.4 | 聞き取り問題 | 会話を聞き、空欄に単語を入力する。（ディクテーション） |
| | 2.5 | 内容確認問題 | 会話の内容について選択式の問題を解く。 |
| 会話練習 | 3.1 | 文を聞こう | 一文ずつ会話を聞く。再生録音ボタンで自分の発音をチェックする。 |
| | 3.2 | 会話練習 A | ロールプレイの会話練習。再生録音ボタンで自分の発音をチェックする。 |
| | 3.3 | 会話練習 B | ロールプレイの会話練習。再生録音ボタンで自分の発音をチェックする。 |

**表 2「会話台湾」学習内容と学習者の動作**

３．会話練習　　目標：文の発話および会話練習

表２に各ページの内容と学習者の動作を示す。ここでは、図 4 に示すとおりその構成ページの一部を説明する。EP1-1 は、概略的理解を目標としているもので、学習者が会話を聞きながら、その中から聞き取れた単語にチェックを入れるタスクである。EP1-2 は、会話の単語およびフレーズを確認し、どんな会話かを想像するタスクである。EP2 は、会話内容の詳細理解を目標としている。その目標を達成するために、まず EP2-1 が単語の意味およびその発音を聞くタスクとなっている。EP2-2 は、会話内容を理解するタスクとなるが、ここでは、直接会話文を見せて、正答を提示する方法ではなく、「質問・ヒント」方式を採用した。まず問題を提示した後、学習者に答案が入っている会話の一部だけ聞かせるが、もし、わからなかった場合は、自分でヒントを確認して、繰り返し、答案の入っている会話を聴くという利用方法となっている。ヒントの呈示方式は、直接答案を教えるのではなく、答案に近づくように誘導することである。なお、この EP2-2 の質問は、５W1H の方針に基づき、スキットによって、2,3 問を用意してある。ここで、会話の重要な部分を理解できると、EP2-3 では、学習者は、会話文を聞きながら、ランダムに入れ替えられた会話文をもとの順番に

戻す作業を行うことになる。会話内容を理解できた後、EP2-4 の単語のディクテーション問題を解き、会話の内容と単語を覚えたかを確認できれば、EP3 に進む。

EP3 の目標は、発話することにある。EP3-1 は、会話文の音声を聞きながら、自分で真似して練習するタスクであり、EP3-2 はロールプレイングを行うタスクとなる。なお、EP3-2 は、EP3-2A と EP3-2B の 2 タスクがあり、それぞれ別の役割を演じることになる。

### 3.4 利用教材の違い

コースウェア教材は、学習者の自己学習のために設計したものであり、学習者が利用する際、大きくは教材中心より自己学習と学習者中心よりの自己学習に分けられる。これは、利用する教材の制限が高くなればなるほど、必ず教材の設計どおりにしか進められなくなるため、教材中心自己学習になる。ドリル教材のように、必ず設計されたステップで進むが、各ステップの利用も完全に設計されたものとなるため、教材中心の自己学習教材の側面が強まる。一方で、TUFS 教材のように、設計上においてもページを入れ替えて学習することが可能であるし、各学習ページも、それなりに自由な利用方法を採ることが可能となるので、こちらは学習者中心の自己学習教材の側面が強まるといえるだろう。特に国際交流基金がウェブで公開する「エリンが中心」、あるいは、東京外国語大学のウェブ上で公開した「JPLang」の会話教材とも、教材の電子化であり、学習者自身が利用法を考えて使用することになるので、学習者寄り自己学習教材になる。図 5 に各教材の位置づけを示すものである。

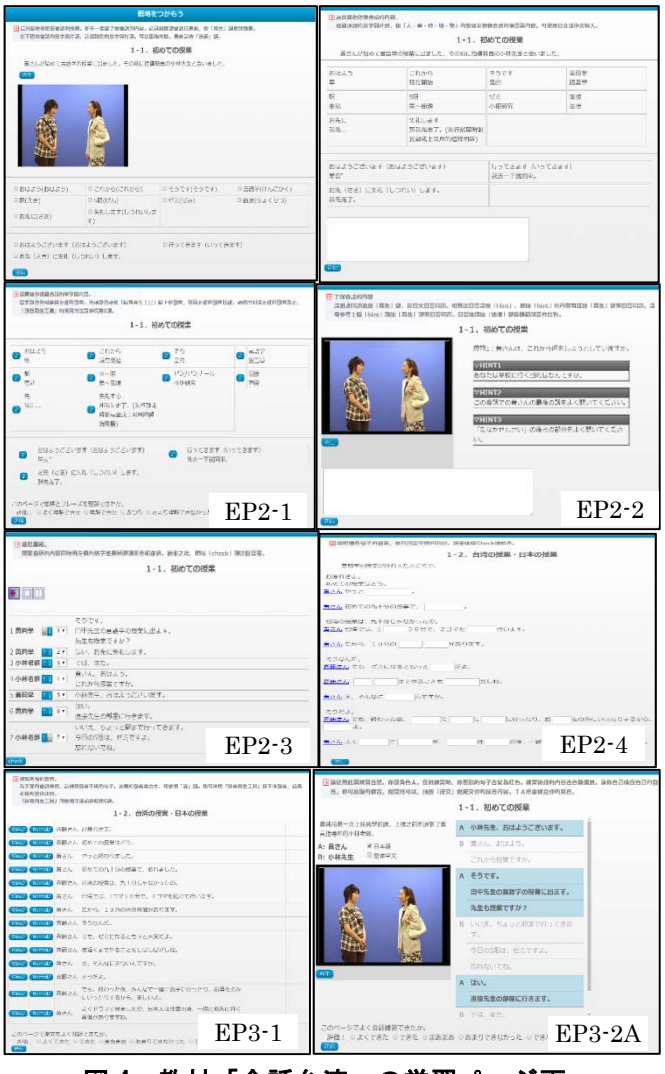



**図 4　教材「会話台湾」の学習ページ画**

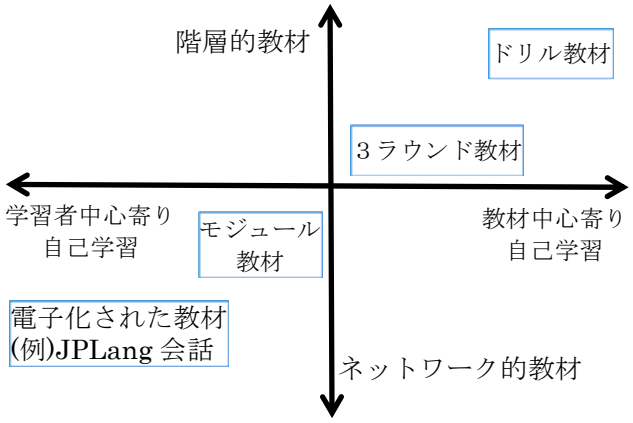



**図 5　教材の分類習ページ画面**

表 3 に TUFS 教材と会話台湾の教材構造比較を示す。ドリル教材は、そのまま比較できないため、省く。

| | 「TUFS 教材」 | 「会話台湾」 |
|---|---|---|
| シラバス | 場面・機能シラバス | 場面・機能シラバス |
| 目次 | 機能的 | 場面的 |
| スキット数 | 40 | 30(15 章×2) |
| スキット中の会話数 | 10～15 | 6～10 |
| 設定目標 | 聞く・話す | 会話(聞く・話す)を中心に四技能 |
| タスク数 | 5 | 10 |
| 情報提示 | 日本語の指示文、状況説明、動画、音声 | 中国語による指示文、動画、音声 |
| スキット間の連携 | 中 | 強い |
| 自由度 | 高い | 低い |

**表 3 TUFS 教材と会話台湾の教材構造の比較**

## 4. 実験内容およびその結果

ここで、その実験方法とその結果を述べる。

### 4.1 実験方法

これまでのアンケートによる調査の結果、ドリル教

材と会話台湾を比べた場合、学習スタイルの「順序的・全体」という項目に有意差があったことがわかった。ここでは、実際の海外日本語学習 1 年間の大学 2 年学生 1 クラス 25 名を対象に Felder の学習スタイル調査を行った。他の学習スタイルに影響されないため、その中から「順序的・全体」の項目に 7 以上、その他の項目は、可能であれば 5 以下に抑えられるような学習者を選びたいと考えたが、サンプリング数が少なく、「全体的・順序」を中心に選んだ。表 4 に示す調査対象者を示す。

| 学習者 | 学習スタイル | 性別 |
|---|---|---|
| A | 活動 5、理性 1 、言語 3、全体 9 | 男 |
| B | 活動 9、本能 5、視覚 1、全体 9 | 男 |
| C | 内省 1、理性 3 、言語 1 、順序 7 | 女 |
| D | 活動 1 、理性 1 、視覚 7 、順序 11 | 男 |

**表 4　調査対象者の学習スタイル**

日本語学習は全員、大学に入ってから初めて言語としての日本語に接している。 3 つの教材内容に関しては、台湾会話教材の内容が最も難しいが、理解できないわけではないことがわかった。また実験では、ドリル教材に関して 1 つの課を終了するのに、時間がかかるため、各タイプの教材にアクセスして、どんな構造かがわかればよい、と指示をした。その後、TUFS 教材と会話台湾を 30 分ずつ使ってもらい、下記の内容でインタビューを行った。

1．好きな教材順番を決めてもらい、その理由を述べる。
2．友達に紹介するとして、順番をつけてもらい、その理由を述べる。

以下各学習者のインタビュー結果である。

### 4.2　学習者 A

学習者 A は、少々活動的(5)であるが、「全体的」項目の値は 9 であり本人に確認したところ、自分にあっていると思った、ということである。 1 ステップずつ進んで学習するよりも全体をつかんでから学習するタイプである。自分にとって好きな教材は、「TUFS 教材＞会話台湾＞ドリル教材」の順となる。その理由は、第 1 ページから会話全体を学習し始め、特に TUFS 教材の 4 ページ目では、会話全体のスクリプトを見ながら、音声を聞いたり、訳を見ることができたので、会話を把握しやすい。ドリルの場合は、単純すぎでやっているうちに疲れると思う。会話台湾の場合、ページの構成が複雑で、たとえば EP2-2 ページの場合、動画を聞きながら質問を答えるが、その操作はつかみにくい、ということであった。

もし、友達に紹介するとしたら、「会話台湾＞TUF 教材＞ドリル教材」の順となり、周りの友達が会話台湾を選ぶであろうと思い、また、教材がしっかりと作られているように思われた。一番紹介したくないのは、ドリル教材であり、自分が選ばない理由と同じで、長く使うと疲れると考えたから、ということである。

### 4.3　学習者 B

学習者 B は、強く活動的タイプ的であり、全体的タイプであった。本人に確認したところ、非常に積極的なタイプであるとわかっているが、「全体的」の意味がつかめていないのでわからない、ということであった。しかし、好きな教材順と人に勧める順は、学習者 A と同じである。好きな教材順は、「TUFS 教材＞会話台湾＞ドリル教材」であり、選んだ理由は、会話台湾の場合、タスクの作業が多く、つかみにくい。それに対し、COE 教材の場合、操作に気をとられることがなくコンテンツに集中できる。ドリル教材の場合、あまりにも単純すぎて飽きてしまう、ということであった。人に紹介する教材順は、「会話台湾＞TUF 教材＞ドリル教材」となり、会話台湾を選ぶ理由は、大半の学習者は、多く聞いたり練習したりしたいから、だそうである。また、ドリル問題も同じくあまりにも単純すぎて、つまらないであろうと思った、ということであった。

### 4.4　学習者 C

学習者 C は、順序タイプであることを本人に確認したところ、その傾向があるということであった。彼女の場合は 3 つの教材に対し、「会話台湾＞ドリル教材＞TUFS 教材」が好きな教材順となり、会話台湾は、しっかりとステップを踏んでいるが、TUFS 教材は、単に聞くだけとなっているため、有効と思えない、とのことであった。ドリル教材も単語を覚えるのに役に立つと思った。また、会話台湾のエピソード名が面白く、内容を見たくなった、ということであった。

もし、人に紹介するとしたら、「ドリル教材＞会話台

湾＞TUFS 教材」の順となり、他者にドリル教材を進めたいのは、大半の学習者は、多く練習したいと思っているからだそうである。TUFS 教材に対しては、まったく「やっていることがよくわからない」様子であり、人にも勧めない、ということらしい。

### 4.5 学習者 D

学習者 D は、強い順序タイプであり、本人に確認したところ、そうだということであった。自分の好きな教材順は、「ドリル教材＞会話台湾＞TUFS 教材」となり、目の前の問題を一つずつ解決していく学習法が記憶に残ると考えた、ということである。自分にとって一番効果がないのは、TUFS 教材であり、理由は、とにかく聞くだけで動きが単調すぎるため、ということである。

また、他の学習者に勧めたい順としては、「会話台湾＞TUFS 教材＞ドリル教材」ということである。ドリル教材の場合は、やはりそれを単調だと考えられるため、他の学習者には勧められない、という答えであった。また、このドリル教材の単語入力や文型入力タスクを行う際、キーボードがコントロールされ、漢字変換入力ができないようになっている。この部分がわかりにくいため、敬遠されると思われる、ということであった。

### 4.6 考察

今回は、調査対象学習者の人数が少なく、うまく調査したい学習スタイルの学習者だけを選べなかったが、結果からみると、「全体的」の学習者は、学習者中心寄りの自己学習教材を選ぶ傾向があり、「順序」の学習者は教材中心寄りの自己学習教材を選ぶ傾向がある。その中でも学習者からは TUFS 教材に対して、「操作が簡単だ」というプラスの評価に対して、「単調すぎる」というマイナスのイメージもあることがわかった。それによって教材が選ばれる可能性もある。また、教材の質と関係なく、学習者 C のようにウェブのナビゲータとなっているエピソード名が良いから、と選ばれることもある。

今回の３つの教材においては、会話台湾の操作が最も煩雑で、約 30 分の利用時間では完全には理解できていないのでは、とも考えられるが、他の教材と比べると情報量が最も多く、見た目も多様性に富み、学習者たちは、面白いと感じているはずである。そのため、人に紹介する教材として、一番多く選ばれていると考えられる。実際にさらなる調査を行うとすれば、長期利用による評価が必要であろう。

## 5. おわりに

本研究は、リル型コースウェア教材と TUFS 言語モジュール日本語会話学習者教材、精緻化理論に基づいたコースウェア教材という設計思想の違った 3 種類の教材を学習スタイルの観点から評価するものである。海外日本語学習者の学習スタイルを調査したうえ、「全体的・順序」の各項目に特段の傾向を示した学習者に対し、教材の内容を確認した上で、「好き」な教材はなにか、という観点から分析すると、「全体的」に特段の傾向を示した学習者は学習者中心より自己学習教材を、「順序」に特段の傾向を示した学習者は、教材中心より自己学習教材を選ぶ傾向があった。しかし、学習者も教材のデザインなど質的な内容とは別の要素で教材を選んだりしていることもあるため、さらに正確な評価を行おうとすれば、長期的な評価が必要であると考えられる。今後、更なる調査を行い、コースウェア CALL 教材と学習スタイルの関係を明らかにしたいと考える。

### 参 考 文 献


(1) 浅沼大海 (1996) “Hyper Card ドイツ語教材の活用”, CIEC 編集委員会編コンピュータ＆エデュケーション第 1 号, Pp. 80-84Curry, L.（1983）‘An Organization of Learning Styles Theory and Constructs’, ERIC Document, 235-185

(2) 鈴木 克明 (1998) “HyperCard 上のドリル教材作成支援ツールの開発研究 ～教材設計モデルを用いた評価と使い易さの評価をもとに～”, 日本教育工学会論文誌, Pp. 43-55

(3) 秋山敬子, 林俊成 (2016) “Web 初級日本語、語彙練習補助教材の開発とその効果 ―モバイルラーニングの試み―”, 外国語教育学会第２０回研究報告大会, 外国語教育学会, 2016/12/18

(4) JPLang, 東京外国語大学, https://jplang.tufs.ac.jp/ 2019 年 10 月 1 日閲覧

(5) 大山牧子、村上正行、田口真奈、三上達也「教材構造と学習スタイルに着目した e ラーニング語学教材における学習行動の分析」『電子情報通信学会技術研究報告.ET, 教育工学』107（109）, 37-42, 2007

(6) 大山牧子、村上正行、田口真奈、松下佳代「e ラーニング語学教材を用いた学習行為の分析―学習スタイルに着目して―」『日本教育工学会論文誌』34（2）, 105-114, 2010

(7) TUFS 言語モジュール会話モジュール学習者用教材, 東京外国語大学, http://www.coelang.tufs.ac.jp/mt/index_d_learner.html, 2019 年 12 月 30 日閲覧

(8) Felder, R. M.（1995）‘Learning and Teaching Styles In Foreign and Second Language Education’ Foreign Language Annals, 28（1）, 21-31

(9) Felder, R. M. and Sprulin, J.（2005）‘Applications, Reliability and Validity of the Index of Learning Styles’ Int. J. Engng Ed. 28（1）,103-112

(10) TUFS e-learning system 会話台湾,東京外国語大学,< http://el.tufs.ac.jp/NJPTest/book/ >（2019 年 12 月 10 日閲覧）

(11) 林俊成（2018）”精緻化理論に基づいたコースウェア教材の開発―学習スタイルにおけるコースウェアの利用評価―”,東京外国語大学論集, no.97 p.145-161, 東京外国語大学

(12) Hartley, J. ”Learning and Studying: A research perspective”, London: Routledge, 1998

(13) 独立行政法人メディア教育開発センター, “諸外国における ICT 活用教育に関する調査研究報告書―質の向上、コンテンツ共有、学習スタイルの視点から―, メディア開発センター, 2006

(14) 青木久美子, “学習スタイルの概念と理論 - 欧米の研究から学ぶ - ”,『メディア教育研究』2（1）,197-212, 2005

(15) ソースネクスト,「ロゼッタストーン（RosettaStone）」, http://www.sourcenext.com/product/rosettastone/, 2018 年 8 月 1 日アクセス

(16) 株式会社 WEIC 日本語 e ラーニングサービス「超速日本語シリーズ」, ニュースリリースポータル, http://www.news2u.net/releases/34773, 2018 年 9 月 1 日確認

(17) 小野幸子（2005）「精緻化理論に基づいた入門情報教育教材の設計・開発」『岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科 2004 年度修士論文』

(18) 竹蓋幸生, 竹蓋順子 (2001) "新しい英語教育「三ランドシステム」",文京女子大学外国語学部・文京女子短期大学紀要創刊号, Pp. 1-15

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 情報系学生を対象とした文書作成力養成を目指した総合的なカリキュラムの評価

藤田　悠[*1]
*1 長野工業高等専門学校

# Evaluation of Comprehensive Curriculum for Training Writing Skills for Students who Learn Information Technology

Yutaka FUJITA[*1]
*1 National Institute of Technology, Nagano College

In system developing along with developing process, development documents are written in each process as products. Therefore, engineers need to have not only programming skills but also writing skills. I want to provide education of software documentation for students who learn information technology. But in school curriculum, students have little time to write development documents. So, I want to build extra curriculum that consists of introduction, skill up, application. I want students to realize writing skills in introduction part, to learn technical writing in skill up part and to have experience of software documentation in application part. In this paper, I introduce education contents in each step, results of education using these contents. I examine that students are conscious of educational aim.

キーワード: ソフトウェアドキュメンテーション, テクニカルライティング, プログラミング, 開発文書

## 1. はじめに

ソフトウェア開発は，要求定義，基本設計，詳細設計，実装，テストなどの工程からなり，実装以前の工程では，定義や設計などといった，その工程の成果を文書で表す. その文書は, UML などの図式で表すこともあるが，上流の工程では特に，自然言語で表すことが多くなる. そのため, 開発に携わる技術者にとって，実装のプログラミング能力だけでなく，設計した内容を明確に日本語で著すライティング能力も必要である.

そこで，システムエンジニアやソフトウェア開発に携わる技術者を輩出する本校において，日本語のライティングスキルを早い段階にて養成したいと考えた. しかし，対象を高等専門学校 3 年生としたとき，ソフトウェア工学などの知識などを学習する時期が高学年であることや，学生が普段作成する文書が主にレポートであることを考慮して，開発文書を中心にしたライティング教育から実施することは，難しいと考えた.

そこで，レポート作成を主たるテーマとして，ライティングスキルの必要性に気づきを与え，気づきからライティングスキルを養成する問題演習を実施する. さらに，その応用として，ソフトウェア開発文書に近い題材による演習にて，さらなる展開につなげるカリキュラムを検討し，その教材を作成して実施した.

本稿では，考案したカリキュラムを示し，カリキュラムを構成する内容を紹介する．さらに，これらのカリキュラムを通して実施した結果を紹介し，各段階で目的とした効果が与えられているか評価する.

## 2. これまでの教育

総合的なカリキュラムを組むまでに，これまでに，我々が取り組んできた，開発文書教育を構成する教育内容を示す.

### 2.1 プログラミングを介した演習

導入教育として，ペアで異なる課題の設計書を作成して，それを交換してプログラミングしてもらう演習を検討して実施した(1).

開発文書には，要求定義や設計など，プロセスの段階における多様な設計書があり，文書の種類によって求められるスキルは異なる．分析や，発想などがより重要になる工程もある．本取組では，あくまでもライティングスキルにおける範囲として，文書による情報伝達について，プログラミングを通して体験させる．したがって，プログラムを実現するための発想を考える要素を含まない演習とした．そこで，ペアを組んだ二人に，異なる課題のアルゴリズムを図解した文書を渡し，それを日本語の設計書で著し，その設計書を相手に渡して，プログラミングしてもらう演習とした．

これにより，自分が作成した設計書でプログラミングされた結果を見ることで，相手にどのように伝わるかを認識する．設計書の書き手と読み手の両方の立場から，ライティングについて考えることを期待した．

### 2.2 問題演習

ライティングスキルの不足や向上の必要性の気づきに応じて，スキルを養成する手段を提供したいと考えた．その方法として，ドリル形式でライティングの具体例を学習する演習問題を作成した(2)．ことき，演習問題のテーマを，開発文書ではなくレポート作成とした．これは，本教育の対象とする高等専門学校 3 年生が置かれている状況から判断した．

長野高等専門学校 電子情報工学科では,実験科目でレポートにて報告するだけでなく，授業科目においても課題に取り組んで，その結果をレポートで報告されることがある．したがって，レポートという形でライティングスキルを活用する場面が多いので，多くの場面で活用できるテーマの演習問題を作成した．

はじめに，レポートの書き方として，レポートに必要な項目や，求められる特性について説明した．必要な項目について説明したあと，求められる特性について，システム開発文書品質研究会が提供している，システム開発文書品質モデル(3)に基づいて，レポートに必要な特性を説明した．システム開発文書品質モデルは，システム開発文書に必要とする特性として，完全性，論理性，理解容易性，可読性，規範適合性からなる 5 特性を定義し，副特性，測定項目を与えている．

演習問題は，レポートの書き方の概要と同様に，システム開発文書品質モデルに基づいて構成する．完全性，論理性，理解容易性，可読性，規範適合性からなる 5 特性を構成する副特性に含まれる測定項目ごとに演習問題を与えている．

完全性については,「1.1 読み手を決める」「1.2 文書の目的」のような項目を設けた．例えば,「1.2 文書の目的」では，実験テキストに示した実験の指示内容を提示し，レポートに示すべき目的に該当する文章をまとめる演習とした．

論理性については,「2.1 対応すべき項目や内容において、対応がとれているか」「2.2 理由や根拠を必要とする箇所に、その記述があるか」のような項目を設けた．例えば,「2.3 見出しの付け方、記述組立てが適切か」では，レポートに示すべき項目をリストで示し，これらの項目を構成する章，節の立て方を考える演習とした．

理解容易性については,「3.1 多くの解釈にされうる表現がないか」「3.2 表内に空欄がないか、あっても『なぜ空欄か』は明確か」のような項目を設けた．例えば,「3.1 多くの解釈にされうる表現がないか」については，読み手が複数に解釈される可能性のある文章を示し，その問題点を指摘し，複数の解釈が生じない文書に直す演習とした．

可読性については,「4.1 短文で，一文一義で書いているか」「4.2 係り受けの関係が明確になるように語順を考えているか？」のような項目を設けた．例えば,「4.1 短文で，一文一義で書いているか」については,一文に複数の内容が含まれている文章を示して，問題点を指摘して，適切な文章に直す演習とした．

### 2.3 説明文作成による導入演習

ライティングスキルの必要性を認識するための，気づきの導入教育として,「空間配置」と「時系列」に関する説明文を作成して，相手に伝達できるかを確かめる導入教育を実施することとした(2).

プログラミングを介した演習では，気づきを与えることができる点については有効であるが，プログラミングという過程を経るため，ライティング以外のプロ

グラミングスキルが強く影響すると考えられ，こちらが期待した，文書に対する気づきに至らない受講者が見られた．そこで，導入のための教育として，プログラミングを介した演習と同じ形式を用いることとして，題材を「空間配置」と「時系列」による説明文とした．

「空間配置」では，家庭用電化製品の操作パネルのデザインを文書で相手に伝えることをテーマとした．ペアで異なる題材のデザインを伝える文書を作成し，相手に文書を渡してそれをもとに図示してもらい，伝達を確かめる．「時系列」では，地図上での移動経路を文書で相手に伝えることをテーマにした．ペアで異なる目的地について，文書でその移動経路を説明して，相手に文書を渡して，その文書をもとに地図上で移動した結果を見て，伝達を確かめる．

## 3. 統合的なカリキュラム

### 3.1 構成

これまでに考案した，部分の教育及び教材を，統合的に実施するために，カリキュラムを構成した．表 1 に全体の計画を示す．

はじめに，気づきの導入教育を実施する．そののち，導入教育で得られた気づきをグループで共有して，身に着けるべきスキルや，ライティングスキルの必要性などを認識するためにグループワークを実施する．

次に，得られた気づきから，具体的なライティングスキルを養成するために，問題演習を実施する．

最後に，得られたスキルをもとに，応用課題として，プログラミングを介した設計書作成の演習を実施する．これにより，これからもライティングスキルを向上させる必要があると認識させて，さらなる展開を期待する形で終わる．

表 1　全体のカリキュラム

| 回 | 内容 |
|---|---|
| 1 | 説明文による演習（空間配置） |
| 2 | 説明文による演習（時系列） |
| 3 | グループワーク |
| 4 | レポートの問題演習（概要，完全性） |
| 5 | レポートの問題演習（論理性） |
| 6 | レポートの問題演習（理解容易性・可読性） |
| 7 | 設計書の演習（設計書作成） |
| 8 | 設計書の演習（プログラミング） |

### 3.2 気づきのモデル

導入教育について，そこから演習に展開するための評価として，気づきのモデルを与え，そのモデルに該当する気づきがえられているか，確認する．

気づきのモデルを図 1 に示す．これは，導入教育での気づきとして得てほしい事柄について関係づけたものである．気づきの種類として，まずは，自分や他人の文書を観察する「観察」を行い，観察した結果をもとに，文書を介した情報伝達の難しさである「伝達」と，自己の文書力を振り返る「自己」に関する「現状分析」の気づきを得る．この気づきから，文書力が自身に必要であることからなんらかの「対策」が必要であることを認識するという展開を期待している．

導入教育で評価については，この気づきのモデルに当てはまる気づきを確認することで判断する．

### 3.3 工夫

これまで考案して取り組んできた，「プログラミングを介した演習」「問題演習」「説明文作成による導入演習」を用いて，統合的な教育を実施するために，構成を検討したほかに，グループワークを追加した(3)．これは，気づきから問題演習につなげるための学習意識を高めるためである．

これまで，説明文作成による導入演習にて，ライティングスキルの必要性があるという学習意識を高めることを考えていたが，気づきのモデルの 3 段階のうち，はじめの「観察」「現状認識」については十分与えられたが，「対策」に関する意識は十分与えられていなかった．そこで，ペアによる相互の情報交換だけでなく，グループで，他のメンバーの気づきや考え方を共有することで，学習意識の向上につなげられことを期待した．グループワークの内容は，「相手に伝わる文章とは，どんな文章か」というテーマにて，各自が考えら要素をまとめてグループ化し，構造化する演習である．

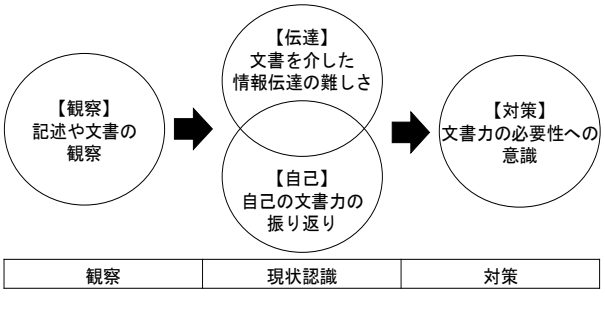



図 1　文書を介した演習による気づきのモデル

「空間配置」と「時系列」について演習した後で，「相手に伝わる文章とは，どんな文章か」というテーマで，各自が気づいたことを付箋に書き出すように指示した．その後，4，5 名のグループにて，KJ 法でまとめるように指示した．その後，全体でグループごとに発表させ，結果を共有させた．

## 4. 実践結果

### 4.1 受講者の状況

長野工業高等専門学校　電子情報工学科　3 年生を対象として，受講希望者 26 名に実施した．

対象者における，テクニカルライティングに関する学習状況については，これまで，高等学校と同様の，国語の授業を受けるほかには，授業科目として設けられていない．レポートの書き方については，ワードプロセッサとしての TeX や Word の使い方に関する授業で触れる他，実験科目の中で，レポートの書き方を指導する形にとどまっている．

対象者のプログラミングに関する学習については，2 学年通年で C 言語を学習しており，3 学年では通年科目「データ構造とアルゴリズム」の科目で C 言語を取り扱うほか，前期の実験科目で，C 言語にてプログラミングする．まだ不慣れな学生もいるが，一通りの知識は学習済みである．開発プロセスについては，5 学年でソフトウェア工学を学習するため，現時点では知識を有していない．

### 4.2 アンケート

導入教育，問題演習，応用演習それぞれの段階で受講者からとったアンケートの結果を示す．

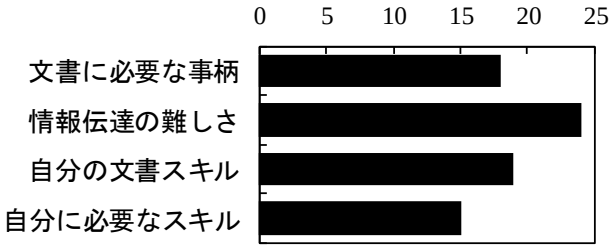



図 2　導入の演習での効果

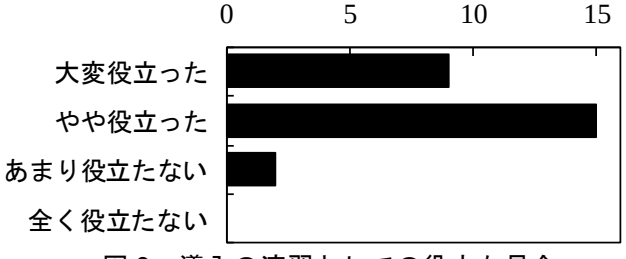



図 3　導入の演習としての役立ち具合

#### 4.2.1 導入教育後

導入教育での説明文作成及び，グループ演習を実施した後に受講者からとったアンケートにて，「これまでの演習を通して効果があったと思えるものを選択してください．（複数回答可）」との質問に対して，「文書に必要なことがらがわかった，情報伝達の難しさが分かった，自分の文書スキルが分かった，自分に必要なスキルがわかった」から選択させた結果を図 2 に示す．

情報伝達の難しさや，自分の文書スキルに関する「現状認識」の気づきが多い．一方で，「自分に必要なスキル」への「対策」に関する気づきは比較的少ない．学習する意識につながる部分が最も気づきとして難しいが，比較的その気づきも与えられていることが分かる．

また，「この 3 回の演習で学んだこと，気づいたこと，得られたことは何でしょうか？具体的に書いてください．」との質問に対して，次のような記述があった．「伝えたい情報の選び方．」「相手に情報を伝えることの難しさ．」「読者視点で書いていくことの大切さ．」「自分の説明の良いところと悪いところが明確になり，改善点が分かった．」

気づきのモデルに該当する選択肢の始めの 3 種類に該当する気づきが得られている記述があった．

さらに，「文書で正確に情報を伝達するために自分に必要なスキルは何でしょうか？具体的に書いてください．」との質問に対して，次のような記述があった．「相手に伝えるべき情報を整理して優先順位をつけるスキル．」「自分の頭の中で思ったり考えたりしている抽象的なことを，具体的な文章として表現すること．」「語彙力が足りない．」

自分に必要なスキルとして，考え方や整理方法，文書化すること，記述に関することへの気づきがあった．

#### 4.2.2 問題演習後

問題演習で，レポートの書き方について問題に取り組んだあとに受講者からとったアンケートにて「空間配置・時系列の演習で気づいたことの学習として概要や演習が役立ちましたか？」という質問に対する回答を図 3 に示す．

役立ったとの，好意的な意見が大半を占めた．その理由の記述は次のようなものがあった．「物事を空間的，時間的にとらえることができるようになり，そのこと

について説明する力がついた.」「どのような順番で相手に伝えたらわかりやすいかや，必要な情報かどうかを考えて文章を書けるようになったため.」

一方で,否定的な記述には次のようなものがあった.「別の話として捉えていた節があったため，あまり意識できなかった．空間配置はレポート本文に関わってくるため役に立ったが，レポートという形では，時系列はあまり用いないなと思った.」「自分で説明文を書いただけで終わってしまった気がする．例えば，皆が書いた説明文を全体公開するとかして，他人の文章を見ることがいいと思う.」

4.2.3 全体終了後

設計書の演習を実施した後に，受講者を対象にしたアンケートにて，これまでの各段階で行った学習が，それぞれの目的に合致していたかどうか,「合致していた」「やや合致していた」「あまり合致していない」「合致していない」の 4 択にて尋ねた.

「第 1～3 回（空間配置と時系列とグループディスカッション）は，現状の文書力を試して，スキルアップを意識づける目的でしたが，その目的に合致していましたか？」という質問に対する回答を図 4 に示す.全回答が肯定的であった．その理由として，次のような記述があった.

「図を説明することがとても難しい事だということが理解できた.」「文書力のスキルアップはしたと思うが，レポートに直接的に影響するか分からなかったから.」前者のように，ライティングの難しさなどを理解している記述はあったが，後者のように，空間配置と時系列としてのとらえ方や視点について，ライティングに共通する考え方として理解できていない様子がある.

「第 4～6 回（問題演習）は，具体的なライティングスキルを身につける目的でしたが，その目的に合致していましたか？」という質問に対する回答を図 5 に示す．88%が肯定的な回答であったが，否定的な回答もあった．その具体的な理由として，肯定的な回答として次のような記述があった.

「レポートの書き方を中心に自分に必要なスキルを学ぶことができた.」「レポートの文章力，ライティングスキルが直接的に影響し，身についたから.」レポートの書き方を対象にして，広く適用できるライティングスキルを身につけられている様子が見られた.一方，否定的な回答として次のような記述があった.

「知っていることや基礎的な内容が多かった.」「解答例が 1 パターンしかなくて，自分のライティングスキルでは上がったとは思えない.」「正しい理由があまり明示されていなかったから.」我々としては，良い書き方について，感覚的でなく，論理的に説明しているつもりであったが，十分でないところがあることや，唯一の良い例以外の良い書き方や，他の書き方も含めて探求したい回答があった.

「第 7～8 回（設計書作成とプログラミング）は，ライティングスキルを設計書に応用して，さらなる学習につなげる目的でしたが，その目的に合致していましたか？」という質問に対する結果を図 6 に示す．全員が肯定的な回答であった．その具体的な理由として，次のような記述があった.「設計書作成について，これまで学んだことを用いて順序だててまとめられたから.」「設計する，プログラミングするという作業で文書を読む，書く練習になった.」設計書の作成においても，説明文で学習した捉え方が適用できていることを感じさせる意見や,「設計書を書いて，プログラミング

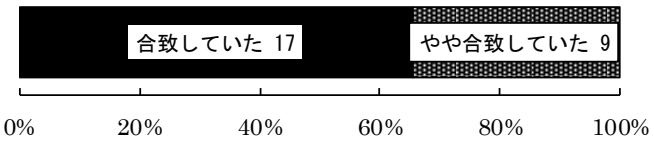



**図 4　導入教育の目的への合致具合**

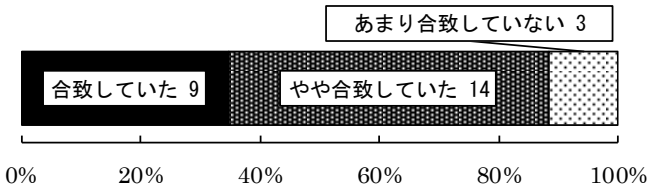



**図 5　問題演習の目的への合致具合**

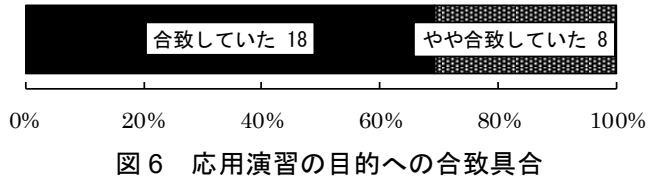



**図 6　応用演習の目的への合致具合**

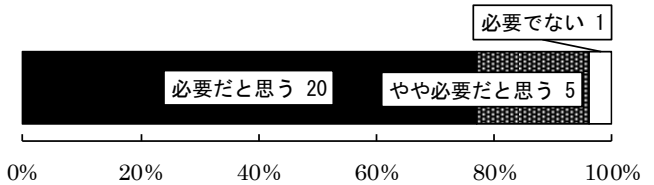



**図 7　文書スキルの学習の必要性**

で設計書を読む」という体験から，読み手と書き手の両方の立場からの視点から，文書をとらえられている様子がみられた.

「今後も文書スキルの学習が必要だと思いますか？」という質問に対して「必要だと思う」「やや必要だと思う」「あまり必要でない」「必要でない」から選択させた結果を図 7 に示す. 96%で肯定的な回答であり, 1 件のみ，否定的な回答があった．肯定的な記述には次のようなものがあった.「設計書を作る・読むだけでなく，様々な場面で必要な技術だと感じたから.」「セミナーを受けてみて，実際に文章を書いてみて，自分の文章能力はまだまだだと思ったし，もっとスキルを伸ばす必要があると思ったから.」

否定的な回答としては，次のようなものがあった.「日本語が難しいから，これ以上勉強しても成果はたいしてないと思う.」肯定的，否定的両方の記述とも，文書スキルが必要であることは認識している．良い文書を見ることでスキルアップしたい理由は述べられており，本テーマの意識づけと相違ないと考えられる.

### 4.3 評価

#### 4.3.1 導入教育から演習への接続

導入教育では,「文書を介した演習による気づきのモデル」に該当する気づきが得られていることを目標とした．それに対して,「観察：記述や文書の観察」,「伝達：文書を介した情報伝達の難しさ」,「自己：自己の文書力の振り返り」,「対策:文書力の必要性への意識」,それぞれについて，効果があったと回答があった．しかし, 以前の取り組み(1)にて「対策：文書力の必要性への意識」の気づきが十分に与えられなかったという結果であったことに対して，今回の結果では，4 種類で最も低いものの，一定の気づきを与えられている.

前回と今回で，比較対象が異なるので，均質な比較はできないが，前回と変更したことは，グループディスカッションを追加したことである．グループディスカッションで，自分が思いついた事柄について，他の人も同じ気づきがあったことを認識していた．また，他の人が気づいたライティングスキルについて認識して新たな気づきとなっていた．これにより，学習が必要であることを認識することに寄与したと考える.

#### 4.3.2 ソフトウェア開発文書の書き方と発展

第 7～8 回の目的に対する問いに対して，ソフトウェア開発文書においても，説明文で学習した見方や整理の方法，問題演習で学習したライティングが適用できることを認識していた．さらに，今後も自分に必要なスキルであることを認識している様子が伺えた.

## 5. まとめ

情報系の学生に必要とするテクニカルライティングを自ら必要性を認識して身につけるために, 導入教育, 問題演習，応用演習からなるカリキュラムを構成し，実践した.

各パートで求めた目的ついて，アンケートの記述から，おおよそ満たしている様子が見られた.

問題演習については，個人で学習するスタイルになることから，スキルを身につける目的としては，この方法もよいと思うが，前後のパートでのアクティブな学習形式から見ると，十分学習者に納得を与えて，積極的に学習するところに合致しないように思われた.

改善としては, この部分においても, 自分で気づき，他の人の見方や考え方を確認しながら，自分で納得して学習できる形式にしたいと考えている.

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP 17K12937 の助成を受けたものである.

### 参 考 文 献

(1) 藤田悠, プログラミングを用いた文書作成技術育成のための導入教育教材の改善, 日本教育工学会　第 33 回全国大会，p331-332，(2017)

(2) 藤田 悠, 説明文作成と問題演習からなる 文書力育成のための教育の検討と実践，教育システム情報学会，2018 年度第 6 回研究会，B-1-4，pp71-78，(2019)

(3) システム開発文書品質モデル Ver.1.1，システム開発文書品質研究会，(2018)

(4) 藤田 悠，ソフトウェア開発文書作成力養成のためのカリキュラムにおける気づきからスキル演習に展開するための改善，日本教育工学会 2019 年秋季全国大会，pp421-422，(2019)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 造形要素への着目を促すための作品比較による美術鑑賞支援に関する検討

田窪 梓[*1], 田中孝治[*2], 堀 雅洋[*1]
*1 関西大学大学院総合情報学研究科
*2 金沢工業大学情報フロンティア学部

# Art-Appreciation Support by Comparing Printed Images of Paintings to Help Paying Attention to Formative Elements

Azusa TAKUBO[*1], Koji TANAKA[*2], Masahiro HORI[*1]
*1 Graduate School of Informatics, Kansai University
*2 College of Informatics and Human Communication, Kanazawa Institute of Technology

ミュージアム学習では，学習者は展示物に対する受動的な学習だけでなく，展示物の価値を主体的に読み解き解釈することが求められている．また，美術鑑賞教育において，作品に固有の知識だけでなく，さまざまな作品に柔軟に応用できる鑑賞力を身につけることが重要とされている．絵画鑑賞では，作品の構成要素である造形要素についての知識を学習者へ提示することが，絵画への解釈に影響を与え，理解を深めることに有用と考えられる．しかしながら，単に知識を提示するだけでは，鑑賞初心者は作品内で着目すべき箇所を見出すのに戸惑ってしまう可能性がある．そこで本研究では，複数の絵画作品画像を提示し，学習者が作品画像を比較しながら解答する問題を用いて，作品間の共通点や相違点に気づかせることにより，学習者自身が造形要素へ着目しさまざまな解釈の可能性について主体的に考えるきっかけを与える美術鑑賞支援方式を提案する．

キーワード: 鑑賞支援，美術館，造形要素

## 1. はじめに

美術館を含むミュージアムは，文化的価値を有する資料の保管や研究, 教育をその役割として担ってきた．近年はミュージアムの役割として教育・学習的側面が特に重視され，ミュージアム利用者は展示物に関する資料の閲読を中心とした受動的な学習だけではなく，展示物の価値を主体的に読み解き自ら理解・解釈することが求められている．

美術鑑賞教育では，教える側が設定した解釈への追従的理解を求めて鑑賞者の主体性を抑制すること，あるいは作品解釈における発想の自由度を尊重しすぎることは，鑑賞能力の育成に望ましい効果をもたらすとはいえないとの指摘もある(1)．鑑賞教育では，作品固有の背景や知識を学習するだけでなく，さまざまな作品に柔軟に応用できる鑑賞力を身につけることが重要とされている(2)．王・石崎(3)の研究では，作品の構成要素を絵の主題，表現性，造形要素，作風などのスタイルの 4 つに分け，中学生から大学院生までの鑑賞文にどの要素が含まれるか分析している．その結果，年齢によって言及されやすい構成要素は異なるものの，どの年代においても造形要素への言及がなされていることが確認されている．また，田中・松本(4)では，鑑賞初心者は具象画に対しては絵画の意味内容など絵の主題

にかかわる言及が多かったが，抽象画では形式的要素（造形要素）のなかでも特に色へ注目する傾向が確認された．特に，絵画の構図や色などの形式的要素に言及した解説文を提示することにより，鑑賞初心者が形式的要素に注目するようになったと報告されている(4)．

一般に，熟達した鑑賞者は絵画の造形要素やスタイルへの言及が多いといわれている．田中・松本(4)の研究では，鑑賞文という限られた情報で鑑賞初心者の絵画への反応に変化を与えている．これらのことは，鑑賞において造形要素の知識を提示することが，単に作品内の造形要素に気づかせるだけでなく，その解釈にも影響を与え，鑑賞初心者の見方を熟達者の見方へと変化させることを示唆している．

通常の作品解説は，個別作品に対してその主題，描かれた場面について解説することが多い．しかしながら，鑑賞初心者にとって作品内で着目すべき箇所を特定することは容易ではない．これに対して，解説対象となる作品だけでなく，それ以外の作品との共通点や相違点を探し出すことで，鑑賞経験によらず対象を観察する行為として主体的に取り組むことができると考えられる．

このような比較鑑賞については，中学生を対象とした授業で，色調を補正した同一絵画を複数枚提示することによって「風」に関わる造形表現を分析させ，その象徴性について学ばせることができたと報告されている(1)．ただし，この授業では教師が作品比較において主導的な役割を果たし，生徒らに象徴性や造形性の理解を促している．ミュージアム学習では主体的な学習が求められていることから，学習者がさまざまな解釈の可能性を主体的に模索する鑑賞経験を獲得できるように鑑賞支援を行う必要がある．

本研究では，複数の絵画作品画像を提示し，それらを比較しながら解答する問題を用いて，さまざま解釈の可能性について学習者自身に考えさせる作品比較による美術鑑賞支援方式を提案する．本稿では，他者が解説を直接教示したり，鑑賞要領を示唆したりすることなく，提案方式によって造形要素について考えるきっかけを与えることが可能かどうか評価実験によって検討した結果を報告する．

## 2. 作品比較による鑑賞支援

本方式では，複数の絵画作品を比較しながら考える問題を提示し，解答後に正誤の表示との解説を行う．この事後解説は，美術鑑賞における作品解説などの補助資料に当たるものである．美術館での鑑賞においては，鑑賞者は作品以外にその補助資料から鑑賞のための情報を読み取る．絵画や彫刻などの作品には，その作品タイトル，作者名，画材（素材），制作年が簡潔に記されたキャプションボードが添えられている．また，展覧会の主要な作品には，作品が描かれた場面や作家がその作品を制作するに至った背景など補助的な説明として示される場合もある．

美術鑑賞では鑑賞者がそれぞれ多様な見方をし，他の鑑賞者と互いに交流することで解釈を深めていくことが望ましいとされている(3)．他者との交流によって解釈をより深めていく鑑賞方法として対話型鑑賞がある．対話型鑑賞では，学芸員や教師が知識を一方的に教授するのではなく，「これは何だろう」「何が起きているのだろう」と問い，それに対して鑑賞者が自分なりに作品の意味を考えていく(5)．学芸員や教師はその助けとなるよう，問いの答えに対してさらに問いを投げかけたり，他の鑑賞者の意見を促したりする．これは単に自由奔放な発想を促すだけでなく，問いを立てることによって注意深い観察が行われ視覚的な観察力を養うことを意図している．

しかしながら，実際の鑑賞においては学芸員や教師が必ずしもその場にいるわけではない．そのため，鑑賞者１人で試みることができる方略として，作品間の共通点や相違点を探すという指針に従って着目箇所を見出すことのできる作品比較が有用と考えられる．

作品比較の際に鑑賞者が注意し見比べるのが作品の構成要素である．絵画作品の構成要素は，絵の主題，表現性，造形要素，作風などのスタイルの 4 種類である(3)．具体的に説明すると，描かれている題材や作者の意図である絵の主題，作家の感情表現や鑑賞者が感じ取ったことである表現性，色や線などの描かれたものの造形から絵画の大きさまでを含む造形要素，作家独特の描き方や美術史における分類などのスタイルである．そのうち造形要素については，「色」，「形」，「テクスチャ（材質感）」，「コンポジション（構図）」に細

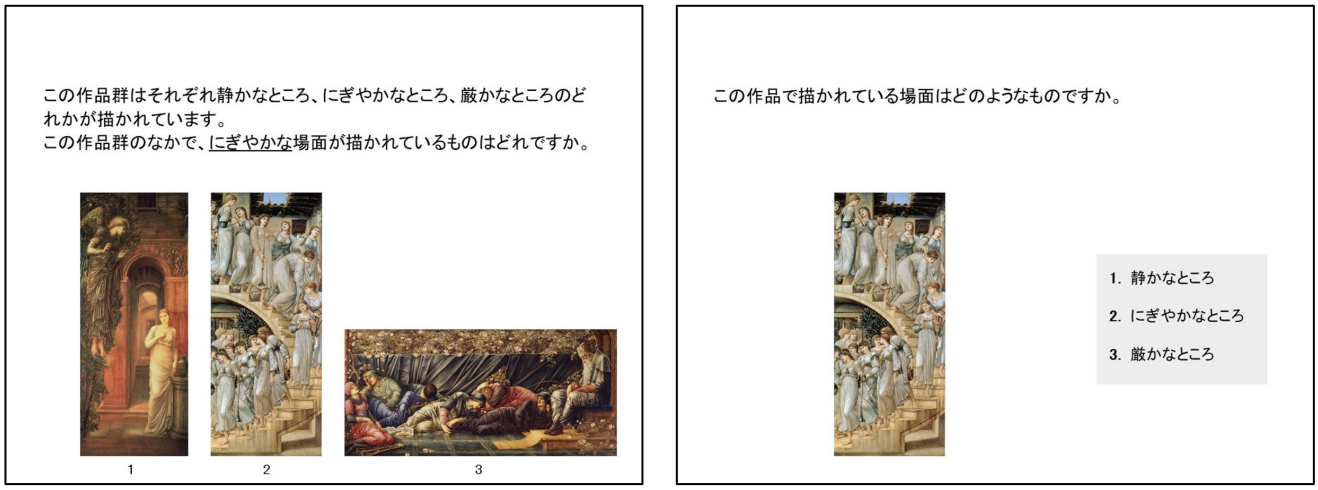



**図 1 作品画像の比較あり問題（左）と比較なし問題（右）の提示画面例**

分化される[6]．これらのことから，比較経験やその解説でこれらの造形要素について説明することにより，鑑賞者の造形要素への着目が促されると期待できる．

本研究では，個別作品に描かれた場面の解説という通常の作品解説に対して，問題と複数の作品画像を提示することによって作品画像を比較しながら解答し，解説で造形要素について説明する美術鑑賞支援方式を提案する．これにより，作品間の共通点や相違点に気づき，学習者自身が造形要素へ着目し主体的に考えるきっかけを与えると期待できる．比較の有無による提示方法の違いを図 1 に示す．

## 3. 評価実験

本実験では，作品の比較と問題の解説の種類によって作品の着目点の理解促進，学習の意欲向上が促されることを検証する．そのために，問題とともに提示される作品画像数（単一／複数）と，解説として示される知識の種類（造形的知識／作品固有の背景的知識）をそれぞれ組み合わせた計 4 条件で，絵画作品の着目点の理解や鑑賞への意欲などを従属変数として評価実験を実施した．

### 3.1 評価協力者

評価実験には，情報学を専攻する大学生 96 名（平均年齢：19.6 歳，うち女性 40 名）が参加した．評価協力者を 4 条件に 24 名ずつ均等に割り当てた．なお，普段美術館へ行く頻度，クラブ活動などの美術経験について，評価実験後のアンケートから，各条件に差がないことを確認した．

### 3.2 評価素材

評価課題に用いた作品は，先行研究[4]から対象を鑑賞初心者が言及しやすい具象画とし，近現代の西洋画家の作品画像を用いた．また，作家によってスタイルが異なるため，比較時に「コンポジション」や「形」に注意が向きやすいよう，1 つの課題では同じ作家の作品を提示するようにした．

各評価課題は，作品画像とその作品についての問題文と解答選択肢が提示される問題画面，提示された問題に関する解説画面からなる．問題の内容としては，4 つの造形要素のうち，絵画の軸となる「コンポジション」，および描かれた事物を読み取るのに必要な「形」を対象とし，それぞれについて問題を作成し，各協力者に 2 問ずつ出題した．また，各造形要素について，人物画と風景画を題材とした問題を 1 問ずつ作成し，各協力者には人物画と風景画を対象とした問題が 1 問ずつ出題されるようにした．

問題展示画面は，作品画像の比較の有無によって構成が異なる（図 1）．例えば，比較あり問題では画面上部に「この作品群はそれぞれ静かなところ，にぎやかなところ，厳かなところのどれかが描かれています．このなかで，にぎやかな場面が描かれているものはどれでしょうか」という問題文，その下に 3 点の作品画像を解答選択肢として横並びで提示する（図 1，左側）．一方，比較なし問題では，「この作品で描かれている場面はどのようなものでしょうか」という問題文とともに，その左下に比較あり問題で正解とされた作品画像，右下に比較あり問題で用いられたものと同じ場面（例

表 1　平均正答率(%)

| | 比較あり | | 比較なし | |
|---|---|---|---|---|
| | 造形的知識〔n=24〕 | 背景的知識〔n=24〕 | 造形的知識〔n=24〕 | 背景的知識〔n=24〕 |
| 課題 1 | 95.8 (20.4) | 95.3 (20.4) | 79.2 (41.5) | 58.3 (50.4) |
| 課題 2 | 95.8 (20.4) | 100.0 (0.0) | 58.3 (50.4) | 45.8 (50.9) |

丸括弧内の値は標準偏差

表 2　平均解答時間(秒)

| | 比較あり | | 比較なし | |
|---|---|---|---|---|
| | 造形的知識〔n=24〕 | 背景的知識〔n=24〕 | 造形的知識〔n=24〕 | 背景的知識〔n=24〕 |
| 課題 1 | 15.20 (9.3) | 17.80 (14.1) | 9.10 (9.4) | 8.49 (2.7) |
| 課題 2 | 14.16 (6.1) | 16.40 (7.9) | 12.06 (8.8) | 12.07 (8.7) |

丸括弧内の値は標準偏差

えば「静かなところ」) を表す言葉が選択肢として提示される (図 1，右側).

解説画面は，解説として取り上げる知識によって説明内容が異なる．造形的知識の解説では，問題で取り上げた造形要素について説明する．例えば，造形的知識として「この作品は女性たちがお喋りしているところを斜めの構図を用いて描いています．絵画は軸となる構造線によって与える印象が変わり,斜めは活気を,縦は緊張感,横は静けさを表します.」という解説が示される．また，背景的知識の解説では，作者名や作品タイトル，描かれた場面について説明する．例えば，背景的知識として「この作品はバーン=ジョーンズ作『黄金の階段』です．女性たちが楽器を手に，お喋りをしながら階段を降りていく場面が描かれています.」という解説が示される．解説画面は解答選択後 30 秒間表示されるようにした.

### 3.3 実験手順

実験はデスクトップパソコン (17.0 インチの解像度 1280×1024) を用いて行った．事前に，評価課題では解答選択後に作品の説明が示されること，引き続き示される解説画面は 30 秒間表示されるのでその間はその説明をよく読むように指示した.

その上で，評価課題 (2 問) に解答を求め，各問題に解答した後，解説画面が展示され，30 秒経過後に次の課題があることを説明する画面へと自動で遷移した.

最後に，着目点の理解や学習の意欲などに差があるかを確認するアンケートを行った.

## 4. 結果と考察

### 4.1 課題の解答時間と正答率

比較の有無による作品画像への注視時間とそれによる正答率の差への影響を検討するため,正答率(表 1) と解答選択肢を選ぶまでに要した解答時間 (表 2) を分析した．解答時間と正答率を従属変数として，2 要因 (比較の有無×解説知識の種類) の分散分析を行ったところ，いずれも交互作用は認められず，課題 1 の解答時間と，課題 1 と課題 2 の正答率で比較の有無の主効果のみが認められた (課題 1, $F$ (1, 92) = 13.83, $p$ < .001; 課題 2, $F$ (1, 92) = 36.38, $p$ < .001; 課題 1 解答時間, $F$ (1, 92) = 14.99, $p$ < .001)．課題の解答時間は，課題 1 で比較あり群の方が有意に長かった．この理由として，比較あり群では，単に問われている場面に適した作品画像を選ぶだけでなく，他の解答選択肢である作品画像との共通点や相違点に注意して見比べる必要があったためと考えられる.

### 4.2 事後アンケート

各アンケートでは，7 段階 (1:まったく思わない～7:強くそう思う) で回答を求めた．事後アンケートの回答結果 (表 3) について 2 要因 (比較の有無×解説知識の種類)の分散分析を行った.比較の有無について,

表3　アンケート結果

| 問 | アンケート項目 | 比較あり | | 比較なし | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 造形的知識〔n=24〕 | 背景的知識〔n=24〕 | 造形的知識〔n=24〕 | 背景的知識〔n=24〕 |
| 1 | 選択肢から答えを選ぶ選択課題の形式は難しかったですか | 2.0 (1.4) | 1.9 (1.3) | 2.4 (1.5) | 2.2 (1.4) |
| 2 | 選択課題に回答するとき、絵画作品をよく見てから答えられたと思いますか | 6.0 (1.2) | 6.1 (1.3) | 5.4 (1.4) | 5.3 (1.8) |
| 3 | 選択課題に回答するとき、どの選択肢を選んだらいいか悩みましたか | 3.1 (1.7) | 3.0 (1.8) | 3.8 (1.9) | 4.3 (1.7) |
| 4 | 選択課題で質問に答えたあと、作品の解説を読んで納得できましたか | 6.2 (1.3) | 5.4 (1.3) | 5.6 (1.4) | 5.1 (1.6) |
| 5 | 作品の特徴を書き出す記述課題では、絵画作品の特徴を記述できたと思いますか | 4.3 (1.5) | 4.1 (1.7) | 4.3 (1.4) | 3.8 (1.8) |
| 6 | 記述課題で作品の特徴を見つけることは難しかったですか | 4.5 (1.6) | 4.8 (1.7) | 4.3 (2.0) | 4.7 (1.9) |
| 7 | 今回見た絵画作品以外にも、他の絵画作品について作品の解説を読んでみたいと思いましたか | 5.4 (1.8) | 5.2 (1.7) | 4.9 (1.5) | 5.2 (1.6) |
| 8 | 選択課題で示された作品の解説を読んで、鑑賞時に着目する箇所が分かったと思いますか | 4.7 (1.8) | 4.0 (1.7) | 4.7 (1.5) | 3.0 (1.3) |
| 9 | 描かれた題材や絵画のテーマについて、気づきやすくなったと思いますか | 4.1 (1.9) | 4.0 (1.6) | 3.9 (1.4) | 3.8 (1.7) |
| 10 | 絵画の作者がどのような意図を持って表現したか知りたくなりましたか | 5.1 (1.7) | 5.3 (1.9) | 5.0 (1.7) | 5.1 (1.6) |
| 11 | 今回の課題に回答して、絵画について知りたいと思うようになりましたか | 4.8 (1.7) | 4.8 (2.0) | 4.0 (1.5) | 4.7 (1.6) |
| 12 | 今回の課題に回答して、絵画作品を観て作品について考えることに興味がもてるようになったと思いますか | 4.9 (1.8) | 4.8 (1.9) | 4.2 (1.4) | 4.7 (1.7) |

丸括弧内の値は標準偏差

質問 2 , 質問 3 で有意差が見られた（質問 2, $F(1,92) = 5.77$, $p = .018$; 質問 3, $F(1,92) = 8.00$, $p = .006$）. 解説の種類については, （質問 4, $F(1,92) = 4.94$, $p = .029$; 質問 8, $F(1,92) = 13.49$, $p < .001$）. 交互作用はどの質問においても認められなかった. 質問 2 では比較あり群の場合で評価値が高く, 質問 3 では比較なし群の場合で評価値が高かった. 質問 4 と質問 8 はともに造形的知識を提示した場合に評価値が有意に高かった.

4.2.1 比較の有無

絵画への注視を問う質問 2 で比較の有無によって有意差が見られた理由として, 絵画画像を複数枚提示することで絵画を見比べようとする意思が働いた可能性が考えられる. このことは課題の解答時間が比較あり群で有意に長かったことからもうかがえる. しかしながら, 評価課題での正解・不正解の経験がアンケートへの回答に影響したことも否定できない. 評価課題の正答率は, 比較あり群の場合が課題 1, 課題 2 とも 90% 以上なのに対して, 比較なし群では課題 1, 課題 2 を通して 45～80%程度であり, 課題 2 だけに注目すると 60%を切っている. このことが質問 2 と選択肢の思案について問う質問 3 で有意差が見られた理由として挙げられる. 質問 3 についても, 形式の難易度について問う質問 1 で差が見られなかったことから, 質問 2 と同様に, 絵画画像の提示枚数によって選択肢を選ぶのが難しいと感じたというよりも, 正解・不正解の経験が回答に影響した可能性がある.

4.2.2 解説の知識

解説の妥当性について問う質問 4 と，解説による着目箇所の理解を問う質問 8 では，造形的知識群で評価値が高かった．質問 4 が高かった理由として,「どのような場面ですか」という問題文に対して，そのような場面であるといえる理由を説明した造形的知識群と単なる場面を説明した背景的知識群との解説文では，理由の説明を行ったほうが課題の答えについて納得できたからだと考えられる．質問 8 についても，理由の説明を行うことで，単なる場面の説明よりも具体的に着目する箇所が意識できるからであると考えられる．

4.2.3 絵画への興味

質問 9～12 は絵画に対する興味，鑑賞への意欲などについて問う質問であるが，いずれも交互作用，主効果の有意差は認められなかった．このことは，単に鑑賞に有用な知識を提示するだけでは興味関心の喚起や鑑賞の動機づけに役立つとはいえないということを示唆している．質問 9 は描かれたテーマに対する気づきを問うた質問であるが，着目箇所の理解を問う質問 8 で見られた知識の種類による有意差が見られなかったことも，比較によって主体的に絵画を観察しつつも解説として単に知識を提示するだけでは鑑賞方略として身につけられない可能性が考えられる．また，今回の評価課題では，課題 1 で解説された造形要素と課題 2 で問題の対象となっている造形要素が異なった．つまり，課題 1 で得た知識を活用しながら鑑賞する機会がなかった，もしくは，課題 2 に対して課題 1 で得た知識を活用しようとして困難を感じたなどの理由による可能性も指摘できる．

## 5. おわりに

本研究では，絵画作品の画像を複数提示し，それらの作品を比較しながら解答する問題を与えることで，造形要素について考えるきっかけを与えることが可能かを評価実験によって検証した．その結果，比較によって作品への注視を促し，造形要素について解説することが着目箇所の理解につながることが確認された．

比較と造形要素の解説が鑑賞時の着目理解に役立つことが確認されたが，絵画への興味や鑑賞への意欲にまでは影響しなかったことから，今後は課題で得た造形的知識を別の課題で用いるなど，得た知識を鑑賞のための方略として利用する支援を行うことで，より主体的な学習に役立てられるようになると期待できる．また，今回，課題への解答時間がどの条件においても 20 秒以内と絵画への注視時間が一般的な美術館での鑑賞と比べて短かったことから，作品の部分的な特徴の把握のみで終わっていた可能性がある．作品を読み解くには作品全体の特徴について統合して解釈する必要があると考えられるため，今後はより深い鑑賞を可能にする支援を行っていく必要がある．

### 参 考 文 献


(1) 藤原 智也:"対照性と類似性を基軸とした比較による鑑賞教育方法論 - 直観的思考と分析的思考による鑑賞力の育成とその系統的発展", 美術科教育学会誌, Vol.31, pp.329-341(2010)

(2) 石崎和宏, 王文純:"美術鑑賞学習におけるメタ認知の役割に関する一考察", 美術教育学会誌, Vol.31, pp.55-66(2010)

(3) 王 文純, 石崎 和宏:"美術鑑賞文におけるレパートリー構造の質的分析", 美術科教育学会誌, Vol.28, pp.429-440(2007)

(4) 田中吉史, 松本彩季:"絵画鑑賞における認知的制約とその緩和", 認知科学, Vol.20, No.1, pp.130-151(2013)

(5) 上野行一:"まなざしの共有―アメリア・アレナスの鑑賞教育に学ぶ", 淡交社(2001)

(6) 久保村里正:"造形要素の組み合わせによる造形メソッドを用いた視覚造形教育", 図画研究, Vol.40, No.1, pp.9-18(2006)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 問いのメタ認知を促す議論リフレクション支援システム

大野 寛季[*1], 林 佑樹[*1], 瀬田 和久[*1]
*1 大阪府立大学大学院 人間社会システム科学研究科

# Research Meetings Reflection Support System to Prompt Meta-cognition of Inquiries

Hiroki ONO[*1], Yuki HAYASHI[*1], Kazuhisa SETA[*1]
*1 Graduate School of Humanities and Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture University

創造的な課題解決においては，思考の論理構造を精査する「問い」を自発的に産出できることが肝要である．一方で，このような問いの考えるべきタイミングや重要性を吟味し，自身の思考文脈に位置づける活動（問いのメタ認知）を意識的に実践する機会は多くはない．学術研究ミーティングの場では，自己内対話を通じて十分に洗練した成果物を議論するが，それでもなお指導者から指摘（問い）が与えられることは少なくない．そこで，自己内対話と同型な議論（他者対話）に着目し，指導者の指摘（問い）産出プロセスを推定することで，自己内対話を洗練できると考える．本研究では，議論で受けた問いを起点として，問いの構造的理解についての認知活動（モニタリング）を促し，その問いを自身の思考文脈に位置づける（コントロール）活動，すなわち，問いのメタ認知を促すリフレクション支援システムを提案する．

キーワード: 問いのメタ認知，議論リフレクション支援，自己内対話と他者対話

## 1. はじめに

研究活動といった創造的な課題解決の場では，思考を精査する「問い」を自ら産出することで，主張の論理構造を洗練していくことが肝要である．例えば，研究活動では，「研究目的を考える」際には，「学術的背景に対して合理的な目的を設定できているか？」という問いを産出することが望ましい．一方で，研究初学者による，自己内で完結した問い–回答のサイクルだけでは，必ずしも検討すべき問いを十分に産出できるとは限らない．

学術研究ミーティングの場（以下，研究 MT）は，研究初学者の自己内対話を通じて産出された成果物（研究資料，開発システム，実験計画など）について，議論（他者対話）を通じて，初学者だけでは産出できなかった問いかけを意識の俎上に載せる格好の機会である．高等教育の場では，こうした議論を通じて，指導者からの指摘の意義を吟味し，自己内対話の中で産出可能な問いとして内化するメタ認知的学び（問いのメタ認知）の重要性に注目が集まっており(1)，指導者の問いかけの一般化を支援する枠組みの実現が課題となっている．

例えば，「学習支援システムに実装すべき機能」について，検討したことを発表・議論する研究 MT で，初学者が「システムが学習者の達成すべき活動を全て代行している案」を提案した場合を考える．この提案機能は単体で見れば便利で有用な機能である一方で，本来実装すべきシステム機能は「学習目標としての学びの実現のために，学習者が達成すべき活動の困難性の一部を軽減する機能」に接近することを目掛けたものであり，必ずしも妥当な機能の提案とは言えない．しかし，このことについて初学者自身は事前に考えを巡らせられていないため，指導者からの「ただの便利ツールになっていないか？」という問いに答えられない．このとき，与えられた問いを無批判的に受け入れ，「便利ツールではいけない」という字面上の指摘のみを意

識する初学者は,「便利ツールにしないために，学習者へのサポートは無くす」という短絡的な思考に陥り，指導者の意図した「システム機能と実現したい学びの合理性を考える必要性」に気づけないまま，次の研究 MT でも的を射ない提案を続けてしまいかねない．また，たとえ初学者が指導者の意図を読み取ろうと意識していたとしても，その意図を「学びのための学習者が達成すべき活動はできるだけ負荷を与えなくてはならない」といった指導者の意図とは異なる捉え方をしてしまうことが少なくない．

こうした思考の齟齬を極力減らし，創造的な議論を活性化させるためには,「なぜ指導者は，システム機能を考えるときにそのシステムがただの便利ツールになっていないかを検討する必要がある，と指摘したのか？」という問いに関する問いを自らに投げかけることで，指導者の問い産出プロセスを追体験し，自分自身の考えを洗練していくことが望ましい．また，適切に指導者の問い産出プロセスを意識し，初学者なりに位置づけたその問いの意義を指導者と共有することで，洗練した問いの妥当性を検証していくことが望ましい．

本研究では，こうした暗黙的で意識的な実践が難しい問いの構造的理解についての認知活動（モニタリング）を促し，その問いを自身の思考文脈に位置づける（コントロール）活動，すなわち，問いのメタ認知を促すことを目掛けた議論リフレクション支援システムを提案する．

## 2. 問い産出の活性化指針

### 2.1 指摘に基づく問いのメタ認知の困難性

表 1 に研究 MT 前の自己内対話と研究 MT 後の指摘を起点とした問いのメタ認知の困難性とその要因をまとめる．創造的な課題解決における自己内対話では，考えるべき問いが充実していることが望ましい[2]．しかしながら，研究初学者にとって，自己内対話時に産出すべき問いへ意識を向けることは難しい（D1）．また，初学者は研究 MT 後に指導者から受けた問いを鵜呑みにしてしまい，指摘（問い）の構造的理解の必要性を捉えられず，目先の研究内容の修正にだけ意識が向いてしまうことがある（D2）．また，たとえ問いの構造的理解の必要性を捉えていたとしても，適切に理解できず，指導者の意図とは違った解釈をしてしまうことがある（D3）．

### 2.2 困難性軽減に向けた要件

表 1 の困難性の軽減のための要件を示す．

**要件 1：思考文脈に沿った産出すべき問いを認識できる**

研究初学者は自己内対話時に産出すべき問いを意識できないまま，研究 MT に臨んでしまい，指導者が発する問いも振り返るに足らない基本的なダメ出しといった無意味な指摘になってしまうことがある．指導者から受けた問いの振り返り活動を有意味なものとするためには，ただ無作為に問いを産出するのではなく，自身の思考文脈において産出すべき問いを議論前に自己内対話時に産出しておく必要がある．そこで，思考文脈に適した考えるべき問いを自己内対話時にある程

表 1 自己内対話・問いのメタ認知における困難性の要因

| タイミング | 困難性 | 要因 | 困難性軽減策 |
|---|---|---|---|
| 議論前 | 自己内対話の実践 | D1：産出すべき問いを意識できない | 思考文脈に沿った<br>産出すべき問いを認識できる |
| 議論後 | 指摘（問い）を起点とした<br>問いのメタ認知の実践 | D2：指摘（問い）の構造的理解の必要性を意識できない | 指導者の指摘産出プロセスを意識できる（モニタリング） |
| | | D3：指摘（問い）の<br>構造的理解を内化できない | 適切に問いを自身の思考文脈に位置づけられる<br>（コントロール） |

度認識できることが求められる（D1 軽減）.

**要件 2：指導者の問い産出プロセスを意識できる**

自己内対話では，産出すべき問いを意識し，その問いを考えるタイミングや重要性を判断することが重要である．このような問いに関する吟味を洗練するためには，問いの構造的理解が必要となるが，学習者の問いの理解が表面的な理解に止まってしまい，構造的に捉えられないことがある．そこで，研究 MT での指導者からの指摘（問い）を起点として，指導者の指摘（問い）産出プロセスを意識できることが求められる（D2 軽減）.

**要件 3：適切に問いを自身の思考文脈に位置づけられる**

学習者が受けた問いの意義を構造的に内省し，適切に自身の思考文脈に位置づけることで，今後の研究活動において産出すべき状況にあったとき，内化した問いを適用することができ，課題解決力が向上すると考える．しかしながら，内化した問いが指導者の意図と異なっていた場合，問いを適切に産出できないことがある．そこで，学習者が問いを適切に自身の思考文脈に位置づけられることが求められる（D3 軽減）.

また，これらの要件を満たすために，研究活動での自己内対話−他者対話の循環活動に沿った支援が求められる．

## 3. 指摘の内化を促す振り返り支援の枠組み

### 3.1 先行研究：研究 MT に臨む前の自己内対話を促す思考整理支援の枠組み

2.2 節で挙げた要件 1 の実現に向けて，本研究で採用する先行研究について述べる.

#### 3.1.1 研究遂行活動における自己内対話支援システム

森ら[3]は，研究遂行活動の文脈で産出すべき「問い」を規定し，研究初学者の研究活動文脈に沿った形で提示することで，学習者の自己内対話の状況に応じて適応的に提示する思考整理支援システムを提案している（図 1）．これにより，問い産出への意識が不十分な初学者であっても，研究 MT に臨む前の自己内対話を活性化できるようになることを意図している.

このシステムでは，学習者は，考えるべきだと思う問いとその問いに対する回答の連鎖の形式（マインドマップ[4]形式）で視覚的に自己内対話に取り組むことで思考を整理する．このとき，考えるべきだと思う問いを，システムから提示される問いの一覧からの選択，もしくは新たに自作することによって図 1 に示す青色のノード（問いノード）として，回答を問いノードに連なる橙色のノード（答えノード）として表現する.

システムは内部に「“研究目的はなにか”を考えるときにはまず，“背景はなにか”を考える必要がある」といった，研究活動において考えるべき問いの意味構造が計算機可読な形式で規定した概念定義（研究遂行活動オントロジー[5]）を備えており，学習者が考えるべきにもかかわらず選択できていない，つまり考えられていない可能性がある問いを捉える事ができるようになっている．例えば，「研究目的はなにか？」という問いを一覧から選択し，検討している学習者に対して，その思考の前提として必要だと定義されている「研究背景はなにか？」という問いの産出を提案する仕組みを備えている.

本研究では，この仕組みを活用し，研究 MT 前後での学習者の自己内対話の状態を捉えるとともに，指導者からの指摘の意義をヒト・計算機双方に了解可能な形式で規定し，必要なときに適応的に問いを推薦する

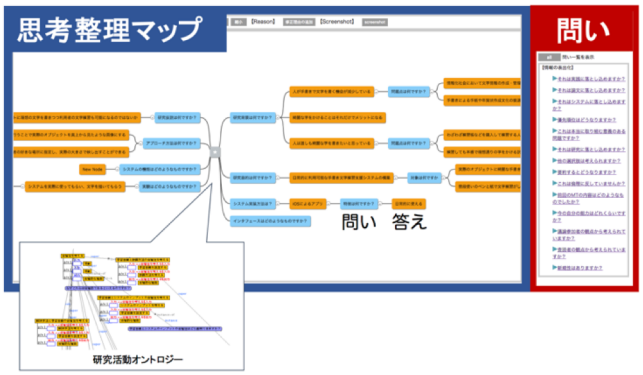



図 1 思考整理支援システム

図 2 自己内対話リフレクション

仕組みを開発する．

### 3.1.2 自己内対話リフレクション支援システム

吉岡ら[6]は，3.1 節で述べた思考整理支援システムを活用し，同システム上での学習者の操作系列から学習者の思考過程を推定し，研究 MT に臨む前に，その妥当性に関する振り返りを促すリフレクション支援システムを提案している（図 2）．

このシステムは，例えば，「評価方法はどのようなものですか？」という問いの前提として考えるべきだと定義されている「評価者はどのような人を想定していますか？」という問いが思考整理支援システムから提案されているのにも関わらず，この問いを学習者が使わず，検討しなかった場合，図 2 上部に示すフィードバックを提示する．このフィードバックは，学習者に，該当する問いについて考える必要性に意識が向いていたか，もし考えていなかった場合には，その問いについて今後考えるつもりがあるかを尋ねるものとなっており，学習者自身が対象の問いを重要だと認識しているかの明示的な振り返りを課題化するものである．これにより，学習者による問いの重要性に関する認識を促すとともに，その意思決定の過程を記録し，研究 MT の前に，検討すべきだと考えられる問いについての振り返りを促す仕組みとなっている．

本研究では，この仕組みを発展的に拡張することで，研究 MT の後，指導者から提起された指摘（問い）に対する学習者の重要性認識を捉え，不備があった場合には，その意識づけを促す仕組みを開発する．

## 3.2 アプローチ：研究 MT 後に指摘の内省を促す問いのメタ認知支援の枠組み

### 3.2.1 問いのメタ認知を促す研究活動サイクル

要件 2 と要件 3 を満たす学習機会の実現のため，本研究で提案する問いのメタ認知を促す研究活動サイクルを図 3 に示す．本サイクルは次の①～④の 4 フェーズで構成されている．

① 自己内対話による思考整理

学習者は議論前に思考整理支援システム（3.1.1 節）と自己内対話リフレクション支援システム（3.1.2 節）を用いて，自身が十分だと思えるまで自己内対話を繰り返し，研究活動における思考を整理する．

② 研究 MT における内容の議論

事前に整理した内容を意思決定の理路と共に指導者に共有し，議論する．

③ 指摘に基づく理路の振り返り

指導者から受けた指摘に基づき，自身の理路や思考の不備を修正する振り返り活動を実施する．このとき，学習者は指導者から受けた指摘に対応する研究内容の修正に加え，指導者の指摘（問い）産出プロセスを自身の修正活動から意識する．このときシステムは，自己内対話時の問いの意識レベルを検知することで，構造的理解の必要性への意識を促すための教示を提示する（要件 2 の充足）．また，学習者が問いリストにない（研究遂行活動オントロジーに定義がない）問いを指摘に基づいて作成していたことを検知した場合，自分自身で問いの意義を研究遂行活動オントロジーに規定する活動を促すことで，

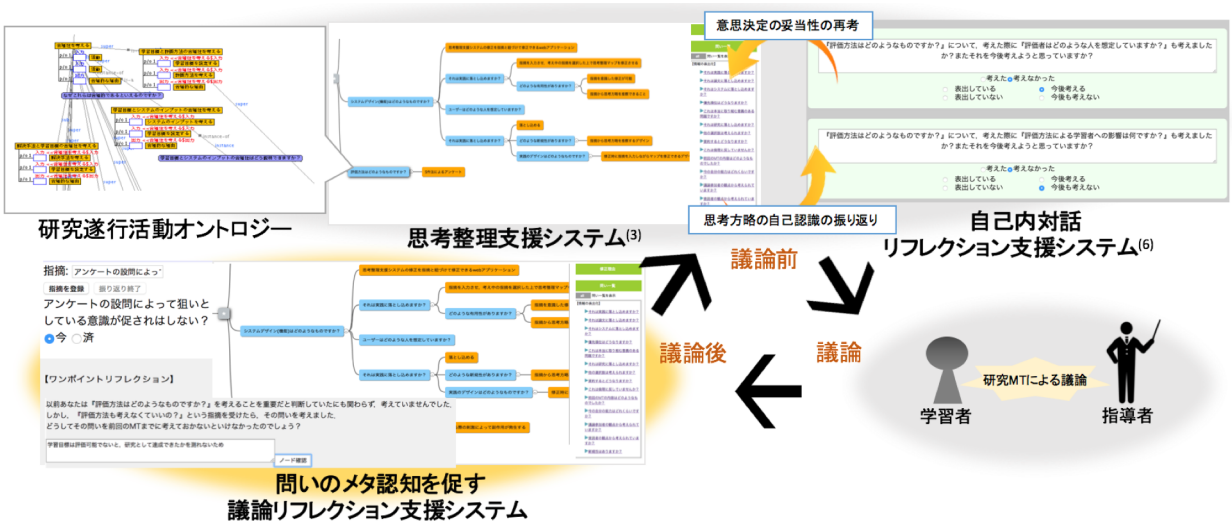



図 3　問いのメタ認知を促す研究活動サイクル

表 2 指摘に対応する問いの意識レベルを捉える学習モデル

| 指摘に対応する問いを自己内対話時に意識にあげたか | 問いの見立て | | 学習者の状況 |
|---|---|---|---|
| | 重要性の認識 | 取り組むタイミング | |
| 意識に上がった | 取り組むべき | いま | 適切に考えられている |
| (a)意識に上がった | 取り組むべき | あとで | 問いを考えるべきだとは認識しているがタイミングが妥当でない |
| (b)意識に上がった | 取り組まなくていい | — | 問いの重要性に関する認識が妥当でない |
| (c)意識に上がらなかった | — | — | |

問いの重要性や検討すべきタイミングを明示的，構造的に考え，位置づける課題に取り組ませる．

④ 問いの定義（問いのメタ認知結果）に関する議論
学習者が定義した研究遂行活動オントロジーを参照しながら，前回の研究 MT で指導者が提示した指摘（問い）についての構造的理解の妥当性を議論する．この議論の実施によって，指導者の指摘（問い）産出プロセスや思考文脈に位置づけた問いの妥当性の検証が実現できると考えられる（要件 3 の充足）．

本研究では，これらの研究活動サイクルの実践を通じて，研究遂行活動の文脈で検討すべき問いのメタ認知を促すことを狙いとしている．

### 3.2.2 問いのメタ認知を促す教示

表 2 は，指導者から受けた指摘（問い）の意識レベルを捉える学習者モデルを示している．ここでは，学習者が自己内対話時に意識できていたか，その問いの重要性を正しく認識できているか，取り組むべきタイミングを理解できているかという 3 つのパラメータに着目し，問いの意識レベル対する学習者の認知状態を規定している．ここでは，問いを自己内対話時に意識の俎上にあげ，問いのタイミングや重要性といった問いの見立ても正確な場合，学習者は問題なく問いを吟味できていると考えられる．

そこで本研究では，問いの見立てが不適切である状況，および問い自体が意識に上がらなかった状況に対して，指導者の指摘意図の検討（メタ認知）を促す教示を与える

**(1) 問いの思考タイミングの認識に不備がある場合**

表 2(a)は，問いの見立てでは，重要性の認識はできていたものの，問いの構造を意識できておらず，取り組むタイミングを後回しにしてしまい，指導者から指摘（問い）を受けた状況である．このような状況の学習者には，「なぜ取り組むタイミングが今でないといけなかったのか」といった観点での振り返りに資する教示を与えることで，どのようなときにその問いに取り組むべきかという，思考タイミングへの意識づけを促す．

**(2) 問いの重要性の認識に不備がある場合**

表 2(b) は，研究 MT 前には，問いの重要性が認識できておらず，考えるべきなのにも関わらず，考える必要はないと判断してしまい，指導者からの指摘（問い）を受けた状況である．また，表 2(c)の学習者は，指導者から与えられた問いに関して，全く意識に上らなかった状況を示している．このような状況の学習者には，「なぜこの問いは取り組むべきなのか」といった観点での振り返りに資する教示を与えることで，その問いがいかに重要かということへの意識づけを促す．

### 3.2.3 問いの吟味状態推定指針

学習者の問いの意識レベルを捉えるためには，学習者の議論前の自己内対話時の問いの意識レベルの把握と議論後の思考の修正活動の結果を捉えられることが求められる．本研究では，自己内対話リフレクション支援システムによって，議論前の自己内対話における問いの吟味を明示的に課題化させており，問いの重要性に関する自己認識を捉えることができる．そこで，本システムで，議論後の思考の修正活動の結果を捉えられることで，学習者の問いの意識レベルを検知することが可能となる．

例えば，研究 MT 前に，自己内対話リフレクション支援システムによって，「“評価方法は何ですか”を考える際に“評価方法が学習者に与える影響は何ですか”を考えましたか？」と提示された際に，その問いを考

えなかったが，今後も考える必要はないと吟味していた学習者を想定する．研究 MT での指導者から受けた「評価項目が学習者に学ばせたいことに対して，正に寄与する可能性はないか？」といった指摘（問い）から，学習者は研究 MT 後に思考整理マップにて，「評価方法が学習者に与える影響は何ですか？」という問いノードを作成した記録から検知することで，学習者がこの問いの重要性の認識に関して不備があったことを捉えることができる．

また，指導者の指摘（問い）が，学習者の意識できなかった問いであった場合は，思考整理支援システムの問いリストにない，すなわち，研究遂行活動オントロジーに規定されていないため，自己内対話リフレクション支援システムで問いの吟味を促すことができない．そこで，研究 MT 後に学習者が修正した問いノードが，研究遂行活動オントロジーに定義されていないことから概念化すべき問いを作成したことを検知できる．その際，学習者にはその問いの意義を振り返らせ，指摘（問い）をオントロジーに概念化させることで，自身の思考文脈に位置づける活動を促し，問いの重要性を認識させる．

次章にこれらのアプローチを具体化したシステムについて説明する．

## 4. 問いのメタ認知を促す議論リフレクション支援システム

3 章で述べたアプローチを具体化し，研究 MT 後の学習者の研究内容の修正活動から学習者の状況を特定し，その状況に適したフィードバックによって，適切な問いのメタ認知を促す議論リフレクション支援システムを開発した(図 4)．本システムは，Web アプリケーションとして開発され，思考整理マップ表示エリア(図 4 緑枠)，指摘入力エリア(図 4 青枠)，フィードバック提示エリア(図 4 赤枠)から構成されている．

学習者は，まず研究 MT 中に指導者から受けた問いを指摘入力エリアに入力し，検討すべき問いを顕在化していく．入力した各問いの横にはラジオボタンが表示されており，その問いについて検討中であることを示すボタン（検討中ボタン）を起動した状態で思考整理マップを修正すると，その問いに関する振り返りの過程が操作ログとして記録される仕組みになっている．十分に振り返ることができたと判断した問いは，検討済ボタンを起動し，全ての問いについて検討済になる

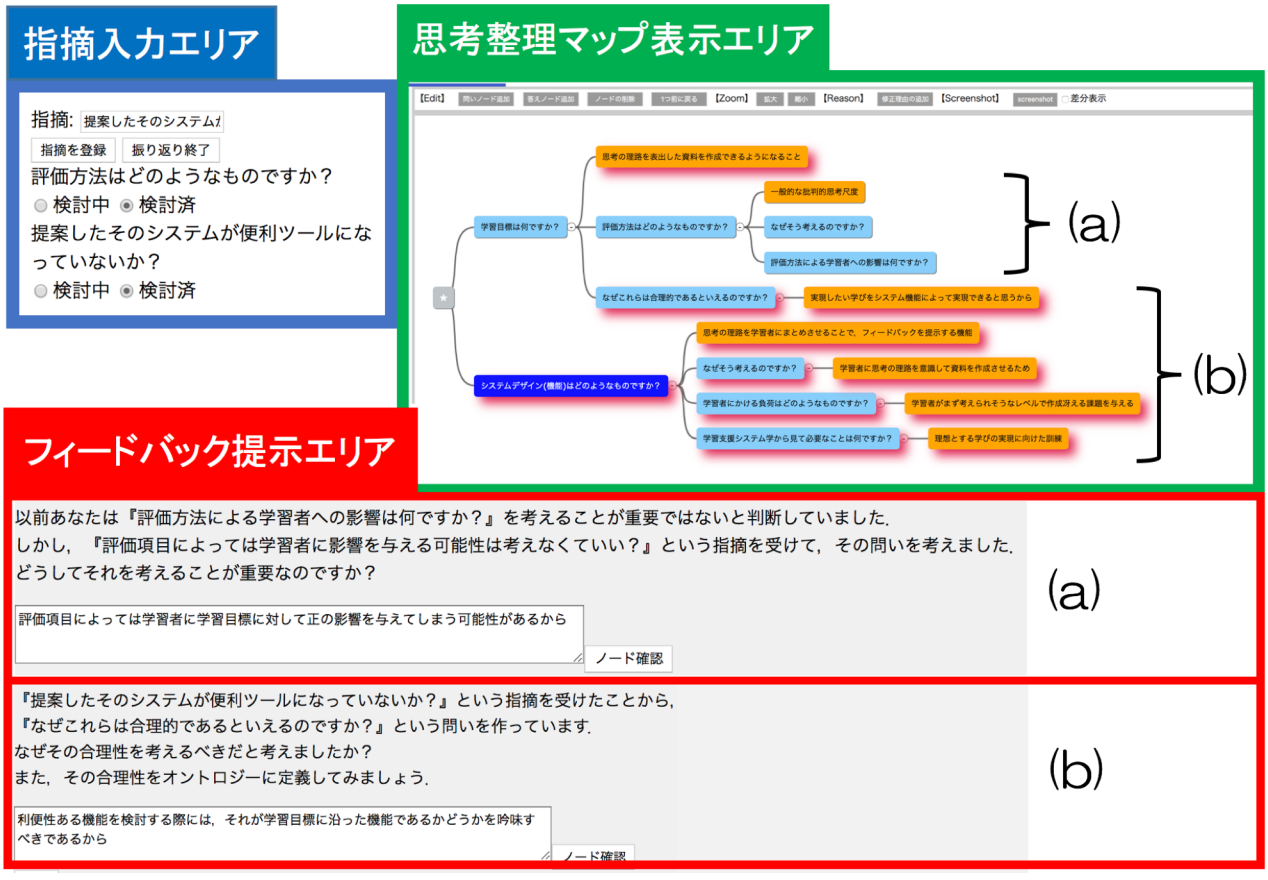



図 4 システムインタフェース

まで振り返り課題が続くようになっている．

研究内容の修正後には，その修正活動と自己内対話リフレクション支援システムでの問いの意識レベルの齟齬を検知し，システムから図 4 赤枠に示すような問いのメタ認知を促すフィードバックが提示される．

例えば，研究 MT 前の学習者は「評価方法は何ですか？」を考えた際に，システムに推薦された「評価方法が学習者に与える影響は何ですか？」といった問いを重要性しなかったにも関わらず，指導者からの「評価項目によっては学習者に影響を与える可能性を考えなくていいの？」という指摘を受け，「評価方法による学習者への影響は何ですか？」という問いノードを作成する．本システムは，その問いの研究 MT 前の意識レベルと研究 MT 後の問い修正活動結果の齟齬から，「どうしてその問い（評価方法が学習者に与える影響は何ですか？）を考えることが重要なのですか？」というフィードバック（図 4(a)）と指摘（問い）に基づいた修正活動に関係するノードのハイライトを提示することによって，学習者に「評価方法を考える際には，評価項目自体が学習者の学びに対して正の影響を与えてしまう可能性があるため，評価項目を厳選して考える必要がある」といった問いの構造的理解を促す（D2 の軽減）．そして，内省した問いの構造を次回の研究 MT で指導者と共有することで，その妥当性を検証し，適切に自身の思考文脈に位置づけ，次回以降産出できる問いとしてレディネスを高めることができると考えられる（D3 の軽減）．

ここで，研究遂行活動オントロジーに規定されていない問いは，自己内対話リフレクション支援システムでの問いの吟味結果を得られないため，学習者が指摘に基づいた修正活動時に，研究遂行活動オントロジーに規定されていない新たな問いを作成したことをトリガに指摘（問い）の概念化を促すフィードバックを提示する．このとき，陽に支援することはできないが，フィードバックの提示によって，問いの構造的理解内容を議論の俎上に載せることに特に意味があることであると考えている．

例えば，学習者が，「学習支援システムは便利ツールになっていないか？」という受けた指摘（問い）を起点とし，思考整理マップ上の「システムデザインは何ですか？」と「学習目標は何ですか？」に対して「なぜこれらは合理的であるといえるのですか？」を作成したとする．この合理性は研究遂行活動オントロジーに規定されていないことを検知したことをきっかけに，システムは「なぜその合理性関係を考えるべきだと考えましたか？」というフィードバック（図 4(b)）を提示する．学習者はそのフィードバックと指摘（問い）を元に修正した思考表出マップ上のノード群を振り返る．ここで学習者は，「学習支援システムを考える際には，学びが生じる程度で，学習者の達成すべき活動における困難性の軽減策を考える必要性」を捉え，そこから「学習支援システム開発では，理想の学びの実現に向けて，システムが学習者の活動を代行するのではなく，学習者の活動を適度に支援し，学びを獲得させることが重要である」といった「“学習目標”と“システム機能”の合理性を考える必要性」に気づくことによって，構造的理解へ意識を向けた振り返りのきっかけを与えることができると考える（D2 の軽減）．それに加えて，学習者が内省した「“学習目標”と“システム機能”との合理性を考える」という思考構造をオントロジーエディタ（法造[7]）を用いて概念化する（図 5）ことで，暗黙的な思考構造を明示的に表現する．表現した思考構造を次回の研究 MT の俎上に載せることで，適切に自身の思考文脈へ位置づけることができる（D3 の軽減）．

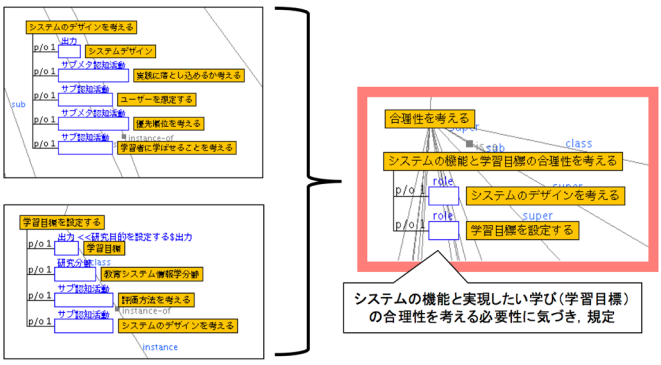



**図 5 指摘（問い）の概念化**

## 5. まとめと今後の課題

本研究では，問いのメタ認知における困難性を軽減するため，学習者の問いの意識レベルを検知し，その意識レベルに応じて問いの考えるべきタイミングや問い自体の重要性に関するモニタリングを促すことを狙いとしたフィードバックを実現した．また，このよう

にして指導者から受けた指摘（問い）の意義を捉えた後，その妥当性の検証のため，指摘（問い）の理解に関する研究 MT を実施した．このようにして，指導者から受けた指摘（問い）を起点とした問いのメタ認知を促す議論リフレクション支援システムとその学習の枠組みを示した．

システムの実践利用を通じて，提案手法が指摘の理解深化に寄与しうるかを評価するとともに，中長期的な利用を通じて，指摘の内化が起こりうるかを確認していく．

## 参 考 文 献


(1) 三宮真智子:”メタ認知: 学習力を支える高次認知機能”, 北大路書房, (2008)

(2) 高橋純一，渡辺文夫: “人間科学–研究法ハンドブック”, ナカヤニシヤ出版，京都, (1998)

(3) Mori, N., Hayashi, Y., and Seta, K.: “Ontology Based Thought Organization Support System to Prompt Readiness of Intention Sharing and Its Long-term Practice, The Journal of Information and Systems in Education”, 18(1), pp.27-39 (2019)

(4) トニー・ブザン(著)，神田昌典(訳): “ザ・マインドマップ”，ダイアモンド社 (2005)

(5) 溝口理一郎，来村徳信，古崎晃司: “オントロジー構築入門”, (2006)

(6) 吉岡茉里子，林佑樹，瀬田和久: “ill-defined な問題解決プロセスのリフレクション支援システム”，人工知能学会第 85 回先進的学習科学と工学研究会，pp.31-36（2019）

(7) 古崎晃司， 來村徳信，池田満，溝口理一郎: “「ロール」および 「関係」 に関する基礎的考察に基づくオントロジー記述環境の開発”. 人工知能学会論文誌 第 17 巻，第 3 号, pp.196-208 (2002)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 画像処理を用いたプレゼンテーションの振り返りを支援するシステムの開発

松下 侑輝[*1], 森 裕生[*1]
*1 鹿児島大学 高等教育研究開発センター

# Development of Presentation Reflection System Using Image Processing

Matsushita Yuki[*1], Mori Yuki[*1]
*1 Center for Research and Development in Higher Education, Kagoshima University

本研究はプレゼンテーションスキルの向上を支援するためのシステムの開発を行う．本稿ではシステムの一部として画像処理に基づいたプレゼンテーションの身体表現の特徴抽出を行うシステムを構築した．開発したシステムの評価のために，プレゼンテーションを行う大学授業を対象において学生の発表をシステムを用いて分析した．その結果，ジェスチャーの有無，メモ等の所有物の有無，スクリーンと聴衆間の姿勢移動の有無及びその動きの特徴を抽出することができた．

キーワード: プレゼンテーション，初年次教育，振り返り，画像処理，コンピュータービジョン

## 1. はじめに

近年，大学生の多様化などを背景に初年次教育として，多くの大学でプレゼンテーション教育やアカデミックライティングに関する授業が展開されるようになった．本研究は初年次教育の中でも，学生のプレゼンテーション能力の向上の支援に着目する．

趙ほか（2015）はプレゼンテーションに必要な表現手段を，シナリオ表現，スライド表現，身体表現，音声表現，質疑表現の 5 種類にまとめている．また，後者 3 種類の表現は，実際にプレゼンテーションを行いながら身につける表現であることも指摘している．この点を踏まえると，学生が大学の初年次教育でプレゼンテーションを行う経験をするだけでなく，適切なフィードバックを行い，振り返りをいかに支援するかが重要であると言える．

プレゼンテーションの振り返りには，実際に発表を行っている動画の活用が行われてきた（例えば，山下・中島（2010）など）．一方で，大学の初年次教育であることを踏まえると，自身の発表動画のどこに着目すれば良いのかを示したり，他者との比較を促したりするなど，振り返りの方法・プロセスそのものを支援することも必要であると言える．

また，大学の初年次教育の授業担当者は，各学部の教員が持ち回りで行っていることが多いため，専門的な立場からの支援には限界がある．この点を踏まえ，本研究ではプレゼンテーションの振り返りを支援するシステム開発を行う．

本稿は，システム開発の第一段階として，学生の発表動画に対して，画像処理技術を用い身体表現の特徴抽出を行うシステムを構築した．本研究の目的は，システムが抽出した身体表現の特徴がどのようなものか分析し，開発したシステムの妥当性を検討することである．これにより，今後の開発に向けた，システムの改善点などを明らかにする．

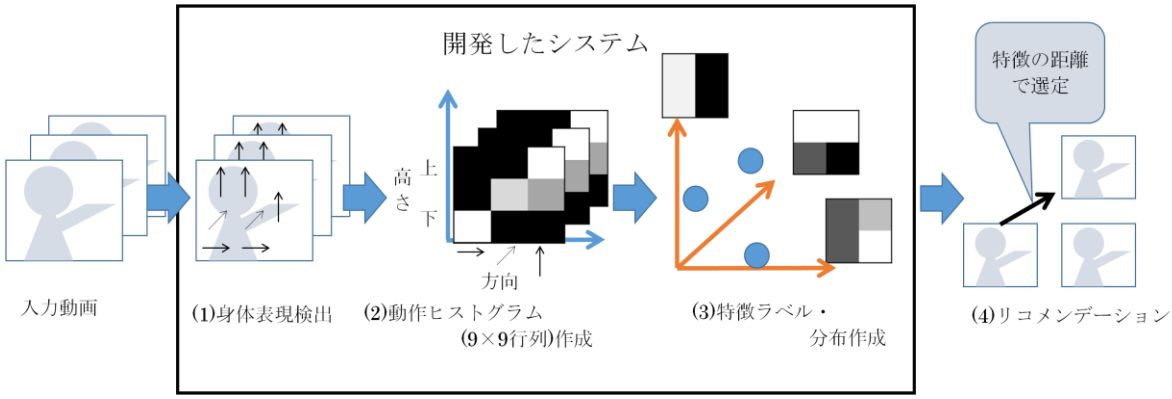



図 1 提案システムの概要

## 2. 研究対象と方法

### 2.1 対象授業の概要

本研究は，学生がプレゼンテーションを行う大学の授業実践を対象とする．対象の授業は，地方国立大学 A 大学で 2019 年度・後期に開講された初年次教育科目（以下，授業 B とする）である．34 名の学生が 8 グループに分かれて，グループプレゼンテーションを行った．プレゼンテーションのテーマは，「現代社会が抱える社会問題」の中からグループ内でのディスカッションを経て，学生自らが決定した．

学期前半の第 1〜7 回に，プレゼンテーションに関する授業が行われた．第 1〜5 回は，プレゼンテーションのテーマ設定や，スライドの作り方や身体表現などに関する授業が行われた．また，第 6・7 回の 2 回にわたり 1 グループ 15 分のプレゼンテーションが行われた．プレゼンテーションの様子は，A 大学が保有する Mediasite システムを用いて撮影を行った．

授業 B では，プレゼンテーション後の振り返りとして「他のグループのプレゼンテーション動画を視聴して，上手いと思った点，真似したいと思った点」を記述する課題が実施された．一方で，他グループのどの動画を視聴するかは学生の自主的な取り組みに任されており，学生の特徴に応じて，視聴する動画をリコメンドするなどの支援の必要性がある点が課題として挙げられていた．

### 2.2 システム概要

図 1 に，開発したシステムの概要を示す．システムにプレゼンテーションの動画を入力すると，システム内では，主に以下の 2 つの処理が行われる．第一に身体表現に関する特徴の分析，第二に，ラベルの生成と各動画の分布である．

これらの処理を通して，特徴の似ている学生や異なる学生を自動的に判別する．判別結果を用いて，自身の身体表現と異なる特徴を持つ学生のプレゼンテーション動画のリコメンドなどを行う．

以下，システムの内部処理の詳細について述べる．

#### 2.2.1 身体表現の特徴に関する分析

まず，システムは入力された動画をリソースとして身体表現の特徴を分析する．入力された動画は，発表を行う学生を撮影した点で共通している．一方で，身体表現の特徴を正確に分析するために，学生の立ち位置や身長によって，分析を行う領域を調整する必要がある．そこで，発表を行っている学生が存在する領域を切り出し縦方向に正規化を行う．

正規化を行い学生の領域を特定した後に，動きの頻度を算出する．具体的には，高さを 9 分割しそれぞれの領域で角度を 10 度ごとに分割して動きの頻度を算出する．例えば 0 度は横方向の動き，45 度は斜め方向の動き,90 度は縦方向の動きを表す．このようにして 0~90 度の範囲を 9 分割した．これによって算出されたものが図 1・(2) のヒストグラムである．1 つの動画につき 1 つのヒストグラムが作成される．この処理によって，分析対象の動画ごとの身体表現の特徴を分析可能なデータに加工する．

#### 2.2.2 ラベルの生成

図 1・(2) で作成されたヒストグラムを用いて，主成分分析を行うことでラベルを生成する．作成されたラベルは，入力された動画全体の特徴を示している．本システムは 3 個のラベルを生成する．それぞれのラベルを軸にして，各動画をプロットすることで（図 1・

図 2 撮影動画の例

(3))，各学生がどのような特徴を持っているのか可視化する．

本稿で開発したシステムは，ここまでであるが，将来的には，プロットされた各動画間の距離に基づいて，視聴動画をリコメンドするなどして，プレゼンテーションの振り返りを支援する（図 1・(4)）．

## 3. 研究の方法

本研究では，授業 B で行われたプレゼンテーションに参加した，8 グループ（33 人）の発表動画をリソースにシステムの評価を行った．入力した動画は，図 2 の右側部分の学生が実際に発表する様子を撮影したものである．

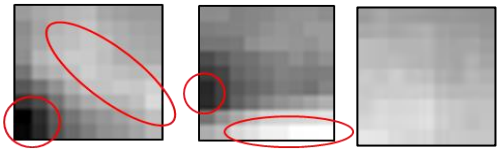
本研究では，サンプル数を増やし特徴を抽出しやすくするために，1 スライドごとに動画を区切った．Mediasite システムでは図 2 のように左部にスライドを右側に発表動画を表示することができる．スライドの切り替わるタイミングで動画を区切り合計 157 個の動画を入力データとして生成．

出力された 3 つのラベルは，図 1・(3) に示すような動作の出現頻度の図として表現される．出力されたラベルを踏まえて，著者 2 名で，実際の動画との対応を検討し，どのような特徴が抽出されたか分析を行った．

## 4. 結果と考察

学生の発表動画を開発したシステムに入力した．その結果，クラス全体の特徴として，(A) スクリーンを指し示す動作の有無，(B) メモ等の所有物の有無，(C) 発表者の姿勢の変化の 3 つを抽出することができた．

図 3 に，出力されたラベルを示す．各ラベルは正の値を白に，負の値を黒に置き換えた画像として表現している．ラベルの縦方向は動きの高さを表し，横方向



スクリーンを指し示す動作 A　メモ等の所有物 B　発表者の姿勢の変化 C

図 3 作成された特徴ラベル

は動きの角度を表す．ラベルの白い部分は該当する高さにその角度の動きが存在することを表す．以下に詳細を述べる．

### 4.1 スクリーンを指し示す動作

ラベル A は，スクリーンを指し示す動作の有無を表すラベルであると考えられる．図 3・A は上部から中部にかけて斜めに動きがある(図 3・A 右側楕円)．これは学生の上部から中部にかけて弧を描くような動きがあることを示している．この動きを実際の学生の動きに当てはめると，腕や指し棒を高く動かしながら，スクリーンを指し示す動作であると考えらえる．

実際に，授業 B では担当教員が指し棒を用意しており，多くの学生が使用していた．そのため，指し棒を使ってスクリーンを指し示す動きが特徴の 1 つとして抽出されたと考えられる．

### 4.2 メモ等所有物の有無

ラベル B は，メモ等の所有物の有無を表すラベルであると考えられる．図 3・B は下部に縦方向の動きがあることを示している（図 3・B 下側楕円)．

授業 B では，多くの学生が，メモを持参してプレゼンテーションを行った．学生は，発表用のメモを持ち込みながらも腹部付近で持ち，メモが目立たないようにしていた．発表中にメモを見返す際に，顔付近にメモを上げる動作が，特徴として抽出されたと考えられる．

### 4.3 発表者の姿勢の変化

ラベル C は，発表者の姿勢の変化を表すものであると考えられる．図 3・C は全体に動作が広がっており，特に下部の左側が比較的大きい．

姿勢の変化がおきる理由にスクリーンと聴衆を交互に見る動きが関連していると考えられる．発表者が

スクリーンを見るときは，右肩を前に出し聴衆に対して横向きになる姿勢をとる発表者が多く存在した．一方で，聴衆を見る際は，聴衆に対して肩が平行になる．このように，体全体が動くような発表を行う発表者が多かったことから，姿勢の変化が特徴の 1 つとして抽出されたと考えられる．

### 4.4 身体表現の可視化：発表動画の分布

生成されたラベルを縦軸・横軸にし，各ラベルをグラフにプロットした（図 4，図 5，図 6）．

図 4 は，ラベル A（スクリーンを指し示す動作）を横軸に，ラベル C（姿勢の変化を示す動作）を縦軸に設定している．図 4 の赤枠で示す動画の学生は，ラベル A のスクリーンを指し示す動作を多く行っているが，ラベル C は 0 付近であるため，姿勢をあまり変化させない学生であることを示している．

一方で，緑枠で示す動画の学生は，ラベル A が負の値であるため，スクリーンを指し示す動作をほとんど行っていないことが分かる．このように，各ラベルに対して動画をプロットすることで，学生の身体表現の特徴を可視化することができる．

それにとどまらず，図 1・(4) の視聴動画のリコメンドを行う際に，グラフ上の距離に基づいて実施することが可能であると言える．この点を踏まえると，本研究で抽出した特徴は，動画間のリコメンデーションに適していると考えられる．

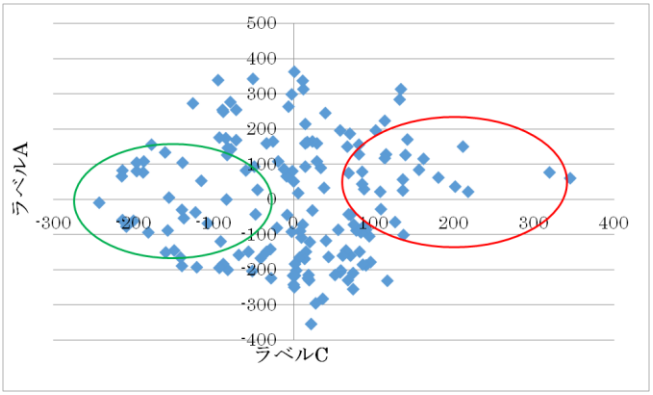



図 4 プロット結果(ラベル A-C)

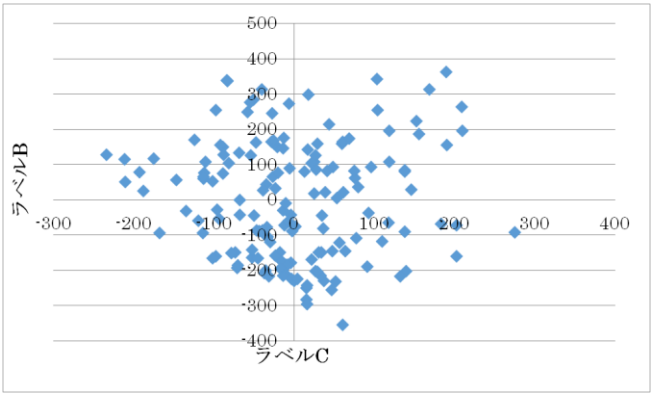



図 5 プロット結果(ラベル B-C)

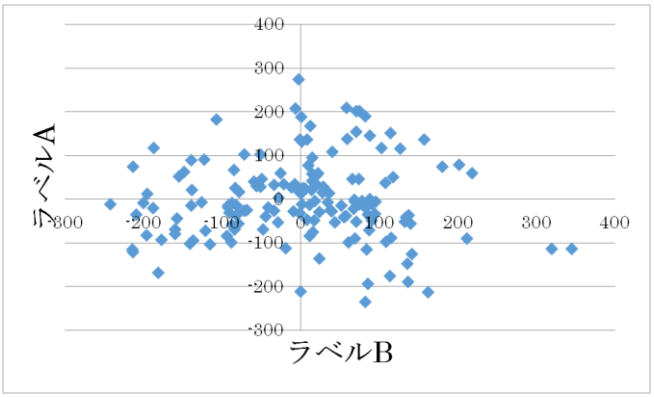



図 6 プロット結果(ラベル A-B)

## 5. おわりに

本稿では開発中のシステムの一部として画像処理に基づいたプレゼンテーションの身体表現の特徴抽出を行うシステムを構築した．システムの評価のために，プレゼンテーションを行う大学授業を対象において学生の発表をシステムを用いて分析した．その結果，(1) スクリーンを指し示す動作の有無，(2)メモ等の所有物の有無，(3)発表者の姿勢の変化に関する動作の特徴を抽出することができた．

今後の展望として，動画間の動きの特徴の類似度を求めることで動画の自動リコメンドを行うシステムを開発することが挙げられる．図 4〜6 で示したグラフの距離をベースに，近い学生や遠い学生などを基準に動画をリコメンドする部分を実装し評価を行う．

## 参 考 文 献

(1) 趙新博，由井薗隆也，宗森純: “ノンバーバル表現に注目したプレゼンテーション支援システムの開発”，情報処理学会研究報告, pp1-6 (2015)

(2) 山下祐一郎，中島平: “プレゼンテーションスキルと分かりやすさの関係分析: レスポンスアナライザによる評価とアンケート分析の比較”，日本教育工学会論文誌, 34 巻, Suppl. 号, pp5-8 (2010)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 地域連携での PBL 型授業の環境整備に関する一考察

澤崎 敏文
仁愛女子短期大学

# A Study of Environmental Arrangement for Project-Based Learning with Local Communities

Toshifumi Sawazaki
Jin-ai Woment's College

これまでも学生らがリアリティを持って学習できるような PBL（Project-Based Learning）型授業を設計し，様々な機会をとらえて実践してきた．特に，近年，企業・地域との連携による PBL 型授業が増加傾向にあり，授業実施時における関係者の数も多岐にわたるため，予測しなかった課題等に直面することも少なくない．そこで，今回は，自治体，企業等と連携して動画制作を行った２つの実践例を比較しながら，持続可能な地域連型 PBL の環境整備という観点で考察を行う．

キーワード: アクティブラーニング，PBL，授業実践，授業設計，SECI

## 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，これまで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．本稿では，特に，PBL（Project-Based Learning）型授業において，様々な環境設定がなされるなか，特に地域連携（企業や団体等）を行った場合に直面することの多い課題等について，民間企業・地方自治体それぞれ協働で取組んだ２つの事例を参考に考察する．

## 2. 課題の位置づけと授業設計

今回は，本学２年生対象に実施されている専門演習（研究室単位でのゼミ活動）での民間企業ならびに福井商工会議所との連携と，１年生対象に実施されているコミュニケーション演習（本学では PBL 型授業としての位置づけ）での地方自治体との連携の２つの事例について考える．以前から，どの授業もグループワーク等を多用したアクティブラーニング型で授業を行っており，そのベースとして企業組織等でのナレッジマネジメントでも知られる SECI モデルを参考にした授業設計を実施してきた．

授業等での課題に対しての学生の諸活動を SECI モデルで表すと以下の通りであり，学生はこれらをプロジェクトの過程でスパイラルに繰り返し，集合知への蓄積を高めていく．

図 1　SECI モデル

(S) グループによる討論
(E) 企画書，計画書等作成による知識の表出化
(C) 表出化された知識の融合，アイディアの発展
(I) 実践による知識の暗黙知化

## 3. ２つの実践例とその課題

### 3.1 福井商工会議所との PR 動画制作プロジェクト

このプロジェクトでは，福井商工会議所（会員サービス課）と連携して，動画による企業広報のあり方について取り組んだ. 近年, 民間企業ではホームページ，ブログ，SNS に加えて，動画での広報・情報発信を行うケースが増加しており，その需要が高まる一方で，中小企業ではそれらノウハウを持っておらず，また，人員確保の観点からも動画による広報・情報発信は敷居の高い状況になっている. そこで, 普段 SNS 等を含む動画配信サイトを駆使して交流を行っている若者，特に学生の視点から，中小企業が継続可能な動画 PR のあり方，ノウハウを検証し，会員企業にフィードバックするというプロジェクトを福井商工会議所と協働で行うこととなった．その概要，プロジェクトの流れは次のとおり.

#### 3.1.1 プロジェクトの概要

プロジェクトの目的：福井商工会議所と連携し，迅速かつ効果的なネット対応動画を低コストで自社配信するためのノウハウを検証・蓄積．県内中小企業の広報機械の拡充を図るための支援策として取り組む.

活動期間： 2019 年 4 月～2020 年 2 月

対象授業：専門演習（２年生）

参加学生： ４人

連携対象： 福井商工会議所，同会員企業約 40 社

#### 3.1.2 プロジェクトの流れ

2019 年 2 月：福井商工会議所との連携打合せ，具体的な進め方の検討，参加学生の確定を行う．なお，福井商工会議所が会員企業との連絡・仲介を行い，サンプル動画の撮影対象となる企業の募集，選定等を実施する.

2019 年 3 月：企業動画の試験撮影開始.

2019 年 4 月：学生と撮影方針等の打合せ.

2019 年 6 月：福井商工会議所合同プレス発表（新製品の合同記者会見）において，学生によるインタビュー動画の撮影開始. 動画配信サイト（YouTube）にて配信チャンネルを開設し，会員企業にサンプルとして公開.

2019 年 11 月：福井商工会議所の企業研修会の一部として動画活用についてのノウハウ説明を実施.

2019 年 11 月：東京方面で活躍する福井県内企業のインタビュー動画制作のため，東京への取材・撮影の実施（東京移動のための旅費等については，県の助成を受けて行った）.

2019 年 12 月：福井商工会議所合同プレス発表会において，当該プロジェクトの総括ならびに中小企業における動画配信のノウハウ等に関する説明の実施.

2020 年 1 月：動画配信サイトにて順次動画の公開.

**図 2 企業 PR の撮影を行う学生の様子**

#### 3.1.3 プロジェクトの考察と今後の課題

これまで，そして今回の PBL 型授業設計において重視しているのは，プロジェクトの最終成果に対する「学生の自由度」であり，学生が自ら課題を捉えてそれらを実現するための工夫の余地がどの程度あるかということである．当該プロジェクトに関しては，その中身や方向性が一見明確に見えるが，どのような手順や手法で PR サンプル動画の作成やノウハウを提供していくかという具体的な内容は決まっておらず，プロジェクト進行の手順も含めて連携先と共に調整しながら進めている．このように学生に与えられた課題の自由度が学生の自主性や達成感を高める要因になっていると考える. 今回の事例では，4 人で 30 本あまりの動画を短期間に制作するため，想定していたよりも多くの時間を費やすことになった．一方で，基本的な活動環境については，福井商工会議所が企業との仲介役と

なり事務的な段取りを実施するため，学生は動画制作等に関するノウハウの蓄積に注力でき，適切な役割分担のもとプロジェクトを完了することができた．

### 3.2 福井市役所との新幹線 PR プロジェクト

プロジェクトの目的：2022 年度末の新幹線福井駅開業を見据えて，福井市を PR できるような手法の考案・提案を行う．

活動期間： 2019 年 10 月～2020 年 1 月

対象授業：コミュニケーション演習 I

参加学生： 17 人（1 年生）

連携対象： 福井市役所（新幹線プロモーション室）

図 3 授業にてプロジェクト概要を説明する市職員

#### 3.2.1 プロジェクトの流れ

2019 年 8 月：市役所との連携打合せ

2019 年 10 月：授業にて市役所からの主旨説明，課題の提示（図 3 を参照）

2019 年 11 月：6 グループに分かれて，広報対象等の検討，事前調査．

2019 年 12 月：CM 動画の企画，撮影，編集等．

2020 年 1 月：市役所職員への最終提案会の実施．6 チーム中 5 チームが CM 動画までを完成させ，そのコンセプト等についての発表を行った．1 チームは動画作成までは至らず，コンセプト提案までとなった．

#### 3.2.2 プロジェクトの課題・考察

当初，広報の対象，手法等については限定されていなかったが，最終的に具体的な成果物がある方が実際に PR に活用できるという市役所との事前打合せにより，CM 動画を作成することとなった．最終課題に対する「学生の自由度」という意味では，自由度は少なくなっているように見えるが，プロジェクトの目的が具体的な CM 動画という成果物になったことで，学生は課題に取り組みやすくなっていると考えられる．同時に，課題完了への難易度も上がっている．

この事例では，授業設計において 3 つの考慮すべきポイントがある．

1 つ目は，課題のリアリティについてである．最終課題が単なる意見提案から具体的な CM 動画の提示になったこと，新幹線開業が地元福井では旬な話題であったこともあり，当日の提案会には多くの報道機関が訪れ，学生の取組みに良い緊張感を与えた．また，CM 動画としたことで，実際に市の広報ツールの一つとして利用される可能性もあり，学生の達成感に繋がっていると考えられる．なお，作成された動画はテレビのニュース番組で大きく特集されただけでなく，開設した YouTube チャンネルや市の公式ホームページに掲載された．（図 4 を参照）

図 4 市の公式ホームページで紹介された動画

2 つ目は，解決すべき課題と学生の技術的能力とのバランスである．今回の事例では，授業設計上の問題でもあるが，授業実施時点でマルチメディア関連（動画作成がメイン）の授業がまだ終了しておらず，CM 動画作成に関する技術的な知識が十分でない学生が存在した．ただし，これら問題は学生自身が認識しており，それを踏まえた上でのグループ内での創意工夫（編集ソフトの選定，撮影・編集の役割分担等）が生まれた．

3 つ目は，PBL を実践するフィールド（今回は CM 動画の撮影対象となる施設等）との事前調整である．今回の事例では，市の文化施設を撮影対象としたグル

ープで，当該施設等の撮影に対する事前説明が十分なされておらず，市役所担当部署，撮影対象となった施設，プロジェクトを実行する学生（大学側）との連絡調整をどの範囲まで想定して実施しておくべきかという事前環境整備の難しさ等も課題となった．

## 4. おわりに

PBL 型授業を導入する意義は，学生の主体的な学びを創発することにあると考えるが，これまでの実践例からも，その授業の環境整備において以下の点を考慮することが重要であると考える．

(1)プロジェクトの目的を学生が十分に理解し，自発的に行動できるような環境が整備されているか．

(2)プロジェクトを教員や外部の連携協力者側で設計しすぎたり誘導しすぎたりしていないか．PBL 型の授業では，失敗も貴重な経験であり，予測不能な問題を自ら解決することで，自分たちの学びを実感するきっかけが生まれると考えられる．また，最終課題に対する「学生の自由度」が極端に少ないプロジェクトの場合，単なる作業になっていないか等の確認も必要である．

(3)達成感の醸成のためには，成果が最終的に具体的な形となって表れているか．個別の定量的な評価が難しいからこそ，活動の結果が表出化して「見える」ことで達成感につながると考えられる．そういう意味では，今回の２つの事例は「動画」という具体的な成果物がプロジェクトの目的として設定され，実際に利用されている点が学生の達成感を高めていると考えられる．

最後に，本学が位置する福井県では，2019 年度後半から，福井県庁（大学私学担当課）が PBL 型学習を後押しし，企業との連携を支援・促進するための取組みが始まっている．これらは，企業からのプロジェクト（要望等）と大学のニーズをマッチングさせるような仕組みであるが，PBL 型授業として連携するための環境整備という点から検討すべき課題もあると感じている．例えば，いつくかの企業から連携プロジェクトが提案されているが，その意図としては，企業 CSR 活動の一環としての地域貢献（教育への参画，協力）という視点がある一方で，一見インターンシップのような内容のものも少なくない．外部連携者と PBL 型授業を行う場合，今回の２つの事例でも示したように，最終成果に対する「学生の自由度」という点で，企業側から準備されすぎた環境，または，企業主導で学生側の自由度が少ないプロジェクトが PBL 型授業として本来の授業目的に合致するかどうかの確認も必要になると考える．

### 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) 澤崎敏文：”広報活動を主とした企業・自治体連携での PBL 型授業設計と実践”，教育システム情報学会第 44 回全国大会論文集, pp.369-370 (2019)

(3) 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 43 回全国大会論文集, pp.63-64 (2018)

(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 41 回全国大会講演論文集, pp.299-300（2016）

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# Web 配信講義ビデオを用いた事前学習での オンライン・バスセッションの構想

浅羽　修丈[*1], 斐品　正照[*2]
*1 北九州市立大学, *2 東京国際大学

# Design for Online “Buzz Session on Pre-Learning” using Online Lecture Video

Nobutake Asaba[*1], Masateru Hishina[*2]
*1 The University of Kitakyushu, *2 Tokyo International University

Recent ICT development has enabled learners to pre-learn by watching lecture videos. However, merely watching lecture videos may cause learners to fall into poor readiness for next lesson. We have made a hypothesis that buzz session relevant to next lesson theme prompts learners to high readiness. We assume that high readiness consists of activated scheme and intellectual curiosity. In this paper, we discuss the concept of “buzz session on pre-learning” based on the hypothesis, and the system design toward realization of the online “buzz session on pre-learning”.

キーワード: 授業外学習，レディネス，バズ学習，共同学習，VOD，思考の発散・深化・収束

## 1. はじめに

授業のテーマに関連する授業外学習（事前学習と事後学習）は，その授業の学習効果を高める上で重要な役割を果たす．例えば，溝上らは，授業には適度に参加し，かつ授業のテーマに関連する授業外学習をしっかり行っている学習者は，効果的な知識・技能の獲得ができていると報告している(1)．また，三好は，学習成果が身に付いたと認識している学習者群は，授業外学習にしっかりと取り組んでいると報告している(2)．しかしながら，これらの先行研究は，事前学習と事後学習のどちらがどれだけ学習効果に寄与しているかまでは明らかにしていない．事前学習は，授業のテーマに関する内容を予め確認したり，授業時間の準備状態を高めたりする役割を担う．一方で，事後学習は，授業で学習した内容の定着を図ったり,応用･活用したり，学習した内容を中心に知見を広げたりといった役割を担う．筆者らは，授業外学習の学習効果を確認するためには，これら事前学習と事後学習の 2 つの棲み分けが必要であると考えており，授業時間をより有意義にするための事前学習の学習効果に注目している．

ICT の発達と普及に伴い，事前学習のための講義ビデオの Web 配信が行われる機会も増えてきた. スマートフォンやタブレット PC 等の携帯端末の普及も進んでいることから，通学や隙間時間を利用した講義ビデオの視聴による事前学習のための環境も整いつつある．

特に近年は，このような環境を利用した反転学習に関する研究・実践が活発に行われている．反転学習では，従来，授業時間中に行われていた知識習得を，Web 配信された講義ビデオの視聴等によって事前学習として実施する．

一方，筆者らは，同じ Web 配信された講義ビデオの視聴による事前学習でも，知識習得を目的とするものではなく，準備状態を高めることを目的とした事前学習での新たな仕組みを構想している．本構想では，準備状態を高める手段として，授業開始前までに，オンライン上で学習者同士が次の授業テーマに関するバズセッションを展開する．このバズセッションにより，授業テーマに関するスキーマの活性化を高めることと，知的好奇心を促進することが期待できる．

本稿では,準備状態を高める新たな仕組みである「プレ・バズセッション」の構想について述べたあと，それをオンライン上で実現するシステムの概要について述べる.

## 2. 既存の事前学習とその課題

事前学習は，一般的に独学で行うことが多いと想定される．独学は，いつでもどこでも自らのペースで学習できることや，興味のある内容から取りかかることができる等のメリットがあるが,デメリット存在する．そのひとつは，知的刺激が限定的なことである．独学では，一般的に教科書や資料，講義ビデオ等を用いることが考えられるが，それらの教材から与えられる以上の知的刺激は期待できない．そのため，教材以上の知識の構築や思考,発想,意識作りには発展しづらい．もうひとつは，独学では，社会的存在感がないことである．Alsadoon[3]は，モバイルラーニングにおける社会的存在感が，学習者の満足度に寄与しているという結果を示している．この結果から，独学では満足度を得られない可能性が高いといえる．これらのデメリットを解決するためには，事前学習では，その学習環境に社会的存在感があり，そこから教材以上の知的刺激を受けられるような仕組みを用意することが求められる.

次に，先行研究[4],[5]によると，近年の大学生は事前学習を行う時間が少ないことが報告されている．その要因のひとつは，知識習得を目的とした事前学習は，学習者にとって心理的な負担が大きいと筆者らは考えている．すなわち，教科書や資料に書かれていることや，講義ビデオの内容を，ただ単に覚えなければいけないのではないかといった印象が，学習者が事前学習に時間を割くことを躊躇わせていると考える.

そこで，筆者らは，知識習得を目的とする事前学習だけではなく，別の観点からの目的も求められると考える．知識習得が当然のように扱われているという固定観念から脱し，学習者にとって心理的負担が軽く，かつ，学習効果が期待できるような新たな観点から事前学習の仕組みの検討が求められる.

次章では，以上の 2 つの課題に取り組むために，筆者らが提案する「プレ・バズセッション」という新たな事前学習での仕組みについて述べる.

## 3. プレ・バズセッションの構想

### 3.1 プレ・バズセッションとは

筆者らが提案する事前学習は，予習や反転学習とは異なり，知識の習得を目指していない．その目的は，学習者の“準備状態を高める”ことにある．準備状態を高めることとは，本研究では，授業のテーマに関連するスキーマを活性化すること（知識・技能の受け入れ態勢や，思考力・判断力・表現力等を伸ばすきっかけ作り,人生や社会での活用･応用への意識作り）と，知的好奇心を促進することで高めることと定義する.

このスキーマの活性化と知的好奇心の促進のためには，学習者自身が次の授業のテーマに関して思考を巡らせることが重要となる.

まず,教員から次の授業のテーマが与えられた際に，そのテーマに関連する学習者自身の既有知識や経験を想起することが必要である．加えて，単に学習者がひとりで想起するだけでなく，想起した既有知識や経験を他の学習者に伝えたり，逆に他の学習者から伝えられた知識や経験を受け取ったりすることで，思考をより活発的に巡らせることができる.

次に，想起した知識や経験を深めていくような思考も必要である．例えば，知識や経験からテーマに関する素朴な意見を考えてみたり，関連することを想像してみたりすることが思考の巡りを活発化する.加えて,他の学習者による素朴な意見や想像等を知り，理解することで，自分の意見や想像等を再検討できれば，さらに思考は活発化する.

さらに，上記のような活動の後は，自分なりの授業のテーマに関する見通しや結論を出すことも必要である．すなわち，思考を巡らせた結果として，次の授業のテーマに関して，最終的に自分自身はどのように考えるのかを一言，二言程度でまとめることも重要である.加えて,自分なりの結論を他の学習者に伝えたり，他の学習者の結論との比較をしたりすることで，さらに思考を活発化させることができ，準備状態を高めて次の授業に挑むことができる.

上述のような思考活動を実現するために,筆者らは,事前学習における学習者同士のバズセッションである

「プレ・バズセッション（Pre-Buzz-Session：Buzz Session on Pre-Learning)」を提案する．プレ・バズセッションは，事前学習で以下の①～③の 3 つの思考活動を，同じ授業を受講する学習者同士で行うことになる．

① 【思考の発散】次の授業に関するテーマや他の学習者からの発言等の刺激を受けることで，既有知識や経験を多面的に想起し，それを発言するという流れを繰り返す．
② 【思考の深化】共有された知識や経験を基に，素朴だった意見を整理してみたり，知識を再構築したり，次の授業のテーマについて想像したりする等を繰り返す．
③ 【思考の収束】最終的な意見や次の授業に関する予想等を結論として発言・共有する．

次節では，プレ・バスセッションの活動が，事前学習にどのように寄与するのかを，2 つの学習理論をベースにその期待される学習効果について述べる．

### 3.2 学習理論からみたプレ・バズセッション

#### 3.2.1 発達の最近接領域

プレ・バズセッションは，独学よりも多様な知的刺激を与えて，よりスキーマを活性化させる仕組みと捉えることができる．

ヴィゴツキーは，発達の最近接領域の理論において，発達では「現下の発達水準」と「明日の発達水準」を明らかにするべきであると主張している[6]-[8]．現下の発達水準は，今日すでに成熟しているものの水準であり，自主的に解決される問題によって規定される．また，明日の発達水準は，今は成熟していないが既にその途上にあり，既に芽を出し，明日とも成れば実をつける水準であり，大人に指導されたり自分よりも知的な仲間と協同したりするなかで解決される問題によって規定される．両者の隔たりが発達の最近接領域であり，ヴィゴツキーは，明日の発達水準に焦点を当てることがより重要であると主張している．

プレ・バズセッションは，発達の最近接領域の理論がベースになっている．独学による事前学習は，いわば現下の発達水準しか見ておらず，各学習者が今日発達しているレベルのスキーマの活性化しか達成できない．一方で，プレ・バズセッションは，明日の発達水準を見据えており，各学習者が成熟しつつあるレベルのスキーマの活性化まで到達することができる．

すなわち，発達の最近接領域の理論をベースに考えると，プレ・バズセッションは，より高いレベルで次の授業テーマに関する知識・技能の受け入れ態勢や，思考力・表現力・判断力等を伸ばすきっかけ作り，そして，人生や社会での活用・応用への意識作りが実現できると考えられる．

#### 3.2.2 知的好奇心

プレ・バスセッションで想定している 3 つの思考活動は，知的好奇心を促進する仕組みと捉えることができる．

波多野ら[9]は，知的好奇心を「拡散的好奇心」と「特殊的好奇心」とに分類した．

まず，拡散的好奇心とは，情報への飢えから生ずるものであり，はっきりした方向性を持たないものである．学習者の興味を広げ，知識をバランスのとれたものにするのに役立つ．この拡散的好奇心は，プレ・バスセッションの 3 つの思考活動のうち,「思考の発散」の段階において促進することが期待できる．すなわち，次の授業に関するテーマという大まかな方向性は決まっているものの，それ以上のはっきりとした方向性は持たず，そこから各学習者が自由に既有知識や経験を発言する中から興味を少しずつ広げていき，次の授業のテーマに関する知識を構築していくことになる．

次に，特殊的好奇心とは，われわれの知識が不十分であることが分かったときに生ずるものである．従って，われわれの知識を深め，より首尾一貫したものにしていく上で，非常に重要である．この特殊的好奇心は，プレ・バスセッションの 3 つの思考活動のうち,「思考の深化」の段階において促進することが期待できる．すなわち，思考の発散の段階において不足している知識や自分の意見に足りないことに気付くことで,それを補ったり再構築したりするために議論を深めていくことになる．

さらに，矢野[10]は，この 2 つの知的好奇心を活かした学習を実現するためには，一方的な教え込み環境ではなく，学習者の知的好奇心に対応した双方向の学習環境が望まれると述べている．すなわち，知的好奇心

を促進するためには，社会的存在感のある学習環境が望まれるということである．

すなわち，知的好奇心（拡散的好奇心と特殊的好奇心，および，社会的存在感）の理論をベースに考えると，プレ・バスセッションは，学習者の事前学習に対する知的好奇心を促進させることができると考えられる．

## 4. プレ・バズセッションのオンライン化

前章で述べたように，学習理論からみるとプレ・バズセッションは，従来の事前学習とは異なる学習効果が期待できる．しかしながら，現実問題として，同じ授業を受講する複数の学習者（以下，受講生）が授業前に直接会ってプレ・バズセッションが行えるかというと，非常に難しい．そのため，プレ・バズセッションをオンライン上で実現し，非同期分散型の共同学習ができる環境を整えることが，その解決の一助になる．本章では，プレ・バズセッションのオンライン化について述べる．

### 4.1 VOD を想定した講義ビデオの送信

プレ・バズセッションでは，受講生に次の授業のテーマについて知らせる必要がある．授業の終盤に，教員から口頭で伝えることが最もシンプルであるが，聞き漏れや欠席した受講生等のことを考えると，授業時間外でも確認できることが望ましい．また，テーマ名や一言・二言伝えるだけでは，次の授業テーマについて十分に思考を巡らせることは困難である．

そこで，プレ・バズセッションでは，講義ビデオの Web 配信を想定する．講義ビデオであれば，テーマ名やその補足説明程度だけではなく，テーマを設定した背景や狙い，どのような課題を想定し，何を考えて欲しいか等，議論するための情報を伝えることが可能である．しかし，学習者の負担を考えると，5 分程度の講義ビデオを，スマートフォン等の携帯端末でも視聴できる環境を提供することが望ましい．

### 4.2 非同期分散型のソーシャルメディアの開発

5 分程度の講義ビデオは Web 配信であるため，学習者は Web ブラウザを立ち上げて視聴することになる．プレ・バズセッションのオンライン化を実現するためには，その講義ビデオの視聴システムに，学習者同士がコミュニケーションできるような非同期分散型のソーシャルメディアを導入しなければならない．

非同期分散型のソーシャルメディアの代表例は，掲示板である．しかし，田口ら[11]が報告しているように，例えコミュニケーションツールとして掲示板を用意していたとしても，それが十分に活用できていないという実態がある．

掲示板の仕組みが良いとか悪いとかの議論はできないが，筆者らは，niconico[12]のように，講義ビデオの画面上に学習者らが送信したテキストコメントを画面の右から左へ流す仕組みが良いと考えた．その理由は，プレ・バズセッションは教員が介在することなく自由に次の授業テーマについてコミュニケーションを取ることを想定しているため，より「バズ感（ワイワイ感，ガヤガヤ感）」が出る仕組みが理想と考えたためである．

また，この仕組みは，テキストメッセージを送信したタイミングと再生時間とがリンクしているため，講義ビデオのどの場面でどのような思考の想起や意見等が出たかが分かるという点もメリットのひとつである．

筆者らは，既にこのシステムを構築しており，このシステムを使った学習実験を何回か実施している[13]-[15]．システムのスクリーンショットを図 1 に示す．

### 4.3 プレ・バズセッションの 3 つの思考活動とそのオンライン上でのステップ化

オンライン上のプレ・バズセッションの狙いは，次

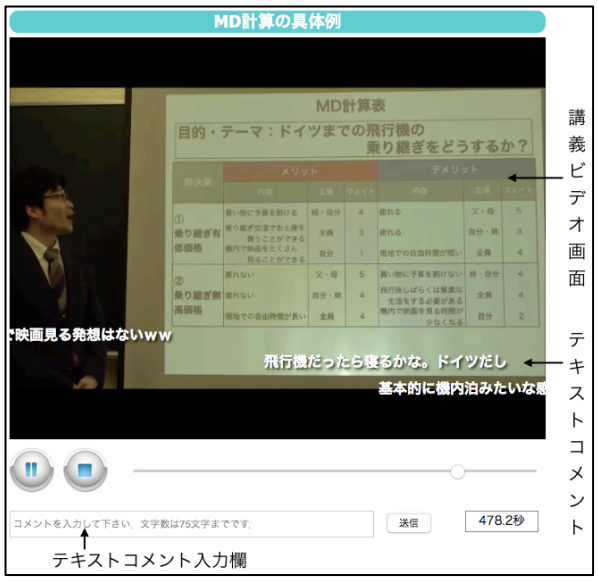



図 1 コメントを送信・流すシステムの画面

の授業のテーマに関する学習者の“準備状態を高める”ことにある．そのためには，第 3.1 節で述べた①思考の発散，②思考の深化，③思考の収束の 3 つの思考活動それぞれにおいて，しっかりと思考を巡らせることが重要となる．しかし，単に図 1 のシステムを提供するだけでは，思考に偏りがあったり，学習者自身がどのような思考に集中すれば良いか分からず散漫になったりといった事態を招く危険性がある．

そこで，それぞれの思考活動に集中し，かつ，全ての思考活動を満遍なく行わせるために，それぞれの思考活動を 3 つのステップに分け，順を追ってテキストコメントを送信させるシステムの構築を目指す (図 2)．

このシステムでは，講義ビデオを視聴しながら入力するテキストコメントを 3 つのモード，すなわち，思考を発散するモード (以下，発散モードと記す)，思考を深化するモード (以下，深化モードと記す)，思考を収束するモード (以下, 収束モードと記す) に区分し，ステップを追いながらコメントを送信させる仕組みが必要だと考えた[13]．

(1) STEP1：発散モード

いわゆるブレーン・ストーミングのようなもので，とにかく思いついたことをどんどん送信することに集中させるモードである. ブレーン･ストーミングでは，周りの人の発言数や進行役からの発言の促進等で発言する雰囲気が作られる．それをこのモードで擬似的に実現し, テキストコメント送信数の増加を狙う. また，ひとつ以上のテキストコメントを送信しない限り，STEP2 に移行できないようにする．

(2) STEP2：深化モード

各受講生が，発散モードで出てきた他の受講生のテキストコメントに対して，質問や指摘等を付加させて送信するモードである．批判的思考に立ってテキストコメントを確認させることで議論を活発にし，課題に対して深く考えさせることを狙う．ただし，発散モードで送信した自分のテキストコメントに対する否定的な意見に不安を覚える受講生は，非表示設定にすることができるようにする．

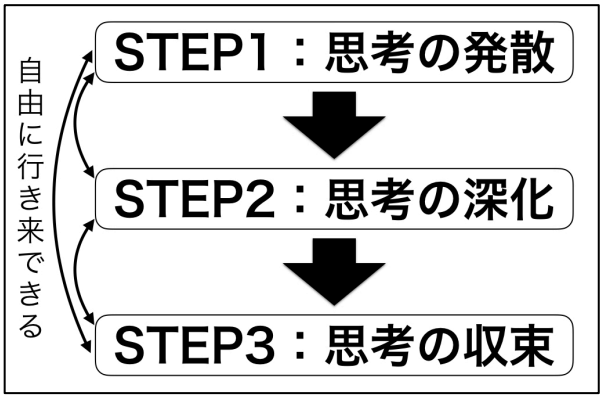



図 2 テキストコメントを送信するステップ

(3) STEP3：収束モード

これまでの STEP を基に，理解した内容や結論をまとめ，その要約を送信するモードである．要約を受講生同士で共有することは，授業のテーマに対して様々な視点からの理解方法や学ぶべき内容を知ることになり，その理解が深まる．

発散モードからスタートし，そこでテキストコメントをひとつ以上送信する必要があるというルール以外は，各モードを自由に行き来できるようにする．基本的には，発散，深化，収束という STEP を踏むが，その一意的な流れに縛らず，例えば，収束のコメントを見て，さらにアイディアを思いついたので発散モードでアイディアを出すというように，思考の柔軟性にも対応できるようにする．

システムの開発状況として，2019 年度現在では，STEP1 のプロトタイプを開発しているところである．具体的には，学習者が送信したテキストコメントの一覧や送信数を表示したり，ひとつ以上のテキストコメントを送信しない限り STEP2 に移行できない仕組みを構築しているところである．

## 5. まとめ

本稿では，従来の知識習得を目的とした事前学習ではなく，次の授業への準備状態を高めることを目的とした事前学習である「プレ・バズセッション」について提案した．準備状態とは，授業テーマに関するスキーマを活性化させることと，知的好奇心を促進することと定義した上で，事前学習として学習者同士でバズセッションを実施しながら，「思考の発散 − 思考の深化 − 思考の収束」という 3 つの思考活動をしっかり行うことで準備状態を高めることに繋がるという仮説を立てた．また，発達の最近接領域と知的好奇心の理論から期待される学習効果について説明した．

さらに，事前学習として，学習者が集まって対面でバズセッションを実施することは難しいので，オンラインによるプレ・バスセッションを提案した．提案したシステムでは，次の授業テーマに関する 5 分程度の講義ビデオを Web 配信し，学習者はそれを視聴しながらテキストコメントを送受信することで，バズセッションを行う．3 つの思考活動をしっかり行ってもらうために，3 つの思考活動をステップ化し，それぞれの思考活動に集中してもらうことで，活発なバズセッションができるシステムを提案した．

今後は，プロトタイプの開発を進めながら，提案したプレ・バスセッションの学習効果を検証していく．

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP19K12276 の助成を受けたものです．

## 参 考 文 献

(1) 溝上慎一，中間玲子，山田剛史，森朋子: “学習タイプ（授業・授業外学習）による知識・技能の獲得差異”，大学教育学会誌，第 31 巻，第 1 号，pp.112-119 (2009)

(2) 三好登: “大学生の学習時間・学習意欲と学習成果との関係”，大学教育学会誌，第 37 巻，第 1 号，pp.105-113 (2015)

(3) Elham Alsadoon: “The Impact of Social Presence on Learners’ Satisfaction in Mobile Learning”, TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology, Vol. 17, issue 1, pp.226-233 (2018)

(4) 京都大学高等教育研究開発推進センター，電通育英会: “『大学生のキャリア意識調査 2016』報告書” (2018)

(5) 谷村英洋: “大学生の学習時間分析–授業と学習時間の関連性–”，大学教育学会誌，第 31 巻，第 1 号，pp.128-135 (2009)

(6) ヴィゴツキー（著），柴田義松（訳）: “思考と言語”，新読書社，東京 (2001)

(7) ヴィゴツキー（著），柴田義松・宮坂琇子（訳）: “教育心理学講義”，新読書社，東京 (2005)

(8) ヴィゴツキー（著），土井捷三，神谷栄司（訳）: “「発達の最近接領域」の理論–教授・学習過程における子どもの発達–”，三学出版，滋賀県 (2003)

(9) 波多野誼余夫，稲垣佳世子: “知的好奇心”，中公新書，東京 (1973)

(10) 矢野米雄: “ネットワークとグループ学習”，岡本敏雄（編著）インターネット時代の教育情報工学 1–ニュー・パラダイム編–，森北出版, pp.144-174，東京 (2000)

(11) 田口真奈，後藤崇志，毛利隆夫: “グローバル MOOC を用いた反転授業の事例研究–日本人学生を想定した授業デザインと学生の取り組みの個人差–”，日本教育工学会論文誌, Vol.42, No.3, pp.255-269 (2018)

(12) dwango: “niconico”，https://www.nicovideo.jp/（参照 2020.2.4）

(13) 浅羽修丈，倉光貴子，斐品正照: “講義ビデオとテキストコメントが同期表示されるソーシャルメディアを用いた共同学習における議論の分析とシステムの要件定義の検討”，電子情報通信学会技術研究報告（教育工学: ET），Vo.116, No.266, ET2016-49, pp.45-50 (2016)

(14) 浅羽修丈，斐品正照: “講義ビデオの視聴で書込タイミングに同期したコメントのスクロール表示の有無と注目度の時系列的変化に着目した実験”，教育システム情報学会研究報告, Vo.32, No.5, pp.43-48 (2018)

(15) 浅羽修丈，斐品正照: “講義ビデオの映像とそこに重ねてスクロールする他者コメントとの組合せが学習者の注目度に与える影響”，教育システム情報学会研究報告, Vo.33, No.4, pp.47-54 (2018)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 地方地域におけるライドシェアの発展可能性について

櫻 井　翼，　木 川　裕
日本大学法学部

# Development potential of ride share in local areas

Sakurai Tsubasa，Kigawa Yutaka
College of Law Nihon University

現在シェアリングエコノミーの市場が発達してきており，様々な種類が登場している．しかし，移動のシェアの一つであるライドシェアは法的規制などにより発展が遅れているという現状がある．一部地域では特例によりライドシェアが許されているが，その他の地域でも交通の便が悪いことや自動車の維持費が嵩んでいること，また環境配慮の視点からライドシェアの発展が欠かせない．本稿では地方在住者にアンケートを取ることによって，住民の意識調査や特例地域以外でのライドシェア発展の必要性を調査した．

キーワード:シェアリングエコノミー，ライドシェア，ICT，地域活性化

## 1. はじめに

近年，シェアリングエコノミーの市場が拡大傾向にある．総務省の平成 30 年版情報通信白書によると，シェアリングエコノミーの国内市場規模は 2015 年度に約 398 億円であったものが，2016 年には約 503 億円まで拡大しており，2021 年までに約 1071 億円まで拡大すると予測している．シェアリングエコノミーの発展には様々なメリットがあり，安い値段で財・サービスを利用できるというミクロ的なものから CO2 の削減というマクロ的なものまである．

シェアリングエコノミーには数々のメリットがある中，移動のシェアの一つであるライドシェアは法的規制等があり日本ではあまり盛り上がりを見せていない．もし，ライドシェアが発展し現在よりも自動車の走行数を減らすことができれば，大幅な CO2 の削減に貢献することができ，環境にも配慮することができるだろう．

現在，「若者の車離れ」と叫ばれているが，その傾向は首都圏において強いと言え，地方地域では依然として「1 人 1 台」の家庭も多い．首都圏と比べ公共交通機関が発展しておらず，移動手段が限られているためである．また，高齢者率も地方地域の方が高い傾向にあり，昨今の高齢者ドライバーによる事故が増加しているように，高齢者が自動車を運転しなければならないという環境が危険性を増長させている．

地方地域でライドシェアの発展が進めば，住民はより経済的に，より便利な暮らしの実現が可能になる．

本稿では地方地域在住者を対象に実際にアンケートを取り，現在の車利用における問題点やライドシェアが発展する余地があるかを調べ，今後のライドシェアの展望を述べていくものとする．

## 2. ライドシェアの概要

### 2.1 ライドシェアとは

ライドシェアとは運転手のいる車に会員が同乗する仕組みであり，先述の通り「移動のシェア」の一形態である．

### 2.2 ライドシェアの形態

『国土交通政策研究所報第 65 号 2017 年夏季』によると，米国式のライドシェアには以前から行われている「カープール（(Carpool)」，「バンプール（Vanpool)」，「カジュアルカープール （Casual Carpool)」や，近年発展してきた TNC サービスがある．

カープールは，一般ドライバーが自家用車に出発地や目的地が同一である者を同乗させる相乗りである．

ドライバーは，ガソリン代等の実費程度まで受け取れるが，利益を得ることはできない．

バンプールは，大型車両であるバンを利用した多くの者（7～15 人）による相乗りである．その費用は乗客が分担するが，中には企業や行政の補助で負担が軽減されているものもある．

カジュアルカープール（スラッジング）は，一般ドライバーが自家用車に通勤の途中で道路沿いの乗り場に並ぶ者を同乗させる相乗りで，ドライバーと乗客はお互いに面識がないことが特徴である．カープールとヒッチハイクを掛け合わせたものである．

TNC サービスは近年急速に発展しているものであり，リアルタイムライドシェアリング，オンデマンドライドシェアリング，ライドソーシングとも呼ばれている．事業主体を TNC（Transportation Network Company）と定義し，事業主体が自ら運送せずに，事業主体が運営するプラットフォームにおいて一般ドライバーと乗客を仲介し，一般ドライバーが自家用車を用いて有償の運送サービスを提供するものである．スマートフォンのアプリケーションで予約，評価，支払を行う．また，料金は，地域や車種ごとに距離・時間によって決められ，乗車前の料金把握も可能である．ただし，料金は乗車の需要が高い時間帯には上昇する仕組みとなっている（サージプライシング）．

### 2.3 ライドシェアの法的課題

先述の通り，日本でライドシェアを普及していくにあたり，法的規制という大きな壁が立ちはだかっている．

「道路運送法第 78 条」には，

自家用自動車（事業用自動車以外の自動車をいう．以下同じ．）は，次に掲げる場合を除き，有償で運送の用に供してはならない．

一　災害のため緊急を要するとき．

二　市町村（特別区を含む．以下この号において同じ．），特定非営利活動促進法（平成十年法律第七号）第二条二項に規定する特定非営利活動法人その他国土交通省令で定める者が，次条の規定により一の市町村の区域内の住民の運送その他の国土交通省令で定める旅客の運送（以下「自家用有償旅客運送」という．）を行うとき．

三　公共の福祉を確保するためやむを得ない場合において，国土交通大臣の許可を受けて地域又は期間を限定して運送の用に供するとき．

「道路運送法第 79 条」には，自家用有償旅客運送を行おうとする者は，国土交通大臣の行う登録を受けなければならない．

と記されている．

これらの法律があるために，先ほど述べたライドシェアの形態のうち「カープール型」以外の 3 種類が規制されてしまう．ただし，政府は 2013 年に「国家戦略特区」というものを制定しており（道路運送法第 78 条 2 号），実施主体が市町村や特定非営利活動法人であり，旅客から徴収する対価が実費の範囲内ならば違法にならないという特例がある．この緩和された規制の範囲内でライドシェアを行っている自治体の事例がある．

### 2.4 京都府丹後市丹後町の「支え合い交通」

京都府の最北端にある丹後市丹後町では急速な過疎化が進み，鉄道やバスなどの公共交通機関の減少やタクシー会社が撤退など，公共交通の維持確保という課題が浮き彫りになっていた．

そこで上記の特例を用い，地元 NPO 法人「気張る！ふるさと丹後町」が『支え合い交通』という取り組みを始めた．これは日本初の「公共交通空白地有償運送」（撤退等により公共交通機関が十分にない地域で，NPO 法人や社会福祉法人が地域住民に提供するサービス）であり，Uber 社の ICT システムを活用し，乗りたい人と地元ドライバーを Uber のアプリ内でマッチングするという仕組みである．2019 年 5 月で運行開始から 3 年が経ち，現在も地域住民や観光客の足として機能している．

## 3. 車利用についてのアンケート調査

このように，特例地域では公共交通機関がないためライドシェアの需要が極めて高いことが分かった．しかし，特例地域ではない地域も公共交通機関が充実していない箇所があり，そういった地域でもライドシェアの需要があると考えた．これを確かめるべく，滋賀県東近江市（人口約 11 万 5 千人）でアンケート調査を行った．

### 3.1　回答者の属性

調査対象：滋賀県東近江市在住の男女 57 名

年代：10 代：1 名，20 代：6 名，30 代：15 名
40 代：23 名，50 代：12 名

職業：アルバイト：11 名，会社員：38 名
主婦：4 名，学生：1 名

調査方法：紙媒体のアンケート用紙を手渡し

回収状況：57 人分を回収

### 3.2　車の利用状況についてのアンケート

まず，車を所有しているかというアンケートを行った．「はい」と答えた方は全体の 84.2%であり，東京都の車の所有率 51.7%（東京都調べ）と比べてもかなり高い水準であるといえる．

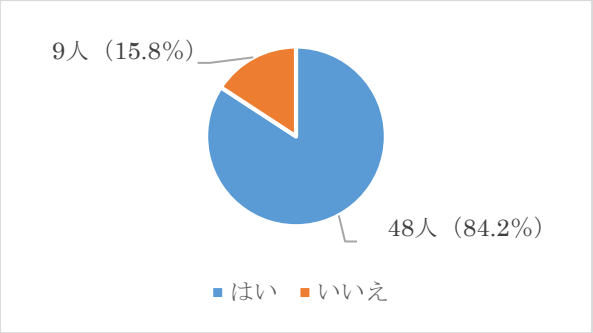



図1　車の所有率（n=57）

次に主に利用する用途についてアンケートを行った．複数回答が可能で，「通勤」と答えた方が 32 人，「買い物」と答えた方は 27 人いた．今回のアンケート対象者のボリュームゾーンが 40 代と働き盛りの方が多かったことがこの結果の要因だと考えられる．

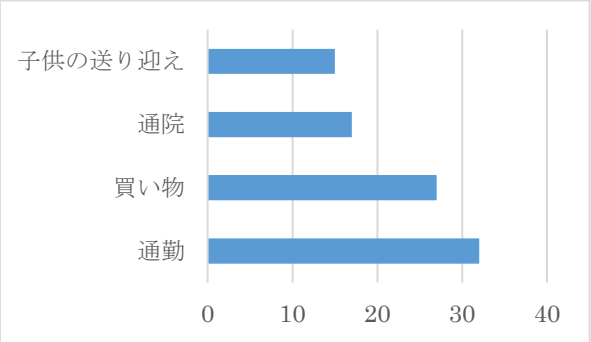



図2　主に利用する用途（n=48）

また，「通院」と答えた方も 17 人と多く，自分自身の病院の行き帰りだけではなく高齢者となった家族を病院まで送迎するといったケースも多いことが分かった．

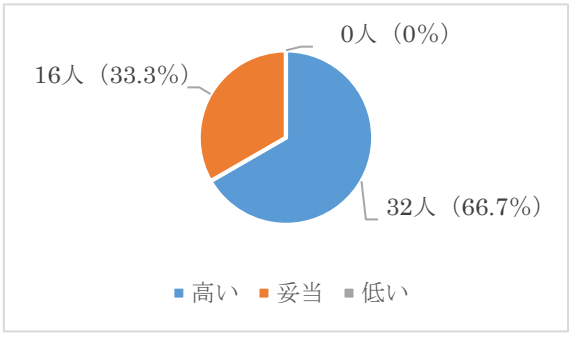



図3　車の維持費は高いと感じるか（n=48）

車の維持費は高いと感じるかというアンケートでは，32 人（66.7%）が高い，16 人（33.3%）が妥当と答え，低いと答えた方は 1 人もいなかった．そして，車の維持費はいくらかかっているかというアンケートでは，1 万円と答えた方が一番多く，次いで 1 万 5 千円，2 万円，2 万 5 千円以上という結果になり，維持費に何が含まれているかという問いには，ガソリン代という答えが一番多く，次いで保険料やメンテナンス料となった．

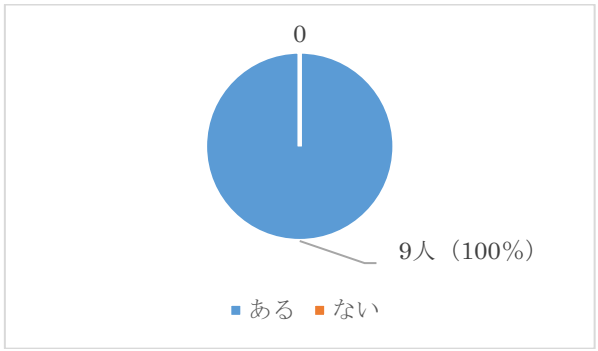



図4　車が無いことにより不便に感じることはあるか（n=9）

図 1 の車の所有率のアンケートで，「いいえ」と答えた 9 人の方に，車が無いことにより不便に感じることはあるかというアンケートをとった．結果として全員があると答え，ないと答えた方は 1 人もいなかった．

また，どのような場面で不便に感じるかを聞いたところ，交通の便が悪い（本数が少ない）というものが 1 番多かった．また，車を所有したいと思うかというアンケートをとったところ，9 人中 5 人が「いいえ」と答え，理由として「運転が面倒だから」「維持費がかかりすぎる」といったものが挙げられた．

### 3.3　ライドシェアに対する意識調査

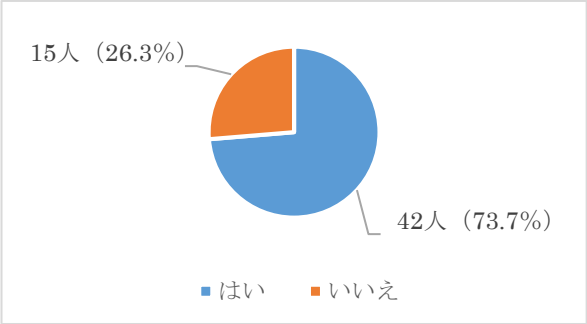



**図5　タクシーのような配車サービスがあれば利用したいか（n=57）**

タクシーのような配車サービスを利用してみたいかというアンケートをとった．これは Uber のシステムを想定したアンケートであったが，意外にも使ってみたいと答えた方は 42 人（73.7%）もおり，ライドシェアの発展可能性を感じさせられた．いくらなら利用してみたいかと聞いたアンケートでは，「500 円」という回答が一番多く，東近江市のタクシー初乗り運賃よりも 40 円ほど安い価格だった．

「いいえ」と答えた方になぜ嫌なのかを聞いたアンケートでは，「他人と共有することが面倒だ」という回答が大半を占めており，快適さという課題は残っているという結論に至った．

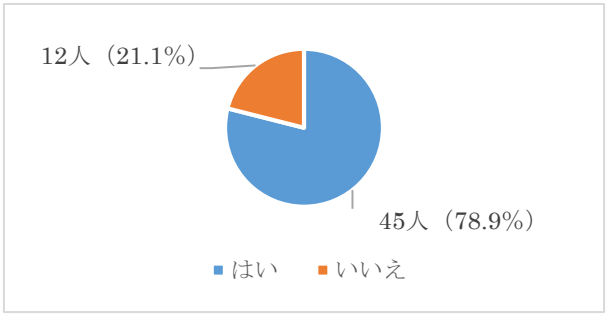



**図6　相乗りバスのようなサービスがあれば利用したいか（n=57）**

相乗りバスのようなサービスを利用してみたいかというアンケートをとった．こちらも 45 人（78.9%）の方が「はい」と答え，このようなサービスに意欲的な姿勢が見られた．いくらなら利用してみたいかという問いには「300 円」と回答した方が一番多く，これは隣町の多賀町で行われている「愛のりタクシー」の最安値運賃である 400 円よりも 100 円安いという結果だった．愛のりタクシーは，1 時間前までに電話で予約しないといけないというデメリットがある．

「いいえ」と答えた方になぜ嫌なのかを聞いたアンケートでは，「知らない人と同乗したくない」や「周りに気を遣う」といった，先述の配車サービスでの嫌な点と同じような回答が得られた．

## 4.　アンケート結果からの考察

今回のアンケートを受け，地方地域の方の車所有率は首都圏と比べても非常に高く，車という移動手段の必要性を強く感じた．特に通勤で車を用いている方にとっては，ライドシェアよりも自家用車の方が使い勝手がよく，また割安のためライドシェアの必要性は高くないと考えられる．

一方で利用用途として買い物や通院と答えた方は，通勤よりも利用頻度が相対的に低い傾向にあり，走行距離も少ない事が考えられる．したがって，車を所有していなければならない必要性は必ずしも高くないと推測される．今回のアンケートの回答者は 30 代や 40 代の割合が高く，日常的に車を運転する年代だと思われるが，より上の年代の方にアンケートをとると，利用頻度の低下や身体機能の衰えなどによりまた違う結果になることが予想される．

また，維持費が高いと感じている方の割合が 7 割弱もいたことや車を所有したいと思わない方が半数ほどいたことから，他の交通手段が増えれば首都圏と同じく車離れが起こるのではないかと考えられる．

更に，ライドシェアに対する意識調査では，タクシーのような配車サービスや相乗りバスのようなサービスを利用したいと感じている方も少なくなく，「カープール型」を実装できるようなプラットフォームの開設や法的規制の緩和などのきっかけさえあれば，地方地域でライドシェアが急速に普及することが考えられる．

## 5.　おわりに

今後の研究課題として，アンケートのターゲットを高齢者（65 歳以上）の方に変更して再度行う．理由は 2 つある．1 つ目として，車の利用頻度が低い可能性が高いからである．先述の通り，今回のアンケートのボリュームゾーンは 30 代や 40 代であり，日常から通勤

で利用する方が多かった．しかし，高齢者となると通勤をしている方は少なく，主な利用用途は買い物や通院になると考えられる．ライドシェアは利用頻度が低い方ほど適しているサービスであり，より地方地域でのライドシェアの普及に有益な情報を得られると考えられるからである．2 つ目として，身体機能が衰えている可能性があると考えられるからである．冒頭に書いた通り，昨今では高齢者ドライバーによる事故が多発しており，早急な対応が求められている．そこで，高齢者の方を対象にアンケートを取り，運転に対する意見やライドシェアに対する意識，デジタルデバイスに対する意識などのアンケートをとることによって，今後，高齢者が利用しやすいライドシェアの発展に近づけると考えるからである．

## 参 考 文 献


(1) 総務省: https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h30/html/nd125320.html（2019 年 11 月 30 日閲覧）
(2) 国土交通省:https://www.mlit.go.jp/pri/kikanshi/pdf/2017/65-1.pdf(2019 年 11 月 30 日閲覧)
(3) E-Gov: https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=326AC0000000183(2019 年 11 月 30 日閲覧)
(4) 気張る！ふるさと丹後町:http://kibaru-furusato-tango.org/about-sasaeai/(2019 年 12 月 1 日閲覧)
(5) Uber Newsroom:https://www.uber.com/ja-JP/newsroom/kyotango-2nd-anniversary/(2019 年 12 月 1 日閲覧)
(6) 東京都:http://www.metro.tokyo.jp/tosei/hodohappyo/press/2019/03/27/01_01.html(2019 年 12 月 3 日閲覧)
東近江市:http://www.city.higashiomi.shiga.jp/0000006430.html(2019 年 12 月 3 日閲覧)
(7) 多賀町 http://www.town.taga.lg.jp/contents_detail.php?frmId=299(2019 年 12 月 3 日閲覧)
(8) いつもNAVI:https://www.its-mo.com/taxi/fare/25/213/(2019年12月3日閲覧)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 情報教育におけるプロジェクト型の学びの評価と可視化手法の検討

山田雅之[*1]，近藤秀樹[*2]，遠山紗矢香[*3]，大﨑理乃[*4]
*1 星槎大学，*2 九州工業大学，*3 静岡大学，*4 産業技術大学院大学

# Discussion on an Evaluation Method for PBL and its Visualization Method of Learning Processes in Information Studies

Yamada Masayuki [*1], Kondo Hideki [*2], Tohyama Sayaka[*3], Ohsaki Ayano[*4]
*1 Seisa University, *2 Kyushu Institute of Technology,
*3 Shizuoka University, *4 Advanced Institute of Industrial Technology

The new course of study guidelines for Japanese high school “information studies” classes was made by restructuring and reorganizing the existing subjects. In the present study, we focused on “attitude of participating in information society” in new curriculum of “information studies” and examined assessments of project-based learning by visualizing learning process. Specifically, we analyzed learning process of student staff when they performed tasks at an interactive learning classroom “M” in Iizuka campus of Kyushu institute of technology. We collected cases of specific learning for each learner and visualized patterns of logs accumulated in SNS weekly. It was found that the learning process for the entire organization could be reviewed.

キーワード: 情報教育，プロジェクト型学習，学習プロセス

## 1. 背景

### 1.1 学習指導要領の改定に伴う情報科目における評価の課題

日本の高等学校では 2022 年より新学習指導要領が年次進行で実施される予定である(1)．情報では「社会と情報」「情報の科学」から必須科目の「情報Ⅰ」を新設し，選択科目として「情報Ⅱ」が新設される．改定では，社会に開かれた教育課程を重視した資質能力の育成が求められている．情報において科目の再編はあるものの，引き続き「情報活用の実践力」「情報の科学的な理解」「情報社会に参画する態度」が重視される．

社会は ICT の発展によって急速に変化している．これに伴い上記のような資質能力の育成が求められているが，同時に評価手法についての課題も残されている．特に上記に挙げた重要とされる３項目のうち，「情報社会に参画する態度」については如何に評価すべきかが今後問われていくと考えられる．そこで本研究では，情報教育において求められる能力の一つである「情報社会に参画する態度」の評価に焦点を当てる．

国立教育政策研究所(2)の作成した評価のあり方ハンドブックは小学校・中学校での評価を対象としているが，「主体的に学習に取り組む態度」の評価として，学習者のノートやレポート及び授業中の発話を教師が観察し，評価のエビデンスとして活用することを提案している．高校の情報教科教育においても上記のような学習プロセスのエビデンスを評価の対象とすべきことは重要だと考えられる．一方でこのような膨大な量の

エビデンスをどのような手法で分析すべきかについては議論が求められている．例えば近藤 (2017) [3]では，学習者にインタビューを実施し，学習者がどのような過程を通じて主体的な態度を育んだのかを示唆しているが，こうしたインタビューや詳細な分析には膨大な時間がかかることが課題である．

### 1.2 情報教育とプロジェクト型の学習

学習指導要領の改定に伴い「主体的・対話的で深い学び」の実践が求められるようになっている．そこでは多くのプロジェクト型の学習が実践されるようになってきている[4]．社会において人は多様な組織に所属し，その中で自らの役割を認知し，組織や社会の発展に貢献していくと考えられる．この背景には DeSeCo のキーコンピテンシーや 21 世紀型スキル[5]がある．これらは本研究で対象としている情報科目における「情報社会に参画する態度」に深く関連づけられる．

こうした背景を受け，近年学校場面では長期自立型プロジェクト型の学習が増加しつつある．プロジェクト型学習では ICT を活用し，情報収集や活用を実践するとともに，組織の中で主体性を発揮し活動する必要が出てくる．情報を共有するとともに議論し，それらをまとめていく過程ではまさに参画する態度が育成されていると考えられる．

斎藤（2019）[6]では情報教育においてこうした主体性の重要性を述べている．学習者が主体的に課題へ取り組むことで資質能力の育成が促されることを勘案すれば上記のようにプロジェクト型の学習が情報教育の資質能力の育成においても求められていると言える．

「情報社会に参画する態度」を如何に評価するかが課題となっている中で，Zhang et al.（2009）[7]では，小学生の学習者それぞれがプロジェクト型の学習を進める中での SNS での相互作用をエビデンスとして，ネットワーク分析を実施した．着目すべきはプロジェクト型の学習の多くにはこうした学習支援システムが導入され，その学習プロセスがデータとして蓄積されている場合が多いこと．もう一つはこうした大量の蓄積された学習プロセスのデータに対してネットワーク分析を活用している点である．

1 点目の学習支援システムの活用についてはグループウェアソフトの普及やクラウドの充実によってネットワーク上にデータを保存することや，組織内の小グループでの相互作用に SNS を用いる場合が増加している．山田ら（2014）[8]では海外との交流企画を対象としたプロジェクト型学習における授業内 SNS の可視化システムについて効果を検証している．２点目のネットワーク分析の活用については近年多くのデータを蓄積することが可能になってきている中で多様な分析手法の検討が進んでいる．ネットワーク分析は Barabási（2005）[9]，Strogatz（2001）[10]などに見られるように複雑な社会的なネットワークが分析可能であったり，可視化可能であったりする点で近年着目されている．例えば Yamada et al. (2018) [11]ではスポーツスキルの熟達過程におけるレポートをネットワーク分析し可視化している．このようなネットワーク分析は元々社会におけるビッグデータを分析する手法の一つとして着目されていたものを学習プロセスの分析に活用した事例といえる．ソーシャルネットワーク分析はスモールワールドネットワークモデル[12]が発表されて以来，様々な分野で活用されている手法である．教育領域においては，近年 Learning Analytics としての活用に期待が高まっている[13]．ネットワーク分析と同様に着目されている分析の指標となる概念として「ダイナミカル・システムズ・アプローチ (Dynamical systems approach)」がある．

### 1.3 ダイナミカル・システムズ・アプローチを活用した評価

ダイナミカル・システムズ・アプローチは複雑な社会において従来の科学ではあまり対象とされてこなかった現象を捉えるアプローチとして着目が高まっている．社会では膨大な要素が多様で複雑な相互作用を起こしている．しかしながらその中の一定のパラメータでその現象を見てみると組織的な振る舞いをしていることがある．ランダム（に見える）状況からゆらぎの中で秩序を持つ状況になることで一種の組織化が起きている．こうした現象は自己組織化と呼ばれている[14]．自己組織化は例えばアリが集団で巣を作る際[15]にも起きており，こうした視点での分析はビッグデータに対して非常に有効であると考えられている．一方で人の運動や発達，学習に関わる領域においても古くから多くの研究がなされている．自己組織化の特徴として

上述したような状態が切り替わる相転移が起きることが挙げられる．相転移の代表的な事例として Hoyt & Taylor（1981）[16]は馬の走る速度が上がる過程で，足の動きが変化し，人で言うと歩から走へと変化するような3段階の変化が起きることを示している．人の運動においても同様に Kelso(1984)[17]では両手の人差し指の運動においてスピードが上がると相転移現象が起きることを示している．こうした自己組織化の視点を用いた分析は多様な人の振る舞いに対して検討がなされている．岡林ら（2008）[18]では Karmiloff-Smith(1992)[19]の子供の表象書き換えモデルの過程となる表象レベルと年齢が共に上昇するのに対し，行動レベルは高い状況から一時的に低下し，再び上昇することを自己組織化の視点で捉えている．

こうした背景を受け，教育場面におけるプロジェクト型の学びにおいてもダイナミカル・システムズ・アプローチの視点を用いた分析が可能になると考えられる．ここでは組織における振る舞いを全体としてあるパラメーターに沿って分析したときにそこで起きている学びについて示唆が得られると考えられる．

## 2. 本研究の目的

本研究では，情報教育における「情報社会に参画する態度評価」の課題について，ダイナミカル・システムズ・アプローチの視点で検討を試みる．

上記のような態度表明を評価するには学習者が主体的に学びを進めるプロジェクト型の学びと，そこでの活動を記録している学習ログの存在が前提となる．例えば，Zhang et al.（2009）[7]では小学4年生の光の単元の授業での学びの様子を LMS 上の相互作用のデータを用いて3年間にわたり比較している．ここでは集団的認知責任に着目し，それぞれの学習者が主体的に活動している様子を分析している．先行研究の事例は情報教育における学習場面ではないものの，授業では児童が学習したことを LMS へ記入するよう動機づけられていたことで，クラス全体が組織に参画していく態度の変遷が評価可能となっている．

## 3. 分析対象

### 3.1 対象とする組織の活動場所

本研究の対象は，九州工業大学に設置されたアクティブ・ラーニング教室 M の学生スタッフの学びとした．本アクティブ・ラーニング教室は高度な情報系授業を実施可能な学習環境である．教室 M はグループワークのための教室として整備されており，ICT 機器の活用などにより学部初年次から大学院にいたるまでの多様な授業に対して柔軟に対応可能となっている[20]．対象となった飯塚キャンパスには情報工学部のみが設置されておりキャンパス全体では大学院生を含め，2000 名程度の学生が在籍している．対象とした教室 M はプレハブ工法で作られた独立した平屋の建物として整備された（以下，本研究の対象教室は「教室 M」とする）．定員 90 名・260 ㎡の教室部分の他に，スタッフが常駐するためのスタッフルームと，機器備品を収納する倉庫，情報基盤を提供するためのサーバルームを備えている．教室部分は透明のパーティションによって定員 50 名+定員 40 名の 2 つの空間に分割して利用可能である．

ICT を活用した授業のために，ノート型 PC 100 台とタブレット 60 台が整備されており，完全に集中管理され，これらすべてが同時に無線 LAN を用いて稼働できる．機器類は電源と接続することなく，内蔵バッテリーだけで 3 コマ以上の授業を実施できるよう考慮されている．8 面のプロジェクタとスクリーンを備えており，AV スイッチャによって，すべて異なる画面にも，すべて同じ画面にも，任意の組み合わせで利用することができる．AirPlay プロトコルにも対応し，備え付けのノート型 PC やタブレットの画面を，ケーブルを接続することなく無線 LAN 経由でスクリーンに投影可能である．

ここではこれらの環境を活かし多様な授業が絶えることなく続けられており，2011 年の竣工から 2019 年度にいたるまで，非常に高い稼働率を維持している．授業が実施されていない時間は，一般の学生の自主的な活動に開放している他，教職員からの要望を受けスポット利用を受け入れている．教員 1 名，業務支援職員 1 名と，学生スタッフ 5 名～15 名程度が教室全体の運営チームとして組織されている．

### 3.2 学生スタッフと業務

学生スタッフは教室利用を総合的にサポートしつつ環境を改善する存在である．学生が大学の仕事をする制度は，たとえば Teaching Assistant 制度(以下，TA)があるが，教室の学生スタッフは TA ではない．教育内容そのものには関与せず教室の運営チームに属する．

業務内容は大きく二つである．一つが利用者のサポートで，もう一つが教室設備や業務の改善である．以下にそれぞれの業務を説明する．

(1) 利用者のサポート

教室 M の開館時間中は，原則として学生スタッフがシフトを組んで常駐する．週末や休日のスポット利用があれば，対応可能なスタッフがいる場合にはそれらにも対応する．学生スタッフは運営担当の教職員から指示を受けて動く他に，個々の授業担当教員や利用者(以下，利用者)と積極的に連携・相談しながら，その利用を支援することが業務である．顕著な具体例は，授業環境の設営と実践内での対応である．学生スタッフは授業の開始前に教室内の環境を当該授業に合わせて設営する．具体的には，機器の設置・接続やそれに伴う設定の変更，什器のレイアウト変更などを行う．

教室 M は非常に柔軟に整備されたため，2020 年現在，実践される授業科目も形態も多様である．このため，授業ごとに担当教員が必要とする設備や機器，機能が異なる．さらに授業の担当教員は毎年授業のやり方を改善する．つまり，マニュアルによる対応では教室の活用に限界がある状況である．

一方で，前述のような設備・機器などを，教育工学などの知見を踏まえ，すべての授業担当教員が独力で適切に使いこなすことは容易ではない．たとえ知識や経験がある教員でも，非常に高い稼働率の合間を縫って，限られた時間ですべてを授業担当教員が準備することも現実的ではない．

これに対して，学生スタッフは後述するように日々の業務の一環として利用者の意図に沿った教室活用方法の提案や，教室設備を改善することが要求されている．このため，利用者と積極的にコミュニケーションを図りながら，その意図を共有することで，教室利用の支援を実現することが期待される．またスタッフは，利用者がその場で思いついた新しい使い方や，機器のトラブルなどにも即時的に対応できることも求められる．つまり，学生スタッフには定型業務の遂行だけでなく，主体的かつ現場の状況にあわせて柔軟に判断しながら自身の業務を決定することも求められる．

(2) 教室設備の整備と改善

学生スタッフのもう一つの業務は，教室設備の整備と改善である．整備と改善は各時点での利用実態に合わせて実施するため，定型作業にはなり難い．スタッフは「よりよい学習環境を作り続ける」という方向性のもとで，以下のような業務にあたる．

・インフラの整備とそれに伴う動作検証

基盤となるソフトウェアのバージョンアップや故障した機器の代替品の手配と交換，それらに伴う動作の検証を行う．長期休暇中には，次の学期に実施予定の授業のための検証も行い，数週間に及ぶこともある．

・改善案の提案と実現

(1)の利用者のサポート業務では利用者と協調して問題解決にあたっているため，学生スタッフが実際の利用状況を把握している．この経験に基づき新しい機器備品の導入を提案し，既存の機器の使い方を見直す．

・関連分野のゼミや研修会への参加

運営チームは学術的な背景をもって業務にあたることが期待されている．しかしそうした専門的な知見が日々の業務経験だけから十分に得られるわけではないと考えられた．このため，ゼミ形式で教育工学を中心としたトピックを学ぶ研修会を定期的に開催した．

上記のような学生スタッフの業務はまさに情報機器を活用したプロジェクト型の学びであり，学生スタッフ一人一人が主体性をもち，その組織に寄与していく態度が求められることになる．Zhang et al.（2009）[7]の事例でも見られたように本研究では SNS 上の書き込みを対象のデータとした．こうした組織における学びでは毎年少しずつメンバーが入れ替わる中で組織全体としてどのような学びが起きていたかを客観的に閲覧できる指標と分析対象の学習ログが必要となる．

### 3.3 学生スタッフの学習ログ

学生スタッフは勤務開始当初から主体的に活動できるわけではない．また，学生スタッフはシフト制で入れ替わりながら業務に携わっているため，現場に出勤するだけでは，アジャイル型で働くために必要な他の

スタッフとの仕事の共有や解決すべき課題についての情報交換の機会が乏しい．こうした状況の下で，学生スタッフの専門知識や技術の育成はもちろんのこと，主体的に業務を考えたり協調的に問題解決できたりする能力などを含む資質能力を育成するため，教室 M の学生スタッフにはオンサイトでの業務のほかに，以下２つのシステムでの活動を求めた．

システムの一つはメッセージのやりとりを行うための業務用 SNS（以下 SNS）である．自らの活動をリフレクションし，活動を相互に共有するために，シフト勤務ののち，必ず業務報告を SNS に書くよう求めた．報告は教員か業務支援職員がチェックし，コメントやアドバイスを行った．もう一つは，課題管理(Issue Tracking)システムである．課題管理システムとは，プロジェクトなどでの課題を登録し，関連する議論や資料をまとめながらその対応状況を追跡するシステムである．教室 M で解決しなければならない課題や気になる点は，すべて課題管理システムに登録するようにし，組織の全員で共有・管理することとした．教室 M の運営では課題管理システムとして GitHub の Issues 機能を 2014 年度 12 月に導入した．上記以外にも以下のような方針でシステムを活用させた．

（1）業務に関連する技術的な話題の共有

個々人が遭遇した技術的な話題も共有するよう働きかけた．例えばガジェットやソフトウェア，クラウドサービスなどの情報や，技術的に面白みのあるトピックなど，業務上他のスタッフと共有したほうが良いと考えられることは，できるだけ書くように促した．

（2）1 日に 1 回程度のオンラインでの活動

1 日に 1 回程度を目安として，オンライン上での活動を業務の一環として義務づけた．口頭で話が進んだ場合も，SNS に書くよう誘導した．

2011 年の竣工以来，7 年以上にわたって上記指針で学生スタッフ組織を運営した結果，GitHub Issue は約 4 年間で 493 件の課題を蓄積した．2018 年現在，493 件中 112 件がオープンな状態，381 件がクローズ状態となっている．SNS は 7 年の間に 3 回システムを変更した．過去のすべての記事は引き継がれており，2018 年 8 月現在までで 43116 件の記事が蓄積された．このうちシフト時間の活動記録は 5878 件であった．長期休暇中はシフトでは活動しないためこれを除外することにすれば，年間 10 ヶ月の勤務期間があったと仮定できる．これにより，7 年間の活動は 70 ヶ月分として計算できる．この仮定のもとでは，月あたり平均 83 件の記録が蓄積されたことになる．月 20 日の勤務日があるとすると，1 日平均で 4 件の報告が書かれたと言える．

## 4. 分析方法

本研究では上記アクティブ・ラーニング教室の学生スタッフを学習者として組織における学びの具体事例を概観した後，同スタッフの SNS の書き込みに対して分析を実施した先行研究を紹介し，その後この組織における組織化の様子について検討した．対象とした学生スタッフの SNS の書き込みデータはすでに多様な分析が進みつつあるが，本研究では新たに得られたデータも含めた分析を，近年着目されているマルチヴォーカリティの視点から多様な検討指標の一事例として検討した．

## 5. 組織における学びの具体事例

卒業時まで勤務を継続した学生へのインタビューでは，ソフトウェアエンジニアとしての採用プロセスの中で，インターンシップの期間中に「インターンシップで何をすればよいのか分からなかったが，行ってみたら，教室 M と同じように働けばよいのだということが分かった」等の発言が見られ，スタッフとしての経験が社会人のエンジニアとして働く際に転移した可能性が示唆された．

業務中に取り組んだ問題解決の事例として教室 M での学生スタッフの業務経験がどのようなものであったか，100 台規模の PC の安定運用と集中管理を例にして以下に示す．竣工当初，必修のプログラミングの授業では無線 LAN で履修者 90 名以が同時にログインして動作しなかったり，動作しても十分な性能が出せなかったりした状況があった．納入業者の対応も間に合わなかったため，有線 LAN で運用しつつ，授業のない時間帯に学生スタッフ一同で無線 LAN を動作させるための検証や実験を繰り返した．その中でネットワークに興味のあった学生スタッフは教員と一緒に中心的な役割を果たしながらベンダーの資料やサポート

フォーラムにアクセスし，また国内の研究会などに積極的に参加してベンダーのエンジニアとコンタクトし，情報交換を行い，その結果を持ち帰ってチューニングを繰り返した．同時に，無線 LAN の使い方を変えるなどの代替手段を試行し，現実の授業の利用の中で実施可能な運営方法を絞り込んでいった．

施設のアジャイル型の運営に学生がスタッフとして関わることにより，業務の文脈の中で学生スタッフが他者と協力しながら，明確に定まっていたわけではない問題を見いだして解決し，その解決策をよりよいものにしていく過程が生じていたことが示唆された．

こうした組織における学習者の具体的な学びは「情報社会に参画する態度」の具体事例として考えることができる．こうした個々のスタッフの学びが組織全体としてみた場合にどのようになっているのかについての検討が必要となる．本論文ではこの教室 M で検討された先行研究を紹介する．

## 6. 結果：「情報社会に参画する態度」の評価

### 6.1 先行研究からの示唆

先の具体的な学びの事例に見られたのは個々の学習者の学びと言える．組織全体としてみたときに組織の中でそれぞれの要素となる個々が前述したような学びをし，SNS 上でも相互作用することが組織全体の振る舞いとなる．Yamada et al.（2019）[21]ではこうした背景を受けて同組織の学生スタッフを対象としたネットワーク分析を実施している．先行研究では SNS 上の書き込みに対し集団的認知責任が如何に育成されていたかの検討を実施した．結果から教員スタッフは学生スタッフ間をつなぎ，時間経過と共により多くの仕事を SNS 上で実施していたことが示唆された．ここでは学生スタッフ間での情報伝達がうまくいかなくなっている状況を教員スタッフが察知し，つないでいたことが示唆された．先行研究では学生スタッフの集団的認知責任が向上している様子をネットワーク分析によって明らかにしようと試みたが，結果からは教員の支援の様子が可視化されたため，さらなる検討が求められていた．本研究ではこうした課題を受け，組織化の観点から組織全体での振る舞いに焦点を当てた．

### 6.2 分析と考察

本研究では業務用の SNS にログが蓄積されている 2012 年 4 月 30 日から 2018 年末までの全スタッフの投稿件数を対象とした．本研究では学習プロセスの可視化を目指し，情報教育における情報社会に参画する態度の評価を検討することが目的となっている．上記のデータについて，組織全体としての学びがどのようなパターンで組織化していくのかについて検討を進める中で，・どんなデータを対象とし，・どの期間でデータを区切るかが課題となった．対象とするデータの候補として書き込みの件数と文字数（正確にはバイト数）での比較と，データの区切りの候補として，年，長期休み（夏休み 9 月末，冬休み 12 月末，春休み 3 月末）の 3 期，各週での比較を実施した（実際には半年，月も検討した）．検討の結果，書き込みの投稿件数のデータとバイト数には変化の様子に大きな違いが見られなかったため，本研究では投稿件数のデータを分析の対象とした．次にデータの区切りについては，組織としての組織化の様子が最も閲覧しやすいと判断された週で区切ったデータを採用した．

図 1 はデータを可視化したグラフである．図では，年度の区切りを補助線として追加している．2012 年度から 2018 年度の書き込み件数のグラフから，大きく以下の 3 点が読み取れた．１．年度内でデータを見ると，コメントを付けたように長期休み期間に投稿件数は減少し，３つの山が確認可能である．２．年度内の書き込み件数は年度初めから 3 つの山の頂点が徐々に下がっていることから年度終わりに向けて減少傾向がある．３．全体の傾向として，2012 年度，2013 年度には見られないが，2014 年度から 2016 年度の 3 年間には上記の特徴が見られ，各年度の切り替え時には高い値を取る．

以上の 3 つの特徴に対しての考察としては以下の通りである．2013 年度までは組織が設立され，SNS の活用についても各スタッフは手探りの中進めている可能性が高く，データとしてゆらいでいる状況と考えられる．その後 2014 年度から 3 年間についてはスタッフの経験知も蓄積され，安定したパターンを続けていると考えられる．年度初めには多様な課題を抱え，SNS 上での議論も多く起き，長期休みには一旦落ち着くが，その後また高い値を示す．年度間の比較では 3

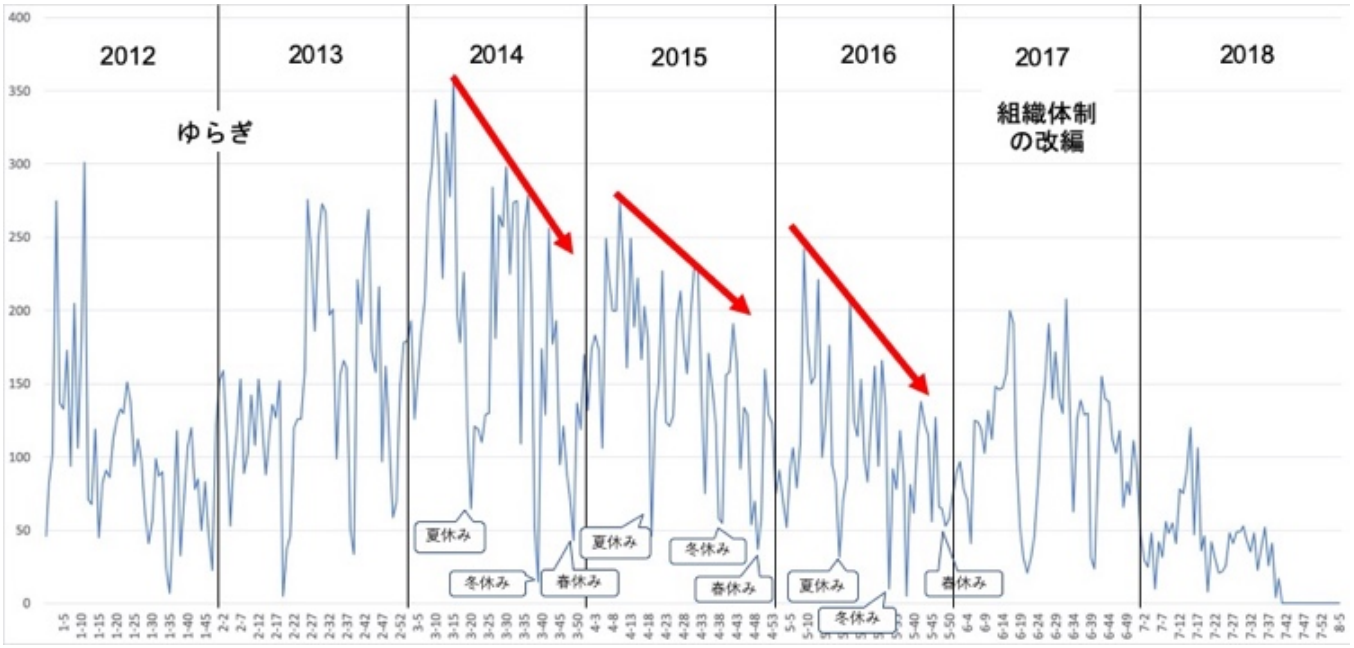



**図 1 アクティブラーニング教室スタッフの投稿件数**

年間で右下がりのグラフがだんだん落ち着きを見せている様子がうかがえる．一方ここで着目すべきは九州工業大学が４期（もしくは２期）制の授業であるのに対し，組織としての振る舞いは長期休みによって強い影響を受けている可能性があることだと考えられる．つまり授業の準備や対応をめぐる相互作用が強い影響を与えていると考えるとグラフは４期もしくは２期に分かれるはずだが，相互作用は長期休みの影響を受けているように見える．2017 年度，2018 年度は再び違うパターンを示しているように見えるが，これは経験豊富であった主要なスタッフが卒業し，予算の都合により新規の採用を見送るなどの外乱的な要素が強く影響していると考えられる．

## 7. 展望

本研究では情報教育における学習プロセスの可視化を目指し，プロジェクトや組織における学習者の具体的な学びの中で学習者が如何に「情報社会に参画する態度」，つまり教室 M の運用に主体的に関わっていく態度を変化させていたかの検討を実施した．学習者それぞれの具体的な学びの事例を収集し，SNS に蓄積されたログのパターンを週ごとに可視化することで組織全体を対象とした学びのパターンが閲覧できる可能性を示唆した．ダイナミカル・システムズ・アプローチでいえば，安定したパターンの見られた３年間とその前後のゆらいでいる様子がうかがえたと言える．

一方でこうしたアプローチでは詳細な分析が必要となり，今後も概観上の振る舞いが数値的に確認可能であることを検討していく必要がある．図１が長期休暇前後で３期に分かれているのはある意味では当たり前の結果とも捉えることができる．個々の具体的な学びの事例が全体で見たときにどんな時期に起きて，それが全体にどう影響しているのかまで踏み込んだ分析（関係性）を検討することでより有益な知見が得られる可能性が高い．３節の分析対象で述べた通り，こうした組織での業務は定型的な部分とそうではない部分がある一方で，組織の中では経験的な知が蓄積され，図で見られたような年度間の比較によって見えてくるパターンがある．情報教育においてもこうしたログデータの可視化方法を検討し，情報社会に参画する態度のような客観的評価の困難な資質能力の育成について，クラス全体の長期にわたる振る舞いから検討を続けていきたい．

社会は急速に発展し，社会を取り巻く環境は目まぐるしく変化している．これに伴い情報において扱うべき課題も常に変化し続けている．多様な資質能力の育成方法の検討とともに評価手法についても検討し続けていく必要がある．

情報教育を取り巻く環境も大きく変化している．高等学校における「情報」は学習指導要領の改訂に伴いさらに高度化が進むなか，情報技術を活用し問題解決する能力の育成が強く求められるようになってきてい

る．本研究の結果から，高等学校においても生徒の能力を大いに活かし，それを教師が可視化する中でより良い教育環境の構築をしていくことが望ましいと考えられた．例えば高等学校におけるコンピューター部の活動や SSH (Super Science Highschool)での活動[22]は本研究の事例に近いと考えられる．教師の資質能力の育成と共に子供達の資質能力を十分に活かせる学習環境の構築へ向けて検討を続けていきたい．

**謝辞**

JSPS 科研費 17K01136 の助成を受けたものです．本研究の一部は International Journal for Educational Media and Technology 2019, Vol.13, No. 1, pp.115-124. Masayuki Yamada, Sayaka Tohyama, Hideki Kondo, Ayano Ohsaki , A Case Study of Multidimensional Analysis for Student staff Collective Cognitive Responsibility in Active Learning Classrooms. に加筆修正したものです．

## 参 考 文 献

(1) 文部科学省: “高等学校学習指導要領解説情報編”, (2018)

(2) 国立教育政策研究所: “学習評価の在り方ハンドブック 小・中学校編”, (2019)

(3) 近藤秀樹: “高等教育における学習環境の運用業務を通じた学生スタッフ自身の学びに関する予備的調査”, 日本教育工学会第 33 回全国大会. (2017)

(4) Collins, A., Halverson, R.: “Rethinking Education in the Age of Technology: The Digital Revolution and Schooling in America”, Teachers College Press, (2009)

(5) Griffin, P., McGaw, B. Care, E. (Eds.): “Assessment and Teaching of 21st Century Skills”, Springer, (2012)

(6) 斎藤俊則: “初心者向けプログラミングの授業におけるソーシャルな知のデザイン（第 1 回）”, 情報処理 60(12), pp.85-88. (2019)

(7) Zhang, J., Scardamalia, M., Reeve, R., Messina, R.: “Designs for collective cognitive responsibility in knowledge building communities.”, Journal of the learning sciences, 18(1), pp.7-44. (2009)

(8) 山田雅之，佐藤慎一，影戸誠: “プロジェクト型学習における SNS 可視化システムを利用した学習支援の事例研究”，教育メディア研究，21(1)，pp.21-31.（2014）

(9) Barabási, A.-L.: “Network theory: The emergence of the creative enterprise”, Science, Vol. 308, pp.639-641. (2005)

(10) Strogatz, S.: “Exploring complex network”, Nature, Vol.410, pp.268-276. (2001)

(11) Yamada, M., Kodama, K., Shimizu, D., Ogai, Y., Suzuki, S.: “Visualization of cognition and action in the shooting skill acquisition process in ice hockey”. JSAI International Symposia on AI 2018. Workshop 3: Skill Sciences 2018.(2018)

(12) Watts, D. J.: “Small Worlds”, Princeton University Press. (1999)

(13) New Media Consortium: “NMC Horizon Report: 2014 Higher Education Edition”. (2014)

(14) Kelso, J. A. S.: “Dynamic Patterns: The Self-organization of Brain and Behavior”, MIT Press. (1995)

(15) Kugler, P. N., Turvey, M. T.: “Information, natural law, and self-assembly of rhythmic movement”, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ. (1987)

(16) Hoyt, D. F., Taylor, C. R.: “Gait and the energetics of locomotion in horses”, Nature, 292(16), pp. 239-240. (1981)

(17) Kelso, J. A. S.: “Phase transitions and critical behavior in human bimanual coordination”, American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 246(6), R1000-R1004. (1984)

(18) 岡林春雄（編著）: “心理学におけるダイナミカルシステム理論”，金子書房.（2008）

(19) Karmiloff-Smith A.: “Beyond modularity: A developmental perspective on cognitive science”. Cambridge, MIT Press. (1992)

(20) 近藤秀樹，田川真樹，楢原弘之: “情報系専門科目を実施可能なアクティブラーニング環境の構築”，日本教育工学会論文誌 38（3）pp.255-268.（2014）

(21) Yamada, M., Tohyama, S., Kondo, H., Ohsaki, A.: “A Case Study of Multidimensional Analysis for Student staff Collective Cognitive Responsibility in Active Learning Classrooms”, International Journal for Educational Media and Technology,13(1), pp.115-124. (2019)

(22) 中村光伴，仲田明良: “路線バスの到着時間予測”，情報学シンポジウム 2019 発表概要集，pp.25.（2019）

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 事故体験により安全意識を向上させる運転シミュレーションのデザイン

齊藤 玲[*1], 内藤 弘望[*2], 松浦 健二[*2], 柏原 昭博[*1], 石井 隆司[*3]
*1 電気通信大学
*2 徳島大学
*3 三菱プレシジョン株式会社

# Designing Driving Simulation for Enhancing Safety Awareness through Experience of Virtual Accident

Rei SAITO[*1], Hiromu NAITO[*2], Kenji MATSUURA[*2], Akihiro KASHIHARA[*1], Ryuji ISHII[*3]
*1 University of Electro Communication
*2 Tokushima University
*3 Mitsubishi Precision co., ltd

日本の 2018 年の道路交通法違反の取締り件数は約 600 万件であり，処分を受けたドライバーの中に多くの再処分者が含まれていることが報告されている．また，交通違反の取締り経験者は，今後交通事故を引き起こす可能性が高いことが指摘されている．このため，事故防止に向け，ドライバー，特に交通違反を繰り返すようなドライバーの安全意識を高めることは重要である．ここで，停止処分者講習や取消処分者講習では，運転シミュレータを用いた安全運転の指導が行われている．運転シミュレータは，実車では体験困難な事故を体験させることができるため，ドライバーが体験を通して自己の危険性を認識させることができる．そこで，本研究では，ドライバーが体験する危険な場面をシナリオとし，ドライバーの運転操作に応じて次に提示するシナリオを決定することで，事故発生を積極的に体験させる運転シミュレータのシナリオ制御モデルを提案する．これにより，各ドライバーに合わせた疑似的な事故を発生させ，事故の要因を同定することで体験者の安全意識の向上を目指す．

キーワード: 交通安全，運転シミュレータ，Failure-driven learning

## 1. はじめに

近年，道路交通法違反の取締り件数は減少傾向にあるものの，2018 年の取締り件数は 5,985,802 件(1)となっている．交通事故を起こした運転者の事故以前の交通違反を調査した研究では，違反取締りを受けた回数が多い運転者ほど将来的に交通事故を起こすリスクが高い傾向があることが報告されている(2)．一方で，飲酒運転を除いた違反において，取締りを受けた運転者のうち半数以上が取締りをするタイミングや場所が悪い，または，運が悪いと考え反省をしていなかったことが報告されている(3)．このことから，単なる違反取締りでは事故のリスクを低減させるためには不十分であると考えられる．

一方，優良運転者の安全運転の意識に働く大きな要因として，運転の自信の無さに起因する運転に対する恐怖心が危険意識を高めるとともに，交通教育による交通行動に対するモラル向上，法令遵守に対する気持ちや社会的責任による罰則への懸念が安全運転意識を喚起することが示唆されている(4)．このことから，違反取締りを受けた運転者に対して安全運転に対する意識を向上させることは，将来発生する交通事故のリス

クを低減させる上で有効であると考えられる．

そこで本研究では，運転シミュレータ上で事故を引き起こさせる運転シミュレータの制御モデルを提案する．運転者の事故回避に必要な運転操作の欠落から事故の原因を同定し，フィードバックをする．これにより，運転者の内省を促すことで安全運転意識を向上させることを目指す．

## 2. 交通安全教育と運転シミュレータ

### 2.1 交通安全教育

現在の日本の交通安全教育は，様々な場面にて行われている．免許取得年齢以前の若者に対しては，学校などで行われる交通安全教室により交通安全教育が行われている．一般の歩行者や自転車利用者に対しては，交通安全運動などの安全意識を高めるような活動が行われている．自動車免許取得希望者に対しては，自動車教習所にて安全運転についての幅広い教育が行われる．また，自動車免許保有者に対しても，企業内での教育や免許更新時の教育，さらに交通違反者や処分者に対しての講習や事故多発者への交通カウンセリングなどにより交通安全教育を行なっている．このような交通安全教育のなかでも，交通違反者や処分者に対する講習では，座学だけでなく，実車や運転シミュレータを用いた交通安全教育が行われている．

一方で，現状の交通安全教育の問題点として，交通安全教育に参加したとしても，必ずしも学習しようとする意欲がわかないと言うことがある．これは，交通事故という稀な事象に対して自分は無関係であると考える心理が大きく影響を与えている[5]．加えて，交通事故につながる可能性のある危険な行動を行なっても，事故に至らないことを日常で経験するため安全運転に対する動機付けになりにくい[5]という問題もあり，交通安全教育に対する動機付けが高まっていない．

### 2.2 運転シミュレータ

取消処分者講習において，運転シミュレータは，実車による指導のみでは指導が困難な交通事故などの危険な場面について，疑似体験させることを目的に使用されている[6]．このような運転シミュレータは，運転者が交通事故を引き起こすような場面を提示することにより，自分の運転と交通事故を結びつけ交通安全に対する意識(交通安全意識)を高める効果が期待できる．

### 2.3 問題点

現状の運転シミュレータでは，複数の場面により構成される運転シナリオにおいて，運転者が体験する運転シナリオはあらかじめ一意に定められており，交通事故が発生し得る危険な場面が一場面だけ設定されている．しかし，危険な場面での交通事故を引き起こす要因が複雑であり，運転者の交通安全意識がどの程度のものであり，どのような運転操作が欠如していたのかを判断することは難しい．また，運転者の中には，交通事故を辛うじて回避した場合でも，自分の運転スキルは高いから事故を回避できたと誤った自信に結びつく場合がある．加えて，運転者に対するフィードバックについても，事故を起こした要因の同定が困難なため運転者の操作を基にした指摘は少なく，運転者自身と交通事故を結びつけるためには限定的な効果しか持っていなかった．そのため，停止処分者講習や取消処分者講習では，一度受講したはずの運転者が再度受講するということが発生している．

そこで本研究では，今後交通事故を引き起こす可能性が高いと推察される交通違反者を対象としている，停止処分者講習，取消処分者講習で使用される運転シミュレータを対象として，交通事故を引き起こさせる運転シミュレータのシナリオ制御モデルを提案する．本制御モデルにより，各運転者に合わせた交通事故を発生させ，事故の要因を同定し，運転者にフィードバックを行い，内省を促進させることで，交通事故と運転者の運転を結びつけ，交通安全意識を向上させることを目指す．

## 3. 運転者の安全運転意識向上

### 3.1 安全運転意識を高める研究

安全運転意識を向上させる関連研究では，先行車や後続車との車間距離に着目した研究が挙げられる．高田ら[7]は，衝突回避のための減速，後続車の減速路面状況に応じた加速度，先行車の急停止に対応できる車間距離を指標とした安全運転の評価指標を提案し，本指標に基づいた安全運転評価システムを運転シミュレータ上に表示することで，前方障害物衝突防止警報シ

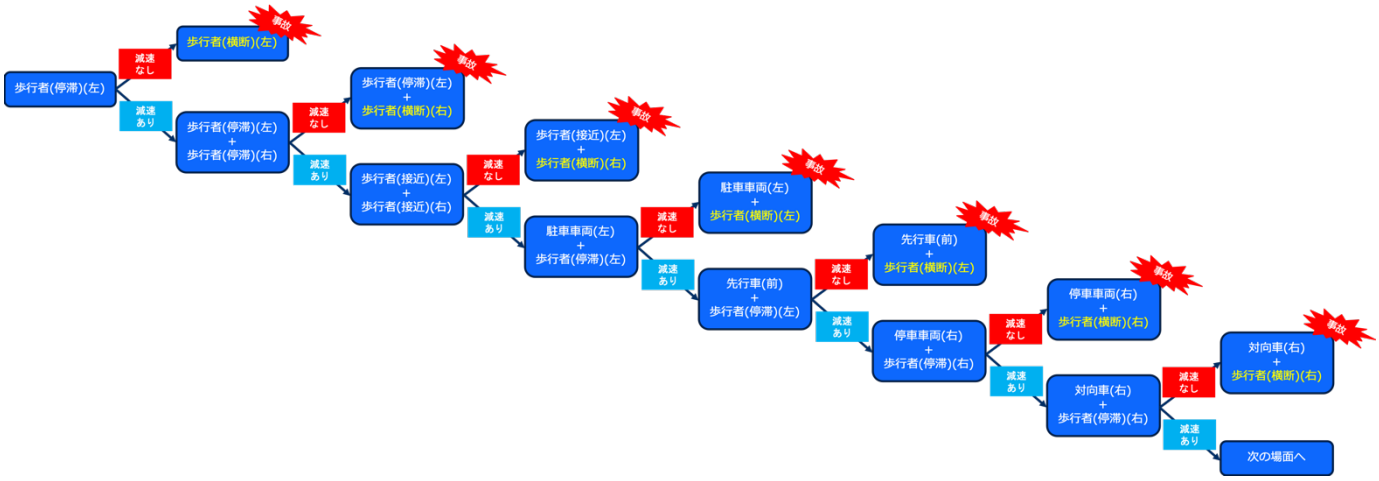



図 1 横断歩道周辺における運転シミュレータシナリオ制御モデル

ステムのみを用いた場合に比べ，衝突回避行動の遅れを減少させることを示唆した．野崎ら[8]は，前述の安全運転の評価指標を基に，ゲーミフィケーションの知見を取り入れることで，安全運転に対する動機付けを高める可能性を示した．しかし，これらの研究は，注意を向けるべき対象は先行車と後続車に限定されており，歩行者や交差点における侵入車に対する安全運転意識を向上させることは難しい．

田中ら[9]は，高齢者への運転シミュレータでの運転体験の教示方法で，交通事故を引き起こしそうな危険な場面を体験させることにより，自己の反応速度に見合った車間距離を維持するようになることを示した．このことから，運転者に交通事故を引き起こさせることは，自身の運転により引き起こされた交通事故を疑似体験することになり，身体で自身の安全運転意識の欠如に気づき，内省を促すことにつながると考えられる．一方で，田中らは運転者の状況に関係なく割り込みを行なっていたため，安全な車間距離を取っていなかった運転者に対しては有効であると考えられるが，十分な車間距離を取っていた運転者に対しては効果的な運転体験とは言い難い．そこで，本研究では，運転者の運転操作により，次に提示される場面を決定することで，各運転者に応じた危険な場面の設定を行うことを目指す．

### 3.2 運転シミュレータのシナリオ制御モデル

本研究では，停止処分者講習，取消処分者講習で用いられる運転シミュレータのシナリオ制御モデルを提案する．本モデルでは，一つの運転体験は，複数の危険な場面の組み合わせにより構成され，運転者の運転操作に応じて次に遷移する場面を決定することを想定している．シナリオは複数の場面により構成され，各場面は歩行者や横断歩道などの対象と歩行者の移動や横断などの行為により構成される．

本モデルでは，運転者が通常の運転をする中で，歩行者等に対する運転操作から，運転者が交通事故を引き起こす可能性が高い場面を判断し，実際に交通事故が発生した場合には，運転操作の欠落を基に事故原因の同定を行う．これにより，運転者に対して，自身の安全運転意識の不十分さへの気づきを促し，安全運転意識の向上を行う．また，事故原因の同定を行うために，運転者が体験するシナリオの各場面は，場面を構成する要素を単純なものからより複雑なものへと遷移していくものとし，体験した場面において，事故回避に必要な運転操作が取られていなかった場合には，同様の場面で交通事故を引き起こす危険な対象(危険対象)を配置することで交通事故を発生させる．交通事故発生の可能性が高いと判断されたにもかかわらず，その後の危険対象を配置したシナリオで事故を回避した場合には，一つ前のシナリオに戻り，再度運転を再開することを想定している．

本研究では，運転シミュレータのシナリオ制御モデルの第一段階として，左右からの侵入車や右左折によるハンドル操作の影響が少ないと考えられることから，歩道付きの片側 1 車線の直線道路の横断歩道周辺におけるシナリオ制御モデルの作成を行なった．横断歩道周辺におけるシナリオ制御モデルを図 1 として示す．

図 1 では，各ノードが一つの場面を，リンク上に事故回避に必要な運転操作を表している．横断歩道周辺におけるシナリオ制御モデルは，7 つの基本的なシナリオにより構成され，それぞれのシナリオにおいて運転者が事故回避に必要な運転操作を行わなかった場合に，危険対象を配置した場面へ遷移させることで交通事故を発生させる．一つ目のノードの例では，進行方向左側の横断歩道付近歩道上に歩行者が立ち止まっている状態での運転者の運転操作を確認する．この時，立ち止まっている歩行者に気づき，減速を行っていれば減速ありと判断し，進行方向の右側左側の両側に歩行者が立ち止まっている場面へと遷移する．一方で，横断歩道付近に歩行者がいるにもかかわらず減速をしなかった運転者には，横断歩道では歩行者が優先であり，歩行者が横断してくるかもしれないと言う安全運転意識が欠如していると考え，運転者が運転する自動車が横断歩道に近づいた際に，歩行者が横断歩道の横断を始める場面へと遷移する．これにより，運転者は歩行者の予期せぬ動きに対応することができず交通事故を引き起こすこととなる．このようにして，運転者の安全運転意識の欠如により引き起こされる交通事故を疑似体験させることで，運転者の内省を促し，安全運転意識の向上を行う．

また，本シナリオ制御モデルは，最終ノードまで交通事故を引き起こさずに運転体験を終了した場合には，横断歩道周辺以外の場面での安全運転意識を確認するシナリオへと進むことを想定している．

## 4. 結論

本論文では，運転シミュレータにより運転者の安全運転意識を向上させるための運転シミュレータシナリオ制御モデルを提案した．本制御モデルでは，各運転者に合わせた交通事故を発生させることで，運転者の安全運転意識を向上させる動機付けとなることが期待される．

一方で，本制御モデルは，歩道付きの片側 1 車線の直線道路の横断歩道周辺を対象として作成した．しかし，実際の交通事故を発生させる要因は非常に多岐に渡るため，今回モデルですべての安全運転意識の要素を網羅できているとは考え難い．また，運転者の安全運転意識を高める必要がある場面は，横断歩道周辺に限られた話ではない．

このことから，今後の課題としては，本制御モデルの有効性を確認するための実験を行うことと，制御モデルの要素の十分性の確認を行い，他の場面への適応を行うことが挙げられる．

### 参 考 文 献


(1) 警察庁交通局: “平成 30 年中の交通死亡事故の発生状況及び道路交通法違反取締り状況等について” (2019)

(2) 矢野 伸裕: “交通事故を起こした運転者の事故以前の交通違反履歴”, 日本心理学会大会発表論文集, Vol.73, pp.1336 (2009)

(3) 石村 映美, 森本 章倫: “交通安全に寄与する交通取締り計画に関する研究”, 都市計画論文集, 第 51 巻, 第 3 号, pp.655-660 (2016)

(4) 丑越 勝也, 森本 章倫, 古池 弘隆: “ドライバーの交通取締りへの関心と危険意識に関する研究”, 土木計画学研究・論文集, 第 24 巻, pp.819-824 (2007)

(5) 石田 敏郎, 松浦 常夫: “交通心理学入門”, 企業開発センター交通問題研究室, 大阪 (2017)

(6) 警察庁交通局長: 取消処分者講習の運用について”, 警察庁丙運発第 38 号 (2016)

(7) 高田 翔太, 平岡 敏洋, 野崎 敬太, 川上 浩司: “自発的な行動変容を促す安全運転評価システム(第 2 報)”, 自動車技術会論文集, 44 巻, 2 号, pp.673-678 (2013)

(8) 野崎 敬太, 平岡 敏洋, 高田 翔太, 川上 浩司: “安全運転に対する動機づけを高める運転支援システム”, 人工知能学会全国大会論文集, 第 27 回全国大会, pp.1-3 (2013)

(9) 田中 健次, 稲葉 緑: “高齢運転者へのシミュレータ教育の効果研究”, IATSS Review, Vol. 32, No.4, pp.41-48 (2007)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 小学校低学年児童ファーストでの ICT 教育導入の是非と課題

山屋 奈々子，木 川 裕
日本大学法学部

# Conflicts and Tasks of Introducing ICT Education for Low-grade Elementary School Children as priority

Yamaya Nanako ， Kigawa Yutaka
College of Law NIHON UNIVERSITY

近年実用が進められている ICT 教育の是非を生徒目線，特に小学校低学年児童への影響に限定し考察した．自身の学童での勤務経験と児童へのアンケート調査を行うことで，児童にとっても ICT 教育は有用であり，積極的に利用されるべきコンテンツであることが判明した．しかしその一方で，少数の児童が眼精疲労といった身体的負担・疲労を感じていることが明らかとなり，今後本格的に導入する際は児童の安全面の配慮を念頭に置き，慎重にカリキュラムを組んだうえで細心の注意を払って活用する必要があると考えられた．

**キーワード： ICT 教育 ， 小学校 ， 小学校低学年児童**

## 1. はじめに

文部科学省は平成２１年３月の教育の情報化に関する手引の作成から [1]，小学校・中学校学習指導要領改訂 [2]，そして令和元年６月の学校教育の情報化の推進に関する法律（通称教育情報化推進法）の施行 [3] など，現在に至るまで ICT 教育の普及（教育の情報化）に関する発表を立て続けに行っている．

ＩＣＴ教育とは，情報通信技術（information and communication technology）を活用した学校教育のことで，電子黒板やタブレット端末など，インターネット環境下で授業を行うことで教育の質の向上を目指すものである．文部科学省が促進していることからＩＣＴ教育は，今後の日本教育において大きな課題の１つとなることは明らかである．

そしてそれに伴い，現在に至るまでこのＩＣＴ教育の是非について，様々な角度から考察がなされてきた．しかしいずれも保護者や教員，指導要領などを軸にした，教育者目線で検討されており，現場で実際にＩＣＴ教育を受ける被教育者である生徒目線ではこれまで多く述べられてこなかった．

本研究ではＩＣＴ教育導入の是非をこのような背景を踏まえ，生徒目線，特に小学校低学年児童への影響を，自身の学童での勤務経験と調査をもとに改めて考察することを目的としている．

## 2. 児童の様子から感じた ICT 教育の有用性 ― 学童指導員の視点

### 2.1 ICT 導入にあたって

ＩＣＴ教育を行うに際して，児童を軸に検討する場合に最も重要なポイントとなるのは，子供たちの学習意欲を現状と同量あるいはそれ以上に引き出すことだ．これを損なってしまえば，いくら効率的で有用であっても本研究においてＩＣＴ教育を行う意義を見いだすことはできない．多くの児童にとって学習意欲が引き出される瞬間は，主に①授業がよく分かるとき，②先生にほめられたとき，そして③授業がおもしろいときであり，これらいずれかを満たさない限り学習意欲はわかないと明らかにされている．[4]

本研究を行う第一ステップとして，筆者が約２年勤めている学童施設の施設長及び職員らの協力のもと，日ご

ろの児童の様子から，いかに小学校においてＩＣＴ教育が有用で，且つ導入の障害が少ないかを，上記①～③の学習意欲がわく要素を念頭に置いて検討した．

### 2.2　ICT導入が児童に受け入れられると考える根拠

学習意欲が引き出される瞬間の一つにある③授業が面白いに関して，面白いと感じさせるには児童による好みに加え，指導教員の実力が必要不可欠となる．しかしながら教員の実力は三者三様であり，児童から“面白い”という気持ちを必ずしも引き出せるとは限らない．そこでＩＣＴ教育を導入することで従来と比較して確実に楽しめるコンテンツを創出しやすいのではないかと考えた．筆者の学童では定期的に机上にテレビを設置し，アニメーションまたは映画を放映するが，テレビを設置した途端，何を放映するかを伝える前段階にも関わらず，思い思いの遊びをしていた児童らが一斉にテレビの前に着席し，画面に映る映像に集中する様子が見られる．更に他の遊びを続ける児童も，ふとした瞬間にテレビを目にすると，つい画面に見入っているのが見てとれる．このようにテレビに対して高い集中力と好意的な様子から，児童にとってＩＣＴ教育の導入は違和感なく，寧ろ電子機器が楽しく学ぶための良いコンテンツとなることが期待できる．

加えて，インターネットによって得た知識の広さや具体性は目を見張るものがある．ある小学校１年児童は，折り紙本を読んでも手順が理解できず連日癇癪を起していたが，苦戦している様子を見かねた彼女の両親がインターネット上でその折り紙の手順を公開した動画と，本よりも細かく掲載されたサイトを提示したところ，彼女はすぐさま手順を習得し，苦戦することなく折ることが可能になった．これは静止画ではなく，実際に折る様子を動きで示すことで理解がし易くなり，手本と彼女本人の動きがシンクロしやすくなったといえる．つまりインターネット使用によって理解力が向上したといえ，同時にこれを授業に当てはめた場合，学習意欲がわく要素のひとつ，①授業がよく分かるときに該当する出来事であったといえる．このように理解力の向上が見込めるとすれば，ＩＣＴ教育を導入しない手はない．

### 2.3　ICT教育導入による懸念

その一方で小学校でのＩＣＴ教育導入は，例え児童を軸に検討しても，必ずしも歓迎されるものではない．

テレビを視聴する際に，児童が小競り合いをし，テレビ台に衝突，テレビが落下してしまうということがあった．幸い児童２名にテレビが接触することはなく，負傷することは免れたが，これが児童に当たってしまえば負傷は間違いないうえ，それによって機器が破損する可能性もあった．ＩＣＴ教育を導入した際に類似の出来事が発生すれば，児童の負傷だけでなく，ＩＣＴ機器の損傷によってその後の授業に支障をきたす可能性が考えられる．

また，ＩＣＴ教育の導入を行えば年齢に見合わない悪質なコンテンツに児童が行き着いてしまう可能性がある．当時小学１年生だった男子児童が，授業では習っていない残虐な言葉，「死亡」「殺人」の漢字を何も見ずに，笑顔で書いるところを目にした．おどろおどろしい真っ赤な円の中心に文字を何度も書き込んでいき，さらにその横には腹部から大量に出血する人間の絵が添えられていた．その児童に話を聞くとインターネット上で見つけてプレイしたゲームの絵を書いていたそうだが，そのような残虐な文字や絵が出てくる加害的な内容ということから，それが年齢制限のかかったゲームであり，当時６歳という判断能力の未熟な子供が閲覧する内容として不適切であることは明らかだった．

ＩＣＴ教育を導入し，児童がインターネットに気軽にアクセスできる環境が整えばもちろん利便性は向上するが，同時にこのような年齢にそぐわないサイトに出会ってしまう可能性も高まる．そうすれば共感性の欠如や現実とフィクションの境目の区別が適切につかないなどの悪影響を児童に与えてしまう蓋然性が高い．

### 2.4　懸念事項の否定と対応策の検討

しかし，これらの懸念事項いずれに関しても，対応策を巡らせることで減少が見込める．

まずＩＣＴ機器による児童の負傷と機器の破損に関して，ＩＣＴ機器は重量のある機器が多く，落下や接触により負傷する可能性があるが，教卓やロッカー，本棚，掃除用具庫など，重量のあるものは教室中に既に存在し，それらは一般に固定あるいは角といった危険な箇所にカバーが付けられている．ＩＣＴ機器も同様の対策を行なうことでＩＣＴ機器による児童の負傷防止が考えられる．加えて，そもそも小学生児童の負傷は，ＩＣＴ教

育導入そのものの影響で増加するものではないため，機器そのものの対策は必要だが，導入を懸念する理由にはならない．なお電子機器の破損に関しても，予備機の導入や同じく機器に緩衝材を利用することで対応することができると考えられる．

また悪質なコンテンツに児童が行きつく可能性については，学校の授業というカリキュラムの組まれた環境下では起こりえないことである．カリキュラムによってしっかり制限をし，ＩＣＴ利用をきちんとコントロールすることで，学内での対策は容易に可能である．

## 3. アンケート調査の実施

### 3.1 調査内容

ここで第二ステップとして小学校低学年児童男女６２名を対象にアンケートを実施し，上記した日常見受けられた児童の様子から得られた考察の裏付け及び，ＩＣＴ教育に対する児童の主観的意識を調査した．

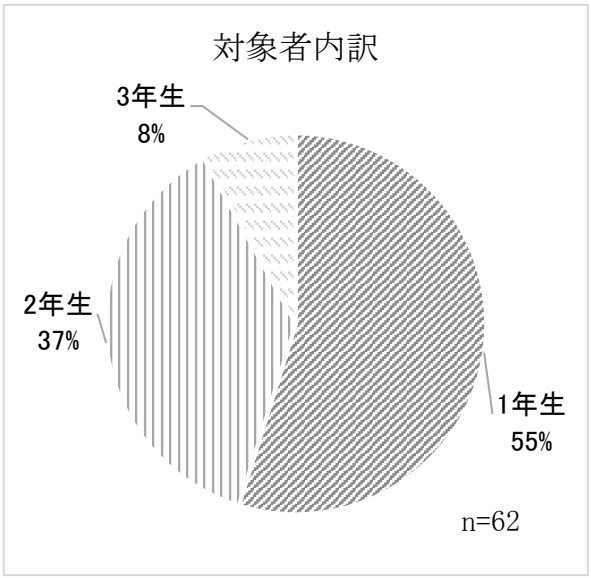



図 1 対象者内訳

### 3.2 調査結果と考察

問１は筆者学童児童の様子の裏付けとして行い，およそ全員となる６０名が好きと回答したことで児童が事実として電子機器そのものに対して肯定的な気持ちを抱いており，また授業に盛り込んでも受け入れられやすい可能性が大いにあることがわかった．

また問２に関しては，ＩＣＴ教育導入に関して通説的に言われている，紙媒体の活字離れの懸念を受けて質問に盛り込んだが，これについても問１より１人減りはしたものの，５９名が好きだと回答した．読み聞かせの実施や授業の一環として読書の時間を設ける等，小学校側の取り組みが功を奏しているといえる．(5)

ここから考察するに紙媒体の活字離れが叫ばれるその実情は，読書への苦手意識ではなく，ＩＣＴ機器に限らずそもそも子どもが選択できるアクティビティが昔に比べ増えたことで，相対的に読書に割く時間が減っているように我々大人が感じるだけである可能性が高く，また事実として，文部科学省や全国学校図書館協議会・毎日新聞社の児童の読書量の調査では，全体の読書時間は近年増加傾向であり，不読者の割合も減少しているためそのようなことを案ずる必要はない．(6)(7)

表 1 アンケート調査質問文(原文)

| | |
|---|---|
| とい1 | あなたはテレビやパソコンはすきですか. |
| とい2 | ほんをよむことはすきですか. |
| とい3 | がっこうのじゅぎょうやべんきょうでテレビやパソコン，タブレットをつかったことはありますか. |
| とい4 | (3ではいとこたえたかた)つかってみてどうでしたか. |

また，通説的に活字離れというのは紙媒体に限った話であり，電子書籍といった電子機器を使った活字アクセス手段は加味されていない．以上のことからＩＣＴ教育導入による活字離れの懸念は杞憂であるといえる．

そして問３及び問４の質問は児童からの感想を聞くことで，ＩＣＴ教育を児童が受容しているかという本研究の本質を突いた．授業及び勉強においてテレビやパソコンを利用した経験のある児童は５６名おり，文部科学省によるＩＣＴ教育促進の効果が伺えた．また児童の感想としては，「楽しかった」「面白かった」「わかりやすかった」など，ＩＣＴに対する肯定的な言葉がうち５５名から見受けられ，事実としてＩＣＴ教育が児童の学習意欲を掻き立てる役割をこなせていることが確認された．

### 3.3　アンケート調査で判明した課題

児童から見受けられる様子や懸念事項の対応策の容易さ，そしてアンケートの調査結果から，ICT 教育は導入すべき有用な手段であると考えられた．

しかしその一方で問 4 では肯定的な意見と共に「(目が）疲れた」等の否定的なコメントも４名から寄せられ，電子機器が得意でない児童や画面を眩しく感じる児童がいることが少数ながら明らかとなった．これは教育者が見た日ごろの児童の様子からでは判明されない事項であり，ＩＣＴ教育を今後さらに導入させていく際は，そのような児童への心身の積極的な配慮やケアが我々の想像以上に必要になるという課題が新たに見つかった．現に目に関して，文部科学省実施の学校保健統計調査では，平成 30 年度の小学生児童の裸眼視力 1.0 未満及び裸眼視力 0.3 未満の者の割合は，調査史上過去最高となっており，その一因に電子機器があることは容易に想像ができる．(7)

いくら ICT 教育が有用であっても，今後本格的に導入する際は児童の安全面の配慮を念頭に置きさらに慎重にカリキュラムを組み活用する必要がある．

## 4.　おわりに

ＩＣＴ教育はある程度の懸念材料があり対策を巡らせる必要は不可欠であるものの，児童を軸に検討しても有用であり，総じて積極的に導入をすべきものであると考えられる．ＩＣＴ教育の利用は未だ多くの可能性を秘めており，授業にさらなる広がりを与える重要な存在となる．今後ますます普及することで児童らの学びはより良いものとなることが期待される．

### 参 考 文 献


(1)　文部科学省：「教育の情報化に関する手引」について，http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/1259413.htm，（2019 年 12 月 22 日確認）

(2)　文部科学省：学習指導要領「生きる力」平成 29･30 年改訂学習指導要領，解説等，http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htm，（2019 年 10 月 25 日確認）

(3)　文部科学省:教育の情報化の推進　学校教育の情報化の推進に関する法律，http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1418577.htm，（2019 年 12 月 22 日確認）

(4)　文部科学省国立教育政策研究所:「学習意欲に関する調査研究」概要，https://www.nier.go.jp/seika/seika0208_01/seika0208_01.htm，（2019 年 12 月 22 日確認）

(5)　文部科学省子ども読書の情報館:全国の取組事例発表，http://kodomodokusyo.go.jp/jirei/index.html ，（2019 年 10 月 27 日確認）

(6)　文部科学省：子供の読書活動に関する現状と論点，http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shougai/040/shiryo/__icsFiles/afieldfile/2017/08/15/1389071_005.pdf (2020 年 2 月 9 日確認)

(7)　全国学校図書館協議会：「学校読書調査」の結果，https://www.j-sla.or.jp/material/research/dokusyotyousa.html ，(2020 年 1 月 3 日確認)

(8)　文部科学省:学校保健統計調査― 平成 30 年度（確定値）の結果の概要，http://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11293659/www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa05/hoken/kekka/k_detail/1411711.htm　，（2019 年 12 月 1 日確認）

(9)　山下泰生:"学習指導要領改訂に伴う初等教育におけるプログラミング教育について"，研究紀要，第 20 号，159-171，(2019)

(10)　松永公廣:"ICT を活用した教育・学習支援の展開と課題，<特集>ICT を活用した教育・学習支援のトレンド"，５５巻，第１０号，404-411，(2011)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# ヒューマンエラーの技術的減少可能性について

林　武範，　木川　裕

日本大学法学部

# On the Possibility of Technical Reduction of Human Error

Hayashi Takenori，Kigawa Yutaka
College of Law Nihon University

現代社会において人の認知、判断、行動は技術の進歩により操作は簡単になるものの、小さな失敗が大きな被害を生むようになった。ヒューマンエラーは人がいる限りなくならないが、減らすことは可能である。なぜヒューマンエラーが起こるのか、そのメカニズムをもとにフールプルーフ、フェイルセーフの概念を実際に導入されている技術導入によってヒューマンエラーの減少効果を得られると考え、自動車事故を例に自動運転、運転補助技術がヒューマンエラーを減らすためにどのように役立っているのか、それを日常生活において役立てることはできないかを模索していく。また、今の通信技術では不可能だった技術が、2020 年より導入が始まる第 5 世代移動通信システムによって可能となり、ヒューマンエラー減少の新たな糸口が見えてくると考えている。

キーワード：ヒューマンエラー、フールプルーフ、フェイルセーフ、自動運転、５Ｇ

## 1. はじめに

近年、技術の発展とアイデアによって社会は目まぐるしく変化し続け私たちの生活はより豊かに便利になっていく。情報通信白書によれば、スマートフォンやパソコンの普及によって、インターネットへのアクセスが時間や場所にとらわれることなく可能となり、SNS の利用者増加であらゆる情報の認知、判断、行動が可能になった。

その反面ちょっとした操作ミスや失敗によって多大な被害をもたらすようになった。インターネットやタブレットなどの技術によって簡単に認知、判断、行動が容易になったけれど､その行動に人が介入する以上、ヒューマンエラー（人為的過誤や失敗）が 100%なくならないといことに問題を感じている。それは、起こした本人の生活や尊厳、自信を失わせてしまうと同時に、他者に対して被害をもたらす場合があるからである。

本稿では､ヒューマンエラーのメカニズムをもとに、フェイルセーフ(エラーを起こしても安全が維持できるように工夫する)という概念とフールプルーフ(エラーを起こそうとしてもエラーできないよう工夫する)、新しい技術の融合によって、ヒューマンエラーの発生確率減少は可能なのかを検討していく。

## 2. ヒューマンエラーの概要

### 2.1 ヒューマンエラーの定義

レジリエントメディカルによれば、ヒューマンエラーとは、人為的過誤や失敗のことであり、これを定義するための 3 原則が存在する。

① 期待されない行為をした、または期待される行為をしなかった。
② 達成しようとした目標とは違う結果になった。
③ 目標とは違う結果になる意図はなかった。

この 3 つをすべて満たした過誤や失敗でなければ、ヒューマンエラーと言うことができない。①だけではエラーが発生するとは限らない。たまたま運よくエラーが発生しないという場合もある。またさらに、②だけでもヒューマンエラーとは定義できない｡なぜなら、「目標と違う結果」が人的な要因かどうか確定できないからである。つまり、ヒューマンエラーと呼べるものは、原因に挙げられる事象ではなく結果として起こった事象なのである。

### 2.2　ヒューマンエラーを引き起こす原因

レジリエントメディカルによれば、ヒューマンエラーが起こってしまう原因は、①無知、経験不足、不慣れ②危険軽視、慣れ③不注意④連絡不足⑤集団欠陥⑥近道、省略行動⑦場面行動本能⑧パニック⑨錯覚⑩中高年の機能低下⑪疲労⑫単調な作業による意識低下の12パターンが挙げられる。

①無知、経験不足、不慣れは新人に多いエラーで、業務について無知や、学習不足、不慣れ、理解が十分ではない、業務に熟練していく過程に発生する。

②危険軽視、慣れによるエラーは、人間は慣れるにしたがって気を抜く傾向があるためしだいにエラーをしやすくなってしまう。

③不注意がヒューマンエラーの一般的なパターンとなり、②危険軽視と重なる部分があるが、危険を軽視していなくても、不注意によるエラーは起こるのだ。

④連絡不足によるエラーとは、コミュニケーションエラーで、主に複数の人々が関与する業務において発生しやすくなる。

⑤集団欠陥は、組織的な欠陥といえ、いわば組織における空気のようなものであり、組織の安全文化の欠陥に値する。

⑥近道、省略行動は、定められた手順を遵守せずに起こるエラーで、技術的なエラーや学習不足によるエラーと違い、規則的なエラーである。

⑦場面行動本能とは、注意が一点に集中してしまい、本来は留意すべき他の事柄を忘れてしまったりするパターンである。

⑧パニックは主に自分が想定していなかった事態に直面したり、過度なプレッシャーに晒されたりすることで起こりやすくなり、パニックに陥ると人は簡単に認識・判断できるものもできなくなる。

⑨錯覚は正しい情報を勘違いすること、状況を見誤ること、あるいは指示を聞き間違えたり誤認したりすることによって起きる。つまり錯覚は正しい情報を受けとる側の認知エラーともいえる。

⑩中高年の機能低下は、人間は加齢とともに様々な機能が低下していく。記憶力の低下や認識力の低下、身体的な機能の低下もあるだろう。

⑪疲労は人間の様々な能力を低下する要因になり、疲労が蓄積してエラーを起こしやすくなる。疲労が慢性化して、本人でさえも自分が疲れているのかどうか判断ができない状態になり、エラーを起こすことが考えられる。

⑫単調な作業による意識低下は、単調な作業や決められた業務を繰り返すことが多い業務は、集中力の欠如や意識の低下を起こしやすくなる。技術的な問題というよりも意識の問題といえる。

つまり、ヒューマンエラーの原因は、引き起こす本人の事由によるものか、その他周囲の環境や状況変化による事由の2つに分けられ、人間の誤った認知、判断、行動によって引き起こされるのである。

### 2.3　ヒューマンエラーの対策と考察

ヒューマンエラーの対策をするには、ヒューマンエラーを起こさない、減らす、起こった際の被害量を減らす、の3つが考えられる。そのうちの被害量を減らすことは、根本的な解決にはつながらない。やはり、ヒューマンエラーを減少させることが根本的な解決につながる。ヒューマンエラーの原因を新しい技術やアイデアによって一つ一つ解決していくことは可能だと考える。そして、ヒューマンエラーの発生可能性を低めていくことが、減少につながる。

レジリエントメディカルによれば、ヒューマンエラーを防ぐ方法として、フェイルセーフとフールプルーフという概念がある。フェイルセーフとは、製品やシステムに故障あるいはエラーが発生しても安全が維持できるような工夫のことである。フールプルーフとは、人間が誤った行為をしようとしてもミスやエラーができないようする工夫のことである。

## 3　現在あるフェイルセーフとフールプルーフを使ったヒューマンエラー対策

### 3.1　フェイルセーフの概念に立った技術と研究・調査結果

私がヒューマンエラーを知って一番に浮かんだのが交通事故である。グーネットによれば交通事故の原因は、安全不確認30.7%、わき見運転15.6%、動静不注意11.3%、漫然運転8.6%、運転操作不適6.6%である。

交通事故を故意に起こそうとする人はいないと仮定し、ヒューマンエラーの定義②、③は該当するもの

とする。定義①と事故の原因を比較すると、交通事故の主な原因はヒューマンエラーであると分かる。そして近年、運転支援機能を搭載した自動車が生まれ、衝突被害軽減ブレーキや、自動追尾運転機能、誤発進抑制機能などが出てきた。

単位:台

| | 2010～2014年度販売台数 | 事故総件数 | 対歩行者 | 対車両、その他 | 追突(内数) |
|---|---|---|---|---|---|
| アイサイト(ver2)搭載車 | 246,139 | 1,493 | 176 | 1,317 | 223 |
| A:1万台当たり発生件数 | | 61 | 7 | 54 | 9 |
| アイサイト(ver2)非搭載車 | 48,085 | 741 | 67 | 674 | 269 |
| B:1万台当たり発生件数 | | 154 | 14 | 140 | 56 |
| 搭載車-非搭載車=(A-B)/B | | -61% | -49% | -62% | -84% |

**図 1　運転補助技術の効果**

図 1 はスバルのアイサイト搭載車と非搭載車の事故情報を比較したものである(10)。事故発生件数が 61%減、追突事故に関しては 84%も減ったという調

査結果がある。

この技術は自動車の誤操作に対して被害を抑える、防ぐ技術として挙げられ、ヒューマンエラーの発生後の被害に備えた技術であるといえる。つまり、今存在している運転補助技術はフェイルセーフの概念に則していると考えることができる。

エラー後の対策としてフェイルセーフの技術が用いられる為には、人間がどのような状態、状況の時にどのようなエラーを起こすのか、それに対する対策が必要である。つまり、人間の認知、判断、行動データを収集、蓄積をする必要がある。

原因③不注意、⑪疲労の対策法の一つとして、脳や肉体の回復をするための十分な睡眠時間が必要と考える。⑪肉体、精神的疲労によって認知能力が低下し、③を引き起こすことが予想される。

図 2 と図 3 は、48 人の健康な成人(21～38 歳)を対象に、4 時間、6 時間、8 時間、3 日間睡眠をとらないグループに分け、14 日間観察。起床中 2 時間ごとに注意力を表す神経行動機能(PVT)について分析したものである(11)。この研究では数字がスクリーンに現れたらすぐにボタンを押し、その反応速度を測定しスコアにしているので、縦軸の神経行動機能(PVT)は、スコアが高いほど注意力は低下していること、横軸は調査開始からの日数を示す。(■3 日間徹夜群 ○4 時間睡眠群 □6 時間睡眠群 ◇8 時間睡眠群)

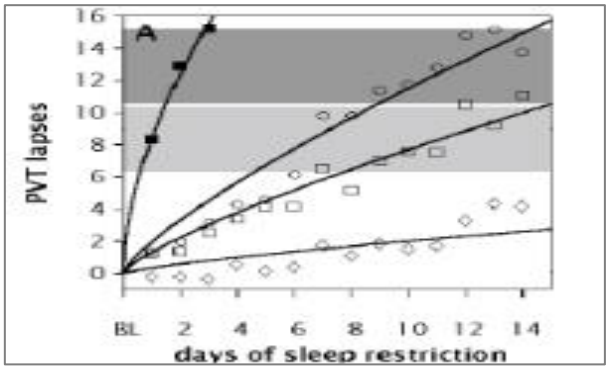



**図 2　睡眠時間とミスの相関関係**

図 2 によると、睡眠時間が短い人間ほど神経行動機能(PVT)のスコアが高くなり注意力が低下し、逆に睡眠時間を 8 時間取っていたグループは神経行動機能(PVT)スコアが低かった。

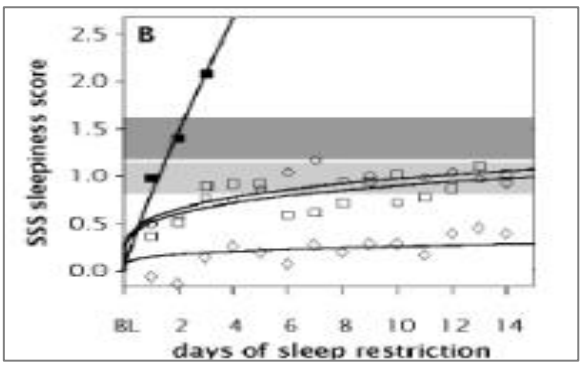



**図 3　自覚的な眠気の相関関係**

図 3 は、自覚的な眠気について分析したものである。縦軸は自覚的な眠気、横軸は調査開始からの日数を示す。4 時間睡眠したグループと 6 時間睡眠したグループには自覚的な眠気の差はほとんど見られず、8 時間睡眠したグループと比べるとその差は顕著である。このように、実際自分が何時間寝ているのかを正確に自覚し、調査中だけでなく通常時において睡眠時間を管理できるように可視化する必要がある。では、睡眠時間を計測し、可視化するようなデバイスの普及率はどうだろうか。

図 4 は 10 代から 40 代の男女 76 名に調査した。普段、自身の健康データや行動記録などの情報を収集できるデバイス（万歩計や睡眠時間を測る装置、体温、

血圧など)を身につけている人は 76 人中 15 人(19.7%)という結果となった。

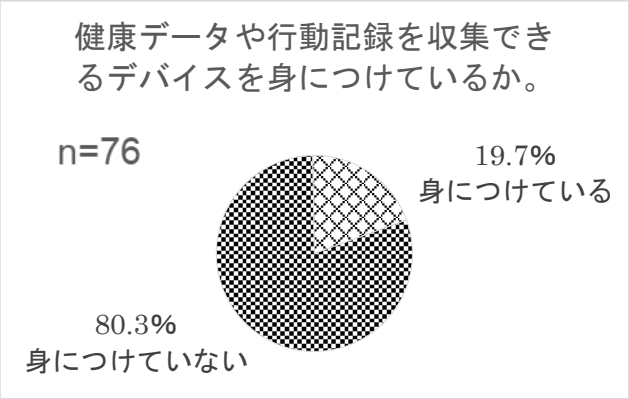



**図 4　健康データの可視化率調査**

また、図 5 の普段、自身の健康データや行動記録などの情報を収集できるデバイス（万歩計や睡眠時間を測る装置、体温、血圧など）を家などに所有しているかという問いに対しては、76 人中 24 人(31.6%)となり 9 人増加した。

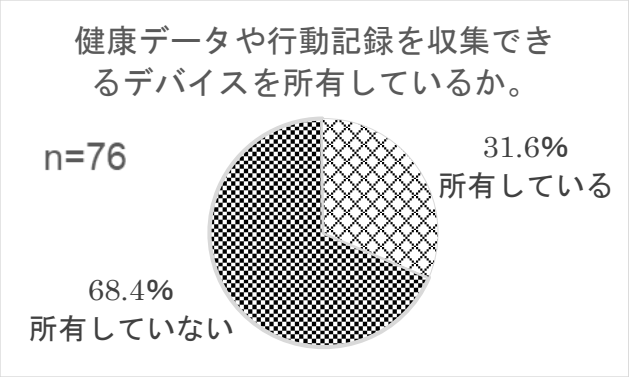



**図 5　健康データの可視化率調査**

図 6 は普段、自身の健康データや行動記録など、収集した情報をチェック、活用しているかという問いに対しては、76 人中 17 人(22.4%)がチェックしていると回答した。デバイスの普及率としては 30%を超えているが、普段身につけている、チェックしている人数は 20%にとどまり、普及率、利用率は高いとは言えない結果となった。

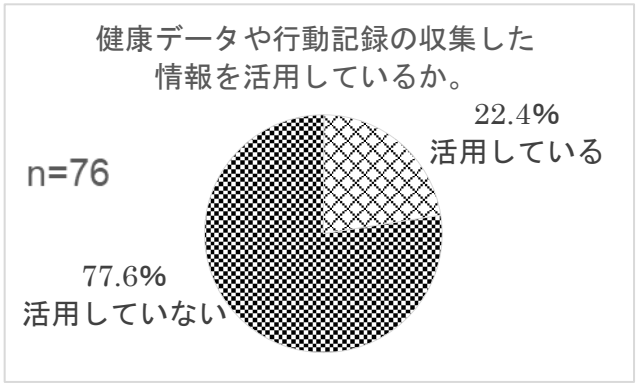



**図 6　健康データの活用度調査**

### 3.2　フールプルーフの概念に立った研究・調査結果

フールプルーフの概念に立つ場合、ヒューマンエラーが起こらないことが前提である。

今世界中で、自動運転技術の開発が行われるようになっている。移動手段である自動車を完全自動化にすることで人間の認知判断動作が介入することなく、目的地まで到達することができる。自動運転が人間の認知、判断、動作を介入しないため、ヒューマンエラーを起こすことができなくなり、ヒューマンエラーが原因の交通事故を無くすことが可能になる。

つまりこれは、フールプルーフの概念に立っており、人間の行う認知、判断、行動を機械やシステムに譲渡、委託することでヒューマンエラーの発生確率をなくすことが可能である。

## 4. ICT 技術の進化によるヒューマンエラー対策の変化

私はヒューマンエラーをなくす、減らすためには人工知能と 5G（第 5 世代移動通信システム）の融合が欠かせない。

図 7 は 76 人の自動運転への信頼度を調査したものである。平均すると約 58%となり、これは命を預ける車に今後搭載されていく技術と考えるとまだまだ低いように感じられるが、私はこの自動運転と 5G の技術が融合することで、より安全で安心な交通手段となるのではと考えている。5G とは、第 5 世代移動通信システムの略称であり、その魅力は大きく分けて 3 点で、超高速、超低遅延、多数同時接続である。

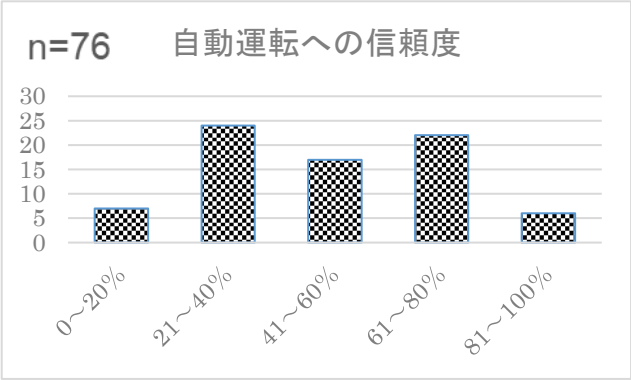



**図 7　自動運転への信頼度調査**

日経ビジネスによればこれらの技術は 2020 年 3 月頃より利用可能となっていくと言われている。

日本経済新聞によれば自動運転の時代も 2020 年と言われており、自動運転と 5G の技術によって車両同士で目的地などの情報共有、そのルートを通る予定の車両の数から混雑状況を予測、管理、ルート判断することで、車両同士の遭遇回数も減るためより効率的で安全な移動手段になると予想される。ヒューマンエラーをなくすためには認知、判断、行動を代替する技術の安全性、信頼性が必要不可欠であるが、人工知能の進歩と 5G 技術の融合によってヒューマンエラーの発生件数は減っていくと考えられる。

## 5. 今後の展開

様々なヒューマンエラーを減らす概念や今後導入されていく ICT 技術を取り上げてきたが、広く承認、普及するまでには多くの時間が要される。一刻も早くヒューマンエラーを減少させるためには、人工知能による IT 技術の擬人化や機械学習、自然言語処理、画像処理精度の向上と安全性の確保が必要となってくる。

そのためには人間がどのような状態、状況の時にどのようなエラーを起こすのかといった情報を収集、蓄積させることが必要になってくる。今後は個々の認知、判断、行動の情報の収集における弊害について研究していく予定である。

### 参　考　文　献

(1) 芳賀繁：“絵で見る失敗のしくみ”，p22,26-29,134，日本能率協会マネジメントセンター，(2009)

(2) 総務省，総合通信基盤局「5G 実現に向けた総務省の取組み，http://www.kiai.gr.jp/jigyou/h31/PDF/0604p1.pdf(2020 年 1 月 15 日確認)

(3) 平成 30 年版情報通信白書　第 5 章第 2 節 ICT サービスの利用動向 p 236

(4) レジリエントメディカル「ヒューマンエラーとは？定義に必要な 3 つの条件」，https://resilient-medical.com/human-error/meaning-definition(2020 年 1 月 15 日確認)

(5) レジリエントメディカル「ヒューマンエラーの原因～人が間違える 12 の理由」，https://resilient-medical.com/human-error/cause(2020 年 1 月 15 日確認)

(6) レジリエントメディカル「フェイルセーフとフールプルーフ～意味の違いと事例」，https://resilient-medical.com/human-error/fail-safe-fool-proof(2020 年 1 月 15 日確認)

(7) グーネット「交通事故・交通死亡事故の発生原因は何？違反理由・要因別ランキング」，https://www.goo-net.com/magazine/107326.html(2020 年 1 月 15 日確認)

(8) 日経ビジネス「世界 5 地域の導入状況」，https://special.nikkeibp.co.jp/atclh/ONB/19/5G_IMPACT/article11_2/(2020 年 1 月 15 日確認)

(9) 日本経済新聞「トヨタ、「レベル 4」で自動運転試乗 来夏に都内公道で」，https://www.nikkei.com/article/DGXMZO51349220U9A021C1L91000/?n_cid=SPTMG002(2020 年 1 月 15 日確認)

(10) チューリッヒ保険会社「スバル「アイサイト」などクルマの安全技術の進化」https://www.zurich.co.jp/car/useful/column/mj-okazaki/08/(2020 年 1 月 15 日確認)

(11) 日本臨床睡眠医学会「(恐怖の) アメリカパーティー失敗あるあると睡眠不足」http://www.ismsj.org/houston/vol9/(2020 年 1 月 15 日確認)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# Pepperによる学習者の理解状況に基づく応答・教授環境

高野 勇人[*1], 東本 崇仁[*1]
*1 東京工芸大学工学部

# Teaching and Response Environment using Pepper based on Learner's understanding

Yuto TAKANO[*1], Takahito TOMOTO[*1]
*1 Faculty of Engineering, Tokyo Polytechnic University

In recent years, research about a teaching behavior of robot has been performed. If the robot can teach properly, it will help teachers to teach lessons. In order to teach properly, it is necessary to obtain the learner's understanding. By acquiring the learner's understanding, the robot can support the learner adaptively. Therefore, in this study, we constructed a teaching and response environment for adaptive teaching activities according to the learner's understanding. In this environment, Pepper conducts a lecture and then acquires the learner's understanding of the lecture. After that, Pepper gives a response with lack of learner's understanding. The note rebuilding system is used to acquire the learner's structural understanding. Through the evaluation experiments, it was found that the learner's understanding was improved by this environment, and that the learners accepted the lectures using Pepper.

キーワード: ロボット，適応的支援，リフレクション支援，即時フィードバック

## 1. はじめに

近年，ロボットに教育を代行させる研究が行われている．ロボットが教授活動を代行することで，教師などの限られたリソースを効率的に活用することが可能になる．ロボットが教授活動を代行するためには学習者の理解状況を取得する必要がある．松居ら(1)が提唱している IMS(Intelligent Mentoring System)では，学習者の心的状態や学習状況を取得し支援を行っている．このように，理解度を取得することで学習者に対して知的な支援が可能になる．そこで本研究では，学習者の理解状況に応じた適応的な教授活動を行うための応答・教授環境を構築した．この環境では Pepper を利用し，講義の実施と学習者への教授活動を実践してもらう．教授活動を行うために，学習者の学習状況を構造化されたデータで取得する必要がある．そのため本研究では東本ら(2)の開発した，ノートリビルディングシステムを利用する．取得できる構造化されたデータを解析することで適応的な教授活動が可能になる．

## 2. IMS (Intelligent Mentoring System)

松居ら(1)は広義の学習支援システム（e-learning システムを含む）において学習者から得られる情報を High-Level Interaction リソース（HLI リソース）と Low-Level Interaction リソース（LLI リソース）に分け，これらの情報を用いた学習者の知識・理解状況，心理状態を推定する機能を実装し，適切な自動メンタリングシステムを実現するために，必要なモデルと技術基盤を構築した．これを，知的メンタリングシステム（IMS：Intelligent Mentoring System）と呼ぶ．

Low-Level Interaction では学習者の明確な意識を伴わない低次のインタラクションであるのに対し，High-Level Interaction とは明確な意識を伴う高次のインタラクションである．このインタラクションを行うことで，学習者の学習履歴，課題得点などの高次のリソースを取得することができる．HLI リソースを学習者自身が確認することで自身の学習の状況を把握

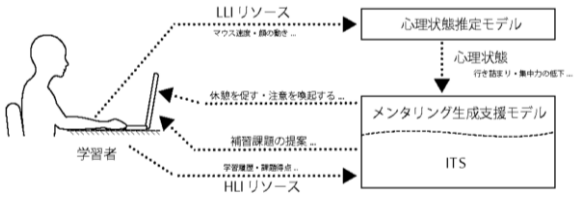



図 1 IMS の概念図(1)

することができ，また HLI リソースを利用することで学習者の理解状況として取得することも可能である．

## 3. 講義に対する理解度促進のためのノートリビルディング支援システム(2)

東本ら(2)は，プレゼンテーション講義において、教授者の提供した情報を明示的に整理するためのタスクを学習者に与えることを目的としたノートリビルディング方式を提案した．このノートリビルディング方式ではあらかじめ教授者が作成した構造化された資料を，個々の情報と構想に分割し部品として学習者に与えて，再構築を行わせることで教授者は学習者の誤りを認知することができ，学習者は自身の誤りに即座に気づくことができる．

### 3.1 ノートリビルディング方式の利用

ノートリビルディング方式とは，Kit-build 方式をプレゼンテーション型講義に適用したものである．教授者が作成する構築された講義資料をノードとリンクという部品に分割し，学習者に再構築を行わせる研究である．また，学習者が同じ部品を用いて作業を行うため各学習者の解答を比較することができることや，学習者が自身の理解状況を把握することもでき，教授者が教室内全体の理解状況も把握することもできる．

### 3.2 概要

ノートリビルディングでは，構造化が行われた場所を評価対象とする．この構造化されたものとは，重要な個所に利用されることの多い，リスト，表，箇条書き，概念マップ，などの形式を用いたものを利用する．ノートリビルディングシステムのインタフェースを図 2 に示す．ノートリビルディングシステムは教師の講義資料を図 3 のように概念要素とスケルトンというものに分割を行う．この概念要素とスケルトンを学習者に適切に組み立てさせることで理解状況の整理を促すことができる．また，順序関係として，数字なし箇条書きと数字あり箇条書きを利用し，数字付き箇条書きについては，順序構造を規定する．また，プレゼンテーションソフトウェアではこの箇条書きを用いた構造が使用される．これは本や論文についても同様に章節といった構造も同じ性質を持っており，概念要素を関係づけるうえで重要度の高いものとなる．

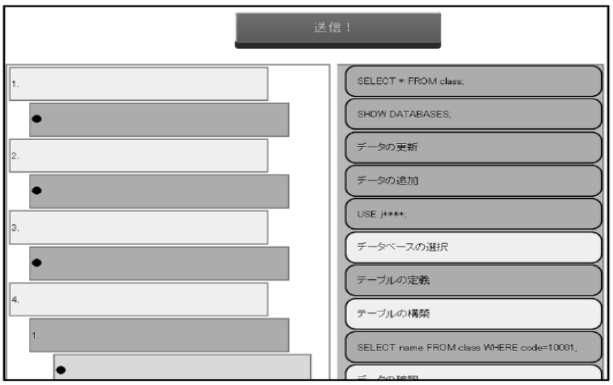



図 2 ノートリビルディングシステムのインタフェース(2)

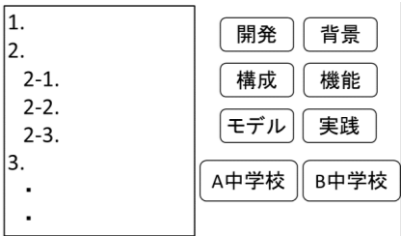



図 3 スケルトンと概念要素

## 4. 提案システム

本研究では松居らの IMS(1)における HLI リソースを利用する東本ら(2)のノートリビルディングシステムを利用し理解状況の取得を行う．ノートリビルディングシステムを用いることで，学習者の構築された構造を取得することができる．この取得したデータの解析を行うために本システムの開発を行う．

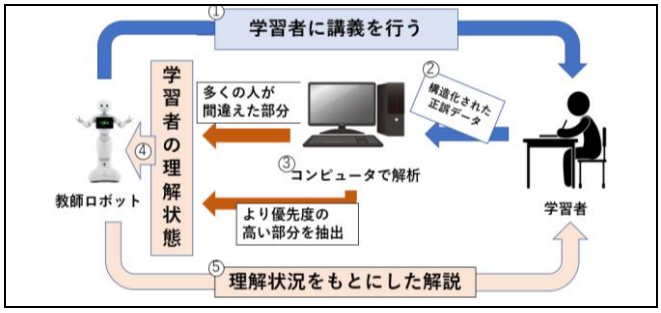



図 4 システムの流れ

システム開発のための言語は PHP，HTML を利用した．本システムは，ノートリビルディングで取得できる，構造化されたデータを利用し PHP で正誤判定と優先度の設定を行い HTML に書き出しを行う．この書き出した HTML を本実験で利用する Pepper で読み取ることで発話を行う．

### 4.1 正誤判定のデータ取得

学習者の理解度取得のために東本らの開発したノートリビルディングシステム[2]を利用した．ノートリビルディングシステムで取得できたデータを利用し正誤判定を行っていく．取得したデータはツリー構造になっており正誤判定を行うため，このツリー構造を図 5 のように 1 階層，2 階層，1,2 階層の関係性などの階層ごとに分ける．その際，取得しておくデータは，テキスト部分ではなく順序の数字を取得する．このデータを利用して正誤判定を行っていく．

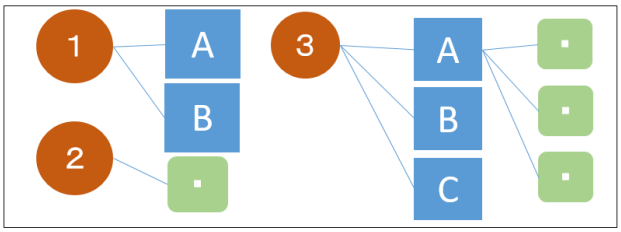



図 5 階層ごとに分けられたデータ

### 4.2 各階層の順序関係の判定

まず判定を行う要素から，それ以降の要素を確認しそれ以降の要素のほうが大きい場合正解とし，小さい場合不正解とする．これは正しい順序関係ができているのかが判定できる．例えば，図 6 では誤っている部分は「4 と 2」の関係と「4 と 3」の順序関係である．この場合 4 の後に 2, 3 が来ている所が誤っている．しかし 1 と 2, 3, 5 の関係は誤っていないので 2, 3 は 1 より後で 4 より前になる．

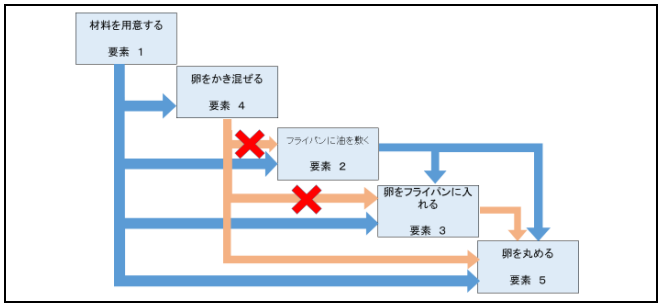



図 6 順序関係の判定

このように正誤判定を行い順序関係の修正を行う．

### 4.3 優先度の取得

次に正誤判定を行った要素ごとに優先度を決定していく．図 7 のように，階層ごとに優先度係数を決定していく．この優先度係数に要素ごとの間違えた人数の割合を掛け合わせることにより優先度の取得を行う．さらに優先度を 0.6pt 以上で抽出を行うことで優先度の高い部分を取得することができる．この優先度が高い部分を順番に Pepper に解説を行わせることで重要な部分の解説を行えるようになる．

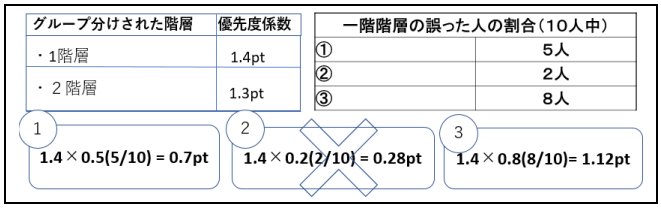



図 7 優先度の求め方

## 5. 評価実験

### 5.1 実験概要

本研究では，Pepper を利用して実験を行う．実験は大きく分けて 2 回実施し，被験者 1 人と被験者 6 人で行う．これにより学習者が先生と 1 対 1 での授業を行った場合の学習効果と，実際の授業を想定した授業環境での学習効果を確認することができる．この実験では，Pepper による教授活動を実施し学習者に知識を与える．その知識を利用し，ノートリビルディングシステムによる理解状況の取得を行う．この取得した理解状況を本研究で開発する正誤判定システムを利用し解析する．解析したデータを利用し Pepper が学習者に対し教授活動を行う．それにより，学習者は自身の知識状態を再確認することができ，自身の知識状態を修正することができる．

### 5.2 実験手順

提案した学習支援環境を用いて，学習者への学習効果を確認するため実験を行った．実験は 2 回に分けて実施し，被験者は 1 人と 6 人である．実験ではまず，Pepper による講義を行う．講義の途中にノートリビルディングを実施し，取得したデータをもとに学習状況の解析を行い，学習者が誤った部分の解説を Pepper に

行わせる．解説の後講義を再開し，講義終了時もう一度ノートリビルディングを実施し,データを取得する．この教授活動前と後のデータの比較によって評価を行った.また,実験の後にアンケート(5 件法)を実施した．

図 8 本システムの利用事例

### 5.3 実験結果と考察

階層ごとに正答率の割合を教授活動前と後で比較した結果を表 1 に示す．表 1 より，1 階層目の比較的大きな関係は事前から学習者は理解していた．反対に，細かい話である第 3 階層については間違えた被験者が多く存在した.その結果，Pepper は 3 階層目についての教授を多く行い，結果として教授活動後の理解が向上したと考えられる．また，1 人での実験と 6 人での実験で大きな差はみられなかったがどちらも Pepper が解説を行った部分に解決の様子がみられた.

次にアンケート結果の一部を表 2 に示す．Q1 より Pepper を用いた講義に対し学習者はある程度わかるやすかったと考えていることが分かる．しかし Q2 より理解度の向上に関してはやや肯定的な結果に

表 1 ノートリビルディングでの正答率

| | 教授活動前 | 教授活動後 | 差分 |
|---|---|---|---|
| 1 階層目 | 100.0% | 100.0% | 0.0% |
| 2 階層目 | 61.7% | 65.0% | 3.3% |
| 3 階層目 | 43.7% | 64.6% | 20.8% |

表 2 アンケートの結果(5 件法)

| | 質問事項 | 評価 |
|---|---|---|
| Q1 | ペッパーの講義全体はわかりやすかったか | 3.86 |
| Q2 | ペッパーの講義で理解度が向上すると思いますか？ | 3.29 |
| Q3 | ノートリビルディング後の、ペッパーの説明は理解しやすいと感じましたか？ | 2.29 |

とどまった．この点は次の Q3 が理由であると考える．Q3 では，ペッパーの適応的な説明について理解しづらいという意見が得られた．その理由の一部として扱った講義がプログラミングであり，ソースコードを読み上げても聞き取りづらいという意見が得られたため他の講義における利用も必要となる．また，発話の仕方(接続詞なども含め)について再検討の必要がある．

## 6. おわりに

本研究では学習者に対し適応的な支援を行う学習環境の開発と評価実験を行った．そのために授業と解説をロボットで行った．ロボットで行うことにより人間の教師では指摘が難しい，学習者の誤りを即座に発見することができ解説を行うことができる．そのためにノートリビルディングシステムを利用し構造化されたデータを取得した．そのデータを本システムで利用し階層ごとの誤りと優先度を取得することで学習者の重要な間違いを指摘することができるようになる．さらに本システムを用いた評価実験を行った結果，学習者に対してロボットが講義を行い解説することで学習能力の向上が見込めることが確認できた．しかしロボットでの解説では英単語などの発話をさせた際に聞き取りが困難である問題がある.今後の課題として Pepper の英単語の発話と，誤りの指摘部分が理解しやすい解説の方法を検討する必要がある．


### 謝辞

本研究の一部は科研費・基盤研究(C)(18K11586)の助成による．


### 参 考 文 献


(1) 松居辰則: “感性情報学としての学習支援システム研究, <特集>学習科学と学習工学のフロンティア-私の"学習"研究-(後編))”, 人工知能学会論文誌, vol. 30, no. 4, pp. 481-485, (2015)

(2) 東本崇仁，平嶋宗:”講義に対する理解促進のためのノートリビルディング法の提案と支援システムの開発・評価“,教育システム情報学会誌，Vol31, No.4, pp.264-269, (2014)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# Web 調べ学習における学習シナリオの再構築支援

森下 夏暉[*1], 柏原 昭博[*1], 太田 光一[*2], 長谷川 忍[*2]
*1 電気通信大学　*2 北陸先端科学技術大学院大学

# Reconstructing Question Tree in Web-based Investigative Learning

Natsuki Morishita*1, Akihiro Kashihara*1, Koichi Ota*2, Shinobu Hasegawa*2
*1 The University of Electro-Communications
*2 Japan Advanced Institute of Science and Technology

Web 調べ学習では，Web リソースを選択し，学習課題についての知識構築しながら，学ぶべき項目を部分課題として展開し，学んだ項目とその順序(学習シナリオ)を主体的に決める．筆者らはこれまでに Web 調べ学習モデルをデザインし，学習シナリオ作成の足場を築くシステムを開発した．また，学習課題とその関連項目を体系的に整理するには学習シナリオを線形化することが有効である．そこで本研究では学習者が線形化を通して知識整理を行う足場を築くシステムを提案する．本システムでは学習者が初期課題をテーマとするレポートを作成するプロセスをモデル化し，モデル通りに知識整理を可能とする支援ツールを提供することで，学習者による学習シナリオ線形化を促進する．本稿では，その効果の検証ために実施したケーススタディについても報告する．実験の結果，順序効果の影響で有意差は確認できなかったが，被験者は容易に線形化出来ると感じたということが分かった．

キーワード: Web，調べ学習，主体的学習，目次作成，体系化

## 1. はじめに

近年，教育現場では主体的学習による情報活用能力の育成が重要視されている(1)．特に Web 調べ学習の目的は，初めに与えられた課題（初期課題）に対して、キーワード検索によって意味を調べるだけでなく，主体的に初期課題に加えて，初期課題に関連する項目について学習することで，初期課題についての網羅的に学び，体系的な知識を構築することである．

テキスト教材とは異なり，Web 調べ学習では学習者が学んだ項目とその項目を学んだ順番を表す学習シナリオが与えられていない．そのため，学習者は Web 空間の中で,学習者自身が学習リソースを選択しながら，課題について学んだ項目をその課題の部分課題として展開すること（課題展開）で，学習シナリオを作成する必要がある．つまり，Web 調べ学習を行うためには，知識の構築と学習シナリオの作成を同時に行う必要がある．そのため，学習にかかる認知的負荷が高い(3)．

先行研究では，このような問題に対して Web 調べ学習プロセスのモデル (4)をデザインした．加えて，モデル通りに学習シナリオの作成を可能とする支援ツール interactive Learning Scenario Builder (iLSB)(4)を開発した．また，iLSB によって学習者の課題展開が促されることを確かめた(4)．

本研究ではより深く iLSB によって作成された学習シナリオや学んだ知識について理解することに着目した．そのためには，学習した知識を論理的に整理するために学習した知識を系列のある構造として表現(線形化)する必要がある．しかし，学習者が学習シナリオを線形化ができないことがある．これは構築した知識が断片的で，初期課題とその関連項目を網羅的に理解する上で学習すべき項目や学んだ項目間の関係が不十分なためである．したがって，本研究では，学習者が作成した学習シナリオの線形化により，初期課題をテーマとするレポートの目次を作成する場を提供する．また，そのために学習者が学習シナリオの線形化プロセスをモデルとしてデザインし，そのモデルに沿った支援ツールを iLSB の機能として提供する．これにより，学習者の学習シナリオ線形化プロセスに足場形成を行う．

## 2. Web 調べ学習

本章では，まず Web 調べ学習について述べ，次に先行研究において提案された Web 調べ学習モデルと interactive Learning Scenario Builder(iLSB)について述べる．その上で，本研究における問題点と目的について説明する．

### 2.1 Web 調べ学習の特徴

Web 調べ学習では，多様で膨大な情報リソースを持つ Web 空間の中で，学習者自身が学習リソースを選択し，学習内容の関連付けを行う．それにより，学習者が初期課題に対して網羅的に学び，体系的な知識を構築することを目的としている．

一方で，Web 調べ学習ではテキスト教材のように学ぶべき項目とその順番を表す学習シナリオが提供されていない．そのため，学習者は知識構築と学習シナリオの構築を同時に行わなければならない．したがって，学習者の学習にかかる認知的負荷が高い[3]．また，学習が進むにつれて自らの学習プロセスが不明瞭になりやすい．そのため，次に展開すべき部分課題の選択にも行き詰まりが生じやすくなる．これらのことから，初期課題に対して網羅的かつ体系的な知識を構築する支援が必要である．

### 2.2 Web 調べ学習モデル

前節で述べた問題点に対し，先行研究では Web 調べ学習モデルを提案した．このモデルは図 1 が示すように Web リソース探索フェイズ，Navigational Learning フェイズ，課題展開フェイズの 3 つのフェイズにより構成されている．学習者はこの 3 つのフェイズを部分課題が出てこなくなるまで再帰的に繰り返すことで，学習シナリオを作成する．

図 1 Web 調べ学習モデル

(1) Web リソース探索フェイズ

Web リソース探索フェイズでは，学習者は Google 等の検索エンジンを用いて，学習課題を表すキーワードである課題キーワードを検索する．これにより，Web リソースを学習リソース群として収集する．

例えば，学習課題が「地球温暖化について学びなさい．」であった場合，検索エンジンを用いて「地球温暖化」を検索する．そして，その検索結果から，学習リソース群となる Web リソースを収集する．

(2) Navigational Learning フェイズ

Navigational Learning フェイズでは，学習者は収集した学習リソース群を探索しながら学習課題について学び，学んだ項目をキーワードとして抽出する．そして，抽出したキーワード間に包含関係などの関係付けをすることで，学習課題に関する知識構築を行う．

学習者は Web リソース探索フェイズで収集した学習リソース群から，学んだ項目を「温室効果ガス」や「海面上昇」，「二酸化炭素」などのようにキーワードとして収集している．「温室効果ガス」の例として「二酸化炭素」が挙げられるため，包含関係を付与するなど関係付けを行うことにより，「地球温暖化」に関する知識を構築する．

(3) 課題展開フェイズ

課題展開フェイズでは，学習者は構築した知識構造を振り返り，関係付けした項目の中からより詳細に学ぶ必要がある項目を選択し，部分課題として展開する．

例えば，学習者が「地球温暖化」について詳細に学びたい場合，構築した知識から「温室効果ガス」と「海面上昇」を「地球温暖化」の部分課題として展開する．

### 2.3 interactive Learning Scenario Builder

図 2 には iLSB の UI を示す．iLSB は Web ブラウザである Firefox[6]のアドオンとして開発された．iLSB は以下の機能を実装している．

- 検索エンジン機能

学習リソースを選択，収集するために，Web リソース探索を行う機能

- キーワードリポジトリ機能

収集した学習リソース群から，学習項目を端的に表すキーワードを抽出し，キーワード間の関係付けを行うことで知識構築を行う機能

- 課題キーワードマップ機能

キーワードリポジトリ機能で作成した知識構造を振り返り，さらに学ぶべきキーワードを部分課題として課題展開し，学習課題と部分課題の関係付けを行うことで学習シナリオを作成する機能

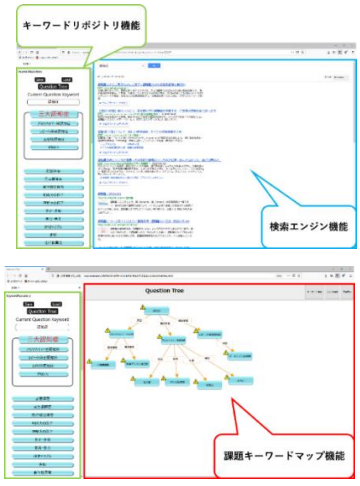



図 2 iLSB の UI

また先行研究[5]では，課題キーワードマップ機能において，課題と部分課題との関係を属性として学習者に付与させることで，多角的な観点での学習シナリオの作成を促す方法を提案した．

### 2.4　本研究における問題点

本研究では，学習シナリオとして網羅的に学んだ内容を体系的に整理して深く理解することに着目した．そのために学んだ知識の線形化が必要である．これは，学習者は学んだ知識の線形化により，自分の知識の不十分さに気づくことができるためである．

しかし，構築した知識が断片的で，初期課題とその関連項目を網羅的に理解する上で学習すべき項目や学んだ項目間の関係が不十分な場合，線形化ができないという問題が起こる．

### 2.5　本研究の目的

本研究では学習者が初期課題をテーマとしたレポートの目次を作成する場を提供する．

そのために本研究では，学習者が学習シナリオを線形化するプロセスをモデル化した．そして提案したモデルに沿った支援ツールを iLSB の機能として提供することで，学習者の学習シナリオ線形化プロセスに対して足場形成を行うことを目的とする．

## 3.　学習シナリオの線形化手法

本章では，まず本研究における線形化の定義を行う．次に学習シナリオの線形化モデルとモデルに基づいた支援機能を説明する．最後に支援の枠組みを述べる．

### 3.1　本研究における線形化の定義

線形化とは，対象を一列に並べることを示す．本研究における線形化とは，初期課題をテーマとした学んだ内容に関するレポートの目次を作成することである．具体的には，学習シナリオ内の学習課題を系列化し，目次の章や節として配置することである．これは，学んで得られた知識を学習者が他者に説明することと等価と考えられる．説明するという行為には，説明者自身の理解状態をモニタリングし，不十分な点があった場合にはどこが不十分だったかを考え，修正することが促されるという効果がある[7]．そのため，学習者はレポートの目次を作成する中で学習課題の不十分さや関係の不十分さに気づくに気づくため，学習者に調べ学習で学んだ知識の整理を促す[2]．

### 3.2　学習シナリオの線形化モデル

本研究では，学習シナリオから初期課題をテーマにしたレポートの目次を作る一連の線形化プロセスをモデル化した．本モデルは図 3 に示す通り「categorizing フェイズ」,「hierarchization フェイズ」および「sorting フェイズ」の 3 つのフェイズによって構成される．特に「categorizing フェイズ」は「chapter making」と「clustering」に分けられる．本節では，地球温暖化を例に，各フェイズに関する説明と，学習者が行う操作について説明する．

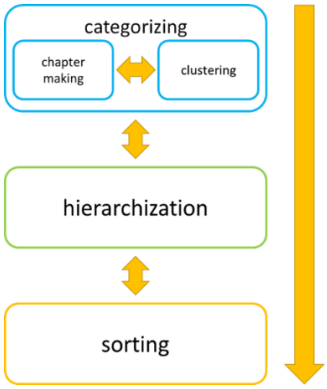



図 3　学習シナリオの線液化モデル

#### 3.2.1　categorizing フェイズ

categorizing フェイズでは，学習シナリオに含まれる課題キーワードを用いて，レポートにおける章を作成するとともに，各章に対する節を追加する．以下では，categorizing フェイズの作業である「chapter making」と「clustering」の 2 つのプロセスについて説明する．

(1) chapter making

chapter making では，学習シナリオに含まれる課題キーワードからレポートの章を作成する．まず，iLSB は学習者が作成した学習シナリオから，初期課題を表す課題キーワードである「地球温暖化」以外の課題キーワードすべてを抜き出し，学習者に提示する．同時に，iLSB は学習者に対して 2 章で説明した属性を，章作成の観点として提示する．提示された属性ごとに，章となりうるキーワードが学習シナリオに含まれる場合のみ，1 つ選択し，章を作成する．図 4 の例では，「地球温暖化」の属性「原因」に対して，「温室効果ガス」を章として選択している．

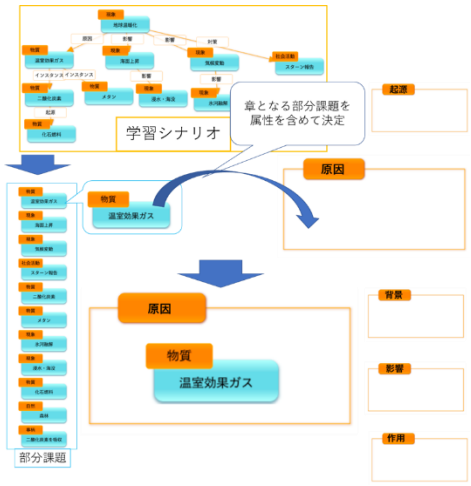



図 4 chapter making の例

(2) clustering

まず，iLSB は学習者に対して chapter making で章として用いなかった課題キーワードを学習者に提示す

る．学習者は提示された課題キーワードを用いて，各章に対する節を追加する．図 5 に示す例の場合，「温室効果ガス」という章の節として，iLSB が提示した課題キーワードの中から「二酸化炭素」を選択している．残りの課題キーワードに対しても，どの章の節としてふさわしいか考え，各章ごとに分類する．

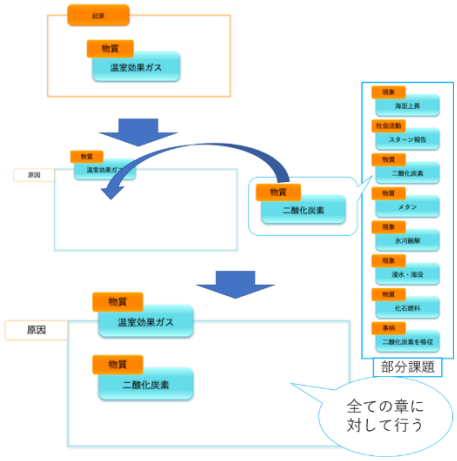



図 5 clustering の例

### 3.2.2 hierarchization フェイズ

hierarchization フェイズでは，categorizing フェイズで作成した章と節を階層構造として表現する．まず，iLSB は学習者に章とその節となった課題キーワードを合わせて学習者に提示する．学習者は提示されたキーワード間をリンクでつなげることで階層構造を作成する．図 6 に示す例の場合，章である「気候変動」とその節である「氷河溶解」と「海面上昇」が提示される．そこで．「気候変動」から「氷河溶解」にリンクを引き，「氷河溶解」から「海面上昇」にリンクを引くことにより階層構造を作成する．

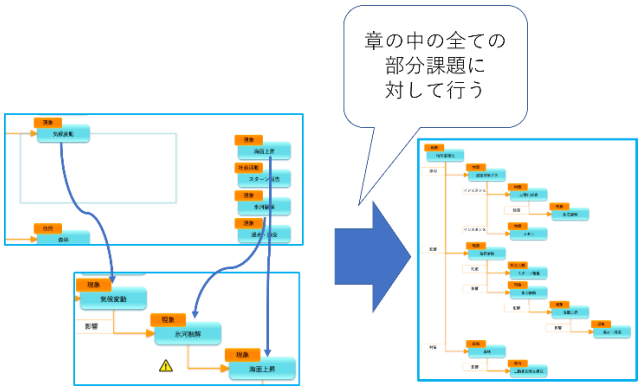



図 6 hierarchization フェイズの例

### 3.2.3 sorting フェイズ

sorting フェイズでは，hierarchization フェイズで作成した章や節の階層構造において，レポートの目次として章や節の順序が妥当でない場合に，章や節の順序の変更を行うフェイズである．

図 7 に soring フェイズの例を示す．「気候変動」の章における階層構造では，「気候変動」の対策である「スターン報告」について述べてから「気候変動」の影響である「氷河溶解」について述べるという目次構造になっている．しかし，一般に対策とは，ある概念から他の概念に対して悪影響が及ぼされた時に，その悪影響を抑制するために行うものである．そのため，まず影響について述べてから対策について述べないと論理的な飛躍が生じてしまう．図 9 の例でも，学習者は，「氷河溶解」と「スターン報告」の順序を入れ替えており，論理的に妥当な順序となるように階層構造を整形することが期待される．

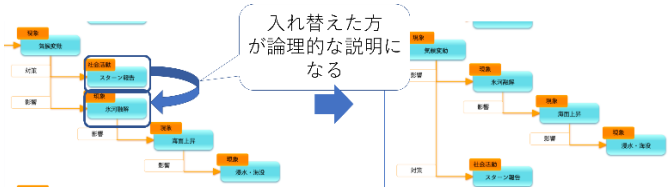



図 7 sorting フェイズの例

### 3.3 支援の枠組み

図 8 に支援の流れを示す．まず，学習者は iLSB を使って，学習シナリオを作成する．学習シナリオ作成後，学習シナリオの線形化モデルに沿って学習者は初期課題に関するレポートの目次を作成する．このとき，学習者は目次構造の修正の必要性を感じた場合は前のプロセスに戻る．このように，学習者は 4 つのプロセスを行き来しながら，学習シナリオの線形化を行う．また，学習者が線形化の途中に学んだ項目の不足を感じた場合，学習シナリオに戻り，Web 調べ学習モデルに沿って再度 iLSB を用いた調べ学習を行う．

このような支援ツールにより，学習者の学習シナリオの線形化プロセスに対して足場形成を行うことで，初期課題とその関連項目に対する体系的でかつ深い理解が促される．

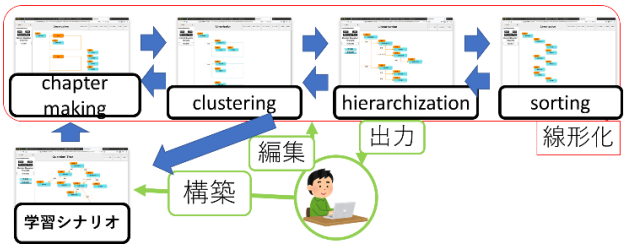



図 8 支援の枠組み

## 4. 実験

本研究で提案したモデルの有効性を示すために評価実験を行った．本章ではその評価実験について述べる．

### 4.1 実験目的

本実験では，提案した線形化モデルに沿った支援ツールが学習者の学習シナリオの線形化に対する足場として有効であるかということを目的として，実験を行った．

### 4.2　実験内容

被験者は理工系大学生・大学院生，計 8 名に対し実施した．実験は 3 日間行い，連続して実施した．まず初日には，被験者に対して Web 調べ学習モデル及び iLSB の操作方法を説明した．説明終了後，被験者 4 名には「認知症について学びなさい」という初期課題を，残りの被験者には「火山について学びなさい」という初期課題を与え，60 分 iLSB を用いて Web 調べ学習を行ってもらった． 2 日目，3 日目にはそれぞれ，初日に作成してもらった学習シナリオを線形化支援ツールを用いた場合と用いなかった場合それぞれの手法で，初期課題をテーマとしたレポートの目次構造を作成してもらった．その際，線形化支援ツールの使用の有無の順序に対する影響を軽減するため，以下の 2 群に分けて実験した．

·2 日目に線形化支援ツールを用いて目次構造を作成し，3 日目には線形化支援ツールを用いずに目次構造を作成する群

·2 日目に線形化支援ツールを用いずに目次構造を作成し，3 日目には線形化支援ツールを用いて目次構造を作成する群

各目次作成終了後には，支援ツールの有効性に関する学習者の主観評価を調査するために事後アンケートを実施した．また,実験では提案した線形化モデルの効果のみを調べるため，学習者に対してレポートの目次作成中に学習シナリオに戻って再学習することと課題キーワードの削除は禁止した．しかし，学習者の学習シナリオの不十分さへの気付きを分析する必要があるため，学習者が再学習しようと感じた部分に空のノードを追加してもらった． また，目次構造に表示する必要のない課題キーワードを表示させなくする必要があるため，学習が目次構造に必要のないと感じた課題キーワードを折りたたんで表示しなくなる機能を追加した．

### 4.3　評価方法

本実験では，提案モデルとそれに沿った足場形成が学習者の学習シナリオの線形化に対して有効であるかを検証するために，被験者の作成した目次構造を他の被験者全員にピアレビューした．レビューした目次構造は線形化支援ツールを用いず，紙を用いて学習者が作成した目次構造(以下目次-紙と称す)，線形化支援ツールを用いて学習者が作成した目次構造(以下目次-支援ツールと称す)，課題間のリンクの属性を基に自動生成した目次構造(以下目次-自動と称す)の 3 つである．自動生成した目次構造は，図 9 に示すように，課題間のリンク属性の線形化優先順位に基づいて，学習シナリオの親の課題キーワードのあとに，その課題からのリンク属性に基づいて部分課題キーワードを並べることで作成した．この優先順位は本の目次を分析し，属性に当てはめたものである．被験者にそれぞれ 3 つの目次構造を比較し，より良い構造に順位をつけ投票した．

被験者の投票を比較することで，提案したモデルとそれに沿った足場形成が学習者の学習シナリオの線形化に対して有効であるか評価を行う．

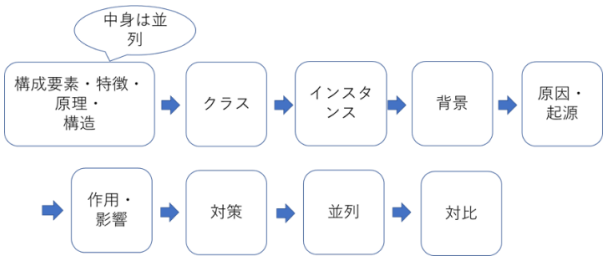



図 9　目次構造の自動生成における属性の優先順位

### 4.4　仮説

評価実験を行うにあたって「目次-支援ツールの投票数はほか 2 つの目次構造の投票数よりもそれぞれ大きくなる.」という仮説を立て実験を実施した．

### 4.5　実験結果

まず，被験者によるピアレビューについて分析する．ビアレビューでは，被験者にはそれぞれ 3 つの目次構造を比較し，より良い構造に投票してもらった．それぞれの構造の比較において，より順位の高い投票数をカウントし，その差について有意差が見られるかどうか調べるために，それぞれの投票された人数の合計値を直接確率計算を用いて検定した．図 10 にピアレビューの結果を示す．

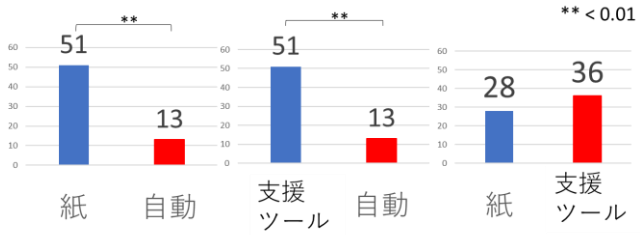



図 10　ピアレビューの結果

分析の結果，目次-紙と目次-自動の投票数，目次-支援ツールと目次-自動の投票数にはそれぞれ有意に目次-自動の投票数が小さかった($p < .001$).

一方，目次-紙と目次-支援ツールの投票数は有意差を見ることはできなかった．これにより，仮説は成り立たなかった．

次に，被験者の目次構造への投票数の差の要因を調べるために各比較における投票数と目次構造を構成する課題キーワードと hierarchization で付与したリンクに関するデータとの相関を調べた．目次構造を構成する課題キーワードと hierarchization で付与したリンクに関するデータでは，「課題キーワード数」，「リンク数」，「課題キーワード増加数」，「リンク増加数」，「最大深さ」，「平均深さ」，「学習シナリオの課題キーワード数」，「課題キーワード表示変化数」を調べた．まず，目次構造を構成する課題キーワードと

hierarchization で付与したリンクに関するデータそれぞれの説明をする．まず，「課題キーワード数」であるが，目次構造を構成する課題キーワードと目次構造には存在しないが，学習シナリオには存在する課題キーワードの数を足したものである．また，「リンク数」は，hierarchization で付与したリンクの数と目次構造には存在しないが，学習シナリオには存在するリンクの数を足したものである．次に「課題キーワード増加数」と「リンク増加数」は，レポートの目次作成において新たに作成された課題キーワード(空ノード)と hierarchization で付与されたリンクの数である．また，「深さ」とは目次構造を構成する課題キーワードの階層の深さである．このとき，章となる課題キーワードの深さを 1 とする．よって，「最大深さ」とは被験者の作成したレポートにおける，最も階層の深い節の深さであり，「平均深さ」は被験者の作成したレポートにおける，末端である節の深さの平均である．「学習シナリオの課題キーワード数」とは，学習シナリオに含まれる全課題キーワードの数であり，「課題キーワード表示変化数」とは学習シナリオを構成する課題キーワード数から目次構造を構成する課題キーワード数の変化である.表 1 に各比較における投票数と目次構造を構成する課題キーワードと hierarchization で付与したリンクに関するデータとの相関を示す．

表 1　各比較における投票数と目次構造を構成する課題キーワードとリンクに関するデータとの相関

| 比較 | ピアレビュー投票数 | 課題キーワード数 | リンク数 | 課題キーワード増加数 | リンク増加数 |
|---|---|---|---|---|---|
| 紙と自動生成 | 紙 | 0.4276 | 0.5836 | 0.6800 | 0.7570 |
| 支援ツールと自動生成 | 支援ツール | 0.6082 | 0.6855 | 0.7703 | 0.9526 |
| 紙と支援ツール | 支援ツール | 0.5365 | 0.4181 | 0.5365 | 0.1780 |
| 比較 | ピアレビュー投票数 | 最大深さ | 平均深さ | 学習シナリオの課題キーワード数 | 課題キーワード表示変化数 |
| 紙と自動生成 | 紙 | 0.2381 | 0.1506 | 0.0045 | 0.6588 |
| 支援ツールと自動生成 | 支援ツール | 0.4166 | 0.1374 | 0.0034 | 0.1857 |
| 紙と支援ツール | 支援ツール | 0.4181 | -0.6577 | 0.3062 | 0.8225 |

表 1 を見ると，目次-紙と目次-自動との比較したときと目次-支援ツールは目次-自動と比較したときは，課題キーワード増加とリンク増加数が重要視される．しかし，目次-紙と目次-支援ツールを比較した場合には，学習シナリオで表示された課題キーワード表示変化数に正の強い相関が出ていることが分かる．

次に先に支援ツールを用いて目次構造を作成するか，先に支援ツールを用いず目次構造を作成するかという目次作成を行う順序と学習課題の違いについて，ピアレビューの結果と合わせて分析した．図 11 に，目次作成を行う順序に着目したピアレビューの結果をを示す．図 12 に学習課題ごとのピアレビューの結果を示す．

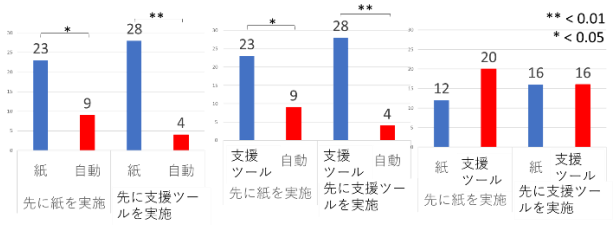



図 11　目次作成を行う順序に着目したピアレビューの結果

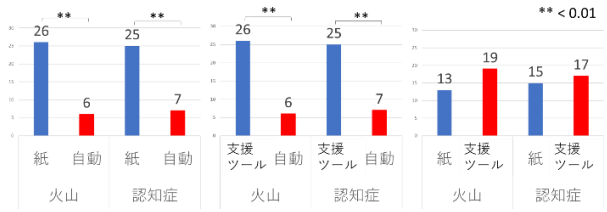



図 12　学習課題ごとの着目したピアレビューの結果

分析の結果，図 11 より目次作成を行う順序に着目した場合，先に支援ツールを使用した群では目次-紙に投票した人数と目次-自動に投票した人数では目次-紙と目次-自動の投票数，目次-支援ツールと目次-自動の投票数にはそれぞれ有意に目次-自動の投票数が小さかった(p＜.001)．一方，目次-紙と目次-支援ツールの人数の間にはには有意差が見られなかった．また，後に支援ツールを使用した群では，先に支援ツールを使用した群では目次-紙と目次-自動の投票数，目次-支援ツールと目次-自動の投票数にはそれぞれ有意に目次-自動の投票数が小さかった(p=.201)．一方，目次-紙と目次-支援ツールの人数の間には有意差が見られなかった．

図 12 より学習課題ごとに比較した結果，「火山について学びなさい」という初期課題を与えた群では目次-紙と目次-自動の投票数，目次-支援ツールと目次-自動の投票数にはそれぞれ有意に目次-自動の投票数が小さかった(p＜.001)．一方，目次-紙と目次-支援ツールの人数の間には有意差が見られなかった．また「認知症について学びなさい」という初期課題を与えた群では，目次-紙と目次-自動の投票数，目次-支援ツールと目次-自動の投票数にはそれぞれ有意に目次-自動の投票数が小さかった(p＜.001)．一方，目次-紙と目次-支援ツールの人数の間には有意差が見られなかった．

また，図 11 を見ると，有意差はなかったものの，先に支援ツールを用いた群の方が後に支援ツールを用いた群よりも投票数の差が大きかった．そこで支援ツールを用いて目次作成を行った際のログを用いて分析を行った．支援ツールを用いて目次作成を行った際のログとは，被験者による作成操作であり，「次にプロセスに移動」と「前のプロセスに移動」，「章を追加」，「節を追加」，「空のノード作成」，「リンク編集」，「課題キーワードを畳む」，「課題キーワードの順序を変更」，「課題キーワードの名前変更」，「操作合計回数」がある．

図 13 中の「次のプロセスに移動」と「前のプロセスに移動」とは，線形化モデルの 4 つプロセス間の前後移動を行う操作の回数である．「章の追加」とは，chapter making の中での章を追加した回数であり，「節を追加」とは clustering の中での節を追加した回数である．空のノード作成とは，空ノードを作成した回数である．「リンク編集」とは，リンクの作成，削除，付与された属性の変更の合計回数である．「課題キーワードを畳む」とは，sorting の中で，目次構造に表示しない課題キーワードを畳んだ回数である．「課題キーワードの順序を変更」とは，sorting の中で課題キーワードの順序を変更した回数である．「課題キーワードの名前変更」とは，課題キーワードの名前を変更した回数である．「操作回数合計」とは，これらの操作の合計化数である．

先に支援ツールを用いた群と後に支援ツールを用いた群との間での各操作回数の差に対して両側 t 検定を行った．2 条件間に対応がないため，F 検定により等分散を検定し，等分散であるとみなされたデータに関しては対応のない両側 t 検定を行い，等分散であるとみなされなかったデータに関してはウェルチ法による両側 t 検定を行った．図 13 に分析結果を示す．

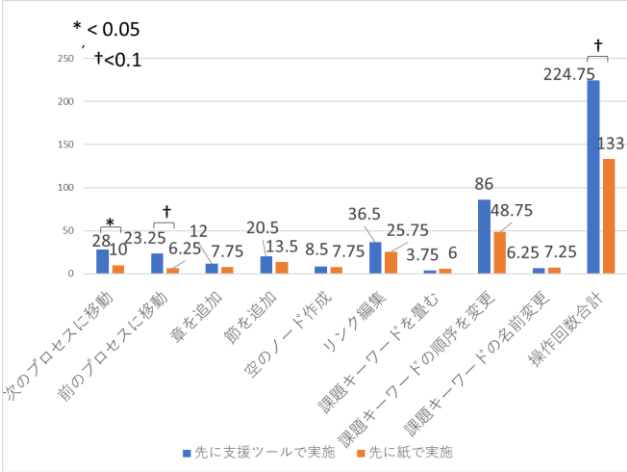



図 13 実験の順序に着目した iLSB のログの比較

分析の結果，「次のプロセスに移動」に有意差(t(6)=2.45，p<.05)を見ることができた．また，「前のプロセスに移動」に有意傾向(t(4)=2.21，p<.01)が見られ，全体の合計回数も有意傾向(t(6)=2.18，p<.01)が見られた．

また，各プロセスにおける空ノードを作成した回数と支援ツールのログの相関を表 2 に示す．

表 2 プロセスごとの空ノード作成回数と支援ツールのログの相関

| | 次のプロセスに移動 | 前のプロセスに移動 | 章を追加 | 節を追加 | 空のノード作成 |
|---|---|---|---|---|---|
| chapter making | -0.3523 | -0.3632 | 0.8182 | -0.0600 | 0.2377 |
| clustering | -0.8571 | -0.8606 | 0.3815 | -0.1742 | 0.5170 |
| hierarchi-zation | -0.2593 | -0.2172 | 0.0662 | 0.3225 | 0.7183 |
| sorting | 0.8059 | 0.7689 | -0.1508 | 0.4513 | -0.0705 |
| | リンク編集 | 課題キーワードを畳む | 課題キーワードの順序を変更 | 課題キーワードの名前変更 | 操作回数合計 |
| chapter making | -0.0914 | -0.2395 | -0.2354 | 0.2465 | -0.2170 |
| clustering | -0.0602 | 0.2140 | -0.5057 | 0.6441 | -0.5227 |
| hierarchi-zation | 0.4671 | 0.5447 | 0.2633 | 0.6594 | 0.3191 |
| sorting | 0.3615 | 0.2354 | 0.4144 | -0.2275 | 0.6324 |

表 2 を見ると「次のプロセスに移動」，「前のプロセスに移動」と sorting での空のノードの作成回数に強い正の相関がある．一方，「次のプロセスに移動」，「前のプロセスに移動」と clustering での空のノードの作成回数には強い負の相関がある．

支援ツールを用いた場合と用いなかった場合それぞれにおいて，目次作成終了時に行ったアンケートの平均と分散をそれぞれ表 3 に示す．2 つのアンケートに対し，片側 t 検定を用いて分析を行った．

表 3　アンケートの分析

| 番号 | 質問(5件法) | | 支援ツール | 紙 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 学習シナリオは線形化できましたか？ | Mean | 1.375 | 2.125 | † |
| | | SD | 0.4841 | 0.9270 | |
| 2 | 線形化しやすかったですか？ | Mean | 1.375 | 2 | |
| | | SD | 0.4841 | 1.118 | |
| 3 | 線形化によって体系的にまとめられたと感じましたか？ | Mean | 1.75 | 2.375 | |
| | | SD | 0.9682 | 1.111 | |
| 4 | 学習シナリオに対して足りない部分を感じましたか？ | Mean | 1.625 | 1.5 | |
| | | SD | 0.9922 | 0.5 | |
| 5 | 使用したツールは線形化支援ツールとして有用だと感じましたか？ | Mean | 1.375 | 2.375 | * |
| | | SD | 0.4841 | 0.9922 | |

* < 0.05　† < 0.1

表 3 を見ると，質問 4 以外の全てで支援ツールを用いて学習者が作成した場合の平均が支援ツールを用いずに学習者が作成した場合の平均を上回っていることが分かる．特に質問 1 には支援ツールが有意に小さい傾向があり(t(7)=1.82，p<.10)，被験者が支援ツールを用いて目次を作成することでより妥当に目次作成ができると感じることが分かった．質問 5 には支援ツールが有意に小さかった(t(7)=2.64, p<.05)．このことから，被験者が目次作成に関して支援ツールが有効であると感じていることが分かった．

### 4.6　考察

目次-紙の投票数と目次-自動の投票数，目次-支援ツールの投票数と目次-自動の投票数では，それぞれ有意に目次-自動の投票数が小さかった．これによって，自動生成した目次構造より人の手で作成した目次構造のほうがより良い構造であると感じることが分かった．

そこで，表 1 より目次構造を構成する各データと相関をとると，目次構造作成の中での増加した課題キーワードの数，増加したリンクの数に強い正の相関があることが分かった．よって，目次構造作成の中での増加した課題キーワードの数と hierarchization で付与されたリンクの数が多いほど良い構造であると考えられる．

事後アンケートの質問 1，2，3 の結果から提案支援ツールを用いずにレポートの目次構造を作成した場合より提案支援ツールを用いてレポートの目次を作成した場合の方が線形化しやすく，知識を体系的にまとめやすい，つまり知識の整理がしやすいことが読み取れる．しかし，目次-紙と目次-支援ツールの投票数の比較では有意差が見られなかった．また，先に支援ツールを用いた群と後に支援ツールを用いた群で，支援ツールにおける操作ログを比較した結果，先に支援ツールを用いた群よりも後に支援ツールを用いた群の方が目次-紙の投票数と目次-支援ツールの投票数の差が大きかった．これにより，本実験計画では順序効果の影響が考えられる．

そこで，提案支援ツールのログを用いて分析すると，先に支援ツールを用いた群は，後に支援ツールを用いた群よりも「次のプロセスに移動」を使った回数が有意に多く，「前のプロセスに移動」と目次構造を作成するために必要な操作回数の合計も多くなる傾向があった．また，線形化の途中である clustering で空のノードを追加した回数と「次のプロセスに移動」，「前のプロセスに移動」には強い負の相関があり，線形化の最後の操作である sorting で空ノードを作成した回数は「次のプロセスに移動」，「前のプロセスに移動」には強い正の相関があることが分かった．この結果から，後に支援ツール用いた被験者は，前日に作成した目次構造を意識しすぎたため，本来であれば気づくはずである学んだ項目の不足に気づくことができなかったと考えられる．また，後に支援ツールを用いた被験者は，先に作成した目次-紙を目標として目次構造を作成した．そのため，目次構造全体を見たときに気付くはずである目次構造の修正のために行うプロセスの前後の移動がなくなったと考えられる．

このことから，被験者内での実験では先に作った目次構造が後に作った目次構造に影響を与えると考えられる．

## 5. まとめ

本論文では，学習課題に対して深い理解を促すためには線形化を行う必要がある．学習すべき項目や学んだ項目間の関係が不十分な場合，線形化が行えない場合がある．この問題に対して，本研究では学習者が初期課題をテーマとしたレポートを作成する場を提供した．そのために本研究では，学習者が学習シナリオをレポートの目次として線形化するプロセスをモデル化し，提案したモデルに沿った足場形成が学習者の学習シナリオの線形化に対して有効であるかを検証することを目的として，実験を行った．結果として，順序効果の影響で有意差は見られなかったが，提案支援ツールが線形化に対して有効である傾向が示唆された．

今後の課題としては，本稿で述べた内容を被験者間実験として行うことと，学習者の習熟度と学習シナリオに応じた適応的支援を行うことがあげられる．

**謝辞**

本研究の一部は，JSPS 科研費 JP17 H01992 の助成による．

## 参 考 文 献

(1) 第 11 章　ICT の活用の推進：文部科学省 https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpab201901/detail/1422160.htm

(2) 渥美幸雄：情報リテラシ教育におけるレポートの作成 専修大学情報科学研究室 No.89「グループワークによる情報リテラシ教育の手法について」特集号 http://ir.acc.senshu-u.ac.jp/index.php?action=pages_view_main&active_action=repository_action_common_download&item_id=10970&item_no=1&attribute_id=15&file_no=1&page_id=13&block_id=52

(3) Zumbach, J., & Mohraz, M. (2008). Cognitive load in hypermedia reading comprehension: Influence of text type and linearity. Computers in Human Behavior, 24(3), 875-887.

(4) Akihiro Kashihara, and Naoto Akiyama：Learning Scenario Creation for Promoting Investigative Learning on the Web, Journal of Information and System in Education, Vol.15, No.1, pp.62-72 (2017)

(5) 木下恵太，柏原昭博：Web 調べ学習における課題展開のための属性提示手法の評価，信学技報，ET2014-99, pp.77-82（2015）

(6) Mac、PC、Linux 向け新高速ブラウザー | Firefox

(7) 伊藤貴昭，垣花真一郎. "説明はなぜ話者自身の理解を促すか." 教育心理学研究 57.1 (2009): 86-98. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjep/57/1/57_1_86/_pdf

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 学習者の Web 調べ学習スキルに応じた演習問題生成

萩原未来[*1], 柏原昭博[*1], 長谷川忍[*2], 太田光一[*2], 鷹岡 遼[*3]
*1 電気通信大学大学院, *2 北陸先端科学技術大学院大学, *1 山口大学

# Exercises for Improving Web Investigative Learning Skills

Miki Hagiwara[*1], Akihiro Kashihara[*1], Shinobu Hasegawa[*1], Koichi Ota[*1], Ryo Takaoka[*1]
*1 The University of Electro-Communications
*2 Japan Advanced Institute of Science and Technology *3 Yamaguchi University

Web 調べ学習では，Web リソースを選択し，学習課題についての知識構築しながら，学ぶべき項目を部分課題として展開し，学習者自ら学ぶべき項目とその順序(学習シナリオ)を決める．筆者らは，これまで Web 調べ学習モデルをデザインし，学習シナリオ作成の足場を築くシステムを開発した．本論文では，学習者の Web 調べ学習スキル向上を目的とした適応的な演習問題の生成と，問題解決支援として LOD と Web 調べ学習履歴を用いた課題キーワード候補推薦手法を提案する．また，提案手法を用いたケーススタディを実施した．その結果，中程度以下の Web 調べ学習スキルを有する学習者に対する適応的な演習問題の有効性が示唆された．

キーワード: Web，調べ学習，LOD，演習，主体的学習

## 1. はじめに

近年, 教育現場においても Web 上での調べ学習(Web 調べ学習)の機会が増加している(1). Web 調べ学習では，膨大な Web リソースの中から学ぶべき課題(学習課題)に適したリソース(学習リソース)を選択・探求していくことで自分の視点から知識を構築することが可能であり，高い学習効果が期待される(2, 3)．また，多種多様な学習リソースを横断的に学んでいくことで，学習者は学習課題に関する知識を広く深く構築できる(4).

Web 調べ学習とは，単純なキーワード検索ではなく，学習者が学習課題についての知識を構築しながら，初期課題と関連する項目を課題の部分課題として展開することで，初期課題と関連する項目について網羅的かつ体系的に学ぶことである．このとき，課題展開を通じて学んだ項目の順序づけが行われる．この学んだ項目とその順序を表す学習シナリオは，学習者がナビゲーションと知識構築プロセスを自己調整するのに役立つ(5).

一方，テキストを用いた学習では，学習シナリオが提供されるが，Web 調べ学習では事前にシナリオが与えられていない．そのため，学習者は自分で学習シナリオを作成する必要がある. しかし, 学習者にとって，Web ページのナビゲーションや知識構築と同時に，学習課題をより詳細な部分課題として展開し，学習シナリオを作成することは認知的負荷が高い(6).

先行研究では，Web 調べ学習プロセスのモデルをデザインし, モデルに従って学習者の Web 調べ学習を支援する環境を提供する interactive Learning Scenario Builder (iLSB)を開発した(7). また，初学者の課題展開支援として，初期課題に加えて展開候補となる課題を表すキーワード(課題キーワード)群(展開課題候補キーワード群)を演習問題として生成する手法(8)や，多角的な Web 調べ学習の足場となる，学習課題-部分課題間の関係を表す属性を提示する手法が提案された(9).

一方，十分かつ妥当に課題展開スキル (Web 調べ学習スキル)が異なる学習者に対して, 適応的に演習問題の難易度を変更する必要がある．また，課題展開が不十分なまま学習を終えてしまう学習者や，属性提示されても多角的な観点での学習ができない学習者に対し，広く深く多角的な観点で課題展開を促進する必要がある．

図 1 iLSB の使用例

本論文では，学習者のスキルに応じた演習問題の生成と，演習問題において Linked Open Data(LOD)および他の学習者の Web 調べ学習履歴を用いて課題キーワード候補(部分課題キーワード候補)の推薦する手法について述べる．また，本手法の評価実験についても報告する．実験の結果，中程度以下の Web 調べ学習スキルを有する学習者に対して，適応的な演習問題が妥当な課題展開を行う足場がけとして有効である可能性が示唆された．

## 2. Web 調べ学習

### 2.1 Web 調べ学習モデル

先行研究[7]で定義された Web 調べ学習モデルについて述べる．本研究では Web 調べ学習を，図 1 に示すような「Web リソース探索フェイズ」「Navigational Learning フェイズ」「課題展開フェイズ」の 3 フェイズからなるサイクルモデルとしてデザインしている．

(1) Web リソース探索フェイズ

学習者は学習課題を端的に表すキーワード(課題キーワード)を検索ワードとして検索エンジンに入力し，学習課題に関する学習リソースを収集する．

(2) Navigational Learning フェイズ

学習者は Web リソース探索フェイズで収集された学習リソース・ページをナビゲーションしながら，学習課題について学ぶべき項目をキーワードとして抽出し，抽出したキーワード間を関係づけながら学習課題に関する知識を構築する．

(3) 課題展開フェイズ

学習者は Navigational Learning フェイズで構築した知識構造を振り返り，抽出した学習項目からさらに調べるべき項目を部分課題として展開する．

学習者は，部分課題が新たに展開できなくなるまで「Web リソース探索フェイズ」「Navigational Learning フェイズ」「課題展開フェイズ」を実施する．3 フェイズを再帰的に行い，部分課題を展開した結果として，図 5 のような，初期課題を根ノードとし，展開した課題を子ノードとした木構造の形で学習シナリオを作成することが期待される．

### 2.2 interactive Learning Scenario Builder

先行研究[7]では，学習者に Web 調べ学習モデルに沿って学習させるために，interactive Learning Scenario Builder（iLSB）を Firefox[10]のアドオンとして開発した．iLSB は Web リソース探索フェイズについて Web ブラウザ機能，Navigational Learning フェイズについてキーワードリポジトリ機能，課題展開フェイズについて課題キーワードマップ機能でそれぞれ支援を行っている．iLSB を使用することで，初期課題に関連する項目を部分課題として展開しながら，学習者による網羅的かつ体系的な学習が有意に促されることが分かっている[7]．

(1) Web ブラウザ機能

学習用のリソースを選択・収集するための，Web リソースを探索する機能

(2) キーワードリポジトリ機能

選択・収集した学習リソースから学習項目を端的に表すキーワードを収集し，キーワード間の内包関係を視覚的に作る機能

(3) 課題キーワードマップ機能

キーワードリポジトリ機能を用いて作成した知識構造を振り返り，キーワードの中のいくつかを部分課題として展開し，学習課題と関係づけることで学習シナ

リオを作成する機能

「地球温暖化」を初期課題とした iLSB の使用例を図 1 に示す．まず，学習者は iLSB の Web ブラウザ機能を用いて初期課題「地球温暖化」を検索エンジンで検索し，「地球温暖化」について学習するための学習リソース選択・収集するために，Web リソースを探索する．次にキーワードリポジトリ機能を用いて学習リソース内で「地球温暖化」に関連するキーワード「温室効果ガス」「二酸化炭素」「オゾン層」「異常気象」をキーワードリポジトリに収集し，「温室効果ガス」と「二酸化炭素」の間を関連付けしている．最後に，「地球温暖化」に関連するキーワードを収集したキーワードリポジトリを振り返り，「地球温暖化」を学習するためにさらに学習が必要なキーワード「オゾン層」「異常気象」「温室効果ガス」を「地球温暖化」の部分課題として課題キーワードマップに展開している．さらに，展開した部分課題「オゾン層」「異常気象」「温室効果ガス」についても Web ブラウザ機能を用いた学習リソースの探索，キーワードリポジトリを用いたキーワードの収集と関連づけを行い，さらに調べるべき課題を部分課題として展開している．

### 2.3 関連研究・先行研究

一般に認知スキルを獲得するためには，学習者は繰り返し練習を行う必要がある[11, 12]．過去に行った研究では， iLSB を使うだけでは広く深く妥当な課題展開が困難な Web 調べ学習スキルが低い学習者に対して，スキル向上を目的とした演習問題の作成手法の提案を行った[8]. iLSB を用いた学習では，Web 調べ学習の問題として初期課題を与えるだけである．これに対し，演習環境では初期課題と初期課題に関連する課題を含めたキーワード群である展開課題候補キーワード群を学習者に提示し，展開課題候補キーワード群内で学習を行うことで，望ましい学習シナリオを作成するための学習者のスキル向上を支援した[8].

また，一般に適応的支援は学習者の学習成果と解の比較を通して行われるが，学習者が作成する学習シナリオは独自性が高く，一意に解となるシナリオ(解シナリオ)を定めることは困難である．そのため，学習者による不十分な課題展開や初期課題と関連が弱く妥当でないとみなされる課題展開に対して適応的な支援を行うことは困難であった．これに対し，課題展開を促進するために，学習者が行った課題展開の妥当性を診断し，展開すべき部分課題の候補を推薦する支援が考えられる．筆者らは，これまでに課題展開の妥当性を診断する方法を開発し，学習者に妥当でない課題展開の振り返りを支援することを実現してきた[13]．また，学習者により多角的な視点での課題展開を促す支援として，先行研究では学習課題の上位概念である課題タイプと学習課題-部分課題間の関係を表す属性を学習者に提示する支援を提案した[9].

### 2.4 研究目的

Web 調べ学習の初学者に対して，初期課題のみを与えて iLSB を用いた Web 調べ学習を行わせるだけでは，初期課題と関連の低い項目を課題展開したり，課題展開が不十分な学習シナリオを作成することがある．このような学習者には段階的に Web 調べ学習の方法を身につけさせることで，Web 調べ学習の遂行スキルを向上させる必要がある[8]．また，段階的な Web 調べ学習スキル獲得のための支援を行うにあたり，学習者が作成可能な学習シナリオの規模および妥当な課題展開をする力を把握し，問題演習において展開すべき課題を学習者に多く提示することで，問題の難易度を高め，展開すべきでない課題を多く提示することで，課題展開すべき課題の見極めの程度を高める必要がある．また，問題演習の中で学習シナリオの課題展開が不十分なまま学習を終えてしまう学習者や，属性提示されても多角的な観点での Web 調べ学習ができない学習者に対し，広く深く多角的な観点で課題展開を促進するために，展開すべき課題キーワードとして部分課題キーワード候補を推薦する必要がある．

本研究では，学習者の Web 調べ学習スキルに応じた演習問題の生成と，問題演習において Linked Open Data(LOD)および他の学習者の Web 調べ学習の履歴を用いて部分課題キーワード候補を推薦する手法を提案する．

## 3. 適応的な問題演習支援

### 3.1 Linked Open Data

Linked Open Data(LOD)は，Web 上の関連データをリンク付けし，誰でも利用できるように公開する仕

組みである[14]．本研究では，日本語版 Wikipedia を LOD として表現した DBpedia Japanese[15]を利用する．DBpedia Japanese では，Infobox，カテゴリー情報などの日本語版 Wikipedia のデータを，主語，述語，目的語の三項からなる RDF 形式で表現する．RDF 形式のデータは，クエリ言語 SPARQL[16]で取得できる．推薦する展開課題候補キーワードは，LOD における学習シナリオの初期課題との関連度や，学習シナリオ内の部分課題キーワードとの関連度によって決定される．

### 3.2 課題展開データベースの構築

属性を用いた課題展開の支援を行うためには，展開が必要な課題キーワードとその部分課題キーワードおよび課題キーワード間の関係を示すデータが必要である．しかし，DBpedia Japanese は，現状日本語版 Wikipedia 上のページ間でリンクがあることを示す述語を用いたデータがほとんどであり，項目間の関係を詳細に表す述語を用いたデータが不十分である．

そこで本研究では，他の学習者が作成した学習シナリオから課題キーワードとその部分課題キーワードおよび課題キーワード間の属性の関係を蓄積する課題展開データベースを作成して，属性に着目した課題展開支援を実現する．課題展開データベースは MySQL[17]を利用して構築されており，MySQL で構築されたデータベースへのデータはデータベース言語である SQL[18]で蓄積・取得できる．

### 3.3 Web 調べ学習における問題演習

筆者らは，これまで Web 調べ学習スキル向上に向けて，LOD を用いて，初期課題とともにそれと関連度の高い展開課題候補キーワード群を学習者に提示し，Web 調べ学習を行わせるための演習問題の作成手法を提案した[8]．Web 調べ学習スキルとは，網羅的な学習を行う能力と，妥当な課題展開を行う能力のことである．本研究では，網羅的な学習を行う能力は正のキーワードを用いる能力と関連があり，妥当な課題展開を行う能力は負のキーワードを用いない能力と関連があると捉えている．Web 調べ学習における問題演習では，初期課題・親課題の双方と関連度の高い正のキーワードと親課題と，初期課題と関連度の低い負のキーワードを提示し，学習者がこれらのキーワードを課題展開すべきか取捨選択を行うことで Web 調べ学習スキルを向上させることを期待している．

展開課題候補キーワード群の生成は，まず，iLSB が初期課題を設定する．その後，LOD から初期課題と関連のあるキーワードおよびその関連キーワードに関連のあるキーワードを取得する．具体的には，初期課題と LOD 上で双方向のリンクで距離 1 で隣接するキーワードと，そのキーワードからさらに双方向のリンクで距離 1 で隣接しており，初期課題との間にリンクがあるキーワードを正のキーワードの候補として取得し，初期課題と双方向のリンクで距離 2 でリンクしているが初期課題とのリンクがないキーワードを負のキーワードの候補として取得する．その後，さらに初期課題と LOD 上から取得したキーワードとの関連度を word2vec により算出し，取得キーワードのフィルタリングを行う．このとき，正のキーワードの候補のうち word2vec により算出された関連度が高いキーワードは学習シナリオ作成の中で展開されるべきキーワードを正のキーワードとし，負のキーワードの候補のうち関連度が低いキーワードは展開すべきでないキーワードを負のキーワードとする．作成された展開課題候補キーワード群は初期課題とともに学習者に提示され，学習者は展開課題候補キーワード群のみを用いて Web 調べ学習モデルに沿った学習を行うことが期待される．

本研究では，Web 調べ学習スキルが異なる学習者に対し，正のキーワードの数と正負のキーワードの比率の変更による演習問題の難易度の調整を行い，学習者に適応的な演習問題の提示を可能にする．

### 3.4 問題演習支援の枠組み

図 4 に本研究で提案する問題演習支援の枠組みを示す．問題演習支援システムは，iLSB の一機能として実装されている．学習者は最初に iLSB を用いて基本問題として与えられた課題について Web 調べ学習を行う．この基本問題では学習者の Web 調べ学習スキルのモデリングを目的としている．基本問題終了後，学習者が作成した学習シナリオを演習問題生成システムに送信し，学習シナリオの課題展開数と妥当な課題展開の割合を診断する．このとき，課題展開の診断には，先行研究で開発された課題展開妥当性を診断するシス

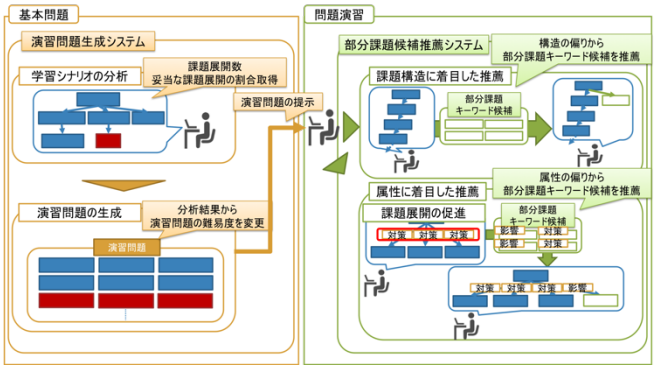



**図 4 問題演習支援の枠組み**

テム(課題展開診断システム)[11]を用いる．課題展開診断システムでは，初期課題と部分課題の関連度と，部分課題とその親となる課題の関連度から，課題展開の妥当性を妥当，やや妥当，妥当性不明の 3 段階で診断する[11]．本研究では，課題展開の見極めの程度の調整は展開すべきでない課題を展開しない能力育成の足場の調整であると捉え，妥当性不明の課題展開以外は一定以上の妥当性が保証されているため，これらを妥当な課題展開とし，課題展開全体に対する妥当な課題展開の割合を計算する．その後，学習者の作成した学習シナリオの課題展開数を基に決定した正のキーワードの数と，課題展開の妥当性診断結果を基に決定した正負のキーワードの比率に応じて，学習者に提示する展開課題候補キーワード群を生成し，学習者に初期課題と合わせて演習問題として提示する．

次に，学習者は Web 調べ学習の問題演習に移行する．問題演習では，学習者は展開課題候補キーワード群のみを用いて学習シナリオを作成する．学習を終了した段階で，iLSB は作成された学習シナリオを部分課題推薦システムに送信する．部分課題候補推薦システムでは，多角的な課題展開を促進するために属性に着目した推薦と，より広く深い学習シナリオ作成を促進するために学習シナリオ構造に着目した推薦を行い，より豊かな学習シナリオの作成を促進する．

まず，部分課題候補推薦システムは，学習シナリオに含まれる課題とその部分課題間の属性の種類の不足を診断する．属性が不足していると診断された場合，課題とその部分課題間に用いられていない属性を展開に用いるべき属性とし，課題展開データベースから展開に用いるべき属性で過去に展開されている部分課題キーワード群を部分課題キーワード候補群として取得

**表 1 課題展開数と正のキーワードの数**

| 課題展開数 | 正のキーワード数 |
|---|---|
| 10 個未満 | 10 個 |
| 10 個以上 15 個未満 | 15 個 |
| 15 個以上 | 20 個 |

**表 2 妥当な課題展開の割合と正負の比率**

| 妥当な課題展開の割合 | 正負の割合(正:負) |
|---|---|
| 4 割未満 | 6:1 |
| 4 割以上 6 割未満 | 4:1 |
| 6 割以上 | 2:1 |

し，学習者に提示する．学習者は提示された部分課題キーワード候補群の中から展開すべきと考える部分課題を選択し，課題展開を行うことで，より多角的な観点での Web 調べ学習を行うことが期待される．

全ての課題について属性の不足がないと診断されると，学習シナリオの構造に着目した推薦に移行する．まず，iLSB は学習者が作成した学習シナリオにおける課題展開の広さおよび深さの不十分さを診断する．不十分であると診断した場合，学習シナリオ内の展開が促されるべきターゲット課題キーワードを同定する．そして，ターゲット課題キーワードを用いて SPARQL クエリを作成し，DBpedia Japanese に送信し，その結果 DBpedia Japanese から得られるキーワード群を部分課題キーワード候補群として学習者に提示する．学習者は提示された部分課題キーワード候補の中から展開する部分課題を選択することで，より広く深い学習シナリオの作成を期待されている．

### 3.5 展開課題候補キーワード群の生成

学習者に提示する展開課題候補キーワード群について，正のキーワードの数は問題演習で作成されることが期待される学習シナリオの規模を示すもので，正のキーワードを増やすことで，学習者は課題の学習順序を意識しつつ，より広く深い学習シナリオの作成を行うスキルが必要なため，学習者の学習シナリオ作成に対する負担が増加する．一方，展開課題候補キーワード群内の負のキーワードの比率は，展開課題候補キーワード群のどのキーワードを学習シナリオに課題展開させるべきかを判断する負担を示すもので，負のキー

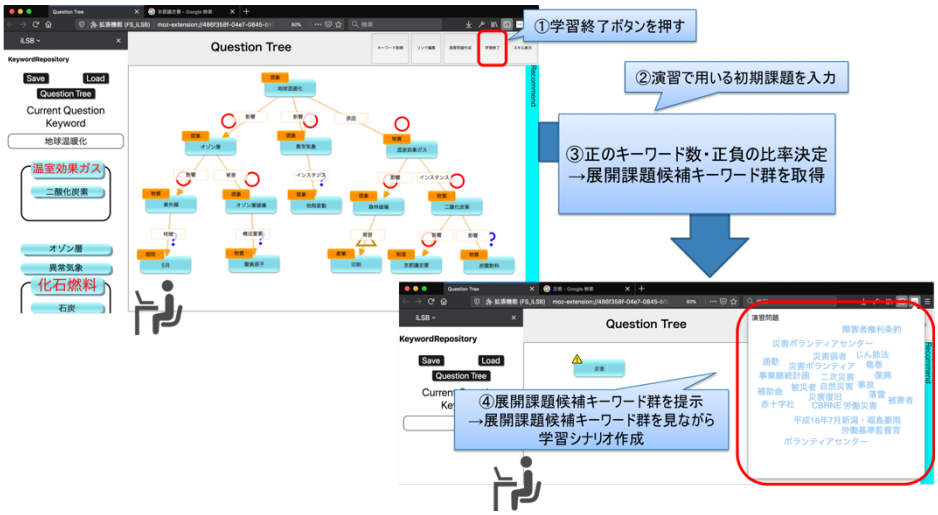



図 5 問題演習における演習問題提示の例

ワードの比率を増やすことで，学習者は展開すべきでないキーワードの見極めの機会が増加することから展開すべきでないキーワードの見極める力がより必要とされ，学習者の学習シナリオ作成に対する負担が増加する．このように，正負のキーワードの数の調整を行うことで，演習問題の難易度の調整が可能であると捉えている．本研究では，学習者が基本問題で作成した学習シナリオの課題展開数をもとに正のキーワードの数を決定し，また妥当な課題展開の割合をもとに正負のキーワードの比率を決定する．

表 1 に基本問題での学習シナリオにおける課題展開数と展開課題候補としての正のキーワード数の対応を示し，表 2 に妥当な課題展開の割合と正負のキーワードの比率の対応を示す．表 1 は，学習シナリオの課題展開数が多くなるほど，提示する正のキーワード数を増やし，作成すべき学習シナリオの規模を大きくすることを示している．表 2 は，学習シナリオでの妥当な課題展開の割合が多いほど，正のキーワードに対して提示する負のキーワードの割合を増やし，妥当な課題展開を見極めが困難にすることを示している．

## 4. 演習問題生成システム

本章では，学習者の Web 調べ学習スキルに応じた演習問題の生成と提示を行うシステムについて説明する．図 5 に，システムによる問題演習支援における演習問題提示の例を示す．図 5 では学習者は基本問題として初期課題「地球温暖化」について学習を行い，学習シナリオを作成している．このとき学習者が学習を終了しようとすると，演習問題生成システムに学習シナリオが送信される．演習問題生成システムは，まず学習者が iLSB に問題演習で用いる初期課題「災害」を設定している．次に，基本問題での学習シナリオの課題展開数と妥当な課題展開の割合 13 個と 68%であることから，演習問題生成システムは正のキーワードが 15 個，正負のキーワードの比率が正：負＝2：1 となる展開課題候補キーワード群を生成する．具体的には，「災害」の関連キーワードを取得するクエリを DBpedia Japanese に送信し，取得したキーワードについて初期課題との関連度によってフィルタリングを行うことで，展開課題候補キーワード群を取得する．最後に学習者に対して，初期課題「災害」についてこの展開課題候補キーワード群を学習者に提示し，学習者に初期課題「災害」について Web 調べ学習を行わせる．

## 5. ケーススタディ

### 5.1 実験目的

本ケーススタディでは，提案手法による演習問題の提示が Web 調べ学習の足場形成として有効であるか評価するためのケーススタディを行った．

### 5.2 実験手順・評価方法

本ケーススタディは，理工系の大学生および大学院生 9 名に対して実施した．全ての被験者には，Web 調べ学習及び iLSB の操作方法について説明したのち，「確定申告」と「災害」の 2 つの学習課題について iLSB を用いた Web 調べ学習を行わせた．各被験者は，基本問題として「確定申告」を学習した後で，「災害」を学

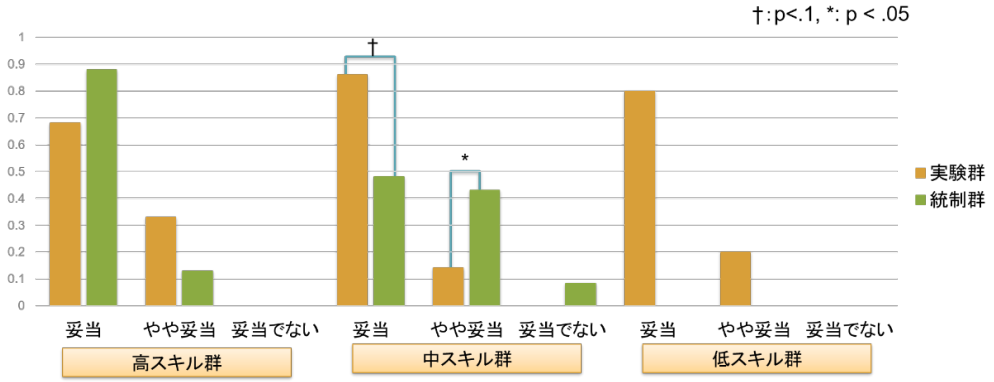



**図 6 演習問題での課題展開の妥当性の割合**

習した．最初の学習では，被験者に従来の iLSB を用いて学習シナリオを作成させた後，学習シナリオの妥当な課題展開の割合に基づいて，高スキル群(妥当な課題展開の割合が 6 割以上)，中スキル群(妥当な課題展開の割合が 6 割未満 4 割以上)，低スキル群(妥当な課題展開の割合が 4 割未満)に群分けし，さらに基本問題での学習シナリオにおける課題展開の妥当性を基に演習問題を提示する実験群と，課題展開の妥当性に関係なく演習問題を提示する統制群とする計 6 群に分けた．このとき，実験群では妥当な課題展開の割合に基づいて，適応的に展開課題候補キーワード群の正負のキーワードの比率を高スキル群では正：負＝2：1，中スキル群では正：負＝4：1,低スキル群では正：負＝6：1 とし，統制群では，「高スキル群」「中スキル群」「低スキル群」いずれに対しても，妥当な課題展開の見極めが最も困難な演習問題であると考えられる正：負＝1：1 となる演習問題を提示した．その後，被験者に演習問題生成システムを具備する iLSB を用いて学習シナリオを作成させた．

また，課題「災害」に対して各被験者が作成した学習シナリオの課題展開において，統制群よりも実験群の方が課題展開の妥当性の割合が増加しているか分析するために，3 人の評価者が信頼できる Web リソースを用いて学習シナリオにおけるすべての課題展開の妥当性を診断した．課題展開の妥当性は，「妥当」，「やや妥当」および「妥当性でない」の 3 つの段階で表し，3 人の評価者によって診断された最も多い妥当性を人手での妥当性診断の結果と見なした．また，3 人の評価者が互いに異なる妥当性と診断した課題展開は評価の中間値である「やや妥当」と見なした．

### 5.3 実験結果

被験者は，基本問題で作成された学習シナリオにおける妥当な課題展開の割合に応じて群わけを行った結果，高スキル群と中スキル群の実験群と統制群に 2 人ずつ，低スキル群の実験群に 1 名振り分けられた．

図 6 に演習問題生成システムを具備する iLSB を用いた学習での課題展開妥当性の割合の分析結果を示す．課題展開の妥当性について，高スキル群と中スキル群において実験群と統制群で妥当性ごとの割合の平均値に差があるか片側 t 検定を行った．その結果，中スキル群において，妥当な課題展開で $t(2) = -1.23, p < 0.1$ で有意傾向が確認され，やや妥当な課題展開で $t(2) = -3.18, p < 0.05$ で有意差が確認された．

### 5.4 考察

図 6 から，中スキル群では統制群と比較して実験群では妥当と評価された課題展開の割合が高く，やや妥当な課題展開の妥当性が低いことから，中スキル群において演習問題生成システムを具備する iLSB により学習者による，より妥当な課題展開が促進されたことが伺えた．一方，高スキル群に関してはいずれについても有意差を確認することができなかった．以上のから一定以下のスキルを有する学習者に対して適応的に演習問題の難易度を変更する手法は有効であり，適応的な演習問題の提示による支援の必要性が示唆された．さらに低スキル群に関しては，実験群について妥当でない課題展開がされていないことから，低スキル群に対する展開課題候補キーワード群に含まれる負のキーワードの比率による調整は有効である可能性が示唆された．

## 6. まとめ

本論文では, 段階的に Web 調べ学習の方法を身につけさせることために学習者の Web 調べ学習スキルを把握し, Web 調べ学習スキルに応じた演習問題の生成する手法を提案した．また，問題演習の中で学習シナリオの課題展開が不十分なまま学習を終えてしまう学習者に対し，広く深く多角的な観点で課題展開を促進するために, 他の学習者の Web 調べ学習の履歴および Linked Open Data(LOD)を用いた部分課題キーワード候補の推薦手法を提案した．

また，適応的な演習問題提示に関する評価実験についても報告した．その結果，適応的な演習問題の提示においては中程度以下の Web 調べ学習スキルを有する学習者に対する妥当な課題展開を行う足場がけとして有効である可能性が示唆された．

**謝辞**

本研究の一部は, JSPS 科研費 JP17 H01992 の助成による．

**参 考 文 献**

(1) 文部科学省，“情報教育，” http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/056/gijigaiyou/attach/1259396.htm

(2) Fischer, Gerhard, and Eric Scharff. "Learning technologies in support of self-directed learning." Journal of Interactive Media in Education 1998.2 (1998)

(3) Hübscher, Roland, and Sadhana Puntambekar. "Adaptive navigation for learners in hypermedia is scaffolded navigation." International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. Springer, Berlin, Heidelberg, 2002

(4) Kashihara Akihiro, and Naoto Akiyama. "Learner-created scenario for investigative learning with web resources."International Conference on Artificial Intelligence in Education. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013

(5) Land, Susan M. “Cognitive Requirements for Learning Open-Ended Learning Environments”, Educational Technology Research and Development, Vol. 48, No. 3, pp. 61–78 (2000)

(6) Zumbach, Joerg and Maryam: "Cognitive load in hypermedia reading comprehension: Influence of text type and linearity", Computers in Human Behavior, 2008

(7) 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)

(8) Rei Saito, Yoshiki Sato, Miki Hagiwara, Koichi Ota, Akihiro Kashihara: Towards Generating Exercise Questions with LOD for Web-based Investigative Learning, The 16th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2013), pp.117-124, Cagliari, Italy (2019.11.7)

(9) Keita Kinoshita, and Akihiro Kashihara: Scaffolding Topic Decomposition in Investigative Learning with Web Resources, Work-in-Progress Poster (WIPP) Proc. of the 22nd International Conference on Computers in Education (ICCE2014), pp. 4-6, Nara, Japan (2014).

(10) Mozilla Japan, “Firefox 製品情報” http://mozilla.jp/firefox/

(11) Azevedo, R., & Cromley, J. G. (2004). Does training on self-regulated learning facilitate students' learning with hypermedia?. Journal of educational psychology, 96(3), 523

(12) Azevedo, R., Johonson, A. and Burkett, C., 2015. Does Training of Cognitive and Metacognitive Regulatory Processes EnhanceLearning and Deployment of Processes with Hypermedia?. Proceedings of the 37th Annual Meeting of the Cognitive Science Society, pp.136-141

(13) Sato, Yoshiki, et al. "Diagnosis with linked open data for question decomposition in web-based investigative learning." Foundations and Trends in Smart Learning. Springer, Singapore, 2019. 103-112

(14) Bizer, Christian, Tom Heath, and Tim Berners-Lee. "Linked data: The story so far." Semantic services, interoperability and web applications: emerging concepts. IGI Global, 2011. 205-227

(15) DBpedia Japanese, " http://ja.dbpedia.org/"

(16) SPARQL 1.1 Query Language, https://www.w3.org/TR/sparql11-query/

(17) MySQL. "https://www.mysql.com/jp/"

(18) Melton, Jim. "Database language sql." Handbook on Architectures of Information Systems. Springer, Berlin, Heidelberg, 1998. 105-132

# スラックラインを対象としたスキルサーバの設計・構築

井上 雄太 [*1] , 香山 瑞恵 [*1] , 永井 孝 [*2] , 米窪 慧 [*1] , 二上 貴夫 [*3,*1]
[*1] 信州大学工学部 , [*2] ものつくり大学 , [*3] 東陽テクニカ

# A Slackline Skill Server
# its fundamental design and implementation

**Yuta Inoue[*1], Mizue Kayama[*1], Takashi Nagai[*2], Satoshi Yonekubo[*1],**
**Takao Futagami[*3*1]**
**[*1] Faculty of Engineering, Shinshu University, [*2] Institute of Technologists,**
**[*3] TOYO Corporation**

本研究の目的は，円滑かつ効率的なスキル関連データの管理・解析環境を提供することである．解析対象として、スラックライン競技に着目し，特徴を考慮したスキル関連データ管理サーバの設計と構築を行う．提案サーバの特徴は，1) データ関係の明確化に基づくデータ管理、2) 利用者の端末環境に依存しないデータ管理とデータ解析が行えることである．本稿では，提案サーバの設計と実装，競技動作解析者による評価について述べる．

キーワード：スラックライン，スキル，データ管理，データ解析，サーバ設計

## 1 はじめに

スポーツ科学は，センサデータやビデオ解析などの取得可能な情報を最大に活用し，スポーツ活動の充実，パフォーマンスの向上に向け，アイデアや手法を提供する分野である [(1)]．例えば，24 時間走マラソンで高いパフォーマンスを発揮するペース配分を検討する研究 [(2)] や試合の勝敗に大きく影響するとされるテニスのサーブ技術を解析し，体の動きを検討する研究 [(3)] などが行われている．スポーツを対象とした研究は，長期間に渡って行われる事から，データ管理や解析処理に複数の課題が生じた．1 つ目は，データの個数や種類，関係の把握が難しくなることである．2 つ目は，データの可視化や切り出しなどの解析処理が特定の環境でしか行えないことである．

本研究では，数あるスポーツの中から，近年注目されるスラックラインに着目する．スラックラインに関する研究 [(4, 5)] では，バランスを取る体の動作解明やスラックラインによる運動が体の平衡感覚に与える影響を調べるものなどが多種多様である．

## 2 研究目的

本研究では，スラックラインを継続的に練習する競技者を動作計測の対象として，競技データ管理のためのサーバ（以下，スキルサーバ）の設計と構築を目的とする．このスキルサーバの主たる利用者は，競技動作解析者とする．ここでは，スラックライン競技の特徴をもとに，システムをモデル化し，効率に，かつ円滑に研究が行える環境を提供するためのスキルサーバを実現する．この目的に対して，以下の課題設定を行う．

- スキルサーバの利用によって，競技データの構造把握やアクセスは行いやすくなったか．

- スキルサーバの実装によって，動作解析に要する時間や手間は削減され，解析効率は向上したか．

本スキルサーバの有効性を検証するために，複数人の競技動作解析者に本スキルサーバの機能を一定期間利用させ，これらの研究課題について評価させる．

## 3 スラックライン

### 3.1 スラックラインとは

スラックラインとは，幅 5 ㎝ほどの 1 本のラインの上で，スタティックやダイナミックな技を披露する新スポーツである．これらの技は，トリックと呼ばれ，大会では技の難易度や美しさを競い合う．スラックラインのラインは通常のワイヤーなどと異なり，伸縮性に優れている．ラインは上下左右に揺れ，弾むため，バランスを取るのは難しい．そのため，従来はアスリートの体幹トレーニングとして利用されていた．近年では，メディアによる紹介などによって，幅広い世代でスラックラインを楽しむ人が増えた．その競技人口は世界 80 カ国，およそ 300 万人以上とされている [6]．

### 3.2 スラックラインの特徴

スキルサーバを設計するにあたり，スラックライン競技の特徴を抽出した．これらの特徴をサーバ設計に反映させることで，スキル関連データの管理を実現する．

#### 3.2.1 トリックの特徴

トリックは大きく 2 種類に分けられる．1 つ目は，ラインの上を歩いたり，ライン上で静止し，ポーズを取ったりするラントリックである．2 つ目は，バウンスやフリップ，スピンなどを組み合わせ，ダイナミックな技を披露するエアトリックである．エアトリックは，複数のトリックを自在に組み合わせることで構成される特徴がある．

#### 3.2.2 認定級の特徴

スラックラインの競技団体は，競技大会のトリックやポイントを規定する ISI(International Slackline Invitational)[7] やスラックラインによって地域に貢献する一般社団法人スラックライン推進機構 [8] などがある．本研究では，スラックライン推進機構小布施スラックライン部が規定する認定級を取り上げる．この認定級は競技者が迅速に上達するために設けられ，スラックライン検定 [9] と呼ばれる．技の難易度を初級，中級，上級とし，各級ともに 10 級から 1 級で難易度分けが成される特徴がある．

### 3.3 スキルサーバの設計

本スキルサーバは以下の点を意識して設計する．

1. 競技データに関連するメタデータを整理し，データの唯一性を明確化することで，データを容易に特定できる機能を設ける．
2. 求められる競技データの利用方法や解析手法をデータ管理と同一の環境で実行できる機能を設ける．

開発環境はコンテンツマネジメントシステム (以下，CMS) である Plone[10] を利用する．Plone はオープンソースの zope アプリケーションサーバ上に構築された CMS である．フォルダやファイル，ページやイベント作成，ユーザロール管理などの基本機能に加えて，アドオンを利用することで，機能の拡張や利便性の向上が行える．

スキルサーバの設計では，アドオンとして，スラックライン競技に特化した機能を具体化していく．ここでは，内部設計として，スラックライン競技の特徴を反映させたコンテンツやデータの扱いを設計する．外部設計として，登録された情報や解析処理されたデータを可視化する画面を設計する．

### 3.4 内部設計

UML クラス図を利用し，内部設計を行う．作成したクラス図を図 1 に示す．Plone では，クラス図のクラスはコンテンツ，コンポジションはコンテン

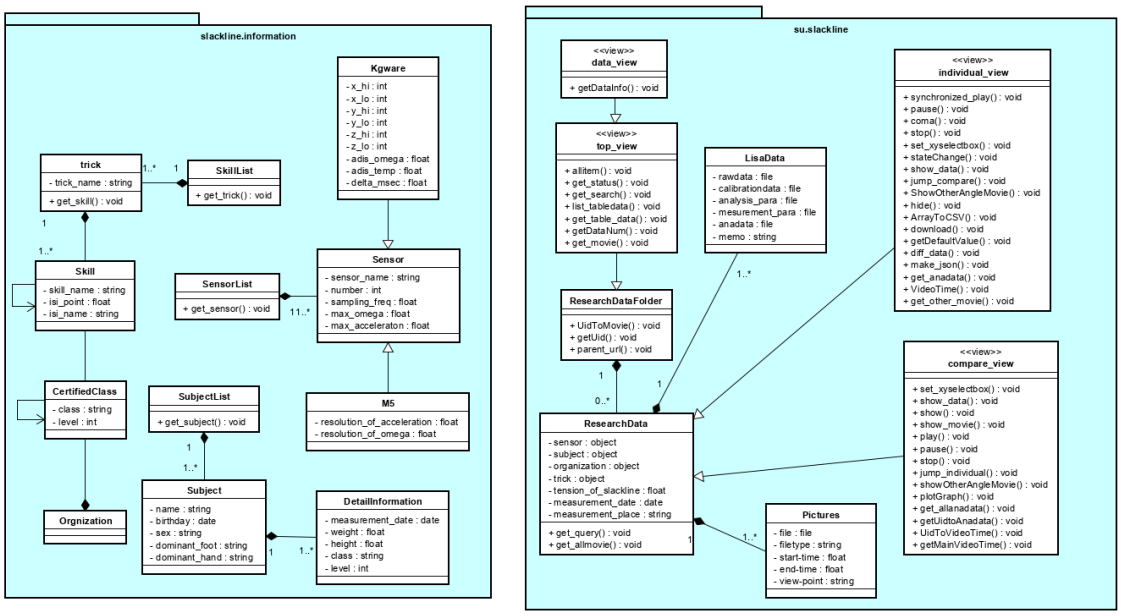



図 1　クラス図

ツやフォルダとファイルの内包関係，汎化はインタフェースの共有と読み替えられる．本スキルサーバは，以下 2 つのアドオンによって構成される．

- slackline.information
- su.slackline

各アドオンの詳細な仕様について，ツリー構造を利用して説明する．このツリー構造は，Plone におけるコンテンツの管理構造と同一である．

### 3.5　slackline.information

このアドオンの構造を図 2 に示す．機能は，競技者や技，利用センサなどの情報を管理することであり，主に SensorList, Organization, SubjectList, SkillList の 4 つのクラスから構成される．

#### 3.5.1　SensorList

SensorList クラスは，Sensor クラスを管理する．Sensor クラスは，各センサが共通して持つセンサ名や型番，サンプリング周波数などのデータを有している．また，Sensor クラスは Kgware クラスと M5 クラスを管理する．Kgware，M5 クラスは，Sensor クラスの情報を継承し，かつセンサを一意に特定するために個々の情報を有している．

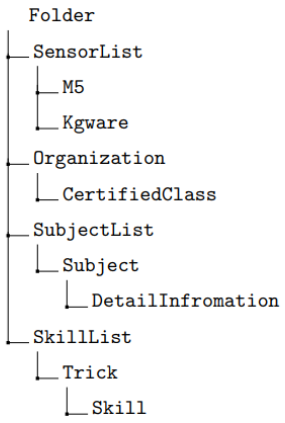



図 2　slackline.information の構造

#### 3.5.2　Organization

Organization クラスは CertifiedClass クラスを管理する．CertifiedClass クラスは認定級を特定するため，初級から上級を表す class と 1 級から 10 級を表す level のデータを有している．各級は，競技団体が設定した難易度に対応するトリックを達成することで認定される．従って，技と難易度の関係を特定するため，CertifiedClass クラスと Skill クラスが関連を有している．

図 3　su.slackline の構造

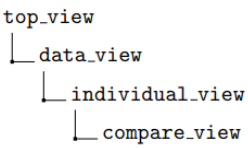



図 4　ページ遷移図

#### 3.5.3　SubjectList

SubjectList クラスは，Subject クラスを管理する．Subject クラスは，競技者を特定するため，名前，生年月日や利き足などのデータを有している．また，DetailInformation クラスを管理する．計測日毎に競技者の身長や体重などの身体的変化や認定級の変化を時系列に沿って比較するため，このクラスは計測日や身長，体重，階級のデータを有している．

#### 3.5.4　SkillList

SkillList クラスは，Trick クラスを管理する．各トリックは複数の技の組み合わせで構成される．従って，各トリックを特定するため，Trick クラスは Skill クラスを管理し，Skill クラスには自己ループが記述される．また，Skill クラスは，各技を特定するために，ISI によって定められるトリックとその得点のデータを有している．

### 3.6　su.slackline

このアドオンの構造を図 3 に示す．機能は，計測・解析によって得られるデータを管理することであり，主に ResearchDataFolder，ResearchData，LisaData，Pictures の 4 つのクラスからなる．

#### 3.6.1　ResearchDataFolder

ResearchDataFolder クラスは，ResearchData クラスを管理する．このクラスは，計測年ごとに生成され，利用される．

#### 3.6.2　ResearchData

ResearchData クラスは，LisaData クラスや Pictures クラスを管理する．このクラスは，競技データを特定するため，Subject クラスや Sensor クラス，Trick クラスを参照したデータや計測日などのデータを有している．

#### 3.6.3　LisaData

LisaData クラスは，センサデータや解析済みデータを管理する．また，競技者の軸足や解析の成否，解析に利用したパラメータファイルなどのデータも管理する．これらのデータは競技データを構成する．

#### 3.6.4　Pictures

Pictures クラスは，動画コンテンツを管理する．競技者の計測の様子を記録し，解析に利用するため，撮影された動画や動作の開始・終了時間，撮影位置などのデータを有している．

### 3.7　外部設計

登録されたデータを可視化するため，インタフェース設計を行う．設計したクラスを view と表現する．本スキルサーバは，top，data，individual，compare の 4 つの view から構成される．各 view は図 4 に示すように遷移する．

#### 3.7.1　top_view

top_view では，競技データを特定する．登録されている各 ResearchData コンテンツに関連するセンサや競技者，技のデータを利用して，テーブル形式で可視化する．このテーブル上では，LisaData クラスと Pictures クラスが管理するデータの登録状況の把握も行える．また，そのデータをクリックすることでダウンロードが行える．

#### 3.7.2　data_view

data_view では，top_view にて選ばれたデータの詳細を可視化する．ResearchData コンテンツに登

録されている動画からサムネイルの作成や競技者，センサ，技の詳細情報へのリンクも設ける．

#### 3.7.3 individual_view

individual_view では，動画と解析済みデータのグラフを表示する．デフォルトのグラフは，散布図とする．このグラフの x 軸は水平方向の速度，y 軸は前後方向の速度であり，グラフは解析済みデータの主要な範囲を表示するものとする．また，グラフの種類は，箱ひげ図，2 次元ヒストグラムなど計 4 種類から選択できる．より詳しく解析する際は，切り出し位置変更とそのデータのダウンロードが行える．

#### 3.7.4 compare_view

compare_view では，他の競技者の競技データと比較を行うため，グラフと動画を 2 つずつ表示する．グラフと動画は，登録されている全競技データから選択可能である．動画は同時に再生することができる．グラフは individual_view と同様の方法で表示するが，2 つのグラフにおける各軸の範囲は揃える．

## 4 スキルサーバの実装

各クラスと view を Plone へ実装後，コンテンツを登録し，view を適用する．各機能の結果を以下に示す．

### 4.1 競技データの一覧表示

この機能には top_view が適用される．可視化の様子を図 5 に示す．競技者名，計測日，技など全 21 項目の情報をテーブル表示する．競技データを選択後は，data_view が適用された画面へ遷移する．

### 4.2 データの検索機能

この機能には top_view が適用される．可視化の様子を図 6 に示す．競技データは競技者名，計測日やセンサ名などのキーワードによって抽出できる．また，テーブル上段に表示される列名の操作によって，表示される情報の表示・非表示が行える．

### 4.3 個人データの解析機能

この機能には，individual_view が適用される．可視化の様子を図 7 に示す．グラフの表示やデータから主要な範囲を切り出す解析処理はこのページを表示した時点で行われる．図 8 にグラフの種類から箱ひげ図，2 次元ヒストグラムを選択した結果をに示す．

### 4.4 他者比較機能

この機能には，compare_view が適用される．可視化した様子を図 9 に示す．動画，グラフともに全登録データから選択されたデータを表示する．グラフの種類は，箱ひげ図や 2 次元ヒストグラムによる表示が行える．

## 5 評価と考察

競技動作解析者 5 名からスキルサーバの評価を得た．従来は，クラウドによる静的なディレクトリ管理手法であった．フォルダを多段に設置し，各フォルダ毎に計測日，技，センサや競技者等を表現することでデータ管理を行っていた．また，解析処理においては，各自が解析に使用する環境を用意し，必要なデータをクラウドから取り出して行っていた．この従来手法に対して，本スキルサーバのデータ管理の行いやすさや解析効率の変化という点が評価項目となる．

### 5.1 評価

データ管理に関しては，以下のような評価を得た．

- キーワード検索機能によって，データを絞り込めるので分かりやすく，操作しやすい．(2 件)
- 目的のファイルを簡単に見つけ，取得できること，そのファイルと関連したデータが一目で分かるため良い．(2 件)
- 選択可能な項目は，カーソルを変化させるなどすると分かりやすい．
- データ登録の煩雑さを軽減して欲しい．

図 5　top_view を適用した競技データの一覧表示

図 6　top_view を適用した競技データの検索

解析効率に関しては，以下のような評価を得た．

- グラフの表示やデータの切り取りなどの解析作業にかかっていた時間が短縮されて良い．(2 件)
- スキルサーバ上で動作解析が行えるので，利用端末，場所に制約されないので便利である．
- 解析済みデータを登録したその場でグラフなどの可視化が行えるので解析効率が上がった．(2 件)
- 解析済みデータの生成機能をスキルサーバに実装して欲しい．
- 競技者毎に時系列変化の分かるグラフ表示が欲しい．
- 動作解析に関係するその他の処理を外部の環境と連動して行えると良い．

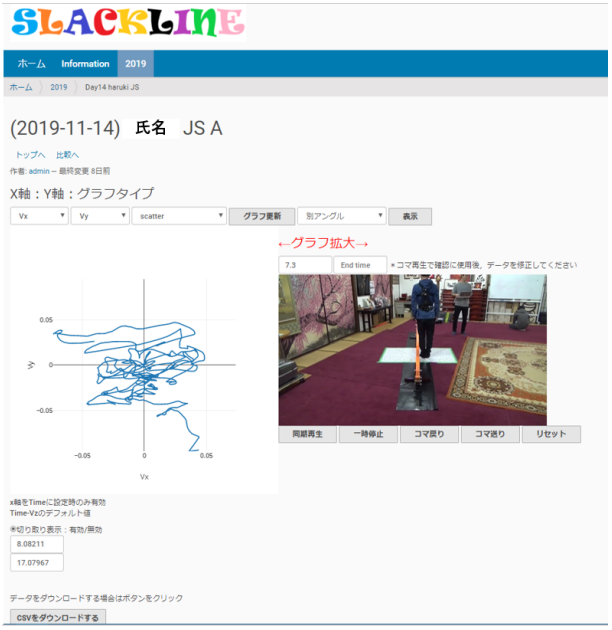



図 7　individual_view を適用した個人解析画面

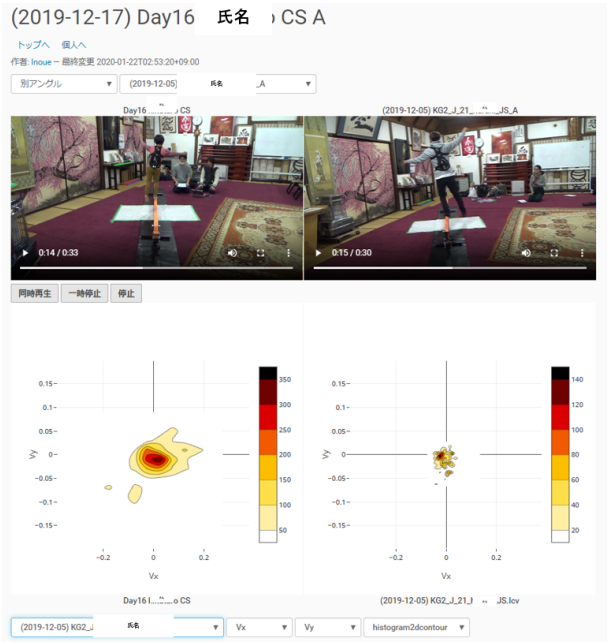



図 9　compare_view を適用した他者比較画面

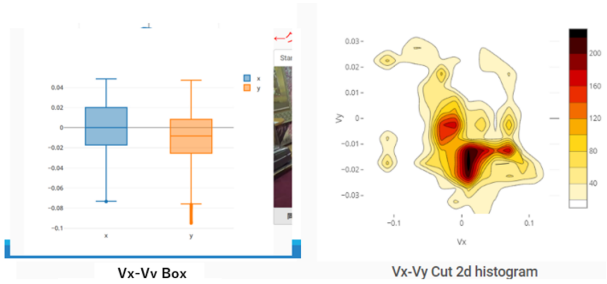



図 8　個人解析時に示される箱ひげ図の例（左）と
2 次元ヒストグラムの例（右）

### 5.2　考察

従来の方法と比較して，データ管理の面でも解析効率の面でも良い評価を得た．データ管理に関しては，競技データをテーブル表示したことで，一度に多くの情報を閲覧できることやその場でデータのダウンロードが行える．これにより，データの構造把握が行いやすくなり，アクセスが簡略化された．解析効率に関しては，複数のツールで個別に行っていた解析処理が統合された．これにより，individual_view や compare_view のページへアクセスするだけで，解析処理が行われるため，解析効率が向上した．

一方，機能や操作性において改善を要する点も指摘された．データ管理に関しては，カーソル表示変更による操作性の向上とデータ登録をより簡便に行える機能の実装が求められた．解析効率に関しては，新たなグラフの表示方法や外部ツールとの連動機能の実装が求められた．これらの機能の実現が今後の課題である．

## 6　おわりに

本研究では，スキルサーバの利用によって，第 2 章で示した研究課題のもと，競技動作解析者が，効率に，かつ円滑に研究を行える環境を提供するため，スキルサーバを設計，構築することを目的とした．第 5 章に示した内容から，データ管理に関しては，データの関係把握やアクセスの利便性が向上したといえる．解析効率に関しては，部分的ではあるが必要な作業が削減されたことで時間短縮などの効率化が得られた．一方で，不要な機能や不足している機能が指摘された．今後は，競技動作解析者からのレビューをもとに，機能の改善や追加を行うというサイクルにより，より良い環境を構築していく．

### 謝辞

本研究の一部は一般社団法人スラックライン推進機構との共同研究費による．

## 参 考 文 献


(1) 日本スポーツ振興センタ. スポーツ科学 | athlete pathway アスリート育成パスウェイ. https://pathway.jpnsport.go.jp/sports/index.html (2020/01/25 アクセス).

(2) 高山史徳, 山地啓. 24 時間走ウルトラマラソンのペース特性. スポーツパフォーマンス研究, Vol.6, pp.134-142, 2014 (2020/01/25 アクセス).

(3) 村田宗紀, 藤井範久. 下肢および胴部に着目した公式テニスサーブにおけるボールの回転の打ち分け. バイオメカニズム, Vol.22, pp.155-166, 2014 (2020/01/25 アクセス).

(4) 児玉謙太郎, 山際秀男. 全身協調バランス・トレーニングスラックラインがバランス能力に及ぼす影響. 2017 年度人工知能学会全国大会講演論文集, pp.1-4, 2017 (2020/01/25 アクセス).

(5) 山本洋之. スラックラインによる運動が重心同様に与える影響. 理学療法科学, Vol.33, No.3, pp.461-466, 2018 (2020/01/25 アクセス).

(6) 一般社団法人スラックライン推進機構. スラックラインとは. http://jspo.org/ (2020/01/25 アクセス).

(7) International Slackline Invitational. ISI Slackline Judging. https://isi-slacklinejudging.org/index.php (2020/01/25 アクセス).

(8) 一般社団法人スラックライン推進機構. ホームページ. http://jspo.org/ (2020/01/25 アクセス).

(9) 一般社団法人スラックライン推進機構. スラックライン検定. http://jspo.org/kentei.php (2020/01/25 アクセス).

(10) Plone. Plone - the open source cms. https://docs.plone.org/ (2020/01/25 アクセス).

# AI チャットボットを活用した振り返り支援の設計

田中洋一[*1, *2]，宮崎誠[*3]，森本康彦[*4]，山川修[*5]
*1 仁愛女子短期大学，*2 熊本大学大学院，
*3 帝京大学，*4 東京学芸大学，*5 福井県立大学

# Instructional Designing of the Reflective Cycle using AI Chatbot

Yoichi Tanaka[*1, *2], Makoto Miyazaki[*3], Yasuhiko Morimoto[*4], Osamu Yamakawa[*5]
*1 Jin-ai Women's College, *2 Kumamoto University,
*3 Teikyo University, *4 Tokyo Gakugei University, *5 Fukui Prefectural University

経験学習にもとづく授業設計及び授業実践をしていくと，振り返り（リフレクション）が重要である．また，学生が振り返りを記述する上で，問い掛け（指示プロンプト）によって，リフレクションの深さに違いがでてくる．本稿では，AI チャットボットを活用した振り返り支援システムの設計について報告する．

キーワード: リフレクション，振り返り，チャットボット，AI，プロンプト，経験学習，
e ポートフォリオ，アクティブラーニング

## 1. はじめに

行動主義や認知主義における学習とは，教師から学習者に知識を伝達し，学習者がそれを獲得するモノであった．しかし，新しい学習理論である構成主義や社会的構成主義における学習とは，個人またはグループの中でモノや人と対話・協同し知識を構成するものである．この新しい学習観に基づく主体的な学習を真正な学習と呼び，リアルな課題に取り組むプロセスの中で評価すること等と定義されている．課題解決型学習（Problem Based Learning）やプロジェクト学習（Project Based Learning）等のアクティブラーニングで授業を設計した場合，e ポートフォリオにエビデンス（根拠）を蓄積し，ルーブリック（評価基準）を用いて，学習成果のパフォーマンスを評価することが多い．アクティブラーニングである課題解決型学習やプロジェクト学習は，経験学習の一つでもある．

## 2. リフレクションについて

### 2.1 リフレクションの歴史

ジョン・デューイは，反省的思考（経験）にもとづく，問題解決学習を考案した． 反省的思考は下記５つから成る．①暗示，②知性化，③指導的概念・仮説，④推理，⑤行動による仮説の検証．また，デューイの言葉では，「Learning by Doing」（為すことによって学ぶ）が有名である．

デューイに影響を受けたドナルド・ショーンは，「反省的実践（Reflective Practice）とは，行為がおこなわれている最中にも〈意識〉はそれらの出来事をモニターするという反省的洞察をおこなっており，そのことが行為そのものの効果を支えている」と述べている．また，ショーンは，実践家が「Reflection in Action（行為の中の省察）」を行い，実践知を生み出していることを示した．

デービッド・コルブは，下記４サイクルをまわす経験学習モデル（Experiential Learning Model）を提

唱している．①具体的経験 Concrete Experience（doing / having an experience），②省察的観察 Reflective Observation（reviewing / reflecting on the experience），③抽象的概念化 Abstract Conceptualisation（concluding / learning from the experience），④能動的実践 Active Experimentation（planning / trying out what you have learned）．このサイクルにおいて，リフレクション（省察）から抽象的な概念化をする点が重要かつ難しいと感じている．

フレット・コルトハーヘンは，教師教育においてリアリスティック・アプローチを開発し，リフレクション養成法として図１の ALACT モデル（コルトハーヘン 2010）を提案した．ALACT モデルでは，コルブの経験学習モデルにおける「抽象的概念化」を「本質的な諸相への気づき」と「行為の選択肢の拡大」と明確に定義している．また，コルトハーヘンが振り返りの促す８つの質問が下記である．

- 自分は何をしていたのか？
- 自分は何を考えていたのか？
- 自分はどんな感情をもっていたのか？
- 自分は何をしたいのか
- 相手は何をしていたのか？
- 相手は何を考えていたのか？
- 相手はどんな感情をもっていたのか？
- 相手は何をしたいのか

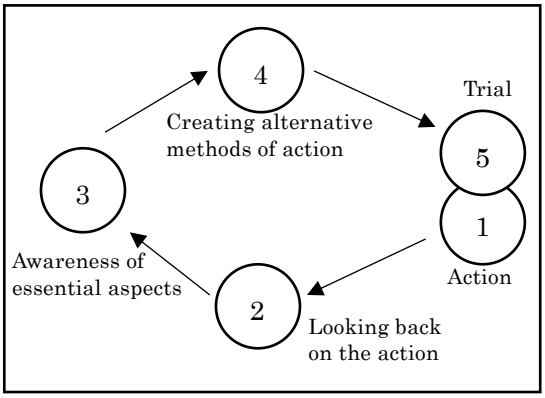



図１ コルトハーヘンの ALACT モデル

## 2.2 リフレクションシートの開発

筆者らが開発した UR シートは ALACT モデルに沿って振り返りを発展させていくように設計されている．また，ALACT モデルのステップがイノベーションを起こすための実践手法と言われている U 理論のプロセスと類似しているので，UR シートは U 字形に各ステップを配置した．UR シートは，４つのマスがあり，左上のマスから順番に反時計周りにマスを埋めることにより，振り返りができるようになっている．４つのマスの質問は，左上から順番に以下のとおりである．

① 今日の活動の中で，驚き，興味，不満，不安，違和感，等は感じましたか？

② それらの経験から何がわかりますか？　また，あなたにとって，それはどういう意味を持ちますか？（発見）

③ 発見を活かすために，考えられることは何かありますか？

④ 次回，同じことをするとしたら，変えてみようと思うことはありますか？

図２ UR シート

筆者らは，福井県の大学連携科目として地域の課題に取り組むプロジェクト学習を集中講義で開講している．１日の最後に，UR シートを記述させている．事後学習の際，授業評価アンケートとして，「UR シートは，自分の行動や態度などを深く考察する上で助けになりましたか？」という問いに対して５件法で回答した結果が図３である．６～８割の学生がどちらかと言えば助けになったと選択している．

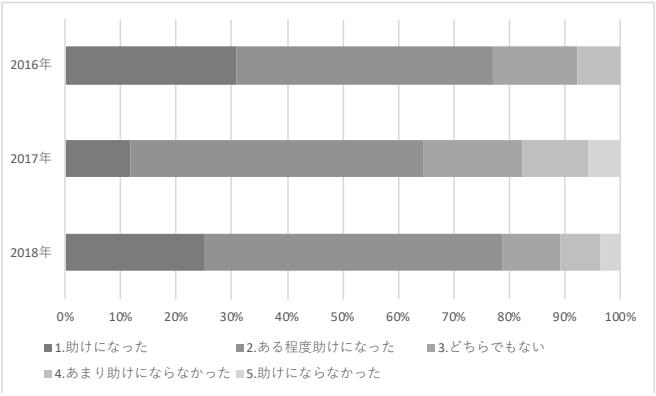



図３ UR シートの効果

他の科目においても，e ポートフォリオ Mahara を用いて，UR シートの４つの問いに対して，自己振り返り文を記述させている．UR シートの４つの問いのように，自らリフレクションするための足場かけ（scaffolding）として，PUSH 型のプロンプト（ヒントや手がかり）が重要だと考えている．

## 3. リフレクションプロンプトモデル

### 3.1 リフレクションの構造

学生の振り返りを促すためのプロンプト（ヒントや手がかり）は，振り返りの対象となる経験学習を広げながら，それらの経験学習の関連性を言語化していくことで振り返りを深める役割を果たす．経験学習によって振り返る要素の概念を図４に示す．中心には，振り返りの対象となる経験学習の円があり，関連性をもった経験学習の各要素の層が同心円状に広がっている．

プロンプトは，段階を経ながら中心から外側に経験学習を広げることができるよう以下のような意図もって設計している．

① 対象となる経験学習を言語化する
② 現在から過去の関連する経験学習を想起する
③ 経験学習による自身の将来ありたい姿を思い描く

また同時にそれぞれの層を繋いでいる経験学習の関連性を言語化していくことで，経験学習による振り返りを段階的に深めていく．

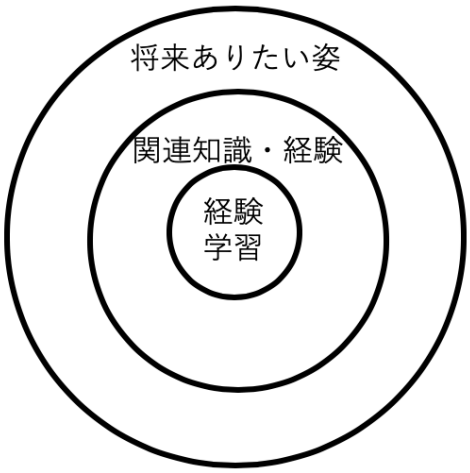



図４ リフレクションプロンプトモデル

### 3.2 リフレクションの広さと深さの尺度

プロンプトによる振り返りの広さと深さの関係を模式的に表す（図５）．縦軸に経験学習とその関連知識・経験，横軸は時間である．経験学習とその関連知識が多く，同時に過去や未来に及ぶほど広い振り返りであることを示し，それを四角形の面積として表している．また，振り返りの深さは，経験学習との関連性であり，表された四角形の色の濃淡として表している．

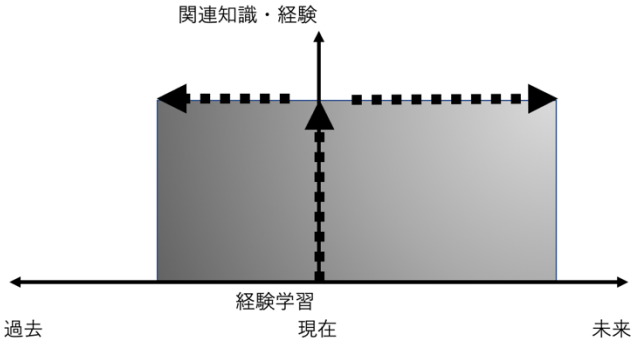



図５ リフレクションの広さと深さ

## 4. チャットボットによる学習支援

### 4.1 AI チャットボットとは

AI チャットボットとは，ボットと呼ばれる AI（人工知能）を活用した自動会話プログラムのことであり，単にチャットボットと呼ばれることが多い．スマートフォンやスマートスピーカーに搭載されている音声アシスタント機能も音声を入出力（Voice User Interface, VUI）としたチャットボットの一種である．自然言語の会話が可能であり，ボットが自動で即時に返答・フィードバックすることが可能であるという特徴がある．近年，ビジネス分野を中心に活用が進んでいる．チャットボットというキーワードによる検索数は，過去 5 年間の Google トレンドでも年々，伸びていることがわかる[1]．

### 4.2 関連研究

チャットボットの教育分野での活用では，Moodle と連携して，音声チャットボットにて小テストの受験を

[1] Google トレンド「チャットボット」 https://trends.google.co.jp/trends/explore?date=today%205-y&geo=JP&q=%E3%83%81%E3%83%A3%E3%83%83%E3%83%88%E3%83%9C%E3%83%83%E3%83%88

実現したものがある．また，LINE ボットを活用したチャットボットにて，授業の予習復習を実施し，対話の履歴を蓄積することで学習履歴の可視化を行った研究がある．チャットボットを活用する利点として失敗を恐れず，練習ができること，言語化して記録されるため，リフレクションや自身の考えをまとめる支援ができること等を挙げている．チャットボットは，プログラムであるため，学生が利用する際の心理的障壁が低いという特徴がある．

## 5. 振り返り支援 AI チャットボット

### 5.1 目的

チャットボットとの会話を通じて，段階的に振り返りを行うことが目的である．授業や実習等での学習活動に関する振り返りを行う場面を想定している．

### 5.2 開発方法

チャットボットは, IBM Cloud の Watson Assistant を利用して構築した．Watson Assistant とは，「チャットボット等、ユーザーとコンピューターが自然言語で対話可能なアプリケーションを簡単に開発するためのサービス」であり，IBM Cloud のアカウントを登録する必要があるが，ライト・アカウントであれば許可された API を無料・無期限で利用することができる．本研究では，Watson Assistant にプロンプトによる会話を行うようトレーニングしている．

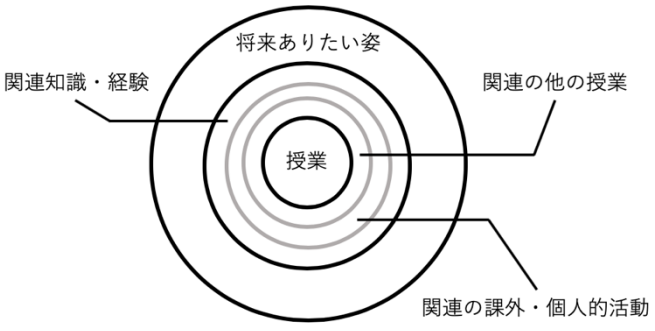



**図６ 授業を対象としたモデル**

### 5.3 プロンプト

図４の中心から外側に向かって経験学習とその関連知識・経験についての問いかけと，それらの関連性について掘り下げた問いかけをプロンプトとして設計した．経験学習が授業の場合のリフレクションプロンプトモデルを図６に示す．また，プロンプトの例を表１に示す．

**表１ プロンプトの例**

| モデルの該当層 | 広める／深める | プロンプト |
|---|---|---|
| 経験学習 | 広める | 何を学んだの？ |
| 関連知識・経験 | 広める | 今回、役に立った他の授業の内容は？ |
| 関連知識・経験 | 深める | どう役に立ったの？ |
| 関連知識・経験 | 広める | 今回、役に立った課外活動や個人的な活動の内容は？ |
| 関連知識・経験 | 深める | どう役に立ったの？ |
| 関連知識・経験 | 広める | 今回、役に立った過去に学んだ知識や経験の内容は？ |
| 関連知識・経験 | 深める | どう役に立ったの？ |
| 将来ありたい姿 | 広める | 将来の夢や、自分がどうなりたいかを教えて。 |
| 将来ありたい姿 | 深める | 今回学んだことは、どう役に立つと思う？ |
| 将来ありたい姿 | 深める | まだまだ自分に足りないことは、何だと思う？ |

### 5.4 プロンプトの実装

Watson Assistant では，Intent で動詞（ユーザのアクション）を，Entity で名詞（アクションの目的語）を表し，Dialog にて Intent や Entity 等を利用して実際に会話のフローを定義する（図７）．実装したプロンプトでのチャットボットとの会話の様子を図８に示す．

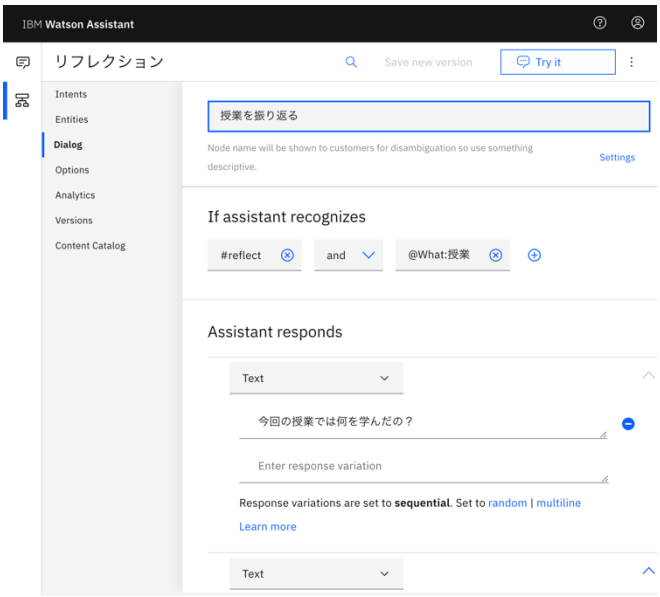



図７ Watson Assistant の構築（Dialog の追加画面）

図８ チャットボットの振り返り支援

## 6. おわりに

広く，深く経験学習を振り返るために視点のヒントや手がかりを提示するプロンプトの設計を行い，リフレクションプロンプトモデルを作成した．振り返りの対象となる経験学習を本モデルにて定義することで，振り返りのプロンプトを作成することができた．また，作成したプロンプトを実装した AI チャットボットを開発した．


## 謝辞

本研究は科研費（課題番号 16K01093）の助成を受けたものである．


## 参 考 文 献


(1) ジョン・デューイ: “経験と教育”，講談社（2004）

(2) ドナルド・A.ショーン: “省察的実践とは何か―プロフェッショナルの行為と思考”，鳳書房（2007）

(3) Kolb, D.A.： “Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development”，Prentice-Hall.（1984）

(4) コルトハーヘン: “教師教育学”，学文社（2010）

(5) 田中洋一，山川修，谷内眞之助，長水壽寛，近藤晶: “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（2017）

(6) 山川修，田中洋一，谷内眞之助，長水壽寛，近藤晶: “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（2017）

(7) 喜多敏博: “VUI,Chatbot,Analytics と Moodle”，情報処理学会 情報教育シンポジウム SSS2018，(2018)，https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=190808&file_id=1&file_no=1 (2020 年 2 月 6 日確認)

(8) 峰内暁世，松葉龍一，戸田真志，鈴木 克明: “チャットボットを利用した学びの促しを支援するツールの開発”，大学 ICT 推進協議会年次大会論文集．2017 年度，(2017)，https://axies.jp/ja/qruv9l/conf2017papers/2017paper/TF2-5.pdf (2020 年 2 月 6 日確認)

(9) IBM Watson Assistant(旧 Conversation)，https://www.ibm.com/watson/jp-ja/developercloud/conversation.html (2020 年 2 月 6 日確認)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# Error-based Simulation（EBS）と概念マップを用いてメタ認知活動における抽象化操作を促すシステムの開発と評価

久世 泰成[*1]，東本 崇仁[*1]
*1 東京工芸大学工学部

# Using Error-based Simulation (EBS) and Concept Maps Development and Evaluation of a System to Promote Abstraction Operations in Metacognitive Activities

Taisei KUZE[*1], Takahito TOMOTO[*1]
*1 Faculty of Engineering, Tokyo Polytechnic University

In order to facilitate meta-cognition, "instantiation", "modification", and "abstraction" operations are required. Instantiation and modification operations can be prompted by EBS. However, in the past, there was no explicit support for abstraction operations to reflect on one's own answer series. Therefore, we develop a system that visualizes the sequence of the learner's answers as a sequence of the concept map, and adds the function to support the organizing activity to the conventional EBS. As a result of the evaluation experiment, it was suggested that this system promotes abstraction operation.

キーワード: メタ認知，Error-based Simulation，リフレクション支援，抽象化操作支援，知識マップ

## 1. はじめに

学習の場面においてメタ認知を促すには，「具体化」「修正」「抽象化」の 3 操作が必要である(1)．Error-based Simulation（EBS）は，誤答に対してシミュレーションを生成することにより学習者の誤りに気づかせる学習支援システムであり，EBS がメタ認知活動を促すことが報告されている(2)．しかし，EBS においては抽象化操作の支援不足が指摘されている．この支援のためには，学習者の概念構造をマップ形式で確認でき，過去の知識の振り返りや知識の整理ができる概念マップが有効であると考えられる．

そこで本研究では，EBS と概念マップを用いることで，メタ認知活動における抽象化操作を促すシステムの開発と評価を行う．

## 2. メタ認知活動

### 2.1 メタ認知の困難さ

まず，メタ認知のモデルを図 1 に示す．このモデルはもっとも一般的に紹介されている Nelson のモデルである．メタ認知は，問題解決者としての自分に関する知識と，自分の思考過程を客観的に観察し目標に到達するように調整するスキルから成る(1)．また，認知を「観察」および「制御」の対象とする認知であるとされている(2)．しかし，学習者がメタ認知という能力を向上させることは難しく，自分自身の学習状況を客観的に見ることは難しい．また，メタ認知が行われるためには，認知においてメタ認知の対象となる行動が行われている場合や，その産物としての情報が保持されていることが必要となり，それと同時にその行動や情報を対象としたメタ認知活動が行われることとなる(2)．この二重の活動であることもメタ認知の困難さの原因であるとも言える．そのため，自分の考えていること，考えたことを何かしらの方法で可視化させ，それを学習者が客観的にモニタリングすることで，学習者が自分の考えを把握することは容易になると考えられる．そのため，本研究では“自分の考え方を客観的に観察

し，過去の解答を振り返り，学習者が自分の考え方や誤った原因を抽象化できること”を『メタ認知活動』と定義する．

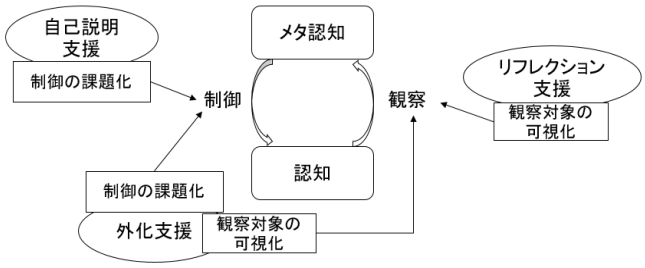



図 1 Nelson のメタ認知モデル

### 2.2 抽象化操作，具体化操作，修正操作

Collins ら[3]は，自分の問題解決過程を特徴づけるには 2 種類の抽象化が必要であると述べている．まず 1 つは自分の問題解決過程をオペレータとそれによる状態の遷移といった知覚レベルでの抽象化であり，もう 1 つは知覚レベルで明示された自分の問題解決の特徴を，前向き推論などといった言語レベルで抽象化することである．自分の問題解決過程の特徴を言語レベルで抽象化することは，認知活動とそれらを適用した問題解決の特殊性を捨てさせ，認知活動とそれが適用可能な状況に共有する特性のみを浮き彫りにする．この言語レベルへの抽象化は，インスタンスである自分の問題解決の仕方がどのような「概念クラス」に所属するかを認定することであり，知覚レベルの抽象化と区別するために，「抽象化操作」と呼ぶ．例えば，$5x^2-3x+4x-7x^2$ を $(5-7)x^2+(4-3)x$ と変形したときに，変形が分配法則というクラスレベルのルール“$(x-y)\times a=ax+ay$”のインスタンス“$5x^2-3x+4x-7x^2=(5-7)x^2+(4-3)x$”であることに気が付き，そこから自分の式変形の特徴をどのように考えたのかを認定することにつながる．逆に自分の式変形の特徴をインスタンスレベルに落とし込むことを「具体化操作」と呼ぶ．このとき，各操作の過程で修正，追加，削除が必須になり行われるが，これを「修正操作」と呼ぶ．そして，これらを適用した学習のことを“メタ認知駆動学習”と呼び，図 2 に示す．

よって，理想的なメタ認知活動を構成させるには『抽象化操作』『具体化操作』『修正操作』の 3 つの操作が必要であると考え，本研究ではこの 3 つの操作活動に焦点を置きメタ認知活動を考えていくこととする．

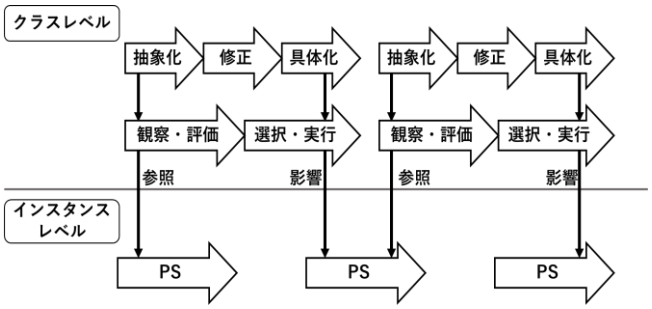
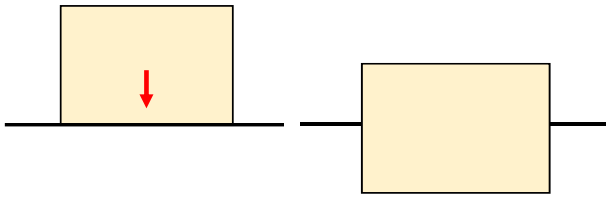



図 2 メタ認知駆動学習

## 3. 提案手法

### 3.1 EBS によるメタ認知活動

今井ら[4]は，「EBS の目的は，力学の原理(principle)を説明できるようにすることである」としている．EBS システムは学習者が保有する誤った力学的知識を適用しそれを正とした場合に，物体の自然界ではあり得ないような動きをシミュレートするものであり，このシステムを利用することで，現実では起こせない物理的現象を表現することが可能となる．図 3 に示すのが EBS 機能の例である．学習者には，矢印などを用いることによって物体に働く力を作図してもらう．例えば，図 3(a)のような作図の場合のシミュレーション結果は，同図(b)のように黄色い物体が床に沈んでいく．EBS を使うことによって，このような非現実的な振る舞いを可視化することが可能である．



(a)誤った作図の例　　(b)EBS の生成例

図 3 EBS 機能例

この振る舞いを通して学習者が自分の誤りを可視することが可能となり，そこから解答の自発的な修正を行うことが可能となる．しかし EBS 内で行っているメタ認知活動は力の作図による“具体化操作”と間違えたときに修正する“修正操作”の 2 つであり，抽象化操作についての提案がなされているケースが少ないため，本研究では 3.2 節で記述する「概念マップ」の

手法を組み合わせることを提案する．

### 3.2 概念マップによるメタ認知活動

概念マップとは，2 つ以上の概念とそれらの関係から構成される命題の集まりによって意味構造を表す図的表現のことである(7)．概念マップは知識の整理活動の手法として有用であるとされており，力学問題を概念マップとして表す先行研究も行われている．従って，本研究にも概念マップのシステムを導入することを提案する．

そして，本研究では学習者が作成した EBS の実行結果に対応する概念マップを，システムが自動で作成する．これは，学習者が考えている概念マップと正解である概念マップの間にズレが生じてしまい，正確な概念の関係性を取得できないと考えたからである．

### 3.3 EBS と併用することの有用性

既存の EBS だけでは“具体化操作”と“修正操作”を促すことは可能であるが，“抽象化操作”に関してはうまく支援できていないのが現状である．そこで，学習者の EBS での実行結果をシステムが概念マップとして自動生成し，適切なフィードバックを与えることにより，学習者が自分の過去の解答を振り返ることや，誤った知識概念を把握することができると考えられるため，概念マップを併用することが有効であると考える．

## 4. システム開発

### 4.1 EBS 機能

本研究で使用する EBS 機能に関しては，先行研究の植野らが使用したものをベースに改良を行ったものを利用する(5)(6)．本研究で扱う EBS 機能の画面を図 4 に示す．力の矢印の生成に関しては画面右にある各ラジオボタンで選択し，「矢印の生成」ボタンを押すと物体に矢印が生成される．その後「解答完了」ボタンを押すことで学習者が行った作図に対応したシミュレートが行われる．また，「1 つもどす」ボタンにより，矢印の生成でミスをしてしまったときに 1 つ前の状態に戻すことができ，「すべて消す」ボタンにより，画面上の力を一括で消すことが可能である．また，本研究で扱う問題が 2 物体の力のつり合いのみであるため，学習者が力の向きや作用点を右や左で入力することは極めて低いと判断し，それぞれのボタンの選択肢から左右に関して削除した．また，正解となる作図が一つとなるように，大きさの選択肢に関しても 3 というボタンを削除した．

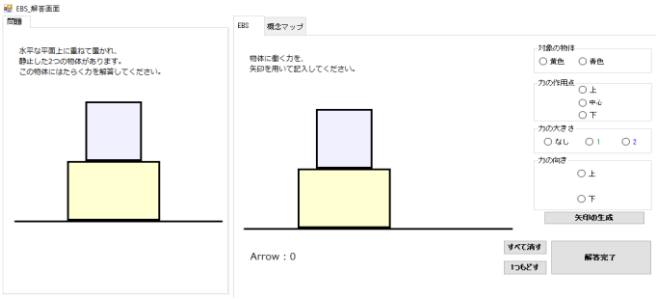



**図 4 本研究で使用する EBS システム図**

### 4.2 概念マップ生成機能

本概念マップ機能を図 5 に示す．学習者が EBS で「解答完了」ボタンを押すことによって概念マップタブにその時の作図状況が保存される．その後，概念マップタブ内にある保存された各シミュレート間のボタンを押すことによって，押したボタンの両隣の作図に対応した概念マップが自動生成でされる．詳しいインターフェースに関しては次節で記載する．

### 4.3 抽象化操作支援機能

#### 4.3.1 インターフェース

学習者には図 5 上部に表示された EBS での解答の流れを辿ってもらい，自分の考えに変化が起きた部分に関して，ボタンを押すことで選択してもらう．その後，図 5 下部に押したボタンの両隣の作図に対応した概念マップをシステムが自動で生成を行い，学習者へ提示する．提示された学習者は 2 つのマップを比べることによって，自分がどのように概念を構成していたかを確認してもらい，思考がどのように変化したのかを考えてもらう．その時学習者には新しく獲得できた力（概念）に関してラベルをクリックすることによって選択してもらう．これを最終的に概念がすべて選択されるまで行う．

#### 4.3.2 フィードバック機能

学習者に思考の変化を順番に追ってもらいながらメタ認知活動を促すために，解答によって概念を獲得し

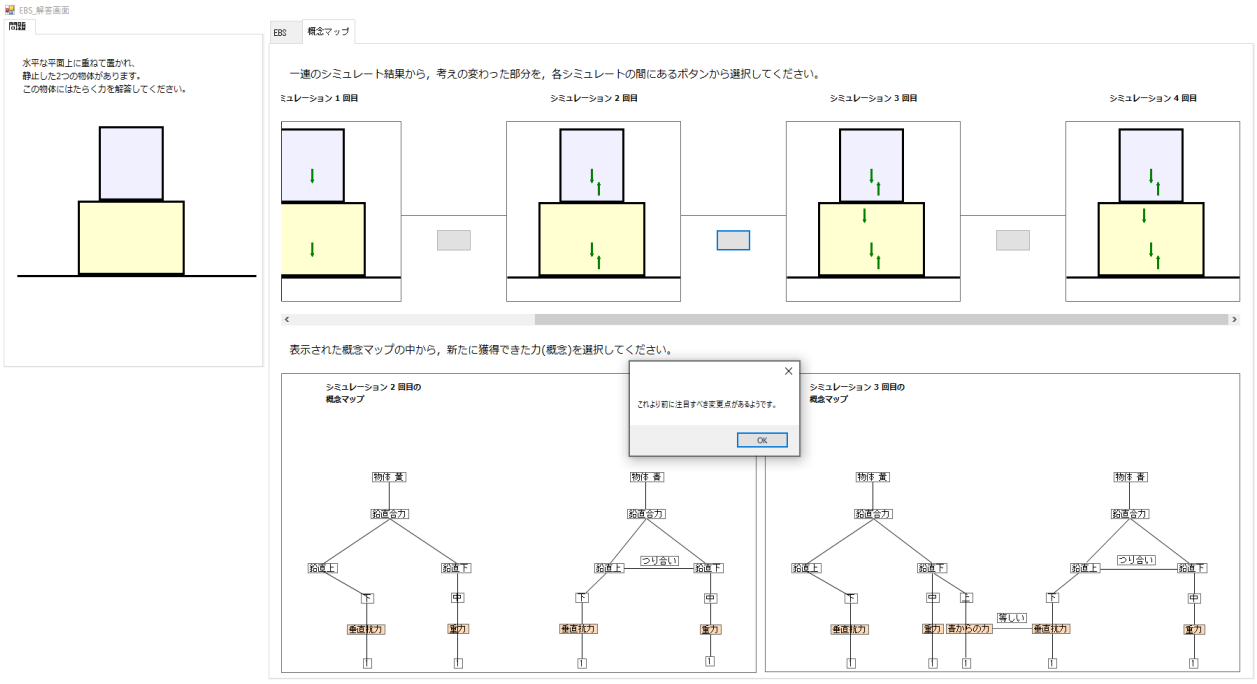



図 5 本研究で使用する概念マップシステム図とフィードバック例

たタイミングを学習者に順に選択させる．もし選択したボタンより前に新規獲得している力がある場合図 5 中央に示すような「これより前に注目すべき変更点があるようです.」というフィードバックメッセージを与える．他にも，前に概念獲得を行っている場合は「ここより重要な箇所があります.」と与え，選択したシミュレート間で変化が発生していない場合は「選択した箇所で変化がありません.」とフィードバックを与える．

## 5. 評価実験

### 5.1 実験概要

本実験は，EBS と概念マップを組み合わせたシステムを開発し，それを用いた実験を行うことで学習者にメタ認知活動，特に抽象化操作を促すことができるかを評価することを目的とする．メタ認知活動における具体化操作と修正操作を促すために EBS システムを実装し，抽象化操作を促すために概念マップシステムも実装した．

EBS システムに関しては植野らのものを一部改良したものを使用し，概念マップシステムに関しては一から作成したものを使用する．本システムの有効性を検討するために，大学生 17 名を対象に評価実験を行った．

### 5.2 実験手順

最初に事前テストを 15 分間受けてもらう.その後，本システムを用いたシステム学習を 20 分間行う．システム利用が終了したら，利用後の記述調査を 10 分間行ったのち，事後テストを 15 分間受けてもらう．最後に本システムに関するアンケートを回答してもらう．

### 5.3 実験設定

#### 5.3.1 事前，事後テスト

本実験ではまず，被験者に対して事前テストを実施した．その内容の一部を図 6 と図 7 に示す．意味のある変化点はどこかを「比較ボタン」に丸を付けてもらう．その下の記述欄に，丸を付けた部分のシミュレートを比較し，「どのように変化したのか」と「その結果からどんな力が獲得できたのか」を記述してもらう．これと同じことをシステム利用の事後にも行う.「比較ボタン」の選択や記述の変化から，被験者の気づきの変化を調査した．

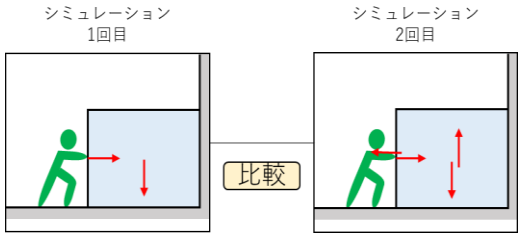



図 6 シミュレーション 1 回目から 2 回目の図

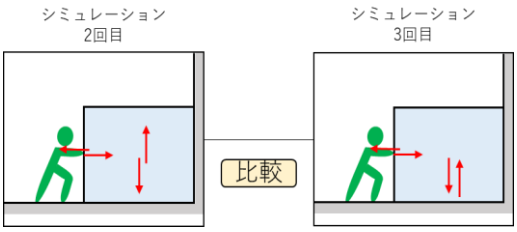



**図 7 シミュレーション 2 回目から 3 回目の図**

5.3.2 システム利用

本実験では被験者 17 名を実験群 9 名と統制群 8 名に分けて実験を行った．実験群は本概念マップシステムを組み合わせた学習を，統制群は従来の EBS システムを用いて学習した．

5.3.3 システム利用後の記述紙

システム利用が終了したら，被験者に「システム利用後の記述紙」を配布し，(1) 自分の考えが変化したポイント，(2) どの力に対する考え方が変化したのか，(3) どのような考え方に変化したのかの 3 点を，本概念マップシステムで実際に自分が行った作図の変遷やマップの変化を確認してもらいながら，自由記述の形で記述してもらった．

5.3.4 アンケート調査

実験の最後に「実験評価アンケート」を実施し，評価尺度として 6 件法を設けた．また実験群のアンケートには，本概念マップシステムに関する項目を足したものを用いて調査を行った．

## 5.4 実験結果

5.4.1 テスト結果

事前と事後に行ったテストの結果について，記述に意味のある変化や気づきの変化が起こったかを調査した．問題 1（壁と床に静止した物体を，人が一定の力で右方向に押している）についてのシミュレート 1 回目から 2 回目に関して図 6 に示す，実験群のある被験者について，事前テストではシミュレート 1 回目から 2 回目の間に獲得できた力として“垂直抗力”“物体に押される力”と記述していた被験者が，事後テストでは“記入なし”に変化していた．同じく問題 1 のシミュレート 2 回目から 3 回目に関して図 7 に示す．別の実験群の被験者の記述について，垂直抗力に対しての認識が“上向きの力”であったのが，事後テストでは“垂直抗力であることがわかった”に変化していた．このことから，本概念マップシステムを利用することで，力（概念）に対して認識の変化を促す可能性があることが示唆された．統制群に関しては事前と事後での記述の変化は見られなかった．

5.4.2 システム利用後の記述紙

実験群と統制群で，先述した 3 点をどのように記述しているかを調査した．実験群の記述には「シミュレート 2 回目と 3 回目のときに，黄色の物体のみに力を書いても間違っていたから，青にも同じように力を追加した．」という記述や，「シミュレート 3 回目と 4 回目のときに上より下の物体のほうが力が加わっていると考えて，下の物体の力を 2 倍にした」という記述がみられた．またどの被験者もシミュレート 1 回目から順番に振り返っていることがわかった．このことから，本概念マップがあることによって“自分がどのように考え方を変化させていったのか”を順番に辿らせることが可能であると示唆された．一方，統制群の記述には自分の考えが変化したシミュレート間や，どの力に関しての記述なのかの部分が記述されていなかった．このことから，従来の EBS だけでは自分の考え方の変遷を振り返ることが困難であるとわかった．

5.4.3 アンケート調査

最後に実施したアンケートでは，(1) 本概念マップに関する項目と，(2) メタ認知活動に関する項目の 2 点を中心に評価を行ったものを表 1, 表 2 に示す．(1) に関しては本概念マップシステムを利用した実験群にのみ質問した項目である．いずれの項目も高い点数が得られたことから，本概念マップシステムが“自分の中の概念への理解状態の認識”や“自分の考えの整理”

**表 1 本概念マップに関しての項目**

| No | 質問内容 | 平均 |
|---|---|---|
| 3. | 本概念マップが自分の中にある概念の理解状態を認識するのに有効であると思うか | 4.78 |
| 4. | 本システムが提示した概念マップから自分の考えを整理することができると思うか | 5.11 |
| 6. | 新たに獲得した概念が何であるかを意識することにつながると思うか | 5.00 |

**表 2 メタ認知活動に関しての項目**

| No | 質問内容 | 実験群 | 統制群 |
|---|---|---|---|
| 16. | 本システムは自分が獲得したものを理解するのに有効であると思うか | 4.89 | 3.75 |
| 17. | 本システムは修正できた誤りを理解するのに有効であると思うか | 5.33 | 4.13 |
| 18. | 本システムを利用することが自分の考え方を客観的に観察するのに有効であると思うか | 4.44 | 4.88 |
| 19. | 本システムが過去の解答を振り返るのに有効であると思うか | 5.56 | 2.88 |

や“獲得した概念への意識”を学習者へ促すことが示唆された．

次に（2）に関して，こちらは実験群と統制群のどちらにも質問した項目である．各項目に対して実験群と統制群で得点に差が出ており，実験群のほうが高い点数を得られたが，質問 18 に関してはあまり差が見られなかった．このことから，本システムを利用することによって，獲得したものや修正できた誤りを理解することが可能になり，過去の解答を振り返りやすくさせたと言えるが，客観的な観察に関しては従来の EBS のみでも行える可能性があることが示唆された．

## 6. おわりに

本稿では，仕事や日々の生活のなかで必要となるメタ認知に着目し，その活動の促進を目指した支援を試みた．従来の EBS では，学習者が力を作図し，それに対応したシミュレートが行われ，その結果に応じて学習者が力の作図を再構築するという流れである．したがって，メタ認知駆動学習である「具体化操作」「修正操作」を促すことは可能であるが，「抽象化操作」に関しての支援が足りない．そこで，「抽象化操作」を促すには，“獲得したものや修正できた誤りを理解すること”が重要であると考えた．よって本研究では，従来の EBS に加え概念マップの手法を組み合わせることによって抽象化操作まで含めたメタ認知活動を促すシステムの開発と評価を行った．実施したテストの記述に有効な変化が見られたことから，力に対して認識の変化を学習者へ促す可能性があることが示唆された．

さらに，アンケート結果から獲得したものや修正できた誤りを理解することを可能にし，過去の解答を振り返りやすくさせることが可能であるとわかった．またこれらの結果から，本システムが学習者へ抽象化操作を含めたメタ認知活動を促す可能性が示された．

今後の課題として，現在の EBS で行う学習が”2 物体の力のつり合い”のみであるため，左右にはたらく力の運動などのバリエーションを増やしていくことが挙げられる．それに伴い，概念マップシステムも各概念を追加したりする必要がある．また，概念マップを提示させるのみだと学習支援と呼ぶには足りないため，学習者が自ら概念マップを作成する機能を付けるなどして，より学習者へ思考させることが必要であると考えられる．さらに，被験者数を増やすことによって本システムの妥当性・有効性を高めていくことが挙げられる．

## 謝辞

本研究の一部は科研費・基盤研究(B)(17H01839)，基盤研究（C）（18K11586），および基盤研究（B）（19H04227）の助成による．

### 参 考 文 献

(1) 茅島路子, 稲葉昌子, 溝口理一郎 : “メタ認知活動の困難さに関するフレームワークの提案”，教育システム情報学会誌, Vol. 25, No. 1, pp. 19-31 (2008)

(2) 平嶋宗 : “メタ認知の活性化支援 (< 特集>「学習支援の新たな潮流-学習科学と工学の相互作用-」)”，人工知能学会誌, Vol. 21, No. 1, pp. 58-64 (2006)

(3) 茅島路子, 溝口理一郎 : “メタ認知活動―「抽象化操作」,「修正操作」,「具体化操作」”，人工知能学会全国大会論文集, Vol. 24, pp. 1-4 (2010)

(4) 堀口知也，今井功，東本崇仁，平嶋宗 : “Error-based Simulation を用いた中学理科の授業実践 : -ニュートンの第三法則を事例として-”，日本教育工学会論文誌，Vol.32, No. Suppl, pp. 113-116 (2008)

(5) 植野和，東本崇仁，堀口知也，平嶋宗 : “速度・重量の観測器による誤りの可視化を目的とした力学学習支援システムの開発と評価”，人工知能学会先進的学習科学と工学研究会，Vol.82, pp. 73-78, (2018)

(6) Ueno, U., Tomoto, T., Horiguchi, T., and Hirashima, T.: A Support System for Learning Physics in Which Students Identify Errors Using Measurements Displayed by a Measurement Tool, Workshop proceedings of the International Conference on Computers in Education ICCE 2019, pp. 426–434, (2019)

(7) 西岡佳希, 長曽一樹, 林雄介, 平嶋宗 : “Error-Based Simulation を用いることによる概念変容の分析−概念マップの変化としての概念変容の分析”，人工知能学会先進的学習科学と工学研究会， Vol. 85, pp. 70-75 (2019)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 理工系初年次「力学」履修者の誤概念保持の類型評価の試み

近藤隆司[*1]，後藤善友[*2]
*1 大分大学理工学部，*2 別府大学短期大学部

# Attempt to Evaluate the Type of Mistaken Concepts in Mechanics in the first year of the Faculty of Science and Engineering

Ryuji Kondo[*1], Yoshitomo Goto[*2]
*1 Faculty of Science and Technology Oita University,*2 Beppu University Junior College

理工系学部初年次の講義「力学」の受講者を対象として実施した，力学概念テスト（FCI）の報告である。多くの設問において，学生の回答数が最大となる選択肢が正答であったが，作用反作用に関するものや，インペタスと言われる誤概念の影響を見る設問において，誤答が正答を上回る例があった。講義での評点と FCI の得点との相関は弱く，単位の取得が必ずしも力学概念の把握と結びついていない。

キーワード: 力学概念調査, FCI, 誤概念

## 1. はじめに

大学等での講義において，単位を取得することとその内容を理解することは一致すべきであるが，往々にして期末試験などの結果と学生の理解度が食いちがう。講義や試験を経て単位を取得しても概念把握には至らない場合が多い。こうした状況を把握するために，力学の分野では，学生の力学に対する概念を評価する調査方法がいくつか開発されていて(1)，我々もそのひとつを用いて受講生の概念的理解度を調査した。

## 2. 調査

調査には D. Hestenes 等によって開発された「力学概念調査（以下 FCI）」(2)を用いた。FCI はニュートン力学に関する学生の概念を調べるもので，5 つの選択肢で答える問い 30 問で構成されている。日本語にも訳されていて Web から入手することができる(3)。計算をして数値で回答するような問いではなく，定性的な回答を選択肢から選ぶ形式である。それ故，計算ミスによる誤答は排除される。例をあげると，放物運動ではその運動の軌跡を図に示されたパスの中から選ぶもの，自由落下運動ではその速度の変化の様子を定性的に答えるもの，他には作用反作用の現象を現実的な状況において考えるものなどがある。

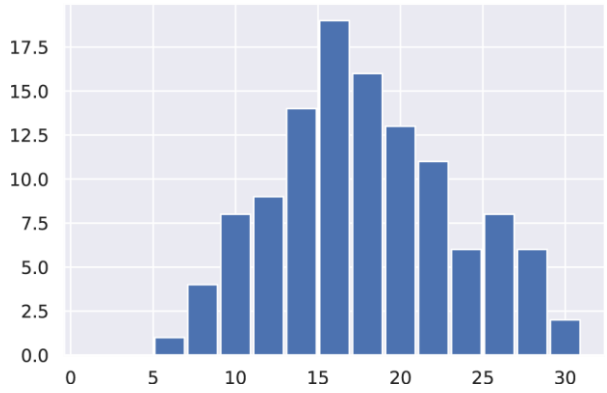



図 1　FCI 得点の度数分布

調査は大分大学理工学部の必修科目「力学」の講義最終日に一回のみ実施した。時間は 30 分で調査対象の学生数は 117 名である。FCI の使用にあたっての注意に従い，成績とは関係がないことを受講生には伝えている。

得点の分布図を図 1 にあげる。図 1 は 2 点刻みのヒストグラムであるが，15，16 点の枠が 19 名と一番多くなった。平均正答数は 17.3 問で，FCI の得点が 60%（18 問）でニュートン力学を習得する準備ができていると言われていることから，約半数の学生が力学の履

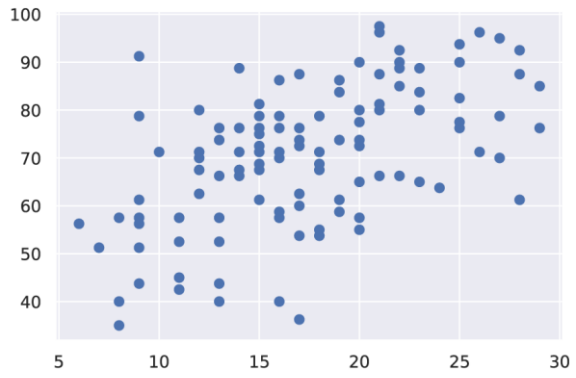



図 2　FCI 得点と期末試験の得点

修が終了してもなお，そのレベルに達していないことになる。ニュートン力学の概念を把握していると言われる 85%以上の得点を得た学生は 10 名であった。

図 2 に FCI の得点と期末試験での得点との相関図をあげる。両者に正の相関はみられるものの，そのばらつきは大きい。特に FCI の得点が 20 点以下の領域では，30 点から 90 点程度まで広く分布しており，力学の概念把握が不十分であっても高得点を得ている状況が伺える。

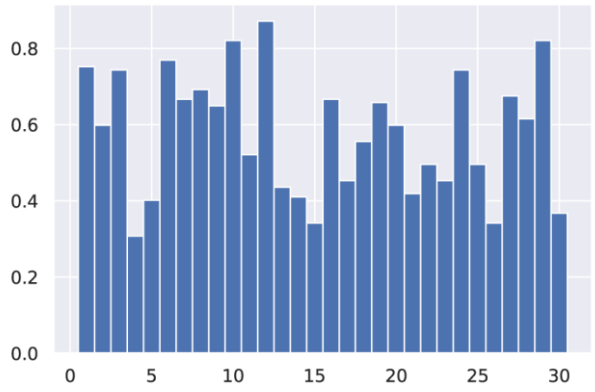



図 3　問いごとの正答率

## 3.　調査結果の解析

各問の正解率を図 3 にあげる。多くは正解を選んだ人数が最も多くなっていたが，問 4，問 13，問 15，問 30 は誤答の方を選択した受講生が多い。それぞれ，4A を 68%，13C を 47%，15C を 55%，30E を 46%選んでいた。4A と 15C は作用反作用に関連した誤概念であり，13C と 30E はインペタスと言われる誤概念を示す[4]。参照文献(2)には誤概念に相当する回答が分類されていて，それぞれの受講者のインペタスに関する誤概念に対応する回答の和を x 軸として，また作用反作用の誤概念に関する回答の和を y 軸として，また FCI の総得点を z 軸として作図したものが図 4 である。x 軸と y 軸の値は最大値を 1 に規格化している。x 軸 y 軸の値は，1 に近いほど誤概念が堅固であることを示す。この図からは FCI の総得点が作用反作用の誤概念よりもインペタスに関する誤概念に依存していることが見て取れる。よって，誤答を含めた分析から学生の理解度を測ることも可能ではないかと推測する。

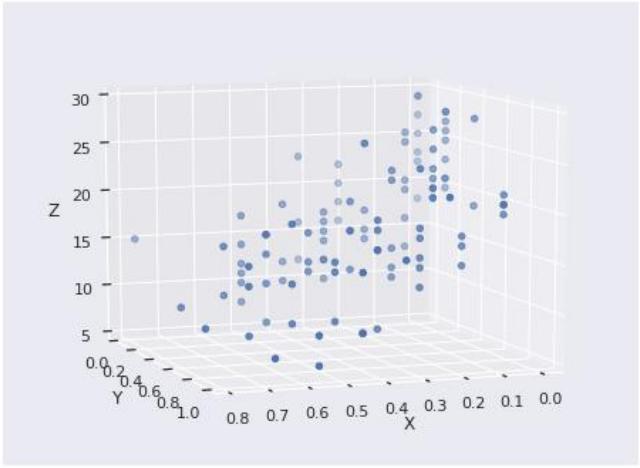



図 4

### 参　考　文　献

(1) E.F. レディッシュ：“科学をどう教えるか”、丸善出版，東京(2012)

(2) Hestenes, David and Malcolm, Wells and Swackhamer Gregg：“Force concept inventory”, The Physics Teacher, 30, pp.141 (1992)

(3) Force Concept Inventory,

https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?I=5&A=FCI (2020 年 2 月 6 日確認)

(4) 右近 修治：“誤概念診断ツールとしての FCI”，東京都市大学共通教育部紀要, 9, pp.67-78 (2016)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 数学問題における論理構造の可視化機能を用いた学習支援システムの開発

柴田 大輔[*1]，東本 崇仁[*1]
*1 東京工芸大学工学部

# Development of Learning Support System Using Visualization Function of Logical Structure in Mathematical Problems

Daisuke SHIBATA[*1], Takahito TOMOTO[*1]
*1 Faculty of Engineering, Tokyo Polytechnic University

In mathematics, it is important to understand the process of deriving an answer from a prerequisite. A process can be explained using logic. A diagram that represents the process of obtaining a conclusion from a prerequisite is called a logical structure. The understanding of process of deriving the answer can be facilitated by understanding the logical structure. We developed a system that visualizes the logical structure and gives feedback message to learners' logical errors. As a result of the evaluation experiment, it was suggested that this system is effective for understanding the logical structure.

キーワード: 適応的支援，数学教育，論理構造，可視化機能，診断機能

## 1. はじめに

学びの場においては，自身の理解を確認しながら学べる試行錯誤が可能な環境が重要となる．しかし，現在の学校教育の現場では，多数の学生に対して教師が1人のみで対応する環境や，Moodle などの e-Learning 環境といった学生の学習環境があるが，これらに共通する問題として，現在の学習環境による学生へのフィードバックでは，学習者はどうすれば答えに近づけるのか，なぜ誤っているのか等がわからず，正解になるための試行錯誤が行えないことが考えられる．

黒川ら[(1)(2)]は，数学において学習者に自身の記述文が図的にどのような意味をもつのか，自身の作図した図形が記号的にどのような意味をもつのかを考えさせ，試行錯誤できる学習環境を開発し，有効性を確認した．しかしながら，学習者の解答に論理的な間違いがあり，学習者の記述文を図的表現に変換できないケースが見られた．黒川らのシステムでは学習者の記述文を図的表現に変換できない論理的な誤りに対するフィードバックが不十分である．そこで本研究では論理的な誤りに着眼して，学習者の論理的な誤りを修正して正しい論理構造を理解させるシステムの開発を目的として，学習者の解答の論理構造を可視化させ，また，学習者の誤りに対してフィードバックを与えるシステムを開発した．評価実験の結果，本システムが論理構造の理解に有効であることが示唆された．

## 2. 論理構造の可視化

本章では提案手法である論理構造の可視化について説明する．論理構造の可視化とは，システムが学習者の解答から論理構造を作成することである．本システムでは学習者の解答の論理構造を可視化するために特別な解答方式をとっている，通常の記述式の解答では学習者が何から何を求めたかをシステムが判断するのは難しい，そこで「A なので B である」のように学習者に何から何を求めたのかを答えさせることで論理構造の可視化を可能にしている．「2 点 A(1,2),B(3,4)から

等距離にある x 軸上の点 P の座標を求めよ」の論理構造を図 1 に示す.

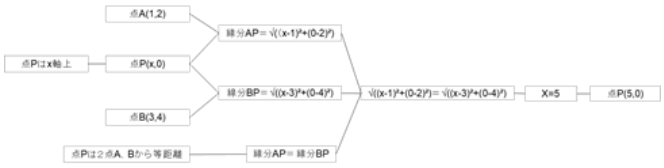



**図 1 論理構造**

## 3. 論理構造の診断

図 2 は本システムの解答画面である．本システムは「A なので B である」という様に解答してもらうが具体的には A の部分はキーワードから選択し，B の部分はテンプレートを選択し，数値や記号を入力してもらう．キーワードとは問題文から判明している情報と学習者が導き出した情報のことである．例えば「2 点 A(1,2),B(3,4)から等距離にある x 軸上の点 P の座標を求めよ」という問題ではキーワードとして「点 A(1,2)」，「点 B(3,4)」，「点 P は 2 点 A,B から等距離」，「点 P は x 軸上」の 4 つが挙げられる，また学習者が「点 P は x 軸上なので点 P(x,0)」と解答した時に「点 P(x,0)」が学習者が導き出した情報としてキーワードに追加される．テンプレートとは「点 P(x,0)」などの単文を一部空欄にしたもので「点 P(x,0)」ならば「点 a(b,c)」となる．学習者は結論に使うテンプレートを選択して a，b，c などに該当する数値や記号をあらかじめ用意したボタンを用いて入力してもらう．本システムではキーワードとテンプレートを用いて解答してもらうが解答した時に以下の 3 つについて順番に診断する．

1. 学習者が解答した結論単体での診断
2. 理由と結論のテンプレートの関係の診断
3. 理由と結論の数値関係の診断

以降の節でそれぞれの診断について説明する．

### 3.1 学習者が解答した結論単体での診断

学習者が解答した結論単体での診断では学習者がテンプレートに数値や記号を入れた単文が数式として成り立っているか，すでに定義されているものを再定義してないか診断する．

### 3.2 理由と結論のテンプレートの関係の診断

本システムで使うキーワードとテンプテートは「点 a(b,c)は点の座標の情報」のようにそれぞれどのような情報であるか，さらにテンプレートにはどのような情報から求めることができるか設定してある．そこで学

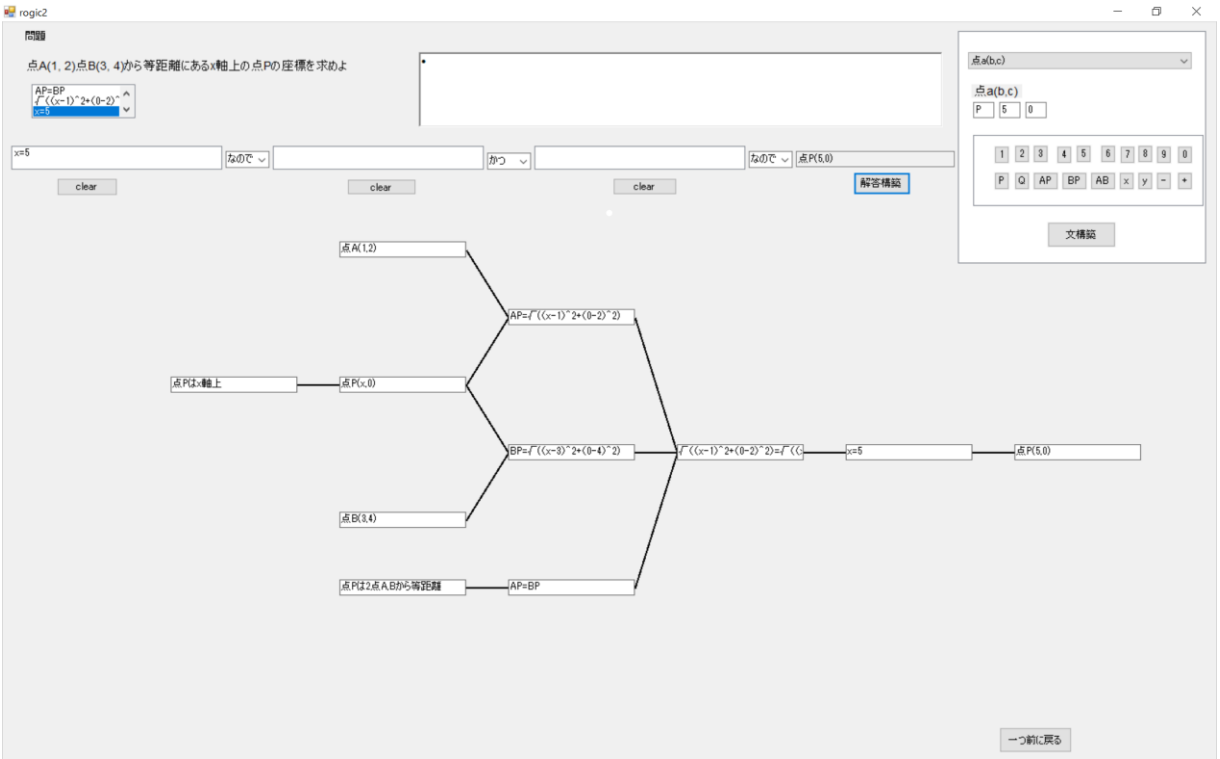



**図 2 システム画面**

習者が解答した時に結論のテンプレートを基準にその理由からその結論を求めることができるかを診断する．この時，学習者が入力した数値や記号は診断しない．

### 3.3 理由と結論の数値関係の診断

あらかじめ各テンプレートに「理由のこの部分がこの数値（記号）なら結論のこの部分はこうなる」というように対応付けをしており，誤りがあった場合はどの箇所で誤っているのかを確認してその誤りに対応するフィードバックメッセージを与える．図 3 は「点 P は x 軸上→点 P(0,y)」と解答した時のフィードバックメッセージである．

図 3 フィードバック画面

## 4. 評価実験

### 4.1 実験概要

本実験は，本システムによって学習を行うことが出来たか，本システムによって数学問題における論理構造を理解できたかの調査を目的として工学部生 5 名を対象に実験群 3 名と統制群 2 名に分けて調査した．

### 4.2 実験手順

実験では，最初に事前テストを行う．事前テストは数学Ⅱ軌跡の問題 2 問で構成されている(以後通常テストと呼ぶ)．採点は 1 問目は穴埋め式で合計 36 点，2 問目はすべて記述式で問題を解くプロセスを 5 つに分けて，1 つのプロセスにつき 1 点で全部で 5 点である．次に，実験群はシステム学習を行い，統制群は実験群のシステムで用いる問題と同じ問題を紙で解答してもらい途中で解答を与える．この時，事後テストで行う論理構造に関する問題において実験群が有利にならないようにその問題の正解の論理構造を統制群に提示する．次に事後テストを行う．事後テストは事前テストと同じ内容と論理構造に関する問題（以後論理テストと呼ぶ）がある．論理テストは論理構造を組み立てる問題と論理構造の誤りを指摘する問題で構成されている．論理構造を組み立てる問題の内容を図 4 に示す．論理構造を組み立てる問題は正解の論理構造に用いる単文を用意してその単文を組み合わせて，正解の論理構造を組み立てさせる．採点方法は図 4 の問題の正しい論理構造では全部で 6 ヶ所の理由と結論の関係があり，そのうち何ヶ所の関係を正しく組み立てることが出来たかを 1 か所につき 1 点で採点を行った．論理構造の誤りを指摘する問題の一部を図 5 に示す．論理構造の誤りを指摘する問題は論理構造を見て，その論理構造が成り立つか，成り立たたないかを答えてもらい，成り立たない場合はどこが間違いなのか，なぜ間違いなのかを記述する．採点方法は成り立つか，成り立たないか正しい方を選択できた場合に 1 点，成り立たない場合にどこが間違いなのかのみ記述できていた場合に 1 点，どこが間違いかとなぜ間違いなのか両方記述できていた場合は 2 点で成り立っている問題が 2 問，成り立っていない問題が 2 問で最大 8 点満点で採点を行った．最後にアンケートに答えてもらう．

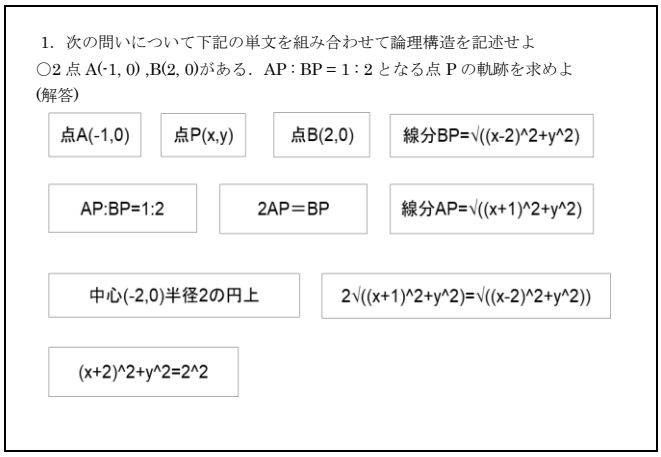



図 4 論理構造を組み立てる問題

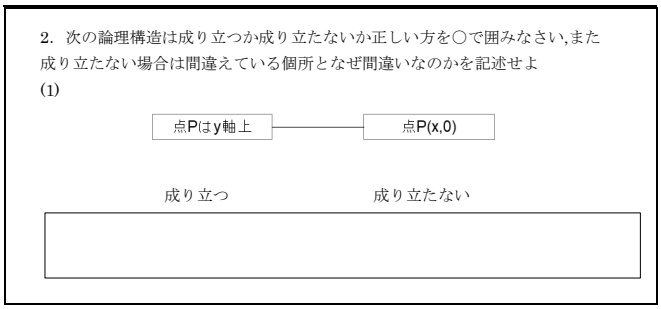



図 5 論理構造の誤りを指摘する問題

### 4.3 テスト結果

表 1，表 2 にテスト結果を示す．

表 1 について実験群では事前→事後で 25，統制群では事前→事後で 12 上昇しており，統制群よりも実験群の差が大きいことから，システムを用いた学習が数学

表 2 提案手法についてのアンケート

| | 質問項目 | 実験群 | 統制群 |
|---|---|---|---|
| 1 | 自身の解答の論理構造を記述できることは数学理解において重要だと感じますか | 5.0 | 3.0 |
| 2 | 自身の解答の論理構造を記述する活動は数学理解において重要だと感じますか | 5.3 | 4.0 |
| 3 | 自身の解答がどのような論理構造をしているかを考えることは数学理解において重要だと感じますか | 5.3 | 2.0 |
| 4 | 論理構造の提示による自身の解答へのフィードバックは論理構造の理解に繋がりますか | 4.6 | 3.0 |

表 3 システム機能についてのアンケート

| | 質問項目 | 実験群 | 統制群 |
|---|---|---|---|
| 1 | メッセージによる自身の解答へのフィードバックは数学の理解に繋がりますか | 4.6 | |
| 2 | メッセージによる自身の解答へのフィードバックで論理構造の誤りに気づきましたか | 4.0 | |
| 3 | 単文毎に解答へのフィードバックが得られるのは自身の解答への理解に繋がりますか | 5.0 | |
| 4 | 論理構造の提示による自身の解答へのフィードバックは論理構造の理解に繋がりますか | 4.3 | |
| 5 | 学習者の解答の論理構造を可視化する機能は数学理解に有効だと感じますか | 5.0 | |

表 1 通常テストの結果

| | 事前（平均） | 事後（平均） | 差 |
|---|---|---|---|
| 実験群 | 4/41 | 29/41 | 25 |
| 統制群 | 10/41 | 22/41 | 12 |

表 2 論理テストの結果

| | 点数 | 正答率 |
|---|---|---|
| 実験群 | 8/14 | 57% |
| 統制群 | 5/14 | 35% |

理解において有効であることが示唆された．表 2 について実験群 57%，統制群 35%と実験群の方が高い点数となっており，システムを用いた学習が論理構造の理解に繋がることが示唆された．

### 4.4 アンケート結果

6 件方を用いたアンケート結果を表 2, 表 3 に示す．表 2 は本研究の提案手法である論理構造の可視化についてのアンケートである．アンケートの結果，統制群よりも実験群の方が高い評価を得たことから本システムが数学における論理構造の有効性を気づかせるのに有効であることが示唆された．

表 3 は本システムの機能についてのアンケートである．アンケートの結果，本システムの機能について高い評価を得られたことから本システムの機能が論理構造の理解に有効であることが示唆された．

## 5. おわりに

本稿では，学習者の論理的な誤りを修正して正しい論理構造を理解させるシステムの開発を目的として，学習者の解答の論理構造を可視化させ，また，学習者の解答を 3 段階に分けて診断して，フィードバックメッセージを与えるシステムを開発した．

そして実験結果より，テストの結果から本システムが数学問題さらには論理構造を理解するのに有効であることが示唆された．アンケートの結果から本システムが数学における論理構造の有効性を気づかせるのに有効であることが示唆された．今後の課題としてフィードバックメッセージ内容の改善が挙げられる．

## 謝辞

本研究の一部は科研費・基盤研究（C）（18K11586）の助成による．

### 参 考 文 献

(1) 黒川　魁：“ 軌跡を題材とした数学の表現変換と能動的誤りの発見支援機能を有する学習支援システムの開発と評価”，平成 30 年度東京工芸大学修士論文，(2019)

(2) 黒川　魁：“軌跡を題材とした数学の表現変換と能動的誤りの発見支援機能を有する学習支援システムの開発と評価”，電子情報通信学会論文誌, Vol. J101-D，No. 6，pp. 864-873 (2018)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 集計前データの統計教育教材化の可能性

吉根勝美[*1]
*1 南山大学経済学部

# Possibility of Using Data before Aggregation as Teaching Material for Statistical Education

Katsumi Yoshine[*1]
*1 Faculty of Economics, Nanzan University

大学生に対する統計教育では，実際のデータを用いて学習者の興味・関心を喚起したい．特に経済学部でしばしば用いられる経済統計の多くは，調査あるいは業務で得られた個々のデータを集計した統計であるが，むしろ，集計前の個々のデータの方が興味・関心を得やすいだろう．集計前の個々のデータがウェブで公開されている場合があるので，これを自動収集して教材化する事例を示し，統計教育教材としての可能性を考えたい．

キーワード: 大学初年次教育，統計教育，ウェブスクレイピング

## 1. はじめに

大学生に対する統計教育において実際のデータを使用すること“Use real data”の重要性は，アメリカ統計学会による「統計教育における評価と指導のガイドライン」の College Report 2016 で示されている(1)．データの“reality”を求めて，例えば，経済学部における統計教育では，行政機関や地方自治体が発表している公的な統計データを使用することが多い．南山大学経済学部の 1 年次必修科目「データ処理入門」では，愛知県統計年鑑「百貨店・スーパーの事業所数，従業者数及び販売額等」，賃金構造基本統計調査「企業規模別新規学卒者の初任給の推移」等を用いて，表計算ソフトウェア演習のための例題データを作成している．

| | A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 百貨店販売額（愛知県、平成29年） | | | | | | |
| 2 | | 紳士服・洋品 | 婦人・子供服・洋品 | その他の衣料品 | 身の回り品 | 飲食料品 | その他 |
| 3 | 1月 | 3325 | 11560 | 880 | 6122 | 8906 | 9582 |
| 4 | 2月 | 1885 | 7701 | 526 | 4356 | 9388 | 9081 |
| 5 | 3月 | 2601 | 11321 | 826 | 5616 | 9208 | 12059 |
| 6 | 4月 | 2587 | 9220 | 638 | 4867 | 7369 | 9167 |
| 7 | 5月 | 2562 | 9000 | 1570 | 5064 | 7420 | 9327 |
| 8 | 6月 | 2322 | 8158 | 615 | 5083 | 9191 | 10101 |
| 9 | 7月 | 2641 | 9667 | 840 | 6011 | 11632 | 10939 |
| 10 | 8月 | 1705 | 6961 | 548 | 4535 | 7432 | 9520 |
| 11 | 9月 | 1991 | 8600 | 1250 | 4728 | 7643 | 10234 |
| 12 | 10月 | 2918 | 9388 | 668 | 5194 | 7701 | 9512 |
| 13 | 11月 | 3186 | 9587 | 961 | 5116 | 10138 | 10296 |
| 14 | 12月 | 3691 | 10729 | 664 | 7317 | 16904 | 13763 |

**図 1 表計算演習用データの例（百貨店販売額）**

経済学部の統計教育における“real data”である公的な統計データは，調査あるいは業務で得られた個々のデータを集計した統計であることが多く，学習者にとっては実感しにくいデータである．図 1 は，実際の表計算演習で使用している例題で，愛知県統計年鑑の最新刊から百貨店の販売額を抽出したものである．学生には縦横集計をさせて，愛知県の百貨店販売額の年間合計の数値を求めさせたのち，その数値の単位を推測させているが，正答率は必ずしも高くない．学生にとっては，1 店舗あたりの年間販売額すら想像がつかないのに，愛知県にある百貨店 13 店舗の合計年間販売額となると，ますます想像できないだろう。

調査統計や業務統計の場合，学生は，集計されたデータよりも，集計される前の個々のデータの方に，より“reality”を感じるだろう．百貨店販売額は，経済産業省が商業動態統計で毎月調査し，経済産業局別，東京特別区・政令指定都市別，都道府県別に集計した結果が公表されている．こうした集計された数字に比べれば，百貨店が回答した調査票に書かれている月ごとの商品販売額の方に，より“reality”が感じられるだろう．しかし，調査票の記載事項が個別に公表されることは，もちろんあり得ない．

ウェブ公開されている公的な統計データの中には，情報提供を目的とする検索機能を用いて，集計前の個々のデータに１件１件アクセスすることが可能な場合がある．ただし，実際にデータをまとめて収集するには大変手間がかかるので，ウェブスクレイピングの技術が有用である．そこで本稿では，集計前の個々のデータをウェブスクレイピングの技術で自動収集して教材化する２つの事例を示し，統計教育教材としての可能性を考えたい．なお，各事例の開発環境は，Windows 10 Home バージョン 1903（64 ビット）で動作する Spyder 4.0.0 であり，使用言語は Python 3.7.5 である．使用した Python ライブラリは，Requests 2.22.0，BeautifulSoup 4.8.1，Selenium 3.141.0 である．また，ブラウザには Google Chrome 79.0.3945.130（64 ビット）を使用し，対応する Selenium WebDriver は ChromeDriver 79.0.3945.36 である．

## 2. 事例１（地価公示）

### 2.1 データの説明

国土交通省は，地価公示についてのウェブページ(2)で「地価公示にみる地価の状況」を発表している．名古屋圏については，沿線別駅周辺住宅地・商業地の公示価格例，市の住宅地の平均価格等，地域別・市の対前年平均変動率を公表している．図２は「名古屋圏の市の住宅地の平均価格等」であり，例えば，名古屋市千種区について，標準地数 26，平均価格 243,900(円/㎡)，上位の価格 369,000(円/㎡)，下位の価格 158,000(円/㎡)と記載されていて，基本統計量の計算のための題材にしたい．

第１２表　名古屋圏の市の住宅地の平均価格等

（単位：円/㎡）

| 都道府県名 | 市区名 | 標準地数 | 平均価格 | 上位の価格 | 下位の価格 | 都道府県名 | 市区名 | 標準地数 | 平均価格 | 上位の価格 | 下位の価格 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 愛知県 | 名古屋市 | 847 | 183,100 | 1,280,000 | 72,300 | 愛知県 | 安城市 | 22 | 126,800 | 168,000 | 68,200 |
| | 千種区 | 26 | 243,900 | 369,000 | 158,000 | | 西尾市 | 40 | 62,200 | 112,000 | 30,300 |
| | 東区 | 13 | 392,200 | 860,000 | 230,000 | | 犬山市 | 18 | 63,500 | 105,000 | 35,200 |
| | 北区 | 19 | 184,400 | 222,000 | 108,000 | | 常滑市 | 15 | 45,000 | 85,300 | 27,500 |
| | 西区 | 17 | 179,600 | 273,000 | 118,000 | | 江南市 | 9 | 76,700 | 98,000 | 47,500 |
| | 中村区 | 16 | 173,300 | 220,000 | 127,000 | | 小牧市 | 25 | 86,100 | 112,000 | 41,900 |
| | 中区 | 5 | 724,400 | 1,280,000 | 300,000 | | 稲沢市 | 20 | 78,000 | 107,000 | 35,500 |
| | 昭和区 | 12 | 285,100 | 380,000 | 232,000 | | 東海市 | 29 | 89,900 | 128,000 | 60,900 |
| | 瑞穂区 | 17 | 241,400 | 300,000 | 163,000 | | 大府市 | 16 | 121,000 | 169,000 | 52,400 |
| | 熱田区 | 13 | 194,100 | 300,000 | 131,000 | | 知多市 | 16 | 70,700 | 96,400 | 46,000 |
| | 中川区 | 40 | 125,700 | 198,000 | 82,500 | | 知立市 | 14 | 122,100 | 158,000 | 96,800 |
| | 港区 | 20 | 106,500 | 138,000 | 85,800 | | 尾張旭市 | 20 | 100,100 | 134,000 | 73,500 |
| | 南区 | 21 | 131,200 | 188,000 | 94,000 | | 高浜市 | 12 | 82,800 | 113,000 | 66,800 |
| | 守山区 | 36 | 118,500 | 164,000 | 72,300 | | 岩倉市 | 10 | 105,300 | 142,000 | 84,200 |
| | 緑区 | 40 | 146,800 | 177,000 | 98,000 | | 豊明市 | 11 | 108,000 | 130,000 | 83,500 |
| | 名東区 | 24 | 200,100 | 326,000 | 117,000 | | 日進市 | 14 | 132,500 | 170,000 | 98,500 |
| | 天白区 | 28 | 169,300 | 239,000 | 130,000 | | 愛西市 | 11 | 54,800 | 66,400 | 29,000 |
| | 岡崎市 | 72 | 101,500 | 158,000 | 38,700 | | 清須市 | 27 | 98,900 | 107,000 | 74,500 |
| | 一宮市 | 46 | 76,800 | 260,000 | 38,800 | | 北名古屋市 | 18 | 101,400 | 140,000 | 75,200 |
| | 瀬戸市 | 38 | 57,000 | 87,800 | 20,000 | | 弥富市 | 11 | 64,200 | 82,500 | 31,300 |
| | 半田市 | 28 | 76,300 | 110,000 | 44,100 | | みよし市 | 9 | 114,200 | 147,000 | 85,800 |
| | 春日井市 | 43 | 102,900 | 180,000 | 45,500 | | あま市 | 18 | 73,900 | 91,500 | 64,500 |
| | 津島市 | 11 | 59,900 | 79,500 | 46,500 | | 長久手市 | 13 | 149,000 | 185,000 | 71,500 |
| | 碧南市 | 19 | 71,200 | 104,000 | 40,500 | 三重県 | 四日市市 | 62 | 47,200 | 72,000 | 20,000 |
| | 刈谷市 | 23 | 137,200 | 189,000 | 68,500 | | 桑名市 | 39 | 50,900 | 85,900 | 12,800 |
| | 豊田市 | 58 | 105,400 | 168,000 | 20,000 | | いなべ市 | 7 | 25,800 | 40,000 | 14,100 |

図 2 地価公示で公表されているデータの例

国土交通省は，国土に関する基礎的な情報を GIS データとして整備した「国土数値情報　ダウンロードサービス」を提供しており，地価公示価格も含まれているが，大変複雑なデータ構造のため使いにくい．

一方で，同省は「標準地・基準地検索システム～国土交通省地価公示・都道府県地価調査～」(3)を提供しており，地価公示を検索することが可能である．ここで，名古屋市千種区の住宅地の地価公示価格をすべて抽出すれば，前述した基本統計量の計算のための題材における例題データにすることができる．そこで以下では，ウェブスクレイピングにより，実際の地価公示価格を抽出する方法を説明する．

### 2.2 スクレイピングの方法

「標準地・基準地検索システム」で地価を検索する手順は以下の通りである．まず，「検索地域指定（地名入力)」の画面で，愛知県，名古屋市，千種区と入力し「決定」をクリックする．次に，地価の検索条件の設定画面で，対象「地価公示のみ」，用途区分「住宅地」をチェックして「検索」をクリックすると（図 3)，検索結果が 1 ページに 20 件ずつ表示される．次ページが存在する限り「次へ」をクリックすることを繰り返して地価公示価格を閲覧することができる（図 4)．

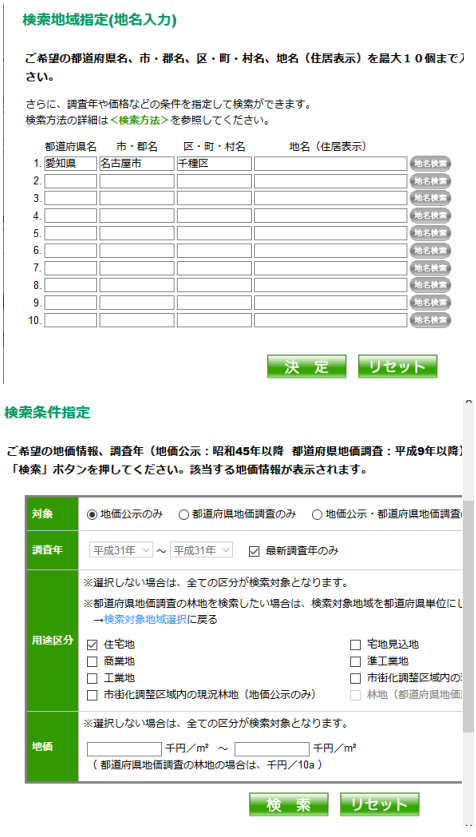



図 3 地価公示価格の検索条件指定画面

図 4 地価公示価格の検索結果表示画面

以上の検索手順をそのままなぞるように実行する Python プログラムを作成した．ソースプログラムはおよそ 50 行である．検索条件の指定と検索結果のページ送りには selenium を，検索結果表示画面からデータを抽出するには BeautifulSoup を利用した．「所在及び地番」欄に記載されている住所と「価格(円/m²)」に記載されている地価を抽出した結果を CSV ファイルに出力して，表計算ソフトウェアで直ちに利用できるようにした（図 5）．これは，実際の地価データによる平均，最小値，最大値を計算するための例題データであるとともに，文字列の一括置換機能（(円/m²)の削除）やソート機能（価格の昇順，降順）を学ばせる例題にもなっている．

| | A | B |
|---|---|---|
| 1 | address | price |
| 2 | 愛知県名古屋市千種区新西１丁目６１３番 | 158,000(円/m²) |
| 3 | 愛知県名古屋市千種区清明山１丁目９０７番 | 190,000(円/m²) |
| 4 | 愛知県名古屋市千種区南ケ丘１丁目４３番３ | 188,000(円/m²) |
| 5 | 愛知県名古屋市千種区池上町２丁目６番１５ | 232,000(円/m²) |
| 6 | 愛知県名古屋市千種区桐林町２丁目３７番 | 348,000(円/m²) |
| 7 | 愛知県名古屋市千種区唐山町３丁目１６番 | 312,000(円/m²) |
| 8 | 愛知県名古屋市千種区向陽町２丁目１１番８外 | 312,000(円/m²) |
| 9 | 愛知県名古屋市千種区城木町２丁目２５番 | 264,000(円/m²) |
| 10 | 愛知県名古屋市千種区茶屋が坂１丁目１１０４番 | 241,000(円/m²) |
| 11 | 愛知県名古屋市千種区光が丘２丁目１２１５番 | 180,000(円/m²) |
| 12 | 愛知県名古屋市千種区川崎町１丁目１６番１ | 250,000(円/m²) |
| 13 | 愛知県名古屋市千種区東山元町５丁目１０番４ | 171,000(円/m²) |
| 14 | 愛知県名古屋市千種区新池町４丁目７番 | 286,000(円/m²) |
| 15 | 愛知県名古屋市千種区徳川山町１丁目２５番 | 223,000(円/m²) |
| 16 | 愛知県名古屋市千種区清住町２丁目３８番１ | 369,000(円/m²) |
| 17 | 愛知県名古屋市千種区千代田橋１丁目１０３番 | 211,000(円/m²) |
| 18 | 愛知県名古屋市千種区豊年町１６０２番 | 235,000(円/m²) |
| 19 | 愛知県名古屋市千種区千種３丁目２０１０番外 | 272,000(円/m²) |
| 20 | 愛知県名古屋市千種区東山元町１丁目５８番１ | 200,000(円/m²) |
| 21 | 愛知県名古屋市千種区今池３丁目９０７番１ | 284,000(円/m²) |
| 22 | 愛知県名古屋市千種区京命１丁目８１０番 | 171,000(円/m²) |
| 23 | 愛知県名古屋市千種区鹿子町５丁目３３番 | 271,000(円/m²) |
| 24 | 愛知県名古屋市千種区汁谷町６８番３外 | 189,000(円/m²) |
| 25 | 愛知県名古屋市千種区桜が丘２８０番 | 246,000(円/m²) |
| 26 | 愛知県名古屋市千種区神田町２９０４番 | 255,000(円/m²) |
| 27 | 愛知県名古屋市千種区丸山町２丁目６３番３外 | 283,000(円/m²) |

図 5 抽出された地価公示価格の一覧

## 3. 事例 2（求人情報）

### 3.1 データの説明

厚生労働省は，公共職業安定所（ハローワーク）における求人，求職，就職の状況をとりまとめ，求人倍率などの指標を作成し，一般職業紹介状況[4]として毎月公表している．ウェブページではさまざまな数表が公表されているが，図 6 にその一例を示す．

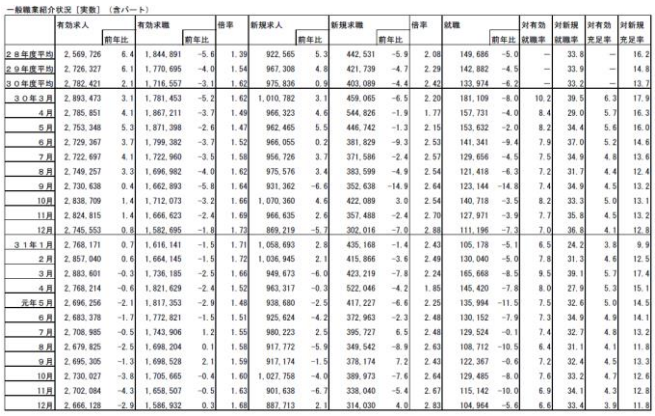


図 6 一般職業紹介状況で公表されているデータの例

このようなデータは，学習者にマクロ的な視点で観察させるのに必要ではあるが，全国的に集計されたデータに“reality”を感じさせるのは難しい．そこで，本章では，厚生労働省職業安定局が提供する「ハローワークインターネットサービス」[5]を用いて，地域の実際の求人情報を抽出する方法を説明する．

### 3.2 スクレイピングの方法

「ハローワークインターネットサービス」のうち「求人情報検索」で，愛知県名古屋市瑞穂区での介護、福祉の求人情報を検索する手順は以下の通りである．求人区分では「一般求人」を指定する（フルタイム，パートのチェックは任意）．「就業場所」で愛知県を選び「選択」をクリックし，別画面で名古屋市瑞穂区を選択して「決定」をクリックする．希望する職種で「職種を選択」をクリックし，別画面の大分類で「介護，福祉」を選択して「決定」をクリックする（図 7）．最後に「検索」をクリックすると，条件に当てはまる求人情報が 1 ページに 30 件ずつ表示される．次ページが存在する限り「次へ>」をクリックすることを繰り返して求人を閲覧することができる（図 8）．求人 1 件ごとの表示内容の項目数が異なる場合があるので，スクレイピングするときには注意を要する．

図 7 求人情報の検索条件指定画面

図 8 求人情報の検索結果 1 件分の表示例

以上の検索手順をなぞるように実行して，求人区分，雇用形態，賃金（求人種別，賃金形態，賃金額）のデータを抽出して，CSV ファイルを出力する Python プログラムを作成した．ソースプログラムはおよそ 80 行である．このプログラムを 2020 年 2 月 6 日に実行したところ，検索結果は 125 件あった．図 9 には，そのうち最初の 10 件分のデータを示す．この CSV ファイルは，“real data”によるデータ分析の例題であると同時に表計算ソフトの操作演習にも活用できる．例えば，文字列操作で賃金額の下限，上限を取り出したり，フィルター機能を用いて，ある条件に該当するデータを抽出したりするような演習に利用可能である．

| | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 求人区分 | 雇用形態 | 求人種別 | 賃金形態 | 賃金額 |
| 2 | フルタイム | 正社員 | 一般 | 月給 | 231,250円～289,063円 |
| 3 | パート | パート労働者 | 一般 | 時給 | 1,200円～2,000円 |
| 4 | パート | パート労働者 | 一般 | 時給 | 1,400円～1,700円 |
| 5 | パート | パート労働者 | 一般 | 時給 | 1,250円～1,800円 |
| 6 | パート | パート労働者 | 一般 | 時給 | 1,000円～1,000円 |
| 7 | パート | 有期雇用派遣パート | 一般 | 時給 | 1,200円～1,400円 |
| 8 | フルタイム | 正社員 | 一般 | 月給 | 237,100円～250,600円 |
| 9 | フルタイム | 正社員 | 一般 | 月給 | 237,100円～250,600円 |
| 10 | フルタイム | 正社員 | 一般 | 月給 | 246,000円～311,000円 |
| 11 | フルタイム | 正社員 | 一般 | 月給 | 256,000円～385,000円 |

図 9 抽出された求人情報の一覧（一部）

## 4. おわりに

本稿では，学習者が“reality”をより感じられるデータを教材化することを目的として，ウェブスクレイピングの技術を用いて，地価公示データや求人情報データを収集して，データ分析の授業で利用可能な教材データの作成事例を紹介した．いずれも Python プログラムにより，データの自動収集が可能となった。

ウェブスクレイピングによりデータを自動的に収集するときには，Web サービスの利用規約でスクレイピングが禁止されていないかどうかを確認する必要がある．また，Web サービスに過度な負担をかけないようにする必要がある．今回作成したプログラムでは，待機時間を随時設けている。

政府が全大学生の受講を目指している初級水準の人工知能教育の一環として，表計算ソフトによるデータ分析用のために，実際の商品の購買データなどを実社会から集め，各大学向けに公開する計画があるという新聞報道もある(6)。このように，大学生の統計教育における“Use real data”の重要性は変わることないので，同様の事例を積み上げてアーカイブ化し，教材データの共同利用の促進を目指したい．

## 参 考 文 献

(1) GAISE College Report ASA Revision Committee: “Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education College Report 2016”, http://www.amstat.org/education/gaise (2016)

(2) 国土交通省: “平成 31 年地価公示”, http://www.mlit.go.jp/totikensangyo/totikensangyo_fr4_000251.html

(3) 国土交通省: “標準地・基準地検索システム～国土交通省地価公示・都道府県地価調査～”, https://www.land.mlit.go.jp/landPrice/AriaServlet?MOD=0&TYP=0

(4) 厚生労働省: “一般職業紹介状況(職業安定業務統計)”, https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/114-1.html

(5) 厚生労働省職業安定局: “ハローワークインターネットサービス”, https://www.hellowork.mhlw.go.jp/

(6) 日本経済新聞: “AI「普段使い」へ教育―政府・大学などモデル案、学生に基礎力 担い手拡大”, 2020 年 2 月 4 日付夕刊 (2020)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 電子黒板を用いた授業において「教師が見える」ことによる効果に関する因果関係の検討

佐藤弘毅
名古屋大学国際機構国際言語センター

# Cause and Effect Analysis on the Teacher's Presence in Lectures Using the Interactive Blackboard

Kouki SATO
International Language Center, Nagoya University

電子黒板を用いた授業の利点の一つであると考えられる視線集中の効果について、主に「電子黒板の前または近くに教師の姿が見えること」による影響を検討する。教師の位置として、①画面の前で電子黒板を操作、②画面の横で手元のタッチパネルを操作、③画面の後ろで手元のタッチパネルを操作、の 3 通りによる授業を実験的に行い、各授業後に行ったアンケートを分析する。本稿ではその中から学習効果に関わる項目に着目し、因果関係の検討を行う。

＜キーワード＞　電子黒板　視線集中　存在感　ノートテイキング　教育メディア

## １．研究の背景

### 1.1　電子黒板

授業において伝統的に用いられている教育メディアである黒板は、速記性や柔軟性に富み教材を提示するための装置として最も適している、受講者がノートを取ること（ノートテイキング）による学習が期待できる、受講者の視線集中が行われる等の利点がある[1]。電子黒板（interactive blackboard）は、この機能を拡張し、PC やネットワークに接続された巨大なタッチパネルディスプレイに置き換えたものである。本研究では、装置とソフトウェアの基本的な機能として、(1)操作、(2)書き込み、(3)保存の 3 点が備わっているものを示す。このうち(1)および(3)は、PC に接続されたからこそ実現できる機能である。一方で、(2)のように黒板としての特徴を併せ持つため、PC ということを感じさせず[2]、抵抗感が少なく自然に教室に導入できるものと考えられる。近年、この電子黒板は徐々にその有効性が認められ、教育現場に普及してきた[3]。

ところで、上記要件を満たす電子黒板には、装置の構成に応じていくつかの種類がある。電子黒板活用効果研究協議会[4]は、プラズマディスプレイまたは短焦点プロジェクタとタッチパネルが一体となった「一体型」、タッチパネル装置のついた専用の白板に前面からプロジェクタで投影する「ボード型」、プロジェクタで投影したスクリーンに専用のペン入力装置を取り付けて使う「ユニット型」の 3 種類を示している。清水[2]はこれに加えて、手元のタッチパネルディスプレイまたはタブレット PC の画面をプロジェクタで投影する「タブレット型」を示している。これは、「一体型」では板面が小さすぎて支障がある大講義室での授業や、画面を遠隔に配信する e-ラーニングでの活用が考えられる。

しかし、画面を直接指し示すことができその位置が操作や書き込みの位置である「一体型」に対し、「タブレット型」は操作の位置と表示される位置が異なるため、画面の見やすさや内容理解の面で差が出てくると考えられる。また、受講者の視線がタブレットを操作する教師と投影画面に分かれるため、従来の黒板を用いた授業と比べると不自然な状況であることが危惧される。このような状況では、受講者が教師や他の受講者を意識することが難しい。この「他者を意識する」感覚は存在感（social presence）として知られており、近年学習効果との関係が指摘されている[5][6]。

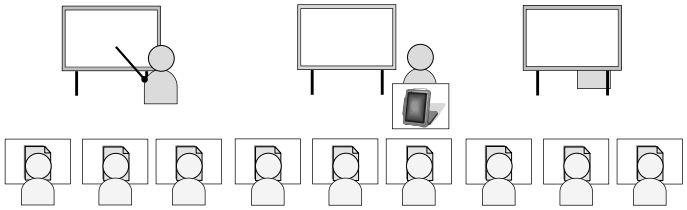



**図１　実験的授業の３条件**

### 1.2　「教師が見える」ことによる影響

以上の点をふまえ、先行研究[7][8]では「電子黒板の前または近くに教師の姿が見えること」による影響を調べるために、図１に示したように①「一体型」の電子黒板を用いて画面の前で教師が板書･説明する授業、②「タブレット型」の電子黒板を用いて画面の横で教師が板書・説明する授業、③「タブレット型」の電子黒板を用いて画面の後ろで受講者から教師の姿が見えない状態で板書・説明する授業の３つを実験的に行った。

各授業後に行った受講者に対してのアンケートを比較した結果、総じて受講者から評価が高かったのは①の授業であり、次いで②の授業の評価が高く、③の授業の評価が最も低いという結果であった。特にこの３条件に顕著な差が見られたのは教師の存在感についての項目であり、「教師が見える」ことによる影響が大きかったことがわかった。また、ノートテイキングの効果についても①～③の授業で異なる様相が見られ、ノートを取ることが内容理解に役立っていた①と②の授業に対し、③の授業ではノートテイキングの効果を活かすことが難しいことが示唆された。

## ２．目的

以上の通り、これまでの研究では「教師が見える」ことによる効果をアンケート項目別に検討してきたが、これらの間の因果関係、例えば教師の存在感が画面の見やすさや説明のわかりやすさ等に与える影響については明らかではない。そこで本研究では、先行研究[7][8]で行った実験的授業後のアンケートの分析をさらに進めることで、これらの因果関係を明らかにすることを目的とする。

具体的には、まず因果関係を検討する項目を絞り込むため、すべてのアンケート結果を対象とした因子分析を行い、各項目の背景にある因子を探る。各因子について①～③の授業ごとに結果を比較し、先行研究の分析結果と照らし合わることでその妥当性を検証する。続いて、因子の中から特に学習効果を示しているものを目的変数とし、それに影響を与える項目として残りの因子や関連するアンケート項目を説明変数とした重回帰分析を行うことで、因果関係のモデルを立てる。最後に、このモデルに基づいて①～③の授業ごとに重回帰分析を行い、結果の比較を行うことで、「教師が見える」ことによる影響を考察する。

## ３．方法

### 3.1　被験者

受講者は大学生 27 名（男 11 名、女 16 名）であった。平均年齢は 19.4 歳で、標準偏差は 1.34 であった。

### 3.2　実験デザイン

これらの受講者を 3 グループに分けて、9 名ずつ実験的な授業を行った。教師は実験者が担ったが、授業はあらかじめ用意していた 3.4 で述べる内容のシナリオにしたがって進め、3 グループとも同一の内容になるように心がけた。

授業環境は、1.2 で述べた通り教師と画面の位置に応じて、①前で説明、②横で説明、③後ろで説明の 3 条件である。条件の順序や授業内容が評価に影響する危険が考えられるため、被験者のグループの間で条件の順序の入れ替えを行い、その影響を相殺するラテン方格法による実験デザインを採用した。これは、被験者のグループの間で同じ順序・内容を同じ条件で行わないように、条件の順序を入れ替えながら試行を繰り返す実験計画である。具体的なデザインの例を表１に示す。表の列はグループを、行は順序・内容を表す。例えば、はじめのグループで１回目に①前で説明をした場合、以後のグループでは１回目に二度と同じ条件をやらないようにする。このように配置していくと、全部で 3 条件×3 グループの試行でラテン方格が完成する。これにより、被験者間計画、すなわち 3 条件の授業をすべて異なる被験者のグループで行った場合の、

表１　ラテン方格法による実験デザイン例

| | グループ | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1．A 市 | ① | ② | ③ |
| 2．C 市 | ② | ③ | ① |
| 3．D 市 | ③ | ① | ② |

個人特性やグループダイナミクスの評価への影響も、回避できると考えた。また、授業内容による評価への影響を相殺するため、順序と内容を対応させた。すなわち、全グループが同じ内容を同じ順序で受講した。

### 3.3　授業環境

電子黒板は、タッチパネルに約 70 インチの SMART Technologies 製のスマートボードを用いた。上部に取り付けられた EPSON 製の短焦点プロジェクタから画面を投影する方式で、背面にノート PC が設置してあり、一体となっている。条件①の授業では、教師による板書、指示、スライド送りはすべて指もしくは専用のペンによるタッチ操作で行った。条件②および③の授業では、Wacom 製の 21 インチのタッチパネルディスプレイを教師の手元に置き、同じ画面を上記の電子黒板に映した。操作は手元のタッチパネルで専用のペンを用いて行った。

説明・板書用のソフトウェアとして SMART Notebook を使用し、ソフトウェア上に説明・板書のためのスライドを用意した。

### 3.4　授業内容と方法

授業内容は、日本に実在する市をモデルに設定された架空の市 1 つを、教師が受講者に紹介するものである。あらかじめ 3 つの市（A 市、C 市、D 市）を説明するための資料とスライドを用意しておき、教師は資料に従って授業を行った。なお、受講者の既有知識による影響を避けるため、固有名詞等はすべて架空のもの（ひらがなに統一）に変更してある。スライドの内容はすべての市で①概要、②地理、③人口、④産業、⑤その他、⑥まとめの 6 枚で同じ構成になっている。①には人口、面積、人口密度の情報が、②には市の地図が、③には人口の変化を示す棒グラフが、④には産業を示す表と円グラフが、⑤には説明文が、⑥には箇条書きによるまとめが含まれている。説明資料には、教師が話す台詞、板書する項目と箇所と板書例、スライドを指し示す項目と箇所のすべてが記されている。スライドの②では白地図に記号と文字を書き入れる動作と指示動作、③ではグラフに線を書く動作、④では

④産業

A 市は日本でも有数の農業王国です。農家総数、専業農家数、農業就業人口、経営耕地面積は全国有数で、農業産出額は全国の市町村中 6 位で、247 億円です【表に書き込む】。市の西部の田園地帯では米をはじめ、なす、メロンを含む作物が作られています。中でも米とメロンは県で 1 位、なすは全国で 2 位の産出額です【表を指し示す】。「きんき山」のふもとの「おおしま地区」、「きた地区」はみかんの一大生産地となっていて、周辺部には果物を分ける場所や加工工場も多いです。市北部の「うえき町」はすいか【グラフを指し示す】の名産地として地元では有名です。また市の東部では近年かなり数は減ったものの酪農【グラフを指し示す】も行われています。

○主要農産物の産出額

| | 農業産出額 | 全国 | 県 |
|---|---|---|---|
| 総額 | 247 億円 | 6 位 | 1 位 |
| なす | 40 億 1000 万円 | 2 位 | 1 位 |
| みかん | 36 億 7000 万円 | 6 位 | 1 位 |
| 米 | 31 億 1000 万円 | 20 位 | 1 位 |
| 生乳 | 19 億 4000 万円 | 63 位 | 2 位 |
| メロン | 19 億円 | 9 位 | 1 位 |
| すいか | 17 億 3000 万円 | 7 位 | 3 位 |
| ばら | 1 億 9200 万円 | 24 位 | 1 位 |

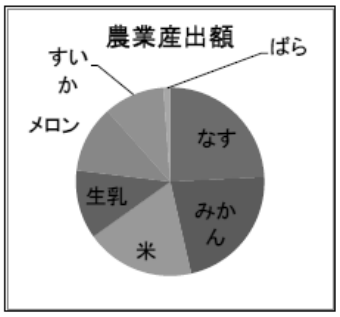
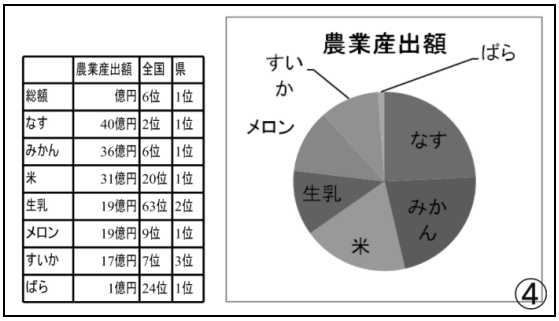



図２　説明資料の例（抜粋）




| | 農業産出額 | 全国 | 県 |
|---|---|---|---|
| 総額 | 億円 | 6位 | 1位 |
| なす | 40億円 | 2位 | 1位 |
| みかん | 36億円 | 6位 | 1位 |
| 米 | 31億円 | 20位 | 1位 |
| 生乳 | 19億円 | 63位 | 2位 |
| メロン | 19億円 | 9位 | 1位 |
| すいか | 17億円 | 7位 | 3位 |
| ばら | 1億円 | 24位 | 1位 |

**図３　スライドの例（抜粋）**

表中に文字を書き入れる動作と指示動作があり、①と⑤と⑥では特に動作はなくスライドを映して説明するのみとなっている。資料の例（スライド④説明部分の抜粋）を図２に、スライド④の例を図３に示す。資料通りに説明すると、授業時間は１回約 10 分となる。

### 3.5　実験の手続き

各授業の開始時にノート用のワークシートを配布した。ワークシートは①～⑥のスライド別にノートが取れるように区切られている白紙のものである。授業の終わりには内容に関する理解度テストを行うことを予告し、そのためにノートを取るように指示した。内容や分量は特に指定せず、ワークシートの区切りをはみ出さない限り自由とした。

授業中は教師の説明のみとし、受講者には質問を認めなかった。

授業の後には、3.6 で述べる評価アンケートに回答させた。その後、2 分間のノート見直し時間を設けた後、ワークシートを回収し、理解度テストを実施した。今回の研究ではアンケートのみを分析対象とする。

### 3.6　評価方法

各授業の終わりに、受講者に対する評価アンケートを行った。画面や板書の見やすさ４項目、教師の存在感５項目、内容理解４項目、説明のわかりやすさ３項目、ノートテイキング５項目、学習の情意面２項目の全 23 項目を「1. そう思わない」から「7. そう思う」の７段階で評価させた。なお、これらのうち２項目は、肯定的な評価と否定的な評価のスケールが逆になっている項目（逆転項目）であるが、以後の分析では「7. そう思わない」から「1. そう思う」と肯定的な回答の数値が高くなるように補正して用いている。

### 3.7　分析方法

先行研究[7]では 3.6 で述べたすべてのアンケート項目について①～③の授業ごとに結果の比較を行ったが、本研究では因果関係を検討する項目を絞り込むため、すべての授業後のアンケート結果を対象として探索的因子分析を行い、各項目の背景にある因子を探る。各因子の寄与率の高い項目の結果の平均値を、各因子を代表する値とし、①～③の授業ごとに平均値を算出して比較を行う。この結果を先行研究[7]の分析結果と照らし合わることで、各因子の妥当性を検証する。

続いて、因子の中から特に学習効果を示しているものを目的変数とし、それに影響を与える項目として残りの因子や先行研究[8]の分析結果をふまえたノートテイキングに関連するアンケート項目を説明変数とした重回帰分析を行う。この結果に基づき、さらに別の因子や関連するアンケート項目を目的変数とし、それに影響を与えると考えられる残りの因子を説明変数とした重回帰分析を探索的に繰り返す。これにより、最終的に受講者の主観的な学習効果に影響を与える要因を整理した因果関係のモデルを立てる。

最後に、このモデルに基づき、①～③の授業ごとの結果について重回帰分析を確認的に行う。これらの分析結果を比較することで、①～③の授業の違いすなわち「教師が見える」ことによる影響を考察する。

本研究における統計分析はすべて IBM SPSS Statistics（Version 21）を用いて行う。

## ４．結果

### 4.1　因子分析の結果

3.6 で述べたアンケート 23 項目について①～③すべての授業後のアンケート結果（27 人分×3 回=81 回答）を対象として探索的因子分析を行った。因子抽出法として最尤法を、回転法としてプロマックス法を用いた。因子抽出後の共通性や因子負荷量の小さい項目を取り除き、最終的に表２に示した 17 項目を分析対象とし、３因子が抽出された。この３因子で 17 項目の全分散を説明する割合は 71.9%であった。表２の項目番号は実際にアンケートで聞いた順番を示しているが、各因子の負荷量が高い順に並び変えている。項目の内容から、因子 1 を「画面の見やすさ」、因子 2 を「教師の存在

感」、因子 3 を「主観的な学習効果」とした。各因子の間の相関は表 2 下部に示している。特に、因子 1 と因子 2 の間に高い相関が見られた。

以降の分析では、各因子の負荷量が高い項目の平均を、各因子を代表する値として用いている。また、探索的因子分析の過程でノートテイキングに関わる項目が除外されてしまったため、先行研究[8]の結果から特徴的であった項目(19)も以降の分析に用いている。

これらを条件①～③の授業別に集計し、平均値を算出した結果を図 4 のグラフで示す。各項目において、条件①～③の差を検討するため、一元配置の分散分析（1 要因 3 水準）を行った。結果を図 4 の右側の表に示した。F 値（F(26,2)）を示し、有意差が見られた項目にはその確率に応じて印（** p<.01）を付した。また条件①～③それぞれの組み合わせについて Tukey の方法による多重比較を行い、その結果有意差が見られたものについてはその確率に応じて印（** p<.01, * p<.05, + p<.10）を付した。列①－③は条件①と③の比較を、列①－②は条件①と②の比較を、列②－③は条件②と③の比較をそれぞれ示している。なお、因子 2 については、等分散性が仮定できなかったため、Welch の方法により分散分析を行い、Games-Howell の方法により多重比較を行った。結果、すべての項目について主効果が見られ、いずれも①教師が画面の前で説明した授業の評価が最も高く、次いで②教師が画面の横で説明した授業、③教師が画面の後ろで説明し

**表 2　因子分析の結果**

| | 項目 | 因子 1<br>F1）画面の見やすさ | 因子 2<br>F2）教師の存在感 | 因子 3<br>F3）主観的な学習効果 | 内的整合性（α係数） |
|---|---|---|---|---|---|
| 1) | 教師が指し示した先の情報は見やすかった | .569 | .134 | .225 | |
| 2) | 画面に表示されていた文字や図は見やすかった | .782 | -.101 | .093 | |
| 3) | 教師が書いた文字や図は見やすかった | .591 | .196 | .202 | |
| 4) | 教師が画面のどの部分を説明しているのか意識した | .560 | .144 | .163 | .925 |
| 11) | 教師が画面の情報を指し示したことは内容理解に役に立った | .574 | .082 | .194 | |
| 12) | 画面に表示されていた文字や図は内容理解に役に立った | .951 | -.072 | -.134 | |
| 13) | 教師が書いた文字や図は内容理解に役に立った | .932 | -.071 | -.031 | |
| 6) | 教師の動きを意識した | .080 | .892 | -.143 | |
| 7) | 教師の視線を意識した | .011 | .955 | -.115 | |
| 8) | 教師に親しみを感じた | -.223 | .687 | .459 | .936 |
| 9) | 教師は自分の反応を意識していた | -.031 | .919 | -.040 | |
| 10) | 教師は自分の視線を意識していた | .034 | .889 | -.050 | |
| 5) | 教師の話は自分に伝わった | .098 | -.004 | .833 | |
| 15) | 教師の説明に集中できた | -.070 | -.030 | .821 | |
| 21) | 全体的に説明はわかりやすかった | .027 | -.036 | .848 | .925 |
| 22) | 全体的に内容は理解できた | .127 | -.164 | .761 | |
| 23) | 全体的に説明に満足している | .115 | .006 | .846 | |

| 因子間相関 | 因子 1 | 因子 2 | 因子 3 |
|---|---|---|---|
| 因子 1 | - | | |
| 因子 2 | .424 | - | |
| 因子 3 | .728 | .499 | - |

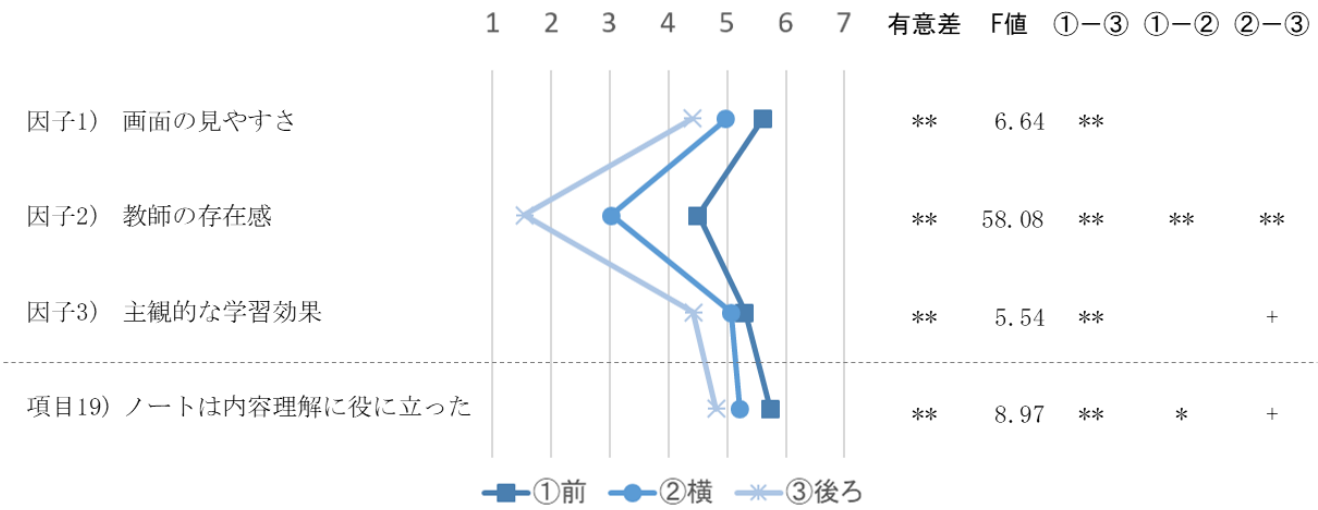



**図 4　各授業の平均および分散分析の結果**

た授業の評価が最も低かった。多重比較の結果、因子 2「教師の存在感」では①～③すべての授業の評価の間に有意な差が見られ、因子 1「画面の見やすさ」および因子 3 では①と③の授業の評価の間のみ有意な差が見られた。

以上の分析結果は、アンケート各項目について分析した先行研究[7]の結果と同じ傾向を示しており、因子分析による 3 因子の抽出は妥当であったと考えられる。

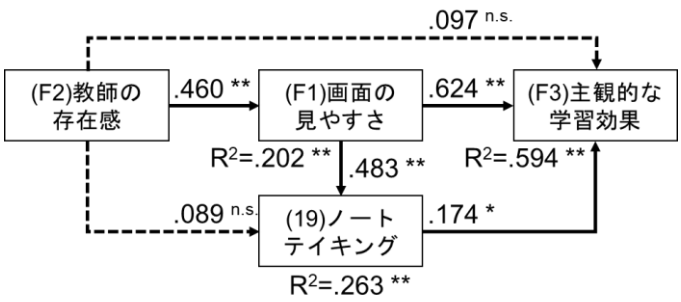



**図 5　授業全体での重回帰分析の結果**

### 4.2　重回帰分析の結果

これらの 3 因子とノートテイキングに関わる項目(19)の因果関係を重回帰分析により検証し、モデルの作成を試みた。授業の目的として最終的に導きたいのは因子 3「主観的な学習効果」であるため、まずはこれを目的変数とし、残りの因子 1「画面の見やすさ」と因子 2「教師の存在感」とノートテイキングに関わる項目(19)を説明変数とした分析を行った。結果、因子 1 および項目(19)からのパスが有意であり、因子 2 からのパスは有意ではなかった。次に、ノートテイキングに関わる項目(19)を目的変数とし、残りの因子 1「画面の見やすさ」と因子 2「教師の存在感」を説明変数とした分析を行った。結果、因子 1 からのパスのみ有意であった。最後に、因子 1「画面の見やすさ」を目的変数とし、因子 2「教師の存在感」を説明変数とした分析を行った。結果、有意なパスが見られた。以上の分析結果をまとめたものが、図 5 に示したパス図である。図中のパスの上の数値は標準偏回帰係数（β）と有意水準（* p<.05, ** p<.01）を表している。目的変数の下には重決定係数（$R^2$）とモデル全体の有意水準を示している。なお、有意なパスについては実線の矢印で、有意ではなかったパスについては点線の矢印で示している。「主観的な学習効果」に直接関わっていたのは「画面の見やすさ」と「ノートテイキング」であった。また、「画面の見やすさ」は「ノートテイキング」にも関わっていた。「教師の存在感」は「画面の見やすさ」に関わっており、「主観的な学習効果」には間接的に関わっていたと考えられる。

この因果関係モデルに基づき、今度は条件①～③の授業ごとに同じ要領で重回帰分析を行い、モデルの検証を試みた。その結果を図 6～8 のパス図に示す。図 5 と同様、図中のパスの上の数値は標準偏回帰係数（β）と有意水準（** p<.01, * p<.05, + p<.10）を表している。目的変数の下には重決定係数（$R^2$）とモデル全体の有意水準を示している。なお、図 6～8 においては、有意でなかったパスは省略している。

教師が前で説明した授業①では、「主観的な学習効果」には「画面の見やすさ」と「ノートテイキング」

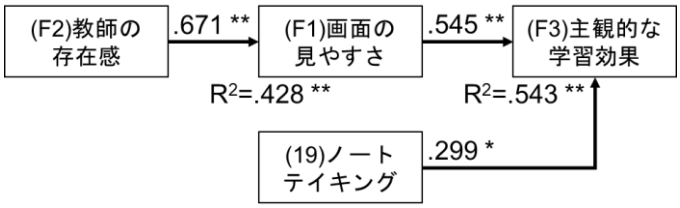



図 6　授業①における重回帰分析の結果

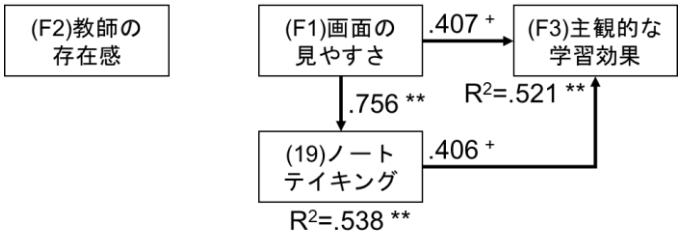



図 7　授業②における重回帰分析の結果

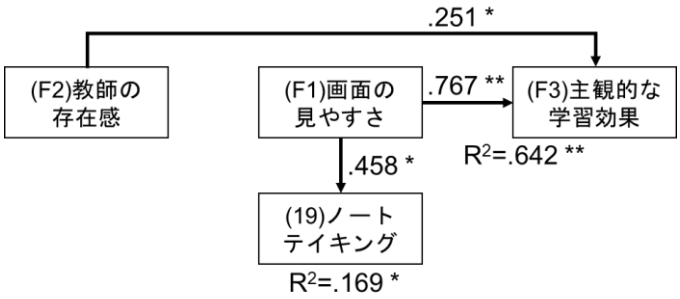



図 8　授業③における重回帰分析の結果

が直接関わり、「教師の存在感」は「画面の見やすさ」を介して間接的に関わっていた点で、全体的なモデルと同じ傾向を示していた。しかし、「ノートテイキング」に「画面の見やすさ」は関わっていない点が異なっていた。

教師が横で説明した授業②では、「主観的な学習効果」には「画面の見やすさ」と「ノートテイキング」が直接関わり、「ノートテイキング」にも「画面の見やすさ」が関わっていた点は、全体的なモデルと同じ傾向を示していた。しかし、「教師の存在感」は「画面の見やすさ」に関わっていなかった。

教師が後ろで説明した授業③では、「主観的な学習効果」には「画面の見やすさ」が関わっていたが、「ノートテイキング」は関わっていなかった。むしろ「教師の存在感」が「主観的な学習効果」に直接関わっていた点が特徴的である。「ノートテイキング」に「画面の見やすさ」が関わっていた点は、全体的なモデルおよび②の授業と同様であった。

## 5．考察とまとめ

### 5.1　示唆される知見

すべての授業後のアンケート結果を対象とした因子分析の結果、「画面の見やすさ」「教師の存在感」「主観的な学習効果」の 3 つの因子が抽出された。各因子の寄与率が高い項目の平均を代表値とし、条件①～③の授業ごとに平均を算出し、その差を分散分析で検証した結果、いずれも①教師が画面の前で説明した授業の評価が最も高く、次いで②教師が画面の横で説明した授業、③教師が画面の後ろで説明した授業の評価が最も低かった。この差は特に「教師の存在感」で顕著であった。この結果はアンケート各項目について分析した先行研究[7]の結果と同じ傾向を示しており、3 因子の抽出は妥当であったと考えられる。

これらの 3 因子とノートテイキングに関わる項目の因果関係を重回帰分析により検証した結果、「主観的な学習効果」に直接的に関わっていたのは「画面の見やすさ」と「ノートテイキング」であり、「教師の存在感」は「画面の見やすさ」を介して間接的に関わっていた。存在感と学習効果が直接的ではなく間接的に関わっていることは多くの先行研究[5][6]で示唆されており、本研究の結果もそれを支持している。

また、①～③の授業ごとに因果関係を重回帰分析により検証した結果、教師が画面の前に立って直接板書したり指し示したりできる授業①では「教師の存在感」が「画面の見やすさ」に関わっていたが、そうでない授業②および③では関わっていなかった。さらに、授業②および③では「画面の見やすさ」が「ノートテイキング」に関わっていたが、授業①ではそうでもなかった。これらの因果関係と授業①～③の評価の平均値の比較結果から、教師が電子黒板の前で直接板書したり指し示したりできる授業①では教師の存在感が高く、そのことが「画面の見やすさ」につながり、「主観的な学習効果」につながっていたと考えられる。一方で教師の存在感が低い授業②および③では、情報の提示方法を工夫し「画面の見やすさ」を直接向上させることでノートテイキングを促し、また「主観的な学習効果」につなげられる可能性が示唆される。

なお、教師の姿が見えない授業③では、「ノートテイキング」と「主観的な学習効果」は関りがなく、むしろ「教師の存在感」が直接的に「主観的な学習効果」に関わっていた。この授業は教師からの視覚的な手掛かりがない大講義室や遠隔での授業を想定しており、こうした授業ではノートテイキングの効果を活かすことが難しいと示唆される。また、存在感の重要性は e-ラーニングなど対面ではない教育を対象とした研究において特に強調されており[5]、本研究の結果もそれを支持しているのではないかと考えられる。

### 5.2 今後の課題

因子分析ではノートテイキングに関わる項目の共通性が低く、因子として抽出することはできなかった。先行研究[8]の分析ではこれらの項目の間には条件①～③の授業によって異なる因果関係があることが示されており、これを本研究の因果関係モデルにどう組み込んでいくのかが今後の課題である。

また、実際に受講者がノートしたワークシートという客観的資料の分析を行い、本研究で得られた受講者の主観的な評価の知見と照合する作業も必要になってくる。

さらに、本研究では分析対象としなかった理解度テストの結果とアンケートの結果を照らし合わせることで、今回の「主観的な学習効果」と実際の内容理解との関係についても検証していきたい。

### 謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費助成事業（挑戦的萌芽研究，課題番号 16K12555）の援助を受けています。ここに感謝の意を表します。

### 参考文献

(1) 石川實：”黒板の文化史”，白順社，東京（1998）

(2) 清水康隆：”電子黒板で授業が変わる”，高陵社書店，東京（2006）

(3) 赤堀侃司（編）：”電子黒板・デジタル教材活用事例集”，教育開発研究所，東京（2011）

(4) 電子黒板活用効果研究協議会：”電子黒板活用ガイド”，電子黒板活用効果研究協議会，東京（2008）

(5) Garrison, D. R. and Anderson, T.: “E-Learning in the 21st Century”, London and New York, Routledge Falmer (2003)

(6) 佐藤弘毅，赤堀侃司：”電子化黒板に共有された情報への視線集中が受講者の存在感および学習の情意面に与える影響”，日本教育工学会論文誌，第 29 巻，第 4 号，pp.501-513（2005）

(7) 佐藤弘毅：”電子黒板を用いた授業において「教師が見える」ことによる効果に関する実験的検討”， 教育システム情報学会研究報告，第 31 巻，第 6 号，pp.75-82（2017）

(8) 佐藤弘毅：”電子黒板を用いた授業において「教師が見える」ことがノートテイキングに及ぼす影響”，教育システム情報学会研究報告，第 33 巻，第 6 号，pp.93-100（2019）

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 教職課程履修生の ICT 活用教育への理解を学校教員と比較した評価

内田 瑛[*1], 湯浅 且敏[*1]
*1 青山学院大学附置情報メディアセンター

# Evaluation of Teacher Training Students' Understanding of ICT utilization Education Compared with School Teachers

Hikaru Uchida [*1], Katsutoshi Yuasa[*1]
*1 Aoyama Gakuin University Institute of Information and Media

In order to improve the instruction ability utilized ICT of students in the teacher training course, we have conducted education that allows students to experience active learning used ICT and reflect on the teacher's and learner's perspectives. In this paper, we investigated the awareness of ICT utilization education for school teachers and compared it with the survey results of their recognition that students had gained in our past practice, and evaluated the effectiveness of our practice. The results showed that school teachers tended to have a deeper and broader perspective and that students could broaden their perspectives like school teachers' perspectives through repeated learning experiences.

キーワード: 教員養成課程，ICT 活用指導力，アクティブラーニング，計量テキスト分析

## 1. はじめに

### 1.1 教職課程における ICT 活用指導力向上の取組み

近年、初等中等教育において教員の ICT 活用指導力が求められている。ICT 活用指導力とは、電子黒板やデジタル教材を単に使用するだけではなく、ICT の活用によって児童生徒の「主体的・対話的で深い学び」（アクティブラーニング）が向上する授業を設計できる力である。つまり、教師から学習者へ知識を一方向的に伝達する実証主義の学習観から、教師は学習者の学びを支援する役割であり、学習者が主体となって活動する中で学びが起こるとする社会構成主義に基づく学習観での教育実践が期待されており、その実現には ICT が有効であると考えられている。文部科学省が作成した学校教員向けの「ICT 活用指導力チェックリスト」[(1)]においても、教師だけでなく児童生徒も ICT を使用する学習場面が想定され、「評価を充実するために」、「学習に対する児童/生徒の興味・関心を高めるために」というチェック項目の記述から、新しい学習観に基づく教育実践が望まれていることが読み取れる。

現在、国内の初等中等教育機関においては、ICT 環境の整備や教員研修が実施されており、教員への ICT 支援に関する体制も議論され始めている。しかし、大学における教職課程への取り組みは遅れている。教育職員免許法の改正によって各教科の指導法にも「ICT の活用」に関する記述が含まれたものの[(2)]、教職課程担当教員への支援体制や ICT 環境整備は今後の課題となっている[(3)]。教員養成が主たる目的である大学（教員養成大学）以外では、各学科の専門科目と並行しながら教職課程科目を履修しており、学習には時間的・環境的制約もあるが、教職課程履修生への ICT 活用指導力に関する効果的な教育プログラムの検討は喫緊の課題である。しかしまだ十分な議論ができていない。

新たな技術（ICT）を取り入れた教育実践にあたっては、その技術的な知識だけではなく、教育方法論や教科指導法の知識と統合した知識が必要であるという

主張がある。ICT を活用した教育を実現するにあたり教師に求められる力として、ICT に関する知識（Technological Knowledge）、教育方法論などの教職に関する知識（Pedagogical Knowledge）、教科内容やその指導に関する知識（Content Knowledge）の 3 つに分けられ、それらを統合した力（Technological, Pedagogical, and Content Knowledge; TPACK）が求められている(4)。しかし、教育に新しい技術を取り入れるにあたって、教師には 2 つの障壁がある(5)。近年の ICT 活用教育に置き換えれば、まず一次障壁として、ICT 機器の整備や操作、児童生徒への利用支援に関する知識習得の訓練などを限られた環境・状況で実現しなければならないという、外部的な障壁である。二次障壁は教師の内的なもので、教師の教育に関する信念や哲学、態度、自己効力感などに関わる（図 1）。

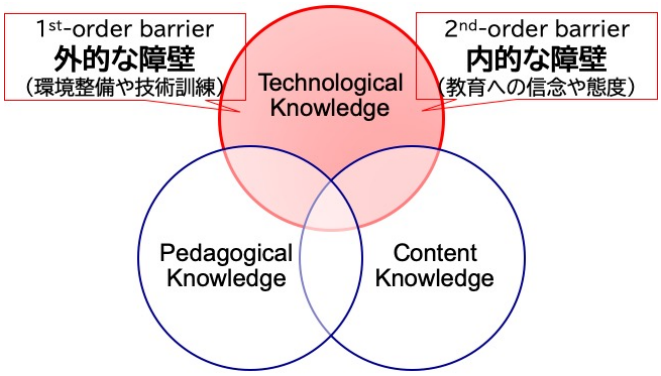



図 1　Mishra and Koehler による TPACK モデルと Ertmer の 2 つの障壁を統合したモデルイメージ

ここでは 3 つの知識が加算的な図式で示されているが、本研究では、ICT は教科知識の理解を深めるための道具であり、教育方法論的知識に基づいて ICT を取り入れた授業設計をするものとする。ICT 活用教育への理解を向上させるためには、社会構成主義の学習観に関する理解や、教科知識を深めるための授業設計に対して ICT がどのように活用されているのかを関連付けた理解を促すのが効果的と考える。さらに、知識として把握するだけではなく、その価値や効果は自らが学習者として体験し、それを振り返る活動によって、新しい学習観を深く理解できると考える。

### 1.2　本研究の目的

以上は、教職課程における ICT 活用教育に関する教育実践を通して得られた知見である。我々の講義や演習を通して、学生のアンケートからは学習者の活動を評価しやすいことや、学習者間や教師とのインタラクションの容易さなどへの気づきが見られ、新たな学習観と ICT の活用についてある程度理解は向上した。しかし学生が模擬授業を実践すると、ICT を使用したのみで「ICT を活用した」学習デザインとなっていないものが多くみられた(6)。これは学生自身がアクティブラーニングを体験した経験が不足しており、その効果を体感したことがないのが大きな要因と考えた。そこで我々はコンピュータを利用したゲーミングシミュレーションを実践し、学生は ICT を活用したアクティブラーニングとして体験した。ゲーミングが扱う題材からの直接的な学びではなく、ゲーミングの体験を通してその学習設計の特長を理解することを目指し、一定の成果を挙げた(7)。

本稿では、小学校、中学校、高等学校に勤める専任教員を対象とした ICT 活用教育に関する認識を調査し、その結果を教職課程履修生の ICT 活用教育に対する理解を評価する。学校教員を熟達者とみなして、将来教職を目指す学生と比較することで、彼らの ICT 活用教育への理解を促すための授業のあり方を考察する。

2 章ではこれまで我々が実践してきた教職課程履修生に対する教育実践とその成果を概説する。3 章では学校教員を対象とした ICT 活用教育に関する認識調査の実施概要を示し、その結果と考察を述べる。4 章で今後の課題とともに本報告をまとめる。

## 2.　教職課程履修生に対する教育実践と調査

青山学院大学では 2015 年度より電子黒板やデジタル教科書などの ICT 機器や教材を整備した模擬教室を設置している。我々は教職課程科目である「教育方法論（中等）」の授業 2 回で模擬教室を利用し、1 回目の授業では機器・教材の操作説明に加えて、それらを活用するとどのように授業が変わるのか、特にアクティブラーニングの実践に ICT がどのように関連付けられるのかを講義、演習した。

2 回目の授業では、ウェブブラウザ上で動作するゲーミングシミュレーションを実施し、我々が教員役（ファシリテーター）、履修生が生徒役（プレイヤ）となっ

た模擬授業を行った。履修生は 2 人から 3 人で 1 チームとなり、各ラウンドで戦略を話し合いながら意思決定を繰り返した。全チームの意思決定が終わるとシミュレーションが実行されて、結果がプレイヤにフィードバックされる。結果を振り返りながら、次のラウンドの意思決定を思考する。この流れを 6〜7 ラウンド繰り返した。最後にラウンドごとの結果や全チームの意思決定の変遷をまとめたものを各チームのタブレットに配信し、チームごとに振り返って戦略や意思決定の反省点などをまとめてクラス全体で共有するために電子黒板を使って発表した。

この模擬授業の一連の流れの中には ICT 教材としてゲーミングシミュレーションが用いられ、教具としてタブレットや電子黒板が活用され、アクティブラーニングを意識した授業を設計した。履修生が学習者として ICT を活用したアクティブラーニングを体験することを通して、1 回目の授業よりもさらに ICT 活用教育について理解を深めることを目指した。

2018 年 7 月に合計 29 名の学生に対して実践したデータを用いる。ゲーミングを体験する前後（1 回目の授業の後、2 回目の授業の後）にアンケートを実施し、次の 4 つを自由記述で尋ねた。

(A) 学校教員の立場で、ICT を活用することの良さについて、どのように考えますか？
(B) 児童生徒の立場で、ICT を活用することの良さについて、どのように考えますか？
(C) 学校教員の立場で、ICT を活用することの難しさや留意点について、どのように考えますか？
(D) 児童生徒の立場で、ICT を活用することの難しさや留意点について、どのように考えますか？

図 2 は KH Coder2 を用いた対応分析の結果である。成分 1（横軸）は 35.64%、成分 2（縦軸）は 18.9%であった。ゲーミング体験前後で ICT における良さに関して認識の変化が見られた。すなわち、(C) 教員にとっての難しさ、(D) 児童生徒にとっての難しさには大きな変化は見られなかったものの、(A) 教員にとっての良さは「一方向的な提示での利便性や効率化」という実証主義の教育観から、社会構成主義の教育観で重視される「学習状況の把握」へと変化していることが窺える。また学習者にとっての良さとしては単に教材が「マルチメディア」となって提示する情報が豊かになったことへの指摘から、「学習者の主体性」を促すために ICT が有効であることへの言及へと変化が見られた[8]。以上から、我々の取り組みは教職課程履修生にとって、講義だけでなく授業体験も行うことで、アクティブラーニングを実践する上で ICT は有効であること、そして社会構成主義的な教育観で理解したことが示された。

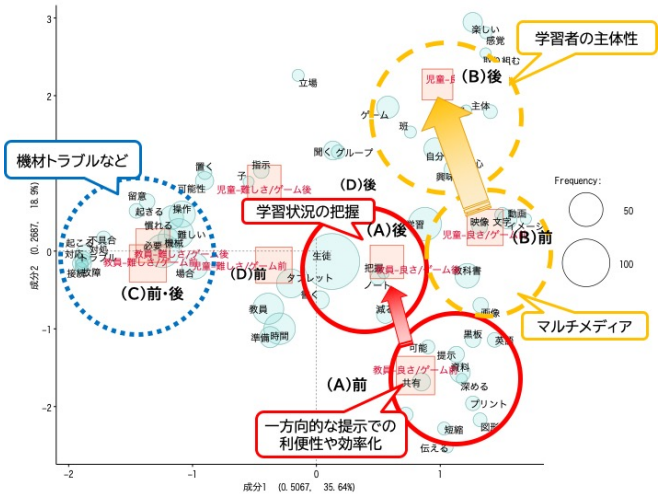



**図 2　授業体験前後での教職課程履修生の認識変化**

これまでの我々の取り組みは履修生の授業アンケートからその教育効果をある程度評価されたが、教職課程として修得すべき ICT 活用指導力の達成評価が不十分であった。履修生にはまだ表れていないが、他にどのような深い記述がありえて、どんな観点で捉えることを目指すべきなのかを議論し、今後の教職課程のあり方を検討したい。3 章では学校教員を対象とした ICT 活用教育の認識調査の結果を述べ、その比較から教職課程履修生の理解を改めて評価する。

## 3.　学校教員の ICT を活用した授業への認識

### 3.1　調査概要

我々が所属する青山学院には、大学の他に初等部、中等部、高等部（以降、設置学校とする）も設置されている。我々は各設置学校における ICT 教育環境の整備状況の調査とともに、専任教員を対象に「青山学院における教育の ICT 利用に関する調査」として、授業

での ICT 利用に関する自由記述式のアンケートを実施した。なお、アンケートへの協力は回答者の自由意思であり、その回答内容や、無回答であっても、回答者の不利益にはならないよう配慮して調査を実施した。調査期間は 2018 年 11 月 16 日から 12 月 6 日であった。本稿では全 6 つの質問のうち 1 つ、「学校での『教え』や『学び』で ICT を活用することの難しさや留意点について、どのように考えますか？また、それはどのように解消できると考えますか？」という質問を取り上げて分析した。

各設置学校における専任教員は、2018 年 5 月時点で、初等部 40 名、中等部 39 名、高等部 63 名で、そのうち回答者は初等部 33 名（回答率 82.5%）、中等部 39 名（回答率 76.9%）、高等部 36 名（回答率 57.1%）であり、合計で 99 名（回答率 69.7%）の回答が得られた。

### 3.2 計量テキスト分析を用いた学校種別クロス集計

ICT を活用することの難しさについて 7 つに分類し、自由記述を KH Coder2 を用いて計量テキスト分析を行った。コード化して、学校ごとにクロス集計したものを表 1 に示す。各コード名の内容は次のとおりである。

- **ICT スキルへの不安**
  新しい技術に対する不安、ICT スキルがないために上手く教育できないことへの懸念
- **機器不具合**
  機器の不具合が授業に与える影響や、機器故障の場合の保守管理の困難さ
- **従来学習と比較した批判**
  従来の教育方法の良さの指摘や ICT 活用場面との棲み分け
- **知識定着と深い理解**
  知識の定着、深い理解などへの活用の難しさ
- **情報モラルや利用ルール**
  児童生徒が ICT を学習に用いる上でのルールづくりの重要性
- **指導力向上の時間・機会**
  教員の ICT 指導力向上のための時間や学習機会の不足
- **教員の組織づくり**
  ICT 活用教育を広める上で起こる教員間や保護者との問題や学校組織内部での調整や体制づくり

**表 1　ICT を活用した授業の難しさとその解消**

| | 初等部 | 中等部 | 高等部 |
|---|---|---|---|
| ICT スキルへの不安 | 33.3% | 36.7% | 30.6% |
| 機器不具合 | 33.3% | 16.7% | 22.2% |
| 従来学習と比較した批判 | 27.3% | 30.0% | 13.9% |
| 知識定着と深い理解 | 3.0% | 16.7% | 22.2% |
| 情報モラルや利用ルール | 15.2% | 10.0% | 13.9% |
| 指導力向上の時間・機会 | 6.1% | 23.3% | 8.3% |
| 教員の組織づくり | 0.0% | 16.7% | 5.6% |

どの学校でも最も多く指摘されたのは「ICT スキルへの不安」であった。Ertmer[5]が示した「内的な障壁」にも関わっており、新しい技術を授業の中に取り入れるだけでなくそれを効果的に活用した授業実践へと変化させていくことの不安は大きい。授業で突発的に起こる「機器不具合」の一部はこの不安とも関わるが、ICT を使いこなすスキルの習得だけではなく、それによって授業進行が滞ったときの対処や、児童生徒の端末を管理運用する体制への懸念が見られた。

この不安から起こる反発として「従来学習と比較した批判」をしているわけではなく、ICT を使ったほうが良い場面ばかりではなく使わないほうが効果的な場面があるのではないか、という棲み分けの問題を指摘している教員が多く見られた。初等部では手足を動かしたり、心で感じることを重んじる情動的な学習には不向きではないかという意見があった。初等部と同程度に中等部でも、板書すること自体が学習スキルの一つであり、ノートに書き留める力の重要性を述べた教員も複数いた。

従来学習への批判にも近いが、特に「知識定着と深い理解」に着眼して、安易に ICT を利用するとかえって逆効果との考えも見られた。学習者主体でじっくり考える活動の中で知識を獲得したり、書くという動作の中で定着する学びもあるのではないか、という意見もあった。発達過程が進むほどその傾向にあり、高等部では抽象概念の理解やディスカッションなど、思考

を深めるための学習への活用は困難であるという意見が多く見られた。ICT によってビジュアル的に見せることが理解を促すもののそれが受動的な学びとなってしまうことの懸念、視覚や聴覚に頼らずとも理解する訓練も必要であるとの考えもあった。

情報機器を授業で扱う上で、コミュニケーション上のトラブルを回避するための「情報モラルや利用ルール」を定めたり、ICT が無いと集中できないといった依存的な利用とならないような配慮への指摘もあった。

以上は、教職課程履修生でも指摘数の少なさや記述の浅さはあるものの、同様の観点はこれまでにもあった。しかし、「指導力向上の時間・機会」や「教員の組織づくり」の観点は見られていない。ICT を活用した授業研究に時間を割き、教員が研鑽を積む機会を設けることは教師教育として重要である。学校全体として ICT の活用を普及させるには、ICT の利用状況でむやみに能力評価されない認識合わせや、教員間で協働した体制づくりも効果的である。

これらは「教育方法論」の授業では取り上げにくく、本学では学部 2 年生または 3 年生で履修しているため、学校経営の理論や「チームとしての学校」などの知識は未習得だったと思われる。これまでの我々の取り組みの限界が明らかになったとともに、他の教職課程科目での学習内容と横断して ICT 活用教育を捉え直させることができれば、学校教員と同様の観点が得られる可能性がある。

## 4. おわりに

本稿では、学校教員を対象とした ICT を活用した授業における難しさに関する調査結果を報告し、学校教員が抱く問題とその解決の観点を明らかにした。これまでの取り組みにおいて、教職課程履修生は、ICT を活用した学習体験を行うことで、学習者主体の教育への活用可能性に気づくことができたものの、ICT 活用教育への不安を解消するための気づきは見られなかった。質問文に不安の解消について明示されていないことも起因する可能性があるものの、今回の調査で表れた新たな観点は、他の教職課程科目での学びとの複合的な考察を促さなければ難しいだろう。

「教科教育法」でも ICT 活用教育を取り上げることとなったが、それぞれの授業でばらばらに学ぶのではなく、他の授業と横断した考察ができるような授業づくりが有効であることが示唆された。

本稿では取り上げなかったが、学校教員向けの調査では ICT を活用することの良さについても質問している。履修生と比較することで、観点の広がりや認識の深さをさらに評価できるため、この分析は今後の課題とする。教職課程として ICT 活用指導力をどこまで修得するべきかを示し、教職課程の各授業でどのように ICT 活用教育を取り上げるかを議論していきたい。

### 付記

計量テキスト分析には KH Coder2 を用いた。そのコーディングルールを示す。コーディングルールの記法は樋口による書籍[9]を参照いただきたい。

**＊ICT スキルへの不安**

'新たな' or 新しい or 負担 or '時間がかかる' or 管理 or seq(準備-時間) or seq(用意-時間) or seq(操作-時間) or '映るまで時間' or 'Wi-Fi が使えるかどうか' or near(機械-苦手) or near(教員-スキル) or '慣れている生徒' or '直感的に使える' or 習熟 or 障害 or '操作が難しい' and not seq(金銭-負担)

**＊機器不具合**

不具合 or 故障 or 誤作動 or 操作 or near(機械-動作) or 整備 or 破損 or 不安定 or 'コンピュータによるトラブル' or 誤操作 or near(機器-調子) or 壊す

**＊従来学習と比較した批判**

'生徒と向き合う時間' or 手書き or '手で写す' or ノート or 特別支援 or 板書 or '書く力' or seq(こつこつ-面倒) or '手足を使って' or '見る力・聴く力が減退' or seq(情報-乏しい) or seq('サテライト'-'変わらない') or near(黒板-書く) or '持って帰れない' or 文字 or '今までの授業' or '手を使って' or seq(書く-活動)

**＊知識定着と深い理解**

'じっくり考える' or 理解 or '偏ったものの見方' or 読解力 or seq('思考力'-'はずなのに') or 定着 or seq(知識-獲得) or ディスカッション or '分かったつ

もり' and not seq(理解-反面)

**＊情報モラルや利用ルール**

リテラシー or モラル or near(情報-取り扱い) or ゲーム or 自制心 or ルール or 開示 or モチベーション or 意欲 or 遊び or 約束事 or seq(生徒-責任) or seq(生徒-関心-'関係ない') or near(情報-選択)

**＊指導力向上の時間・機会**

教材研究 or seq(技術-習得) or 時間配分 or '決まった授業時間' or '授業の時間は限られている' or '学ぶ機会' or seq(時間-減る) or '対応が追いつかない' or '教えられる力' or 'スキルが足りない' or seq(教材-作成) or '授業研究' or seq(コンテンツ-作成)

**＊教員の組織づくり**

'先生の調整' or '使えるか使えないかで評価' or クレーム or '同じ教科内での考え方' or '教員同士が助け合い' or '教員で共有' or '知識の共有'

**謝辞**

本研究は青山学院大学「2019 年度基盤研究強化支援推進プログラム」の助成を受けたものです。

**参 考 文 献**

(1) 文部科学省： "教員の ICT 活用指導力の基準." https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/1296901.htm (2007). （2020 年 2 月 4 日アクセス）

(2) 文部科学省：“法令改正及び教職課程の認定の概要”, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoin/1414533.htm (2019). （2020 年 2 月 4 日アクセス）

(3) 文部科学省 : Society5.0 時代に対応した教員養成を先導するフラッグシップ大学の在り方について（中間まとめ） https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/082/sonota/1421812.htm (2019). （2020 年 2 月 4 日アクセス）

(4) Mishra, Punya, and Matthew J. Koehler. "Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge." Teachers college record, Vol.108, No.6, pp.1017-1054 (2006).

(5) Ertmer, P. A. (1999) Addressing first-and second-order barriers to change: Strategies for technology integration. Educational technology research and development, Vol.47, No.4, pp.47-61.

(6) 内田瑛, 湯浅且敏：“教員養成課程履修生に向けた ICT を活用した模擬授業の実践”,第 43 回教育システム情報学会全国大会, pp.261-262,(2018).

(7) Hikaru Uchida, Katsutoshi Yuasa: "A Practice Report on the Active Learning using Business Game for the Teacher Training Students", Evolutionary Computing and Artificial Intelligence, pp. 42-48, Springer, (2019).

(8) 内田瑛, 湯浅且敏： "アクティブラーニングにおける ICT の役割を考えるためのゲーミング", 日本教育工学会研究報告集（JSET19-1）, pp.155-162, (2019).

(9) 樋口耕一, “社会調査のための計量テキスト分析 : 内容分析の継承と発展を目指して”, ナカニシヤ出版, (2014)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# 授業の到達目標の達成度評価と成績との関連性分析

酒井 浩二[*1], 阿部 一晴[*1]
*1 京都光華女子大学 キャリア形成学部

# Relationship Analysis between Self-Evaluated Goal Achievement of Courses and their Grades

Koji Sakai[*1], Issei Abe[*1]
*1 Faculty of Career Development, Kyoto Koka Women's University

２名の教員が担当した計 13 科目について，受講生が 15 回目授業で科目の到達目標の達成度評価を行った．データ分析の結果，各科目で設定された３つの到達目標の達成度評価はすべて高い，低い，高低の違いがある，の３つの傾向であった．到達目標の達成度と成績は全体的には関連しなかった．成績と照らし合わせると，達成度を過大評価，過小評価する回答群の割合も比較的高かった．成績は，到達目標の達成度評価の未回答群は回答群より低かった．ディプロマポリシーの達成度を客観的に検証するためには，学生の自己評価による到達目標の達成度評価は活用しないほうがよいと考えられる．

キーワード: 授業科目，到達目標，達成度評価，成績

## 1. はじめに

本稿の目的は，授業の到達目標の達成度評価データと成績データとの関連性を分析し，達成度評価データの有効活用性を検証することある．

大学 4 年間の学修成果のアセスメントが，卒業時の質保証の観点で重要になる．アセスメント方法として，国家資格試験，卒業研究(1)，専門実習，ディプロマポリシー（DP）の評価などがある．また，学修成果を特定の学修成果でなく，多面的に可視化した研究もある(2)．学修成果の中で，DP の達成度は提起する学科・学部あるいは大学の学位授与の方針であり，学士の称号を与えるうえでも大変重要になる．DP の達成度に関する学生の２，４年次の自己評価データを経年比較し，向上度が検証されている(1)．

大学教育では，DP に基づきカリキュラムポリシー（CP）が策定され，カリキュラムが設計される．そして，学部・学科が設定するカリキュラムマップ（CM）に基づき，４年間のカリキュラムによる DP の保証が体系的に示される．そして CP に基づき，各科目の到達目標が設定される．表１は，本学の特定学科における CM 内の科目例である．CM 内の各科目で原則として到達目標が３つ設定され，それらの配分と，各到達目標と関連する DP 項目が２つ以内で紐づけて明示されている．CM の作成方法については，各科目の到達目標は１つ(3)，各科目と強く関連する DP 項目の個数に上限なし(4)，など多様である．科目の到達目標の達成度が十分であれば，その科目と強く関連する DP の達成に寄与したとみなせる．

通常，各科目の学修成果の評価に基づき成績評価され，その結果が学生にフィードバックされる．科目の到達目標が１つの場合は，成績評価が到達目標の達成度そのものになる．しかし，到達目標が２つ以上の科目の場合，成績評価データから科目の到達目標の達成度を把握できない．上述の通り，CM の中で設定された各科目の到達目標の達成度の検証を通じて DP が保証されることから，達成度の定量的なアセスメントは重要である．

各科目の到達目標の評価方法として，授業担当教員による評価と，学生による評価がある．前者の場合，個別学生に関して到達目標の達成度を学修成果に基づき教員が評価することになる．しかし，授業担当教員が課す学修成果は，個別の到達目標でなく２つ以上の

到達目標を含むことが多いため，複数の到達目標を個別に定量化しにくい．一方，後者の場合，学生が個別に到達目標を自己評価するため,データ収集しやすい．しかし，学生が客観的に到達目標の達成度を自己評価しているかを検証するために，多様なデータも用いて検証することが重要になる．

科目の到達目標の達成度を学生が自己評価した実践研究として，身体表現（体育）[5]，母性看護学援助論[6]など，科目の初回，中間，最終回の授業で達成度評価を行い，有意差がみられるか検証した研究が多い．２科目に関して，初回１回目より最終回 15 回目の授業で到達目標の達成度評価が有意に向上したことを検証し，また２か年の達成度評価データを収集して前年度との違いを比較検証した[5]．また，各科目で DP の各項目に関する到達目標をルーブリック形式で設定し，２科目に関して，８つの DP 項目のすべてにおいて，中間より最終回の授業で到達目標の達成度評価が有意に高かったことを検証した[6]．また，９回分授業に関して，各授業回の到達目標の達成度評価と自修時間の関係性をデータ分析した結果，双方が相互関係にある可能性があり，双方の伸びにズレを生じさせつつも相互的に上昇していく傾向を見出している[7]．また，重回帰分析の結果，理学療法臨地実習の到達目標の達成に強く影響する独立変数は,「時間的ゆとり」「ロールモデル」「理解・尊重」「情報提供者」の４つであると分析した[8]．

本稿では，本学の 2019 年度の前期に２名の教員が担当した 13 科目で，授業の到達目標の達成度を学生が自己評価したデータを収集・分析する．本学の教員は，個別学生に関する授業の到達目標の達成度評価データを管理できる情報システム環境であった．授業担当教員は，達成度の言語表現の設定やデータのダウンロードを各自で行い，個別学生に関する他のデータと関連させて分析できた．本稿では，受講生の達成度評価のデータと成績データを関連させて分析し，達成度評価データの有効活用性を検証する．

## 2. 方法

### 2.1 分析対象の科目

分析対象となった科目は，２名の教員が担当した，2019 年度の前期に開講された全学共通科目および専門科目の計 13 科目であった．

### 2.2 評定時期

到達目標の達成度評価の実施日は, 2019 年度の前期の最後の授業回（15 回目）で，科目により異なったが 2019 年７月 22 日～26 日の期間であった．３つの到達目標は，１回目授業時に受講生に説明されていた．

### 2.3 回答学生

回答学生は本学の学生１～４年生で，授業中にスマートフォン，パソコン等で回答した．回答に要する時間は，説明が２分程，ログインが２分程，回答は３つの到達目標を４段階評価であり１分程であった．

**表 1 カリキュラムマップ内の科目例**

| 主題 | 到達目標 | 配分 | ディプロマシーの項目番号 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | ⑩ |
| テキストマイニングの手法を理解し，アプリケーションを使って既存のテキストデータを分析する技法と，分析結果を的確に解釈，考察する能力を身につける． | テキストマイニングの手法を理解できる | 20 | | | | ○ | ◎ | | | | | |
| | アプリケーションを使って，既存のテキストデータを分析できる | 50 | | | | ◎ | ○ | | | | | |
| | テキスト分析結果を的確に解釈し考察できる | 30 | | | | ◎ | | | | | | ○ |

配分　学習量（授業内外の学修活動の総和）全体を 100 としたときの配分

◎：DP 達成のため設定された項目と強い関連性がある

○：DP 達成のため設定された項目と相当程度の関連性がある

### 2.4 評価システム

本学のポータルサイト「光華 navi」内に構築されたルーブリック評価システムを使い，受講生がスマートフォン，パソコンで回答した．授業担当教員は，評価する事前に各科目に達成度の評価水準を入力した．

### 2.5 評価の手続き

授業担当教員が受講生に，資料配布やスクリーン投影などの方法で科目の３つの到達目標を示し，各到達目標の達成度を４段階「４：十分達成できた」「３：達成できた」「２：達成できなかった」「1：全く達成できなかった」で，スマートフォン，パソコン等で受講生は入力して評価した．

### 2.6 データ収集

受講生が入力した到達目標の達成度評価データは，ポータルサイトに csv ファイルで蓄積され，評価直後から教員はダウンロードできた．教員２名がポータルサイトから csv データをダウンロードし，分析した．

### 2.7 データ分析

２名の教員が担当する計 13 科目から得られた達成度評価データについて，以下の３つについて分析した．

2.7.1 達成度評価の記述統計

各科目に関して，３つの到達目標のそれぞれについて，達成度評価の度数分布表を作成し，平均値を算出した．

2.7.2 達成度評価と成績の関連性分析

各科目に関して，３つの到達目標の達成度評価の平均値と，素点の成績とのあいだの相関分析を行った．

**表 2 達成度評価の度数分布表**

(a) 教員 A

| 科目 | 到達目標 | 達成度 | | | | | 低い科目 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 4 | 3 | 2 | 1 | 平均 | |
| A | ① | 1 | 4 | 1 | 2 | 2.5 | ＊ |
| 8 名 | ② | 0 | 6 | 1 | 1 | 2.6 | ＊ |
| 38% | ③ | 0 | 5 | 1 | 2 | 2.4 | ＊ |
| B | ① | 0 | 5 | 1 | 0 | 2.8 | |
| 6 名 | ② | 0 | 5 | 1 | 0 | 2.8 | |
| 50% | ③ | 0 | 4 | 2 | 0 | 2.7 | ＊ |
| C | ① | 2 | 8 | 2 | 0 | 3 | |
| 12 名 | ② | 2 | 7 | 3 | 0 | 2.9 | |
| 63% | ③ | 2 | 6 | 3 | 1 | 2.8 | |
| D | ① | 3 | 8 | 0 | 1 | 3.1 | |
| 12 名 | ② | 5 | 3 | 4 | 0 | 3.1 | |
| 32% | ③ | 2 | 7 | 1 | 2 | 2.8 | |
| E | ① | 5 | 26 | 14 | 1 | 2.8 | |
| 46 名 | ② | 4 | 27 | 12 | 3 | 2.7 | ＊ |
| 70% | ③ | 4 | 30 | 10 | 2 | 2.8 | |

(b) 教員 B

| 科目 | 到達目標 | 達成度 | | | | | 低い科目 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 4 | 3 | 2 | 1 | 平均 | |
| F | ① | 4 | 1 | 0 | 0 | 3.8 | |
| 5 名 | ② | 0 | 3 | 2 | 0 | 2.6 | ＊ |
| 100% | ③ | 0 | 0 | 4 | 1 | 1.8 | ＊ |
| G | ① | 2 | 5 | 1 | 0 | 3.1 | |
| 8 名 | ② | 1 | 6 | 1 | 0 | 3.0 | |
| 89% | ③ | 0 | 7 | 1 | 0 | 2.9 | |
| H | ① | 2 | 5 | 0 | 1 | 3.0 | |
| 8 名 | ② | 0 | 6 | 1 | 1 | 2.6 | ＊ |
| 62% | ③ | 0 | 4 | 3 | 1 | 2.4 | ＊ |
| I | ① | 16 | 42 | 3 | 1 | 3.2 | |
| 62 名 | ② | 19 | 40 | 3 | 0 | 3.3 | |
| 57% | ③ | 10 | 47 | 5 | 0 | 3.1 | |
| J | ① | 0 | 18 | 5 | 1 | 2.7 | ＊ |
| 24 名 | ② | 0 | 17 | 5 | 2 | 2.6 | ＊ |
| 51% | ③ | 0 | 14 | 8 | 2 | 2.5 | ＊ |
| K | ① | 6 | 16 | 1 | 0 | 3.2 | |
| 23 名 | ② | 9 | 13 | 1 | 0 | 3.3 | |
| 66% | ③ | 10 | 11 | 2 | 0 | 3.3 | |
| L | ① | 3 | 20 | 7 | 0 | 2.9 | |
| 30 名 | ② | 4 | 25 | 1 | 0 | 3.1 | |
| 57% | ③ | 3 | 24 | 3 | 0 | 3.0 | |
| M | ① | 2 | 2 | 1 | 0 | 3.2 | |
| 5 名 | ② | 2 | 3 | 0 | 0 | 3.4 | |
| 36% | ③ | 1 | 4 | 0 | 0 | 3.2 | |

＊2.7 以下の項目

また，全科目に関して，３つの到達目標の達成度評価を２群（評定データが「４」「３」の「十分」，「２」「１」の「不十分」）×素点の成績を３群（80 点以上，70～80 点未満，70 点未満）の，計６群に分けてクロス集計を行った．

2.7.3 回答者と未回答者の有意差検定

各科目に関して，達成度評価の回答群と未回答群で成績の平均値に有意差があるかどうかを検証するために，t 検定を行った．

**表 3 達成度と成績の相関係数 r**

(a) 教員 A

| 科目 | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| 相関 r | 0.776* | -0.771 | -0.425 | 0.278 | 0.134 |

(b) 教員 B

| 科目 | G | H | I | J |
|---|---|---|---|---|
| 相関 r | -0.129 | 0.891** | 0.273* | -0.175 |
| 科目 | K | L | M | |
| 相関 r | -0.02 | 0.193 | 0.204 | |

*p<0.05　　**p<0.01

**表 4 達成度と成績のクロス集計**

| | 十分 | 不十分 | 合計 |
|---|---|---|---|
| 80 点以上 | 81 (32.5%) | 40 (16.1%) | 121 (48.6%) |
| 70～80 点 | 52 (20.9%) | 14 (5.6%) | 66 (26.5%) |
| 70 点未満 | 46 (18.5%) | 16 (6.4%) | 62 (24.9%) |
| 合計 | 179 (71.9%) | 70 (28.1%) | 249 (100%) |

**表 5 達成度評価の回答群と未回答群の成績の差**

(a) 教員 A

| 科目 | D | E |
|---|---|---|
| t 値 | 3.43** | 2.50* |

(b) 教員 B

| 科目 | I | J | K | L |
|---|---|---|---|---|
| t 値 | 5.10*** | 3.09** | 2.81** | 2.90** |

*p<0.05　　**p<0.01　　***p<0.001

## 3. 結果

### 3.1 達成度評価の記述統計

表２は，教員 A，B の２名に関して，各科目の回答者数と回答率，達成度の度数分布表と平均値を示す．表２(a)の教員 A の特徴として，科目 A で３つのすべての到達目標で 2.7 以下の達成度と低い傾向であった．また，科目 D で，到達目標①，②に比べて，到達目標③が低い傾向であった．全体として，全５科目の平均が 2.8 と低い傾向であった．

一方，表２(b)の教員 B の特徴として，科目 F, H で，３つの到達目標のあいだで達成度の平均値の差が大きかった．科目 I，K，M で，３つのすべての到達目標の平均値が 3.0 以上であった．また，科目 J で３つのすべての到達目標の平均値が 2.7 以下であった．全体として，全８科目の平均が 3.0 と高かった．

### 3.2 達成度評価と成績の関連性分析

表３は，教員 A，B の各科目の達成度と素点の成績を相関分析した結果である．有意な正の相関関係がみられた科目数は，表３(a)で５科目のうち１科目，表３(b)で７科目のうち２科目で，全体としては 12 科目のうち３科目であり，有意な相関がない傾向であった．

表４は，教員 A，B の全科目の，４段階の達成度のうち「４」「３」を「十分」，「２」「１」を「不十分」の２段階で，素点の成績を「80 点以上」「70～80 点未満」「70 点未満」の３段階で数値化し，両変数をクロス集計表にしたものである．３つのどの成績水準でも，達成度が「十分」の回答率は「不十分」の回答率より高かった．カイ二乗検定の結果，達成度と成績のあいだに有意な関連はなかった（$\chi$=3.18, df=2, n.s.）．

表４の結果で，成績が 80 点以上の場合，達成度が十分は「高い成績で妥当評価」（20.9%），不十分は「過小評価」（16.1%）とみなせる．また，成績が 70 点未満の場合，達成度が十分は「過大評価」（18.5%），不十分は「低い成績で妥当評価」（6.4%）とみなせる．高い，および低い成績で「妥当評価」の回答率の合計が 38.9%で，「過大評価」「過小評価」の回答率の合計が 34.6%と，両者に大きな差がなかった．教員による成績評価と学生による達成度評価のあいだに，ある程度高い不一致がみられる．

### 3.3 回答者と未回答者の有意差検定

表５は，教員 A，B の担当の計 13 科目のうち，到達目標の達成度評価に回答した学生と未回答の学生の両群が 5 名以上であった計６科目での，両群間の成績評価の平均値を比較した結果である．t 検定の結果，６科目のいずれも，回答群のほうが未回答群より成績は有意に高かった．

## 4. 考察

### 4.1 到達目標の達成度評価

表２のように，３つの到達目標の達成度評価が，すべて高い，すべて低い，高低の差がある，の３つの傾向に分かれた．この結果の主な要因として，以下の３つが考えられる．１つめは，科目の難易度と到達目標の水準である．到達目標の達成度評価は，たとえば全学共通科目で基礎的な演習内容などの難易度の低い科目では高く，専門課程で専門性の高い授業内容などの難易度の高い科目では低くなると想定される．また，到達目標の達成度は，到達目標を高い水準に設定すると低く，到達目標を低い水準に設定すると高くなると想定される．達成度評価，成績データ，科目の難易度などを勘案して，到達目標の水準を設定して授業計画を設計するのが重要になる．２つめは，15 回分の授業計画である．到達目標に関する授業内容がきちんと含まれていないと，達成度評価は低くなる．15 回分の授業計画を通じて，３つの到達目標は達成できるかどうか，授業計画どおりに授業運営できたかどうかの検討が重要になる．３つめは，各教員の授業方法と教授技能である．表２で教員 A と教員 B を比較すると，達成度評価の平均は教員 A，B で有意差はなかったものの（t=1.6，n.s.），教員 B（3.0）のほうが教員 A（2.8）より 0.2 も高い値であった．この差は，授業担当教員の授業方法の工夫や教授技能の差を反映しているかもしれない．

### 4.2 達成度評価と成績との関連性

表３のように，科目により異なったが，全体的には達成度評価と成績との関連はない傾向であった．科目の到達目標の達成度について，学生の自己評価だけで検証できないことが示される．また表４のように，教員による成績評価の水準と，学生による達成度評価の水準が，一致の回答率 38.9%と不一致の回答率 34.6%で大きな差がなかった．達成度評価が過大評価（18.5%），過小評価（16.1%）の割合は，比較的高かった．この結果の主な要因として２つ考えられる．

１つめは，到達目標，評価方法などの理解不足である．科目の到達目標や評価方法はシラバスに明記され，１回目授業で説明されるが，15 回目までずっと把握し続けることは難しいかもしれない．たとえば中間の８回目授業で，シラバスを使って科目の到達目標や評価方法を，また表１の CM を再認識する機会が重要である．本稿の評価システム「光華 navi」は，各担当教員が達成度の言語表現を設定して評価データを随時収集できるシステムである．到達目標の認識を深め，それに向けた学修行動促進のために，たとえば１回目，８回目授業でも到達目標の達成度評価を実施するのも重要となる．このデータ収集により，複数回の授業の達成度評価データを比較した研究[5][6]のように，１，８，15 回目授業のあいだで達成度の推移を比較できる．

２つめは，学修成果の評価観点と達成度の理解不足である．担当教員は，到達目標の達成度を把握するために課題を課すが，学生はその学修成果を自己評価することが難しいかもしれない．たとえばレポート[9]やプレゼンテーション[10]など，学修成果の評価観点をルーブリック等で課題提示時に明示し，その評価結果を学生にフィードバックすることが，達成度評価の自己評価の力を高めるうえで重要となる．

### 4.3 回答の有無による成績評価の違い

表５のように，６科目すべてにおいて，達成度評価の回答群より未回答群のほうが成績は有意に低かった．表２で，教員 A（51%）と教員 B（65%）の全科目の回答率は，それほど高くなかった．この評価回答の有無は成績に反映されなかったため，回答を敬遠する学生が多くなったかもしれない．全受講生における各科目の到達目標の達成度は，本稿の結果と異なることが十分想定される．

15 回分授業を振り返って到達目標の達成度を自己評価することは，学力の向上の認識や今後の学修改善につなげるなど，学生にとって重要となる．到達目標の達成度評価の回答率を上げるために，回答時の教員の説明方法を改善するのが重要かもしれない．

### 4.4 授業評価との関連

本稿で実施した到達目標の達成度評価は，15 回目授業で科目ごとに授業担当教員が促して実施した．一方，評価結果を授業改善につなげる目的から，本学では学生の授業評価を 10 回目授業で実施している．評価は科目ごとでなく，特定科目で全科目分の授業評価を回答するように授業担当教員が促している．そのため，学生の授業評価と，到達目標の達成度評価は，評価の方法と時期が異なる．学生の授業評価の方法は，各科目の 10 回分授業をしっかり振り返って評価するために，達成度評価と同様，科目ごとに実施するのが適切かもしれない．紙で授業評価を実施の場合，科目ごとの実施はデータの回収，集計に手間がかかる．しかし，ポータルサイト「光華 navi」を使って授業評価も達成度評価も実施しているため，それほど煩雑にならずに効率的に授業評価データも科目ごとに収集できる．

### 4.5 ディプロマポリシーの達成度の検証

表３，４のように，到達目標の達成度は成績と関連しない傾向であった．客観的な学修成果に基づく DP の達成度の検証では，学生の自己評価による達成度データは分析対象にはしないほうがよいかもしれない．学修成果に基づき，各到達目標の達成度を教員が評価できればよいが，難しい場合もあり，以下はその置き換え方法である．

本学では全科目について，表１の科目例のように，各科目の３つの到達目標は全体を 100%として配分され，各到達目標は該当する DP と CM 内で紐づけされている．たとえば，科目と DP の紐づけについて「◎」を「１」,「○」を「0.5」で数値化し，成績について「秀」を「４」,「優」を「３」,「良」を「２」,「可」を「１」と重みづけする．そして，各科目で紐づけ×配分×成績で積算した値を算出し，全科目分を総和して，各 DP の客観的な達成度を定量化できる．DP の達成度の検証方法として，たとえば学外テストの結果に基づく方法(11)も重要な側面をもつが，大学教育における DP と CP の重要性を考えると，CM に基づく評価が第一に重要になる．

## 参 考 文 献


(1) 酒井浩二，土居淳子，Carolyn Wright，知念葉子，吉田咲子，高野拓樹，佐滝剛弘: “卒業研究のルーブリック評価による卒業時の質保証の検証”，日本教育工学会研究会報告集, JSET19-4, pp.175-182 (2019b)

(2) 酒井浩二，阿部一晴，今岡義明: “4 年間の学修成果の関連性分析による定量的可視化”，日本教育工学会研究会報告集, JSET19-5, pp.233-240 (2019c)

(3) 桑田正行，安藤芳晃，西一樹，中村淳，田中勝己: “教育の質保証評価ツールとしてのカリキュラムマップ”，電気通信大学紀要，第 25 巻，第 1 号, pp.41-50 (2013)

(4) 田中博子，岡村千鶴，佐藤亜月子，田中樹，堀之内若名，定村美紀子: “地域包括ケア時代をふまえた本学科の看護基礎教育課程の可視化 ： カリキュラム・マップとカリキュラム･ツリーの一体化”，帝京科学大学紀要，第 15 巻, pp.197-203 (2019)

(5) 佐橋由美: “幼小教職必修「身体表現(体育)A・B」の授業内容の検討と学生の到達度評価,実践的指導力向上からみた授業効果の検証”，大阪樟蔭女子大学研究紀要，第 8 巻, pp.75-86 (2018)

(6) 鷲尾弘枝，宮崎誠: “看護基礎教育における e ポートフォリオ学習の実践報告(第 4 報)母性看護学におけるルーブリック評価の試み”，畿央大学，第 16 巻，第 1 号, pp.53-63 (2019)

(7) 滝沢ほだか，横田典子，野田美樹: “保育・教職実践演習（幼）の主体的な学びの効果③－自修時間と意識の変化の関連から－”，岡崎女子大学･岡崎女子短期大学研究紀要，第 52 巻, pp.111-119 (2019)

(8) 白石和也，宮原拓也，加藤研太郎: “高島恵実習の到達目標の達成に影響する実習指導要因の検討:−学生による実習の到達目標の達成度に対する 自己評価と実習指導に対する評価から−“，理学療法科学，第 33 巻，第 2 号, pp.347-352 (2018)

(9) 酒井浩二，小澤千晶，土居淳子，阿部一晴，乾明紀: “初年次教育におけるレポート作成の指導法とルーブリック評価によるフィードバックの効果”，日本教育工学会研究会報告集, JSET19-3, pp.129-134 (2019a)

(10) 吉田咲子，酒井浩二: “チーム活動における学修成果の可視化とフィードバックによる変容”，京都光華女子大学･京都光華女子大学短期大学部研究紀要，第 57 号, pp.97-108 (2019)

(11) 和島孝浩，佐々木千夏，椎名澄子，北島滋: “社会人基礎力を用いたディプロマポリシーの検証法”，旭川大学短期大学部紀要，第 49 巻, pp.65-79 (2019)

JSiSE Research Report
vol.34,no.6(2020-3)

# グループディスカッションの遠隔指導支援に向けた映像分析の試み

髙田知裕[*1]，根子稚絢[*1]，卯木輝彦[*2]，敷田幹文[*1]
*1 高知工科大学, *２フォトロン

# An attempt of Video Analysis for Remote Guidance Support of Group Discussion

Chihiro Takada[*1], Chihiro Neshi[*1], Teruhiko Unoki[*2], Mikifumi Shikida[*1]
*1 Kochi University of Technology, *2 Photron

近年，アクティブ・ラーニング型の授業が増加しており，グループ学習の重要性が高まっている．そこで，我々は，遠隔技術やセンシング技術等を用いた，遠隔指導支援システムの実現を目指している．本稿は，その計画の一部という位置づけであり，グループ学習において，教員が遠隔での的確な指導を実現するための支援を，映像を分析することにより目指したものである．実験では，グループディスカッションの様子を iPad で撮影する．そして，その映像から得られた特徴量と，学習者のグループ学習における評価を，重回帰分析を用いて分析し，t 値により，説明変数と目的変数の間にどのような関係性があるのかを明らかにする．その結果から，映像から得られる特徴量は，指導において有用性があることを示す．

キーワード: アクティブ・ラーニング，グループ学習，遠隔指導，映像分析，機械学習

## 1. はじめに

現在文部科学省では，教育現場で ICT 環境を基盤とした先端教育・教育ビッグデータの活用のための計画が進められている．この意義として，「学びにおける時間・距離などの制約を取り払う」，「個別に最適で効果的な学びや支援を実現する」，「可視化が難しかった学びの知見の共有やこれまでにない知見を生成する」，「校務を効率化する」といったものがある．これらを実現するための具体的な取り組みとして，遠隔技術やセンシング技術を導入し，子どもの個々の状況を高い精度で客観的かつ継続的に把握する，というものがある(1)．

また，今後の教育においては，知識・技能，思考力・判断力・表現力等，学びに向かう力や人間性など情意・態度等に関わるもの全てを，いかに総合的に学んでいくか，ということが重要であるとしている.これらを実現するための学習手法として，アクティブ・ラーニングがある(2)．アクティブ・ラーニングは，これからの教育課程の理念である「社会に開かれた教育課程」を実現するための学習手法として重要視されている(3)．

これらの背景から，我々は，アクティブ・ラーニングのひとつであるグループ学習に着目した研究を行っている．本研究計画は，教員の指導の困難さという観点から，複数グループのグループ学習を支援対象とする．グループ学習を行うグループがひとつの場合，指導教員がその場に存在せずとも映像をリアルタイムでの映像閲覧等ができれば，十分な指導ができると考えられる. しかし， 複数グループが同時にグループ学習を行う場合， 同じ教室内に指導教員がいたとしても，全てのグループを同じように指導することは困難であると思われる．また，教員が複数いたとしても，教員によって指導の仕方は変わるため，現代教育の目標である，「誰一人取り残すことのない，公正に個別最適化された学び」の実現(1)は困難であると考えられる．

これらの問題を解決するために，本計画では，遠隔技術やセンシング技術等を用いて，指導教員が，どの

グループにどのような指導を行うべきなのかを提示する支援システムを目指す．本稿における研究は，この計画の一部である．この計画を実現するためには，学習者の心理的・身体的な状態をデバイスによって把握する必要がある．

この計画の関連研究として，圧力センサを用いた学習者の姿勢の推定[4]，ペンタブレットを用いた学習者の筆記の遅れをリアルタイムに検知するシステム[5]，シート圧力センサと Web カメラを用いた学習者の集中度の推定[6]などがある．さらに，ヘッドセットマイクを用いた発言状況に応じた議論時間の調整[7]や，スマートフォンと近接マイクを用いた発話情報による貢献度の推定[8]などの，グループ活動においてデバイスを利用した研究も存在する．しかし，これらの研究では専用のデバイスが必要であり，教育現場での運用を想定すると，現段階では実現が困難であるといえる．

本研究では，実現可能性の高いデバイスとして，カメラを用いたグループ学習の支援を検討する．今回は，上半身の映像のみから得られる情報で，学習者をどの程度評価することが可能であるかを調べるため，大学生によるグループディスカッションを実験対象とする．その様子を撮影し，学習者の評価に有用性がある特徴量の検出を行う．

## 2. 実験方法

### 2.1. 目的

本実験では，グループディスカッション中の映像から得られた，笑顔や手振り，顔の向きなどの特徴量を分析することで，学習者を評価するためにどのような点に着目するべきか検討を行う．

また，発言があまりない人やディスカッション中に手遊びをしている等，指導の必要であると考えられる参加者を検出することが可能であるか評価することである．

### 2.2. グループディスカッションの撮影

本実験では，男性 4 人，女性 4 人の 20 代の大学生計 8 人に被験者として参加してもらった．被験者を男性 2 人，女性 2 人の計 4 人のグループを 2 つつくり，それぞれ 30 分で，決められたテーマについてグループディスカッションを行ってもらった．そして，グループ内で意見を 1 つに絞ってもらい，その意見を発表することを課題とした．これらの様子を iPad で撮影した．ここで，ビデオカメラではなく，iPad を用いた理由は，ビデオカメラほど撮られているということを意識しないと思われるので，より自然なグループディスカッションを実施できると考えたからである．

図 1 は実験を模式的に表した図である．

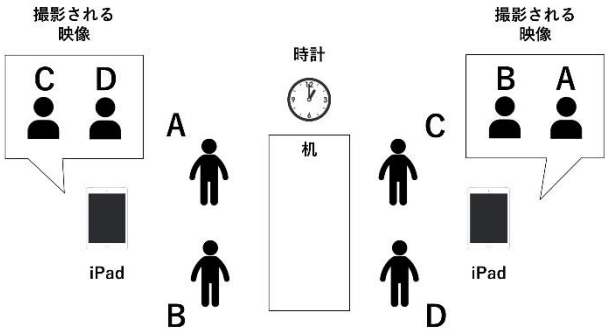



**図 1 実験の様子**

### 2.3. データの分析手法

今回は，映像からわかる特徴量（表 1 の項目）を測定する．この特徴量は，映像と音声のみから抽出可能な客観的指標としている．また，それぞれの被験者を複数の項目（表 2）から評価する．ここでの評価は，指導者の視点から見た，協調性や他者への配慮などのコミュニケーション能力についてのものである．

撮影した 30 分の動画を 10 秒間のスロットに分割し，スロット毎に被験者の特徴量の抽出と学習者としての評価を行った．このとき，スロット毎に被験者を“発言者”と“非発言者”に分類した．また，これらの工程は手作業で行った．

特徴量の抽出では，表 1 にある「笑顔の度合」などの項目を発言者に 12 項目，非発言者に 18 項目設定し，1～5 の 5 段階で，スロット毎に発言者 1 人と非発言者 3 人の各項目の特徴量を数値で評価した（表 1）．

被験者の評価では，表 2 にある「他の人に伝えようと努力しているか」などの項目を発言者に 10 項目，非発言者に 5 項目設定し，スロット毎に発言者 1 人と非発言者 3 人の各項目を，1～5 の 5 段階で評価を行った（表 3）．数値が大きいほど評価は高くなっている．

そして，特徴量の全項目を説明変数，評価項目の合計値を目的変数とし，重回帰分析を行い，t 値により説明変数の目的変数に対する効果を評価する．

**表 1 被験者の映像における特徴量とその抽出方法**

| 対象者 | 項目 | 数字の意味 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 全体 | 笑顔の度合 | 真顔(笑顔でない) | 口角が若干上がっている | 口角が少し上がっている | 口角が上がっている | 歯が見える |
| | 笑顔の時間 | 0 秒 | 0~2 秒 | 2~4 秒 | 4~6 秒 | 6 秒超過 |
| | 片方の肘をついている時間 | 0 秒 | 0~2 秒 | 2~4 秒 | 4~6 秒 | 6 秒超過 |
| | 両方の肘をついている時間 | 0 秒 | 0~2 秒 | 2~4 秒 | 4~6 秒 | 6 秒超過 |
| | 顔や髪を手で触っている時間 | 0 秒 | 0~2 秒 | 2~4 秒 | 4~6 秒 | 6 秒超過 |
| | 腕を組んでいる時間 | 0 秒 | 0~2 秒 | 2~4 秒 | 4~6 秒 | 6 秒超過 |
| | ペンを両手で持っている時間 | 0 秒 | 0~2 秒 | 2~4 秒 | 4~6 秒 | 6 秒超過 |
| | ペンを回している時間 | 0 秒 | 0~2 秒 | 2~4 秒 | 4~6 秒 | 6 秒超過 |
| | 手を動かしている時間 | 0 秒 | 0~2 秒 | 2~4 秒 | 4~6 秒 | 6 秒超過 |
| | 発言者以外とのアイコンタクトの回数 | 0 回 | 1 回 | 2 回 | 3 回 | 4 回以上 |
| 発言者 | 発言の音量 | 注意しないと聞こえない | 少し聞き取りづらい | 普通(日常会話程度) | 少し大きめに話している | はっきりと聞こえる |
| | 発言の時間 | 0 秒 | 0~2 秒 | 2~4 秒 | 4~6 秒 | 6 秒超過 |
| 非発言者 | 顔の左右の向き（発言者を 0 度） | それ以上または発言者不在 | 約±90 度 | 約±60 度 | 約±30 度 | 約 0 度 |
| | 顔の上下の向き（発言者を 0 度） | 約±60 度または発言者不在 | | 約±30 度 | | 約 0 度 |
| | うなずきの回数 | 0 回 | 1 回 | 2 回 | 3 回 | 4 回以上 |
| | 首を傾けた回数 | 0 回 | 1 回 | 2 回 | 3 回 | 4 回以上 |
| | 何らかの意思表示以外の顔の向きの度合 | あまり動いていない | 少し動いている | 動いている | 大きく動いている | 激しく動いている |
| | メモをしている時間 | 0 秒 | 0~2 秒 | 2~4 秒 | 4~6 秒 | 6 秒超過 |
| | メモ中に顔を上げて発言者を見た回数 | 0 回 | 1 回 | 2 回 | 3 回 | 4 回以上 |
| | 口を閉じている時間 | 0~2 秒 | 2~4 秒 | 4~6 秒 | 6~8 秒 | 8 秒超過 |

**表 2 被験者の評価項目**

| 対象者 | 項目 |
|---|---|
| 発言者 | 他の人に伝えようと努力しているか |
| | 論理的であるか |
| | 話の内容が理解しやすいか |
| | 話の流れを無視していないか |
| | 議論を推し進めるような発言ができたか |
| | 周囲に意見を求めるなど議論の展開に貢献できたか |
| | 様々な意見をまとめて整理できたか |
| | 議論の修正ができたか |
| | 場を和ませるなどして，話やすい雰囲気をつくり出せたか |
| | 頭ごなしに人の意見を否定していないか |
| 非発言者 | 会議に積極的に参加しようとしているか |
| | 注意力が散漫でないか |
| | 協調性があるか |
| | 自身の意思を主張していたか |
| | 好感が持てるか |

表 3 表 2 の評価方法

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 数字の意味 | 当てはまらない | 少し当てはまらない | 少し当てはまる | 当てはまる | 非常にあてはまる |

## 3. 実験結果

発言者の特徴量の項目とそれに対応する t 値を示したものが表 4 である．また，非発言者の特徴量の項目とそれに対応する t 値を示したものが表 5 である．

一般に，t 値の絶対値が 2 を超えると，それぞれの説明変数に目的変数への影響があったと見なせる．

## 4. 考察

### 4.1. 発言者の評価

表 4 より，「手を動かしている時間」，「発言者以外とのアイコンタクトの回数」，「発言の時間」の 3 つの特徴量は，t 値の絶対値が 2 を超えているため，これらの特徴量は評価に影響を与えているといえる．

以上の結果から，手を動かしている時間が多く，他のメンバーとのアイコンタクトが多く，発言時間が長いほど，評価が高いということがわかる．

表 4 発言者の特徴量とその t 値

| 項目 | t 値 |
|---|---|
| **手を動かしている時間** | **5.506** |
| **発言の時間** | **3.160** |
| **発言者以外とのアイコンタクトの回数** | **3.056** |
| 笑顔の度合 | 1.783 |
| ペンを両手で持っている時間 | 1.115 |
| 発言の音量 | 0.259 |
| 笑顔の時間 | 0.209 |
| 腕を組んでいる時間 | 0.154 |
| ペンを回している時間 | -0.480 |
| 顔や髪を手で触っている時間 | -0.517 |
| 両方の肘をついている時間 | -0.563 |
| 片方の肘をついている時間 | -0.643 |

※太枠で囲った部分は絶対値が 2 を超えるもの

このことから，グループディスカッションにおいて，発言時に，手振りを使って伝えようとしているか，他のメンバーをどのくらい見ているか，話している長さはどのくらいか，という点を，その人の評価を行う際に役立てることができると考えられる．

### 4.2. 非発言者の評価

表 5 より，「笑顔の時間」，「ペンを両手で持っている時間」，「ペンを回している時間」，「顔の左右

表 5 非発言者の特徴量とその t 値

| 項目 | t 値 |
|---|---|
| **うなずきの回数** | **12.716** |
| **顔の左右の向き（発言者を正面）** | **11.414** |
| **メモ中に顔を上げて発言者を見た回数** | **6.627** |
| **顔の上下の向き（発言者を正面）** | **6.270** |
| **笑顔の時間** | **4.524** |
| 首を傾けた回数 | 1.560 |
| 手を動かしている時間 | 1.466 |
| 何らかの意思表示以外の顔の向きの度合 | 1.303 |
| メモをしている時間 | 1.111 |
| 笑顔の度合 | 0.430 |
| 口を閉じている時間 | -0.552 |
| 顔や髪を手で触っている時間 | -0.714 |
| 片方の肘をついている時間 | -0.945 |
| 発言者以外とのアイコンタクトの回数 | -1.112 |
| 腕を組んでいる時間 | -1.723 |
| 両方の肘をついている時間 | -1.904 |
| **ペンを回している時間** | **-2.599** |
| **ペンを両手で持っている時間** | **-4.499** |

※太枠で囲った部分は絶対値が 2 を超えるもの

の向き」，「顔の上下の向き」，「うなずきの回数」，「メモ中に顔を上げて発言者を見た回数」の 7 つの特徴量は，t 値の絶対値が 2 を超えているため，これらの特徴量は評価に影響を与えているといえる．

以上の結果から，笑顔の時間が多く，手遊びをしている時間が少なく，顔が発言者の方を向いており，発言に対してうなずく回数が多く，メモ中に発言者の方を見るようにしているほど，評価が高くなるということがわかる．

このことから，グループディスカッションにおいて，非発言時の，笑顔の多さ，手遊びをしていないか，発言者の方を見ているか，発言に対してうなずいているか，発言者がいるときにメモを取ることに集中していないか，という点を，その人の評価を行う際に役立てることができると考えられる．

### 4.3. 本計画における有用性

今回の実験より，発言者の特徴量と非発言者の特徴量を合わせた計 10 個の特徴量が指導において有用であることがわかった．これらの項目は，手や顔の検出，音声認識等を用いれば，特徴量の抽出を自動的に行うことが可能であると思われる．そのため，本計画の目的である，指導教員が，どのグループにどのような指導を行うべきなのかを提示する支援システムの実現において，有用性が高いものであると考えられる．

## 5. おわりに

本稿では，カメラを用いてグループディスカッションの様子を撮影し，映像から得られる情報のみで学習者の評価が可能であるかを検討した．そして，映像情報から，指導において有用性がある項目を明らかにすることができた．この結果は，指導教員が，どのグループにどのような指導を行うべきなのかを提示する支援システムの実現において，映像から得られる学習者の情報の有用性があることを示している．そして，この研究を進めることにより，すべての学習者が適切な指導を受けることができるようになると想定される．

今回は，映像からわかる評価項目を手作業で評価したので，現場での運用の実現に向け，これらを自動的に検出するシステムの開発を今後の研究の課題として挙げる．また，対象となる学習者を初等中等に広げ，グループ学習の手法をグループディスカッション以外の形態にも広げることを今後の実験の課題とする．

## 参 考 文 献


(1) 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), https://www.mext.go.jp/a_menu/other/1411332.htm, (2020 年 2 月 4 日確認).

(2) 教育課程企画特別部会 論点整理, https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/__icsFiles/afieldfile/2015/12/11/1361110.pdf, (2020 年 2 月 5 日確認).

(3) 平成 29 年度小・中学校新教育課程説明会（中央説明会）における文科省説明資料, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/__icsFiles/afieldfile/2017/09/28/1396716_1.pdf, (2020 年 2 月 4 日確認).

(4) 羽山徹彩，大舘英隆，石田直登：“受講生の状態推定のための圧力センサを用いたテーブルトップインタフェースの開発”，情報処理学会研究報告，Vol.2018-CLE-26, No.17, pp.1-7, 2018.

(5) 岩恵裕夢，永井孝幸：“ペンタブレットを用いた集団学習環境での筆記遅れ学習者リアルタイム検知システムの試作”，情報処理学会研究報告，Vol.2019-CLE-27, No.11, pp.1-8, 2019.

(6) 野村和朗，Olivier Augereau，岩田基，黄瀬浩一：“シート圧力センサと Web カメラを用いた映像授業視聴時の集中度推定”，人工知能学会研究会資料，SIG-ALST-B901-07, pp.38-43, 2019.

(7) 石川誠彬，岡澤大志，江木啓訓：“発言状況に基づく議論時間の調整が参加者の主観評価に及ぼす影響”，情報処理学会研究報告, Vol.2019-SPT-33, No.9, pp.1-8, 2019.

(8) 大信田侑里，高木正則，河合直樹，鈴木雅実，木村寛明：“発話情報を用いたグループ学習時の貢献度推定手法の評価”，情報処理学会第 78 回全国大会，4ZA-02, pp.651-652, 2016.