

も く じ

■開催日時：2021年1月9日（土）

■テーマ：実世界指向の教育学習環境／一般

1) 海事教育での遠隔授業における全天球映像の活用-----	1
○向瀬紀一郎(富山高等専門学校)，田島かい里(中国運輸局尾道海事事務所)， 金山恵美(富山高等専門学校)，関口直人(富山高等専門学校)	
2) 熟練者の視線分析に基づくAR型採点システムの提案—採血技術における—-----	7
○陳璞(大阪府立大学大学院)，真嶋由貴恵(大阪府立大学大学院)，榊田聖子(大阪府立大学大学院)	
3) ゲーミフィケーションによるオンデマンドTA研修の試行-----	13
○宮下伊吉(三重大学)，和気尚美(三重大学)	
4) ブロックでプログラミングできるIoT学習環境の改良-----	19
○渡部敬太(大阪工業大学大学院)，中西通雄(追手門学院大学)	
5) OpenFlowを用いたネットワーク学習教材の開発-----	25
○石川有彩(広島大学大学院)，吉原和明(福山大学)，井口信和(近畿大学)，渡辺健次(広島大学大学院)	
6) 外国語学習のためのデジタル教科書とカスタマイズ機能-----	33
○有富智世(常葉大学)，喜久川功(常葉大学)	
7) 作問時の目標設定と自己評価・他者評価を取り入れた作問学習の実践と評価-----	37
○佐藤雅希(岩手県立大学大学院)，高木正則(岩手県立大学)，市川尚(岩手県立大学)	
8) オンライン授業における協同学習への参加と学習成果の関係-----	45
○沙華哲(北海道大学理学院)，重田勝介(北海道大学 情報基盤センター)	
9) 自己調整学習を主題とする授業実践の学習効果分析-----	53
○仲林清(千葉工業大学，熊本大学)	

海事教育での遠隔授業における全天球映像の活用

向瀬 紀一郎^{*1}, 田島 かい里^{*2}, 金山 恵美^{*1}, 関口 直人^{*1}

^{*1} 富山高等専門学校, ^{*2} 中国運輸局尾道海事事務所

Application of Omnidirectional Videos in On-line Learning in Maritime Education

Kiichiro Mukose^{*1}, Kairi Tajima^{*2}, Emi Kanayama^{*1}, Naoto Sekiguchi^{*1}

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

^{*2} Chugoku Transport & Tourism Bureau, Onomichi Maritime Office

At maritime colleges, maritime education includes onboard training have been provided. In 2020, in a situation where it was difficult for students to go to school or board the ship due to the COVID-19, on-line learning using a new material consisted of omnidirectional videos was carried out in a college. The details of the new learning material and the reactions of the students are reported.

キーワード: 海事教育, 遠隔授業, 映像教材, 仮想現実感, 全天球映像

1. はじめに

日本の輸出入の99.6%は,タンカーやコンテナ船などの大型外航船によって運ばれている⁽¹⁾.それらの外航船は,各船23名程度の船員のチームによって運航されている.このチームは,8名程度の船舶職員(船長・機関長・航海士・機関士)と,15名程度の部員(甲板員・機関員など)によって構成されている^(1,2).チームの幹部となる船舶職員は,数か月に及ぶ航海の間,多くの人命と財産を載せた船の安全を管理し,互いに連携し,また部員を指揮する業務に,昼夜にわたって携わり続けることになる.

富山高等専門学校を含む全国5校の商船系高等専門学校は,その大型外航船の幹部職員を養成する海事教育機関である⁽²⁾.その教育訓練の内容は,文部科学省の定める高等専門学校設置基準に基づくだけでなく,国土交通省の定める船舶職員養成施設教育基準に基づくことも求められており,またその基準は「船員の訓練及び資格証明並びに当直の基準に関する国際条約」

(STCW条約)を踏まえたものとなっている.なお,高専の一般の学科においては,修業年限は5年であるが,商船学科(船舶職員を養成する学科)においては5年と6か月である(学校教育法第百十七条).

高専の商船学科のカリキュラムの中核は練習船における乗船実習である⁽³⁾.商船学科の学生は,その5年6か月間の在学期間うち12か月間(入学2年目に1か月間,4年目に5か月間,6年目に6か月間),国土交通省所管の海技教育機構の運航する大型練習船(帆船『日本丸』など)において,他の海事教育機関の学生たちとも共に乗船訓練に取り組むことになる.その他にも,高専の教室における専門教育と密接に連携した高頻度の乗船実習に,各校の校内練習船(富山高専においては図1に示す練習船『若潮丸』)において取り組むことになる.この海事教育システムは長い歴史を持つとともに,現在も海事関連業界との連携のもとで改善され続けている⁽⁴⁾.



図1 富山高専の校内練習船『若潮丸』

本研究の報告者らは、このような乗船実習を補強する教材、すなわち乗船実習の教育効果をより高めることに寄与する新しい教材を、ICTの応用によって開発し、活用することを目的とした研究を推進してきている。本報告では、全天球映像（すなわち 4π ステラジアン）の立体角の映像、いわゆる360度ビデオ）を中核としたeラーニング教材の開発と活用について報告する。

なお、2019年末からの新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の世界的流行に伴う社会環境および生活様式の激変により、2020年度は、高専の商船学科における乗船実習を例年どおりに実施することが困難となった⁽⁵⁾。富山高専では、年度当初の2020年4月7日から4月10日まで分散登校が実施された後、4月13日より約2か月間、学生たちを登校させない形式での遠隔授業が実施された。日本政府による緊急事態制限が解除された後の6月8日から学生たちを登校させる形式での対面授業が再開されたものの、徹底した感染症対策が継続され、校内練習船『若潮丸』での実習も通常と異なる様式で実施されるものとなった⁽⁶⁾。この状況下において、本研究で開発された教材は、富山高専の学生の学びの継続のために大いに活用された。

2. 全天球映像の撮影

本研究において制作されたeラーニング教材の中核となる映像は、富山高専の練習船『若潮丸』における船員（船長をはじめとする職員および部員）たちの作業の様子を撮影したものである。

2.1 撮影された状況

撮影実施日は、2019年11月27日である。練習船『若潮丸』が研究航海のために富山高専臨海実習場（伏木富山港内）から出港する際の、船橋および前部甲板での作業の様子が撮影された。

一般的な出港作業の手順では、船橋には船長と操舵等を担当する部員が配置される。船長は船橋の張り出し部に立って岸壁の状況を確認したり、あるいは船橋の中央部に立って針路を確認したりしながら、操舵を担当する部員や、前部甲板や後部甲板の職員に指示を出す。操舵担当の部員は船長の指示を受けて、船の速力や舵角を操作する。前部甲板には一等航海士と甲板作業担当の部員が配置され、船長の指示を受けて、錨

や係留索などを取り扱う。

船橋と甲板の間では、トランシーバによる通信が密に行われる。また甲板上においてはハンドサインによる指示や応答が密に行われる。

2.2 撮影方法

撮影には、1台の全天球カメラ（すなわち 4π ステラジアンの立体角を撮影可能なカメラ）と2台の広角カメラ（対角画角は約150度）、および1台の音声レコーダ（ピンマイク式）が利用された。

全天球カメラは船橋中央部の天井から吊り下げる形で設置され（図2a）、主に操舵担当の部員の映像と音声を記録した。広角カメラのうち1台は船橋の張り出し部の壁面に設置され（図2b）、主に船長の映像を記録した。広角カメラのうちもう1台は前部甲板を見下ろす位置に設置され、一等航海士と甲板作業担当の部員の映像を記録した。音声レコーダのピンマイクは船長の胸元に設置され、船長の音声、およびトランシーバで交わされる通信の音声を記録した。

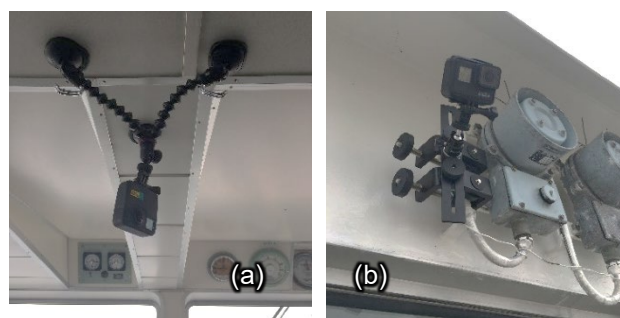


図2 全天球カメラ(a)と広角カメラ(b)

3. eラーニング教材の制作

本研究において制作されたeラーニング教材は、3台のカメラの記録を編集し合成した映像（5分27秒）と、カメラ内蔵のマイクや音声レコーダのピンマイクの記録を調整し合成した音声、その音声の内容に関する字幕、および作業内容や専門用語に関する解説によって構成される。

3.1 映像の編集と音声の調整

映像については、船橋中央部において撮影された全天球映像と主とした。さらに、船長が船橋の張り出し部に立って指揮している場面においては、その広角映像を全天球映像の一部にPicture-in-picture形式で合

成した。また、前部甲板において重要な作業やハンドサインによる連絡が行われている場面においては、その広角映像を全天球映像の一部に合成した（図3）。これらの編集や合成には、ワークステーションと動画編集ソフトが利用された。

音声については、船長の指示、操舵担当の部員の応答、トランシーバの通信内容を、明瞭に聞き取れるものとするために、背景音（エンジン音など）の除去と、複数の機材で録音されたトラックの同期およびミックスダウンを行った。

なお、この編集作業における映像や音声の同期を確実にするために、撮影の際には同一のストップウォッチの映像や信号音を全ての機材で記録している。



図 3 全天球映像教材の画面

3.2 字幕や解説の追加

船長の指示やトランシーバでの通信の音声について、その発声者の区別と音声の聞き取りを補助する内容の字幕を、映像内に合成した。発声者は、文字の色によって区別されるものとした。特に幹部である職員（船長と一等航海士）の音声に関する字幕については、その内容と共にその役職の略称を提示するものとした。

この音声の内容の一部の例を表1に示す。なお、この表の中で「Cap」は船橋で指揮する船長（Captain）を表し、「C/O」は前部甲板を担当する職員である一等航海士（Chief Officer）を表す。「Aft」は後部甲板担当者を表し、大型船の場合は職員（通常は二等航海士）であるが、練習船『若潮丸』の場合は部員である。

また、内容に関する理解を補助する目的で、専門用語等について解説する説明文を、字幕と共に提示するものとした。その説明文の一部の例を表2に示す。

表 1 出港作業中の通信の内容（一部）

発声者	音声の内容
Cap	おもてともシングルアップ
C/O	シングルアップ、おもて了解
Aft	シングルアップ、とも了解
C/O	おもてシングルアップ、サー
Cap	おもてシングルアップ、了解
Aft	ともシングルアップ、サー
Cap	ともシングルアップ、了解

表 2 専門用語等に関する説明文（一部）

用語や指令	説明文
トライエンジン	主機試運転
シングルアップ	最小限の係留索のみを残した状態
レッコオール ショアライン	全ての係留索をはなせ
スローアヘッド	微速前進
ハーフアヘッド	半速前進

4. 遠隔授業での活用

富山高専においては COVID-19 の影響により、2020 年 4 月から約 2 か月間、学生を登校させない形式での遠隔授業が、オンラインコラボレーションプラットフォームである Microsoft Teams を活用したビデオ会議などによって実施された。この中で、本研究において制作された教材も活用された。

4.1 全天球映像教材の視聴環境の構築

今回の研究においては、映像と音声のみの教材、それに字幕のみを追加した教材、および、字幕と解説の両方を追加した教材の、3 種類の教材が制作された。

これら 3 種類の教材は、それぞれ一個の動画データ（全天球形式）に取りまとめられ、動画共有サービスである YouTube のサーバにアップロードされ、限定公開の設定（特定の URL を知っている者だけが視聴できる設定）で、富山高専の学生に提供された。

学生は、各自のスマートフォン等によって、限定公開の URL にアクセスすることで、これら 3 種類の動画を視聴できる。なお加速度センサー等を内蔵したス

スマートフォンにおいて YouTube の全地球形式の動画を再生した場合には、スマートフォン本体を持つ手を動かすことによって、映像内の視線の方向を自由かつ直感的に動かすことができる。

4.2 高専 1 年生の遠隔授業での活用

2020 年 5 月 13 日、富山高専商船学科 1 年生（年齢は概ね 15～16 歳）を対象とした遠隔授業の中で、まずは映像と音声のみの教材が利用された。対象学生数は 42 名である。

船上での指示等に使われる様々な専門用語や、船橋に備えられている様々な機器について学ぶことを目的として、練習船の職員による講義がビデオ会議によって実施されると共に、全地球形式の YouTube 動画へのリンクが Microsoft Teams に投稿され、それを学生が各自のスマートフォンを利用して再生した。

また、新しい教材の使用感などに関するアンケート調査が実施された。

4.3 高専 3 年生の遠隔授業での活用

続いて 2020 年 5 月 19 日、富山高専商船学科 3 年生（年齢は概ね 17～18 歳）を対象とした遠隔授業の中で、1 年生の演習と同様、まずは映像と音声のみの教材が利用された。なお富山高専の商船学科生は、2 年次へ進級する段階で航海コース（船長や航海士を目指すコース）と機関コース（機関長や機関士を目指すコース）に分かれることになる。今回の演習は航海コースの学生を対象として行われた。対象学生数は 19 名である。

船橋や甲板における様々な作業の手順について理解を深めることを目的として、練習船の職員による講義がビデオ会議によって実施されると共に、全地球形式の動画を学生が各自のスマートフォンを利用して再生した。その後、その動画の内容に関する質疑応答もビデオ会議によって実施された。

また、新しい教材の使用感などに関するアンケート調査が実施された。

4.4 教材の改善

遠隔授業の際のアンケートの結果を踏まえて、字幕を追加した教材（図 4）と、字幕および解説を追加し

た教材（図 5）が、対面授業再開後の 7 月 8 日に学生に提供された。学生は放課後等に教室あるいは自宅において、各自のスマートフォンを利用して動画を再生した。

また、3 種類の教材の比較、およびそれらの効果に関する意識についてのアンケート調査が実施された。



図 4 字幕を追加した全地球映像教材



図 5 字幕と解説を追加した全地球映像教材

5. 新しい教材に対する学生たちの反応

全地球映像を中核とした新しい e ラーニング教材を利用した学生たちは、その体験を概ね肯定的に感じていることが、アンケート調査によって明らかとなった。

5.1 教材の利点に関する学生の意見

アンケート調査の中で、新しい教材の利点に関する設問（選択式）においては、1 年生の約 9 割と 3 年生の約 5 割が、「実際に乗船しているかのような体験が得られる」を選択している。また、1 年生の約 6 割と 3 年生の約 8 割が、「繰り返し再生できる」を選択している。

3 年生は 1 年生と違い、既にこれまで何度も練習船『若潮丸』に乗船し、船上での実習に取り組んだ経験がある。この新しい教材を利用した 3 年生が、実際の乗船で得られる体験との差も強く感じたということ

このアンケートの結果は示していると思われる。

1 年生は、船橋内の機器などについて学習している段階である。一方で 3 年生は、船上での作業の手順などについて学習している段階である。そのような 3 年生には、たとえばまずは船橋の船長に注目して映像を再生したり、次に甲板の一等航海士に注目して映像を再生したり、一時停止をしたり巻き戻したりといった操作を繰り返し自由に行えることの利点が、より強く感じられたということを、このアンケートの結果は示していると思われる。

5.2 教材の活用場面に関する学生の意見

アンケート調査の中で、新しい教材を活用したいと思う場面に関する設問（選択式）においては、練習船『若潮丸』での乗船実習の前の予習や、乗船実習の後の復習で活用したいという意見が多かった。

本研究の中で制作されたような e ラーニング教材は、現実の実習を置き換えるものとはならないが、現実の実習と組み合わせられることによって、その教育効果を補強するものとなることを、このアンケートの結果は示していると思われる。

6. おわりに

乗船実習を中核としてきた海事教育を、感染症対策のロックダウンが要請されるような状況で継続することは、非常に困難である。

しかし、そのような状況でも、乗船実習を補強するような遠隔授業によって、状況が改善した後の乗船実習に備える予習として、あるいはこれまでの乗船実習の復習として、その実習の教育効果を高める体験を学生に与えることは、最新の ICT の援用によって可能である。本研究で得られた知見は、ウィズコロナ時代およびアフターコロナ時代の、新しい様式の実習教育システムの構築に、寄与するであろう。

なお、本研究の中で撮影された全天球映像は、小中学生の視聴を想定した内容への編集を経て、オンラインでのオープンキャンパスなど、富山高専の広報活動においても利用された⁽⁷⁾。

謝辞

本研究は富山高専の練習船『若潮丸』の職員ならびに部員の協力を受けて実施された。また、本研究は JSPS 科研費 JP20K03198 の助成を受けて実施された。感謝を申し上げたい。

参 考 文 献

- (1) 日本海事広報協会編：“日本の海運 SHIPPING NOW 2020-2021”，日本海事広報協会，東京（2020）
- (2) 商船高専キャリア教育研究会編：“船しごと，海しごと．”，海文堂出版株式会社，東京（2009）
- (3) 商船高専キャリア教育研究会編：“キャリアデザインノート—海技士へのあゆみ”，海文堂出版株式会社，東京（2019）
- (4) 山本桂一郎，向瀬紀一郎，遠藤真：“海事分野における高専・産業界連携による人材育成システムの開発（略称：海事人材育成プロジェクト）の概要”，NAVIGATION, Vol.203, pp.9-13 (2018)
- (5) 全日本船舶職員協会編：“全船協会報”，Vol.144，全日本船舶職員協会，東京（2020）
- (6) 関口直人，中谷俊彦，早勢欣和，金山恵美，山谷尚弘，向瀬紀一郎：“コロナ禍における商船学科の乗船実習について”，第 23 回 PSE ワークショップ論文集，p.8（2020）
- (7) YouTube 富山高専チャンネル：“校内練習船『若潮丸』出航作業見学【360 度ビデオ】”，
https://www.youtube.com/watch?v=9hg_ZiCgu1s
（2020 年 12 月 1 日確認）

熟練者の視線分析に基づく AR 型採点システムの提案

—採血技術における—

陳 璞^{*1}, 真嶋 由貴恵^{*1}, 梶田 聖子^{*1}

^{*1} 大阪府立大学 人間社会システム科学研究科 現代システム科学専攻

A proposal of AR scoring system in nursing education based on skilled nurses' line-of-sight analysis

-on the blood collection technology-

Pu Chen^{*1}, Yukie Majima^{*1}, Seiko Masuda^{*1}

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

In recent years, one of the reasons for the retirement of new nurses is that nursing skills are not sufficient. Therefore, learning and improvement of nursing skills have become an issue. However, the skills are tacit knowledge of individuals, and it is difficult to teach others explicitly. In this research, to formalize the "tacit"-tips of skilled nurses, we focused on the gaze of a skilled nurse in the blood collection procedure, and analysed the time required for blood collection with each blood vessel model, the location of gaze during blood vessel selection and puncture, and the characteristics of gaze movement. Then made a proposal of AR-type scoring system based on the analysis results.

キーワード: 採血技術, 手順, 暗黙知, 視線分析, 血管モデル, 評価システム, AR 教育

1. はじめに

近年の新人看護師の離職理由⁽¹⁾として、「教育終了時点の能力と現場で求める能力とのギャップが大きい」などの要因が挙げられ、看護技術の未熟さによることが多い。そこで基礎教育で学んだ看護技術だけでなく、臨床現場に即した熟練看護技術を学ぶ必要がある。しかし、熟練した看護技術は個人の暗黙知であり、教授することは難しい。そこで、著者は熟練看護師の暗黙知を解明することを目的とし、視線に着目し、熟練看護師の視線行動を抽出してきた⁽²⁾⁽³⁾。

また、真嶋ら⁽⁴⁾は「看護技術提供場面を映像や音声で示したことで、学生のイメージ化を助け、看護技術習得に関する達成度を高めることができる」ことを指摘している。

加えて、技能に対する評価方法は観察法が最も適切であり⁽⁵⁾、自己評価やアンケート形式による他者評価は新卒看護師の看護技術を正確に評価しているとはいえない。評価は、評価者がもつ目標や理想を基準にして行われる判断であり、評価の際の着眼点や「できる」と判断する状態は、評価者が目指している方向性を示している⁽⁶⁾。したがって、看護教員と看護実践者の新卒看護師の看護技術に対する評価の視点と到達基準が明確になることは、両者が看護技術に対して大切にしていることが明らかになり、看護基礎教育と看護実践現場における連携した教育方法の構築を可能にする。

そこで本研究では、看護技術の向上を支援するために熟練看護師のスキルとコツを数値化してわかりやすく可視化し、自己学習自己評価できる AR 型看護技術

採点システム（以下、AR 型採点システム）の構築を目指している。

本稿では、先に開発した AR 型採血シミュレーションに抽出した熟練看護師の視線行動特徴を活用した、AR 採点システムの提案について述べる。

2. 先行研究

2.1 暗黙知の継承について

Nonaka & Takeuchi によると、「言葉や数字で表現できる知識は、知識全体の氷山の一角にすぎない」とするように、知識の大半は暗黙知として存在している⁽⁷⁾。看護学は実践の科学であり、どの知識も多くは臨床で磨かれ、非言語的な暗黙知として存在している⁽⁷⁾。詳しくいうと、看護技術の暗黙知は看護師個人や一部の看護組織では保有・活用されているが、言語化が困難、またはされていないために体験的にしか伝授・共有ができず、場や関わる人の個性という状況に依存して成り立っている知識である⁽⁷⁾。習得困難である暗黙知を伝承するため、アイデンティファイ、収集、テキスト化をすることが必要である⁽⁸⁾。また野中⁽⁹⁾は「技術・技能伝承サイクル」を提唱し、それを通して実現が可能となると述べている（図 1）。

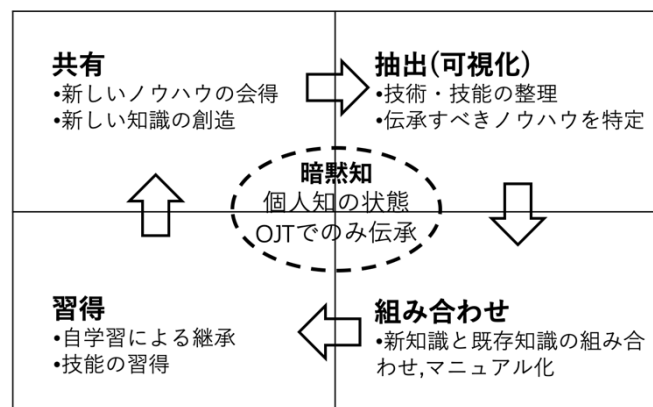


図 1 技術・技能伝承サイクル

2.2 視線分析

現実世界で人の眼の位置と動きを測定する視線分析は人間の行動も分析することもできる⁽¹⁰⁾。例えば、陶芸家の技の抽出するため作品を作成過程の視線特徴の抽出⁽¹¹⁾；医師の内視鏡技術の評価基準として使われる試み⁽¹²⁾がある；Osvalder と Colmsjö は、視線追跡は、操作制御中の技術員がどのような手がかりに焦点を合わせるかを理解するのを促すとしている⁽¹³⁾。また、Tony

Tien BSc らは視線追跡を通して技能習得に関する 12,051 部の文献レビューで、視線追跡は客観的な評価ツールとして信頼出来る定量的なデータを提供する能力があることを示した⁽¹⁴⁾。

2.3 AR 学習支援について

仮想現実（VR）と拡張現実（AR）は仮想環境と物理環境を情報フィルタリングし、組み合わせることで、没入型体験を提供し、特に技能教育で使われている。Jun-Hao YIN らは VR と AR を利用した模擬手術の訓練についての調査から、VR と AR は手と目の調整の強化、3D 視覚化スキルの向上、知識の伝達の向上、人間のパフォーマンスを向上させることを明らかにした⁽¹⁵⁾。また看護技術においても、マネキンに経鼻胃チューブを挿入する実験で AR オーバーレイを使用した看護学生の方が満足度と能力の改善がより高くなることを明らかにした⁽¹⁶⁾。AR スキルラボ環境（AR 画像認識用のタグが付けされた器具が備われた環境である）で看護学生の学習モチベーションが向上した⁽¹⁷⁾。

そこで著者らは看護学習を支援するために、採血手順における熟練看護師の視線行動を分析することで、コツや技などの暗黙知を抽出している。今回では抽出した視線データを用い、開発中の AR 型学習システムで活用できる採点システムを提案した。

3. 実験

3.1 実験概要

本実験では、看護技術の中でも特に、日常業務において実施する頻度が高い「採血技術」に着目し、採血時の視線軌跡を計測した。採血は腕モデルを用いた。採血の臨場感を出すために腕モデルの前には患者役を配置し、看護師は患者と会話しながら採血できる環境とした。

3.2 対象者及び実験期間

研究協力への同意が得られた、病院に勤務する現役看護師 19 名を対象とした。看護師のラダーレベルと人数の内訳を表 1 に示す。ラダーレベルとは日本看護協会が定める看護師の能力開発・評価のシステムの 1 つであり、その能力・キャリアにおいて I ～ V の 5 段

階が存在し、数字が大きい人ほど高い看護実践能力を有しているとする評価軸である。

表 1 ラダーレベルと人数の内訳

ラダーレベル	目安勤続年数	人数	ID 番号	区分
I	1 年未満	9	1,3,4,7,8,13,15,16,17	新人
II	1 年以上～3 年未満	0	-	熟練
III	3 年以上～5 年未満	4	5,6,10,14	
IV	5 年以上～8 年未満	4	2,9,11,12	
V	8 年以上～	2	18,19	
合計		19		

使用器具

3.2.1 採血訓練用血管モデル

看護師に採血訓練用の血管モデルを装着できる腕モデルに模擬採血を実施してもらい、その際の視線を測定した。腕モデルの血管には、「①標準」・「②扁平」・「③細い」・「④深い」・「⑤蛇行」の 5 種類がある（図 2）。また、これら血管モデルは左から右へ向かうにつれて難易度が上がるように設定し、実験を行った。



図 2 血管モデル

採血実験では 5 種類のうち 4 種類の血管モデルを選択した。それらに各 5 回、計 20 回実施してもらった。なお、本実験環境では同時に複数のデータを取得するために、被験者には視線分析機器だけではなく、脳波計や脳血流計、指の圧力を計測する圧力センサーなど一度にいくつかの測定機器を装着してもらった。用いた血管モデルと装着した測定機器を表 2 に示す。

3.2.2 視線測定機器

装着できる計測機器の関係で、本研究での視線分析は一人の看護師に対して、図 2 の血管モデルの「③細い」、「④深い」、「⑤蛇行」の中から 2 種類への採血技術(5 回ずつ計 10 回分)を対象にした。視線分析には Tobii Pro Glasses2（図 3）を使用した。

表 2 用いた血管モデルと測定機器

回目	※血管モデル	測定機器		
		脳血流	脳波	視線
1～5	①or②	○	○	×
6～10	③or④	○	○	×
11～15	③or④	×	○	○
16～20	⑤	×	○	○

※①:標準 ②:扁平 ③:細い ④:深い ⑤:蛇行



図 3 視線計測機器 Tobii Pro Glasses2

3.3 採血手順

採血の手順は、大きく分けると図 4 のように「1.駆血帯をつける」「2.血管選択」「3.消毒」「4.穿刺」「5.血液採取」「6.抜針」の 6 つの段階がある。

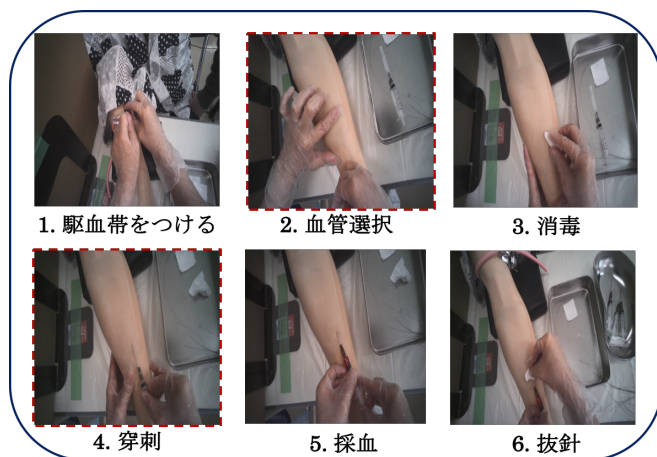


図 4 採血手順

4. 視線データ分析

6 段階の採血手順の中で、看護師により所要時間のばらつきが大きかった「2.血管選択」「4.穿刺」に着目し、視線分析を行った⁽²⁾⁽³⁾（図 4 の赤点線枠）。

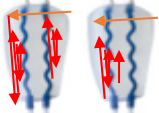
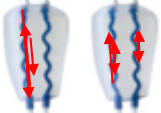
これら 2 つの手順に対して、成功率が高く、ラダーレベルの高い看護師 4 名（ID:18,11,9,19）の「血管選

択」と「穿刺」時の視線を分析し、特徴を明らかにした。結果を以下に示す。

(1) 「血管選択」時の視線行動

「血管選択」時の視線行動に関しては、「横への視線移動（←）」の有無により大きく2群に分ける。表3に示すように、成功率100%の看護師（ID:11,18）は横への視線移動を行い「穿刺」の場所を決定した後、「縦への視線移動（↑↓）」を行う。徐々に注視範囲も小さくなっていく様子が見られた。

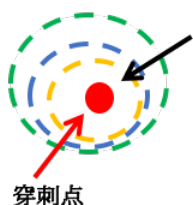
表3 「血管選択」時の視線行動

看護師ID	11	18	9	19
成功率	100%		80%	
視線行動				

(2) 「穿刺」時の視線行動

「穿刺」時の特徴として、「血管選択」で定めた個所の注視範囲は最初に最も大きく、「穿刺」に向かって徐々にその範囲を小さくしていた。図5に、その動きの特徴と各対象者にみられた回数を示した。

看護師視線範囲



ID	特徴がある回数
11	4
18	4
9	5
19	3

図5 「穿刺」時の視線範囲の特徴とその回数

5. AR 型採点システム

今回提案するAR型採点システムは、①AR動画学習、②採点の二つのモジュールからなる（図6）。

①AR動画学習モジュールでは、分析で得られた熟練看護師の視線データを用い、作成した学習動画で学習を行う。

②採点モジュールでは、Tobii で看護師の視線データを取り、採点ルールに基づいた採点を行う。

新人看護師はこの二つのモジュールを通し、学習して採点を繰り返しながら、採血技術の向上を図ることができる。

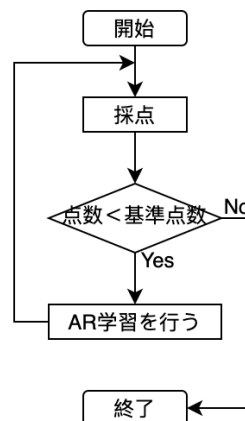


図6 AR型採点システム

5.1 AR 動画学習について

熟練者の視線データを用い、ウェブAR学習動画を作成した。学習者はARメガネをかけ、その動画で技術を模倣しながら、いつでも学習できる（図7）。

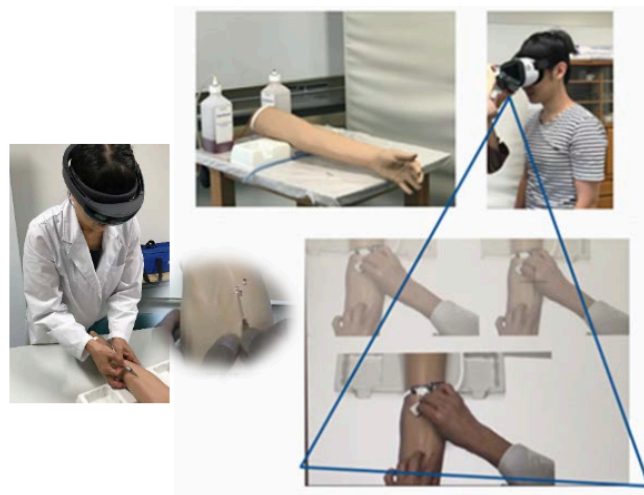


図7 AR型学習システム

AR学習動画は「血管選択」と「穿刺」の二つの項目からなる。ここで、ID.18の熟練看護師の映像に「横への視線移動（←）」と「縦への視線移動（↑↓）」のアノテーションをつけ、その後「穿刺」に向かって徐々にその範囲を小さくしていく。

5.2 採点ルールについて

(1) 採点項目及び重み決め

これまでに対象者4人の視線を分析した結果により、視線行動の「上下を見る」「左右を見る」「穿刺点に視線を集中する」などを採点項目とした。一方、ラダーレベルは看護師の経験を反映することができるため、採点項目の重みはラダーレベルとの関与度で求めた。

今回は細い血管モデルを例にして、ラダーレベルと各採点項目との相関を表 4 に、関与度を図 8 に示す。

表 4 ラダーレベルと各採点項目との相関

項目	成功率	視線行動		
		血管選択		穿刺
		左右	上下	集中
ラダーレベルとの相関	0.083	0.66	0.33	0.18

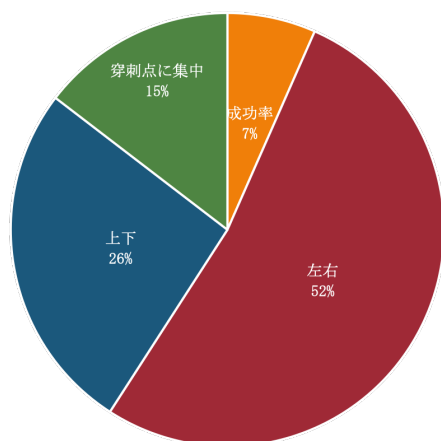


図 8 ラダーレベルと各採点項目との関与度

(2) 採点ルール

採点ルールを(1)に基づいて、各項目の重みを設定する。この採点ルールを用いると、細い血管モデルでの採点ルールは、「得点＝7%成功率＋53%左右*回数＋26%上下*回数＋14%穿刺点に集中の*回数」となる。

6. 結果および考察

6.1 視線行動について

成功率の高い看護師は、「血管選択」時に、「横に見る」ことで一つの血管を選択し、次いで「縦に見る」ことで血管の走行を把握すること、また「穿刺」に向けて注視箇所を縮め「穿刺」箇所に集中していくことから、これらの順にアドバイスを出すことが重要であると考えられる。

6.2 細い血管モデルでの採点について

細い血管で実験した看護師の視線特徴を集計し、採点ルールで計算した得点を表 5 に示した。得点から見ると成功率一つだけの評価基準より、ふさわしいと言える。成功率が 0%の ID.10 は技術的にはできた部分があるので、相応な点数が得られた。一方、成功率が

80%の ID.15 は技術的にまだ不十分なので、点数がそれほど高くなれなかった。したがって、この採点ルールは、成功率だけでの評価を修正することができると言える。

表 5 細い血管モデルでの採点

ID	成功率 (低い順)	視線行動(*回数)			得点 (満点:5)
		血管選択		穿刺	
		左右	上下	集中	
10	0%	1	4	3	2.1
16	20%	3	5	0	3.1
19	20%	4	4	0	3.4
14	40%	3	3	4	3.1
17	40%	3	4	0	2.8
11	60%	3	2	5	3.0
13	60%	1	1	5	1.6
12	80%	3	3	5	3.3
15	80%	1	1	5	1.6
18	80%	5	5	5	5.0

※ 5 回採血の中視線行動の特徴がある回数

7. まとめ

これまで、看護技術のコツを明らかにするため、採血技術に着目し、言語化が困難な熟練看護師の暗黙知データを抽出してきた。今回は新人看護師の自己学習を支援するため、熟練看護師の視線特徴を用いた動画と採点ルールによる AR 型看護技術採点システムを提案した。初学者は視線行動をわかりやすい AR 動画で自己学習を行い、採点システムで学習効果を検証することを繰り返しながら、看護技術の学習を行うことができる。

今後は、このシステムによる自己学習と採点機能の評価と検証を行っていく予定である。

謝 辞

本研究は JSPS 科研費 JP17H04433, JP19K22774 の助成を受けたものです。また、本研究にご協力をいただいた看護師の皆様に感謝します。

参 考 文 献

- (1) 日本看護協会: “新人看護職員の早期離職実態調査”, (2004)
- (2) 陳璞, 真嶋由貴恵, 榊田聖子: “看護教育における “技” の伝達を促進するための熟練看護師の視線分析”, JSiSE Research Report (2020 年 05 月)
- (3) 陳璞, 真嶋由貴恵, 榊田聖子: “採血技術における熟達者の視線特徴の分析 -VR 型看護教育システム提案に向けて-”, 教育システム情報学会, 第 45 回全国大会 (2020 年 09 月)
- (4) 真嶋由貴恵, 迫田真幸, 前川泰子, 曾我真人: “自己学習支援システムデザインと初学者の看護スキル習得状況 (スキルの分析・教育・学習と支援環境／一般)”, 電子情報通信学会技術研究報告 ET 教育工学, Vol.111, No. 39, pp. 65-70 (2011)
- (5) 橋本重治: “到達度評価の研究—その方法と技術—”, 図書文化社, pp. 13-19, 東京 (1985)
- (6) 新美綾子: “新卒看護師の看護技術に対する看護教員と看護実践者の評価の視点と到達基準 —輸液ラインのある患者の寝衣交換技術の観察を通して —”, 日本看護研究学会雑誌, pp.4_33-4_44 (2011)
- (7) 村上成明: “看護実践の知識伝授プロセスにみられる暗黙知伝授の有用性の検討—看護管理者の知識伝授体験より—”, The Journal of the Japan Academy of Nursing Administration and Policies Vol 9, No 2, pp. 50-57 (2006)
- (8) Smith, E.A.: “The role of tacit and explicit knowledge in the workplace”, J. Knowl. Manag. 5(4), pp.311-321 (2001)
- (9) 野中帝二: “技術・技能伝承への取り組み”, FRI コンサルティング最前線.Vol.1 (2008)
- (10) Duchowski, A.T.: “Eye Tracking Methodology”, Theory and Practice. Springer, London (2007)
- (11) Jun Nakamura, Sanetake Nagayoshi: “The pottery skills and tacit knowledge of a master: An analysis using eye-tracking data”, Procedia Computer Science Volume 159, pp.1680-1687 (2019)
- (12) Urvi Karamchandani, Simon Erridge, Keane Evans-Harvey, Ara Darzi, Jonathan Hoare, Mikael Sodergren: “1190 Eye-Tracking Technology Differentiates Visual Gaze Patterns Between Trainee Endoscopists According To A Validated Objective Skills Assessment Scale”, Gastrointestinal Endoscopy Volume 91, Issue 6, pp.AB113-AB114 (2020)
- (13) Osvalder, A-L., Colmsjö, A.: “Transferring tacit knowledge in process control”, 7th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics and the Affiliated Conferences, pp.29-31 Orlando (2016)
- (14) Tony Tien BSc, Philip H. Pucher MRCS, Mikael H. Sodergren PhD, FRCS, Kumuthan Sriskandarajah MRCS, Guang-Zhong Yang PhD, Ara Darzi FACS, FRCS: “Eye tracking for skills assessment and training: a systematic review”, Journal of Surgical Research Volume 191, Issue 1, pp.169-178 (2014)
- (15) Jun-Hao YIN, Chin-Boon CHNG, Pooi-Mun WONG, Nicholas HO, Matthew CHUA, Chee-Kong CHUI: “VR and AR in human performance research—An NUS experience”, Virtual Reality & Intelligent Hardware 2020 Vol2, Issue5: pp.381-393 (2020)
- (16) Aebersold, M., Voepel-Lewis, T., Cherara, L., Weber, M., Khouri, C., Levine, R., et al.: “Interactive anatomy-augmented virtual simulation training”, Clinical Simulation In Nursing, 15, pp.34-41 (2018)
- (17) Garrett, B.M., Anthony, J., & Jackson, C.: “Using mobile augmented reality to enhance health professional practice education”, Current Issues in Emerging eLearning (2018)

ゲーミフィケーションによるオンデマンド TA 研修の試行

宮下伊吉^{*1}, 和気尚美^{*1}

^{*1} 三重大学

Trial of on-demand TA training using gamification

Miyashita Ikichi^{*1}, Wake Naomi^{*1}

^{*1} Mie University

2020 年 4 月, COVID-19 の影響のため, 従来対面 (グループワーク+講義) で行ってきた TA 研修を急遽オンデマンド型のオンライン TA 研修として実施することになった. その際, 受講者の学習への動機付けが重要と考え, ゲーミフィケーションの考え方を取り入れ, オンデマンド TA 研修として試行した. そこで, 事後アンケートデータと Moodle のログデータを分析し, 受講者の満足度や理解度を精査することを通じて, ゲーミフィケーションによるオンデマンド TA 研修の成果と課題を明らかにすることを本稿の目的とした. その結果, 課題の順番や難易度, 回答結果のフィードバックや動機付けの面で, ゲーミフィケーションの考え方 (原理) を反映できていなかったことが明らかになり, 今後のオンデマンド TA 研修の改善点とした.

キーワード: ゲーミフィケーション, オンデマンド, Moodle, オンライン, TA 研修, ロールプレイング

1. はじめに

本稿は, COVID-19 の感染拡大防止のため, 急遽オンラインで実施することになった国立大学Mの TA 研修受講者を研究対象とした, ゲーミフィケーションを取り入れたオンデマンド型のオンライン TA 研修の試行についてまとめたものである.

ゲーミフィケーションによるオンデマンド TA 研修は, 先行研究には見られない独自性のある取り組みであり, 従来の対面 (グループワーク+講義) による TA 研修とは異なるメリットがある. 例えば, オンデマンド型の個別学習であれば, 受講者にとっては, 時間や場所を気にせず受講することができ, かつゲーミフィケーションを取り入れた内容であれば, 自ら進んで取り組みやすく, また, 実施する大学にとっては, オンデマンド (Moodle) の研修コンテンツのログデータから, 従来のアンケート用紙からでは把握できない受講者情報を分析することで研修の改善につなげられる. 本稿には, ゲーミフィケーションによるオンデマンド TA 研修の実施継続につながる意義があると考え.

2. 目的

本研究の目的は, 事後アンケートデータと Moodle のログデータを分析し, 受講者の満足度や理解度を精査することを通じて, ゲーミフィケーションによるオンデマンド TA 研修の成果と課題を本稿で明らかにすることである. 本稿の取り組みによって, 今後のオンデマンド TA 研修の改善点を示したい.

3. 関連研究

ゲーミフィケーションとは, ゲーム自体の利用ではなく, ゲーム以外の活動にゲームの要素 (ゲームデザインの手法など) を取り入れる考え方であり, 大学の授業科目のデザインにゲーム要素を取り入れた事例では, 受講者が学習活動に参加する楽しさや, やる気の高まり, 従来の授業とは異なる経験を認識したことが確認されている⁽¹⁾. 2020 年 4 月, COVID-19 の影響のため, 従来対面で行ってきた TA 研修をオンデマンド型のオンライン TA 研修として実施することになった際, 受講学生の学習への動機付けが重要と考え, ゲ

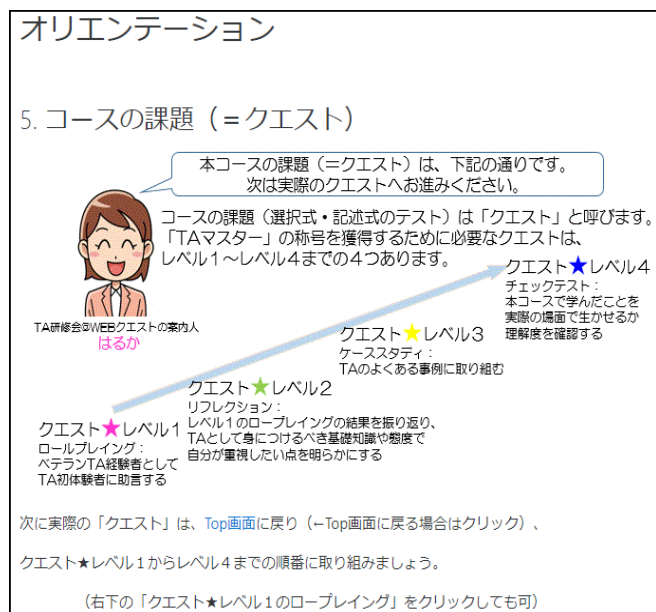


図 1 オンライン TA 研修の概要

ーミフィケーションをオンライン TA 研修に導入にした。オンデマンド学習に関する先行研究⁽²⁾やTA研修に関する先行研究⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾は多く、2020年度では、オンライン授業におけるTA活動の事例⁽⁶⁾がみられることから、今後オンラインTA研修の事例は増えていくものと考えられる。しかしながら、オンデマンド型のオンラインによるTA研修の事例や、TA研修にゲーミフィケーションを導入した先行研究が見当たらないことから、ゲーミフィケーションを取り入れたオンデマンド型のオンラインTA研修を扱う本稿は、独自性のある研究と言える。

4. 対象と方法

本稿で扱うオンデマンド型のオンラインTA研修のコンテンツは、2020年4月、国立大学MのLMS (Learning Management System) であるMoodle3.5で作成した。受講対象である学内の学生には、履修登録案内用メールによる一斉配信で受講案内を行った (受講期間は2020年4月24日から5月31日まで)。その結果、MoodleのオンラインTA研修コースに259名の学生が自己登録した。そのうち、オンラインTA研修の4つの課題をすべて修了した受講者は189名である。さらにMoodleの事後アンケートに回答し、4つの課題をすべて修了しているという条件に該当しなかった10名を除く179名のMoodleのログデータと事後アンケートの結果データが本稿の研究対象である。

表 1 従来の TA 研修と今回の TA 研修の比較

	従来のTA研修	今回のTA研修
形式	対面 (一斉集団研修) ※グループワーク+講義型	オンライン (個別学習) ※Moodleでのオンデマンド型
実施	指定された1日 (2時間) のみ	2020/4/24~5/31期間内に受講
課題	よくあるTA事例を当日読み、 グループで改善策について 話し合い、発表する	4つの課題 (クエスト) を順番 にクリアし、全てクリアできたら 受講完了
詳細	- 個人ワーク: ワークシートに記入 - グループワーク: 個人ワークの内容を共有 事例の改善策を話し合う - 全体共有: グループ毎に改善策を発表 - 講義: TA・SAハンドブックの内容 をもとに、TAとしての心得 や業務について講師が解説	- クエスト1: ベテランTAとして、新人TAに 助言するロールプレイング形 式による記述テスト (最大2回まで回答可) - クエスト2: クエスト1で適切な助言がで きたかを振り返り自己評価 (選択・記述) する - クエスト3: よくあるTA事例を読み、コメ ントを書き込む - クエスト4: TA業務の理解度確認テスト (10問選択式、何度でも受験 可、最高点を記録)
受講証明	※未発行: アンケート用紙で 受講者数と所属等を確認のみ	※発行: Moodleで受講完了を確認、 メールで受講完了通知

なお、MoodleのオンラインTA研修コースのログデータを扱うにあたり、個人情報 (個人名およびメールアドレス、学籍番号) を削除し、個人を特定できないようにしたエクセルファイルで統計処理を進めた。

本稿では、①Moodleの事後アンケートの分析 (特に自由記述部分のKH Coderによるテキスト分析) と、②Moodleのログデータの分析 (特にゲーミフィケーションを取り入れた最初の課題の得点と取り組み回数、およびその結果の自己評価を行う2番目の課題から、自己評価と実際の得点との一致・不一致の差などを中心) から、特にロールプレイング形式の最初の課題 (クエスト1) に関する改善点を明らかにしていく。

5. 研修の概要

本稿で扱うオンラインTA研修のコースでは、まず、ゲーミフィケーションの考えを参考にして研修全体の設計を行った。具体的には、研修の4つの課題 (選択式・記述式テスト) を「クエスト」と呼び、受講者は1~4までの全4クエストをクリアすることで研修を修了することができる。1~4までの全4クエストは、順番に受講しないと次のクエストに進むことができないが、合格基準を満たしているかどうかは問わず、クエストに回答すれば次のクエストに進める設定とした。(図1)(表1)

表 2 事後アンケート結果

n= 179		平均	標準偏差	満足 (3+4)	満足比
①	WEB実施	3. 20	0. 70	154	86. 03%
②	オリエンテーション	2. 97	0. 86	151	84. 36%
③	クエスト1	2. 69	0. 89	113	63. 13%
④	クエスト2	3. 04	0. 66	157	87. 71%
⑤	クエスト3	2. 96	0. 76	147	82. 12%
⑥	クエスト4	3. 23	0. 64	167	93. 30%
⑦	TA/SAハンドブック	3. 05	0. 98	157	87. 71%
⑧	TA業務解説	3. 02	0. 92	154	86. 03%
⑨	よくあるTA事例	3. 07	0. 84	158	88. 27%
⑩	質問・相談	2. 81	1. 16	149	83. 24%
⑪	全体の満足度	3. 04	0. 61	158	88. 27%

4つのクエストのうち、特に最初のクエスト1には、ロールプレイング形式でゲームの要素を取り入れた。そのクエスト1の内容は、ベテランTA経験者としてTA初心者に助言することを擬似的に体験することができるロールプレイング形式による記述テストであり、最大2回まで回答できる。その次のクエスト2は、クエスト1を振り返り、ベテランTAとして新人TAに適切な助言ができたか自己評価（選択・記述）する課題である。3つ目のクエスト3は、TAのよくある事例を取りあげてコメントを書き込む課題で、最後のクエスト4は、TAとして身につけるべき基礎知識や態度を理解できたかを確認する10問の選択式テストで、何度でも受験でき最高点が記録される設定とした。

なお、MoodleのオンラインTA研修コース内には、「ヒントBOX」を設置し、TA・SAハンドブックやTA業務の解説といった参考資料をいつでも閲覧できるようにした。この「ヒントBOX」は、ゲーミフィケーションの「足場かけ」⁽⁷⁾的な位置づけである。

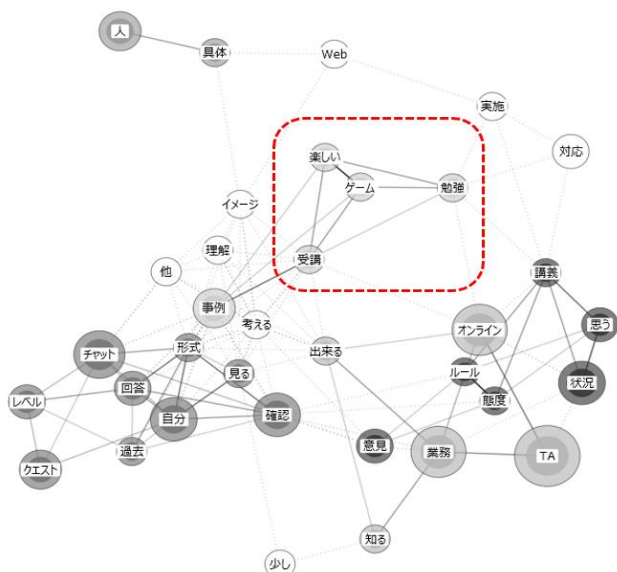


図2 クエスト1への「満足」群の共起ネットワーク

6. 結果と考察

6.1 事後アンケートの結果と考察

まず、Moodleの事後アンケートから、本研修内容に対する受講者の満足度について、4件法（1：非常に不満 2：不満 3：満足 4：非常に満足）による回答の結果をまとめたあと、「1：非常に不満」と「2：不満」を「不満」、「3：満足」と「4：非常に満足」を「満足」として再集計した。その「不満」「満足」の件数を回答者総数で除すことで、研修内容別の満足比を算出した。

（表2）その結果、研修全体の満足度は、88.27%と高く、WEBによる実施も86.03%と高い満足度を示した。その一方で、最も低い満足度63.13%を示したのが、4つのクエストの中の最初のクエスト1であった。ゲーミフィケーションを取り入れたロールプレイング形式の記述テストとしたが、4つのクエストの中で最も高い満足度93.30%を示した最後のクエスト4と比べると30.17ポイントの差が生じている。

次に事後アンケートの自由記述部分についてKHCoderによるテキスト分析を行った。自由記述の回答件数は34件と全体の18.99%であるが、4件法を再集計した「満足」では19件、「不満」では15件と、二分することができた。そこで、それぞれ「満足」群、「不満」群に分けてテキスト分析を行い、頻出語の関係を示す共起ネットワーク図を作成した。（図2、図3）

その結果、「満足」群には少数ではあるが、「ゲーム」を中心に「楽しい」「勉強」「受講」の語が結びついてを確認できたが、「不満」群ではこれらの語は

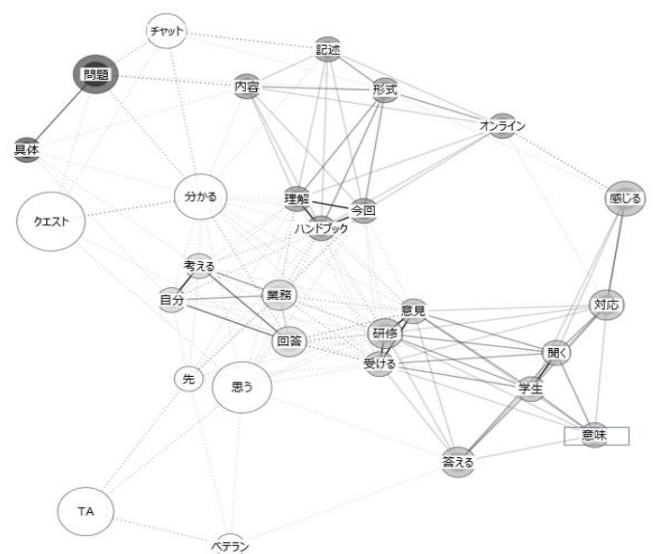


図3 クエスト1への「不満」群の共起ネットワーク

表 3 クエスト 1 の得点結果

n= 179		1回目 179件 (100.0%)		2回目 57件 (31.8%)		1回のみ回答 122件 (68.2%)	
10点	合格基準の 3つを満たす	8	18.4%	3	47.4%	7	20.5%
8-9点		25		24		18	
6-7点	基準2つ満たす	55	30.7%	10	17.5%	39	32.0%
4-5点	基準1つ満たす	70	39.1%	11	19.3%	46	37.7%
0-3点	基準0または未回答	21	11.7%	9	15.8%	12	9.8%

見当たらなかった。実際の記述内容では、「満足」群では「TA としての心得をゲーム感覚で勉強することができてとても楽しかったです。ドラゴンクエストのように敵（いくつかの問題事例）を倒していくオンラインゲーム方式であれば、より多くの人がもっと楽しく受講するかもしれません。」と具体的な提案まで記述したケースがみられた。「不満」群では「クエスト 1 の問題内容があいまいで、具体的に何をすればよいか分かりにくかった。」など課題自体を理解できていないケースがみられたが、「TA をしていくうえで大事なことを学べた。実際に起こりうる事象で学べたのでよかった。」という声も「不満」群において確認することができた。

以上、Moodle による事後アンケートの結果から、4 つのクエストのうち、ゲーミフィケーションを取り入れ、ロールプレイング形式の記述テストとしたクエスト 1 に改善の必要があることが明らかになった。特に事後アンケートの自由記述から、受講者によって課題自体の理解に差が生じたまま、全ての受講者が最初にクエスト 1 に取り組まざるを得なかった（1 から 4 の順番にクエストをクリアする必要があるため）ことは、ゲーミフィケーションによる設計の原理である「難易度（ゲームの複雑さと難易度が徐々に高くなる複数のレベルとして設計する必要がある）」⁷⁾を考慮できていなかったと言える。従来の TA 研修では、受講者の理解度に応じた課題の順番や難易度の設定を検討することはできないが、オンデマンド TA 研修においては、Moodle の機能を使えば検討可能である。今回の結果を踏まえて改善を検討していきたい。

6.2 クエスト 1 の得点結果と考察

次に Moodle のログデータから受講者情報を分析する（特にクエスト 1 に関連するデータについて）。

まず、ロールプレイング形式による記述テストとし、

最大 2 回まで回答できる設定としたクエスト 1 の得点結果を確認する。（表 3）1 回目の回答結果は、回答後即時自動的に解説とともにフィードバックされる設定にしており、合格基準に達成するために必要な 3 つの基準の具体的な解説に沿ってクエスト 1 に 2 回目チャレンジすれば、ほとんどの受講者が合格基準（10 点満点中 8 点以上）に達することができることを想定して設計した（ただし、回答例は表示していない）。（図 4）

クエスト★レベル1：ロールプレイング

このクエストでは、あなたはTA（ティーチングアシスタント）の経験があるベテランTAとして、TA活動が初めての友人からの相談を受けました。

その相談にあなたならどう応えるか、友人が「わかった、すぐそうする」と思ってもらえることを目標に考えてください。

【考えるときの前提】

- 相談に来た友人はTA活動の経験が初めてで知識やスキルが不足しており、うまく相談内容を伝えられていない可能性があります。
- まずTAとして対応すべき状況を確認するために友人に聞きたい（確認したい）ことをあげてください。
- 友人に聞きたいことを参考にどのような状況を想定し、あなたならどう対応するかコメントを考え、書いてください。

【このクエストの達成基準】

基準1（情報収集）：友人に聞きたい（確認したい）ことを2つ以上あげられている。

基準2（状況把握）：友人の相談内容からTAとして対応すべき状況を想定できている。

基準3（有用性）：友人が「わかった、すぐそうする」と思ってもらえる（状況の改善につながる）コメントである。

3つの基準を達成できれば、このクエストはクリアです（注）。

（注）1つ又は2つの基準達成でも、Top画面にこのクエストの完了マークがつき、次のクエスト★レベル2：リフレクションには進むことができます。このクエストをクリア（3つの基準達成以上）できなくても、レベル4までの全てのクエストにチャレンジし、本オンラインTA研修コースを最後まで受講ください。（なお、完了マークがつくまでに時間（1日程度）がかかる場合があります。）

それでは、相談シナリオを読んで、クエストにチャレンジしましょう！

※このクエストへのチャレンジは2回までです。いずれか高いほうの採点でクエストクリアを認定します。

図 4 クエスト 1（ロールプレイング）の内容

しかし、1 回目の回答者数 179 件（本稿における分析対象者の全体数と同数）に対して、2 回目の回答者数は 57 件と 1 回目の回答者のうちの 31.8%に留まった。2 回目の回答者のうち、合格基準に達した受講者数は 47.4%と、1 回目の回答者における合格基準達成者の比率（18.4%）は上回った。クエスト 1 を 1 回しか回答しなかった受講者数は、122 件と全体の 68.2%を占めており、そのうち、合格基準を満たしている受講者数は、回答後に合格基準の具体的な解説が表示され、2 回答できる機会も示されているにもかかわらず、25 件（20.5%）であった。つまり、残りの 97 件（79.5%）はクエスト 1 を 2 回チャレンジできる機会があり、合格基準を満たしていないにもかかわらず、1 回の回答で次のクエスト 2 に進んだことになる。（表 3）

以上のクエス ト 1 の得点結果から、1 回目の回答後に合格基準の解説が示されていても、クエス ト 1 に合格するためにもう一度クエス ト 1 に取り組むより、次のクエス ト に進むことを選択した受講者が約 8 割を占めていたことが明らかになった。つまり、クエス ト 1 のロールプレイング形式による記述テストは、ゲーミフィケーションの原理である「完全習得に向かう進歩を目に見える形で証拠として学習者に提供する」⁽⁷⁾ ことができていなかったと言える。段階的に完全習得していくことができる課題を受講者に応じて提供することは、オンデマンド学習の機能の特徴でもあり、次のオンデマンド TA 研修の改善点である。

6.3 クエス ト 2 の結果と考察

クエス ト 1 の回答結果を振り返り、自己評価するのが、2 番目の課題（クエス ト 2）である。クエス ト 2 には、選択回答と記述回答があり、選択回答では、受講者がクエス ト 1 のロールプレイング形式でベテラン TA として新人 TA に適切な助言ができたかどうかを 5 件法による選択で、記述回答はその選択の具体的理由を短文による自由記述で回答するものである。

クエス ト 2 の分析にあたり、5 件法による選択肢から「1. ベテラン TA 経験者として TA 初経験者に適切な助言ができた」と「2. TA 初経験者に参考になりそうな助言ができたと思う」をあわせて「適切なまたは参考になりそうな助言ができた」として集計し、「4. TA 初経験者への助言としてはあまり適切ではなかった」と「5. TA 初経験者への助言としては不適切であった」をあわせて「適切なまたは参考になりそうな助言はできなかった」として集計した。（表 4、表 5 の※参照）

表 4 クエス ト 1×クエス ト 2 の結果①

	クエス ト 1 で 2 回目回答者 計 57 件 (100%)	クエス ト 1 合格基準以上の 得点数 27 件 (2 回目回答者 57 件中) (47%)	クエス ト 1 合格基準未満の 得点数 30 件 (2 回目回答者 57 件中) (53%)
n = 57			
適切なまたは参考になりそうな助言ができた※	33 (58%)	17 (30%)	16 (28%)
適切なまたは参考になりそうな助言ができたかどうかわからない	13 (23%)	4 (7%)	9 (16%)
適切なまたは参考になりそうな助言はできなかった※	11 (19%)	6 (11%)	5 (9%)

本稿では、その集計結果をクエス ト 1 の得点結果とクロス集計させ、1 回のみ回答した回答者の結果と 2 回目まで回答した回答者の結果で自己評価と実際の得点との差がどの程度生じたかを比較した。（表 4、表 5）比較にあたっては、クエス ト 1 の得点が合格基準以上でかつ「適切なまたは参考になりそうな助言ができた」と自己評価した受講者と、得点が合格基準に満たなくてかつ「適切なまたは参考になりそうな助言はできなかった」と自己評価した受講者については、実際の得点と自己評価が一致していると定義した。

その結果、クエス ト 1 で 2 回目までの回答者 (57 件) のうち、実際の得点と自己評価が一致している受講者は 22 件 (39%) であり、そのうち 17 件 (30%) は、クエス ト 1 について合格基準 (10 点満点中 8 点) 以上の得点であった。一方、クエス ト 1 を 1 回しか回答しなかった受講者 (122 件) のうち、実際の得点と自己評価が一致している受講者は 31 件 (26%) であり、そのうちクエス ト 1 について合格基準以上の得点だった受講者は 19 件 (16%) であった。逆に、合格基準を満たしていないにもかかわらず、「適切なまたは参考になりそうな助言ができた」という自己評価をしている受講者については、クエス ト 1 で 2 回目まで回答した受講者 (57 件) のうち 16 件 (28%) であったが、クエス ト 1 を 1 回しか回答しなかった受講者 (122 件) においては 53 件 (43%) という結果であった。

以上、クエス ト 1 とクエス ト 2 の結果から、クエス ト 1 で 2 回目まで回答した受講者のほうが、クエス ト 1 の得点と自己評価が一致している割合が高く、クエス ト 1 を 1 回しか回答しなかった受講者では、約 4 割がクエス ト 1 の得点が合格基準を満たしていないにも

表 5 クエス ト 1×クエス ト 2 の結果②

	クエス ト 1 で 1 回のみ回答者 計 122 件 (100%)	クエス ト 1 合格基準以上の 得点数 25 件 (1 回のみ回答者 122 件中) (21%)	クエス ト 1 合格基準未満の 得点数 97 件 (1 回のみ回答者 122 件中) (79%)
n = 122			
適切なまたは参考になりそうな助言ができた	72 (59%)	19 (16%)	53 (43%)
適切なまたは参考になりそうな助言ができたかどうかわからない	37 (30%)	5 (4%)	32 (26%)
適切なまたは参考になりそうな助言はできなかった	13 (11%)	1 (1%)	12 (10%)

かわらず、「適切なまたは参考になりそうな助言ができた」(合格基準を満たしている)と自己評価していることを確認した。このことから、クエスト1の1回目の回答結果で3つの合格基準の解説を表示する機能が、受講者に2回目をチャレンジする動機付けとなるフィードバックにはならなかったと言える。

6.4 クエスト3とクエスト4の結果と考察

クエスト3は、よくあるTA事例を示し、Moodleのチャット機能を使いコメントを書き込むだけで、コメントの内容の評価はしないでクリアできる設定とした。その結果、分析対象の受講者179件全てがクエスト3をクリアした。事後アンケートの自由記述では、クエスト3について「他の受講者のコメントを見ることができて参考になった」という声もあったが、「自分の解答を他人でも見られるというシステムが少し不満だった」「チャットルームが使いにくく感じた。他の人がいないと話し合いをしている状態にならない」という声が研修全体に「満足」と回答した受講者から出ていたことから、チャット機能の活用は再考が必要と考える。

クエスト4は、事後アンケートでは最も満足度が高かったクエストである。TA業務の基礎知識に関する10問の○×選択式テストで、何度でも受験でき最高点が記録されることから、受講者179名中164名(91.6%)が満点の10点を記録しており、かつテストの受験時間も全員が10分以内(最短で50秒、最長で9分)であった。TA・SAハンドブックやTA業務の解説といった参考資料をいつでも閲覧できるようにしておいた「ヒントBOX」を閲覧した受講者が50件(27.9%)であったことも含めて総括すると、受講者にとってクエスト4は易しすぎたクエストであったと言える。

7. まとめ

受講者の学習への動機付けにつながるように、ロールプレイング形式による記述テストや、課題を「クエスト」とするなど、ゲーミフィケーションの考え方を導入したオンデマンドTA研修は、先行研究には見られない独自性のある取り組みであった。しかし、実施後のアンケートとMoodleのログデータの分析結果から、研修の課題の順番や難易度、回答結果のフィードバックや動機付けといったゲーミフィケーションの考

え方(原理)を反映できていなかったことが明らかになった。従来の対面によるTA研修では、このような分析を行うことはできなかったもので、本稿において今後の改善点を明らかにすることができたことも、オンデマンドTA研修の成果である。

今回はCOVID-19の影響のため、急遽従来の対面(グループワーク+講義)のTA研修からオンデマンドTA研修の実施となったが、本稿で明らかにすることができた改善点を踏まえて、周到な研修設計を行い、ゲーミフィケーションによるオンデマンドTA研修の実施継続に向けて準備を進めていく。

参 考 文 献

- (1) 藤本徹: “ゲームの要素を取り入れた授業デザインの枠組みの開発と実践”, 日本教育工学会論文誌, 第38巻, 第4号, pp. 351-361, (2015)
- (2) 土橋喜: “Moodle コースログとピボットテーブルのデータ統合による教材閲覧履歴の可視化” 情報教育シンポジウム, pp. 51-58, (2017)
- (3) 北海道大学 (2011) 『北海道大学・全学教育ティーチング・アシスタントマニュアル』
<https://high.high.hokudai.ac.jp/wp-content/uploads/2015/04/TAManual2011.pdf> (2020年10月28日確認)
- (4) 筑波大学 (2020) 『TAハンドブック』
<http://www.tsukuba.ac.jp/campuslife/ta/handbook.html> (2020年10月28日確認)
- (5) 金沢大学 (2019) 『令和元年度高度ティーチング・アシスタント研修会を開催』
<https://www.kanazawa-u.ac.jp/news/67482> (2020年10月29日確認)
- (6) 京都大学 (2020) 『TAと協働してオンライン授業を行う(教員・TA向け)』
https://www.highedu.kyotou.ac.jp/connect/teachingonline/working_with_ta.php (2020年10月28日確認)
- (7) C.M. ライゲルース・B.J. ビーティ・R.D. マイヤーズ編, 鈴木克明監訳: “学習者中心の教育を実現するインストラクショナルデザイン理論とモデル”, 北大路書房, 京都(2020)

ブロックでプログラミングできる IoT 学習環境の改良

渡部敬太^{*1}, 中西通雄^{*2}

^{*1} 大阪工業大学大学院, ^{*2} 追手門学院大学

Improvement of IoT learning environment that provides block programming

Keita Watanabe^{*1}, Michio Nakanishi^{*2}

^{*1} Osaka Institute of Technology, ^{*2} Otemon Gakuin University

マイコン基板 IchigoLatte を用いて, IoT (Internet of Things) を学ばせる教材を開発している. この教材ではパソコン上でブロックを組み合わせてプログラムを作り, マイコン基板に書き込む. 従来の教材は, マイコン基板で取得したセンサ値データをインターネットを介してサーバに送信し, サーバに蓄積されたデータをスマートフォンで観測するものであった. 今回, スマートフォンからインターネットを介してマイコン基板に対して指令を送れるようにした. これにより, IoT についてより理解を深めることができると考える. また, ブロックとそれに対応するソースコードを同じ色で表示する機能や, よりソースコードに近い表記のブロックを使用できる機能を追加した. この改良により, ブロックプログラミングからソースコードプログラミングへ移行しやすくなると考える.

キーワード: プログラミング, IoT 学習, IchigoLatte, MixJuice, Blockly

1. はじめに

本研究では, 小学 5 年生以上を対象として, プログラミングの入門教育と IoT (Internet of Things) の入門教育を目的とする. IoT とは, モノがインターネット経由で通信することで, センサを用いた計測やマイコン基板の制御等を行うことである. 近年, IoT を基盤としたサービスは増加している. IoT の使用例のイメージを図 1 に示す. 図 1 は, ビニールハウスで温度や湿度を計測し, インターネットを介してスマートフォンで観測する. 観測結果から散水するかを決め, スマートフォンからインターネットを介して指令を行う.

IoT システムを理解することで, 身近にある IoT 製品に対する見方が変わり, 視野が広がる (物事を様々な角度から考える力がつく) と考える. また, プログラミングの基礎とともに学ぶことで, IoT 製品に限らず様々な製品は全てプログラムで動いていることが理解できるであろう. 筆者らは以前に, マイコン基板 IchigoLatte を用いた IoT 学習環境を開発した. マイコン基板で測定したデータをインターネット経由でサーバコンピュータに送り, サーバコンピュータに蓄積されたデータをグラフに変換して観測することで, IoT のしくみについて学習できる⁽¹⁾. 本研究では, IoT

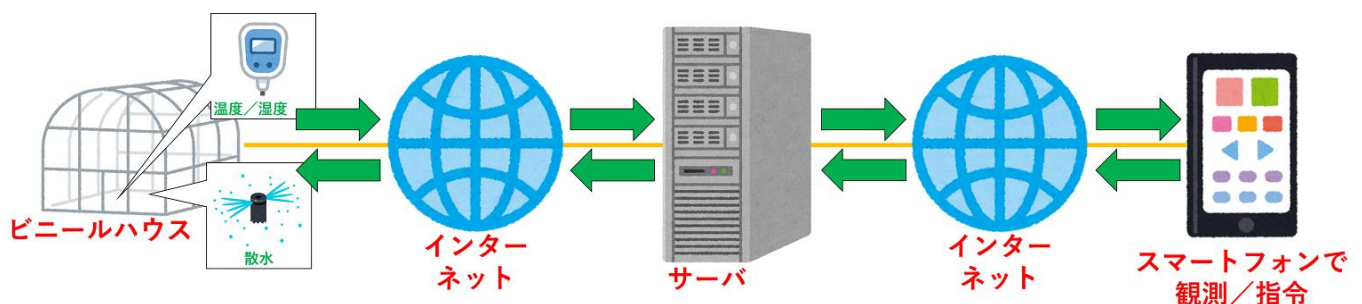


図 1 IoT の使用例のイメージ

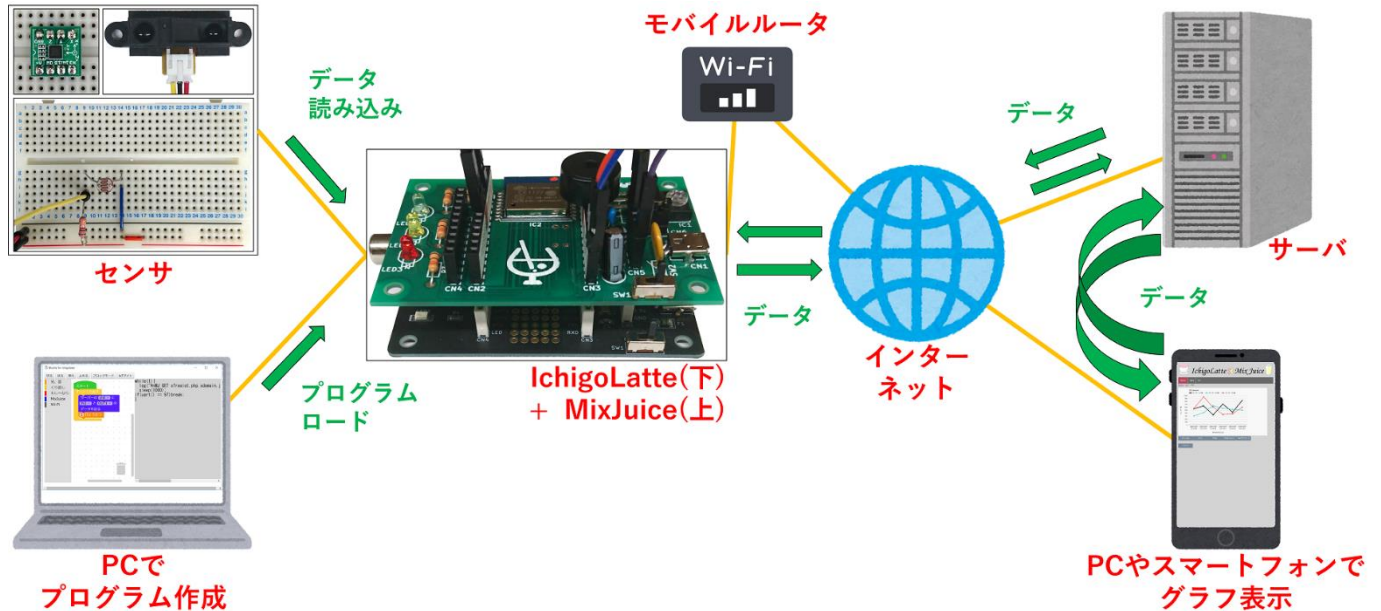


図 2 システム構成

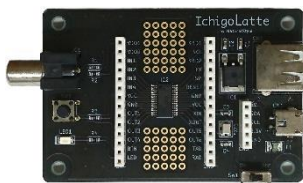


図 3 マイコン基板 IchigoLatte

学習環境に使用する IchigoLatte 用ツールと IoT サイトの改良を行った。

2. システム構成

本研究の IoT 学習環境の構成を図 2 に示す。まず、マイコン基板 IchigoLatte, WiFi 通信を行う MixJuice, センサ類を PC に USB シリアル変換モジュールで接続する。

2.1 IchigoLatte と MixJuice

IchigoLatte (図 3) には OS が搭載されており、JavaScript をベースにした MiniScript でプログラミングできる⁽⁵⁾。IchigoLatte には LED が 1 つ付いている。MixJuice はインターネットに接続するための無線 LAN 基板である。IchigoLatte, MixJuice 両基板には、スピーカやセンサ等を付けることができる。

2.2 サーバ

レンタルサーバである XFREE を利用して、サーバを用意した。サーバは、チャンネル番号とセンサ値データを受信すると、チャンネル番号に対応したテキス

トファイルにセンサ値データを書き込む。チャンネルとは 12 個のグラフから選択するための数字である。本研究では、IoT サイトのスイッチ (図 9) が ON か OFF によってテキストファイルに 1 か 0 を書き込む機能を追加した。テキストファイルに書き込みを行うソースコードは PHP で約 500 行である。

2.3 IchigoLatte 用ツール

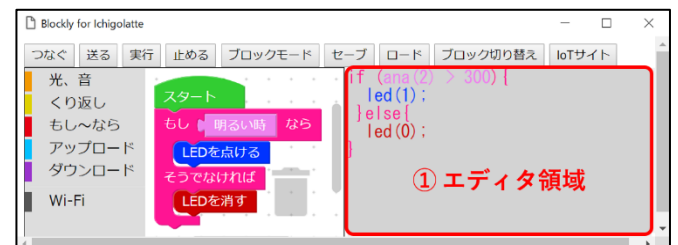


図 4 IchigoLatte 用ツール

IchigoLatte 用ツール⁽³⁾では、PC 画面上で日本語表記のブロックを組み合わせてプログラムを作成できる (図 4)。このツールを使用することで、プログラミングを学んだことがなくても簡単にプログラムを作成できる。ブロックで作成したプログラムは MiniScript のコードに変換されて、図 4 の①のエディタ領域に表示される。また、エディタ領域のソースコードを直接編集することができる。しかし、ソースコードの内容は、ブロックには反映されない。従来の IchigoLatte 用ツールは、html が約 70 行で、JavaScript が約 820 行である。そして、本研究で新しく追加したコードは、html が約 160 行、JavaScript が約 1200 行である。

2.4 IoT サイト

IoT サイトとは、IoT 学習環境として開発した Web サイトでサーバ上に用意した。サーバに蓄積されたセンサ値データは、グラフ化して表示することができる。グラフは 12 個の中から選択でき、12 個のチャンネル番号(ch0 から ch11)から選ぶことで切り替えられる。

3. システムの流れ

PC 上でプログラムを作成して、IchigoLatte で実行する例を図 5 に示す。

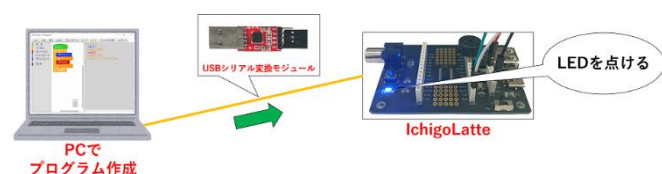


図 5 PC から IchigoLatte を実行する例

データ送信からグラフ表示については、図 6 の流れで以下の 1 から 4 の順に操作を行う。

1. 学習者は、PC 上でブロックを組み合わせてプログラムを作成し、IchigoLatte にロードする (図 5)。
2. IchigoLatte はロードしたプログラムを UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) 経由で MixJuice へと渡し、プログラムに従って実行する。
3. IchigoLatte は、センサで取得した数値データを、MixJuice からインターネットを介してサーバへと送信する (図 6)。
4. 学習者は、スマートフォンで IoT サイトを開き、サーバに蓄積された数値データをグラフに変換した形で観測することで、データの可視化、分析を行える (図 6)。

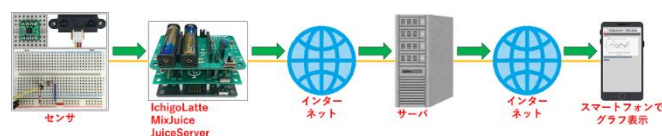


図 6 データ送信からグラフ表示までの流れ

ここまでが、筆者らが以前に作成した IoT 学習環境である。

本研究で拡張したデータの受信については、図 7 の流れで以下の 1 から 3 の順に操作を行う。

1. 学習者は、PC 上でブロックを組み合わせて、プログラムを作成し、IchigoLatte にロードする (図 5)。
このプログラムでは、1 秒毎にサーバからテキストファイルのデータを受信し、受信したデータによって LED や音の制御を行う (図 7)。
2. IchigoLatte はロードしたプログラムを UART 経由で MixJuice へと渡し、プログラムに従って実行する。
3. 学習者は、スマートフォンで IoT サイトを開き、IoT を制御するボタンをクリックすることで、IchigoLatte の LED の点灯や消灯、音を鳴らす等の制御を行う。

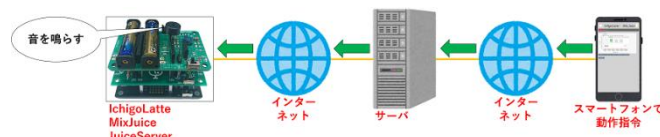


図 7 スマートフォンから IchigoLatte を操作する流れ

4. プログラミング教室の実施

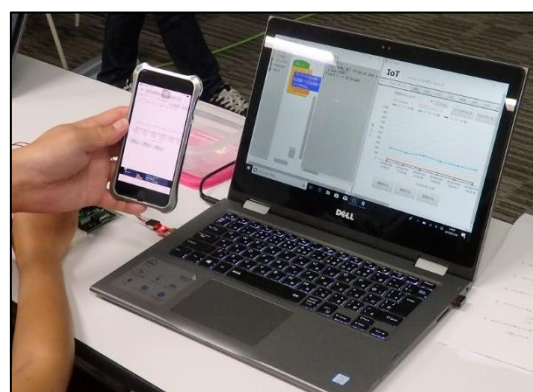


図 8 プログラミング教室の写真

4.1 プログラミング教室の実施内容

2019 年 7 月 20 日に小学 3 年生 1 人と 5 年生 2 人を対象としてプログラミング教室を実施した (図 8)。約 110 分でプログラミングの基礎、残りの約 50 分で IoT 入門の授業を行った。また、このとき使用した IoT 学習環境は筆者らが以前に作成したものである。授業では約 100 枚のスライドを用いて、以下の 1 から 4 の順番で説明を行った。

1. 順次処理：スピーカを用いて、複数の音を順番に鳴らすプログラムの作成
2. 繰り返し処理：LED の点灯と消灯を交互にくり

返し行うプログラムの作成

3. 条件分岐処理：赤外線センサを用いて、センサの値によって LED の点灯、消灯を行うプログラムの作成
4. IoT（データ送信のみ）：照度センサと赤外線センサの値をサーバに送信するプログラムの作成とサーバに送られたセンサ値データの観測

4.2 プログラミング教室実施に対する考察

授業実施後に筆記形式のアンケートと理解度テストを実施した。アンケート結果では、ケーブルのつながりが難しかったという意見が多かった。これは、パソコンと IchigoLatte を USB シリアル変換モジュールでつなげるとき、ジャンパワイヤが 4 本あり、つながりが複雑であったことが原因と考えられる。

この解決策として、JuiceServer を使用することが挙げられる。JuiceServer とは IchigoLatte に使用できるバッテリー用基板である。これを使用することで、USB シリアル変換モジュールをつなぐ際、ジャンパワイヤが 2 本で済み、つながり方もより簡単になる。また、プログラミングと IoT に対する理解度テストについて、表 1 に示す。

表 1 プログラミングと IoT に対する理解度テスト

項目	問題	正解者 (3 人中)
プログラミング	プログラムが実行する順番を答える問	3 人
IoT	マイコン基板、パソコン、インターネット等がどのようにデータをやり取りしているかを線でつなぐ問	1 人

表 1 から、モノとインターネットが通信するという IoT の基本が理解できていないことが推測できる。これは、プログラミング教室実施時に、グラフ表示をスマートフォンだけでなく、プログラミングを行う PC でも行ってしまったことが原因であると考えられる。つまり、PC と IchigoLatte を USB シリアル変換モジュールで接続していたので、センサ値を直接 PC に読み込んでグラフ表示していると誤解したと考える。

この問題の解決策に対しても、JuiceServer を用いることで解決できると考える。JuiceServer を接続すると PC とマイコン基板を切り離れた状態で実行できるからである。

5. IchigoLatte 用ツールと IoT サイトの機能拡張

5.1 IoT サイトのスイッチ追加とスイッチデータ受信用ブロック追加

本研究で追加した IoT サイトの Web 画面上のスイッチを図 9 に示す。

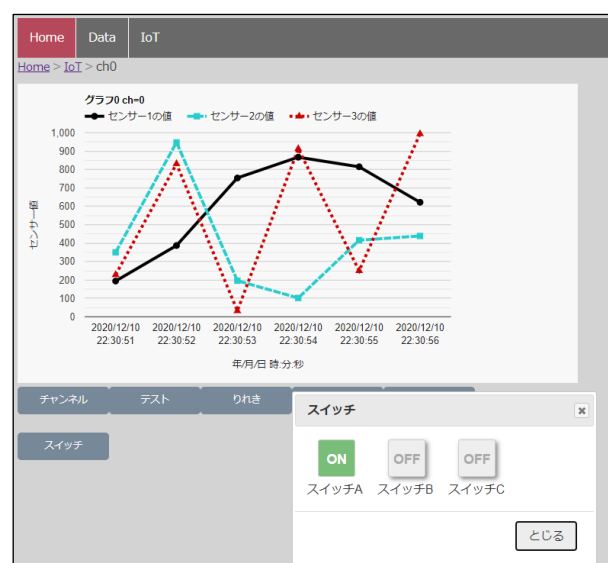


図 9 IoT サイトのスイッチ

スイッチには A, B, C の 3 種類がある。この 3 種類のスイッチは、IoT サイトの 12 個のグラフそれぞれにあるため、データ受信時にチャンネル番号 (ch0～ch11) を選択する必要がある。

本研究で追加した 3 つのスイッチデータ受信用ブロックを図 10 に示す。

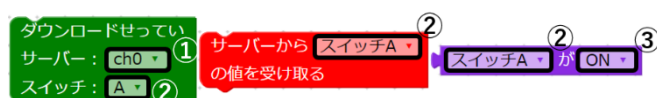


図 10 スイッチデータ受信用ブロック

左がスイッチデータを受信する準備を行うためのブロック、中央がサーバからスイッチデータを受信するブロック、右がスイッチの ON, OFF を判定するブロックである。図 10 の①は ch0 から ch11 の 12 種類から選択する。図 10 の②は、スイッチ A, スイッチ B, スイッチ C から 3 つから選択する。図 10 の③は ON

か OFF を選択する。

このブロックを使用して、スイッチデータを受信する場合、MixJuice に接続されている USB シリアル変換モジュール (IchigoLatte が PC と通信するためのモジュール) を外しておく必要がある。これは、スイッチデータを受信するために UART を使うためである (USB シリアル変換モジュールを接続した場合、データ待ち状態になり、UART が-1 になるため、UART が使用できなくなる)。

USB シリアル変換モジュールを外すと、電源供給が断たれ、PC 画面 (IchigoLatte 用ツール) からの実行ができなくなる。電源供給のため、JuiceServer を接続し、IchigoLatte 上のボタンを押しながら、電源スイッチを入れて、保存されているプログラムを実行する。これにより、PC とマイコン基板がつながっていない状態になるため、プログラミング教室で問題となっていた PC とマイコン基板のみで通信しているという誤解がなくなり、インターネット経由で通信しているということが理解しやすくなると考える。

5.2 データ保存／読み込み機能の追加

従来の IchigoLatte 用ツールでは、作成中のプログラムを中断して後から再開したいときには、ソースコードをテキストエディタにコピーしなければならないという問題点があった。これに加えて、保存できるのはソースコードだけでブロックの保存はできないという問題点もあった。今回、ブロックとソースコードを保存する機能と保存したデータを読み込む機能を追加した。これにより、テキストエディタを使う手間をなくすことができた。

6. ブロックプログラミングからソースコードプログラミングへの移行

IchigoLatte 用ツールでは、ブロックを配置するとエディタ領域に、ブロックに対応したソースコードを表示する。これにより、ブロックプログラミングからソースコードプログラミングへの橋渡しができるように設計した⁽³⁾。しかし、これだけではブロックでのプログラミングからソースコードでのプログラミングへスムーズに移行できないと考えており、今回、よりスムーズに移行することを目的として IchigoLatte 用ツ

ルの改良を行った。

6.1 ブロックとソースコードの対応

ブロックの色とブロックに対応するソースコードの色を同じにする機能を追加した。従来の IchigoLatte 用ツールでは、図 11 の右上のように複数のブロックを並べた後、どのブロックがどのソースコードと対応しているかがわかりにくいという問題があった。そこで、図 11 の右下のように、ブロックの色とブロックに対応するソースコードの色を同じにした。これにより、ソースコードとの対応がわかりやすくなるので、ソースコードの意味を把握しやすくなると考える。

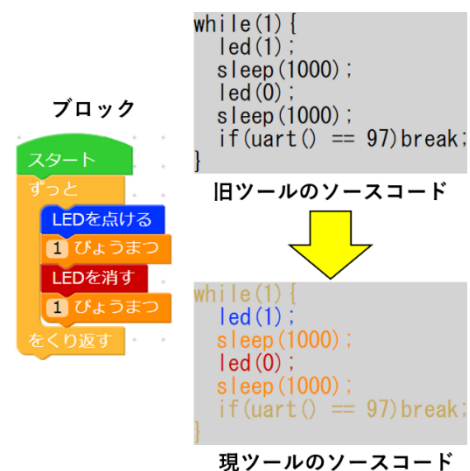


図 11 旧ツールと現ツールのソースコードの比較

6.2 ブロック切り替え機能の追加

ソースコードは英語ベースの表記であるため、従来の IchigoLatte 用ツールのブロックは、プログラミング初学者でも理解しやすくするために、日本語表記で記述している。しかし、プログラミングに慣れてきた学習者がソースコードでのプログラミングに移行するとなったとき、スムーズに移行できないのではないかと考える。

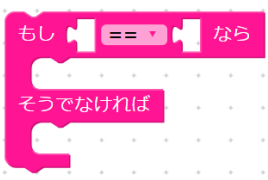


図 12 音を鳴らすブロックとソースコード

例えば図 12 のように実際のソースコードが、250Hz で 500m 秒音を鳴らすという beep(250, 500) のとき、ブロックは音を出すという表記になっている場合である。これだと、ソースコードの意味が理解しにくい。そこで、ソースコードに少し近づけたブロックを追加

した．追加したブロックの一部を表 2 に示す．プログラミングに慣れてきた人用のブロックは，IchigoLatte 用ツールのブロック切り替えボタン（図 4 の上部のボタン）で使うことが可能である．このブロック追加により，ブロックプログラミングからソースコードプログラミングへ移行していくときの助けになると考える．

表 2 プログラミング初学者用のブロックとプログラミングに慣れてきた人用のブロックの比較

プログラミング初学者用のブロック	プログラミングに慣れてきた人用のブロック
	
	

7. おわりに

本研究では IchigoLatte 用ツールと IoT サイトを改良し，より IoT について理解を深める教材にした．さらに，ブロックプログラミングからソースコードプログラミングへよりスムーズに移行できるように改良を行った．しかし，コロナ禍により改良した教材を用いて学習者に授業できていない．今後プログラミング教室を実施して評価をとり，それに基づいた改良を行っていくことが課題である．

謝辞

本研究の一部は，JSPS 科研費 JP19K12281 の助成を受けた．

参 考 文 献

- (1) 渡部敬太，中西通雄：“IchigoLatte 用ツールのブロック追加とデータを可視化するアプリの機能拡張”，PC カンファレンス，pp.63-66 (2019 年 8 月)
- (2) 渡部敬太，中西通雄：“IchigoLatte を用いてセンサ値データをサーバに送るプログラムとセンサ値データを可視化する Web アプリの開発”，教育システム情報学会

2018 年度学生研究発表会，pp.139-140 (2019 年 2 月)

- (3) 中南拓也，中西通雄：“ブロック組み立てによるプログラミングからキーボード入力によるプログラミングへの橋渡しをする IchigoLatte を用いた教材”，教育システム情報学会，pp.137-138 (2019 年 2 月)
- (4) 鴻池泰元，中西通雄：“IchigoJam 用ビジュアルブロックプログラミング環境の開発とプログラミング体験教室の実践”，情報処理学会コンピュータと教育研究会 144 回研究発表会，pp.67-70 (2018 年 3 月)
- (5) 古旗一浩，松田優一：“みんなの IchigoLatte 入門 JavaScript で楽しむゲーム作りと電子工作”，リックテレコム (2017 年 4 月)

OpenFlow を用いたネットワーク学習教材の開発

石川有彩^{*1}, 吉原和明^{*2}, 井口信和^{*3}, 渡辺健次^{*4}

^{*1} 広島大学大学院教育学研究科, ^{*2} 福山大学工学部,

^{*3} 近畿大学理工学部, ^{*4} 広島大学大学院人間社会科学研究科

Development of Learning materials for network by using OpenFlow

Arisa Ishikawa^{*1}, Kazuaki Yoshihara^{*2}, Nobukazu Iguchi^{*3}, Kenzi Watanabe^{*4}

^{*1} Graduate School of Education, Hiroshima University

^{*2} Faculty of Engineering, Fukuyama University

^{*3} Faculty of Science and Engineering, Kindai University

^{*4} Graduate School of Humanities and Social Sciences, Hiroshima University

The course of study for information of high schools in Japan, the contents include "understand the structure and components of the network". However, there are few learning materials such as routers, L2 switches, and firewalls. Hence it is difficult to learn experientially. Therefore, in this research, we implemented functions such as routers. on Raspberry Pi using OpenFlow and developed learning materials that students can learn the components of network experientially.

キーワード: 情報教育, 教材開発, ネットワーク, 体験的学習, Raspberry Pi, OpenFlow

1. はじめに

高等学校学習指導要領解説情報編¹には, 学習内容として「情報通信ネットワークの構成要素を理解することや, 「目的や状況に応じて情報通信ネットワークの構成要素を選択するとともに, 情報セキュリティを確保する方法について考える」ことが示されている。

しかし, 実世界の情報通信ネットワークの構成要素である, ルータや L2 スイッチ, Firewall などの教材はなく, 体験的な学習を行うことが難しい。

そこで本研究では, OpenFlow を用いて Raspberry Pi にルータ等を実装し, 生徒が情報通信ネットワークの構成要素を体験的に学習できる教材の開発を行った。

2. OpenFlow

2.1 OpenFlow とは

OpenFlow はソフトウェアによりネットワークの制御機能を自由に設計・実装することができる技術であ

る。OpenFlow は「OpenFlow スイッチ（以下, スイッチ）」と呼ばれる転送部と, 「OpenFlow コントローラ（以下, コントローラ）」と呼ばれる制御部に分かれており, コントローラでスイッチの転送機能を自由に設計・実装することができる。

つまり, コントローラからスイッチに指示を与えることでスイッチにルータの機能を実装したり, L2 スイッチの機能を実装したりすることができる。

2.2 OpenFlow の仕組み

スイッチは, 届いたパケットの転送先を, スイッチ内の「フローテーブル」と呼ばれるデータベースを参照して決める²。フローテーブルには「このようなパケットが届いたら, ポート x 番に転送する」というルールがいくつか記録されており, このルールは「フローエントリ」と呼ばれる。フローエントリは「マッチングルール」, 「アクション」, 「統計情報」の 3 つの要素から成る。

スイッチがフローテーブルを参照した際、届いたパケットにマッチするフローエントリが登録されていない場合もある。その際、スイッチはどのようにパケットを処理すれば良いか、コントローラに指示を仰ぐ。この時用いられるのが、「Packet In メッセージ」というメッセージである。

コントローラでは実装する機能ごとにアプリケーションが用意されており、Packet In メッセージを受け取った場合どのような指示をスイッチに返すかといったことも、アプリケーションのプログラム中に記されている。

3. 教材の開発

3.1 システム構成

本研究では Raspberry Pi 3 Model B V1.2 を 4 つ用いた。それぞれに OpenFlow のソフトウェアをインストールしており、各 Raspberry Pi はコントローラやスイッチ、ホストとして振舞うことができる。

Raspberry Pi はバージョン 3 以降、無線 WiFi モジュールを搭載しており、本研究では 4 つの Raspberry Pi すべてで無線通信が行えるようにした。コントローラとスイッチの間の通信を無線で行う。

システム構成図を図 1 に示す。

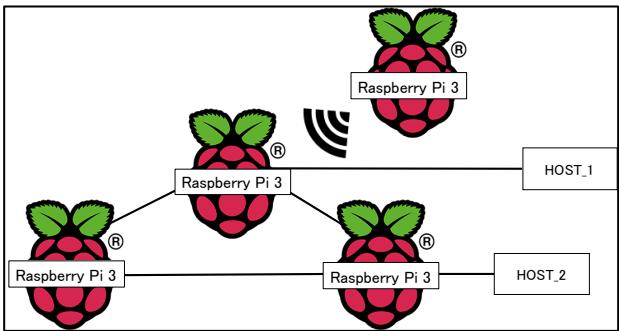


図 1 システム構成図

3 つの Raspberry Pi と 2 つのホストは有線ネットワークで構成している。有線で接続されている箇所にはフルカラーシリアル LED テープを設置しており、有線ケーブルを流れるパケットを LED テープの光で可視化する。

また、スイッチが実装しているネットワークの機能を判別するために、各スイッチには小型キャラクタ LCD を搭載した。

開発環境を表 1 に示す。OpenFlow スイッチとして

用いた Open vSwitch では、「ブリッジ」という仮想スイッチを作成して用いた。

表 1 開発環境

種類	詳細
コンピュータ	Raspberry Pi 3 Model B V1.2
OS	Raspbian Buster
プログラミング言語	Python3.7
パケットを可視化する装置	フルカラーシリアル LED テープ
スイッチに実装したネットワーク機能を表示する装置	I2C 小型キャラクタ LCD
OpenFlow コントローラ	Ryu SDN framework
OpenFlow スイッチ	Open vSwitch

3.2 設定項目

コントローラとして用いた Ryu SDN framework には Web サーバの機能が搭載されており、外部から HTTP メソッドを用いてネットワークの設定を呼び出したり、設定を変更したりすることができる。

設定できる項目を表 2 に示す。

表 2 設定項目

実装する機能	設定項目
ルータ	ルータの IP アドレス ルータのゲートウェイ
L2 スイッチ	ポート番号・MAC アドレス
Firewall	ルール
動的経路制御	ルータの IP アドレス

3.3 LED テープの制御

Raspberry Pi 3 には 40 本の汎用入出力ポートが搭載されており LED テープや LCD などのハードウェアをソフトウェアで制御することができる。

また、LED テープを光らせる際に用いる PWM 信号は 2 チャンネルで出力できるため、1 台の Raspberry Pi で 2 本の LED テープを制御できる。

本教材ではパケットが移動する様子を、LED テープの光の流れで表現している。その際、制御している

Raspberry Pi から光が出ていくようにするか、逆に光が向かってくるようにするか、という光らせ方を決定する必要がある。

また、複数の LED テープを光らせる場合、光らせる順番を決定し、タイミングの制御をする必要がある。

3.4 パケットキャプチャ

有線ケーブルを流れるパケットを LED テープの光で可視化するには、スイッチ間を移動するパケットをキャプチャする必要がある。本教材では、OpenFlow を用いてパケットキャプチャを実装した。

まず、コントローラは起動時に、「ICMP パケットが届いたら、Packet In する」というフローエントリをスイッチに追加させる。

次に、Packet In してきた ICMP パケットについて、送信元 IP アドレスや宛先 IP アドレス、またどのポートから届いたか、といった情報を解析する。

次に、その情報を LED テープを制御しているスイッチに UDP メッセージを用いて送信する。

メッセージを受け取ったスイッチは、その情報をもとに光らせる LED テープと、光らせ方、光らせるタイミングを決定する。

3.5 ルータ

ルータの学習では、図 2 のようにコントローラを 1 つ、スイッチを 3 つ、ホストを 2 つ用いる。

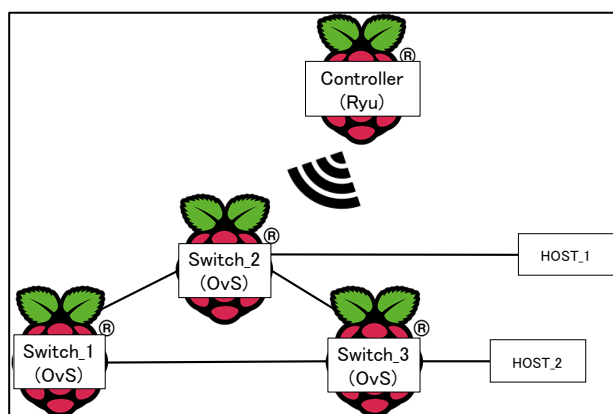


図 2 ルータの学習の構成

コントローラでは、Ryu に元々用意されている、「rest_router.py」というアプリケーションにパケットキャプチャ用の修正を加えて実行する。

3 つあるスイッチの各インターフェイスに IP アドレスを割り振り、ゲートウェイの設定をするとネット

ワークが構築される。

3.6 L2 スイッチ

L2 スイッチの学習では、図 3 のようにコントローラを 1 つ、スイッチを 1 つ、ホストを 3 つ用いる。

コントローラでは、Ryu に元々用意されている、「simple_switch_rest_13.py」というアプリケーションにパケットキャプチャ用の修正を加えて実行する。

この学習ではスイッチのポート番号と、ポートの先に接続されているホストの MAC アドレスを対応づけて設定することで、L2 スイッチの仕組みが学習できる。

また、ポート番号と MAC アドレスの設定をしない場合、自動で MAC アドレステーブルを作成する。その際に flooding という全ポートへパケットを転送する現象が起きるが、本教材ではその様子も LED テープの光で可視化した。

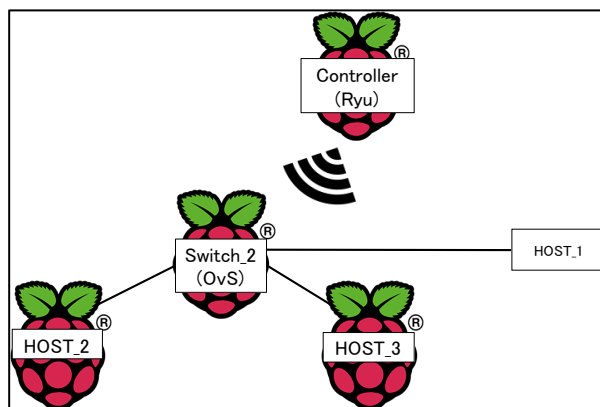


図 3 L2 スイッチの学習の構成

3.7 Firewall

Firewall の学習では、図 4 のようにコントローラを 2 つ、スイッチを 2 つ、ホストを 2 つ用いる。

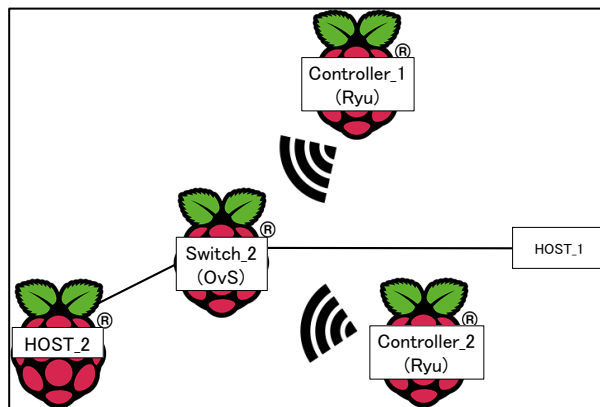


図 4 Firewall の学習の構成

図 4 では物理的なスイッチが 1 つになっているが、

Open vSwitch の設定でブリッジを 2 つ用意した。

一つ目のコントローラでは、Ryu に元々用意されている「rest_firewall.py」というアプリケーションにパケットキャプチャ用の修正を加えて実行する。

また、この「rest_firewall.py」というアプリケーションだけでは、ルータの機能を実装することができない。そこで、二つ目のコントローラで「rest_router.py」を実行し、ルータと Firewall の両方の機能を実装した。

また、Firewall の学習では、外部ネットワークと内部ネットワークを用意する。本教材では、図 4 の HOST_1 側が内部ネットワーク、HOST_2 側が外部ネットワークとした。そして、外部ネットワークからのパケットがルールによって通過したり、遮断されたりする様子を LED テープの光で可視化した。

3.8 動的経路制御

動的経路制御の学習では、コントローラを 1 つ、スイッチを 3 つ、ホストを 2 つ用いた。構成は図 2 と同様である。

3.8.1 動的経路制御のプロトコル

動的経路制御のプロトコルには、大きく分けて IGP と EGP という 2 種類のプロトコルがある。IGP は小規模なネットワークで用いられ、EGP は大規模なネットワークで用いられる。

Ryu には元々 BGP という、EGP のプロトコルを実装するためのアプリケーションが用意されているが、本研究の実験環境は非常に小規模であるため、このプロトコルは適していない。また、オープンソースで公開されているものも、本研究の実験環境に合うものは無い。よって、本研究では実験環境にあった動的経路制御のアプリケーションを、Ryu で開発して使用する。

3.8.2 開発した動的経路制御のプロトコル

開発した動的経路制御のプロトコルは RIP を参考にした。

このプロトコルでは、経由するルータの数をメトリックとして管理し、メトリックの少ない経路を選択してパケットを転送する。

また、「自分のリンクに直接繋がっているネットワーク」のネットワークアドレスとメトリックの情報を含んだメッセージを UDP で隣接するルータに送信する。このメッセージを受け取ったルータは、そのネットワ

ークアドレスと UDP の送信元 IP アドレス、メトリックを元に経路表を更新する。

次に、更新したネットワークの情報を、メトリックを増やして隣接するルータに送信する。これにより、経路表を動的に作成することができる。

また、ネットワーク上のケーブルが抜かれた場合は、障害があったインターフェイスへパケットを転送しないように、経路表から経路を削除する。

3.8.3 OpenFlow で ARP 処理

OpenFlow スイッチとして制御している Raspberry Pi では、ARP の処理を OS に任せることができない。そのため、コントローラでパケットを生成し、ARP リクエストや ARP リプライをスイッチに送信させるための命令を出す必要がある。この時用いるのが「Packet Out メッセージ」である。

ARP パケットを生成する際には、ethernet ヘッダの情報と arp ヘッダの情報が必要である。それらの中で、特に必要な情報を表 3 に示す³。

表 3 ARP パケットの生成に主に必要な情報

Attribute	説明
opcode	リクエストなら 1, リプライなら 2
src_mac	送信元 MAC アドレス
src_ip	送信元 IP アドレス
dst_mac	宛先 (ターゲット) MAC アドレス
dst_ip	宛先 IP アドレス

コントローラの起動と同時に ARP リクエストが送信されるようにした。

動的経路制御では予めゲートウェイが設定されていないため、コントローラ起動時に宛先 IP アドレスをゲートウェイに指定して ARP リクエストを送ることができない。よって、表 3 の dst_ip にはスイッチのリンクのブロードキャストアドレスを指定する。

また、ARP リクエストを受け取ったスイッチは、Packet In メッセージでコントローラに指示を仰ぎ、コントローラは ARP リプライパケットを生成して Packet Out メッセージをスイッチへ送信する。

3.8.4 UDP で経路情報を交換

開発した動的経路制御のプロトコルでは、UDP メッセージを用いて経路情報の交換を行う。

ARP パケットと同様に、UDP パケットもコントロ

ーラ上で生成する必要がある。UDP パケットの生成には ethernet ヘッダと ipv4 ヘッダと udp ヘッダの情報が必要となる。udp ヘッダの要素を表 4 に示す。

表 4 UDP ヘッダの要素

Attribute	説明
src_port	送信元ポート番号
dst_port	宛先ポート番号
total_length	0 にしておく
csum	0 にしておく

表 4 の src_port と dst_port にはプライベートポート番号を割り当てた。total_length と csum には 0 を指定しておくと、自動計算された値が入る。

UDP メッセージを送るタイミングは、コントローラの起動時と、他のスイッチから送信された UDP メッセージがコントローラに Packet In した時である。

起動時に送るメッセージには、各スイッチのリンク上のネットワークの情報が含まれる。この時のメトリックは 1 である。

新たに UDP メッセージがコントローラに Packet In した時には、まず経路表を更新する。その後、メッセージ中のメトリックに 1 を足して、届いたネットワーク情報とメトリックを含んだ UDP メッセージを生成する。次に、生成したパケットをスイッチのリンク上へ送信させるための、Packet Out メッセージをスイッチへ送信する。

3.8.5 障害発生時の処理

動的経路制御では、経路に障害が発生した時、迂回路を選択してパケットを宛先に届ける。本研究では、有線 LAN ケーブルがスイッチから引き抜かれたことを具体的な障害とする。

スイッチからケーブルが引き抜かれると、スイッチはコントローラに「Port Status」というメッセージをコントローラへ送信する。このメッセージには障害があったスイッチの id と障害の理由、そして障害のあったポートの番号の情報が含まれている。

コントローラはこのメッセージを受け取った際に、障害があったスイッチのフローテーブルを参照し、「障害があったポートに転送する」というフローエントリを削除する。

障害によって一つの経路が削除されても、UDP メッ

セージの交換により、スイッチは複数の経路情報を保持しているので、別経路を選択して迂回することができる。

3.8.6 REST API の組み込み

次に、動的経路制御を実装するスイッチの IP アドレスをコントローラの外部から設定できるようにするため、REST API の組み込みを行う 4。これにより、外部の Web アプリケーションから、Web サーバとして起動したコントローラに、HTTP リクエストを送れるようになる。

HTTP リクエストの種類としては「GET」と「POST」があり、GET では既に設定した IP アドレスを確認することができ、POST では新たに IP アドレスを設定することができる。

4. 動作確認

4.1 ルータ

ルータの学習では、まずコントローラを起動し、3つのスイッチの IP アドレスを設定する。その後、3つのスイッチのゲートウェイを設定する。

すべての設定が完了した後にホストから ping を送信すると、自分が設定した経路上をパケットが流れる様子を、LED テープの光で確認することができる。

図 5 は LED テープがパケットの流れを可視化する様子である。

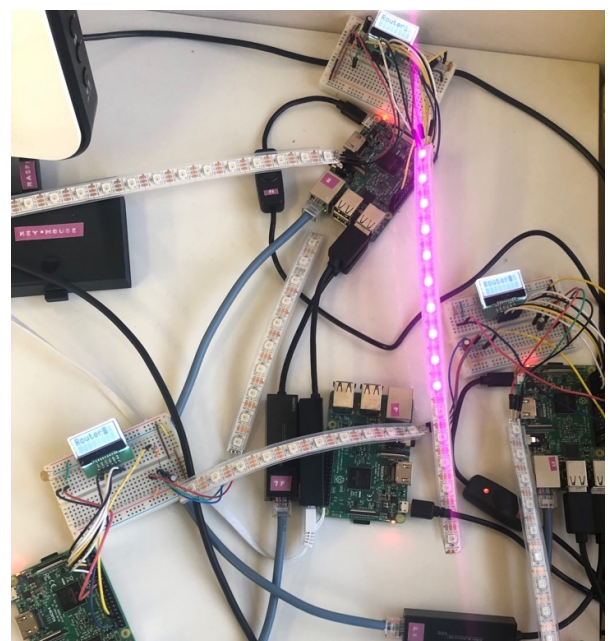


図 5 LED テープがパケットの流れを可視化する様子

また、各スイッチに実装した LCD には図 6 のように、「Router」という文字を表示させた。

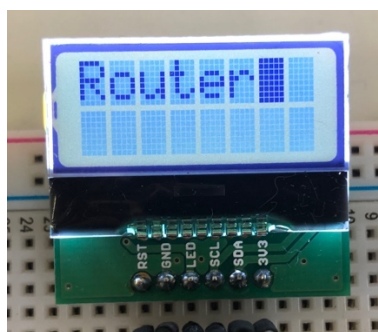


図 6 LCD によるモード表示

4.2 L2 スイッチ

L2 スイッチの学習では、コントローラを起動した後、1つのスイッチのポート番号と、ポートの先に接続されているコンピュータの MAC アドレスを設定することができる。そして、ping を送信することで、自分が設定したポートへパケットが転送されている様子を LED テープの光で確認することができる。

L2 スイッチの学習では、ポート番号と MAC アドレスを正しく設定した場合に ping が成功する様子と、誤って設定した場合に ping の応答が返ってこない様子、また設定を行わずに flooding が起きる様子の3つの場合について、LED テープの光で可視化することができた。

4.3 Firewall

Firewall の学習では、スイッチで「送信元 IP アドレスが外部ネットワークのものなら、通過を許可する」というルールと、「送信元 IP アドレスが内部ネットワークのものなら通過を許可する」というルールを設定する。これらの設定により、図 4 の HOST_1 からのパケットも、HOST_2 からのパケットも通過が許可されるので、ping は成功する。

一方、「送信元 IP アドレスが外部ネットワークのものなら、通信を許可する」というルールを削除した場合、HOST_2 からのパケットは Firewall を実装しているスイッチで遮断され、ping は成功しない。

この様子を、LED テープの光で可視化することができた。

4.4 動的経路制御

動的経路制御の学習では、コントローラを起動した後、3つのスイッチの IP アドレスを設定し、ping を実行すると、パケットは最短経路を選択してネットワーク上を移動する。

次に、最短経路のケーブルを引き抜くと、迂回路を選択して移動する。

その様子を LED テープの光で可視化することができた。

5. おわりに

5.1 結論

本研究では OpenFlow を用いて、Raspberry Pi にルータ、L2 スイッチ、Firewall、動的経路制御の機能を実装し、それらで構築されたネットワーク上を移動するパケットを、LED テープの光の流れで可視化した。

また、コントローラを起動して設定を行い、ping を送信することで、教材の動作確認を行なった。

これらにより、生徒が実世界の情報通信ネットワークの構成要素について体験的に学習できる教材の開発を行なった。

5.2 今後の課題

本教材では生徒がネットワークの設定を行う際に、curl コマンドや設定ファイルの実行コマンドなどを実行する必要がある。

しかし、高校生にとって Linux のコマンドラインを操作することは難しく、学習意欲を低下させることにつながりかねない。

よって、今後は生徒がネットワークの設定を簡単に行えるように、Web アプリケーションの開発も行う必要がある。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18K11570 の助成を受けたものです。

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", p.35 (2018)

- (2) 高宮安仁, 鈴木一哉: "クラウド時代のネットワーク技術
OpenFlow 実践入門"
- (3) NTT: "Ryu 4.34 documentation",
<https://ryu.readthedocs.io/en/latest/index.html>(2020
年 12 月 2 日確認)
- (4) Ryubook 1.0 ドキュメント,
[https://osrg.github.io/ryu-](https://osrg.github.io/ryubook/ja/html/index.html)
[book/ja/html/index.html](https://osrg.github.io/ryubook/ja/html/index.html)(2020 年 12 月 3 日確認)

外国語学習のためのデジタル教科書とカスタマイズ機能

有富 智世* 喜久川 功**

常葉大学外国語学部* 常葉大学社会環境学部**

Digital Textbooks and Customization Features for Learning Foreign Languages

Chise Aritomi*

Isao Kikukawa**

Faculty of Foreign Studies, Tokoha University*

Faculty of Social and Environmental Studies, Tokoha University**

外国語学習支援「デジタル教材・教科書」の開発を進めてきた。現在、授業内外のみならず遠隔授業にも即応可能な媒体が求められている。そこで、先行研究で公開に至った「デジタル教材」のコンテンツやポートフォリオを一体化で構想した「デジタル教科書」について再考した。遠隔授業での使用にも配慮した場合、クラスに応じたカスタマイズが可能となれば質的保証に繋がり、有用性が高まると考えた。本稿では、授業形態を問わず汎用性の高い「デジタル教科書」のデザインを呈したい。

キーワード: デジタル教科書, デジタル教材, ポートフォリオ, オンライン授業, 語学教育

1. はじめに

高等教育機関における初修外国語教育(フランス語)を対象に「デジタル教材」から「デジタル教科書」へと研究開発を進めてきた。まず、「教科書(紙媒体) + デジタル教材 + e ポートフォリオ」の三位一体型学習環境の構築を基底に「デジタル教材」の開発を行った。次に、本成果を発展させ、授業改善および学びの質的向上を見込める「デジタル教科書(教員版)」の開発に至った。本デジタル教科書の構想では、デジタル教材の各種コンテンツ・e ポートフォリオ・教材ダウンロード等を束ねて一体化を図り、一斉授業から授業外の自主学習までも視野に入れた「総合力を備えた教育ツール」の実現を目指した。

2020年度、大学での授業形態は新型コロナウイルスの影響を鑑み、遠隔授業による実施を余儀なくされた。語学教育においても同様であり、本年度前期に実施した外国語(フランス語)の授業では、開発した「(フランス語学習支援)デジタル教材:Web(なびふらんせ)」を活用して遠隔授業(学習指導教材配信)を試みることもとなった。本デジタル教材は、授業内外での使用に配慮して開発した教材だが、そもそも対面授業におけ

る質的向上と改善をベースに設計したものである。したがって、遠隔授業も含めて対応可能とするならば、クラス運営を行う教員がクラスに応じた教材・課題・問題等の追加を各自で柔軟に対処できることが望ましい。担当の各クラス運営に合致したカスタマイズができ、課題の指示や提出(記録)、フィードバック、ポートフォリオ等にも配慮した媒体となれば、遠隔授業での活用においても有用性を見込める。

そこで、開発中の「デジタル教科書」の構成を問い直し、教育現場における現状を踏まえた上で、対面授業のみならず遠隔授業にも有効な「デジタル教科書」のあり方を再考した。本稿では、これまでの構想と新たに加えるカスタマイズ機能について述べ、今後、スタンダードとなるであろう「デジタル教科書」のデザインについて呈する。

2. 遠隔授業への対応

「デジタル教科書(教員版)」は、(図1)で示したように、紙媒体の教科書をベースとしてデジタル化を図り、デジタル教材(コンテンツ)・e ポートフォリオ・教材ダウンロード等を一体化する構想で開発を進めた。

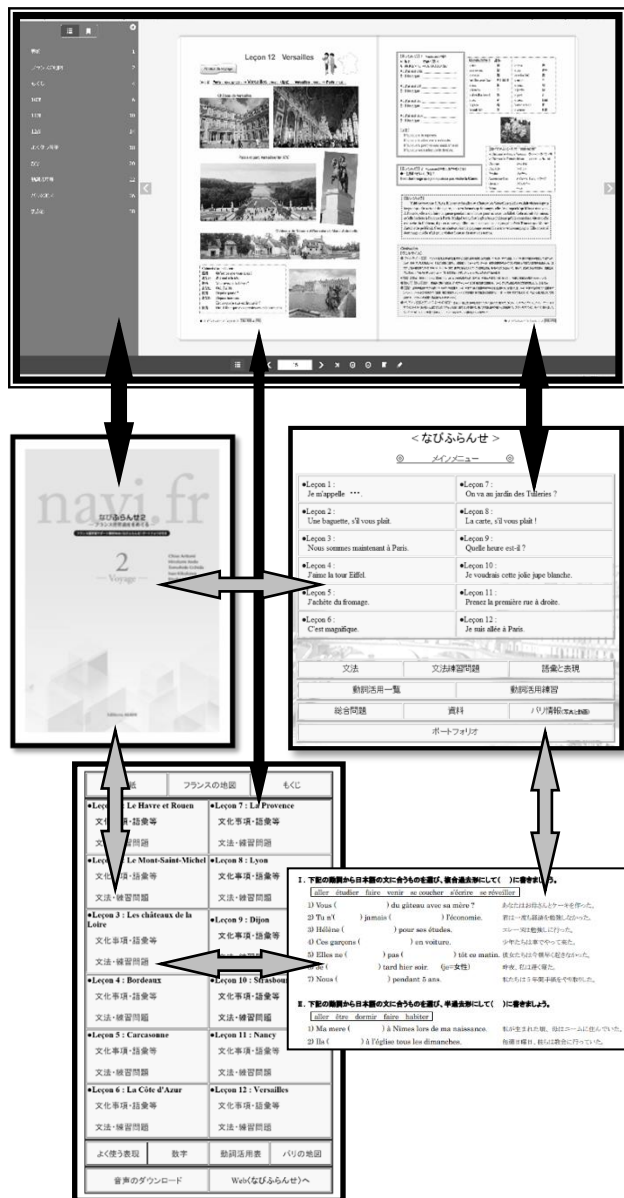


図 1 デジタル教科書を中核とする教材の一体化

フランス語の教科書（紙媒体）と連関させて学べるデジタル教材：Web「なびふらんせ」には、基礎と応用の各教科書（全 12 課）の文法内容に対応した 12 課を設置し、各課に「学習コンテンツ」と e ポートフォリオ直結の「テスト」を設けている。「学習コンテンツ」には、【文法】【文法練習問題】【語彙と表現】【動詞活用】【動詞活用練習問題】【写真と動画】【資料】があり、学習者は予習・復習で各コンテンツを利用する仕組みである。対面授業においては、授業時にも導入することで、効果的かつ効率的な学習が見込める教材となっている。

遠隔授業は、録画授業の配信や音声付きのスライド資料の配信、テキスト教材としての学習資料の配信、

同時双方向型のライブ授業などあり、実に多様である。初修外国語学習における標準的なレベルを想定して作成したデジタル教材の「学習コンテンツ」だが、これのみで受講者の理解度を揃えてクラスを運営していくことは難しい。対面授業においては、教員が使用の教科書や教材に何らかのオリジナリティを加えることで（口頭説明・追加資料や補足資料の配布）学習者に適合させているケースが多い。教員が教科書やデジタル教材をいかに用いてどのように学ぶかを学習者に伝え、段階的学びを補助しつつ学習活動を継続させていく。しかし、遠隔授業では、学習者の理解度（反応）が見えにくい傾向にあり、特に、教材や資料の配信型で実施の場合、一方通行の授業となってしまうことも否めない。

本年度前期に実施した第二外国語（フランス語）の遠隔授業（学習指導教材配信）における授業実践を経て、(図 1) の「デジタル教科書（教員版）」の構想デザインに、使用者（教員）が任意でカスタマイズ可能な機能を備えることができれば、対面と遠隔の双方の授業形態において有効な学習教材になり得ると考えた。現状と照らし合わせた結果、外国語学習のオンライン授業を円滑に運営するためには、学習指導教材・課題（レポート含む）・練習問題の追加およびフィードバック（メッセージ含む）や評価（ポートフォリオ）等に柔軟に対応できる機能の搭載が重要といえる。そこでまず、上述の各機能について、その必要性も含め、以下に述べる。

2.1 「学習指導教材（資料提供）」機能

デジタル教材の学習コンテンツ【文法】は、紙媒体の教科書各課に対応した「文法参考書(予習・復習用)」である。独学ユーザーにも配慮した内容となっているが、遠隔授業のクラス運営では、本文法参考書を活かして学習を促すにしても補助的資料の配信が必要となる。これは対面授業との差を埋めるものであり、いわば学習ガイドとして教員が必要と考える解説や補足説明を伝えるもので、使用するデジタル教材に補助的資料をアップロードできれば、固定されたデジタル教材を教員のオリジナリティを反映した教材にすることができる。学習者にとっても、教科書とデジタル教材に加えて、教員からの解説や補足をデジタル教材内で開

覧できれば、学習コンテンツ間を有機的に結び付けて学び易くなるだろう。

2.2 「練習問題（追加）」機能

デジタル教材の学習コンテンツには、【文法練習問題】や【動詞活用練習問題】があるが、教員が学習者の理解度に合わせて「小テスト」や「練習問題」を追加したいと考えた場合、各コンテンツ内に補充できることが望ましい。指導教員が作成した「小テスト」等は、何を理解し、何を学ばなければならないかを学習者に明確に示すことにもなる。先に示した「学習指導教材」機能で小テストの追加と実施を学習者に指示すれば、デジタル教材内で学習者を学ぶべきコンテンツに容易に導くことも可能となる。

2.3 「課題（レポート）」機能

デジタル教材には、教科書3課ごとの理解度を測る「総合問題」を置いているが、学期末試験対策や中間課題などによる理解度の計り方は、クラスの担当教員が定めた内容での実施が最も適している。また、評価にも含めることを考えて課題（レポート）を提供したい場合もある。ICTを活用した教科書・教材において、紙媒体の有用性も満たした教材の提供は、様々な学習の可能性を拓ける。そのため、(図1)のように「教材ダウンロード」システムをデジタル教科書の一体化において既に組み入れている。本システムを活用し、教員が課題等を任意にアップロードできる機能を加えたい。さらに学習者が提出した課題は、紙媒体での提出以外に、ポートフォリオに保存できることが望ましい。学習過程の記録として蓄積できるよう設定を行う。

2.4 「フィードバック」機能

課題等に対するフィードバックは重要で、これについてもデジタル教材内にアップロードできることが肝要と考える。学習者が提出した課題との関係性を重視し、各学習者のポートフォリオ内で閲覧できるようシステム化を図る。その他に、各学習者のポートフォリオ（各課「テスト」の記録）についても、教員がコメントやメッセージを書き込めるよう、ポートフォリオの見え方も含めて検討する。対面授業では学習者に直接声掛けをすることもできるが、遠隔授業では同時双方

向型のライブ授業であっても、授業時間内に個人へ助言を行うことは懸念される点もあるだろう。受講学生にメール機能を使ってメッセージを送ることは可能だが、多くの学生に対応した場合、教員の負担はかなり大きい。何に対するコメントかを明瞭に示し、教員と学習者間の繋がりを簡易に補強する意味でも、フィードバックの有り方を実質性と利便性の点から検討する。

2.5 「ポートフォリオ」機能

Web〈なびふらんせ〉のeポートフォリオは、全12課に設置の「テスト」と連動している。学習者は、学習の区切りに「テスト」を受け、結果を踏まえて「学習の振り返り」を記述する。【テストの記録】と【学習の記録】が課毎に累積される仕組みとなっている。

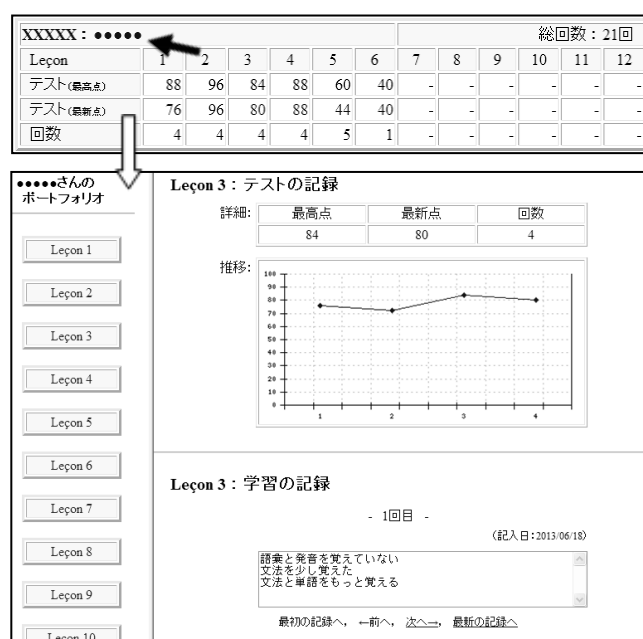


図2 eポートフォリオ

このようなポートフォリオに、先述した課題結果やフィードバック、教員のコメントを加えて、ポートフォリオとしての効果をより高めることができれば、学習者の記録と学習過程の省察のみならず、各学習者と教員との繋がりも補強することとなる。ポートフォリオが一面的なものではなく、教員と学習者の双方向で創り上げられていくことに学習効果の向上を見込めるのではないだろうか。

3. デジタル教科書の汎用性と可能性

遠隔授業にも有効な教材の探究から、新たに加えるカスタマイズ機能について述べた。基本的に(図1)

の「デジタル教科書」の構想を基に各種機能を搭載したならば、対面授業・同時双方向型授業・教材配信型授業のいずれにおいても対応可能なものとなる。

対面授業時は、「デジタル教科書」を掲示して紙媒体の教科書に沿った授業を行いつつ、必要に応じて学習コンテンツを利用することができる。同時双方向型授業の場合も同様に可能だろう。教材配信型授業の場合は、各種機能を活用して対面授業とは異なる授業運営も期待できる。

また、現在、多くの大学で導入している「Microsoft 365」や「G Suite for Education」との紐づけも「デジタル教科書」の可能性を拓けるものと見なしている。デジタル教材は、「クラス設定機能」を備えており、クラスに所属の学習者を一元管理できる設定だが、例えば、「Microsoft 365」の Teams でもクラスを作成し、forms や Class Notebook (OneNote) を活用して e ポートフォリオと連関が図れれば、教員各自のオリジナルティをさらに反映させた教材になると考えている。今後の研究課題としたい。

4. おわりに

本稿で示した「デジタル教科書」のデザインは、いずれの授業形態においても効果的な使用が見込めるのではないだろうか。実現化に向けて、更なる検討と開発を進め、授業実践による検証で精査を重ねたい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18K00759 の助成を受けた。

参 考 文 献

- (1) 有富智世, 喜久川功: “デジタル教材「Web〈なびふらんせ〉」”, <http://navifr.sz.tokoha-u.ac.jp/> (2012-現在に至る)
- (2) 有富智世, 喜久川功: “教科書連動型 Web 教材を活用した初修外国語(フランス語)の授業実践”, 日本教育工学会研究報告集, JSET 13-1, pp. 99-102 (2013)
- (3) 有富智世, 喜久川功: “フランス語学習支援の可能性—教材「Web〈なびふらんせ〉2013」の活用と e ポートフォリオのあり方—”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.28, No.3, pp. 39-44 (2013)
- (4) 有富智世, 喜久川功: “教科書連動型デジタル教材に搭載の e ポートフォリオを取り入れた評価の試み”, 関西フランス語教育研究会, RENCONTRES 28, pp. 5-9 (2014)
- (5) 有富智世, 喜久川功, 黒田恵梨子, 田母神須美子, 服部悦子: 『なびふらんせ 1』, 株式会社朝日出版社, 東京 (2016)
- (6) 有富智世, 喜久川功, 服部悦子, 山田敏之: “フランス語教育の可能性—教科書『なびふらんせ 1』とデジタル教材「Web〈なびふらんせ-1〉」—”, 関西フランス語教育研究会, RENCONTRES 30, pp. 10-14 (2016)
- (7) 有富智世, 喜久川功, 安藤博文, 内田智秀, 服部悦子, 山田敏之: “フランス語教育とデジタル教科書”, 関西フランス語教育研究会, RENCONTRES 31, pp. 57-61 (2017)
- (8) 有富智世, 喜久川功: “初修外国語(フランス語)における授業実践を想定したデジタル教科書の設計”, 日本教育工学会研究報告集, JSET 17-1, pp. 275-280 (2017)
- (9) 有富智世, 喜久川功: “フランス語の基礎力検証に有効なデジタル教材の e ポートフォリオ”, 日本教育工学会研究報告集, JSET18-4, pp. 49-52 (2018)
- (10) 有富智世, 喜久川功, 安藤博文, 内田智秀, 服部悦子, 山田敏之: “授業内学習と自主学習を活性化する学習支援ツールの一体化 -デジタル教科書・デジタル教材・e ポートフォリオ・教材ダウンロード-”, 関西フランス語教育研究会, RENCONTRES 32-2, pp.11-15 (2018)
- (11) 有富智世, 喜久川功, 安藤博文, 内田智秀, 服部悦子: “なびふらんせ 2”, 株式会社朝日出版社, 東京 (2019)
- (12) 有富智世, 喜久川功, 安藤博文, 内田智秀, 服部悦子, 山田敏之: “フランス語教育におけるデジタル教材の活用—授業実践報告と展望—”, 関西フランス語教育研究会, RENCONTRES 33, pp. 57-61 (2019)

作問時の目標設定と自己評価・他者評価を取り入れた 作問学習の実践と評価

佐藤 雅希^{*1}, 高木 正則^{*2}, 市川 尚^{*2}

^{*1} 岩手県立大学大学院, ^{*2} 岩手県立大学

Implementation and Evaluation of Problem-Posing Learning Involving Goal Setting, Self-Assessment, and Peer Assessment at the Time of Quiz Creation

MASAKI SATO ^{*1}, MASANORI TAKAGI^{*2}, HISASHI ICHIKAWA^{*2}

^{*1} Graduate School of Iwate Prefectural University, ^{*2} Iwate Prefectural University

In this study, we proposed a problem-posing learning model in which cycles of goal setting, problem-posing, self-assessment, and peer assessment were repeated with the aim of improving thinking, judgment, and expressive abilities. In addition, we developed rubrics for measuring the abilities developed in the process of problem-posing learning, for goal setting when creating a quiz, and for self-assessment and peer assessment after engaging in problem-posing learning. The results of a trial implementation of the model in a university class reveal that self-assessment of those abilities was improved by problem-posing learning cycle.

キーワード: 思考力・判断力・表現力, 作問学習, ルーブリック, 目標設定, 自己評価, 他者評価

1. はじめに

中央教育審議会による答申「新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育, 大学教育, 大学入学者選抜の一体的改革について」⁽¹⁾では, 「知識・技能」だけでなく「思考力・判断力・表現力」や「主体性・多様性・協働性」の育成の重要性についてさまざまな箇所で言及されている。しかし, 「思考力・判断力・表現力」の評価方法や育成のための学習方法については明示されておらず, 現在, 検討が進んでいる。

一方, 学習者自身が問題を作成することで学びを深める作問学習は, 適切な出題箇所の選択や, 問題文・解説を誤解なく相手に伝える記述が必要となるために, 「知識・技能」だけでなく, 「思考力・判断力・表現力」などの力が必要であると考えられる。そこで, 本研究では, 思考力・判断力・表現力の向上を目的とし, 目標設定, 作問, 自己評価, 他者評価の学習サイクルを

繰り返す作問学習モデルを提案した。本稿では, これまでの実践⁽²⁾をもとに改善を行った作問学習における思考力・判断力・表現力を評価するルーブリックや, 大学で行われた実際の作問学習で(1)作問学習における目標設定, (2)作問学習, (3)自己評価・他者評価の学習サイクルを継続的に実施し, 作問学習における思考力・判断力・表現力について考察した結果を述べる。

2. 関連研究

2.1 思考力・判断力・表現力に関する研究

渡辺ら⁽³⁾は, 「思考力・判断力・表現力」の形成のために Bransford et al.⁽⁴⁾の提唱する「学習環境デザイン」に基づき, 理科授業における学習環境デザインを提案し, 実践した結果, 提案授業が理科教育における「思考力・判断力・表現力」である「科学的な思考・表現」の向上に寄与すると考察している。有定ら⁽⁵⁾は高等学校理科における思考力・判断力・表現力の育成のため

の実践の中で、言語活動を重視したアクティブ・ラーニングが理科の授業に効果があることや、思考力・判断力・表現力の測定に関して更なる検討が必要であると指摘している。また、久野⁶⁾は、高等学校の教科「情報」における思考力・判断力・表現力を評価する手法、並びに評価するための問題を作成する方法についての検討の中で、思考力・判断力・表現力を7つの力に分類して具体的に定義し、それに対応する作問手順と手順による情報科の作問例を示している。

2.2 作問学習に関する研究

平嶋⁷⁾は、作成された問題の評価（自動診断）や評価に基づくフィードバック機能を提供するシステムの開発と実践を行っている。Barak ら⁸⁾は Web 上で評価と知識を共有する方法として、作問と相互評価を融合させたオンラインシステム（QSIA）を提案し利用した結果、オンライン上での作問活動が、積極的な学習、建設的な批判および知識の共有の促進によって、学習と評価の両方の向上に役立つことが示唆された。CollabTest⁹⁾は、講義を受講している学習者がオンライン上で問題を作成できるだけでなく、学習者をグループに分けて作成された問題をグループ内で相互評価できる。また、学生が作成した問題を教員に提出でき、教員はその問題を利用してオンラインテストを作成できる。平井ら¹⁰⁾は、作問に基づく学習支援システム Concerto II を開発し、大学の講義に適応した結果、問題作成数と掲示板投稿数とそれぞれ期末テストの成績の間に弱い正の相関が確認された。

2.3 本研究における位置づけ

上述したように、思考力・判断力・表現力の向上のための学習方法や評価については多くの研究がなされている。また、学習者自身が問題を作成する作問学習の有効性は多くの研究で明らかとなっている。しかし、思考力・判断力・表現力に着目した作問学習の実践報告はみられない。本研究では、思考力・判断力・表現力を向上させるための学習方法として作問学習に着目した点に特徴がある。特に、作問学習に関連する思考力・判断力・表現力を評価する独自のルーブリックを作成し、ルーブリックに基づく自己評価や他者評価の結果と作問学習の関連性を分析した点に新規性がある。

3. 作問学習のプロセスとルーブリック

3.1 作問学習のプロセス

本研究における作問学習のプロセスを図 1 に示す。本研究では、自己調整学習の観点から作問学習をモデル化し、学習者が自身の理解度を把握するための自己認知フェーズ、向上させたい能力などの選択を行う目標設定フェーズ、問題の作成・登録や相互評価を行う作問学習フェーズ、正答率のフィードバックや自己評価、他者評価を行う振り返りフェーズの4つのフェーズに分類している。学習者は各フェーズで提供されている機能を利用して作問学習を行う。

3.2 ルーブリックの開発

作問学習に関連する思考力・判断力・表現力を評価するための独自のルーブリックと学習者間で作成した問題を評価する際の基準となる確認項目（相互評価用チェックリスト）を作成した。表 1 に問題の評価のための

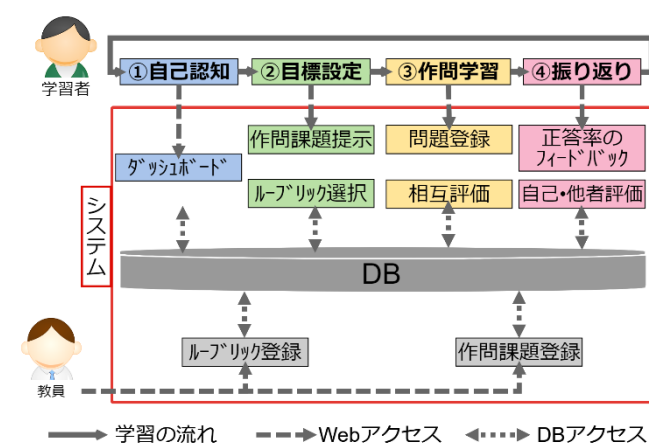


図 1 作問学習のプロセス

表 1 問題の評価のための確認項目
(相互評価用チェックリスト)

問題文や答え、解説が正しい
解説に答えを導く計算過程が書かれており、不正解した学生が見て分かりやすい解説になっている
誤答選択肢には妥当な選択肢が設定されている (明らかに誤答と分かる選択肢がない)
話し言葉でなく書き言葉を用いており、文体を統一している
誤字脱字がない
曖昧な表現や分かりにくい表現がない (主語述語のねじれや同じ言葉の繰り返しが無い)
専門用語を正しく用いている
指定された形式で問題を作成している
参照した文献の文献番号やウェブサイトの URL, アクセス日を記載している

表 2 思考力・判断力・表現力を評価するルーブリック

No.	評価規準	評価基準				関連する能力
		レベル 0	レベル 1	レベル 2	レベル 3	
1	作問課題に関連する単元や内容を列挙して構造化する	・作問課題の <u>出題範囲</u> を見直していない ・作問課題に関連する単元や内容を十分に理解していない	今回の作問課題に関連する単元や内容を列挙した	今回の作問課題に関連する単元や内容を列挙し、それらの関連性を分析した	今回の作問課題に関連する単元や内容を比較・分類し、どのような問題が作れそうか予測した	思考力[作問を通じた創造的思考力]: 利用できると思われる出題箇所の列挙, 出題箇所に含まれる知識技能の構造化 判断力: 利用できると思われる出題箇所の列挙
2	解答者がどの程度正解しそうか仮説を形成し出題する内容を決定する	解答者がどの程度正解しそうか <u>仮説</u> を形成(予測)しないで、出題する内容を決定した	過去問題の正答率や作問学習の結果を把握したうえで出題する内容を決定した	過去問題の正答率や作問学習の結果を分析し、今回の出題範囲の知識との関連性を比較したうえで、出題する内容を決定した	過去問題の正答率や作問学習の結果を分析し、今回の出題範囲の知識との関連性を比較したうえで、解答者がどの程度正解しそうか仮説を形成(予測)して出題する内容を決定した	思考力[推論, 仮説]: 知識や情報に基づく仮説の形成, 結果の予測 判断力: 出題箇所の比較・決定
3	自分で工夫した問題を作成することができる	・問題(選択肢、解説を含む)を作成しなかった ・既存の問題とほぼ同じ問題を作成した	既存の問題を列挙し、既存の問題の一部を修正(選択肢や数字を変える等)して問題を作成した	既存の問題を比較・分析し、既存の問題と類似した問題(同じ解法で解答できる問題等)を作成した	既存の問題を比較・分析し、既存の問題の解法を新しい場面や状況に応用した問題を作成した	思考力[推論, 仮説]: 結果の予測 思考力[作問を通じた創造的思考力]: 出題箇所の問題化 判断力: 作問に関する意思決定 表現力: 作問時における文法的表現
4	相互評価用チェックリストに従った問題を作成できる	相互評価用チェックリストの項目を意識せずに問題を作成した	相互評価用チェックリストの項目を意識して問題を作成した	相互評価用チェックリストの項目を逐次確認しながら問題を作成した	相互評価用チェックリストの項目を満たしているか、逐次評価しながら問題を作成した	表現力: 作問時における文法的表現
5	相互評価用チェックリストに従ってグループメンバーの問題を正しく評価できる	相互評価用チェックリストを <u>意識せずに</u> グループメンバーの問題を評価した	相互評価用チェックリストの項目を意識してグループメンバーの問題を評価した	相互評価用チェックリストの項目を逐次確認しながらグループメンバーの問題を評価した	相互評価用チェックリストの項目を満たしているか、逐次評価しながらグループメンバーの問題を評価した	判断力: 問題の評価・選択
6	問題の相互評価の際に、グループメンバーの問題の表現や難易度等の改善点について自分の意見や考えを伝えることができる	自分の意見や考えを伝えることができなかった(コメントを投稿しなかった)	グループメンバーの問題を解いた感想を伝えることができた	グループメンバーの問題の表現や難易度等の改善点について自分の意見を伝えることができた	グループメンバーの問題の表現や難易度等の改善点について自分の意見や考えを具体例を示しながら相手に分かりやすく伝えることができた	表現力: グループセッションにおける意思疎通、表現
7	グループメンバーからの意見を理解し活用することができる	・グループメンバーから意見をもらっていない、または、確認していない ・相互評価の際のグループメンバーからの意見を理解できなかった	相互評価の際のグループメンバーからの意見を十分に理解できた	グループメンバーからの意見を十分に理解し、問題を見直して修正した	グループメンバーからの意見に基づいて問題を修正することによってどのようになっているかを予測したうえで、問題を修正した	思考力[作問を通じた創造的思考力]: 出題箇所の問題化 判断力: 受け取った指摘を採用するかの意思決定 表現力: グループセッションにおける意思疎通、表現 表現力: 作問時における文法的表現(記号や図表なども含む) 三要素の中のひとつである多様性の向上
8	今回の作問や相互評価の結果を踏まえ、次回の作問に向けた出題範囲や難易度を検討・調整できる	次回の作問に向けた出題範囲や難易度の調整をどのようによいのか分からない(検討していない)	次回の作問に向けた出題範囲や難易度の改善点を列挙できる	今回の作問や相互評価の結果を踏まえ、次回の作問に向けた出題範囲や難易度の改善点を具体的に説明できる	今回の作問や相互評価の結果を踏まえ、次回の作問に向けた出題範囲や難易度の改善や調整を計画している	思考力[作問を通じた創造的思考力]: 結果に基づいた次の作問演習に向けた考察 判断力: 問題難易度の基準調整

めの確認項目（相互評価用チェックリスト）、表 2 に作問学習に関連する思考力・判断力・表現力を評価するルーブリックを示す。相互評価用チェックリストの作成では、問題を作成する際の構成や内容についての項目の他に、渡辺ら⁽¹¹⁾のチェックリストを参考に、文章の表現や資料の参照などの作問学習で必要とされる項目についてまとめた。

ルーブリックの作成では、「思考力・判断力・表現力等」についての整理のイメージ⁽¹²⁾を参考に作問学習のプロセスと思考力・判断力・表現力の関係性について考察した。考察結果を図 2 に示す。次に、この図に基づいて思考力・判断力・表現力を評価するための評価規準を設定し、各規準に対応する評価基準をレベル 0～3 まで設定した。ルーブリックは、大学の授業で実施された作問学習で継続的に使用⁽²⁾し、学生へのアンケート結果等をもとに規準の見直しや基準の細分化などの改良を行った。また、選択された評価基準のレベルを点数化し、思考力・判断力・表現力の関連する能力ごとに合計することで、思考力・判断力・表現力を定量化できるようにした。学習者には 10 点満点に換算した値を提示する。

自己評価の際には表 2 の全項目を使用するが、他者からの評価が難しい項目があるため、学生同士で他者評価する際は表 2 の No.3, No.4, No.6 を、TA (Teaching Assistant) や SA (Student Assistant) が評価する際は、表 2 の No.3, No.4 を使用し、その他の項目は評価対象から除外した。

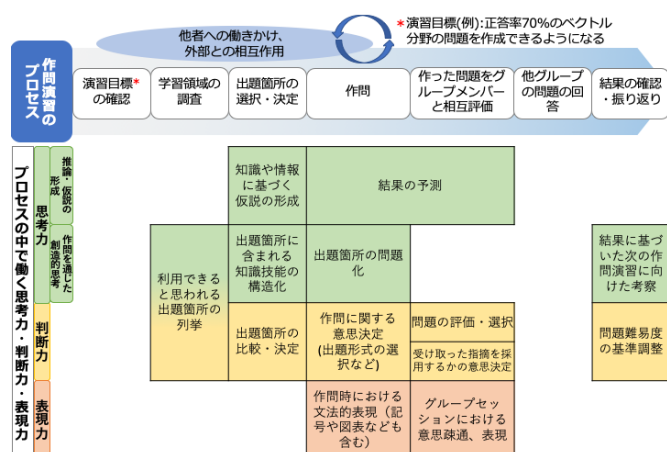


図 2 作問学習のプロセスと思考力・判断力・表現力の関係図

4. 作問学習支援システムの開発

4.1 システムの概要

図 1 の各プロセスを支援するための作問学習支援システムを開発した。図 1 の問題登録、問題の相互評価、正答率のフィードバックについては、著者らの一人が先行研究で開発した CollabTest⁽⁹⁾を利用し、本研究ではその他の機能を開発した。本学ソフトウェア情報学部では Moodle を運用しており、本学部の学生全員に Moodle のアカウントが付与されていることから、本研究で開発した機能は Moodle (<https://moodle.org/>) のプラグインとして開発し、開発言語に PHP, Javascript, DBMS に MySQL を用いた。開発した機能は Moodle にインストールすることで利用できる。

4.2 目標設定支援機能

学習者には、前回の作問学習後に実施した自己評価の結果や、グループメンバーによる他者評価の結果、コメントなどが表示される。学習者はこれらを参考にこれから実施する作問学習で達成したい基準(レベル)を選択し、目標として登録する。

4.3 自己評価支援機能

自己評価の登録画面の例を図 3 に示す。学習者は画面に表示されたルーブリックを確認し、該当する基準(レベル)を選択する。また、画面には目標設定で選択した基準も表示される。前回の自己評価から評価が変化した規準がある場合は、学習者に提示し、向上または低下した理由を学習者自身で考察し記入する。

自己評価結果の確認画面の例を図 4 に示す。画面には思考力・判断力・表現力を 10 点満点換算した得点、前回の結果と全体の平均と合わせてレーダーチャートで表示される。レーダーチャートの下には、ルーブリックの各規準について、今回の自己評価で選択した基準、前回の自己評価で選択した基準、他者評価で選択された基準、他者評価時のコメントが確認できる。

4.4 他者評価支援機能

他者評価では、Moodle のグループ機能を用いて、学生をグループ分けし、評価画面では同じグループの学生の氏名を選択できる。その後、自己評価と同様に、画面に表示されたルーブリックの該当する基準(レベ

規準	基準			
	レベル0	レベル1	レベル2	レベル3
作問課題に関連する単元や内容を考察する	● 今回の作問課題に関連する単元や内容を1つだけ見つけて問題を作成した	● 今回の作問課題の出題範囲を見直した上で、作問課題に関連する単元や内容を1つだけ見つけて問題を作成した	● 今回の作問課題の出題範囲を見直した上で、作問課題に関連する単元や内容を2つ以上見つけて問題を作成した 設定した目標	● 今回の作問課題の出題範囲を見直した上で、作問課題に関連する単元や内容を2つ以上見つけて、その中から最も適切な単元や内容を選んで問題を作成した
各単元や内容についてそれぞれの関係性を構造化する	● 出題できそうな単元や内容について、それぞれの関係性を見つけていることができなかった	● 出題できそうな単元や内容について、それぞれの関係性を見つけていることができたが、それらの関係性を図などを用いて表現することができない	● 出題できそうな単元や内容について、それぞれの関係性を図などを用いて表現することができる 設定した目標	● 出題できそうな単元や内容について、それぞれの関係性を図などを用いて表現することができ、その単元や内容の要点を説明できる

図 3 自己評価の登録画面例

レーダーチャート

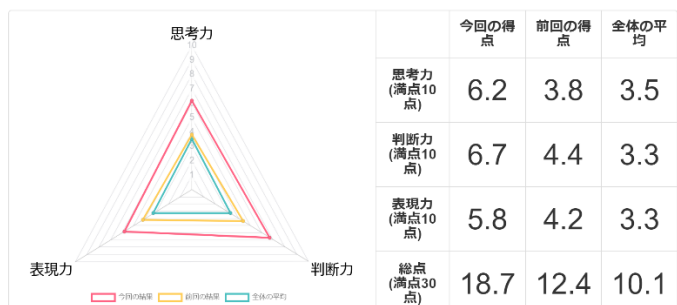


図 4 自己評価結果の確認画面の一例

ル)を選択する。また、評価対象者の学生に対するコメントも記入できるようになっている。他者評価を登録すると、登録結果が表示され、自分の登録した評価を確認できる。なお、他者評価の際には、評価対象学生の自己評価結果は表示されない。

5. 作問学習の実践

5.1 作問学習の概要

2020 年度前期に本学ソフトウェア情報学部 1 年次を対象に開講されている専門基礎科目「情報基礎数学 C」(以下、基礎数学 C)で作問学習を実施した。作問学習は図 1 のプロセスに沿って、開発した機能と CollabTest を利用して実施した。情報基礎数学は数学リメディアル科目として A~C の 3 科目が開講されており、ソフトウェア情報学の様々な分野で必要となる数学的概念の基礎を学ぶ、授業では学生を 7~8 人ずつのグループに分け、各グループに 1 人の教員や TA/SA を配置している。また、学生は各自のノート PC を利用して、オンライン教材を利用した反転授業を実施している⁽¹³⁾。履修者は 72 名で、作問学習は各単元の授業回の最後に実施された。表 3 に作問学習の実施日と学習単元を示す。

5.2 作問学習の実践の流れ

基礎数学 C における作問学習の流れを表 4 に示す。表 4 中の下線部において開発した機能を利用した。作問学習を行う授業の一つ前の授業回の最後に、作問課題(例: 正答率が 70% のベクトルに関する解説付きの四択問題を 2 問作成し、CollabTest に登録する)を提示し、目標設定機能を用いて作問学習で目標とする基準(レベル)を選択させた。なお、作問は予習課題として取り組ませた。

作問学習の授業では、CollabTest を利用して問題の相互評価を各グループで実施した後、1 人 1 問、教員に問題を提出してもらった。その後、選出された問題を確認テストとしてクラス全体に公開し解答させた。これらの演習後に自己評価支援機能、他者評価支援機能を利用して自己評価と他者評価を行った。また、2 回目の作問学習の目標設定の際には 1 回目の作問学習の確認テストの正答率を学生に提示した。授業の最後に、作問学習に関するアンケートを実施した。

表 3 作問学習の学習単元と実施日

回数	授業回	学習単元	目標設定	自己評価/他者評価	TA/SA 評価
1	第 10 回	ベクトル	7 月 31 日	8 月 21 日	未実施
2	第 13 回	行列	8 月 28 日	9 月 8 日	9 月 8 日

表 4 作問学習の流れ

実施時期	時間	作問学習の流れ
一つ前の授業回	5~10 分	作問課題の提示, 前回の作問の正答率のフィードバック, <u>目標の設定</u>
授業外	予習	問題の作成
作問学習を実施する授業回	10 分	前回の振り返り・演習の説明
	15 分	グループでの問題の相互評価
	15 分	問題の提出
	15 分	提出された問題を用いた確認テスト
	15 分	<u>思考力・判断力・表現力の自己評価・他者評価</u>
	10 分	作問学習に関するアンケート

6. 実践の結果

6.1 作問学習と思考力・判断力・表現力の分析

1 回目と 2 回目の作問学習後に実施した思考力・判断力・表現力の自己評価結果の分布を図 5 に示す。また、すべての能力について 1 回目と 2 回目の自己評価結果の平均値の差が統計的に有意かを確かめるために、

有意水準 1%で対応のある t 検定（両側）を行った。その結果、思考力、 $t(66) = 3.44$, $p < .01$ ；判断力、 $t(66) = 3.53$, $p < .01$ ；表現力、 $t(66) = 3.23$, $p < .01$ であり、1 回目と 2 回目の自己評価結果の平均値の差は有意であることがわかった。以上より、1 回目から 2 回目にかけて自己評価が向上したことが確認できた。

また、評価規準ごとの変化の割合を図 6 示す。図 6 より、全ての評価規準で自己評価が向上した割合が、自己評価が低下した割合を上回っており、作問学習のプロセスの様々な箇所で思考力・判断力・表現力が育成されていたことが示唆できる。

グループメンバーからの他者評価の分布を図 7 に示す。1 回目と 2 回目の他者評価の平均値の差が統計的に有意かを確かめるために、有意水準 1%で対応のある t 検定（両側）を行った。その結果、規準 1、 $t(71) = 0.84$, $p = .406$ ；規準 2、 $t(71) = 1.00$, $p = .321$ ；規準 3、 $t(71) = 0.49$, $p = .625$ であり、1 回目と 2 回目のグループメンバーからの他者評価の平均値の差に有意差はなかった。また、2 回目の作問学習の自己評価とグループメンバーからの他者評価、TA/SA からの他者評価の結果を図 8 に示す。図 8 の評価規準 No.3（自分で工夫した問題を作成することができる）の自己評価では、約 7 割の学生がレベル 2 やレベル 3 と評価したのに対して、TA/SA による評価では、8 割以上がレベル 0 やレベル 1 と評価しており、評価結果に差が見られた。TA/SA へのインタビューの結果、作成された問題の多くは既存の問題に類似している傾向があると判断したことから、レベル 0 や 1 と評価したことが分かった。また、図 8 の評価規準 No.4（相互評価用チェックリストに従った問題を作成できる）についてもそれぞれの評価結果に差が見られた。

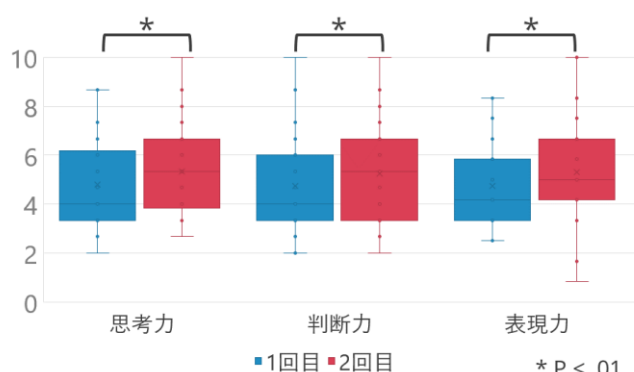


図 5 思考力・判断力・表現力の自己評価の分布

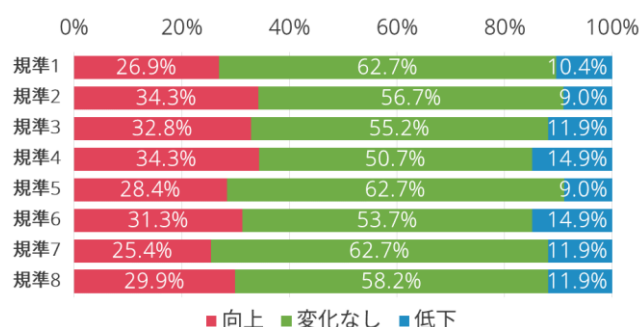


図 6 評価規準ごとの自己評価の変化の割合

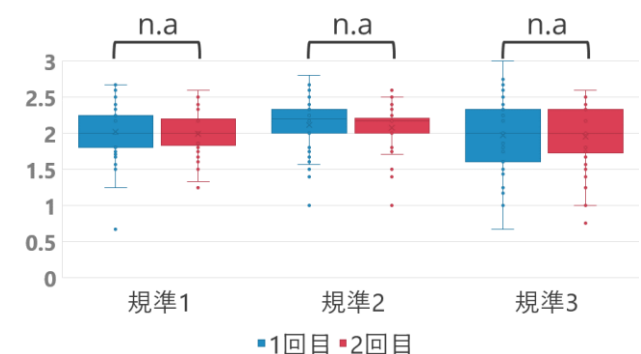


図 7 グループメンバーからの他者評価の分布

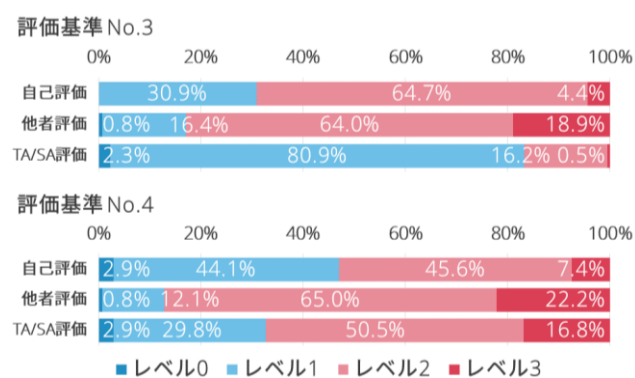


図 8 自己評価と他者評価の結果

6.2 作問学習を取り入れた学習モデルの評価

自己評価が変化した学生の考察の一部を表 5 に示す。表 5 の自己評価が向上した規準に関する考察では、前回の問題の正答率や自己評価で考察した改善点等を意識して作問学習に取り組んだことが自己評価の向上に寄与していたことが推察できる。また、自己評価が低下した規準に関する考察では、自身の作問学習やグループワークに対する取り組み方について客観的な振り返りを意識した記述がみられた。

また、表 2 の No.3 の評価規準について、自己評価と目標設定の関係についてまとめたものを表 6 に示す。表 6 より、31.8%の学生が 2 回目の目標設定の際に 1 回目の自己評価よりも高い目標を設定していたことが確認できる。また、2 回目の目標設定と自己評価

では、94%の学生が設定した目標を達成していた。さらに、目標を達成し、1回目から2回目で自己評価が向上した学生の割合は、31.8%であった。一方で、目標を達成できず、自己評価も低下した学生は3.0%だった。また、51.5%の学生は1回目から2回目にかけて目標も自己評価も変化がなかった。その他の評価規準でも、半数程度の学生が1回目と2回目の自己評価結果に変化がなかったが、6.1節で述べたように、思考力・判断力・表現力の自己評価の平均値は1回目から2回目にかけて向上していることから、各能力に関連する評価規準のいずれかが向上したと考えられる。

目標設定についてアンケートを行った結果を図9、表7に示す。図9の結果より、1回目と2回目のそれぞれにおいて半数以上の学生が設定した目標を意識して作問に取り組んだことが確認された。また、表7の結果より、特に問題の難易度（正答率）を意識したと回答した学生が多く、問題の内容や解説の分かりやすさやグループワークへの取り組みを意識した学生も見られた。

表 5 自己評価が変化した理由の考察

自己評価が向上した理由	
関連性を分析して正答率が70%になるように考えた	
皆が分かっているか、理解している部分かを判断したから	
同様の解法で解けるようにした、単に数字の変更だけではないようにした	
前回何がダメだったのか確認しながら行えたから	
意見を聞くだけでなく取り入れて改善することを意識して行ったため	
自己評価が低下した理由	
数字を変え選択肢を加えるなど一部を修正しただけだから	
具体的な解決案が思いつかなかったため	
問題の改善点を伝えることが出来なかった	
相手に伝わっているのか曖昧だったから	

表 6 評価規準 No.3 における目標と自己評価の変化

		2回目の目標と比較した 2回目の自己評価				
		向上	同じ	低下		
比較した 1回目 2回目の 目標	向上	0%	28.8%	0%	向上	比較した 1回目 2回目の 自己 評価
				3.0%	同じ	
				0%	低下	
	同じ	3.0%			向上	
			51.5%		同じ	
				3.0%	低下	
	低下	0%			向上	
		1.5%			同じ	
		0%	9.1%	0%	低下	

作成された問題の正答率を学習者にフィードバックしたうえで目標設定を行った2回目の作問学習後に正答率に関するアンケートを行った。アンケート結果を図10、表8に示す。図10より、7割以上の学生が前回の問題の正答率を参考にして作問学習に取り組んでいたことが確認できる。また、表8から正答率のフィードバックが作問学習に対する客観的な認知の促進につながっていることが推察できる。

前回の授業で設定した目標を意識して作問演習に取り組みましたか？

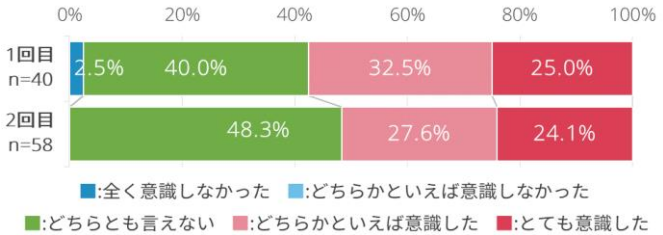


図 9 目標設定についてのアンケート結果

表 7 演習で意識したことについて

作問演習の際に意識したことを具体的に記入して下さい（自由記述）
習った公式、考え方を活かせるように意識しました
作問自体が未熟な分、他者への評価は頑張ろうと意識して臨みました
チェックリストの項目を満たしているかどうか
問題のレベルや丁寧な解説
前回は少し難しすぎて45%あたりだったので傾向を考えて作った

前回の作問演習で作成された自分や他者の問題の正答率を参考に問題を作成しましたか？

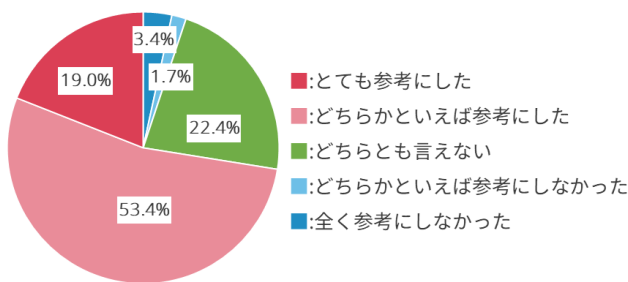


図 10 正答率の意識に関するアンケート結果

表 8 正答率を確認して感じたことについて

自分の問題の正答率を確認して感じたことを記入してください（自由記述）
設定した正答率に近い形になっていたので良かった
他の人よりも自分は簡単な問題をつくりがちだなと思いました
前回は70%を下回ったので前回より難しいと思う問題にした
正答率が低かったなので、自分になにか表記のミスがあったか、伝わりづらい作問をしてしまったのか不安になった

7. 考察

継続して行った作問学習後の自己評価の結果、1回目から2回目にかけて思考力・判断力・表現力の全てにおいて平均値の有意な向上が確認された。また、全ての評価規準について自己評価が向上していない学生の割合を向上した学生の割合が上回った。これらのことから、作問学習が思考力・判断力・表現力の向上に寄与することが示唆できる。また、作問学習による思考力・判断力・表現力の向上のためには、作問前の目標設定や作成した問題の正答率のフィードバックが有効であると考えられる。一方で、グループメンバーからの評価では、有意な向上は確認できなかった。これは、グループメンバーに対する評価では高い評価に偏っていることが要因として考えられる。また、TA/SAからの評価は低い傾向にあった。これは、学生自身は問題を作成する過程で様々な工夫を検討したが、結果的に作成された問題にはその工夫が反映されていなかったため、評価値の傾向に差が生じたと考えられる。

開発したシステムを用いた作問学習を実践した結果、自己評価が変化した理由を考察する機能が学習者の客観的な振り返りを促進していた。また、目標設定を行うことで正答率や問題の作成についての意識の促進につながった。さらに、正答率を提示することが学習者の客観的な認知に寄与しており、本研究で提案する学習モデルの有効性が示唆された。

8. まとめ

本研究では、思考力・判断力・表現力の向上を目的とし、継続的な目標設定・自己評価・他者評価を行う作問学習モデルを提案した。また、作問学習における思考力・判断力・表現力を評価するルーブリックを作成し、このルーブリックを用いた作問学習支援機能を開発した。さらに、大学の授業で開発した機能を用いた目標設定・作問・自己評価・他者評価を継続して行った。その結果、作問学習を継続して行うことで思考力・判断力・表現力の自己評価が向上し、作問学習のプロセスの様々な箇所で思考力・判断力・表現力が育成されている可能性が示唆された。また、自己評価が変化した理由を考察する機能や目標設定機能、正答率のフィードバックの有効性が示唆された。

一方で、規準ごとに目標設定と自己評価の推移を分析したところ、規準3において51.5%の学生は、目標も自己評価も変化がなかったため、今後、これらの学生に対する支援が課題である。また、自己評価、他者評価の妥当性の検証や、目標や自己評価の向上のための支援方法も検討する。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18K02825 の助成を受けた。

参考文献

- (1) 文部科学省 中央教育審議会：“新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜の一体的改革について”，https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo00/toushin/_icsFiles/afieldfile/2015/01/14/1354191.pdf (2020年11月26日確認)
- (2) 佐藤雅希, 高木正則, 市川尚：“作問学習における思考力・判断力・表現力の目標設定・自己評価・他者評価の継続的な実践と分析”，研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol. 2020-CE-153, No.17, pp.1-9 (2020)
- (3) 渡辺理文, 森本信也, 小湊清隆：“「思考力・判断力・表現力」の形成を目指した理科授業における学習環境のデザインとその評価・小学校第4学年単元「ものの温度とかさ」を事例にして-”，理科教育学研究, Vol.55, No.1, pp.109-119 (2014)
- (4) Bransford, J.D., Brown, A.L., & Cocking, R.R.: “How People Learn—Brain, Mind, Experience, and School”. Washington, DC. National Academy Press. (2009)
- (5) 有定裕雅, 竹中真希子：“高等学校理科における思考力・判断力・表現力の育成：大分県立大分豊府高等学校の実践を通して”，Vol.31, No.2, pp.31-36 (2016)
- (6) 久野靖：“思考力・判断力・表現力を評価する試験問題の作題手順”，情報教育シンポジウム論文集, Vol.2018, No.1, pp.1-8 (2018)
- (7) 平嶋宗：“作問学習に対する知的支援の試みと実践—組立としての作問および診断・フィードバック機能の実現—”，科学教育研究, Vol.43, No.2, pp.61-73 (2019)
- (8) Barak, M. and Rafaeli, S.: “On-line question-posing and peer-assessment as means for web-based knowledge sharing in learning”, International Journal of Human-Computer Studies, pp.84-103 (2004)
- (9) 高木正則, 田中充, 勅使河原可海：“学生による問題作成およびその相互評価を可能とする協調学習型 WBT システム”，情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.1532-1545, (2007)
- (10) 平井佑樹, 樋山淳雄：“作問に基づく協調学習支援システムとその分散非同期学習環境への適用”，情報処理学会論文誌, Vol.49, No.10, pp.3341-3353 (2008)
- (11) 渡辺 博芳他：“汎用的能力評価のためのルーブリックとチェックリストの提案”，情報教育シンポジウム論文集, Vol.2019, pp.30-37 (2019)
- (12) 文部科学省 中央教育審議会：“「思考力・判断力・表現力等」についての整理のイメージ”，http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/056/siryo/_icsFiles/afieldfile/2015/10/29/1363262_11.pdf (2020年11月26日確認)
- (13) 高木正則：“数学リメディアル教育における反転授業の実践と評価”，研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol.2015-CE-131, No.14, pp.1-6 (2015)

オンライン授業における協同学習への参加と学習成果の関係

沙 華哲^{*1}, 重田 勝介^{*2}

^{*1} 北海道大学理学院, ^{*2} 北海道大学 情報基盤センター

Relationship Between Participation in Collaborative Learning and Learning Outcomes in Online Learning

Sha Huazhe ^{*1}, Katsusuke Shigeta ^{*2}

^{*1} Graduate School of Science, Hokkaido University, ^{*2} Information Initiative Center, Hokkaido University

本研究はリアルタイム型授業における、協同学習と OER の使用は学習効果への影響を分析した。リアルタイム型授業には協同活動が少ないため、今回はピアレビューを導入し、学生はピアレビューへの参加を量的に評価した。また、学生が協同学習での行動については、質問紙を用いて測定した。その結果、学生は協同学習での「価値づけ」と「関連情報の探索」は最後の成績に強い影響を与えることが示された。OER の有効性と授業で活動のデザイン、または成果物の作り方にも関係があることが明らかにした。

キーワード: オンライン教育, リアルタイム型授業, 協同学習, OER

1. はじめに

1.1 緊急事態におけるオンライン教育の現状

2020 年, 新型コロナウイルス (COVID-19) の感染拡大に伴い, 国内では様々な措置を取っている。教育機関では, 臨時休校が全国一斉に行われ, 学校行事の多くは中止となった。文部科学省が実施した調査によると, 2020 年 4 月から 7 月の期間において, 約 9 割の大学はオンライン授業を行っている。9 月以降, 約 2 割の大学は対面授業に戻したが, 8 割がまた対面授業と遠隔授業を併用している。^{(1) (2) (3)}

加納はオンライン授業の方法を三種類に分けている⁽⁴⁾。一つ目は LMS にパワーポイントや PDF 資料が置かれ課題を提出する方法。二つ目はオンデマンドでビデオを見て課題を提出する方法。三つ目は ZOOM や Meet 等の双方向コミュニケーションツールを用いたリアルタイム型の授業の方法である。対面授業ができない状況で, 「リアルタイム型」の授業は, 唯一の双方向で交流できる授業形式である。国立情報学研究所は遠隔授業に関するアンケートで, リアルタイム型の授業の現状について, 次のように述べている。⁽⁵⁾ 遠隔授業を実施した教員等へのアンケート調査結果において

リアルタイム型の授業のみを実施した授業は 26.2%。リアルタイム型の授業と他の形式の遠隔授業と加えて実施した授業は 42.2%で, 計 68.4%の授業はリアルタイム型の形式を取り入れていた。リアルタイム型のオンライン授業は, 場所の制約がないといったメリットがあるが, ソフトウェアやネットワーク環境により, 同一指導が困難な場面も存在している。また, 演習, 実習はオンライン環境に左右され, コミュニケーションやリフレクションが難しく, グループワークを促すことが難しいといったデメリットもある。オンライン授業においても, 対面授業と同等の効果が得られるグループワーク等協同学習の方法について検討する必要があると考えられる。

1.2 協同学習と学習効果の関連

対面授業における協同学習の有効性について検証している研究がある。中西は, ピアレビューを活用したレポートの「二回提出」方式の効果について検証している。提出されたレポートを, 学習者にピアレビューさせ, その結果を踏まえて改善したうえでレポートの再提出を求めた。その結果, レポートの二回提出方式を利用した学生のレポートの質, すなわち学習効果が

向上することが示された⁽⁶⁾。また杉本は、留学生を対象とした日本語発表の練習にピアレビューを導入し、効果を検証している。評価表を用いて日本語発表のピアレビューを3回実施した結果、回を重ねるごとに受講学生の発信力が身についたのと同時に、傾聴力、柔軟性等の力を身に着けたことが示唆された。⁽⁷⁾これらの研究は、対面授業における協同学習の重要性を示している。特にピアレビューを授業で活用することにより、学習者の学習効果が向上することが期待できる。

近年、オンライン授業において協同学習が注目されている。オンライン授業における協同学習は、いくつかの形式がある。例えばオンラインでのケース学習では、事実に基づくケースを題材に、設問に沿って、学習者が協働で整理・討論するもので、現実場面での問題を解決の方法を導き出す方法である⁽⁸⁾。または外国語授業において、SNSを補助手段として利用し、オンラインコミュニティを作るような協同学習もある。⁽⁹⁾

柏倉は多地点を接続した日本語遠隔グループ授業の実態を分析した。⁽¹⁰⁾学習者はSkypeでグループ討論し、研究者は毎回の録画と録音に基づき、学習者の発話とインタラクションの割合、発話の長さや発話の複雑さについて分析した。その結果、発話量に対し、遠隔授業と対面授業の差が少ないということが示された。この研究を踏まえ、他の種類の授業において、オンラインの環境で、発話量やコミュニケーションの状況はどうなるのかを研究する必要があると考えられる。

1.3 反転授業とオープン教材（OER）

反転授業は2010年頃から欧米を中心に広がり、近年は日本の大学でも導入した事例がある。反転授業は一般的な授業と異なり、学習者は授業に先立って自宅でビデオ等の学習資源を視聴し、そして教室における授業では、学んだ知識を、学生同士と分け合い、その知識を生活場面で活用するために討論する。このような学習方法では、予習と復習の途中で、オープン教材（以下OER: Open Educational Resources）がよく用いられる。OERとは、インターネットで無償に提供されるビデオ、資料である。インターネットの普及により、OERも活用されている。

反転授業の重要性は多くの研究でも検証されている。

重田の研究では、大学生向けの情報教育「情報学Ⅰ」の一部に反転授業を導入した。学生は授業前に、自宅でオープン教材を視聴し、講義では課題に基づく討論を中心に行なった⁽¹¹⁾。その結果、9割以上の学生がオープン教材を視聴したうえで討論することは重要だと考え、事前にビデオ教材を用いて学習したことにより、討論の内容も深くなったことが示されている。また、豊田らのICT活用型反転授業の学習効果についての研究における、ICT活用型反転授業、認知プロセスタスクを取り入れたICT活用型反転授業、教員主体の通常講義授業、3種の授業形態において、反転授業は通常講義授業より学習効果が高い可能性が示された。⁽¹²⁾

これらの研究における、反転授業とオープン教材のメリットとデメリットが示された。しかし、授業途中で提供されたオープン教材はどのように使用されたのかまた不明瞭である。学習者がオープン教材を用いて学習する過程を明らかにすることにより、オープン教材の効果も授業の設計によって変わる可能性がある。オープン教材の効果と授業の設計の関連性も重要だといえる。

1.4 リアルタイム型のオンライン授業における課題

オンライン授業では、同期型のツールを活用した実践報告がある。例えば、高校生を対象としたオンライン授業では、ZoomとYouTubeを用いて実践された。具体的には、ツールの機能や授業のルールを確認することを意図して、授業途中に適宜クイズを取り入れた。チャットを実際に操作させたりした。⁽¹³⁾また、課題を出して、ブレイクアウトルームでグループ活動を行うこともできる。⁽¹⁴⁾さらに、同時に編集できるGoogleドキュメントとGoogleスライドを使うと、学生の議論状況が見えることも示された。

これらの研究は、オンライン授業における、Zoomといった双方向コミュニケーションツールの機能を活用している。しかし、実際にこれらの機能を使い、協同学習を行うとき、コミュニケーションの程度と効果を

表 2 ピアレビューの評価項目

		記入項目	採点基準
教材企画書のピアレビュー	項目 1	改善すると良い点（テーマ関連）	①回答していない；回答と問題の関連性がない；提出した観点の意味が不明（0点） ②一つの観点を提出した；観点の意味が分かりやすい；観点に対する説明がない（1点） ③一つの観点を提出した；観点の意味が分かりやすい；観点に対する説明が適切（2点） ④二つ以上の観点を提出した；観点の意味が分かりやすい；観点に対する説明が不十分（3点） ⑤二つ以上の観点を提出した；観点の意味が分かりやすい；観点に対する説明が適切（4点）
	項目 2	改善すると良い点（学習目標）	
	項目 3	改善すると良い点（その他）	
課題分析図のピアレビュー	項目 4	改善すると良い点（テーマ関連）	①回答していない；回答と問題の関連性がない；提出した観点の意味が不明（0点） ②質問に対する判断があるが、具体的な例がない（1点） ③質問に対する判断がある、それに対し、一つの例をあげた（2点） ④質問に対する判断がある、それに対し二つ以上の例をあげた（3点）
	項目 5	改善すると良い点（学習目標）	
	項目 6	改善すると良い点（その他）	
教材案のピアレビュー	項目 7	教材において、学習意欲を喚起するような工夫がされているか？	項目 1～6 の採点基準を採用する
	項目 8	教材の学習内容は理解しやすい配列になっているか？（課題分析図も確認する）	
	項目 9	デザイン上の良い点，改善できそうな点	
	項目 10	その他気づいた点	

測定する研究は少ない。

とする。

1.5 研究目的

本研究では、リアルタイム型のオンライン授業に、学習者は協同学習への参加を測定する。また、授業の補足資料として、OER 教材を提供し、学習者は OER 教材の使用状況を調査する。最後に、学習者はこれらの活動への参加と最後の学習成果の関係を分析し、協同学習はオンラインでの有効性を検証することを目的

2. 方法

2.1 授業の概要

大学生向けのデジタルリテラシー入門授業の学習目標は、大学生活を有意義に過ごすため、これからの情報社会を生き抜いてゆくために必要な「知識」や「技

表 3 協同学習における学習行動

傾聴	1, 自分の考えと異なる意見に対して, 積極的に理解しようとする
	2, 積極的に意見を聴く
	3, メンバーの考えに納得したり感心したら, 率直に伝える
価値づけ	4, 学んだことの意味を考える
	5, 学んだことが学習目標全体においてどう位置づくかを考える
	6, 学んだことがどのように活かせるかを考える
意見表明	7, 積極的に意見を言う
	8, 自分の考えを言葉にする
	9, メンバーの意見に対してコメントする
関連情報の探索	10, 学んだ内容に関連する図書を読む
	11, 授業内容に関連する図書がないか探す
	12, 複数の図書に書かれた情報を結びつけて考える
授業外学習	13, 復習を行う
	14, 予習を行う
	15, 与えられた課題以上に自主的に取り組む
活動促進	16, (理解できていない活動がとどこおっている) メンバーに対して助言する
	17, (理解できていない活動がとどこおっている) メンバーに対して手を差し伸べる
	18, 率先して意見をまとめ, 次の課題を考える
教材の参照	19.教材を作成するとき, 授業で提示された先輩の教材を参考にして作成した.
教材の役立ち	20.教材を作成するとき, 授業で提示された先輩の教材は役に立った.

能」を身につけることである。学習者はこの授業で「デジタル・リテラシー」に関する基礎知識を学ぶ。それに基づき、「情報社会を生きる」をテーマとした教材を制作する。補足資料として、昨年の授業で学生が作成

した優秀な作品も提供した。

90 分の授業では、表 1 のように、はじめに前回授業の振り返りを行い、次に前回の授業で回収したコメントカードに書かれた質問に回答する。続いて教員による講義の後、学生は協同活動に参加する。

15 回の授業中、ピアレビューは第 9 回、第 11 回、第 14 回で行った。学生はその前 8 回の授業で、基礎知識とソフトウェアの使い方について学習した後、「教

表 1 ピアレビューを行った一コマの授業

トピック	時間 (分)
前回の授業の振り返り	5
質問の回答	10
講義	20
グループワーク	30
討論フォームに記入	5
討論内容の発表	15
授業のまとめ	5
合計	90

表 4 OER の参照状況

教材の参照	19.教材を作成するとき, 授業で提示された先輩の教材を参考にして作成した.
教材の役立ち	20.教材を作成するとき, 授業で提示された先輩の教材は役に立った.

材企画書」,「課題分析図」と「教材案」3つの成果物を作成した。それに基づき、ピアレビューの時相互に評価する。

2.2 ピアレビューの方法

教員は事前に学生をランダムでグループに分け、ピアレビューの時間で、Zoom のブレイクアウトルーム機能を使い、学生をグループごとに分ける。学生のピアレビューの状況を測定するために、ピアレビューで自分が発表した意見をフォームに記入させた。フォームの項目は決められたために、学生の回答状況は同じ尺度で採点される。3回のピアレビューには、合計10項目が設定した(表2)。このフォームの結果から、学生は協同学習への参加状況が分かる。

学生がフォームに記入した答えより、採点基準を作る(表2)。1回のピアレビューで、学生はグループ内2人分の作成品を評価する。その2つの回答の平均値は今回のピアレビューの成績とする。そして3回のピアレビューの得点を加算し、ピアレビューへの参加とする。

2.3 協同学習における学習行動と OER の使用

中西らは協同学習中の学習行動を測定するために尺度を作成した⁽¹⁵⁾。この尺度は、6つの下位尺度を含み、学習者は授業での「傾聴」、「価値づけ」、「意見表明」、「関連情報の探索」、「授業外学習」、「活動促進」に関する行為が測定される。各尺度は3つの項目が含まれる(表3)。

教員は教材を作る前に、作品例(図1)をオープン教材として学生に見せる。OERの参照状況について、表4のように2つの項目を設定した。この2つの項目



図1 OER例

から、学習者は提供された教材を参照したかどうか、またはこれらの教材の実際の役立ちも見える。

2.4 質問紙の作成

質問紙は中西らによる「協同学習中の行動に関する尺度」を用いた。

対象者23名のうち、アンケートに回答した22名を分析対象とした。

教員と研究者は学生の成果物(図2)を評価し、成果物の得点は最終成績とする。

2.5 調査方法

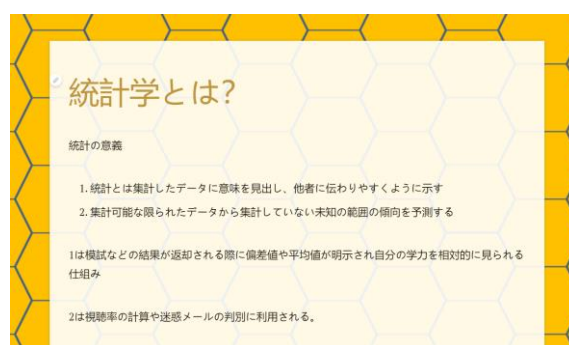


図2 学生の作品例

調査対象は2020年度北海道大学デジタルリテラシー入門を受講した一年生23名である。グループは3人1グループで構成され、人数が足りない場合は教員が参加した。計15回の授業のうち、第9回、第11回、第14回でピアレビューを行った。アンケート調査は、第15回の授業で行った。

3. 結果

3.1 協同学習への参加と最終成績の関係

ピアレビュー10項目(表1)の得点の合計(10項目)の合計を、本研究では「協同学習への参加」とした。協同学習への参加と最終成績の関連性を把握するために、対象者を成績高群(以下、高群)と成績低群(以下、低群)に分けた。22名のデータ(高群11名、低群11名)を対象としてピアレビューの得点と最終成績のt検定を行った結果、有意な差はみられなかった(表5)。

表5 ピアレビューの得点と最終成績の t 検定

	下位群 ($n=11$)		上位群 ($n=11$)		等分散性のための Levene の検定		t 値	p 値 (両側の有意 確率)
	M	SD	M	SD	F 値	有意確率		
ピアレビュー の得点	9.18	1.55	13.40	2.14	.30	.59	-.10	0.92
最終成績	30.18	4.79	30.36	3.96				

* $p<.05$, ** $p<.01$

3.2 協同学習における学習行動と最終成績の関係

協同学習における学習行動 (以下, 協同学習行動) と最終成績 (教材の得点) を, 表 6 に示す.

学生の最終成績と「価値づけ」および「関連情報の探索」は, 5%水準で有意な相関を示した. 傾聴, 意見表明, 授業外学習, 活動促進は学習成績と有意な相関を

3.3 OER はリアルタイム型のオンライン授業での効果

OER の使用状況と最終成績との相関係数を, 表 7 に示す.

教材の参照と教材の役立ちは最終成績と有意な相関を示さなかった. したがって, 教材の参照と教材の役

表6 協同学習行動と最終成績の相関分析

因子	M	SD	有意確率	p
傾聴	4.61	.44	.23	.27
価値づけ	4.12	.46	.01	.54*
意見表明	4.21	.64	.21	.28
関連情報の探索	2.74	1.32	.01	.527*
授業外学習	3.79	.79	.420	.181
活動促進	2.970	.748	.282	.240

* $p<.05$, ** $p<.01$

表7 OERと最終成績の相関分析

	M	SD	I	II	III
I 教材の参照	4.363	.790	---	.785**	-.242
II 教材の役立ち	4.546	.510		---	-.224
III 最終成績	30.270	4.289			---

* $p<.05$, ** $p<.01$

示さなかった.

立ちは今回の成果物には大きな影響がないといえる.

4. 全体考察と今後の課題

4.1 ピアレビューと最終成績の関連性

本研究では、まず、リアルタイム型のオンライン授業に協同学習の活動を導入した。ZOOM といったソフトウェアで、学校の授業でも、ピアレビュー等のグループ作業が実施できることが明らかにした。続いて、ピアレビューのような協同学習への参加と学習者の学習効果の関係を検討した。その結果、ピアレビューへの参加状況は成果物の作りに大きな影響を与えていないということが判明した。今回はピアレビューへの参加は学生がフォームに記入した内容に基づいて評価したために、記入した内容は実際のピアレビューで発言したのではなく、それ以外の考えや意見も含まれた可能性がある。つまり、フォームに記入した内容だけは協同学習への参加とするには不十分である。

4.2 協同学習行動と最終成績の関連性

協同学習における学習行動について、学生の「価値づけ」と「関連情報の探索」という二つの行為は成果物の作りについて正の影響を与えたことが判明した。今回の授業はグループ活動を導入したが、最後の成果物は個人作業である。その場合、討論するとき聞いたことまたは他人の意見は参考していない可能性もある。そのため、「傾聴」と「意見表明」は最終成績との関係が少ないことも分かれる。実際に成果物を作るとき、自分の考え方、授業で勉強した基礎知識等を活用することが多いと考えられる。今回の授業のテーマは情報社会の新技术と関わっているため、学習者は慣れていない知識について、関連情報を検索することが多いと考えられる。「教材企画書」、「課題分析図」、「教材案」の作りには、授業途中でも時間を提供したので、進捗から見ると、多くの学生は授業途中で成果物を完成した、そのため、「授業外の学習」も大きな影響を与えていない。また、毎回授業では活動予定と課題が決められ、課題に対する説明も詳しいため、学生は活動の進みに意見をあげる機会が少ない。それにより、「活動促進」の重要性も明らかにしていない。授業の形式を変更し、自由度がより高い授業になると、学生は協同学習での表現がより多様化になると考えられる。

4.3 OER と最終成績の関連性

今回の授業で、OER 教材を提供したが、その効果は明らかにしていない。これからの研究では、参考した学生と参考していない学生のデータをグループに分け、OER 教材の実用性と使用率を分析する必要があると考えられる。

参考文献

- (1) 文部科学省：“新型コロナウイルス感染症対策に関する大学等の対応状況について（令和 2 年 4 月 23 日時点）”，https://www.mext.go.jp/content/20200424_mxt_kouhou01-000004520_10.pdf
- (2) 文部科学省：“新型コロナウイルス感染症の状況を踏まえた大学等の授業の実施状況（令和 2 年 6 月 1 日時点）”，https://www.mext.go.jp/content/20200605_mxt_kouhou01-000004520_6.pdf
- (3) 文部科学省：“大学等における後期等の授業の実施方針等に関する調査”，https://www.mext.go.jp/content/20200915_mxt_kouhou01-000004520_1.pdf
- (4) 加納寛子. (2020). コロナ禍における高等教育でのオンライン授業の可能性について～ 学生のオンライン授業のための通信環境と ICT 機器の所有状況に関する調査より～. In 日本科学教育学会年会論文集 (pp. 521-524). 一般社団法人 日本科学教育学会.
- (5) 国立情報学研究所：“遠隔授業に関するアンケート調査の概要”，https://www.nii.ac.jp/event/upload/20200914_Report.pdf
- (6) 中西裕. (2014). ピアレビューを活用した授業レポートの「二回提出」方式の効果—アクティブラーニングの試みとして—. 就実論叢, (43), 247-261.
- (7) 杉本亜由美. (2019). 日本語発表練習におけるピア・レビューに関する調査報告. 人間生活文化研究, 2019(29), 610-615.
- (8) 金孝卿, & 山田真知子. (2019). オンラインでのケース学習における学習者の学び：問題解決のための協働的なコミュニケーションに着目して. 多文化社会と留学生交流：大阪大学国際教育交流センター研究論集, 23, 43-52.
- (9) 高橋敦. (2015). 社会的視点から見た第二言語習得にお

- けるオンラインコミュニティの可能性と管理者の役割:-
Facebook を用いた実践から. 言語教育研究, 5, 41-58.
- (10) 柏倉裕美. (2016). 多地点を接続した日本語遠隔
グループ授業の実態分析: 学習者の発話, 調整行動およ
び心理的影響を中心に (Doctoral dissertation, Tokyo
Metropolitan University/首都大学東京).
- (11) 重田勝介, 布施泉, 岡部成玄. オープン教材を用
いた反転授業の実践と分析. 日本教育工学会第 29 回全
国大会講演論文集. 2013, p. 223-226.
- (12) 豊田順子, & 村上明子. (2018). ICT 活用型反転授
業学習効果の検証. 研究論集, 107, 95-104.
- (13) 三輪直也. (2020). 休校期間中における勤務校の
数学オンライン授業の紹介. In 日本科学教育学会年会
論文集 (pp. 517-518). 一般社団法人 日本科学教育学
会.
- (14) 河合豊明. (2020). オンライン授業の取り組み. 新
地理, 68(2), 13-16.
- (15) 中西良文, 長濱文与, 下村智子, 守山紗弥加, 奥
田久春, 横矢祥代, & 梅本貴豊. 協同学習における学習
行動に及ぼす動機づけ・社会的スキルの影響.

自己調整学習を主題とする授業実践の学習効果分析

仲林 清^{*1, 2}

*1 千葉工業大学

*2 熊本大学

Analysis of Learning Effects in a Course on the Subject of Self-Regulated Learning

Kiyoshi Nakabayashi^{*1, 2}

*1 Chiba Institute of Technology

*2 Kumamoto University

自己調整学習の概念や方略に関する内省・概念化を促し、学習者がこれらを意識して活用することをねらいとした授業実践を行った。大学1年生の学生を対象に、自己調整学習に関する知識を与えたのち、この理論の観点から、中学生の学習の様子を描いたドキュメンタリービデオを視聴させた。その後、自らの学習経験とビデオの内容を対比したレポートを提出させた。2016年度から2019年度の4年間のアンケート結果の分析を行い学習効果を検証した。

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

1. はじめに

生涯にわたって自律的に学び続ける能力の育成が重視されている^{(1),(2)}。21世紀型スキルの中にも「学び方の学びとメタ認知 (Learning to Learn and Metacognition)」が位置付けられている⁽³⁾。これらの能力に関連する理論や知見として、メタ認知⁽⁴⁾⁻⁽⁷⁾や自己調整学習 (Self-Directed Learning, 以下 SRL)⁽⁸⁾⁻⁽¹⁰⁾に関するものが数多く知られており、学習者中心の教育パラダイムにおいても重視されている^{(11),(12)}。

SRLのスキルが、短期的あるいは長期的な学業成績と正の相関を持つことは多くの研究で示されており⁽¹³⁾⁻⁽¹⁷⁾、オンラインやブレンDED学習における関係も研究されている^{(17),(18)}。また、メタ認知やSRLの能力は教育的な介入で向上することが知られており⁽¹⁹⁾⁻⁽²¹⁾、介入の実施とその効果についても、初中等教育から高等教育まで多くの研究がある。

これらは特定の学習科目・学習主題の授業で介入を実施するのか、学習主題に依存しない手法やツールを用いるのかによって分類できる。特定の教科・科目の授業で実施したものとして、数学^{(22),(23)}、文章の読解^{(24),(25)}、作文^{(26),(27)}、科学^{(28),(29)}、歴史⁽³⁰⁾、などが挙げられる。後者の教科・科目から独立した手法は、さらに、SRLの理論を明示的に教えるか否かで分類できる。暗黙的に教える手法として、diary (日誌) を用いて SRL に関連した学習活動や思考を記録させる方法が代表的である^{(31),(32)}。日誌は記録だけでなく、学習過程を振り

返るための自己学習ツールとして使用できる⁽³³⁾。それ以外にも、学習者適応環境⁽³⁴⁾、ハイパーメディア⁽³⁵⁾、モバイル環境⁽³⁶⁾などの IT ツールを用いる提案や、反転学習の活用⁽³⁷⁾などが提案ないし実践されている。インストラクショナルデザインの観点からは、SRLのプロセス全体を促進するマクロレベルの方法として、精緻化理論⁽³⁸⁾の適用が提案されている⁽³⁹⁾。

一方、SRLの理論やスキルを明示的に教える実践も行なわれている。SRLは、小中学生だけでなく大学生の学びにも非常に重要であるが⁽⁴⁰⁾、すべての大学生が十分なメタ認知スキルや SRL スキルを有しているわけではない^{(41),(42)}。しかし、これらのスキルは上述のように介入で向上させることが可能であり、大学生はこれらの理論を理解する十分な知的能力を有していると期待できる⁽⁴¹⁾。大学生に対してメタ認知的な知識を明示的に教えることの必要性も指摘されており⁽⁴³⁾、SRLに関する明示的な介入が実践されている。Hofer ら⁽⁴¹⁾は、大学初年次・二年代を対象とする「学び方の学び (learning to learn)」のコースを実施した。この一学期間のコースでは、学生が認知心理学や動機付けの概念を、以後の大学での学習に適用できるようになることを意図している。コースはこれらの概念に関する講義と、それを自身の振り返りに応用する演習から構成されている。Dörrenbächer と Perels⁽³²⁾は予見・遂行・自己内省からなる SRL の循環モデル⁽⁴⁴⁾を扱った8週間のコースを設計した。コースは各項目に関する講義

と個人・グループ演習からなり、学習者にはコース期間中、日誌を毎日つけさせた。これらの介入による SRL スキルの向上が確認されている。

本研究では、学習に関する学術的・体系的知識と自らの学習経験とを結びつけて内省・概念化させ、以後の学習活動におけるメタ認知や学習方略の活用を促進することを意図した授業設計を行う⁽⁴⁵⁾⁻⁽⁴⁸⁾。特定教科とは独立の授業で、SRL の理論やスキルを明示的に教える点は上記の実践と共通しているが、特に学習者の経験・既有知識の活用に着目している。前述のように、大学生は、SRL の能力を誰もが身につけているわけではないが、学術的・体系的知識を理解するのに十分な知的水準を有していると仮定できる。さらに、勉強やスポーツなどを通じた学習過程に関する経験があり、これを客観的に振り返る能力も有していると期待できる。効果的な介入のために、学習者の既有知識や経験の活性化の重要性が指摘されている⁽²¹⁾。そこで、本研究では、これらの学術的・体系的知識と学習者の経験・既有知識とを結びつけさせて内省・概念化を促進する。SRL は、場面限定的・文脈依存的で、全ての場面で自己調整している学習者は存在しない、と言われている^{(9)(p.12)}。逆に言えば、自らの学習経験を SRL の観点で内省・概念化⁽⁴⁹⁾できれば、これまでの経験とは異なる対象や状況の学習に転移させることも期待できる。

授業設計は、筆者らがこれまで、技術イノベーションや組織における問題解決といった、抽象度が高く正解が一意に定まらない分野の学習に適用して効果を確証したドキュメンタリービデオとオンラインレポート提出を組み合わせた授業設計の枠組み^{(50),(51)}に則ったものである。この枠組みでは、まず学習主題に関する体系的知識を説明し、次に学習主題に関連する観点を提示してドキュメンタリービデオを視聴させ、ビデオの登場人物の行動や考えを、体系的知識や自らの経験と関連付けて解釈させる。そして、その内容をレポートにまとめさせ、次の授業で全員のレポートを配布・閲読させて、自他の考えを比較して吟味させる。このような流れで、自らがこれまで行ってきた学習行動が、様々な学習理論の概念から解釈できることに気付かせ、以後の行動を客観的に観察し意識的に修正することを促すことを意図している。

本稿は、2016～19 年度に実施した授業における学

習者の意識変化を中心に分析したものである。以下、第 2 章で学習目標について述べる。第 3 章ではビデオとオンラインレポートを活用した授業設計を示す。第 4 章で分析結果を示し、第 5 章で考察とまとめを行う。

2. 自己調整学習に関する学習主題

本授業では、SRL⁽⁸⁾⁻⁽¹⁰⁾を中心に学習理論や学習の動機づけを取り上げる。また、SRL に関連して、学習の意味を考えない暗記中心の学習の弊害を説いた「ごまかし勉強」⁽⁵²⁾について取り上げる。

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

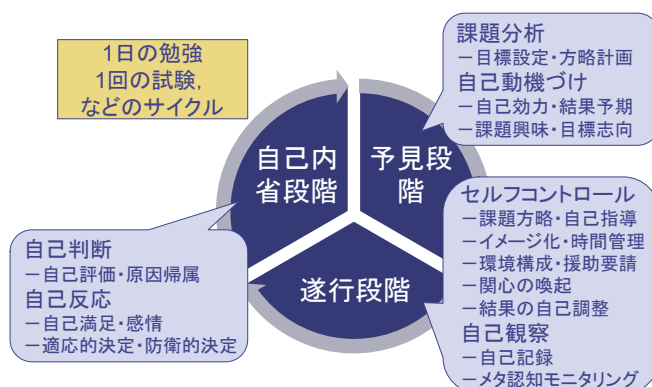


図 1 自己調整学習のサイクル

SRL は、図 1 に示す予見・遂行・自己内省の段階からなるサイクルでモデル化される^{(8),(44)}。

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

遂行段階は、実際の学習や課題解決に対応していて、セルフ・コントロールと自己観察の要素からなっている。セルフ・コントロールは、課題固有の解決方略と課題に依存しない一般的な方略からなる。一般的な方

略としては、教材を読みながら自分に問いかけるといった自己指導、抽象的な情報を適切な心的イメージで捉えるイメージ化、先生や親に適切な支援を求める援助要請、などが挙げられる。自己観察は、メタ認知モニタリング（セルフ・モニタリング）と自己記録が含まれる。SRL に上達した学習者は、遂行過程のセルフ・モニタリングを行い、これに基づいてセルフ・コントロールを行って方略を修正していくことができる。

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

本授業設計では、後述するドキュメンタリービデオの内容との関連から、以下を SRL に関する具体的な学習主題とした。

- 1) 予見段階における目標設定・動機付け・自己効力感
- 2) 遂行過程のセルフ・モニタリング
- 3) 自己内省段階における自己評価や原因帰属、それによる適応的／防衛的反応
- 4) SRL を促進するための教師の介入^{(53), (54)}

3. 授業設計

3.1 概要

前章で述べた SRL のモデルは、体系的にまとめられたものであるが、SRL が行われる状況や場面は多様であり、学習者の思考や感情、学習方略もさまざまで、唯一の正解が存在するようなものではない。このため、単なる知識付与型の教育形態では十分な教育効果を得

ることは困難で、SRL が行われる実際の文脈を学習者に提示する必要があると考えられる。また、大学生は、自身で意識していなくても、SRL の概念で説明可能な学習経験を有している⁽⁹⁾(pp.68-82)。これらの経験をコルブの経験学習モデル^{(49), (55)}に鑑みて、内省・概念化させ、体系的な知識との結び付けを促す。

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

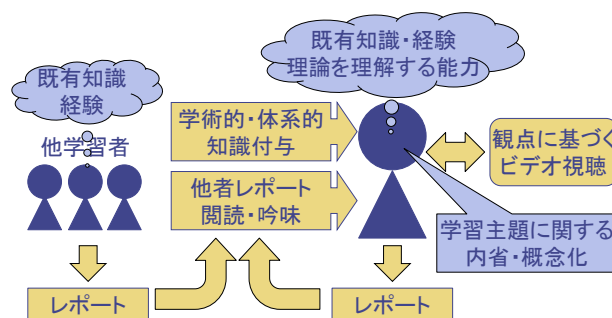


図2 授業設計の枠組み

ビデオは後述するように、学習主題を直接解説した教材ビデオではないので、学習者は、現実の学習場面で生じている事象や登場人物の言動の背景にある学習主題を、講義内容に結び付けて能動的に読み解く必要がある。これによって、学習主題を単なる知識としてではなく、文脈を含めて理解し、学習者自身の経験と対比させることを意図している。レポートの提出と配布は、自らの考えを他者の考えや経験と対比しながら深めることを狙っている。上記のように、ビデオは、学習主題を直接的に解説したものではないので、レポートの内容は、学習者の着目点や経験との対比も含めて、多様なものになることが期待される。このように、レポートの提出・配布で、自他の解釈や意見を対比しながら、学習主題についての理解の深化を促す。

3.2 ドキュメンタリービデオの内容と解釈

授業では年度により二つないし三つのドキュメンタリービデオを用いた。主要な題材として共通に用いた

のは、NHK の「あしたをつかめ」というシリーズの「#33 塾講師」⁽⁵⁶⁾（以下、塾講師）と「負けて強くなれ 愛媛・将棋道場の日々」⁽⁵⁷⁾（以下、将棋道場）である。前者は数学が苦手な自己効力感がない女子中学生に対して、塾講師が自律的な学習目標設定を促し、中学生が明確な目標を持って適応的に学習するようになる様子を描いている。後者は、将棋の実力はあるが、棋譜を付けて自局を振り返ろうとしない中学生を、将棋道場の指導者が厳しく指導し、全国大会での負けをきっかけに、自発的に棋譜を付けるようにさせる様子を描いている。いずれも視聴時間は 25 分程度である。ビデオの詳しい内容・解釈については先の報告^{(45)~(48)}を参照されたい。

3.3 授業の進め方

授業は全体で 4 コマの構成である。1 コマ目開始前に、学び方の工夫^⑨、学習結果の原因帰属^⑦に関する事前アンケートを提出させる。1 コマ目で、スキーマ理論、メタ認知、動機づけを概説し、塾講師を視聴させたのち、以下のレポート課題を課す。

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

2 コマ目で全員のレポートを配布して、特徴的なものを紹介した後、SRL の説明をする。そして、以下のレポート課題を課して将棋道場を視聴させる。

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

例えば

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

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

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

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

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

4. 学習者の反応

4.1 取得データ

2016～19 年度前期に情報系学科 1 年生向けの「情報社会とビジネス」という科目中の最後のパートで授業を実施した。授業前に自らの学習の工夫^⑨、授業後に同じく学習の工夫、学習内容と自身の経験との結びつき、授業評価アンケートを行った。レポートをすべて提出し、事前・事後のアンケートを提出した学生は 445 名である。ただし、一部のアンケートに回答しなかった学生もあり、項目によって数名の欠損がある。

4.1.1 学習の工夫

事前および事後に、過去ないし現在行っている学習の工夫を最大 3 つ記述させた。事後には、今後やってみようと思う工夫も記述させた。これらの記述を文献^⑨を参考に分類した。ただし、「計画を立てる」など自己調整的だが、具体的な行動が読み取れないものを対象に「抽象的自己調整」というカテゴリを追加した。分類例を表 1 に示す。

4.1.2 経験との結びつき

事後に、授業内容と結びついた自身の経験を記述させ、否定的・肯定的内容の有無で 4 種に分類した。「肯定」は「学習に積極的だった」などの経験、「否定」は「学習から逃げていた」などの経験、「否定⇒肯定」は否定的から肯定的な考えに変わったなどの経験、「なし」はそれらが読み取れないものである。表 2 に例を示す。

表 1 学習の工夫の分類例

不適応的 教科書の内容の暗記、一夜漬け
抽象的 日々の積み重ね、授業の復習
基礎 声に出して書く、要点だけをまとめる
抽象的自己調整 自己分析する、計画を立てる
自己調整 自分で説明できるまで内容を把握する 知らない単語はすぐに調べ、一つの意味だけでなく色々な意味も一緒に覚える。
その他 十分な睡眠をとる、音楽を聴きながら勉強する

表 2 経験の分類例

肯定 長期的な目標より短期で具体的な目標が必要だと、大学受験の時に感じていた。 数学の勉強をするときに、公式を使う理由や式変形ができる理由を考えながら問題を解くようにしたら、類似問題が出題された際も解くことができた。
否定 中学時代、試験勉強ができずにいた時のことを思い出しました。その時は試験で良い結果が残せず、気力をなくしてのことでしたが、ビデオ中の学習者や指導者の言葉を聞き、これは結果から逃げ出していたということに気がきました。当時は逃げ出しているとは思ってもしなかったのも、結果を受け止めることの難しさ、逃げることの容易さを痛感しました。 苦手だから、周りが頭いいからなどと言いつつしていたことを思い出したこと
否定⇒肯定 学習内容をテスト勉強などで短期間で詰め込むマイナスな勉強法よりも、自分で理解したいと思って取り組んだ内容の方が後になっても覚えているし、その場合関連づけて学習しているから思い出しやすい。模試の間違った箇所を見るのが嫌いでしなかったが、少し復習するとわかるようになって嬉しかった。
なし 高校受験の時の勉強方法と背景がよく似ていたので中学校や塾と結びついた 大学受験のとき、予備校だけではなく自宅での学習が重要だと何度も聞かされた

4.1.3 授業評価アンケート

事後に、授業内容に関する評価アンケートを行った。「内容は役に立った」など授業全般、および、「ビデオは講義の内容を実感的に理解するのに役に立った」、「他の人のレポートを読んで、様々なものの見方が重要だと感じた」などビデオ・レポートに関する 7 件法 30 項目からなる。これについて因子分析を行い 3 因子構造が妥当と判断した。さらに、いずれの因子にも高い負荷量を持たない 3 項目を除去し、3 因子を指定して因子分析（最尤法・プロマックス回転）を行った。この結果を表 3 に示す。「内容は役に立った」など 11

項目からなる「授業内容」因子、「他の人のレポートを読んで、様々なものの見方が重要だと感じた」など 8 項目からなる「授業形態」因子、「ビデオは余分な情報が多く何が言いたいのかよくわからなかった」など 8 項目からなる「否定」因子が抽出された。各因子のクロンバックの α 係数は .861, .850, .732 であった。

表 3 授業評価の因子分析結果

変数 (R は逆転項目)	因子 1	因子 2	因子 3
内容は役に立った	.788	-.027	-.085
内容に納得した	.615	.062	.124
内容は理解できた	.607	-.012	.095
社会に出てからもこのような考え方は参考に…	.604	.119	-.063
今後の大学での学習を進めるうえで参考に…	.594	.155	-.026
このような内容を今後も学んでみたい	.589	.103	.050
「学び方」に関する考え方が深まった	.562	.129	-.049
ビデオは講義の内容を実感的に理解するのに…	.501	.240	.048
「学び方」に関する考え方が変わった	.387	.127	-.177
自分の経験と結びついた	.378	.167	.001
ビデオ中の人物の立場だったらどう行動する…	.305	.257	-.062
他の人のレポートを参考に様々な観点でビデオ…	.027	.698	-.072
他の人のレポートを見て理解を深めることが…	.073	.660	.013
授業のはじめにレポートの紹介とコメントが…	.096	.610	.011
他の人のレポートを読んで様々なものの見方…	.068	.608	.073
同じビデオでも見る観点が違うと読み取れ…	.156	.517	-.077
ビデオを二度視聴したことでより理解が深ま…	.216	.462	.005
レポート提出で授業の内容を振り返ることが…	.238	.443	.115
ビデオを視聴する観点を指示されたのでより…	.270	.419	.069
R 自分のレポートが配布されるは他人の利益…	-.160	.085	.687
R 自分のレポートが配布されるので恥ずかし…	-.005	-.029	.570
R ビデオのストーリーを理解するのに精一杯で…	.117	-.071	.565
R ビデオは余分な情報が多く何が言いたい…	.281	-.123	.530
R 配布する時は名前を付けて誰が書いたレポ…	-.231	.084	.440
R 他の人のレポートは文章が分かりにくかつ…	-.224	.275	.414
R 長いビデオで退屈だった	.155	.160	.405
R ビデオの内容と指示された観点を対応付け…	.261	-.211	.379

表 4 学習の工夫の記述数と調整済み標準化残差

分類	事前	事後
不適応的	19 -0.70	23 0.70
抽象的	279 -0.80	289 0.80
基礎	196 0.95	175 -0.95
抽象的自己調整	278 1.24	247 -1.24
自己調整	235 -4.96***	331 4.96***
その他	165 5.55***	80 -5.55***
合計	1172	1145

*** $p < 0.001$

4.2 データの分析

4.2.1 学習の工夫

表 4 に事前・事後に記述させた「過去ないし現在行っている学習の工夫」の分類ごとの記述数と調整済み標準化残差を示す。「自己調整」に分類される記述が有意に増加し、「その他」が有意に減少したことがわかる。

同様に、表 5 に記述のレベルごとの人数と調整済み標準化残差を示す。この表で、例えば「自己調整」の人数は、3 つまでの記述中にひとつでも「自己調整」に分類される記述をした人数である。同じ考え方で、以下、ひとつでも、「抽象的自己調整」、「基礎」、「抽象

的、「その他」、「不適応的」な記述をした人数を計数した。事後に「自己調整」に分類される記述をした学習者が有意に増加し、約半数に達した。

4.2.2 学習の工夫と授業評価

自己調整に分類される記述の有無で学習者を4群に分け、授業内容評価の各因子得点の分散分析を行った。結果を表6に示す。ここで、例えば、上位群とは事前事後とも自己調整記述を行った群、上昇群とは事後のみ自己調整記述を行った群である。いずれの因子得点も上昇群>上位群>下降群>下位群という関係となった。また、上昇群・上位群と下位群の間に1%ないし5%水準の有意差があった。

4.2.3 経験の結びつきと授業評価

表2の経験の分類で学習者を4群に分け、授業内容評価の各因子得点の分散分析を行った。結果を表7に示す。「否定⇒肯定」群、「否定」群の得点が高く、「なし」群が低い傾向となっている。授業内容では「なし」群と他の群に0.1%水準、授業形態では「なし」群と他の群の間に1%ないし0.1%水準、否定では「否定⇒肯定」群と「なし」群の間に5%水準の有意差があった。

表5 学習の工夫の記述人数と調整済み標準化残差

分類	事前	事後
不適応的	2 -0.45	3 0.45
その他	12 1.43	6 -1.43
抽象的	45 -0.44	49 0.44
基礎	60 1.23	48 -1.23
抽象的自己調整	137 2.25*	107 -2.25*
自己調整	189 -2.89**	232 2.89**
合計	445	445

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

表6 授業内容評価の分散分析（学習工夫）

群	上昇群 123名	上位群 109名	下降群 80名	下位群 133名
授業内容	5.467 (0.653)	5.451 (0.657)	5.286 (0.714)	5.159 (0.662)
授業形態	5.472 (0.657)	5.414 (0.792)	5.148 (0.784)	5.117 (0.828)
否定	5.010 (0.780)	4.985 (0.751)	4.786 (0.732)	4.694 (0.790)

平均 (S.D.)

表7 授業内容評価の分散分析（経験結びつき）

群	否⇒肯 90名	否定 142名	肯定 117名	なし 96名
授業内容	5.463 (0.562)	5.471 (0.605)	5.353 (0.657)	5.009 (0.797)
授業形態	5.401 (0.690)	5.454 (0.696)	5.292 (0.757)	4.956 (0.905)
否定	5.068 (0.605)	4.871 (0.722)	4.802 (0.879)	4.760 (0.843)

平均 (S.D.)

5. 考察

4.2.1で示したように、学習者自身の過去ないし現在の学習の工夫について、授業後には「自己調整」に分類される記述数、そのような記述を行った学習者数ともに有意に増加した。これは、授業で過去の学習経験を振り返ることによって、自身の行ってきた工夫をSRLの観点から言語化できた学習者が増えたことを示していると考えられる。

また、4.2.2で示したように、事後に「自己調整」に分類される記述を行った学習者数が、授業内容、授業形態を高く評価しており、否定的な印象も持っていないことがわかった。特に、事前に「自己調整」に分類される記述を行っておらず、事後に行った上昇群が授業形態に高い評価を与えている。これらの群に対しては、3章に述べた「ドキュメンタリービデオの視聴による経験の想起」、「レポートによる体系的知識との結び付け」、「自他の考えの対比」といった授業設計が、自身の経験の言語化に有効であったことを示していると考えられる。

さらに、4.2.3で示したように、自身の経験と授業評価に関しては、「なし」群に比較して、なんらかの肯定的ないし否定的経験を記述した群が授業を高く評価しており、学習者の既有知識・経験を活用するという授業設計が有効に働いたことを示している。特に、「否定的」経験、「否定から肯定的」に変化した経験を挙げた学習者が高い評価を与えている。これについては、ドキュメンタリービデオ自体が登場人物の否定的な学習経験を描いており、それによって自身の経験を想起できたという要因と、SRLに関する授業内容自体が表2のような自身の否定的な経験を内省する契機になり、高い授業評価につながった、という要因が想定される。

6. まとめと今後の課題

自己調整学習の概念・方略の意識的活用の促進を目的とする授業の評価を行った。事前・事後の自身の学習の工夫に関する記述の変化から、授業によって「自己調整」的な記述が増加すること、また、そのような記述を行った学習者が授業を高く評価していることがわかった。さらに、経験との結びつきを記述した学習者が高評価を与えており、「ドキュメンタリービデオを

視聴させて経験を想起させる」,「レポートによって自身の経験と体系的知識との結び付けを促進する」といった授業設計が,自身の学習経験の言語化を促したことが示唆された。

今後は,今回評価した各項目とレポート内容の関係から,学習効果を分析する必要がある。レポートに関しては,自身の経験と授業内容を関連付けて,一貫した観点で受講した学習者と,そのような関連付けができていない学習者がいることが想定され,学習主題と自身の経験の関連付けに関して,個々のレポートの分析を行う必要がある。また,自身の経験を明確に言語化できておらず,授業内容評価が低い学習者が一定数見られた。本学習設計は学習者の経験との結びつきを重視しているため,自身の経験を十分に言語化できない学習者への対応が今後の課題である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 26560127 の助成を受けた。

参 考 文 献

- (1) 日本経済団体連合会:“次代を担う人材育成に向けて求められる教育改革”,一般社団法人 日本経済団体連合会 (2014)
- (2) 中央教育審議会:“新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け,主体的に考える力を育成する大学へ～(答申)”,中央教育審議会 (2012)
- (3) P.グリフィン,他(編),三宅なほみ,他(監訳):“21世紀型スキル:学びと評価の新たなカタチ”,北大路書房 (2014)
- (4) Bruer, J.T.: “Schools for Thought: A Science of Learning in the Classroom”, MIT Press (1993)
- (5) Dunlosky, J. and Metcalfe, J.: “Metacognition”, Sage (2009)
- (6) 三宮真智子(編):“メタ認知”,北大路書房 (2008)
- (7) 市川伸一(編):“発達と学習”,北大路書房 (2010)
- (8) Schunk, D. H. and Zimmerman, B. J.: “Self-Regulated Learning: From Teaching to Self-Reflective Practice”, Guilford Press (1998)
- (9) 伊藤崇達:“自己調整学習の成立過程”,北大路書房 (2009)
- (10) 自己調整学習研究会(編):“自己調整学習—理論と実践の新たな展開へ—”,北大路書房 (2012)
- (11) Bransford, J., Brown, A.L. and Cocking, R.R. (Eds): “How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School”, National Academy Press, Washington DC. (2000)
- (12) Huh, Y. and Reigeluth, C.M.: “Designing instruction for self-regulated learning”, in Reigeluth, C.M., Beatty, B.J. and Myers, R.D. (Eds), “Instructional-Design Theories and Models, Vol. IV: The Learner-Centered Paradigm of Education, Routledge”, New York, NY, pp. 243-267 (2017)
- (13) Pintrich, P.R.: “A conceptual framework for assessing

- motivation and self-regulated learning in college students”, Educational Psychology Review, Vol. 16, No. 4, pp. 385-407 (2004)
- (14) Kitsantas, A., Winsler, A. and Huie, F.: “Self-regulation and ability predictors of academic success during college: a predictive validity study”, Journal of Advanced Academics, Vol. 20, No. 1, pp. 42-68 (2008)
- (15) Dignath, C. and Buttner, G.: “Components of fostering self-regulated learning among students: a meta-analysis on intervention studies at primary and secondary school level”, Metacognition and Learning, Vol. 3, No. 3, pp. 231-264 (2008)
- (16) Richardson, M., Abraham, C. and Bond, R.: “Psychological correlates of university students’ academic performance: a systematic review and meta-analysis”, Psychological Bulletin, Vol. 138, No. 2, pp. 353-387 (2012)
- (17) Broadbent, J. and Poon, W.L.: “Self-regulated learning strategies & academic achievement in online higher education learning environments: a systematic review”, Internet and Higher Education, Vol. 27, pp. 1-13 (2015)
- (18) Broadbent, J.: “Comparing online and blended learner’s self-regulated learning strategies and academic performance”, Internet and Higher Education, Vol. 33, pp. 24-32 (2017)
- (19) Schunk, D.H. and Ertmer, P.A.: “Self-regulation and academic learning: self-efficacy enhancing interventions”, in Boekaerts, M., Pintrich P.R. and Zeidner, M. (Eds), “Handbook of Self-Regulation, Elsevier, Amsterdam”, pp. 631-649 (2000)
- (20) Zimmerman, B.J.: “Becoming a self-regulated learner: an overview”, Theory and Practice, Vol. 41, No. 2, pp. 64-70 (2002)
- (21) Masui, C. and De Corte, E.: “Learning to reflect and to attribute constructively as basic components of self-regulated learning”, British Journal of Educational Psychology, Vol. 75, No. 3, pp. 351-372 (2005)
- (22) Perels, F., Dignath, C. and Schmitz, B.: “Is it possible to improve mathematical achievement by means of self-regulation strategies? Evaluation of an intervention in regular math classes”, European Journal of Psychology of Education, Vol. 24, No. 1, pp. 17-31 (2009)
- (23) De Corte, E., Mason, L., Depaepe, F. and Verschaffel, L.: “Self-regulation of mathematical knowledge and skills”, in Zimmerman, B.J. and Schunk, D.H. (Eds), “Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance”, Routledge, New York, NY, pp. 155-172 (2011)
- (24) Tonks, S.M. and Taboada, A.: “Developing self-regulated readers through instruction for reading engagement”, in Zimmerman, B.J. and Schunk, D.H. (Eds), “Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance”, Routledge, New York, NY, pp. 173-186 (2011)
- (25) Spörer, N. and Schünemann, N.: “Improvements of self-regulation procedures for fifth graders’ reading competence: analyzing effects on reading comprehension, reading strategy performance, and motivation for reading”, Learning and Instruction, Vol. 33, No. 1, pp. 57-71 (2014)
- (26) Harris, K.R., Graham, S., MacArthur, C.A., Reid, R. and Mason, L.H.: “Self-regulated learning processes and children’s writing”, in Zimmerman, B.J. and Schunk, D.H. (Eds), “Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance”, Routledge, New York, NY, pp. 187-202 (2011)
- (27) Brunstein, J.C. and Glaser, C.: “Testing a path-

- analytic mediation model of how self-regulated writing strategies improve fourth graders' composition skills: a randomized controlled trial", *Journal of Educational Psychology*, Vol. 103, No. 4, pp. 922-938 (2011)
- (28) Sinatra, G.M. and Taasobshirazi, G.: "Intentional conceptual change: the self-regulation of science learning", in Zimmerman, B.J. and Schunk, D.H. (Eds), "Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance", Routledge, New York, NY, pp. 203-216.
- (29) DiBenedetto, M.K. and Bembenutty, H.: "Within the pipeline: self-regulated learning, self-efficacy, and socialization among college students in science courses", *Learning and Individual Differences*, Vol. 23, pp. 218-224 (2013)
- (30) Greene, J.A., Bolick, C.M., Jackson, W.P., Caprino, A.M., Oswald, C. and McVea, M.: "Domain specificity of self-regulated learning processing in science and history", *Contemporary Educational Psychology*, Vol. 42, pp. 111-128 (2015)
- (31) Schmitz, B., Klug, J. and Schmidt, M.: "Assessing self-regulated learning using diary measures with university students", in Zimmerman, B.J. and Schunk, D.H. (Eds), "Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance", Routledge, New York, NY, pp. 251-265 (2011)
- (32) Dörrenbächer, L. and Perels, F.: "More is more? Evaluation of interventions to foster self-regulated learning in college", *International Journal of Educational Research*, Vol. 78, pp. 50-65 (2016)
- (33) Klug, J., Ogrin, S., Keller, S., Ihringer, A. and Schmitz, B.: "A plea for self-regulated learning as a process: modelling, measuring and intervening", *Psychological Test and Assessment Modeling*, Vol. 53, No. 1, pp. 51-72 (2011)
- (34) Winne, P.H. and Stockley, D.B.: "Computing technologies as sites for developing self-regulated learning", in Schunk, D.H. and Zimmerman, B.J. (Eds), "Self-Regulated Learning: From Teaching to Self-Reflective Practice", Guilford Press, New York, NY, pp. 106-136 (1998)
- (35) Azevedo, R., Johnson, A., Chauncey, A. and Graesser, A.: "Use of hypermedia to access and convey self-regulated learning", in Zimmerman, B.J. and Schunk, D.H. (Eds), "Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance", Routledge, New York, NY, pp. 102-121 (2011)
- (36) Tabuenca, B., Kalz, M., Drachsler, H. and Specht, M.: "Time will tell: the role of mobile learning analytics in self-regulated learning", *Computers & Education*, Vol. 89, pp. 53-74 (2015)
- (37) Lai, C.L. and Hwang, G.J.: "A self-regulated flipped classroom approach to improving students' learning performance in a mathematics course", *Computers & Education*, Vol. 100, pp. 126-140 (2016)
- (38) Reigeluth, C.M.: "The elaboration theory: guidance for scope and sequence decisions", in Reigeluth, C.M. (Ed.), "Instructional-Design Theories and Models", Vol. II: A New Paradigm of Instructional Theory, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ, pp. 425-453 (1999)
- (39) Huh, Y. and Reigeluth, C.M.: "Designing instruction for self-regulated learning", in Reigeluth, C.M., Beatty, B.J. and Myers, R.D. (Eds), "Instructional-Design Theories and Models, Vol. IV: The Learner-Centered Paradigm of Education", Routledge, New York, NY, pp. 243-267 (2017)
- (40) Kitsantas, A., Winsler, A. and Huie, F.: "Self-regulation and ability predictors of academic success during college: a predictive validity study", *Journal of Advanced Academics*, Vol. 20, No. 1, pp. 42-68 (2008)
- (41) Hofer, B., Yu, S. and Pintrich, P.R.: "Teaching college student to be self-regulated learners", in Schunk, D.H. and Zimmerman, B.J. (Eds), "Self-Regulated Learning: From Teaching to Self-Reflective Practice", Guilford Press, New York, NY, pp. 57-85 (1998)
- (42) Peverly, S.T., Brobst, K.E., Graham, M. and Shaw, R.: "College adults are not good at self-regulation: a study on the relationship of self-regulation, note taking, and test taking", *Journal of Educational Psychology*, Vol. 95, No. 2, pp. 335-346 (2003)
- (43) Pintrich, P.R.: "The role of metacognitive knowledge in learning, teaching and assessing", *Theory into Practice*, Vol. 41, No. 4, pp. 219-225 (2002)
- (44) Zimmerman, B.J., "Developing self-fulfilling cycles of academic regulation: an analysis of exemplary instructional models", in Schunk, D.H. and Zimmerman, B.J. (Eds), "Self-Regulated Learning: From Teaching to Self-Reflective Practice", Guilford Press, New York, NY, (1998)
- (45) 仲林 清: "自己調整学習を主題とするビデオとオンラインレポートを活用した授業の試行と評価", *教育システム情報学会研究報告*, 30(5), pp.33-40 (2016)
- (46) 仲林 清: "自己調整学習を主題とする授業実践における受講者の学習に関する意識変化", *教育システム情報学会研究報告*, 31(6), pp. 167-172 (2017)
- (47) 仲林 清: "自己調整学習に関する内省・概念化を促す授業における学習者の意識変化", *日本教育工学会研究報告集*, JSET17-4, pp. 51-58 (2017)
- (48) Nakabayashi, K.: "Course design investigation and trial on the subject of self-regulated learning using video content and online report submission", *Interactive Technology and Smart Education*, 15(2), pp. 104-118 (2018)
- (49) Kolb, D. A.: "Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development", FT Press (1983)
- (50) 仲林 清: "技術イノベーションを主題とするビデオとオンラインレポートを活用した授業実践", *教育システム情報学会誌*, Vol.30, No.2, pp.172-186 (2013)
- (51) 仲林 清: "組織における問題解決を主題とする ビデオとオンラインレポートを活用した授業実践", *教育システム情報学会誌*, Vol.32, No.2, pp.171-185 (2015)
- (52) 藤澤伸介: "ごまかし勉強", *新曜社*(2002)
- (53) Reeve, J., Ryan, R., Deci, E.D. and Jang, H.: "Understanding and promoting autonomous self-regulation: a self-determination theory perspective", in Schunk, D.H. and Zimmerman, B.J. (Eds), *Motivation and Self-Regulated Learning: Theory, Research and Applications*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ, pp. 223-244 (2008)
- (54) Sierens, E., Vansteenkiste, M., Goossens, L., Soenens, B. and Dochy, F.: "The synergistic relationship of perceived autonomy support and structure in the prediction of self-regulated learning", *British Journal of Educational Psychology*, Vol. 79, No. 1, pp. 57-68 (2009)
- (55) Lindsey, L. and Berger, N.: "Experiential approach to instruction", in Reigeluth, C.M. and Carr-Chellman, A.A. (Eds), *Instructional-Design Theories and Models, Vol. III: Building a Common Knowledge Base*, Routledge, New York, NY, pp. 41-56 (2009)
- (56) NHK: "あしたをつかめーしごとくらしも #033", <http://www.nhk.or.jp/u29design/ashitsuka/033/> (2014)
- (57) NHK: "負けて強くなれ ~名門将棋道場の日々~", <http://tvtopic.goo.ne.jp/kansai/program/nhk/25825/138725/> (2012)