

も く じ

■開催日時：9月27日（土）

■テーマ：遠隔教育／数理・データサイエンス教育と学習支援システム／一般

- 1) AI 人材を指向した人工知能カリキュラムの試案 -----1
○江見圭司(大阪経済法科大学, 羽衣国際大学, 京朋社)
- 2) 高知大学におけるリテラシーレベルの数理・データサイエンス教育導入の取り組み -----3
○三好康夫, 佐々木正人, 石黒克也, 佐々浩司(高知大学)
- 3) 自由度2の χ^2 乗分布に関する新しい教材の作成について -----7
○高木和久(高知工業高等専門学校)
- 4) 初級統計学演習における誘導機能と助言機能をもつ学習支援システムの構築 -----13
○鈴木香名子(静岡大学大学院), 小西達裕(静岡大学)
- 5) 遠隔でのPBL型学習へスキルマップ導入による学習する組織の構築 -----21
○土生隼也, 黒江卓哉, 王澤亜, 閻文帥, 加藤竜成, 舘山寛之,
中鉢欣秀(東京都立産業技術大学院大学)
- 6) ビデオとオンラインレポートを活用した授業のオンデマンド化の評価 -----25
○仲林清(千葉工業大学, 熊本大学)
- 7) ロボット介入によるオンライン栄養指導方法の提案 -----33
○坂口夢羽斗(大阪府立大学), 南野早芸(共和メディカル),
平直幹, 榊田聖子, 真嶋由貴恵(大阪府立大学)
- 8) ウイズコロナ環境で大学生はどのように学んでいるか ―学習支援システム開発へのヒント― -----41
○松田岳士, 近藤伸彦(東京都立大学), 渡辺雄貴(東京理科大学),
重田勝介(北海道大学), 加藤浩(放送大学)
- 9) SNS を活用した遠隔授業 ―異文化理解授業を例として― -----47
○簡珮鈴(神戸学院大学)

10) zoom のブレイクアウトセッション機能を利用した Unity のプログラミング演習の実践 -----	53
○曾我真人(和歌山大学), 佐々木直人, 浅野勇大, 島治季, 清水菜々子,	
竹中裕樹, 増永倫大, 西理沙, 木許滉祐, 中島彬, 森大樹(和歌山大学大学院),	
岡村将生, 河野亜美, 木村華奈絵, 藤井政宗, 西田曉人, 日高隼人(和歌山大学)	
11) ジョブ型雇用における学習履歴のオープンデータ連携に関する米国の動向 -----	61
江見圭司(大阪経済法科大学, 羽衣国際大学), ○田中恵子, 岡本敏雄(京都情報大学院大学)	
12) 相互評価中の特徴的な評価行動の指標に対する連続評価の影響分析 -----	69
○堀越泉(上智大学大学院), 田村恭久(上智大学)	
13) 概念マップ変化としての概念変容観測の試み	
-Error-based simulation を用いた学習における MIF 素朴概念の変容- -----	77
○西岡佳希, 林雄介, 平嶋宗, 下條一駿(広島大学大学院)	
14) 書字に関する熟達者の思考過程・技能の分析 -----	85
浅野香那(千葉工業大学, サンワコムシスエンジニアリング), ○仲林清(千葉工業大学, 熊本大学)	

AI 人材指向の人工知能のカリキュラム試案

江見圭司^{*1*2*3}

^{*1} 大阪経済法科大学 ^{*2} 羽衣国際大学 ^{*3} 京朋社

Curriculum Plan for Artificial Intelligence

Keiji Emi^{*1*2*3}

^{*1} Osaka University of Economics and Law, ^{*2} Hagoromo University of International Studies,
^{*3} Keihousha

AI 人材を指向した人工知能カリキュラムを作ってみた。企業内教育で実践したので、今後は大学でどう実践するのかを提案する。

キーワード: 人工知能,

1. はじめに

AI の動向については、情報処理推進機構が発行している” AI 白書” (1) (2) (3) が大変詳しい。単なる白書にとどまらず、技術解説書になっている。

筆者は AI 教育、とくに一般社団法人日本ディープラーニング協会 G 検定 (4) (5) (6) (7) に即した研修を企業内でおこなった。その際、その際、スタンフォード大学のサイトにある要約 (8) を参考にして、研修を行った。まずは G 検定についてあげておく。以下のような項目からなる。なお” AI 白書” も参照した。

人工知能をめぐる動向

人工知能分野の問題

機械学習の具体的手法

ディープラーニングの概要

ディープラーニングの手法

ディープラーニングの研究分野

上記のスタンフォード大学の TA の方のチートチャートは以下のような科目構成である。

Computer Science コンピュータサイエンス

- ・ CS 221 — Artificial Intelligence/人工知能
- ・ CS 229 — Machine Learning/機械学習
- ・ CS 230 — Deep Learning/深層学習

Computational and Mathematical Engineering/計算工学と数理工学

・ CME 102 — Ordinary Differential Equations for Engineers/常微分方程式

・ CME 106 — Introduction to Probability and Statistics for Engineers/確率と統計

また、G 検定では AI ブームの歴史を以下の様に区分している。

第一次 推論と探索 (1950 年代後半～ 60 年代)

第二次 エキスパートシステム (1980 年代)

第三次 機械学習と深層学習 (2000 年代～)

2. 企業内研修

2.1. 実施の研修

研修の対象者は、現在、画像処理で AI を使ったエンジニア 3 名と AI に関係しないエンジニアの 5 名である。初回の前の 3 時間で線形変換 (一次変換) の解説 (9) を行った。受講者のうち 2 名は高等学校の数学で線形変換 (一次変換) をまなんでいなかったからである。初回の 3 時間でディープラーニングの概要から研修した。そこで線形分離に時間をかけて、解説した。線形分離がわかれば、あとはニューラルネットワークの構造は直ぐに理解できる。二回目の 3 時間で、ディープラーニングの手法として図 1 にあるようなことを個別に解説していった。最後の 3 時間で、人工知能分野の問題と機械学習の具体的手法を解説し

た。人工知能をめぐる動向と人工知能分野の問題は自習とした。

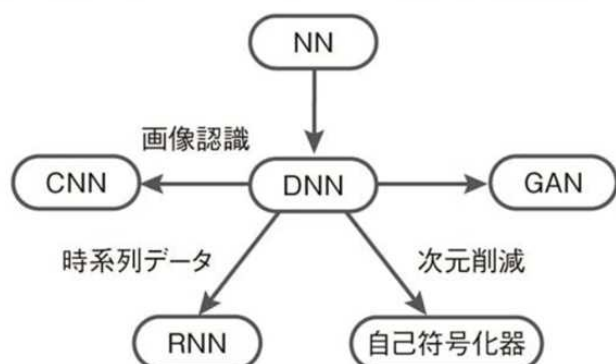


図1 NN（ニューラルネットワーク）から広がり。学習内容も表す。

2.2. 企業内研修の総括

これは、ある程度、実務でプログラミングを行った方を対象にしたので、入力データと出力データの実態の知識はあるが、やっている事がブラックボックスになっているのである。今回の研修でかなり、業務内容の理解が進んだというコメントをいただいた。

3. 大学での人工知能の授業

実務経験のまったくない大学生のカリキュラムを考えると、スタンフォード大学を参考にすると以下の様になる。

スタンフォード大学をまねるとすると、以下の様に、5科目ぐらいを設定することになる。

- ・Artificial Intelligence/これまでの人工知能
- ・Machine Learning/機械学習
- ・Deep Learning/深層学習
- ・線形代数
- ・Statistics for Engineers/確率と統計

昨今では、行列と線形変換は高等学校の学習指導要領からなくなっており、2022年からの新学習指導要領でもこの分野は軽視されているので、事前にしっかりと数学の授業を行う必要がある。「確率と統計」は情報系の大学ではかなり整備されているので、特に述べる必要はない。「これまでの人工知能」という授業では、第一次AIブーム～第三次までをざっとレビューする授業となる。

4. まとめ

当日のプレゼンテーションでは実際の教材を見せながら、人工知能の教育について議論する予定である。

謝辞

有限会社電脳匠工房でAI研修の場を提供してくれたことに謝辞を申し上げる。また、IEC情報教育研究会のオンライン研究会(2020年7月12日実施)において、中村晃氏(金沢工大)、土佐康氏などと有益な議論ができたことに謝辞を申し上げる。

参考文献

- (1) 情報処理推進機構 AI 白書編集委員会 (編): "AI 白書 2017" KADOKAWA (2017)
- (2) 情報処理推進機構 AI 白書編集委員会 (編): "AI 白書 2019" KADOKAWA (2018)
- (3) 情報処理推進機構 AI 白書編集委員会 (編): "AI 白書 2020" KADOKAWA (2020)
- (4) 浅川伸一, 江間有沙, 工藤郁子, 巢籠悠輔, 瀬谷啓介, 松井孝之, 松尾豊, 一般社団法人日本ディープラーニング協会 (監修): "ディープラーニング G 検定(ジェネラリスト) 公式テキスト" 翔泳社 (2018)
- (5) 明松真司, 田原眞一, 杉山将 (監修): "徹底攻略 ディープラーニング G 検定 ジェネラリスト問題集" インプレス (2019)
- (6) クロノス: "スッキリわかるディープラーニング G 検定テキスト&問題演習" TAC 出版 (2020)
- (7) 山下長義, 伊達貴徳, 山本良太, 松本敬裕, 横山慶一, 杉原洋輔, 浅川伸一(監修), 遠藤太郎 (監修): "これ 1 冊で最短合格 ディープラーニング G 検定ジェネラリスト要点整理テキスト&問題集" 秀和システム (2020)
- (8) <https://stanford.edu/~shervine/l/ja/teaching/> (2020年8月24日確認)
- (9) 江見圭司, 江見善一: "線形代数と幾何" 共立出版 (2014)

高知大学におけるリテラシーレベルの 数理・データサイエンス教育導入の取り組み

三好 康夫^{*1}, 佐々木 正人^{*1}, 石黒 克也^{*1}, 佐々 浩司^{*1}

^{*1} 高知大学学術基盤図書館

Efforts to Introduce Mathematics and Data Science Education at the Literacy Level in Kochi University

Yasuo Miyoshi^{*1}, Masato Sasaki^{*1}, Katsuya Ishiguro^{*1}, Koji Sassa^{*1}

^{*1} Library and Information Technology, Kochi University

高知大学では、2020 年度からリテラシーレベルの数理・データサイエンス教育を開始している。具体的には、初年時必修の情報リテラシー科目「情報処理」において、15 コマ中の 2 コマを数理・データサイエンス教育に関する内容に置き換えた。本稿では、本学がどのように数理・データサイエンス教育の導入を進めたかについて、また、導入の際のコロナ禍の影響について報告する。

キーワード: 数理・データサイエンス教育, 情報リテラシー, e-Learning, オンライン授業, コロナ禍

1. はじめに

文部科学省は、Society5.0 や超スマート社会における技術基盤の強化や人材育成を目指し、大学における数理・データサイエンス教育の強化を推進している。数理・データサイエンス教育の全国の大学への普及・展開を進めるため、2016 年に拠点校として 6 大学、2019 年には協力校として 20 大学が文部科学省により選定された⁽¹⁾が、高知大学はそのどちらにも選定されていない。言わば本学は出遅れた状況であり、データサイエンスや AI を教えられる教員も少ないが、本学では 2020 年度からリテラシーレベルの数理・データサイエンス教育を開始した。そこで本稿では、本学がどのように数理・データサイエンス教育の導入を進めたかについて、作成した授業コンテンツの内容と合わせて紹介する。また、導入の際のコロナ禍の影響について報告する。

2. 数理・データサイエンス教育導入の検討

2.1 学内における現状とニーズの把握

数理・データサイエンス教育の導入をどのように進

めるべきかを検討するため、DS 教育検討 WG を設置し、2019 年 12 月末～2020 年 1 月にかけて各学部の学部長にヒアリングを実施した。聞き取りした内容は主に、数理・データサイエンス教育に関して現在学部で取り組んでいることがあるか、今後の方向性への学部からの要望、学部にキーパーソンになる教員がいるか、現状マンパワーでの専任教員によるリテラシー科目としての新規開講が可能か、等である。またこのヒアリングの際、全学共通教育の初年次科目「情報処理」の 15 コマの内 2 コマをデータサイエンス関連の内容に置き換えることで導入を進める方針案を伝えたところ、特に異論等はなかった。この方針案は情報処理の開講や BYOD (Bring Your Own Device) 端末の方針等を検討する教育情報委員会でも提示し合意を得た。

2.2 2020 年度からの導入開始に向けた検討

全学共通教育の必修科目の新規追加が困難であるため、リテラシーレベルの数理・データサイエンス教育の導入方針として、情報処理の 2 コマをデータサイエンス関連の内容に置き換えることにしたが、本学の「情報処理」科目について、まずは簡単に説明しておく。

情報処理は、1 学期に開講される情報リテラシーを扱う 2 単位の必修科目である。本学では 20 年以上前から全学的に BYOD を取り入れており、情報処理の授業は学生個人の PC を用いて行われている。履修者数は 1 クラス原則 40 人程度とし、1 クラスには TA・SA 2 名が付くが、担当教員は各学部から出し合っており、情報科学や情報工学を専門としているとは限らない。

授業内容については担当教員に一任している。その際、教育情報委員会がモデルシラバス（表 1）を作成し、選定した必携教科書 2 冊⁽²⁾⁽³⁾とともに担当教員に提示し、特に扱ってほしい項目を伝えている。

表 1 情報処理の各回の授業計画
(2020 年度当初のモデルシラバスより抜粋)

回	内容
第1回 (共通)	1. 情報セキュリティと対策実施 2. Office365サービスについて 3. 学内情報システムと認証について
第2回 (共通)	1. パソコン基本操作 2. インターネットの利用 3. ノートPCの基本情報の確認 4. 大学メールの設定 , Webメール (PC Outlook), スマホOutlook
第3回 (共通)	1. 電子メールの設定と利用 2. 電子メール利用上の注意事項
第4回	文書作成
第5回	情報の調べ方, レポートのまとめ方
第6回	(情報の概念, 情報化社会等)
第7回	(コンピュータの原理とソフトウェア等)
第8回	(インターネットの仕組み等)
第9回	データサイエンス入門
第10回	データサイエンスの活用
第11回	情報モラルとセキュリティ, 個人情報の管理, 著作権, ネット犯罪
第12回	表作成
第13回	表計算 (データ処理等)
第14回	(プレゼンテーション, ホームページの作成, グループワーク等)
第15回	(情報利活用能力自己診断テスト 等)

このような状況であることから、数理・データサイエンス教育に関する内容を情報処理の授業内で扱うには、担当教員への負担が懸念された。また、情報処理の授業では扱うべき内容が多く、置き換えできるのは 2 コマが限度と考えた。そこで、講義スライド、25 分程度の講義動画コンテンツ、400 字程度を記述させる課題をそれぞれ 4 つずつ用意し、担当教員に提供することにした。担当教員は、データサイエンスに関する内容の授業を 2 コマ分実施する際に、授業の中でこれらの授業コンテンツを自由に利用することができる。これにより専門分野が異なる担当教員であっても、例えば、1 回の授業の中で 2 つの動画を上映して課題を課すだけで、1 コマ分のノルマを果たすことができる。

3. 作成した授業コンテンツ

前章で述べた通り、4 つの授業コンテンツを用意することになったが、文系理系問わず全学部を対象とするため、数理・データサイエンスの「数理」についてはあまり触れず、「データサイエンス」の基礎を中心に扱うことにした。各学部の学部長とのヒアリングの際に、倫理面に関する教育を重視してほしいとの意見があったことも踏まえ、テーマを次の 4 つに分けて授業コンテンツを作成することにした。

- ① データサイエンスとは
- ② AI とは
- ③ ビッグデータとは、データ収集について
- ④ データサイエンスにおける倫理について

独自に作成するのではなく、公開されている授業コンテンツを利用することも検討したが、数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアムの協力校である愛媛大学が主催する四国国立大学データサイエンス部会等にて得られる情報からも、リテラシーレベル(の中でも入門レベルに相当する)の内容を 4 つの 25 分程度の講義動画で網羅したものは、授業コンテンツを作成した時点では見つけれなかった。数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアムのウェブサイト⁽⁴⁾には、リテラシーレベルモデルカリキュラム対応教材の数が増えてきているので、今後はこれらを活用することも検討したいと考えている。

本章の以降においては、作成した 4 つの授業コンテ

ンツの内容を簡単に紹介する。

テーマ①「データサイエンスとは」の授業コンテンツの作成は佐々木が担当した。表題は「データサイエンスが支える超スマート時代(Society 5.0)に向けて」で、講義動画の長さは約 19 分である。以下に、講義スライドの各ページのタイトルを示しておく。

- (1) データサイエンスが注目される背景
- (2) 情報通信端末の世帯保有率の推移
- (3) 個人のインターネット利用率、端末の種類
- (4) インターネット利用の目的・用途（年齢階層別）
- (5) データサイエンスが注目される背景
- (6) ビッグデータの活用
- (7) 身近なサービスから（ビッグデータを活用した例）
- (8) 新型コロナウイルス感染拡大防止にも
- (9) データサイエンスとは
- (10) データサイエンスの要素技術
- (11) データサイエンスで用いられる手法
- (12) データサイエンスが使われる分野
- (13) Society 5.0 とは？
- (14) 交通の事例から
- (15) 最後に

テーマ②の「AI とは」の授業コンテンツの作成は三好が担当した。表題は「データ駆動型社会に踊らされないための AI 理解」で、講義動画の長さは約 37 分になった。講義スライドの各ページのタイトルは以下の通りである。

- (1) データ駆動型社会
- (2) AI に仕事が奪われる？
- (3) AI ... 人工知能
- (4) 近年 AI が世間を驚かせた出来事
- (5) AI の歴史
- (6) 推論・探索
- (7) エキスパートシステム
- (8) 機械学習・ディープラーニング
- (9) 機械学習のイメージ（教師あり学習）
- (10) 機械学習は学習させないと賢くない
- (11) AI を試してみたいなら
- (12) AI ができること
- (13) AI は万能ではない
- (14) 自動運転のレベル分け
- (15) AI システムの性能の評価指標

(16) 性能評価テスト

(17) 正解率 (Accuracy)

(18) 再現率 (Recall)

(19) 適合率／精度 (Precision)

(20) 再現率と適合率のどちらを重視すべきか？

参考までに、この授業コンテンツの講義動画の再生画面例を図 1 に示す。このように、今回作成した 4 つの講義動画は、基本的には講義スライドに音声を付けた形式で作成されている。



図 1 講義動画再生画面の例

テーマ③「ビッグデータとは、データ収集について」の授業コンテンツの作成は佐々が担当した。表題は「IoT とデータ収集」で、講義動画の長さは約 45 分である。講義スライドの各ページのタイトルは以下の通りである。

- (1) IoT (Internet of things)
- (2) IoT の実例 1
- (3) IoT の実例 2
- (4) データとは？
- (5) 構造化データ
- (6) 非構造化データ
- (7) 時系列データ
- (8) 基本的な統計量 1
- (9) 基本的な統計量 2
- (10) 散布図と相関
- (11) データ取り扱いの注意点
- (12) ビッグデータ
- (13) ウェブサイトデータ
- (14) ソーシャルメディアデータ

(15) センサーデータ

(16) 課題

テーマ④「データサイエンスにおける倫理について」の授業コンテンツの作成は石黒が担当した。表題は「データ駆動型社会における倫理」で、講義動画の長さは約 23 分である。講義スライドの各ページのタイトルを以下に示す。

(1) データ駆動型社会における倫理

(2) AI の例

(3) AI に関わる人々

(4) AI 開発者・サービス提供者の注意点

(5) 悪意あるものによる開発・利用

(6) 課題解決に向けて

(7) 研究者倫理，提供者・利用者倫理

(8) サービス提供者の注意点

(9) 個人情報のデータ収集・データ利用例

(10) リクナビ問題（2019 年）

(11) サービス利用者の注意点

(12) AI 利用者に対する声明など

(13) 法律面での問題

(14) データ駆動型社会における倫理

(15) 理解や対策なしに機械化・AI 化が進む先は？

(16) 課題

4. 授業実施時のコロナ禍の影響

当初の予定では、表 1 の 2020 年度モデルシラバスに示すように、9・10 回目あたりに、各クラスで担当教員に自由に 4 つの授業コンテンツを利用した授業を実施してもらうことになっていた。しかし、コロナ禍の影響で全ての授業が対面ではなくオンラインで実施することになったため、全クラス共通で、急遽 4・5 回目にオンデマンド型のオンライン授業として 4 つのコンテンツを使った授業を実施した。1～3 回目は当初から、佐々木と石黒が担当で、全クラス共通の授業を実施する予定であったため、その続きとして 4・5 回目も全クラス共通の授業となった。これにより、各クラスを担当する教員は、6 回目以降の授業を実施するだけで済むことになり、オンライン授業に向けた準備期間もある程度確保することができた。

本学の Moodle には秒単位で学生の動画視聴履歴を

記録できる動画ストリーミング配信プラグイン^⑤を導入しているため、動画の公開にはこの機能を利用し、動画の閲覧と課題提出を以て出席とみなすこととした。

5. おわりに

本稿執筆時は情報処理の授業期間が終了したばかりで、各クラスの担当教員らの意見等はまだ収集できていない。例年 9 月末頃に授業担当者意見交換会が開催されており、今年度も開催を予定している。今後は、意見交換会等に出された意見をもとに、作成した授業コンテンツの見直し等を検討したい。また、より高度で専門的な数理・データサイエンス教育の実施へ向けた検討も行いたい。

参 考 文 献

- (1) 文部科学省：“「大学における数理・データサイエンス教育の全国展開」協力校の選定について”，
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/koutou/095/gaiyou/1412367.htm (2020 年 8 月 24 日確認)
- (2) 奥村晴彦，森本尚之：“[改訂第 3 版 ver.2] 基礎からわかる情報リテラシー”，技術評論社，東京（2017）
- (3) 富士通エフ・オー・エム株式会社：“<改訂 3 版> 情報モラル&情報セキュリティ”，FOM 出版，東京（2020）
- (4) 数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアム：“リテラシーレベルモデルカリキュラム対応教材”，
<http://www.mi.u-tokyo.ac.jp/consortium/e-learning.html> (2020 年 8 月 24 日確認)
- (5) こだまりサーチ株式会社：“Streaming Player with AES encryption”，
<https://www.kodamari.com/product/streamingplayeraes.html> (2020 年 8 月 24 日確認)

自由度 2 の χ^2 分布に関する新しい教材の作成について

高木和久
高知工業高等専門学校

New Approaches in Teaching χ -square Tests

National Institute of Technology, Kochi College

χ -square distributions are one of the most important distributions in data science. χ -square tests are used not only in data science but also in other academic areas. But χ -square distributions are very difficult to understand. The author suggested some new approaches in teaching χ -square distribution of degree two to high school and college students.

キーワード: χ^2 分布, 自由度, 信頼区間, 大数の法則

1. はじめに

χ^2 分布はデータサイエンスの分野で最も重要な分布の 1 つである. この分布は適合性や独立性の検定に使用されるため, 統計にあまり詳しくない人向けの啓蒙書も多数出版されている.

独立性の検定ではクロス集計表が用いられる. 具体例で見てみよう. ある大学には 3 つの食堂があるとする. ある日の昼食時間帯の利用者数を調査したところ, 表 1 のようになった.

表 1. 3 つの食堂の利用者数

	A	B	C	計
女	30	19	19	68
男	36	47	41	124
計	66	66	60	192

食堂 A と食堂 B の利用者数は同じであるが, 食堂 A は女性の利用者が多いように思われる. このことを χ^2 検定を用いて確かめてみよう. 男女の間で食堂の利用状況に差が無い, という帰無仮説を立てる. この場合の自由度は 2 である.

有意水準が 5% のとき, 棄却域は $5.99 < T$ である.

この表の数値で検定統計量を計算すると $T = 4.54$ であり, 帰無仮説は棄却されない.

2. 自由度が 2 の χ^2 分布について

n 個の確率変数 $X_1, X_2, \dots, X_n$ が互いに独立で, いずれも標準正規分布に従うとき, 確率変数

$$X = X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2$$

の従う分布を自由度 n の χ^2 分布という.

自由度 n の χ^2 分布の確率密度関数を $f(x)$ とすると

$$f(x) = \begin{cases} \frac{x^{\frac{n}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}}}{2^{\frac{n}{2}} \Gamma(\frac{n}{2})} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

である. ここで $\Gamma(x)$ は Γ 関数

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} t^{x-1} e^{-t} dt$$

を表す. 高等学校の数学 (数学 III など) を全て履修している学生であっても, χ^2 分布の定義を理解することは困難である.

しかし, 自由度 n の値が 2 の場合は確率密度関数は

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{2} e^{-\frac{x}{2}} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

であり, 高校生でも十分理解することができる.

図 1 に $f(x)$ のグラフを示す.

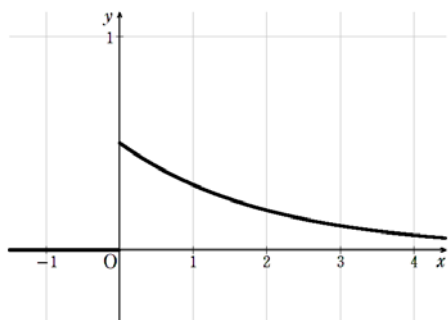


図 1. 自由度 2 の χ^2 分布の確率密度関数

累積分布関数を求めると

$$\int_{-\infty}^x \frac{1}{2} e^{-\frac{t}{2}} dt = \int_0^x \frac{1}{2} e^{-\frac{t}{2}} dt = \left[-e^{-\frac{t}{2}} \right]_0^x = 1 - e^{-\frac{x}{2}}$$

となる. χ^2 検定では実数 p に対し, $p \leq x$ となる確率が重要であるが, 自由度が 2 の場合はこの値は

$$1 - (1 - e^{-\frac{p}{2}}) = e^{-\frac{p}{2}}$$

となる. 例えば 95% の信頼度で右側検定を行う場合の棄却域を求めるには

$$e^{-\frac{p}{2}} = 0.05 = \frac{1}{20}$$

とにおいて p の値を計算すればよい. この計算は高校生でも容易に実行できて, 結果は $p = 2 \log 20 = 5.9915$ となる.

ところで, $e^{-\frac{x}{2}}$ という関数は崩壊定数 $\frac{1}{2}$ の減衰関数である. つまり, 整数 k に対して,

$$e^{-\frac{p+2k \log 2}{2}} = e^{-\frac{p}{2}} e^{-k \log 2} = \left(\frac{1}{2}\right)^k e^{-\frac{p}{2}}$$

が成り立つ. 95% の信頼度で右側検定を行う場合の棄却域は $5.9915 < T$ であった. 信頼度 90% の棄却域の場合は面積が 2 倍になるので $k = -1$ とおく.

$$2 \log 20 - 2 \log 2 = 2 \log 10 = 4.6052$$

より, 棄却域は $4.6052 < T$ である.

一般に, 検定について講義する際には手順だけの説明にとどまり, 中身はブラックボックスになっていることが多い. 仮説が棄却されるかどうかを判断する際に使われる数値を手計算で学生に求めさせることは, 検定に対する理解を深める効果があると期待される.

3. 教材の実例

3.1 2 × 3 クロス集計表

第 1 章で扱ったクロス集計表について更に詳しくみてゆく. 表 1 の数値を百分率で与えた表 2 を学生に示して 男女の間で食堂の利用状況に差があるかどうかを問う.

表 2. 3 つの食堂の利用者の割合 (%)

	A	B	C	計
女	15.63	9.90	9.90	35.42
男	18.75	24.48	21.35	64.58
計	34.38	34.38	31.25	100

学生は何も疑わずに 15.63 などの数値を用いて T を計算して $T = 2.37$ を得て, 仮説を棄却しないという結論を得る. しかし, 実際には百分率だけの表からは検定統計量 T を計算することはできない.

表 3 は表 1 の数値を全て 2 倍したものである.

表 3. 数値を 2 倍にした表

	A	B	C	計
女	60	38	38	136
男	72	94	82	248
計	132	132	120	384

この表を元に検定統計量 T を計算すると $T = 9.09$ となり, 仮説は棄却される. 百分率だけを与えた表 2 から, 矛盾する 2 つの結果が得られたことになる.

検定統計量 T の定義を元にこの理由を調べる.

各セルの実現値を x_i , 期待度数を a_i とすると, T は

$$T = \sum_{i=1}^6 \frac{(x_i - a_i)^2}{a_i}$$

と表される. 全ての i について実現値が k 倍になると期待度数も k 倍になるため, T の値も k 倍となる. χ^2 検定を行う場合には総数の情報が不可欠であることがわかる.

学生にエクセルの表を提供し, データを入力させて T の値がどのように変わるかを調べさせることは, χ^2 検定に対する理解を深める効果があると期待される.

3.2 2教科の偏差値について

試験の得点は正規分布に従うと言われている. X と Y を別々の試験の得点を元に計算した偏差値とする. X と Y は独立である.このとき $\frac{X-50}{10}$ と $\frac{Y-50}{10}$ は標準正規分布に従い,独立であるから,和

$$\left(\frac{X-50}{10}\right)^2 + \left(\frac{Y-50}{10}\right)^2 = \frac{(X-50)^2 + (Y-50)^2}{100}$$

は自由度2の χ^2 分布に従う.そして

$$\frac{(X-50)^2 + (Y-50)^2}{100} = 5.991$$

は XY 平面上の円を表し,この円の内部にデータの95%が存在している.

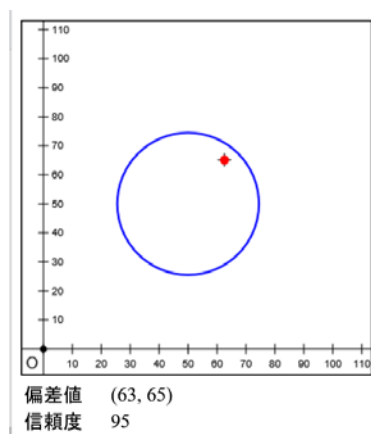


図2. 2教科の偏差値と95%信頼円

図2はデータがこの円(95%信頼円)の中にあるかどうかを確認することのできるアプリの一画面で,点をドラッグするとその座標(偏差値の対)がリアルタイムで変化する.

3.3 サイコロを投げる

公平なサイコロを n 回投げ,1の目か2の目の出た回数の合計を X とする. X は二項分布 $\text{Bi}(n, \frac{1}{3})$ に従う.

このサイコロを再び n 回投げ,偶数の目の出た回数を Y とする. Y は二項分布 $\text{Bi}(n, \frac{1}{2})$ に従う. n の値が大きいとき,二項分布 $\text{Bi}(n, \frac{1}{3})$ は正規分布 $N(\frac{n}{3}, \frac{2}{9}n)$ で近似でき,二項分布 $\text{Bi}(n, \frac{1}{2})$ は正規分布 $N(\frac{n}{2}, \frac{n}{4})$ で近似できる.

$$T = \frac{\left(X - \frac{n}{3}\right)^2}{\frac{2}{9}n} + \frac{\left(Y - \frac{n}{2}\right)^2}{\frac{n}{4}}$$

とおくと, T は自由度2の χ^2 分布に従う.

信頼だ円の方程式は, $T = 2(\log 20 + k \log 2)$ とおいて

$$\frac{\left(X - \frac{n}{3}\right)^2}{\frac{2}{9}n} + \frac{\left(Y - \frac{n}{2}\right)^2}{\frac{n}{4}} = \frac{n}{18}(\log 20 + k \log 2)$$

となる.図3に $n = 50$ のときの95%信頼だ円と直線 $Y = X$ を示す.

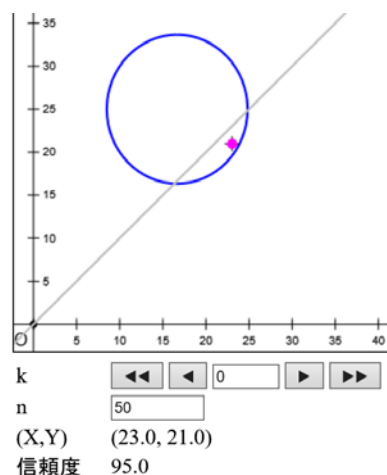


図3. 95%信頼だ円と直線 $Y = X$

実際にサイコロを投げたとき,その結果は偶然に左右される.この例の場合は $Y > X$ であることが期待されるが, $n = 50$ のときには95%信頼だ円の内部に点(23,21)が入っている.つまり, $X \geq Y$ であるような実験結果も十分起こりうるということである.

3.4 じゃんけんをする

ある人が n 回じゃんけんをしたときに,勝った回数を X ,負けた回数を Y ,引き分けた回数を Z とする.

$X + Y + Z = n$ であり, (X, Y) は三項分布に従う.統計量 T を

$$T = \frac{3}{n} \left\{ \left(X - \frac{n}{3}\right)^2 + \left(Y - \frac{n}{3}\right)^2 + \left(Z - \frac{n}{3}\right)^2 \right\} \\ = \frac{3}{n} \left\{ \left(X - \frac{n}{3}\right)^2 + \left(Y - \frac{n}{3}\right)^2 + \left(X + Y - \frac{2}{3}n\right)^2 \right\}$$

とおくと T は自由度2の χ^2 分布に従う.

信頼だ円の方程式は

$$\left(X - \frac{n}{3}\right)^2 + \left(Y - \frac{n}{3}\right)^2 + \left(X + Y - \frac{2}{3}n\right)^2 = \frac{2}{3}n(\log 20 + k \log 2)$$

である.

3.5 男女6名から2名選ぶ

男子4名、女子2名から2名をランダムに選ぶ独立試行を n 回繰り返す。男子が2名選ばれた回数を X 、男女が1名ずつ選ばれた回数を Y 、女子が2名選ばれた回数を Z とする。

$X + Y + Z = n$ であり、 (X, Y) は三項分布に従う。統計量 T を

$$T = \frac{\left(X - \frac{6}{15}n\right)^2}{\frac{6}{15}n} + \frac{\left(Y - \frac{8}{15}n\right)^2}{\frac{8}{15}n} + \frac{\left(Z - \frac{1}{15}n\right)^2}{\frac{1}{15}n}$$

$$= \frac{5}{8n} \left\{ 4\left(X - \frac{2}{5}n\right)^2 + 3\left(Y - \frac{8}{15}n\right)^2 + 24\left(X + Y - \frac{14}{15}n\right)^2 \right\}$$

とおくと T は自由度2の χ^2 分布に従う。

信頼だ円の方程式は

$$4\left(X - \frac{2}{5}n\right)^2 + 3\left(Y - \frac{8}{15}n\right)^2 + 24\left(X + Y - \frac{14}{15}n\right)^2$$

$$= \frac{16}{5}n(\log 20 + k \log 2)$$

である。

4. 大数の法則の実証実験の検証

大数の法則の実証実験として、生徒にサイコロや硬貨を振らせる授業は以前から行われてきた。しかしこれらの授業において、なかなか期待する結果が得られないことが知られている⁽¹⁾。

新しい学習指導要領では確率、統計分野の重要性が強調されており、大数の法則の実証実験を行う学校が今後増えてくることが予想される。その際に何回ぐらい生徒にサイコロを振らせれば十分なのか、その目安について数学的に考察する。

ここでは、2020年2月8日に世田谷区立用賀中学校で行われた公開授業の実践例⁽²⁾を元に考察を進める。この公開授業では中学2年生のあるクラスに対し、統計的確率と数学的確率を関連づけるため、生徒に実際に硬貨を投げさせた。

2枚の硬貨を投げたときの結果を、両方とも表、表と裏、両方とも裏の3通りに分類し、どの場合が最も起こりやすいかを事前に予想させた上で2人1組に

分かれて実際に硬貨を投げて確かめさせた。事前の予想では3つの場合は全て等確率であるという意見が大勢であった。

2枚の硬貨を1回投げた実験ではそれぞれの結果の数がほぼ同数であった。10回投げさせても違いが明確にならず、5分間で可能な限り硬貨を投げさせた。

結果は、表と裏が出る場合の数がどの組でも最も多くなったが、比が1:2:1になるということがはっきりとはわかる所まではゆかなかった。

実験結果は偶然に左右され、事前に結果を知るのはもちろん不可能であったが、比が1:2:1になるということがはっきりとはわかる所まではゆかないことを事前に予測することはできた。

以下、この点について検証する。公平な硬貨2枚を n 回投げるとき、2枚とも表が出た回数を X 、表と裏が1枚ずつであった回数を Y 、2枚とも裏が出た回数を Z とする。 $X + Y + Z = n$ であり、 (X, Y) は三項分布に従う。統計量 T を

$$T = \frac{\left(X - \frac{n}{4}\right)^2}{\frac{n}{4}} + \frac{\left(Y - \frac{n}{2}\right)^2}{\frac{n}{2}} + \frac{\left(Z - \frac{n}{4}\right)^2}{\frac{n}{4}}$$

$$= \frac{2}{n} \left\{ 2\left(X - \frac{n}{4}\right)^2 + \left(Y - \frac{n}{2}\right)^2 + 2\left(X + Y - \frac{3}{4}n\right)^2 \right\}$$

とおくと T は自由度2の χ^2 分布に従う。

信頼だ円の方程式は

$$2\left(X - \frac{n}{4}\right)^2 + \left(Y - \frac{n}{2}\right)^2 + 2\left(X + Y - \frac{3}{4}n\right)^2 = n(\log 20 + k \log 2)$$

である。 $n = 10$ 、 $k = 0$ (信頼度95%)の場合の信頼だ円を図4に示す。

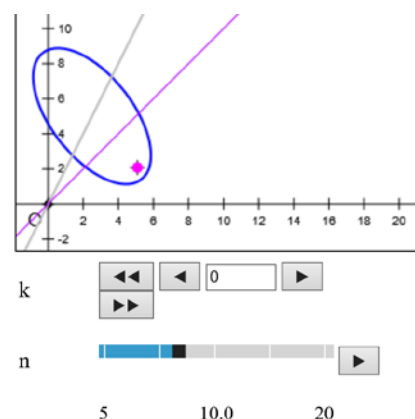


図4. $n = 10$ のときの95%信頼だ円

図4の2本の直線は $Y = X$ と $Y = 2X$ であり、だ円の中心は直線 $Y = 2X$ 上にある。だ円内に表示されている点の座標は(5,2)である。このことは、試行回数が10回するとき、2枚とも表が出た回数が5回、表と裏が1枚ずつ出た回数が2回という極端な結果も十分起こりうることを示している。

さて、95%信頼だ円の方程式は

$$2\left(X - \frac{n}{4}\right)^2 + \left(Y - \frac{n}{2}\right)^2 + 2\left(X + Y - \frac{3}{4}n\right)^2 = n \log 20$$

である。左辺を標準形に直すと

$$\frac{7 - \sqrt{17}}{2}\left(x - \frac{n}{4}\right)^2 + \frac{7 + \sqrt{17}}{2}\left(y - \frac{n}{2}\right)^2 = n \log 20$$

この式からだ円の外接円の方程式を求めると

$$\left(x - \frac{n}{4}\right)^2 + \left(y - \frac{n}{2}\right)^2 = \frac{2}{7 - \sqrt{17}} n \log 20 = 2.08n$$

となる。点 $\left(\frac{n}{4}, \frac{n}{2}\right)$ と直線 $Y = X$ の距離は

$$\frac{\left|\frac{n}{2} - \frac{n}{4}\right|}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{\sqrt{2}n}{8}$$

である。外接円が直線 $Y = X$ の上側にあるためには

$$2.08n < \left(\frac{\sqrt{2}n}{8}\right)^2 = \frac{n^2}{32}$$

が成り立つ事が必要である。この式より $66.56 < n$ を得る。 $n = 100$ のときの95%信頼だ円と直線 $Y = X$ を図5に示す。

n の値を増やしてゆくと、だ円は必ず直線 $Y = X$ と交わらなくなる。このことは大数の法則のひとつの可視化になっている。

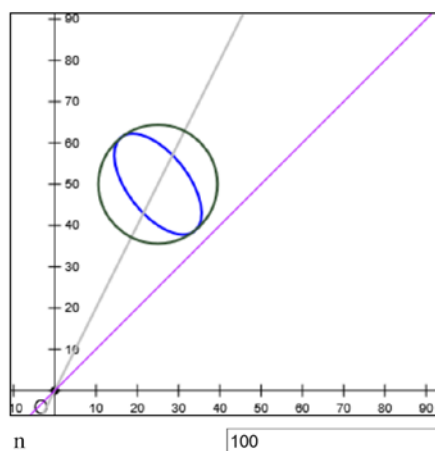


図5. $n = 100$ のときの95%信頼だ円とその外接円

公開授業における生徒の事前の予想では3つの場合は全て等確率であるというものであった。これを帰無

仮説として χ^2 検定を行う。この場合の検定量 T は

$$T = \frac{3}{n} \left\{ \left(X - \frac{n}{3}\right)^2 + \left(Y - \frac{n}{3}\right)^2 + \left(X + Y - \frac{2}{3}n\right)^2 \right\}$$

である。 $T = 2(\log 20 + k \log 2)$ とおくと信頼だ円の方程式

$$\begin{aligned} &\left(X - \frac{n}{3}\right)^2 + \left(Y - \frac{n}{3}\right)^2 + \left(X + Y - \frac{2}{3}n\right)^2 \\ &= \frac{2}{3}n(\log 20 + k \log 2) \end{aligned}$$

が得られる。

$n = 150$, $k = 0$ (信頼度 95%)の場合の信頼だ円を図6に示す。だ円の中心は直線 $Y = X$ 上にある。

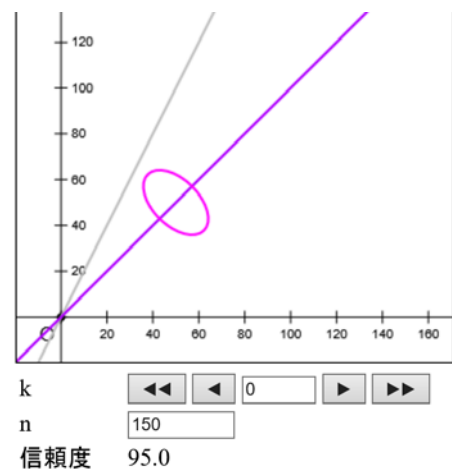


図6. 95%信頼だ円と直線 $Y = X$

図6に信頼だ円

$$2\left(X - \frac{n}{4}\right)^2 + \left(Y - \frac{n}{2}\right)^2 + 2\left(X + Y - \frac{3}{4}n\right)^2$$

$$= 150(\log 20 + k \log 2)$$

を描き加えたものを図7に示す。

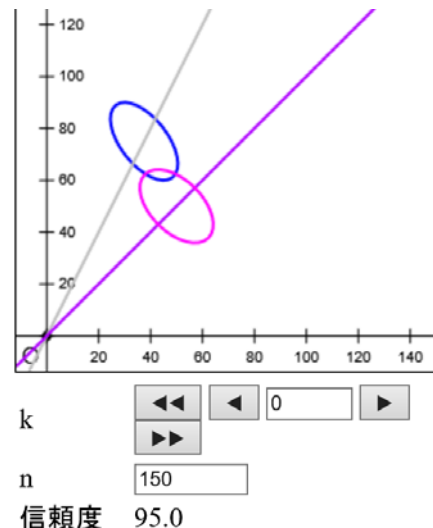


図7. 2つの95%信頼だ円

2つの信頼だ円は交わっており、実験結果によっては帰無仮説を棄却できない場合が起こりうるということがわかる。試行回数を増やして、例えば $n = 250$ としたときの2つの信頼だ円を図8に示す。

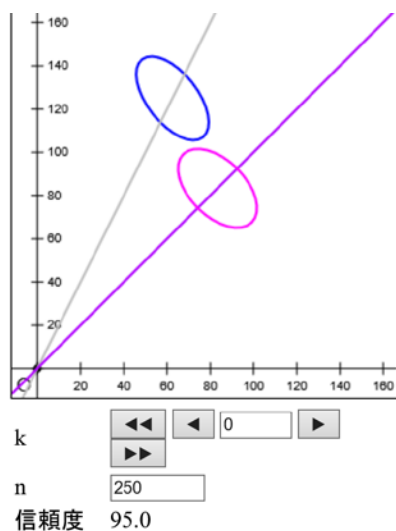


図8. 交わらない2つの95%信頼だ円

試行回数 n が大きくなると2つの信頼だ円は交わらなくなる。そして実験結果をもとに χ^2 検定を行うと、3つの場合が等確率で起きるといふ帰無仮説が棄却されるようになる。

同様に、 m を2でない任意の実数として、表と裏が1枚ずつ出る確率が2枚とも表の出る確率の m 倍であるという帰無仮説を立てたとき、 n を大きくするとこの帰無仮説は必ず棄却されるようになる。このことは大数の法則のひとつの表現になっている。

5. おわりに

χ^2 検定は数学の専門家だけではなく、例えば医療従事者が行うこともある。しかし χ^2 分布はその定義が難しく、統計の専門家でない人は、ややもすると検定の手順を覚えるだけになりがちである。

学習指導要領が変わり、統計の内容が小中高に数多く含まれるようになった。高等学校の数学 B では統計的な推測について取り扱う。 χ^2 分布を高校生に教えることは大変難しいが、自由度が2の χ^2 分布については工夫をすれば高校生でもその仕組みを理解することができる。今後、日本人の確率・統計に関する知識や認識がどんどん向上してゆくことを期待したい。

参 考 文 献

(1) 岡崎知之, 大数 (ダイス) の法則, 第86回数学教育実践研究会

http://izumi-math.jp/T_0kazaki/86_okazaki.pdf

(2020. 8. 25 最終確認)

(2) 第5回授業づくり研究会報告, 日本数学教育学会誌第102巻第5号, pp. 43-50

(3) 日本学術会議, 『提言』: 新学習指導要領下での算数・数学教育の円滑な実施に向けた緊急提言: 統計教育の実効性の向上に焦点を当てて (2020. 8. 4)

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-t293-2.pdf> (2020. 8. 25 最終確認)

初級統計学習における誘導機能と助言機能を持つ 学習支援システムの構築

鈴木香名子^{*1}, 小西達裕^{*2}

^{*1} 静岡大学大学院総合科学技術研究科, ^{*2} 静岡大学情報学部

Construction of learning support system with guidance function and advisory function in elementary statistics exercises

Kanako SUZUKI^{*1}, Tatsuhiro KONISHI^{*2}

^{*1} Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University,,

^{*2} Faculty of Informatics, Shizuoka University

Recently, statistics are a necessary education for various people as well as experts. In the field of education on statistics, it is required to present that improve learners' motivation and promote deep understanding. We thought that problems using statistical concepts on the real world can satisfy such a condition. In general, we assumed that some learners would get stuck at the problem solving stage. We have developed a learning support system equipped with a guidance function and that facilitates data organization and advisory function that gives advice according to the type of wrong answer. In addition, we conducted an evaluation experiment to evaluate the usefulness of the system. The result showed that the guidance function and advisory function of this system are effective for improving the task achievement rate for the learner to proceed with learning, and that the learner feels that the acquired knowledge is useful.

キーワード: 統計学, 学習支援システム, 演習支援, 行き詰まり解消

1. はじめに

現代において統計学は, 専門家以外にも必須の学問である. しかし教育現場において, 学習者の統計学に対する意欲の向上や深い理解を促すような学習方法は確立されていない. 本研究では, 現実の対象に関するデータを統計学を用いて分析することにより, その対象の性質を見出す演習課題が学習者の意欲の向上や深い理解を促すと考えた (例: 2015年のプロ野球12球団のチーム成績から勝率が高いチームの特徴を調べ, 1950年のデータと比較してみよう!). 我々はこのような演習において, 教師の役割の一部を代行する学習支援システムを開発した. このとき課題解決の手順がわからない学習者や, 誤答の際に考え直す方針が立たない学習者が一定数いると想定され, 彼らには個別に

誘導や助言をする必要がある. しかしそれは, 授業時間の不足や教師一人当たりの学習者数が多いという問題から容易ではない. 本研究では, 教師が果たすべき役割を上述の誘導や助言を行うことであると考え, 教師の役割のうち行き詰まりの解消を目的として次の2つの機能を持った学習支援システムを開発した.

- (1) 課題完遂に向けた行動の誘導
- (2) 回答の評価と間違い方に応じた助言

このシステムについて簡単な評価実験を行った結果, システムの有用性が示唆された.

2. 関連研究

学習者が統計の能力を伸ばすための方法について様々な議論が行われている. その中でも能動的な学習

戦略を組み込むことは生徒の統計的推論能力を発達させる1つの方法であるとされている。能動的な学習戦略とは学生が実際に研究の設計やデータの収集、結果の分析といった活動を行うことである（Gary Smith, 1998）。ここで扱う問題は数理的側面が強い問題ではなく現実世界で起こり得る問題である。同様に、計算過程だけでなくデータの収集や分析などの過程を重要視した学習をすることが重要であるとする主張もある（Wild&Pfannkuch, 1999）。ここでは統計的な問題解決を行うプロセスの基本的な考えとしてPPDACサイクルを取り上げている。PPDACサイクルとは問題解決のためのフレームワークの一種であり問題解決における各プロセスをProblem, Plan, Data, Analysis, Conclusionに分けた考え方である。我々はPPDACサイクルの一部を取り入れた学習支援システムを構築した。取り入れた箇所はDataに該当するデータの分析、Analysis, Conclusionの分析結果の解釈である。PPDACサイクルの一部のみを取り入れたのは問題を短期間で行うためである。

我々が開発する以外の学習システムとしてはWebベースでの統計学習支援サポート（Norhayati Baharun, 2012）とエキスパートシステムによる学習支援システム（L. Grabowski Barbara, 1996）がある。前者のシステムは前述したような現実世界で起こり得る問題を統計概念を使って解くシステムではなく数理的な問題の解決のサポートがメインになっている。後者のシステムは現実世界で起こり得る問題を扱っているが学習者にデータの整理を促す誘導や学習者の誤り方に応じた助言機能を重視していない点が我々のシステムとは異なる。

3. 提案手法

3.1 扱う課題の議論

本学習支援システムが扱う課題は現実の対象に関するデータから統計概念を使ってその対象の性質を見出す課題である。学習者は、出題された課題について統計解析ツール（本研究ではエクセル統計（株式会社社会情報サービス））を用いてデータの整理を行いながら解いていく。

1章で述べたように本システムは意欲の向上や深い理解を促す問題を出題する。ここで深い理解について定義する。我々は深い理解とは統計概念を単なる数式として理解するのではなく現実世界でどのように活用できるのかを理解することであると考えている。課題の出し方によっては統計概念の数理的側面のみを意識させて実際の社会生活の中でどのように活用されるか見えにくくなりがちである。よって出題する課題は統計概念を使って解決できる日常レベルの課題とする。このような課題を出題したうえでどのような統計概念を使えば解決できるかということに焦点を当てる誘導をする。以下に相関係数を学習する場合の課題の例を示す。**2015年のプロ野球12球団のチーム成績から勝率が高いチームの特徴を調べ、1950年のデータと比較してみよう！**

上記のように実際の社会生活の中で活用できる問題を出題している。学習者はこれを相関係数という統計概念を用いて解く。以下に学習者に相関係数を用いてこの問題を解くことを促すメッセージの例を示す。**このような事柄を調べるためには「相関係数」を使うと便利です。エクセル統計を使って相関係数について学習してみましょう！**

3.2 課題達成に向けた誘導方法

学習者がデータの整理、使用する統計概念の決定などを行い自身の力で課題を完遂することが理想である。しかし、すべての学習者がひとりで課題を完遂できるとは言い難い。そのような学習者には出題した課題とテーマ・目標に対し次に行うべき動作を誘導する。はじめに、学習内容に関わらない共通の流れを示す。

（１）システムは課題解決に向けて大まかな指針を示す

（２）学習者は統計解析ツールを用いて情報の可視化を行う

（３）システムは情報を整理する誘導問題を出題し、学習者はそれを解く

（４）学習者は（３）で整理した情報を元に与えられた課題について回答する

つづいて、相関係数について学習する場合の具体的な例を示す。図1は実際の対話例である。

はじめに2015年のデータを整理してみましょう。以下の[1]～[5]に当てはまる適切な語句を選択肢1～7から選び回答してください。相関係数の強さについては別ウィンドウの「相関係数の定義」を参照してください。

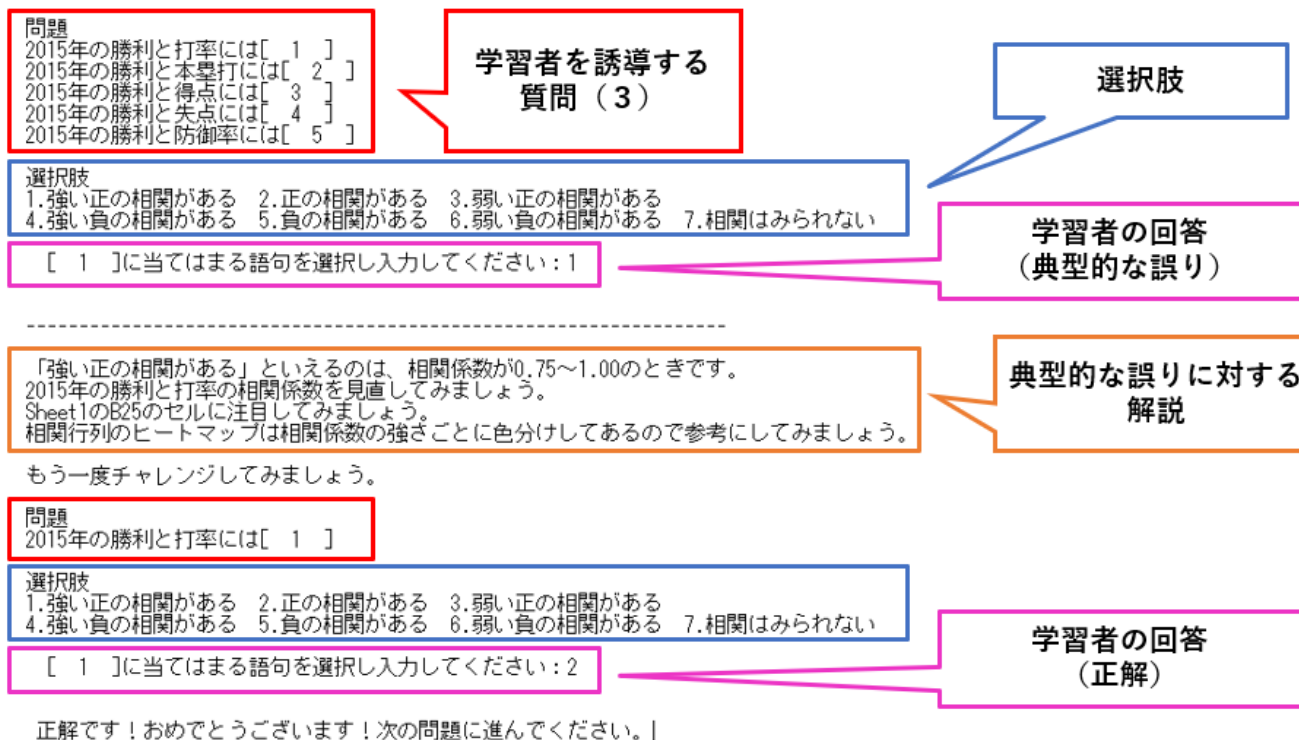


図 1 対話例

今回の課題の目的は、2015年と1950年のプロ野球12球団のチーム成績を比較し、勝率が高いチームの特徴を調べることです。

いきなりデータの比較をするのは難しいので、2015年と1950年のデータの整理をしてみましょう。

はじめに課題解決に向けての大まかな指針を示す
(1)．第一に行うべき操作はエクセル統計を用いてデータの整理・情報の可視化を行うことである．相関係数の場合はエクセル統計を用いて相関行列と相関行列のヒートマップを出力する必要があるため、その指示文を出力する(2)．その際に本システム上で実際に出力される指示文を以下に示す。

情報の整理を行うための準備をします。

エクセル統計のウィンドウを見てください。

スライド「エクセル統計操作マニュアル(相関係数・箱ひげ図)」に沿って操作を行ってください。

相関行列と相関行列のヒートマップが出力されますね。

これらを使って情報の整理を行います。

次に、学習者がデータ間の関係性を発見できるような質問をし誘導する(3)．図1で示したように、与えられたデータに対して注目すべきパラメータを意識させることで学習者を誘導している．データ間の相関関係について質問をし、回答が誤っていた場合は、その誤り方に応じた助言をしている。

3.3 誤り方に応じた助言の生成方法

以下の表1に本システムで実装している助言のバリエーションを示す。

表 1 助言のバリエーション

学習対象	助言の内容
相関係数	・注目するセルを間違えているとき, 正しいセルに注目するように促す ・相関係数の正負を間違えているときにマニュアルに戻って確認させる ・相関係数の強さを間違えているときにマニュアルに戻って確認させる
箱ひげ図	・注目する箱ひげ図を間違えているとき, 正しい箱ひげ図に注目するように促す ・数字の読み間違いをしているとき, それを指摘する ・第一四分位数, 第三四分位数など用語を間違えているときにマニュアルに戻って確認させる

学習者から得た回答の正誤判定をし、誤回答だった場合には誤り方に応じた助言をする。正誤判定を行った際に助言をするのは、学習者に間違っているという指摘のみを行うと誤りを改善するための方向性がわからないと考えたためである。

続いて、誤り方に応じた助言の生成方法について述べる。本システムはすべての問題について選択肢を持っていて、学習者はその選択肢から回答する。本システムには学習者の回答の正誤判定をする機能があり、学習者の回答が正解の場合は次の問題に進むが、不正解の場合は学習者の誤り方に応じた助言をする。我々はすべての選択肢を正解または典型的な誤りのどれかに分類している。典型的な誤りは複数あり、選択肢の内容に応じて学習者が誤回答を導いた原因を解決させるための助言をする。この過程は図2に示したとおりである。学習者にはそれぞれの典型的な誤りに対応した助言を与えている。

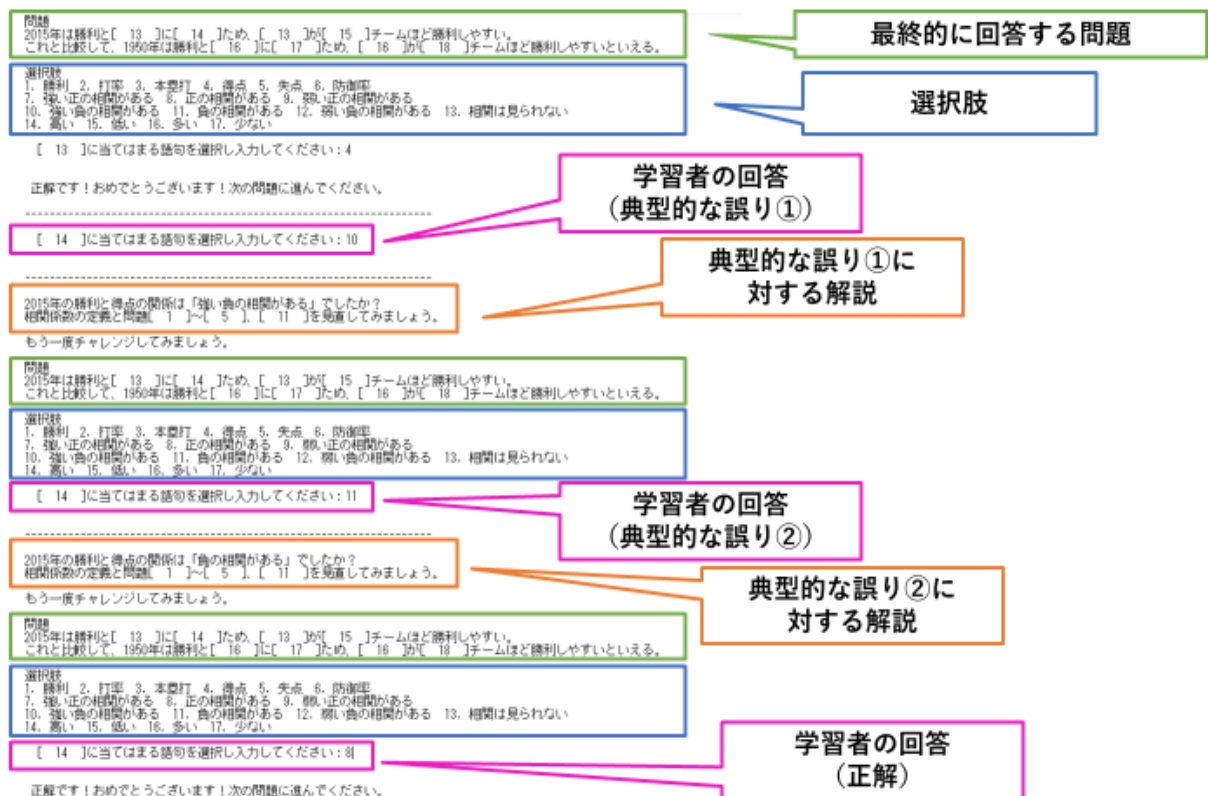


図 2 誤り方に応じた助言の例

4. システムの設計

本学習支援システムは、学習者自身のパソコン上にシステムとは独立した統計解析ツールを持っているということを前提としている。今回使用した統計解析ツールはエクセル統計である。本学習支援システムと統計解析ツールを独立して開発した理由としては、システム内に統計解析ツールを組み込むことで、システム自身が学習者の行動を監視できるという利点はあるものの、さまざまな教育現場に本システムを導入する際に、その現場でこれまで使用していた統計解析ツールをそのまま使えることが学習者と教員の負荷を低減すると考えたためである。

円滑に演習を進めるために、エクセル統計の使い方と、演習内で使用する統計用語の説明をしたスライドをそれぞれ作成した。学習者は本学習支援システムとエクセル統計のほかにこれらのスライドを参照しながら学習を進める。

5. 評価実験

5.1 仮説

システムの有効性を評価するために、次の2つの仮説について評価実験を行った。

仮説1:学習者が学習を進めるうえで誘導機能と助言機能は有用である

仮説1-1: 学習者が本システムを使うと次に考えるべきことが示されるのは学習を進めるうえで役に立つ

仮説1-2:学習者が誤回答をしたときに本システムの助言機能は行き詰まりの解消に効果的である

仮説2:学習者が学習を進めるうえで本システムは全体的に使いやすい

仮説2-1:学習者にとって本システムの誘導機能は役に立つ

仮説2-2:学習者にとって本システムの助言機能は役に立つ

仮説2-3:学習者にとって本システムは学習の役に立つ

5.2 実験の概要

はじめに、実験の流れについて述べる。評価する項目は「誘導機能と助言機能は行き詰まりの解消に有用であるか」と「本システムは学習者にとって役に立つデザインであるか」である。

被験者には相関係数、箱ひげ図についてそれぞれ難易度別に3種類、合計6種類の問題を与え、すべての問題を以下の手順で解かせる。

(1) 誘導機能、助言機能なしのシステムを使って問題を解く

(2) 誘導機能のみ搭載したシステムを使って問題を解く

(3) 誘導機能、助言機能を搭載したシステムを使って問題を解く

学習者が(1)誘導機能、助言機能なしのシステムを使って問題を解く際は制限時間を7分とし、被験者自身がこれ以上解けないと判断した場合はギブアップを認めている。この実験には5人の修士学生(情報学専攻)、1人の大学学部生(獣医学部生)、3人の社会人(医療関係者1名、農学関係者2名)の合計10名が参加した。

誘導機能と助言機能の有用性は被験者の課題達成率、学習者にとって役に立つシステムデザインであるかは実験終了後に被験者にアンケートを取った。アンケートの設問は以下の通りである。

(1) システムを使うと次に考えるべきことが示されるのは役に立ちましたか？

(2) 誤回答をしたとき、システムの助言は考え直す際に役に立ちましたか？

各設問について「役に立った」、「どちらかというと役に立った」、「どちらともいえない」、「どちらかというと役に立たなかった」、「役に立たなかった」という選択肢を用意し、それぞれ5～1点で点数化した。さらに、誘導機能・助言機能を搭載していないシステム、誘導機能のみを搭載したシステム、誘導機能・助言機能を搭載したシステムのうちのどのシステムが最も学習を進めやすかったか回答してもらった。

5.3 仮説1についての考察

表2は相関係数と箱ひげ図の問題について難易度別・システムのバージョン別の正答率を示している。

この正答率は 10 人の被験者の平均の正答率である。ここで示している正答率は最終問題の正答率である。また各問題において最終問題数は複数問を含む場合もある。誘導機能と助言機能のそれぞれの機能について、各機能が搭載されたシステムを使って学習を行った場合は「○」、搭載されていないシステムを使った場合は空欄となっている。

表 2 問題の難易度・システムごとの正答率

テーマ	演習 レベル	誘導 機能	助言 機能	平均 正答率
相関係数	レベル 1			85.0%
		○		98.3%
		○	○	98.3%
	レベル 2			30.0%
		○		80.0%
		○	○	100.0%
	レベル 3			95.0%
		○		100.0%
		○	○	100.0%
箱ひげ図	レベル 1			83.3%
		○		98.3%
		○	○	100.0%
	レベル 2			86.7%
		○		100.0%
		○	○	100.0%
	レベル 3			100.0%
		○		100.0%
		○	○	100.0%

表 2 からわかるように、誘導機能、助言機能を加えると加える前のシステムよりほとんどの場合正答率が上昇している（一部は同点）。以上から仮説 1 は成立するといえる。

5.4 仮説 2 についての考察

被験者に使用したシステムが学習を進めるうえで役に立ったかアンケートを取った。表 3 はその結果を示している。被験者からは誘導機能、助言機能共に学習を進めるうえで役に立ったという回答を得た。さら

に、(1) 誘導機能、助言機能を搭載していないシステム、(2) 誘導機能のみを搭載したシステム、(3) 誘導機能、助言機能を搭載したシステムのうちどのシステムが最も使いやすかったか、という設問では 4 人が

(2) 誘導機能のみを搭載したシステム、6 人が (3) 誘導機能、助言機能を搭載したシステムが最も使いやすかったと回答した。(3) を最良と回答した理由として、「誘導や助言があったほうが、どういう手順で進めて何が間違えているのかが理解でき、演習が進めやすかった。」という回答があった。一方、(2) を最良と回答した理由として「(3) は (2) の上位互換であると思うが (2) で十分理解できてしまうと (3) の細かさが多少煩わしく感じたため。」という回答を得た。

表 3 アンケート回答の分布

質問	選択肢					平均値
	1	2	3	4	5	
(Q1)	0人	0人	0人	1人	9人	4.9点
(Q2)	0人	0人	0人	1人	9人	4.9点
(Q3)	0人	0人	2人	2人	6人	4.4点

この結果より学習者の多くは本システムに搭載されている誘導機能と助言機能を役に立っていると感じていると考えることができる。一部の学習者は助言機能が不要という回答をしているが、本システムは初学者の行き詰まり解消を目的としているため、行き詰まりを起こさない高いレベルの学習者には機能の有用性が感じられなかったものと思われる。よって仮説2は限定的に支持されたと考えることができる。

6. まとめ

本研究では現実の対象に関するデータから統計概念を使ってその対象の性質を見出す課題を出題し、教師の役割の一部を代行する学習支援システムを開発した。開発した機能はデータの整理を促す誘導問題と学習者の典型的な誤りに応じた助言を行う助言機能である。さらに、開発したシステムの有用性を評価した。結果として誘導機能と助言機能により問題の正答率が上昇したことが示された。さらに、被験者に対して行っ

たアンケート結果から本システムの誘導機能と助言機能はほとんどの被験者から問題を解くうえで役に立ったという意見を得た。

今後は、被験者から指摘された課題に取り組む。例えば、システムの GUI 化、問題の出題ごとに選択肢の番号をランダムにするなどである。

参 考 文 献

- (1) Smith, G.:”Learning statistics by doing statistics”, Journal of Statistics Education[Online], 6(3)(1998)
- (2) Wild, C.J. & Pfannkuch, M.:” Statistical Thinking in Empirical Enquiry”, International Statistical Review, 67(3), pp.223-265(1999)
- (3) Baharun, N. & Porter, A.L.:”A web-based learning support to import student’ learning of statistics”, ISM International Statistical Conference, pp.359-367(2012)
- (4) Grabowski, B.L. & Harkness, W.L.:” Enhancing Statistics Education with Expert Systems: More than an Advisory System”, Journal of Statistics Education[Online], 4(3)(1996)

PBL 型学習へスキルマップ導入による学習する組織の構築

土生 隼也、黒江 卓哉、王 澤亜、閻 文帥、加藤 竜成、舘山 寛之、中鉢 欣秀
東京都立産業技術大学院大学

Turn your PBL team into a learning organization with skillmap

Junya Habu, Kuroe Takuya, Wang Zeya, Yan Wenshuai,
Katou Ryuusei, Tateyama Hiroyuki, Chubachi Yoshihide
Advanced Institute of Industrial Technology

リモートでのPBL型学習はチームとして一体感のある協調的な学習が困難である。今回の実践では、リモートでのチーム学習にスキルマップを導入することにより、チームメンバーがプロジェクトの課題を共通認識し、その課題解決に効果的なスキル・ナレッジを継続的に習得し実践を行うチームの構築に取り組んだ。実践の結果として、チームの解決すべき課題とリンクしたスキル・ナレッジの習得、チームメンバーのスキル・ナレッジの可視化が進んでいることが確認された。

キーワード: PBL, リモート学習, スキルマップ, チームビルディング, 学習する組織

はじめに

PBLの成功は、「システムが適切に動くだけでなく、その開発経験を通じて、学生が有意義な経験や学びを得ること（先導的ITスペシャリスト育成推進プログラム拠点間教材等洗練事業PBL教材洗練WG,2011）」とされており、システムを完成させるだけでなく、チームメンバーの学習と実践による課題解決のプロセスも重視する必要がある。しかし、遠隔でのPBLでは、対面コミュニケーションができず、チームが個人作業に偏りがちである。この為、チームとして一体感のある協調的な学習が困難という問題がある。今回の実践では、リモート環境でもチームメンバーがプロジェクトの課題を共通認識し、その課題解決に効果的なスキル・ナレッジを継続的に習得し実践するチームの構築に取り組んだ。

提案

リモート環境下でチームメンバーがプロジェクトの課題を共通認識し、その課題解決に効果的なスキル・ナレッジを継続的に習得し実践するチームを構築するため、チーム活動にスキルマップ導入を提案する。スキルマップは、企業の人材育成目的で使用されてきた。

しかし、今回の実践では、チーム共通の課題意識形成、および、その課題解決に効果的なスキル・ナレッジの習得を補助するツールとして活用する。具体的には、次に示す2.1~2.6のプロセスを1ヶ月の短いサイクルで実践する。いずれのプロセスにおいてもリモートディスカッションによるコミュニケーションを重視する。

評価項目の検討

プロジェクトの課題解決を行うために必要なスキル・ナレッジを大項目ごとに、ブレインストーミング形式で単語もしくは短文で洗い出す。大項目は、IPAの研修コース群（体系図）を参考に、5項目（ビジネス/インダストリ、メソドロジ、プロジェクトマネジメント、テクノロジー、パーソナル）を設定した。そして、チームメンバーによって洗い出されたスキル・ナレッジの単語・短文について、必要だと考えた意図をディスカッションで共有する。その後、評価項目として文章化を行い、小項目に分類する。

自己評価・根拠と成功体験の記録

各評価項目に対する自分の遂行レベルを自己評価する。そして、前回の振り返りに比べて自己評価が向

上している場合には、その根拠、もしくは評価向上のきっかけとなる成功体験を記録する。遂行レベルは、表 1 に示す 6 段階を設定した。

記号	基準
★	エース級で遂行出来る
◎	遂行するのが得意
○	1人で遂行出来る
△	助けがあれば遂行出来る
・	習得予定
空欄	遂行不可、習得予定なし

表 1 遂行レベルの定義

自己評価・成功体験の共有

自己評価の結果と、成功体験をチームメンバーへ共有する。

活動プロセスで重要となる項目の周知

活動プロセスで重要となる項目をディスカッションで特定し、チームメンバーに周知する。

目標設定

次のサイクルの自己評価までに達成したい目標をメンバー各々が設定してチームメンバーに共有する。

プロジェクト活動

自らの担当範囲・設定した目標、今回のサイクルで重要となる項目に留意して 1 ヶ月間の活動を行う。

目標

3 つの目標を設定して提案内容の実践を行った。①チームの解決すべき課題にあわせて、個人のスキル・ナレッジの習得を行う。数値目標として、PBL 終了時点で、全ての評価項目に占める「一人で遂行できる」の割合 80%を設定する。今回の実践報告時点は PBL 活動期間の概ね中間に位置するため、40%を設定する。②チームメンバーのスキル・ナレッジを可視化する。③自らの得意分野を超えて、チームの課題解決に必要なスキル・ナレッジを習得する。

実践

年代・経歴の異なる 6 人のチームメンバーで、5 月よりリモート環境で提案内容を実践し、これまでに 3 サイクル（5/2～6/5、6/6～7/17、7/18～8/15）を実践した。実際に運用したスキルマップの一部を表 2 に示す。

スキル名称		A ※メンバーの氏名		
		5/2	6/6	
大項目	小項目	評価	評価	根拠・成功体験
ビジネス インダストリ	代表的な認知症の症状を説明できる	・	△	認知症の勉強会で使用した資料を見て、説明可能
	認知機能を説明できる	・	△	概要把握。Web 情報なしで十分な説明できない
メソドロジ	アジャイル開発・スクラムを実践できる	○	○	
	リーンキャンバスを ビジネスモデル設計に活用できる	・	○	リーンキャンバスでビジネスモデルの設計を実施
プロジェクト マネジメント	リモートディスカッションを開催できる	○	◎	ZOOM、GoogleMeet で、複数回の開催を経験
	ファシリテーションできる	○	◎	担当教員レビュー、定例会などで複数回経験
テクノロジー	HTML, CSS, ES6 で動的なページを 作成できる	◎	◎	
	VUE でフロントエンド開発できる	◎	★	勉強会主催。教える経験で、より理解が深まった
パーソナル	相手の意見に耳を傾けられる	○	○	
	自分の意見をロジカルに主張できる	・	△	他メンバーの良い話しの展開を真似ている

表 2 スキルマップ（5/2 時点、6/6 時点の振り返りを一部抜粋）

実践結果

実践の結果、先に述べた 3 つの目標を達成しており、チームの課題解決に効果的なスキル・ナレッジを継続的に習得し実践するチームの構築が進んでいることが確認された。

チームの課題共有と、個人の学習・実践の促進

チームの課題解決のために習得すべきスキル・ナレッジである全ての評価項目を対象に検証を行った。表 3 は、各メンバーの全ての評価項目数に占める「一人で遂行できる」の割合である。これまでの 3 サイクルの自己評価を集計している。全てのメンバーが、5/2 の初回自己評価時と比べて順調に「一人で遂行できる」の割合が増加していることが伺える。また、今回の数値目標である 40%を過半数メンバーが達成していることも確認された。

メンバー	5/2	6/6	7/18
A	21%	36%	39%
B	20%	36%	42%
C	18%	57%	60%
D	22%	46%	52%
E	5%	24%	32%
F	22%	31%	41%

表 3 全評価項目に占める遂行レベルの自己評価が「一人で遂行できる」以上の割合

チームメンバーのスキル・ナレッジを可視化

今回の実践で運用するスキルマップは、チームメンバーのスキル・ナレッジの習得状況を一目で把握でき

るようデザインした。表 3 は、5/2 時点、6/6 時点の A・B の振り返りを一部抜粋したものである。このように、チームメンバー全員のスキル・ナレッジ習得状況を一覧表にまとめて管理した。これにより、チームメンバーの誰が、どのスキルを習得しているかを視覚的に把握することができ、チームメンバーの特性を有効活用できるチーム編成を行い、チームの課題解決に取り組むことができた。また、スキル・ナレッジの遂行レベルが低いメンバーが、自分よりも高い遂行レベルを習得しているメンバーに質問を行いやすい環境を整えることができた。

スキル名称		A		B	
大項目	小項目	5/2	6/6	5/2	6/6
ビジネス インダ ストリ	代表的な認知症の症 状を説明できる	・	△	△	△
	認知機能を説明でき る	・	△	△	○
メソドロ ジ	アジャイル開発・ス クラムを実践できる	○	○	△	△
	カスタマージャーニ ーを活用できる	・	・	△	○

表 3 スキル・ナレッジの習得状況
(5/2～6/6 時点の A・B の振り返りを一部抜粋)

自らの得意分野を超え、チームの課題解決に必要なスキル・ナレッジを習得

大項目ごとに、評価項目数に占める「一人で遂行できる」の割合集計した。その集計結果を表 4 に示す。表 4 を参照すると、全てのメンバーが、元々得意だった分野以外のスキル・ナレッジの習得が進んでいることが確認できる。

メンバー	ビジネス インダストリ			メソドロジ			プロジェクト マネジメント			テクノロジー			パーソナル		
	5/2	6/6	7/18	5/2	6/6	7/18	5/2	6/6	7/18	5/2	6/6	7/18	5/2	6/6	7/18
A	18%	41%	47%	0%	0%	0%	15%	31%	38%	39%	56%	56%	31%	50%	56%
B	12%	12%	18%	0%	0%	0%	0%	23%	31%	78%	89%	94%	13%	56%	69%
C	6%	35%	41%	25%	75%	75%	23%	54%	54%	22%	44%	50%	13%	75%	81%
D	6%	41%	47%	25%	50%	63%	15%	38%	46%	50%	56%	56%	13%	44%	50%
E	12%	41%	47%	0%	25%	38%	0%	15%	23%	0%	11%	22%	13%	25%	31%
F	12%	29%	29%	13%	25%	38%	15%	15%	31%	56%	61%	61%	13%	25%	44%

表 5 全ての評価項目に占める「一人で遂行できる」の割合（大項目ごと）

考察

今回の実践の結果として、3つの目標を達成することができたが、「評価項目の検討」プロセスを、改善する必要があると考察する。現在の手順では、スキル・ナレッジの洗い出しから「評価項目の検討」プロセスがスタートしている。これでは、「冰山モデル（ピーター M センゲ,2014）」の目に見えている表層的な出来事では課題をとらえられていないと考える。今後の実践では、プロジェクトの本質的な課題に焦点をあて、「評価項目の検討」プロセスを実施することを考えている。概ね、次のようなプロセスを構想している。①プロジェクトの課題解決にあたり、本質的な問題は何かを話し合う。②その課題を解決するために必要なスキル・ナレッジを洗い出す。③洗い出されたスキル・ナレッジを、スキルマップの評価項目に設定する。また、自己評価が向上した項目は、根拠と成功体験をメモするよう運用しているが、チームメンバーの成功体験を有効活用できていない。1人のメンバーの成功体験が、他メンバーのスキル・ナレッジ向上に繋がるよう、振り返り後に成功体験をドキュメントにまとめて、メンバーへ配信し共有するなどの運用を実施すべきと考える。

おわりに

今回の取り組みでは、リモート環境下でチームメンバ

ーがプロジェクトの課題を共通認識し、その課題解決に効果的なスキル・ナレッジを継続的に習得し実践するチームを構築するため、スキルマップを学習の場に導入した。提案で示したプロセスを1ヶ月間の短期サイクルで繰り返すことにより、チームの解決すべき課題にあわせた個人のスキル・ナレッジの習得、チームメンバーのスキル・ナレッジの可視化、自らの得意分野を超えて、チームの課題解決に必要なスキル・ナレッジの習得をすることが順調に進んでいることが確認された。今後は、評価項目の検討方法の改善、成功体験の有効活用を行うことで、より効果的な課題解決と継続的な学習を行うチームの構築に取り組んでいく。

参 考 文 献

- ピーター M センゲ, ネルダ キャンブロン=マッケイブ, デイモシー ルカス, ブライアン スミス, ジャニス ダットン, アート クライナー: “学習する学校”, 英治出版, pp.196-207, (2014)
- 先導的 IT スペシャリスト育成推進プログラム 拠点間教材等洗練事業 PBL 教材洗練 WG: “PBL (Project Based Learning) 型授業 実施におけるノウハウ集”, pp.68-70, (2011)
- 川口 恭伸: “若手 IT エンジニアに贈る今必要な経験・スキル・考え方”, 日経 BP 社, pp.16-19 (2016)

ビデオとオンラインレポートを活用した授業の オンデマンド化の評価

仲林 清^{*1, 2}

^{*1} 千葉工業大学

^{*2} 熊本大学

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

Kiyoshi Nakabayashi ^{*1, 2}

^{*1} Chiba Institute of Technology

^{*2} Kumamoto University

企業のビジネスモデルにおける IT 活用などを学習主題とする授業のオンデマンド化を行った。この授業設計では、学習主題に関連するドキュメンタリービデオ視聴、レポート提出、他学習者レポート閲覧を行い、自他の考えを対比させて理解を深めさせる。従来は、教室内でビデオ視聴、他者レポート配布・閲覧を行っていたが、今回はすべてをオンデマンドのビデオ講義で実施した。従来の対面型で実施した場合との学習者の授業評価の比較を行った。

キーワード: オンデマンド授業, ドキュメンタリービデオ, 自他の考えの対比, 既有知識の活用

1. はじめに

インターネットなどの普及に伴い、2000 年代以降、情報通信技術の教育研修への応用が盛んにおこなわれてきた^{(1),(2)}。これらは一般に e ラーニングと呼ばれるが⁽³⁾、中でも対面講義をオンラインコンテンツに置き換えて実施するオンデマンド型の形態は、場所・時間の制約がなくなり、理解できるまでコンテンツを繰り返し視聴できるといった学習者にとってのメリットや、学習者の進捗状況を学習履歴で把握できるといった教育者側のメリットから着目されてきた。

しかし、一方的に配信されるコンテンツを視聴する形態では、学習者は受動的になりやすく、知識付与以上の学習効果が得られなかったり、学習を放棄するドロップアウトが起きやすくなるなどの問題点も指摘されている⁽⁴⁾。対面講義と e ラーニングの比較評価も種々行われており、テストの結果という意味での学習効果には差が見られないが^{(5),(6)}、学習者の主観評価は e ラーニングの方が劣る、という研究もある⁽⁷⁾。これに対し、対面授業とコンテンツ配信を組み合わせたブレンデッドラーニング⁽⁸⁾や、オンラインディスカッション、メンタリング⁽⁹⁾の導入なども提案されている。

このように様々な取り組みが見られる一方で、2020 年初頭からの新型コロナウイルスの感染拡大により、日本の多くの大学は 2020 年度前期授業のオンライン

化を余儀なくされ、5 月時点で 9 割以上の大学がオンライン授業を導入した⁽¹⁰⁾。筆者の所属する大学でも、対面が必須の演習系授業を除いて、ほとんどすべての授業がオンライン実施となった。

本稿ではこのような状況を受けて、2020 年度前期に、従来の対面講義をオンデマンド化した授業の実践事例を示す。この授業では、従来から教室内でのビデオ視聴とオンラインレポート提出を行っていたが、ブレンデッドラーニングやディスカッションなどは行っていない。今回もオンデマンド化にあたって授業設計は変更せず、オンラインディスカッションやメンタリングなどは導入していない。本稿では、この授業実践の学習者主観評価や学習効果について、対面講義型とオンデマンド型の比較を行う。

以下、第 2 章で科目の概要、第 3 章で主な評価対象とした部分の授業設計を示す。第 4 章で授業評価結果を示し、第 5 章で考察を行う。

2. 科目概要

本科目は「情報社会とビジネス」という名称で、情報系学科の 1 年生前期に実施する専門科目である。情報系の専門科目であるが、技術的な内容ではなく、情報通信技術が社会や企業でどのように活用されているか、どのような影響を与えているか、また、その中でどのような人材が求められているか、を学習主題とし

ている。新入生が大学で情報通信技術を学ぶ意義や卒業後の進路を考える契機の提供を意図している。

科目の構成・内容を表 1 に示す。2019 年度までは 90 分×15 週の構成であったが、2020 年度は東京オリンピックが予定されていたために期間中の学生ボランティア対応を勘案して 13 週とし、さらに新型コロナによる授業期間短縮で 120 分×12 週となった。それに伴って、いくつかの内容の順序変更・同一週への統合を行った。

本科目では、後述する調査対象の内容をはじめ、ほとんどすべての週でビデオ視聴とレポート提出・閲覧を行っている⁽¹¹⁾⁻⁽¹⁴⁾。ビデオはテレビ放映されたドキュメンタリーやニュースを用いている。これらのビデオは、従来は著作権法の規定で講義時間中の視聴しかできなかったが、2020 年度は改正著作権法の特例処置でオンデマンド視聴が可能となった^{(15),(16)}。

表 1 科目構成

内容	年度	
	~2019	2020
イントロダクション	1	1
社会基盤としての情報システム	2	
企業での情報技術活用：流通業 1~3	3~5	2~4
企業での情報技術活用：インターネットビジネス 1~3	6~8	5~7
情報化と法制度	9	11⇒
情報化時代の人材育成と学び 1~3	10~12	8~10
情報システムの開発	13	12⇒
情報化とリスク	14	11
最終レポート課題説明	15	12

⇒は当該週へ移動・統合したことを示す

3. 授業設計

3.1 授業設計の枠組み

本稿で比較対象とするのは、表 1 の「企業での情報技術活用：流通業」、および、科目全体の授業評価アンケートである。「企業での情報技術活用：流通業」は、コンビニエンスストア（以下、コンビニ）における情報技術活用をコンビニのビジネスモデルと結び付けて考えさせる内容となっている⁽¹¹⁾。この授業は、「情報化時代の人材育成と学び」の授業⁽¹²⁾⁻⁽¹⁴⁾と共通の、図 1 に示す枠組みの授業設計を行っている。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、という構成主義的な方針^{(17),(18)}をとる。

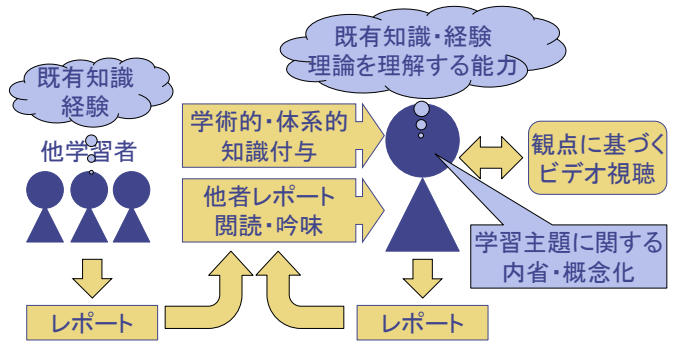


図 1 授業設計の枠組み

(1)は、学習者のコンビニ利用経験が該当する。ビジネスモデルという抽象的な概念を、学習者が日常的に実感していると思われるコンビニの利便性と関連付けて理解させることが狙いである。

(2)は、学習の主題に即したドキュメンタリービデオ視聴とレポート提出が該当する。ドキュメンタリービデオは学習主題を直接解説したものではないので、学習者は、現実の状況・文脈で生じている事象や登場人物の言動を、背景にある学習主題や講義内容に能動的に結び付けてレポートを作成する必要がある。これによって、学習主題を単なる知識としてではなく、文脈を含めて理解し、さらに自身の既有知識と結び付けさせることを意図している。

(3)は、オンライン集約したレポートの次の授業での配布・紹介によって具体化する。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既有知識によって、多様なものになる。授業でレポートを紹介する際には、できるだけ着眼点が異なり、かつ、次のビデオ視聴の観点に関連するものを選択する。このように、レポートの提出・配布で自他の意見を対比させただけで、ビデオの再視聴、レポート作成をさせることで、学習主題についての理解を深化させる狙いがある。

3.2 コンビニ授業の構成

本節では、コンビニの授業の概要構成を示す。詳細は文献⁽¹¹⁾を参照されたい。

3.2.1 学習主題

コンビニの授業は、セブン・イレブンを題材に、コンビニのビジネスモデルと情報技術活用の関係をあつかっている。学習主題は以下の 3 つである。

● 学習主題 1：単品管理と集中出店

単品管理と集中出店（ドミナント方式）は、セブン・イレブンのビジネスモデルを端的に表す言葉である。前者は、「商品 1 品ごとの動きを管理し、データで検証しながら次の発注の精度を高める」という考え方であり、このためには POS（Point of Sales）システムに代表される大規模な IT システムが不可欠である。後者は、狭い地域に多数の店舗を構え、「顧客来店頻度の増加」、「物流効率の向上」、などを狙っている。特に、物流効率の向上は、単品管理のための個別商品配送を実現するうえでも不可欠の要素である。

● 学習主題 2：顧客利便性の追求

単品管理・集中出店という考え方は、同じ流通小売業のスーパーマーケット（以下、スーパー）と全く異なっている。スーパーは大規模な店舗を構えて、多量の商品をできるだけ安く仕入れて安く売る、という経済合理性を背景とした大量廉価販売の考え方である。一方、コンビニは小規模店舗で少量多品種の商品を販売するため、商品需要と品ぞろえをすり合わせる単品管理、および、少量多品種商品の物流効率化のための集中出店が重要になる。これは、顧客から見れば、必要なものがいつでも買える便利な店が近くにある、という顧客利便性の最大化につながる。

● 学習主題 3：大規模インフラによる付加価値サービス

単品管理と集中出店を実現するために、セブン・イレブンは IT と物流の大規模インフラを構築している。このインフラは、新たな付加価値サービス創出にも活用されている。例えば POS では、売上商品情報とともにポイントカードなどで得られる顧客の年齢・性別情報は新たな商品開発に活用できる。また、商品販売以外のサービスとして、POS による公共料金などの支払い、ネット接続されたマルチコピー機、ネット通販商品の受け取りなどが挙げられる。このように IT と物流のインフラを活用した各種サービスが集中出店された身近な店舗で利用できることが、単なる商品販売を越えてコンビニの付加価値を高めている。

3.2.2 ビデオの内容

ビデオは以下の 3 種を用いている。

● IT ホワイトボックス（以下 ITWB）：コンビニに“必ずほしいものがある”理由とは？⁽¹⁹⁾（関連部

分のみ視聴、約 10 分）

IT に関する教養番組のシリーズである。POS による商品管理、多機能情報端末による付加価値サービス、顧客情報を用いた売上動向分析が解説されている。学習主題 1 と 3 の技術面からの解説である。

● プロジェクト X（以下 PJX）：日米逆転！ コンビニエンスストアを作った素人たち⁽²⁰⁾（全編視聴、約 40 分）

本授業の中核となるビデオである。1973 年の日本におけるセブン・イレブンの創設過程を主内容とし、1991 年の米国セブン・イレブンへの経営参画にも触れている。大規模スーパー全盛の時代に、主人公が日本にコンビニを持ち込み、単品管理・集中出店などスーパーと対極のビジネスモデルを産み出して流通革命と呼ばれるまでになる過程を描いている。PJX は、学習主題 1 と 2 に密接に関連するが、1973 年当時、POS などの IT システムは存在しておらずビデオには描かれていない。従って、学習者は、ビデオ中の主人公の産み出した工夫が、現在のコンビニにどのように受けつがれ、IT システムの恩恵を受けているかを自身で解釈する必要がある。

● NHK スペシャル（以下 NSP）：ジャパンプランド 日本式サービス 強さの秘密⁽²¹⁾（関連部分のみ視聴、約 15 分）

海外で通用している日本式のビジネスをいくつかとりあげたもので、コンビニについては、単品管理とそれに基づく顧客利便性の追求を前面に出して解説している。特に、1991 年の米国セブン・イレブンへの経営参画の際に、日本側が顧客利便性のための単品管理を持ち込もうとして、米国側の経済合理性に基づく大量廉価販売の考え方と激しく対立したエピソードを紹介している。結果的に、米国のセブン・イレブンは 3 年で黒字化し、日本同様、IT を活用した単品管理が行われていることが示される。NSP は学習主題 1 と 2 に関連しているが、PJX とは視点が異なり、より学習主題 2 を強調する内容となっている。

3.2.3 授業構成

表 1 の科目構成のように、コンビニの授業には 3 週を割り当てているが、翌週の冒頭に振り返りを行っており、実質、表 2 のような 4 週構成となっている。1~3 週で異なる観点のレポートを課し、次の授業で全員

のレポートを匿名で配布し、内容を適宜紹介する。

1 週目は、ITWB の視聴を中心とする IT 活用についての説明で、学習者に日頃コンビニを利用している経験と結び付けて理解させる。授業設計の方針 1「学習者の既有知識の活用」によって、以降の授業の素地となるコンビニの IT 活用の基本的な理解を図る。

2 週目では、1 週目のレポートの配布・配布の後、セブン・イレブンの年表を確認し、PJX の視聴・レポート提出を行う。PJX は視聴時間も長くストーリーを理解する必要があるため、2 週目では観点を単品管理（ビデオ中では小分け配送と呼ばれている）・集中出店に絞ってレポートを提出させる。

3 週目では、2 週目のレポートの配布・紹介を行い、今のコンビニの IT システムを再度簡単に説明したうえで、PJX の再視聴・レポート提出を行う。レポート課題は、各学習主題について 2 コマ目よりも踏み込んだもので、分量も多く設定している。前述のように、PJX はコンビニでの IT 活用自体ではなく、コンビニが「流通革命」と呼ばれるようになるまでを、ビジネスの状況も織り込んで描いている。従って、学習者は、1・2 週目の他者レポートも参考に、ビジネスの文脈からコンビニの IT 活用について考察する必要がある。

4 週目では、3 週目のレポートの配布振り返りと NSP を用いた解説を行う。特に、日本のコンビニ経営の根幹が顧客利便性を追求にあり、米国側の経済合理性に基づく大量廉価販売の考え方と対極にあることを解説する。その後、オンラインの授業評価アンケートを課し、翌週までに提出させる。

表 2 授業構成

週／ビデオ	内容
1／ITWB	・ ITWB を視聴し、POS・マルチメディアキオスクなどの情報システムの実現形態、効果についてレポート（300 字程度）作成
2／PJX	・ 前回レポートの配布、紹介 ・ PJX を視聴し、コンビニ導入時の工夫、スーパーとの違い、現在のコンビニとの関係についてレポート（300 字程度）作成
3／PJX	・ 前回レポートの配布、紹介 ・ PJX を再視聴し、コンビニが流通革命と呼ばれた理由、主人公のビジネス形態の発見過程、現在の IT 活用形態との関係についてレポート（1000～1500 字程度）作成
4／NSP	・ 前回レポートの配布、紹介 ・ NSP を視聴して振り返り ・ オンライン授業評価アンケート（次週まで）

4. 授業評価比較

4.1 対面形式とオンデマンド形式の差異

ここまで説明した授業設計、授業構成は 2019 年度までの対面形式と、2020 年度のオンデマンド形式ですべて共通である。対面形式では、前述のように著作権法の制約があり、各週の授業中にビデオ視聴を行った。レポート提出はオンラインで実施しており、次回授業前々日を〆切として提出されたレポートを匿名で集約し、次回授業冒頭で配布・紹介している。

オンデマンド形式では、ドキュメンタリービデオなど、すべてのコンテンツを LMS に掲示している。解説は、従来から用いていたパワーポイントの講義スライド資料に音声を録音してビデオ化した。レポートも PDF 化して LMS に掲示するとともに、画面録画で従来と同様の紹介をビデオ化した。これらのコンテンツは、もともとの時間割の授業日に公開し、次回授業日前々日を〆切としてレポート提出を課した。

従って、学習者にとっては、提供される情報は対面型とオンデマンド型で同一である。違いは、対面型では、ドキュメンタリービデオ視聴やレポートの紹介などが授業時間中の 1 回だけに限られるのに対し、オンデマンド型では、都合のいい時間に必要なら繰り返し視聴できる、という点である。

4.2 授業評価アンケート

3.2.3 で述べたように授業終了後に、ドキュメンタリービデオ、レポート、および、授業全体に関する事後アンケートを行った。アンケートは 7 件法の回答項目および自由記述項目からなる。2020 年度にはオンライン授業に関する質問も行った。表 1 の最終レポート提出時には科目全体のアンケートも行った。また、毎回のレポート提出時にも、授業に関する任意の簡単なコメントを記述させた。

表 3、表 4 にの 7 件法項目の比較を示す。3 回のレポートをすべて提出し、アンケートに回答した学生は両年度とも 132 名であった。表 5 はオンライン授業に関するアンケートである。また、表 6 に科目全体のアンケート結果を示す。回答数は 2019 年度 141 名、2020 年度 140 名であった。

表3 アンケート比較：授業全体（7件法）

質問 (※は逆転項目)	平均 (標準偏差)		有意差
	2019 n=132	2020 n=132	
内容は理解できた	5.95 (0.87)	6.05 (0.75)	
内容は役に立った	5.59 (1.07)	5.70 (0.96)	
このような内容を今後も学んでみたい	5.64 (1.08)	5.86 (1.06)	
コンビニをよく使う	5.91 (1.25)	5.92 (1.17)	
コンビニを使った経験やサービスに関する知識は、授業の内容と結びついた	5.68 (0.94)	5.81 (1.03)	
これまでに学んだ（これから学ぶ）情報技術の意義について考えが深まった	5.49 (0.95)	5.77 (0.80)	*
情報技術と産業や職業の関係について新しい知識や物の見方を得ることができた	5.68 (0.93)	5.86 (0.82)	+
情報技術を活用する意義を深く考えることができた	5.83 (0.91)	5.99 (0.88)	
情報技術と産業や職業の関係についてもっと学んでみたいと思った	5.82 (0.88)	5.64 (1.13)	

表4 アンケート比較

ビデオ・レポートについて（7件法）

質問 (※は逆転項目)	平均 (標準偏差)		有意差
	2019 n=132	2020 n=132	
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	6.10 (0.91)	6.27 (0.77)	+
ビデオ視聴の観点を指示されたので理解を深めることができた	5.75 (0.85)	6.03 (0.88)	**
ビデオを二度視聴したことで、より理解が深まったと感じた	5.46 (1.23)	5.58 (1.09)	
同じビデオでも観点が違うと、読み取れる意味が変わると感じた	5.21 (1.11)	5.52 (1.05)	*
長いドキュメンタリービデオで退屈だった※	3.11 (1.41)	3.08 (1.40)	
ビデオの内容と指示された観点を対応付けるのが難しかった※	3.87 (1.35)	3.83 (1.40)	
ビデオを講義時間以外に Web を使って自由に見たかった	4.72 (1.60)	—	
ドキュメンタリービデオを止めたり戻して見直したりした	—	5.88 (1.39)	
レポート提出で授業の内容を振り返ることができた	5.90 (0.82)	5.95 (0.84)	
他の人のレポートを参考に様々な観点をビデオを視聴できた	5.60 (1.08)	5.76 (0.87)	
他の人のレポートを見て理解を深めることができた	5.45 (1.02)	5.72 (0.94)	*
レポートを出すのは大変だった※	5.65 (1.26)	5.80 (1.12)	
他の人のレポートは文章が分かりにくかったり内容が適切でなかったりして、あまり役に立たなかった※	2.84 (0.96)	2.61 (0.99)	+

表5 オンライン授業に間するアンケート

(7件法, 2020年度のみ)

質問	平均	S.D.
オンライン授業は自由な時間に学習できてよい	6.07	1.21
オンライン授業は集中できて良い	4.29	1.44
オンライン授業は集中力が持続しない	4.39	1.63
オンライン授業はわからないところを繰り返し確認できてよい	6.14	1.19
オンライン授業は講義ビデオを見るのが大変だ	4.08	1.74
オンライン授業でも、教室の授業と同様に理解できた	4.03	1.80
オンライン授業は友人に質問・相談ができない	5.30	1.52

表6 科目全体のアンケート比較（7件法）

質問 (※は逆転項目)	平均 (標準偏差)		有意差
	2019 n=141	2020 n=140	
授業を通じて文章を書く力がついた	5.78 (0.83)	5.70 (0.88)	
授業を通じて考えをまとめるコツがつかめた	5.64 (0.76)	5.60 (0.83)	
これまでに学んだ（あるいはこれから学ぶ）情報技術の意義について考えが深まった	5.70 (1.03)	5.94 (0.92)	
知識を覚えるだけでなく、自分でいろいろと考えることが大事だと感じた	5.96 (0.94)	6.13 (0.88)	
世の中のさまざまなことが、互いに関係していると感じた	5.88 (0.96)	6.09 (0.87)	+
世の中の問題には、正解が明確に決まらないものが多いと感じた	5.78 (1.06)	5.81 (0.95)	
学習したことを身の回りのことや自分の経験に結びつけて考えるようになった	5.36 (1.09)	5.69 (0.88)	**
いろいろな人の考えを参考にするのが大事だと思った	5.99 (0.91)	6.26 (0.82)	**

両年度の比較では、ほぼすべての項目で、2020年度の値が2019年度を上回っており、有意差ないし有意傾向のある項目もある。また、オンライン授業に関しては、「自由な時間に学習できる」、「繰り返し視聴できる」が高い値となっている。一方、「授業への集中」については評価が分かれている。

次に、事後アンケートの自由記述および毎回のレポート提出時のコメントの記述内容の分類を行った。対象は、表3、表4と同じ全レポート提出者（両年度とも132名）である。表7に記述分類例、表8に分類ごとの記述数を示す。表7の最初の記述のように、一つで2つ以上の分類に関わるものもあり、それらはそれぞれの分類に計上している。また、事後アンケートでは、ビデオ・レポート・授業全体のそれぞれについて自由記述コメント欄があり、一人の学習者が最大3つの記述を行っている。

表 7 記述分類例

自身の思考・理解に関するメタ認知 文章の長いレポートを提出するのはそれなりに大変な作業ではあるが、レポートを書くために再度ビデオを見たり、またレポートを書くこと自体が、授業内容の理解に繋がっており、書いていく中で自身の理解度がさらに高まっていくのが感じられた。 ビデオがあることで、具体的な事柄と講義の内容を頭の中で結びつけることができるので助かる。
ビデオ視聴の観点・2 回視聴 過去にも同じビデオを視聴したことがあったが、今回はただ視聴するだけでなく観点に注意して視聴したため全く違う印象を受けた 一回目でもかなり理解したと思ったが、二回目で違う観点で聞かれて新たな視点で見ることができた。
他者レポート 自分の考えと違うレポートの内容があると、そういう考え方もあるのかと広い視野で考えることができました。 レポート課題で授業をしっかりと振り返ることができ、それを他の人と比較することで、自分の駄目なところに気づけたと思います。
内容の実感的理解 実際の体験談を視聴することで説得力や理解度が増すため、ドキュメンタリービデオは有効的だったと思った。 ビデオがあるだけで理解のしやすさに大きな差が生まれる。想像もしやすいため、わからないという点が少ない。
ビデオのおもしろさ 私にとってドキュメンタリービデオを見ることは、楽しさがあり、理解できるのでとてもいいと思いました。 ドキュメンタリー番組は、視聴者が見やすく工夫がなされているので授業に取り入れるのはいいと思う。
IT／ビジネスの仕組み コンビニを取り上げることで、社会で活用されているビジネスモデルを身近に感じることが出来た。 コンビニがなぜあんなにたくさん出店しているのに儲かるのか最初はわからなかった。しかし、小分け配送であったり集中出店やPOSシステムのおかげで人々のニーズに応え顧客利便性の最大化ができたことを知り、儲かる理由を知ることができた。身近な存在について勉強ができとても有意義な授業でした。
その他 当たり前だが高校生の頃とは一味違い、様々な観点から考察した授業、課題に大学生になったんだと感じた。自分はあまりレポートを書くのは得意ではないが、レポート紹介の時に上げられると嬉しい気持ちになった。

表 7 の記述数について、いくつかの傾向が見られる。まず、全記述数は、2019 年度は徐々に減少しているが、2020 年度は減少しておらず、事後アンケートの記述数・記述者数も 2020 年度が有意に上回っている。各分類についてみると、2020 年度は「メタ認知」、「ビデオの視聴観点」、「他者レポート」に言及した記述が多くなっている。一方、「内容の実感的理解」、「IT やビジネスの仕組み」に言及した記述数には大きな差は見られなかった。

表 8 分類ごとの記述数

(上段：2019 年度、下段網掛：2020 年度)

分類	週			
	1	2	3	4
メタ認知	2	4	16	25
	7	15	36	51
視聴観点	0	0	29	17
	1	7	30	41
他者レポート	0	1	10	19
	0	3	28	35
実感的理解	18	7	3	124
	29	19	1	135
おもしろさ	4	25	6	6
	0	12	0	21
IT／ビジネスの仕組み	28	24	8	54
	32	39	4	38
その他	21	5	6	77
	11	8	10	59
全記述数	71	62	55	241
	71	78	70	284
記述者数				98
				111

4 週は事後アンケート、1 名が最大 3 つ記述

5. 考察

以上の結果から、従来の授業設計をそのままオンライン化した本授業実践では、学習者の主観的評価が向上する傾向が見られた。表 4 のビデオ・レポートに関するアンケートでは「視聴観点」、「他者レポート」に関する項目、表 6 の授業全体の評価では「学習内容と経験の結びつけ」、「他者の考えを参考にすること」に有意な差が見られた。また、表 7、表 8 の自由記述の分析では、「自身の思考・理解に関するメタ認知」、「ビデオの視聴観点」、「他者レポート」の記述数が増加していた。これらから、オンライン形式では、本授業の「自他の考えを比較し、観点を意識してビデオを複数回視聴し、レポートに自分の考えをまとめる」という設計意図がより有効に機能していることが伺える。

この要因として、表 5 のアンケートで高評価となった「自由な時間に繰り返し学習できる」というオンライン授業の特性が挙げられる。本授業は、ドキュメンタリービデオの活用が授業設計のひとつの核となっているが、従来は著作権法の制約で、授業時間中の一斉視聴しかできなかった。また、他者レポートの紹介も対面授業中のみであった。従って、授業中にメモなどを取らなければ、これらの具体的な内容をレポート作成時に反映することは難しいと考えられる。特に、

対面形式でレポートが切が近くなってから、一週間近く前に受講したこれらの内容を思い出すことは非常に困難と思われる。

一方、オンデマンド形式では、ドキュメンタリービデオ、他者レポート紹介ともコンテンツ化されており「自由な時間に繰り返し視聴できる」ため、レポートを作成しながらでもこれらのコンテンツを確認することが可能となる。これが、オンデマンド形式で本授業設計がより有効に機能した要因と考えられる。

また、表 5 の「オンライン授業は集中できて良い」という項目と、表 3 の「内容は理解できた」、「内容は役に立った」、表 4 の「ビデオを二度視聴したことで理解が深まった」、「他の人のレポートを参考に様々な観点でビデオを視聴できた」といった項目の間に有意な正の相関があった。逆に「長いドキュメンタリービデオで退屈だった」、「ビデオの内容と指示された観点を対応付けるのが難しかった」とは有意な負の相関があり、学習者のオンライン授業への集中と授業評価に関係が見られた。オンライン授業に関する自由記述コメントでも、表 9 のように差異のある内容が見られた。

表 9 オンライン授業に関するコメント

「オンライン授業でも、教室の授業と同様に理解できた」という質問に対して、あまりそう思わないと回答したのは、この授業に関してはオンライン授業の方が理解が深まると感じたからだ。教室だと気温や周囲の匂い、他の人の行動やおしゃべりなどで注意を削がれることが多かったが、オンライン授業だと自分に最適な環境で好きな時間に行える。(略) また、資料がデータで配布されているので紛失などの心配や探す手間もない。授業を聞き逃してものちに何回も戻ることができ、自分のペースでできるのでとてもよかった。(略)
オンライン授業が、教室の授業と比べて優れているのかは分からないが、違いは明確にあるように感じた。オンライン授業は、何回でも見直せる点は良いと思う。しかし、教室の授業のような、一回しか聞くことのできないという緊張感がなくなるため、真剣さは教室と比べると低下するのではないかと思う。また、オンライン授業だと同級生に質問・相談がしづらいとは思った。特に、今回はまだ一回も会っていないため、相手がどのような人なのか分からないという点が大きいと思う。

6. まとめと今後の課題

既存のビデオとオンラインレポートを活用した授業のオンデマンド化を行い、対面型との比較を行った。学生の授業評価が向上し、「自他の考えの比較」、「観点の意識」といった授業設計の意図がより機能したことが伺える結果が得られた。

今後の課題として、同様の授業設計で今回評価を行うことのできなかった自己調整学習に関する授業の分

析評価を行い、同様の傾向が得られるか確認することが挙げられる。また、考察で「自由な時間に繰り返し学習できる」というオンライン授業の特性が今回の評価につながった可能性を述べたが、学習者のアクセスログ解析によってこれを検証することが必要である。学習者のアウトプットであるレポートの品質については未評価である。さらに、2020 年度後期に、同様の授業設計を取り入れた 3 年生向けの科目の実施を予定しており、この際にも同様の評価を行うことを計画する。

参 考 文 献

- (1) 先進学習基盤協議会 (ALIC) : “e ラーニング白書〈2001/2002 年版〉”
- (2) 野嶋 栄一郎, 鈴木 克明, 吉田 文 (編著), “人間情報科学と e ラーニング”, 放送大学教育振興会(2006)
- (3) 青木 久美子 (編著) : “e ラーニングの理論と実践”, 放送大学教育振興会(2012)
- (4) 富永 敦子, 向後 千春 : “e ラーニングに関する実践的研究の進展と課題”, 教育心理学年報, 53, pp. 156-165 (2014)
- (5) 光原 弘幸, 他 : “徳島大学における e-Learning のシステム開発・運用・実践”, 日本教育工学会論文誌, 29(3), pp. 425-434 (2006)
- (6) 宮川 裕之, 中條安芸子, 佐久間拓也, “オンデマンド型遠隔授業の実現と評価”, 教育システム情報学会誌, 20(2), pp.143-150 (2003)
- (7) 富永 敦子, 向後 千春, 岡田 安人 : “e ラーニング・対面講義・グループワークに対する学習者の認知と成績との関連性”, 教育システム情報学会誌, 28(3), pp. 247-252 (2011)
- (8) 向後 千春, 富永 敦子, 石川 奈保子, “大学における e ラーニングとグループワークを組み合わせたブレンド型授業の設計と実践”, 日本教育工学会論文誌, 36(3), pp. 281-290 (2012)
- (9) 松田 岳士, 本名 信行, 加藤 浩, “e メンタリングガイドラインの形成とその評価”, 日本教育工学会論文誌, 29 (3), pp. 239-250 (2006)
- (10) 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”, https://www.mext.go.jp/content/20200527-mxt_kouhou01-000004520_3.pdf (2020.8.23 参照)
- (11) 仲林 清 : “ビジネスモデルにおける IT の活用を主題と

- するビデオとオンラインレポートを活用した授業実践—コンビニエンスストアの事例を題材に一”，教育システム情報学会誌，34(2)，pp.131-143 (2017)
- (12) 仲林 清：“自己調整学習に関する内省・概念化を促す授業における学習者意識変化の分析”，教育システム情報学会研究報告，32(5)，pp. 1-8 (2018)
- (13) 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)
- (14) 仲林 清：“自己調整学習を主題とする授業実践の学習効果分析”，教育システム情報学会第 45 回全国大会，発表予定 (2020)
- (15) 文化庁：“授業目的公衆送信補償金制度の早期施行について”，<https://www.bunka.go.jp/seisaku/chosakuken/92169601.html> (2020.8.23 参照)
- (16) (一社) 授業目的公衆送信補償金等管理協会：“授業目的公衆送信補償金制度とは”，<https://sartras.or.jp/seido/> (2020.8.23 参照)
- (17) 米国学術研究推進会議：“授業を変える—認知心理学のさらなる挑戦”，北大路書房，京都 (2002)
- (18) 鈴木克明：“教育・学習のモデルと ICT 利用の展望：教授設計理論の視座から”，教育システム情報学会誌，Vol.22, No.1, pp.42-53 (2005)
- (19) NHK エンタープライズ：“IT ホワイトボックス 応用編 1 くらしを支える ICT 編 (DVD)” (2013) (2011.5.1 放送)
- (20) NHK エンタープライズ：“プロジェクト X 挑戦者たち 日米逆転！ コンビニを作った素人たち (DVD)” (2011) (2000.10.31 放送)
- (21) NHK：“NHK スペシャル：ジャパンプランド第 1 回 日本式サービス 強さの秘密”，(2014.11.8 日放送)

ロボット介入によるオンライン栄養指導方法の提案

—かかりつけ薬局による試行—

坂口 夢羽斗^{*1}, 南野 早芸^{*2}, 平 直幹^{*3}, 梶田 聖子^{*3}, 真嶋 由貴恵^{*3}

^{*1} 大阪府立大学 現代システム科学域

^{*2} 共和メディカル株式会社

^{*3} 大阪府立大学大学院 人間社会システム科学研究科

Proposal of Online Dietary Guidance Method Using Communication Robot

Muuto Sakaguchi^{*1}, Saki Minamino^{*2}, Naoki Taira^{*3}, Seiko Masuda^{*3}, Yukie Majima^{*3}

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

^{*2} Kyowa medical CO.,LTD.

^{*3} Graduate School of Humanities and Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture University

薬剤師は服薬指導だけでなく、栄養・食事指導を行うこともある。しかしそれらの指導を専門的に行うことは難しく、管理栄養士との連携が不可欠である。また、コロナ禍においてオンラインでの指導体制の重要性も高まっている。そこで、今後のオンライン指導方法の1つとしてロボットを導入させ管理栄養士とつなぐ手法を提案し、ロボット介入により栄養指導への興味と正しい知識の獲得、健康意識の変化を促す。本研究では、2名の被験者を対象に、今回提案する指導を行い、その有効性を検証する。

キーワード: 遠隔食事指導, 薬剤師, 管理栄養士, ロボット, 予防, かかりつけ薬局

1. はじめに

世界でもトップクラスの長寿国である日本では、世界の中でも早くから、生活習慣病予防に重点を置いた取り組みがなされてきた。2000年に厚生労働省により策定された「健康日本21」では、9分野（食生活・栄養／身体活動・運動／休養・心の健康づくり／喫煙／飲酒／歯の健康／糖尿病／循環器病／がん）について数値目標を定め、10年ごとに評価・改善を行っている。2018年に公表された「健康日本21（第二次）」の中間評価報告では、全体の60.4%に改善が見られた。しかし、多くの合併症を引き起こす可能性のある「糖尿病」に関して、改善が見られたのは2項目（6項目中）で、「血糖コントロール指標におけるコントロール不良者の割合の減少」「特定健康診査・特定保健指導の実施率の向上」のみにとどまり、「合併症の減少」「治療継続

者の割合の増加」「糖尿病有病者の増加の抑制」「メタボリックシンドロームの該当者及び予備軍の減少」の4項目では改善が見られなかった⁽¹⁾。糖尿病有病者とメタボリックシンドローム該当者について、改善が見られなかった原因として主に高齢化の進展が挙げられている。また、治療継続者の割合については、60歳以上と比較して50歳未満では低く、職域での「治療を継続しやすい環境づくり」と、かかりつけ医と関係団体との連携が必要であるとされている。

生活習慣病の治療は、薬剤師による服薬指導に加え、生活習慣を改善することが必要である。通常、薬局では薬剤師による服薬指導のみ行われる。しかし、生活習慣病患者に対しては、継続的に同じ患者に服薬指導をしておき患者の状態をよく把握している、「かかりつけ薬局」で栄養・食事指導を行うことが有効であると

考えられる。しかし、薬剤師が栄養・食事指導を専門的に行うことは難しく、管理栄養士との連携が必要になる。

また、新型コロナウイルス対策による外出自粛要請に伴い、生活習慣病患者が通院を自粛するという現状も報告されている^②。これより、オンラインでの指導体制の確立も重要になっていると考えられる。

オンライン指導の現状として、2019年度の医薬品医療機器等法改正により、一定の要件のもとで全国的に遠隔服薬指導が認められることとなった^③。しかし、患者に対するシステム操作のサポートや、薬剤師側の情報格差（デジタルデバイド）などの課題もある。

遠隔服薬指導が普及していない現状では、患者側も指導する側もオンライン指導が初めての経験になることが多い。また、ここでの課題として先述のデジタルデバイドに加え、心的距離が縮まりにくいということが挙げられる。そこで、本研究では、この課題に着目し、オンラインでスムーズな指導を行うことができる指導方法として、小型のコミュニケーションロボットを導入させる方法を提案する。ロボットが、指導する側と患者の間を取り持ち、指導を進める。今回は、ロボットの導入を通じたオンラインでの指導が、患者の行動変容に有効であるかどうかを検証することを目的とする。

2. 関連研究

2.1 生活習慣病治療に関する研究

生活習慣病治療は、食事・運動療法を基本とする生活習慣の改善と、薬物療法である。しかし、これらを継続することは患者にとって困難を伴うことも多く、それが生活習慣病改善の妨げになっていることも少なくない。安藤ら^④による2型糖尿病患者を対象にしたアンケート調査では、41%で残薬が見られた。その理由として、食事が不規則であることや薬剤師から服薬指導を受けていないことが挙げられている。

よって、薬剤師による服薬指導だけではなく管理栄養士からの栄養・食事指導も必要であり、その連携が重要であると考えられる。そのための有効な方法としてかかりつけ薬局で服薬指導と食事指導を同時に行うことが挙げられる。また、患者が能動的に指導を受け

たくなるような方法が必要であると考ええる。

2.2 コミュニケーションロボットに関する研究

近年では、人の生活の支援や豊かさを求めてコミュニケーションロボットに関する研究が多く行われ、ソフトバンク社の **Pepper** など日常生活でも目にする機会が増えている。

ロボットを用いた、教育、指導などに関する研究も行われており、藤森ら^⑤による **Pepper** を活用した小学生向けの認知症教育では、知識だけでなく実践的な学びを得ることができたことが報告されている。また、長谷川ら^⑥によるロボットを活用した、デスクワーク中の適切な休息と姿勢の改善を促した研究では、ロボットに伴奏者としての役割が付与され作業中の意識改善を促進することができた。

音声認識機能や発話機能を搭載したコミュニケーションロボットは、人間に影響を与えることが示されている^⑦。青野ら^⑧によるロボットの話す方言が人間に与える影響に関する研究では、方言で話すときは方言で返答すると、同調性が存在することが確認された。また、その地域固有の独特な方言の場合には、人間の反応性を高める効果が示唆された。

よって、本研究では、方言を話すようプログラムしたロボットを導入させることにより、患者の反応性を高め、薬剤師や管理栄養士とのスムーズな会話を促すこととする。

2.3 服薬指導に関する研究

石黒ら^⑨による **Pepper** を活用した気管支喘息患者に対する服薬指導プログラムの開発と提案がされている。ロボットが患者と薬剤師の会話を仲介することで、薬剤師側の負担を減らすことと患者側が発言しやすくすることを目的としている。また、指導を行うロボットとして「愛着を持ちやすい」「双方向コミュニケーションが可能」「タブレット PC で視覚的な理解が可能」などの理由で、**Pepper** を採用している。

本研究では、ロボットが指導者と患者の間に立ち、指導をガイドするという手法を取り入れる。そのため、用いるロボットについてはオンラインで指導を行うことを考慮して選択する必要があると考ええる。

3. アプリケーション概要

3.1 コミュニケーションロボットの活用

糖尿病や高血圧症といった生活習慣病をもつ人には、継続的な薬剤師による服薬指導や管理栄養士による栄養・食事指導が必要である。一度限りの指導では時間とともに忘れてしまうことが多く、生活習慣を一時的に改善できたとしてもすぐに元の不規則な生活に戻ってしまうことが考えられる。

そこで、本研究では、「指導を受けてみたい」「継続して指導を受けていきたい」「親しみやすい」という意見を促すアプリケーションを開発することとした。これにより、生活習慣病患者の健康意識の変化を促し、さらに継続的に指導を受けることができるようにする。

今回、そのアプリケーションを実現するためのコミュニケーションロボットとして“RoBoHoN”（SHARP）（以下ロボホン）（図 1）を採用した。ロボホンは「ただの機械ではなく、人に寄り添うパートナーとは？」というテーマのもと生まれたロボットであり⁽¹⁰⁾、先述の「親しみやすさ」を実現するために最適なデバイスであると考えた。また、小型であるためオンラインでも画面上でからだ全体が見えること、オンラインの音声で会話が聞こえにくくても、その場で対処するようにプログラムを操作できることも利点である。アプリケーションの開発にはロボホンスクラッチパック（シャープ株式会社）（図 2）を使用した。

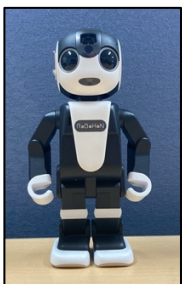


図 1 ロボホン

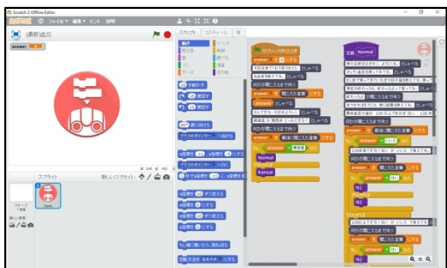


図 2 スクラッチ操作画面

3.2 アプリケーション開発

ロボホンを介入させた指導の全体の流れを図 3 に示す。一貫して、ロボホンは、管理栄養士・被験者の間を取り持つ司会者のような立場で指導を進行する。

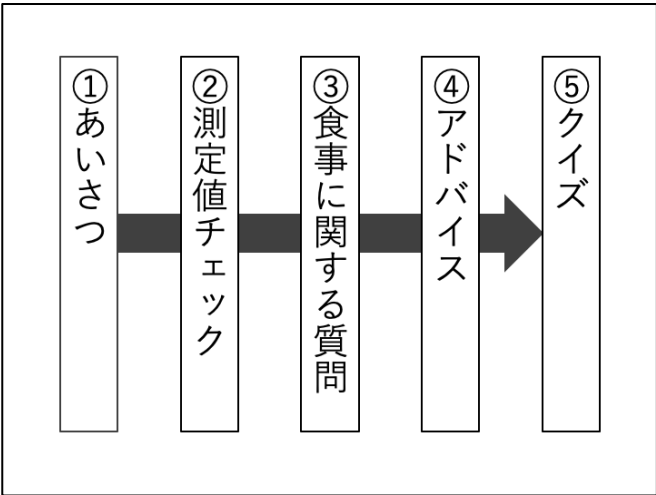


図 3 指導の全体の流れ

“①あいさつ”では、「はじめまして. ロボホンやで.」「こんにちは. ○○さん, 元気やった?」「今日はラジオ体操やった?」など方言を用いて、自己紹介と簡単な会話を行う。これによって、被験者との心的距離を近くし反応性を高めることで、スムーズな指導を促す。

“②測定値チェック”では、ロボホンからその日の血圧または血糖値等（自身で測定できる検査値）を被験者に尋ね、以下の表 1 のように測定値によって返答を変える。これによって、継続的な測定と健康意識の向上を促す。

表 1 測定値に対応する返答

項目	返答内容
基準値以上	「ぼく、ちょっと心配やで。」 「病院に行ってみたらどうやらか?」
基準値未満	「とても良い数値やで。」 「気を抜かず測定していこう。」

“③食事に関する質問”では、薬剤師や管理栄養士からの質問をロボホンから被験者に尋ね、回答してもらう。ロボホンから尋ね、ロボホンに返答する形式を取ることで、被験者が回答する際の心的負担を減少させる狙いがある。

“④アドバイス”では、その日の測定値、質問に対する返答内容に応じて管理栄養士からのアドバイスをもらう。

“⑤クイズ”では、血圧または血糖値に関する知識についての正誤問題を被験者に投げかけ、解答を判定

する．これによって、血圧や血糖値に関する正しい知識の獲得を促す．

3.2.1 司会者としての役割

本研究では、ロボホンが司会者としての立場で指導を進行することとした．司会者の役割として、緩衝役と進行役の 2 点が挙げられる．

まず、管理栄養士と被験者という 2 者間の対話ではなく、ロボホンを介入させ 3 者間の会話にすることで、ロボホンが緩衝役になると考えられる．互いに伝えにくいことを、ロボホンを介して伝えることで、互いの心的負担を減らす効果があると考えられる．

また、ロボホンが進行役として指導を進めることにより、患者に聞くべきことを漏らさずに聞くことができ、スムーズな指導につながると考えられる．そして、管理栄養士は、専門的な指導に注力することができるので、より効果的かつ適切に指導を行うことができると考えられる．

3.2.2 方言の利用

本研究では、ロボホンが方言（関西弁）を話すようプログラミングする．今回の実験は、関西で行われること、被験者が関西に馴染みがあり、普段から関西弁を話していることから、本研究では、方言として関西弁を用いることとした．

先述のように、地域の独自性が強い方言を話すロボットに対しては、人間の反応性が高まるという報告がされている．そのため、方言にすることによって、被験者との心的距離を縮め、スムーズな指導を促すこととした．

3.2.3 WOZ (Wizard of Oz) 法

本研究では、ロボホンを用いたアプリケーションの構築手法として、Wizard of Oz (WOZ) 法を用いた．WOZ 法とは、不完全なシステム、または開発中のシステムにおいて、システムのふりをした人間が、ユーザと対話するというものである．これは、完全には開発されていないシステムの挙動をシミュレートするのに適した手法であるとされている⁽¹¹⁾．

本研究では、オンラインビデオ通話を介しての対話であったことと、ロボホンの音声認識機能の性能を考慮して、WOZ 法を採用した．被験者の応答を予測してあらかじめいくつかの選択肢を用意しておき、人間が選択する．

4. 研究方法

4.1 実験方法

本研究では、オンラインでのスムーズな指導を促すためのロボットを用いたアプリケーションを開発し、その有効性を検証することを目的とする．

4.1.1 対象者

本実験は、血圧値や血糖値に不安を抱える 2 名（男性：1 名、女性：1 名）を対象に研究への同意を得て実施した．40 代男性（以下被験者 A）は、血圧値に不安を抱えており、食事は不規則で運動習慣は特になかった．50 代女性（以下被験者 B）は、血糖値に不安を抱えており、健康意識は高く、規則的な食事と運動を行っていた．なお、本研究は筆頭研究者の所属する大学の倫理委員会の承認を得て実施した．

4.1.2 実験手順

本実験の流れを図 4 に示す．指導前に 1 週間、被験者自身で血圧値または血糖値の測定・記録を行う．指導は、図 5 のように Web 会議サービス「Zoom」を用いて実施した．1 回の指導時間は最長 19.5 分、最短 6 分で、被験者 2 人の平均指導時間は 12.15 分だった．

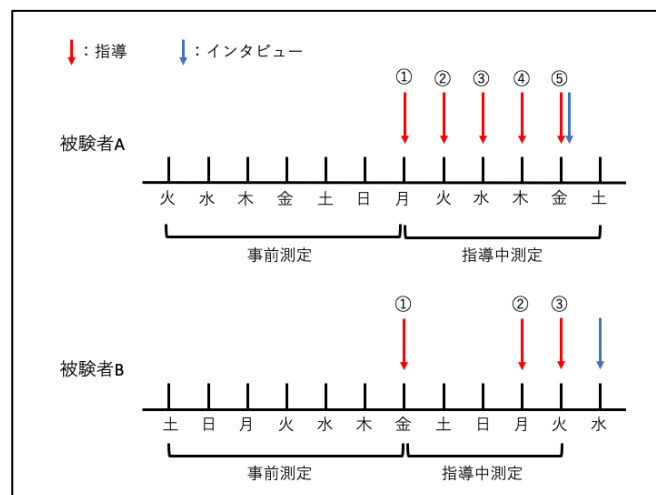


図 4 実験全体の流れ

被験者 A に対しては、血圧に関する指導を行った．5 日間連続で指導を行い、被験者は職場から Zoom をつないで指導を受けていた．

被験者 B に対しては、血糖値に関する指導を行った．ある金曜日、月曜日、火曜日に指導を行った．土曜日、日曜日は指導を行わなかった．被験者は、1 回目と 2 回目の指導では職場から、3 回目は自宅から Zoom を

つないで指導を受けていた。



図 5 Zoom を用いた実験（指導）の様子

4.2 評価方法

実験の評価において、指導の有効性については、指導前後の血圧値・血糖値の比較を行い、評価することとした。また、正しい知識の獲得、スムーズな指導については、被験者・管理栄養士それぞれに実験後インタビューを実施し、評価することとした。

5. 結果

本実験は、オンライン指導において、ロボットの介入がスムーズな対話を促進することで、患者の行動変容につながるかどうかを検証するためのものである。

指導後の測定値においては、被験者 A、B ともに測定前よりも改善された。また、実験後のインタビューにおいて、被験者がロボットに対する親近感を感じていたことが確認でき、管理栄養士に対するインタビューからは、ロボットの介入がスムーズな指導を促したことを確認することができた。

5.1 指導前後の測定値

各被験者の測定値の推移を図に示す（図 6、図 7）。

被験者 A では、指導前 1 週間の最高血圧の平均値が 155.8mmHg、最低血圧の平均値が 100.2mmHg であった。指導を行った後 5 日間の最高血圧の平均値は 131.8mmHg、最低血圧の平均値は 94.2mmHg と、指導前に比べてどちらも数値が低下した。

被験者 B では、指導前 1 週間の血糖値の平均値が 97.4mg/dL であった。指導介入後（土日を含む）4 日間の血糖値の平均値は 91.8mg/dL と指導前と比べて数値が低下した。

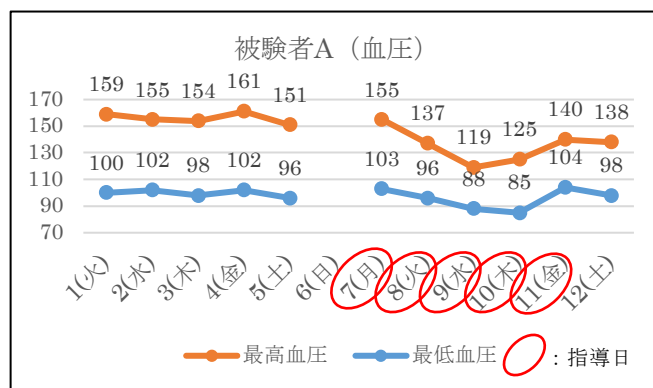


図 6 被験者 A の血圧の推移

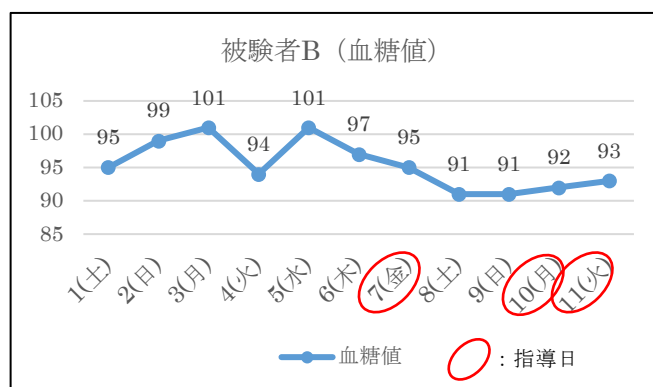


図 7 被験者 B の血糖値の推移

5.2 事後インタビュー

被験者と管理栄養士それぞれに、実験後インタビューを行った。

被験者に対する事後インタビューの質問項目と回答方式、回答結果を表 3 に示す。「ロボットの介入前と比べて、血圧 or 血糖値に関する知識は深まりましたか？」という質問に対して、2 名ともに 5 段階評価（5 が最高評価）で 4 と回答した。その他の質問項目においては、2 名ともに最高評価の 5 と回答した。

ロボットと触れ合ったことへの感想と改善点についての自由回答においては、以下のような回答を得ることができた。「人見知りなので、ロボットに話す方が話しやすかった。」「返答が遅いこともあったが、それも愛嬌だと思った。」「自分が好きな時にロボットと話せたらいい。」「指導の中で出てきた知識に関するクイズを出してくれると良かった。」

管理栄養士に対する事後インタビューから、「ロボットに合わせて落ち着いて話すことができていた。」「言いづらいことも、ロボットが伝えてくれた」などの良かった点と「会話のタイミングが難しい」などの改善点が挙げられた（表 4）。

表 3 事後インタビュー項目と回答結果

	項目	回答方法	回答結果	
			A	B
Q1	日常的に血圧/血糖値を測定していますか？	1 はい 2 いいえ	2	2
Q2	ご自身の血圧/血糖値を把握できましたか？	1 はい 2 いいえ	1	1
Q3	正常値を把握できましたか？	1 はい 2 いいえ	1	1
Q4	ロボットに親しみやすさを感じましたか？	5 段階 リッカート法	5	5
Q5	健康への意識は高まりましたか？	5 段階 リッカート法	5	5
Q6	血圧/血糖値に関する知識は深まりましたか？	5 段階 リッカート法	4	4
Q7	今後もロボットとのやり取りをしたいですか？	5 段階 リッカート法	5	5

表 4 管理栄養士へのインタビュー

良かった点
ロボットからの質問は興味を持つきっかけになる。
ロボットがゆっくり話すので、落ち着いて話すことができる。
言いづらいことも、ロボットが伝えてくれる。
改善点
ロボットとの会話のタイミングが難しい。
長文になると聞き取りづらい。
将来に役立つこと
ロボットとのやり取りは印象に残るため行動変容につながる。

6. 考察

被験者 2 名とも、指導介入によって指導前よりも測定値が改善されていたことから、本研究で用いた方法が、効果的な指導であったことが示唆された。今回は、測定値を得られたのは実験直後までであった。そのため、継続的に血圧・血糖値を測定することにより、この食事指導が生活習慣に与える影響を継続して検証する必要がある。

また、コミュニケーションロボットの活用が、オンライン指導においてスムーズな対話を促すことが示唆された。被験者に対するインタビューから、「ロボットに話す方が話しやすかった」「関西弁が可愛かった」という意見を得ることができた。また、管理栄養士に対するインタビューからは、「言いづらいことをロボットが伝えてくれた」という肯定的な意見を得ることができた。このことから、心的距離が縮まりにくいとされるオンライン指導において、方言（関西弁）を話すコミュニケーションロボットを導入させることで、効果的な指導を行うことができたと考えられる。実験直後の事後インタビューにおいては、先述の結果の通り、2 名ともに健康意識の向上が確認できたが、今回は継続した指導・観察にまでは至っていない。生活習慣病患者に対する指導は継続的に行い、行動変容を確認していくことが必要であるので、今後、適切な指導時間・指導頻度の検討が必要である。

被験者向けの事後インタビューの中には、「返事が遅かった」「会話のタイミングが難しかった」という意見があった。ロボホンは正面からの音声を取り取るという特性から PC から出力される音声に反応することが難しく、本研究では、すべての対話において WOZ 法を用いていたことがその理由として挙げられる。特に、被験者が「はい／いいえ」で答えるような簡単なやり取りにおいて、ロボホンと実際に対面して話す時よりも応答スピードが落ちてしまい、会話のタイミングの難しさを生み出すことになってしまった。今後の改善点としては、スピーカーの位置を変えるなどして、簡単な会話に関しては、WOZ 法を用いるのではなく、自動化することが挙げられる。

7. まとめ

生活習慣病患者に対する指導では、薬剤師による服薬指導だけでなく、管理栄養士と連携した栄養・食事指導も必要である。また、オンライン指導の重要性も高まっており、本研究では、コミュニケーションロボットを活用し、新たなオンライン指導方法を提案し、その有効性を検証した。実験において、指導後に被験者の血圧・血糖値が改善されたことから、今回提案した指導方法が、患者の行動変容につながったことが示

唆された。さらに、ロボットの介入が被験者と管理栄養士との心的距離を縮め、スムーズな指導を促すことにおいても有効であることが示唆された。被験者からは、「今後もロボットとのやり取りを続けたい」等の肯定的な意見が聞かれた。

一方で、「会話のタイミングが難しい」等の課題点も意見として聞かれた。今後は、アプリケーションの改良とともに、指導時間、指導頻度、指導のタイミングなどの条件を合わせた実験が必要であると考え。

参 考 文 献

- (1) 厚生労働省：“「健康日本 21（第二次）」中間評価報告書（案）」，
<https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000344232.pdf>
(2020 年 8 月 17 日確認)
- (2) 血糖トレンド委員会：“新型コロナウイルスがもたらした健康への気になる影響”
<https://kettotrend.com/pressrelease/pdf/Ketto-Trend-Survey-Corona.pdf>
(2020 年 8 月 17 日確認)
- (3) 厚生労働省：“医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律等の一部を改正する法律の交付について”
<https://www.mhlw.go.jp/hourei/doc/tsuchi/T191206I010.pdf>
(2020 年 8 月 17 日確認)
- (4) 安藤成紀, 伊藤裕之, 田中麻理, 津上笑美子, 荒木理瑛, 松本涼子, 西尾真也, 阿部眞理子, 安德進一, 三舩瑞夫, 当金美智子：“2 型糖尿病患者における残薬の現状と背景因子：アンケート調査による断面調査”，日本糖尿病学会誌第 61 巻第 6 号 pp.375-381(2018)
- (5) 藤森琴佳, 榊田聖子, 真嶋由貴恵, 中村裕美子：“認知症高齢者への対応方法を実践的に学ぶための小学生向けロボット教材の開発と評価”，JSiSE Research Report vol.34, no.7(2020-3)
- (6) 長谷川隼平, 真嶋由貴恵：“ロボットを活用した VDT 症候群予防における効果—作業中の意識喚起を通して—”，教育システム情報学会誌 Vol.37, No.1 2020 pp.50-55(2020)
- (7) 中川佳弥子, 篠沢一彦, 松村礼央, 石黒浩, 萩田紀博：“ヘルスケアロボットへのパーソナリティ付与による説得効果”，第 9 回情報科学技術フォーラム, pp.89-92(2010)
- (8) 青野篤子, 沖俊任, 香川直己, 青木美保, 三宅正太郎, 脇忠幸：“「ロボコミュニケーション」における方言と動作の役割”，福山大学人間文学部紀要第 15 巻, pp.12-26(2015)
- (9) 石黒奎太郎, 真嶋由貴恵, 川原淳, 南野早芸, 金谷崇志：“アドヒアランスの困難さに着目した服薬指導プログラムの開発とロボットの活用”，第 42 回教育情報システム情報学会全国大会講演論文集, pp.213-214(2017)
- (10) 長沢忠郎, 田上文俊, 江口悟史, 小柳津拓也, 篠原秀俊：“人に寄り添う IoT を実現する対話システムの紹介”，人工知能学会研究会資料 SIG-SLUD-B5-02, pp.49-50(2017)
- (11) 岡本昌之, 山中信敏：“Wizard of Oz 法を用いた対話型 Web エージェントの構築”，人工知能学会論文誌 17 巻 3 号 SP-F, pp.293-300(2002)

ウィズコロナ環境で大学生はどのように学んでいるか:

学習支援システム開発へのヒント

松田岳士^{*1}, 近藤伸彦^{*1}, 渡辺雄貴^{**2}, 重田勝介^{***3}, 加藤浩^{****4}

^{*1} 東京都立大学, ^{**2} 東京理科大学, ^{***3} 北海道大学, ^{****4} 放送大学

How Students Learn During the COVID-19 Pandemic: Tips for the Development of Student Support System

Takeshi Matsuda^{*1}, Nobuhiko Kondo^{*1}, Yuki Watanabe^{**2}, Katsusuke Shigeta^{***3},
Hiroshi Kato^{****4}

^{*1} Tokyo Metropolitan University, ^{**2} Tokyo University of Science,

^{***3} Hokkaido University, ^{****4} The Open University of Japan

The purpose of this study is to investigate the learning activities of undergraduate students during the COVID-19 pandemic and to get hypotheses for the development of student support system. A survey was sent to 30 undergraduate students from four universities to ask about their learning experiences in the mid-June. The following hypotheses can be made for system development. First, there should be a greater level of support for first years than for second and third years, as when students enter university, they focus on earning credits. Second, third year students who have no study time and have stopped planning their learning also need to be advised.

キーワード: 自己管理学習レディネス, 学習計画習慣, オンライン学習, 意思決定支援

1. はじめに

新型コロナウイルスによる感染症の拡大によって、2020年度、ほとんどの大学の授業はオンラインで提供され、在学生の多くはウェブ会議システムなどを用いて在宅学習をしていた。つまり、前年度までから学生の学びは一変し、しかも後期に入っても在宅学習が続く可能性が高い。しかし、8月下旬時点で、学生に対する学習支援の事例はほとんど報告されておらず、報告されていたとしても、多くがノートパソコンやWi-Fiルータの貸与など学習環境の整備にとどまっている(1, 2)。また、海外におけるCOVID-19への対応をまとめた事例集においても、学生の実態をベースにした学習支援までには至っていない(3)。

著者らはこれまで、大学が保有する教学IRデータを用いた学生の履修科目選択支援システムを開発してきた(4)。2020年度は、さらに他のアカデミックな意志

決定も支援するシステムの開発を予定していたが、現状を反映したシステム設計のためには、在宅学習の実態を把握するための調査が必要であると考えた。

2. 目的と方法

2.1 目的

本研究の目的は、オンライン授業を受講する学部生の学習実態を把握し、学生を支援するシステムの設計のための示唆、あるいは仮説を得ることである。

2.2 研究方法

2.2.1 対象

国公立4大学に所属する学部生合計30名を調査の対象とした。調査時点(6月中旬)で、4大学とも授業がオンライン化されてから1か月以上経過していた。学生は自由意思に基づいて参加した。学年ができるだけ分散するように配慮したが、4年生は授業がほとん

どなく、就職活動や卒業研究が中心となるため募集対象としなかった（表 1）。

表 1 調査参加者一覧

大学	1 年	2 年	3 年	計
A (公立)		8	11	19
B (国立)	2			2
C (私立)	4	3		7
D (私立)			2	2
計	6	11	13	30

2.2.2 方法

調査は、6 月 13 日から 19 日にかけての 7 日間で実施された。この間、参加した学生は、所定の Excel シートにライブ授業出席を含む学習時間と学習内容を書き込むように指示された。記入するのは、授業と関係あるかどうかに関係なく、学生自身が学びとみなせるものすべてである。また、調査期間後には、事後アンケートへの回答を求められた。アンケートの主な内容は、①計画を立ててから学習をするか、②授業の選択基準、③自己管理学習レディネス尺度（Self-Directed Learning Readiness Scale; SDLRS）、④成人キャリア成熟度尺度、⑤オンライン授業の利点と改善を求める点である。このうち③は日本語版の SDLRS 簡易版(5)（16 項目、5 段階リッカートスケール）を用いた。

本研究では、学生に対するアドバイスシステムを設計するという観点から、学生をいくつかの基準で分類し、カテゴリごとに支援に役立つ特徴がみられるかどうかを検討する。具体的には、学年、授業と関係ない学習の状況、学習計画習慣の有無という 3 つの分類基準を設定して、学習履歴やアンケート結果を比較する。

3. 結果

まず、学生全員の結果のうち主なものを表 3 に記す。以下、前章で挙げた分類基準ごとの結果を述べる。

表 2 結果概要 (N=30)

指標		合計	平均*
学習回数		800	26.67
累積学習時間（時間:分）		1,170:17	39:00
学習機会 1 回あたりの時間			1:27
授業に関係ない学習時間		215:06	7:10
履修している授業コマ数		361	12.03
SDLRS (5 段階)	2. 自分一人ではうまく学習できない		3.31
	13. 学習は楽しい		3.83

*学生一人あたりの平均値（「学習機会 1 回あたりの時間」を除く）、表 3 以降でも同様

3.1 学年の影響

学年による相違が幅広く観察された。学年が進むにつれて増加したのが、累計学習時間、学習 1 回あたりの学習時間、授業に無関係な学習時間、学習計画習慣がある学生の割合、「学習は楽しい」と考える学生の割合であった。反対に学習回数や受講している授業のコマ数、アンケート回答として「自分一人ではうまく学習できない」と考えている学生の平均値は 1 年生が最多であった（表 3、図 1-3）。

表 3 学年別平均時間（時間：分）

学年	累積	学習 1 回あたり	授業に関係ない学習
1 年	35:47	1:18	2:35
2 年	37:29	1:32	6:32
3 年	41:47	1:38	9:49

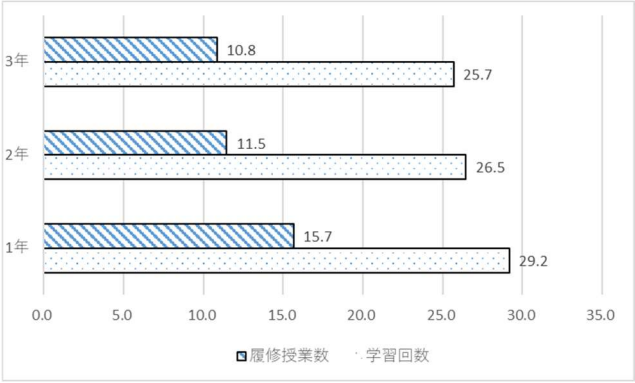


図 1 学習回数と履修授業数の平均値

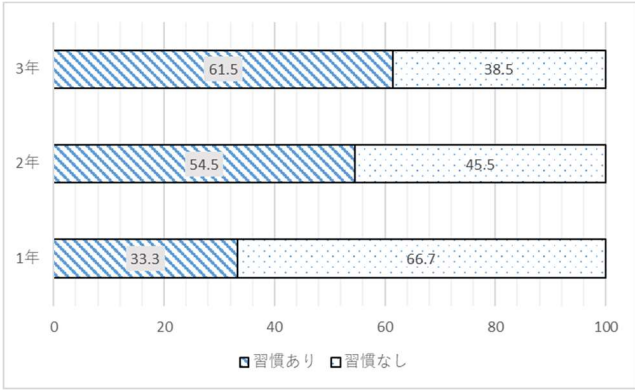


図 2 学習計画習慣の有無

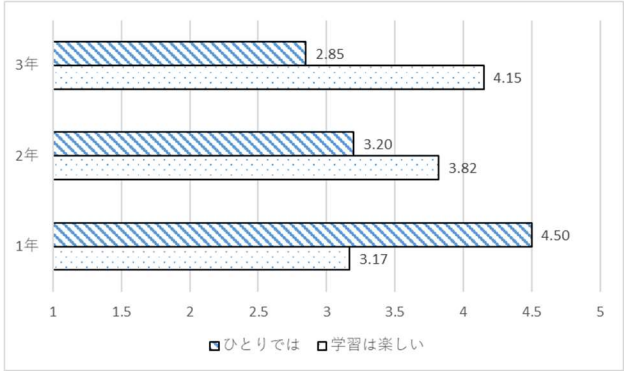


図 3 SDLRS（表 2 中の 2 項目）の平均値

3.2 授業と関係ない学習の状況

授業と関係のない学習をどの程度するのかは、自律的な学習に取り組んでいる程度を知るための観点であると考えた。そこで、授業と関係ない学習時間がまったくない学生 7 名と、授業と関係ない学習時間が多い方から四分の一に含まれた 7 名の学生を比較した。

まず、先述した学年の影響を考慮して、各グループの学生の学年構成を確認したところ、授業関連以外の学習時間がなかったグループは 3 年 3 名、2 年 2 名、1 年 2 名で、授業と関係ない学習時間が多かったグループは、3 年生 5 名、2 年生 2 名であった。したがって、後者は 3 年生の特徴をある程度反映しているものの、前者は学年の影響をほとんど受けていないと考えられる。

これを念頭に両グループの結果を比較すると、表 4、図 4、5 に示されたように、学年の効果とは異なる傾向が見られた。授業と関係のない学習を全くしない群と、授業と関係ない学習を多くしている群の間で平均値に差がみとめられたのは、累計学習時間、合計学習回数、SDLRS2 項目への回答であった。

一方、学年間で差があった履修している平均授業数（両群の差 1.4）、学習 1 回あたりの平均学習時間（両群の差 1 分）、学習計画習慣がある学生の割合（どちらも「あり」群が 71.4%）は、ほとんど同じか、まったく同じであった。

表 4 平均学習時間（時間：分）

授業に関係ない学習	累積学習時間	学習 1 回あたり	授業に関係ない学習
全くなし	27:20	1:30	0
上位 1/4	45:51	1:31	20:46

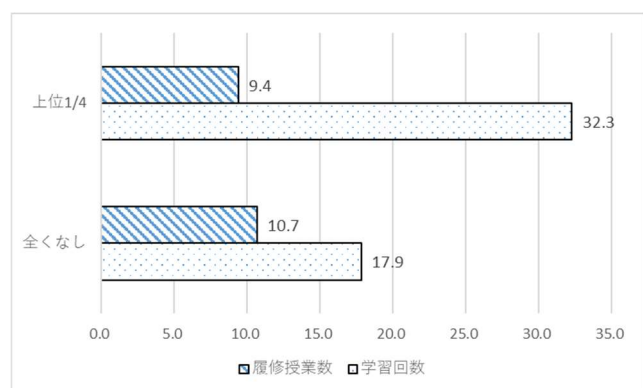


図 4 学習回数と履修授業数の平均値

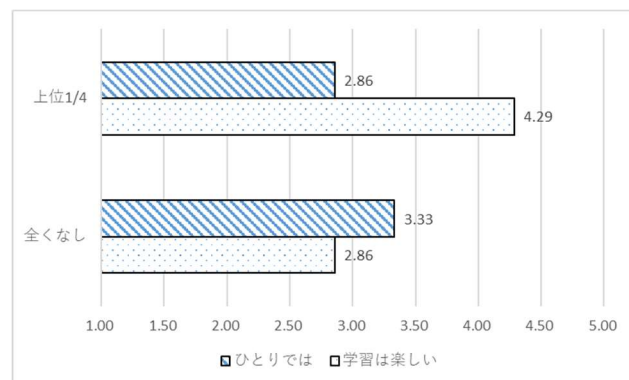


図 5 SDLRS（表 2 中の 2 項目）の平均値

3.3 学習計画習慣

先行研究によると、学習する際に計画を立てるかどうかは学習者の自律性に関係ある(6)。また、学習計画を立てる習慣を持つことは学習自体を習慣化する重要な要素である(7)。さらに、本研究では実質的に全授業がオンライン化された影響も確認しようと試みた。

したがって、全学習者を「昨年度までも学習計画習慣があり、現在もそうである」グループ 7 名（タイプ 1；3 年生 5 名・2 年生 1 名・1 年生 1 名）、「昨年度までは学習計画を立てていなかったが現在は立てるようになった」グループ 9 名（タイプ 2；3 年生 3 名、2 年生 5 名、1 年生 1 名）、「昨年度までは学習計画習慣があったが、現在は計画を立てていない」グループ 5 名（タイプ 3；3 年生 2 名、1 年生 3 名）、「昨年度も現在も学習計画を立てない」9 名（タイプ 4；3 年生 3 名、2 年生 5 名、1 年生 1 名）の 4 群に分けて比較した。

結果的に、累積学習時間、学習回数、「自分一人ではうまく学習できない」（逆転項目）などでタイプ 1 が最も高い値を示した（表 5、図 6, 7）。特に授業と関係ない学習時間は他のグループの 2 倍以上の長さであった（表 5）。タイプ 3 は累計学習時間、1 回あたりの学習時間、授業と関係ない学習時間、「自分一人ではうまく学習できない」において最低であり、授業と関係ない学習時間は他のタイプと比べて非常に短かった。「学習は楽しい」は、タイプ 4 で最高値を示した。

表 5 タイプ別平均学習時間（時間：分）

タイプ	累積学習時間	学習 1 回あたり	授業に関係ない学習
1	43:39	1:33	15:43
2	38:57	1:25	5:20
3	31:08	1:15	1:36
4	39:49	1:33	5:26

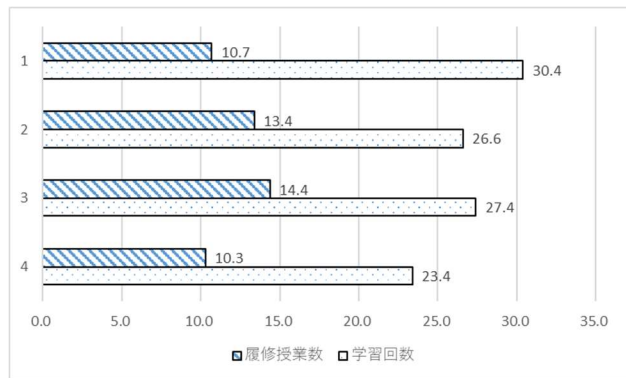


図6 学習回数と履修授業数の平均値

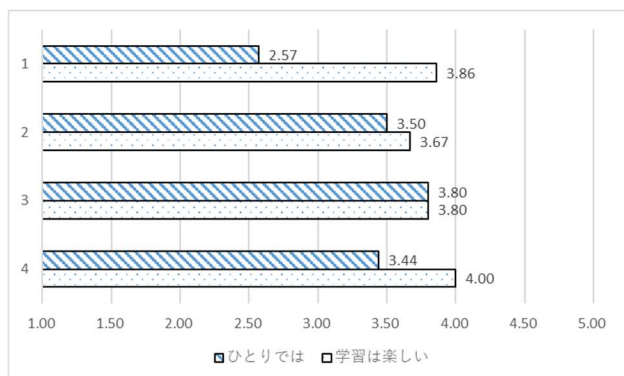


図7 SDLRS（表2中の2項目）の平均値

4. 考察

4.1 学年の影響

学年が進むにつれて、1回あたりの学習時間が延びて、合計の学習時間が増えている。また、授業に関係のない学習時間を比較すると3年生の平均は1年生の3倍以上である。SDLRSにおいても、1年生と3年生では差がみられ、より詳しく確認すると、16項目のうち、因子5(自己コントロール)および7(前向き姿勢)に含まれる合計3項目だけ1年生の平均値が最高であった。

このような違いの原因はいくつか考えられる。例えば、3年生になると必修単位が減ると同時に、専門科目が中心となり、研究室に所属するケースが多く、さらに就職先や進学先を現実問題として捉えるようになる。そのため、結果的に、学年が進むにつれて全般的なSDLレディネスのうち、学習への愛着、責任感などが高まる一方で、選択科目が多く、将来の可能性が定まっていない1年生時点では高い値を示す自己効力感や将来への期待感は、3年生では低下する傾向があるという解釈も可能である。

4.2 授業と関係ない学習の状況

授業に関係のない学習をまったく行わなかった学生と多く行っていた学生の間には、履修している授業数や1回あたりの学習時間に差がないにもかかわらず累積学習時間や学習回数に差があった。また、累積学習時間は授業に関係のない学習をしなかった学生の累積学習時間に、授業に関係ない学習時間を加えた時間に近かった。つまり、授業に関係ない学習をしている学生は、履修している授業に関する学習を他の学生と同じレベルでこなしたうえで、追加的に授業に関係ない学習をしていることになる。

少なくとも授業に関係ない学習をしなかったグループに学年の効果は表れていないので、このような差が発生した理由として、「学習を楽しい」と考えているかどうかや、「一人でうまく学習できる」かどうかのようなSDLレディネスの影響があると考えられる。さらに、次の段落で考察するように、元々計画を立ててから学習する習慣があったかどうかにも影響していると推測できる。

4.3 学習計画習慣

ここでは、学習習慣から学生を4グループに分けて、それぞれのグループの傾向を確認した。この分類の影響が最も大きく表れたのが、授業に関係ない学習時間であり、最も長いタイプ1と最も短いタイプ3では10倍ほどの差があった。それ以外にも学習時間・学習回数に関する複数の値でタイプ1とタイプ3は対照的な結果を示した。したがって、オンライン授業開始前から調査時点まで一貫して学習計画習慣がある学生と今年度オンライン授業が始まってから学習計画の習慣を放棄した学生は、異なる傾向を示したことになる。

なお、このような傾向は、学年の影響を受けているとも考えられるが、タイプ1とタイプ3の差が、学年の差より大きい項目が複数あることや、両グループに1年生も3年生も含まれていることから、学習計画習慣の影響の方が強いと示唆される。

5. まとめと課題

5.1 システム開発に対する示唆

システム開発に対しては、次のような仮説が考えられる。まず、1年生に対する支援は、他の学年よりも

手厚くすべきである。特に、大学入学後に自ら学習計画を立てることをやめて、大学での単位を取ることに専念している場合には注意が必要である。次に、3年生であっても授業に関係ない学習時間がまったくない学生やオンライン授業になってから学習計画を立てることをやめた学生に対しても、理由によっては支援をする必要がある。

学習時間と学習回数については、それらだけから適切な値を導き出すことができないので、学期終了後の学習成果、例えば成績や資格取得状況と比較検討をして、良い成果をあげた学生の特徴を整理してモデル化し、システムの設計に反映すべきである。

5.2 残された課題

本研究は、システムの開発のヒントを得ることを目的としているため、速報性を重視して、限られた人数を対象にデータを収集し、各種の統計的検定をするには不十分な人数を対象とする調査に基づいた結果をまとめたものである。当然、その知見は、システム開発における仮説レベルにとどまり、一般化することはできない。

本格的なシステムの設計に入る前に、成績や本調査以降の学習状況に関する追加データを収集して、仮説を検討すべきである。その際、さらに多くの学生を対象とした調査をして、信頼性を高めるようにする必要がある。また、今回の調査参加者に対する追跡調査も重要である。特に後期以降、学生の学びの実態がどのように変化するのかについては詳細に検討したい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 19H01717 の助成を受けたものです。また、調査にご協力いただいた学生諸氏に感謝します。

参 考 文 献

(1) 明治大学,【緊急】オンライン授業に伴うノートパソコン及び Wi-Fi ルータの貸与について,
<https://www.meiji.ac.jp/koho/natural-disaster/6t5h7p00003417jg.html> (2020 年 8 月 25 日 確認)

(2) お茶の水大学,【緊急コロナ対策】学部 1 年生向け・長期貸出パソコン (Mac),
<http://www.cf.ocha.ac.jp/panda/rent/index.html>
(2020 年 8 月 25 日 確認)

(3) Ferdig, R. E., Baumgartner, R., Hartshorne, R., Kaplan-Rakowski, R. and Mouza C. : “Teaching, Technology, and Teacher Education During the COVID-19 Pandemic: Stories from the Field”, Association for the Advancement of Computing in Education, Waynesville, NC (2020)

(4) 松田岳士, 近藤伸彦, 渡辺雄貴, 重田勝介, 加藤浩: “履修科目選択支援システム DSIR の改善を目指す評価”, 日本教育工学会論文誌, 44(Suppl.), 印刷中, (2020)

(5) 近藤伸彦, 松田岳士, 渡辺雄貴, 重田勝介, 加藤浩: “自己管理学習レディネスと目標設定に基づく科目選択支援システムの開発”, 第 7 回大学情報・機関調査研究会論文集, pp.100-105 (2018)

(6) Corno, L.: “Work Habits and Self-Regulated Learning: Helping Students to Find a ‘Will’ form a ‘Way’”, in Motivation and Self-Regulated Learning, Schunk, D. H. and Zimmerman, B. J. Eds. Lawrence Erlbaum Associates, New York, ch. 8, pp.197-222 (2008)

(7) Zimmerman, B. J.: “Motivational Sources and Outcomes of Self-Regulated Learning and Performance,” in Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance, Zimmerman, B. J. and Schunk, D. H. Eds. Routledge, New York, ch. 4, pp. 49-64 (2011)

SNS を活用した遠隔授業

ー異文化理解授業を例としてー

簡 珮鈴, 神戸学院大学

Utilizing social networks in teaching cross-cultural communication class online:a case study

Pei-Ling Chien, Kobe Gakuin University

日本における高等教育機関は、新型コロナウイルス感染拡大の影響に伴う休校措置を受け、2020 年初頭より、e-Learning による遠隔授業（オンライン授業）を実施することになった。これまで、そのほとんどを対面で行う授業しか経験を有さない教師にとって、こうした遠隔授業（オンライン授業）の実施は、かなり大きなチャレンジであると言えよう。本稿は、こうした点を踏まえ、大学生を対象とする SNS を活用した遠隔授業といった、今後において展開されよう、このような新しい授業形態の一助となるべく、SNS を活用した異文化理解授業について述べるもので、ここで取り上げる授業は、事後の授業満足度アンケートによれば、受講者が SNS を活用したこうした授業に満足していることが示されている。

キーワード: SNS, 遠隔授業, オンライン授業, 異文化理解

1. はじめに

ICT の急速な進化と普及に伴い、人々のコミュニケーションは、対面から、バーチャルな非対面なコミュニケーションに移行しつつある。また、無線 LAN とスマートフォンやタブレット等といったモバイル端末の普及により、自宅、あるいは職場にしながら、世界中の人々と意見交換をしたり、話題の共有をしたりすることができるようになってきている。特に、SNS というソーシャル・ネットワーキング・サービス (social networking service) の誕生とその普及は、従来の「メッセージの送信相手を明示的に指定する電子メール型のサービスと、特定の話題に興味を持つユーザーが集まり、交流するフォーラム形式のサービス」(大向, 2015, p.70) から、不特定多数の人間をネットワークにつなぎ合うといったコミュニケーション手段に変容している。こうした中、新型コロナウイルス感染拡大の影響を受け、日本における高等教育機関は、感染症対策に伴う休校措置の一環として、2020 年初頭より、e-Learning による遠隔授業（オンライン授業）を実施することになった。具体的には、ビデオ・Web 会議サ

ービスの Zoom, Microsoft Teams, Google Meet 等のアプリを利用し、受講者に遠隔授業を提供するといったものである。本稿は、新たな授業形態への展開の一助となるべく、上述した各種のアプリを利用して実施された遠隔授業の補完として実施した、SNS を活用した遠隔授業の試みについて述べるものである。

2. SNS について

中釜 (2020) によれば、日本国内で多く利用されている SNS の上位は、以下に示す表 1 のように、8,400

表 1 日本国内の SNS 利用状況について

媒体	ユーザー数	ユーザー層
LINE	8,400 万人	幅広い年齢層
Twitter	4,500 万人	10~30 代
Instagram	3,300 万人	10~20 代
Facebook	2,600 万人	20~40 代
TikTok	950 万人	10~20 代

(引用元: 中釜啓太, 2020)

万人のユーザーを持つLINEが1位で、以下、2位Twitter、3位Instagramがそれに続くとしている。また、表1から見れば、LINEが幅広いユーザー層であるのに対し、Instagramのそれは10～20代に集中している。また、その利用目的から見れば、スタンプでコメントをすることができるチャットや無料通話のアプリであるLINEが、主にメッセージのやり取りに使われているSNSであるのに対し、Instagramは、撮影した写真や、そうした写真を加工して投稿するSNSである。そして、LINEやInstagramのいずれも、いわゆるLive配信が可能である。ただ、LINEが、トークルームでのLive配信になるため、Live配信画面を全画面表示できず、撮影したものが見にくいといったデメリットがあるのに対し、Instagramは、Live配信画面を全画面表示することができる上、視聴者からのコメントがLive配信画面の画面に表示されるため、視聴者同士がリアルタイムで相互コミュニケーションすることができ、親近感や臨場感がもたらされやすいといったメリットがある。こうした点を踏まえ、本稿で取り上げる遠隔授業においては、利用するSNSとしてInstagramを選択した。

3. SNS Live 配信による異文化理解授業

Instagram Live 配信による異文化理解授業は、2020年5月26日（火）15:30～17:00 および同年6月2日（火）13:45～17:00（15分の休憩時間を含む）の、延べ4.5時間の授業を2週にわたり行った。対象は中国語を専攻している3年次生26人で、台湾・台南に所在する長栄大学より、中国語での異文化理解授業を提供してもらう。授業の概要は、台湾文化についての紹介である。具体的には、台湾の社会を構成する一要素である民間信仰としての閩南式お廟の紹介と、日本人が見た台湾をテーマとするトークセッションで、以下に示す表2のようなものである。

表2 異文化理解授業の詳細について

日付	日本時間	テーマ
5/26	15:30～ 17:00	閩南式のお廟の紹介&お廟の 管理者とのトーク

6/2	13:45～ 15:15 (15分の休憩 時間を含む)	日本人が見た台湾 ①古本屋を改装したホテル 「艸祭（ツァオジイ）」の紹介 &日本人3人によるトーク ②台南孔子廟の紹介&日本人 3人によるトーク ③台南の人気フルーツ店「莉 莉水果店（Lily Fruit）」の紹介 &日本人3人によるトーク
-----	--------------------------------------	--

続いて、各コンテンツについて、述べる。まず、閩南式のお廟についての紹介では、以下に示す図1、図2、図3左のように、歴史、建築様式、参拝の作法とマナーなどを中心とした説明や、図3右のように、担当教師とお廟の管理者2人とのトークセッションを実施し、受講者からの質問などに答えるなどとした。



図1 閩南式のお廟についての紹介ーその1

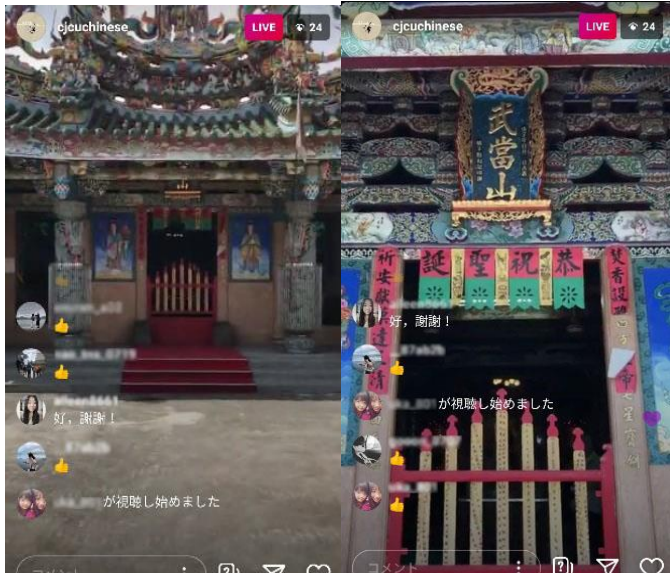


図 2 閩南式のお廟についての紹介—その 2

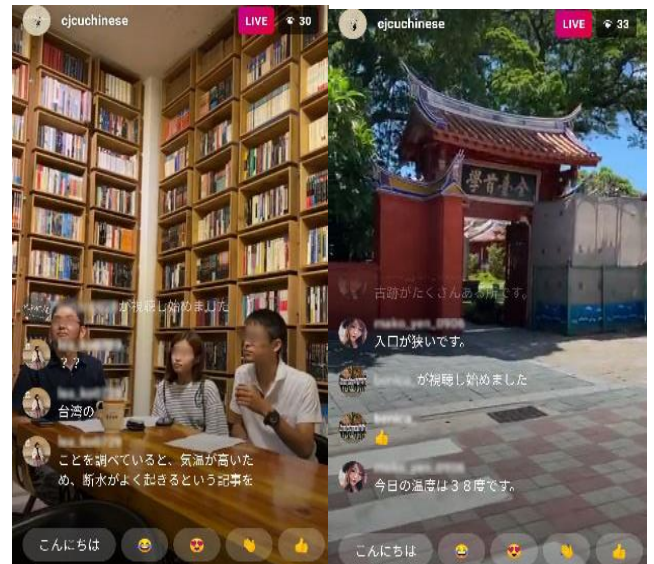


図 4 日本人が見た台湾—その 1

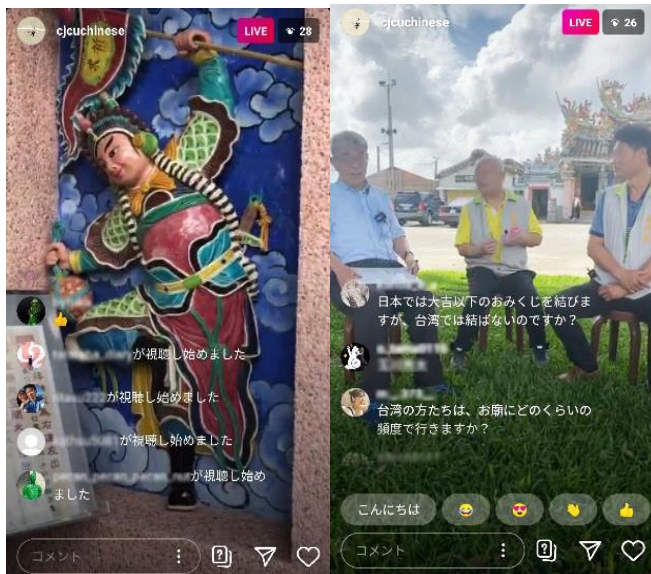


図 3 閩南式のお廟についての紹介—その 3

保坂 (2016) は、13 年間にわたり日中異文化理解教育に携わった経験から、異文化理解のための授業で、「日本と異なると感じる中国の文化」「中国と異なると感じる日本の文化」(p.105) といった事例を挙げることで、「異なる国の文化の紹介、つまり中国文化の紹介にとどまることなく学生が日本と中国の両国文化に向き合い、両者に通じるものと差異とに気づき、両国文化への関心と理解を深め、友好的関係を構築するよう導くことを常に心がけてきた」(p.104) とする異文化理解教育の方向性を示した。実際に、日台異文化理解教育においても、台湾人教師による異文化理解授業だけでは十分とは言えず、日本人からの視点も必要となる。

そのために、本稿における遠隔授業では、日本人が見た台湾をテーマとして取り上げるべく、観光スポットの hostel「艸祭 (ツァオジィ)」(図 4 左)、台南孔子廟 (同図 4 右、図 5 左)、台南の人気フルーツ店「莉莉水果店 (Lily Fruit)」(同図 5 右、図 6) を紹介しながら、現地在住の日本人や日本留学生が見る台湾はどのような国か、個人のの実体験に基づき、日本と台湾の相違点について述べている。

また、この異文化理解授業では、中国語学習との相乗効果を図り、リスニングによる大量にインプットを与えるべく、主に中国語で実施するが、受講者が理解

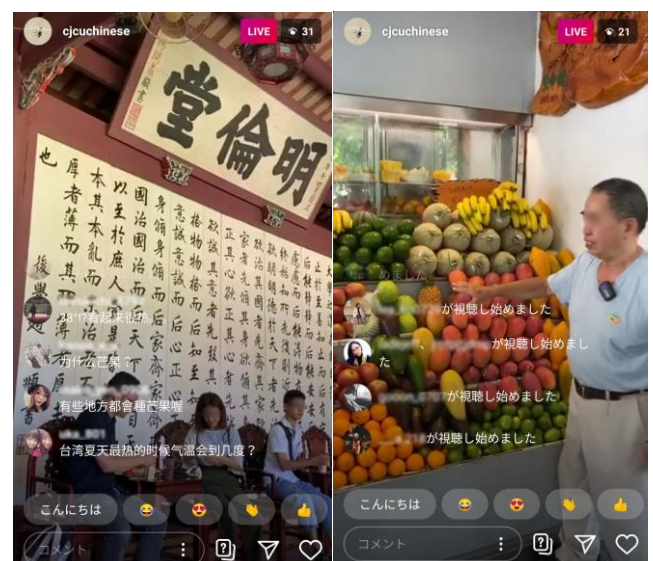


図 5 日本人が見た台湾—その 2



図 6 日本人が見た台湾ーその 3

しやすいように、話すスピードを配慮しつつ、双方向性ある授業が実現するように工夫をした。例えば、以下の図 7、図 8 のように、受講者は、Live 配信中に教師に対してメッセージを送信することで、いつでも質問したり、コメントしたりすることができるといった環境を整えた。

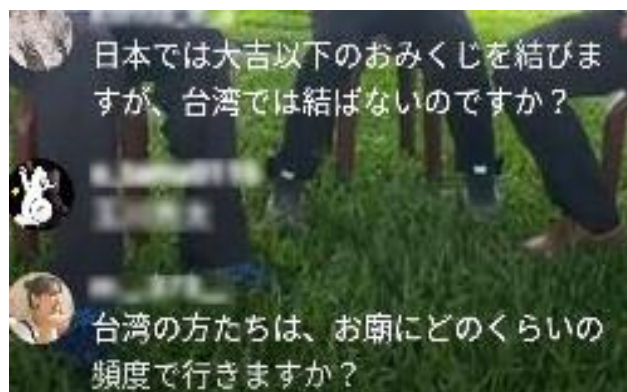


図 7 受講者からの質問・コメントーその 1



図 8 受講者からの質問・コメントーその 2

4. SNS Live 配信による異文化理解授業に対する受講者の反響

当該授業に対する受講者の反響を把握すべく、授業実施後、Google フォームを利用しアンケート（5 点満点の 5 段階評価）を行い、受講者に無記名での回答を依頼した。その結果、閩南式のお廟の紹介およびお廟の管理者とのトークについての Instagram Live 配信遠隔授業に対しての満足度は平均 4.12 点（N=22）、日本人が見た台湾については平均 4.68 点（N=23）を得た。また、具体的な意見や感想として「実際にお寺を見ることが出来てとても楽しかったです!インスタライブを使ってするのは新鮮でした!」「本当は現地に行って見たかったですけど、それと同じぐらい雰囲気を楽しめてよかったです!ありがとうございました!!」「日本人が感じたこととかを聞いてよかったです!また台湾に行きたくなりました!」「台湾にとっても行きたかった!お話されていた内容がとても明確で面白かったです。実際にみなさんが生活されている中での説明だったので台湾のことを深く知ることができたのではないかと思います」といった肯定的なものがある一方で、「Instagram のライブの授業は画期的で授業内容も良かったけど、音声途切れ途切れで聞き取りにくいところがありました」「インスタライブはライブなので台湾にいるかのように授業を受けられますが、少し電波が悪くて見づらかったです」「途中から見れなくなって再開するのにものすごく時間がかかった」といったものもあった。こうしたコメントから見れば、このような Live 配信授業では、コンテンツのみならず、安定した通信環境が必要である、電波が届きにくい環境での Live 配信を避けると同時に、授業をする側の教師だけではなく、授業を受ける側の受講者も、安定したネット環境の確保が重要であることが分かる。

5. まとめと今後の課題

遠隔授業は、物理的距離の障壁が取り除かれるため、異文化理解教育においては、さまざまな可能性を秘めていると言えよう。そして、その一端として、ビデオ・Web 会議サービスの Zoom, Microsoft Teams, Google Meet などのアプリを利用して提供された遠隔授業の補完として、SNS を活用した Live 配信授業の試みに

ついて述べたのが本稿である。現地に赴くことができない受講者は、こうした Live 配信授業を受けることにより、現地の風土、文化、習慣等を疑似体験することができ、異文化についての理解を深めることができよう。さらに、こうした SNS による Live 配信は、授業としての運用の他、受講者がゲストとして参加できる日台交流座談会のような催しを実施するなど、受講者は、Live 配信を視聴するといった受け身的な姿勢だけではなく、Live 配信に積極的に携わるといった、いわば「参加型」の異文化理解教育を受けることも可能であり、こうした点を今後の課題としたい。

謝辞

本稿「異文化理解授業」の実施にご協力いただいた、長栄大学華語文教育センターの皆さまに、この場を借りて感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 大向一輝: “SNS の歴史”, 通信ソサイエティマガジン, 第 34 号(秋号), pp.70-75 (2015)
- (2) 中釜啓太: “【2020 年 6 月更新】主要ソーシャルメディアのユーザー数まとめ”
<https://www.uniad.co.jp/260204> (2020) (2020 年 6 月 29 日確認)
- (3) 保坂律子: “日中異文化理解教育の試み”, 駒沢女子大学研究紀要, 第 23 号, pp.97-106 (2016)

Zoom のブレイクアウトセッション機能を利用した Unity のプログラミング演習の実践

曾我 真人^{*1}, 佐々木 直人^{*2}, 浅野 勇大^{*2}, 島 治季^{*2}, 清水 菜々子^{*2}, 竹中 裕樹^{*2},
増永 倫大^{*2}, 西 理沙^{*2}, 木許 滉祐^{*2}, 中島 彬^{*2}, 森 大樹^{*2}, 岡村 将生^{*1}, 河野 亜美^{*1},
木村 華奈絵^{*1}, 藤井 政宗^{*1}, 西田 暁人^{*1}, 日高 隼人^{*1}

^{*1} 和歌山大学システム工学部, ^{*2} 和歌山大学大学院システム工学研究科

The Practice of Unity Programing Exercise using Breakout Sessions of Zoom

Masato Soga^{*1}, Naoto Sasaki^{*2}, Yudai Asano^{*2}, Haruki Shima^{*2}, Nanako Shimizu^{*2},
Hiroki Takenaka^{*2}, Tomohiro Masunaga^{*2}, Risa Nishi^{*2}, Kosuke Kimoto^{*2}, Akira Nakashima^{*2},
Taiki Mori^{*2}, Masaki Okamura^{*1}, Ami Kawano^{*1}, Kanae Kimura^{*1}, Masamune Fujii^{*1},
Akito Nishida^{*1}, Hayato Hidaka^{*1}

^{*1} Faculty of Systems Engineering, Wakayama University,

^{*2} Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

We have performed Unity programing exercise using breakout sessions of Zoom as a synchronized online distance education. 18 learners joined the programing exercise from each home using Zoom and his/her PC. We divided 18 learners into 4 groups, so that each group consisted of 4 or 5 learners. Each group performed exercise of Unity programing instructed by 4 teaching assistants in each breakout session of Zoom. Therefore, learners were instructed in a careful manner. We conducted questionnaire survey after the exercise, and confirmed the effect of the practice.

キーワード: 遠隔教育, プログラミング教育, Unity, Zoom, 少人数教育

1. はじめに

和歌山大学システム工学部は, 2015 年 4 月に 5 学科制から 10 メジャー制に移行した. それに伴い, 学部 2 年生に進学時から第 1 メジャーと第 2 メジャーを選択するというダブルメジャー制をとっている. 教員は, いずれか一つのメジャーに所属する. 学生は, 研究室配属時に, 第 1 メジャーに所属する教員の研究室に配属される. 筆者は, 社会情報学メジャーに所属している. その社会情報学メジャー所属の学部 3 年生は, 前期に社会情報学セミナー 1 という演習科目を必修科目として履修しなければならない. この演習科目では, 社会情報学メジャーに所属する 5 研究室が, 持ち回りで演習授業を担当する. 社会情報学メジャーでは, 3 年

次の 7 月末に研究室配属を行うため, その前に行われる社会情報学セミナー 1 は, 実質上, 研究室をアピールする場としての演習授業となっているため, 各研究室は, 研究室での研究の基礎となるようなプログラミング演習を演習内容として設定している.

筆者らが運営しているインタラクティブデザイン研究室は, HCI と学習支援, そして, AR や VR の応用をおもな研究テーマとしている⁽¹⁻²⁾. そこでは, Unity を用いて研究を推進している学生や院生が多いため, 3 年前から, 社会情報学セミナー 1 の演習内容として, Unity のプログラミング演習を取り入れている. また, 当研究室にとどまらず, 近年, Unity を様々なシステムの構築に応用する事例が増えてきている⁽³⁾. このため, Unity を使ったのシステム構築手法を学ぶことは,

将来的に SE 職に就く可能性が高い社会情報学メジャーの学生にとっては有意義なことと言える。このような観点から、我々の研究室では社会情報学セミナー1の演習として Unity を用いたプログラミング演習を取り入れている。具体的には、Unity を用いてブロック崩しゲームを作成する演習である。

平成2年4月に、COVID-19による緊急事態宣言が発令されたため、和歌山大学でも、平成2年度前期の授業は、ゴールデンウィーク明けの5月7日からオンラインで開始された。社会情報学セミナー1の授業もオンラインで行うこととなったため、研究室の院生10名と学部生6名の合計16名（本原稿の共著者）がボランティアのTAとして参加し、Zoomを用いてオンラインのライブ演習授業として行った。

なお、関連研究として、つくば市の小学校を対象として遠隔でプログラミング教育を行う環境を構築し、2019年に実践したものとして文献(5)があるが、大学生を対象として Unity の本格的なプログラミング演習を遠隔でおこなった事例報告は、現時点では他になかったので、本報告には新規性があると思われる。

2. 演習授業の詳細

2.1 学習者と授業実施日

社会情報学セミナー1の演習授業では、社会情報学メジャー所属の3年生（一部に過年度生を含む）合計37名を18名と19名の2つのクラス、クラスAとクラスBに分け、それぞれ210分の授業を1週間の間において2回行った。具体的には、クラスAは、2020年6月2日（火）13:10~16:50と6月9日（火）13:10~16:50に実施し、クラスBは、2020年6月16日（火）13:10~16:50と6月23日（火）13:10~16:50に実施した。

2.2 授業の準備

和歌山大学では、BYODを実施しているため、学生は自身のノートPCを所有している。このため、学生が演習に使用する機器としては、そのノートPC、あるいは、個人で自宅に所有しているデスクトップPCを使用した。演習ではUnityの開発環境を利用するため、教員である筆者が事前に大学のMoodle上に演習授業用のコースを作成し、そこにUnityの環境構築の手順

を説明した音声解説付きのPPT教材を置き、演習日までに各学生のノートPCもしくはデスクトップPCにインストールして環境を整えておくようにMoodleからのメッセージ配信機能を利用して指示した。なお、Unityの環境構築のための音声付きPPTの作成は、筆者の中のB4生の西田が担当した。

演習の内容は、Unityを用いてブロック崩しゲームを作成するプログラミング演習である。事前に演習内容を説明するPPTを作成した。正確に言うと、このUnityを用いてブロック崩しゲームを構築する演習を行うことは、2017年から実践しており、今回が4回目である。このため、演習内容を説明する基本的なPPTは2017年に当研究室にて作成されており、それを毎年、改良を加えながら今年に至っている。図1に、その演習課題の説明PPTの中の、ブロック崩しゲームの壁を作成するための解説ページを例として示す。

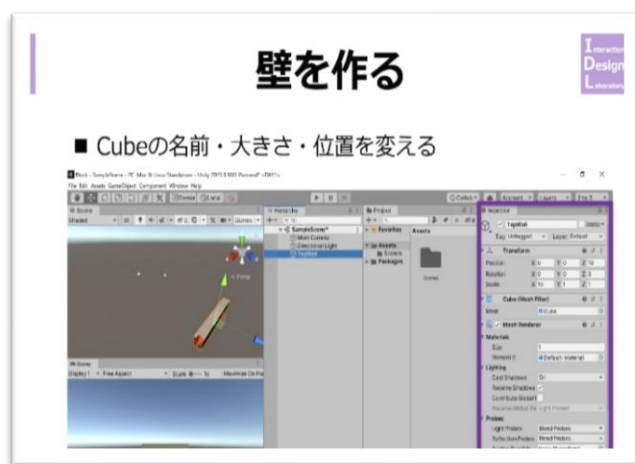


図1 作成した演習内容説明PPTのページ例

2.3 1回目の演習授業における演習の進め方

2.3.1 演習の意義の説明

1回目の授業では、まず、最初の10分を使って、教員の曽我がUnityの演習を行う理由を説明した。具体的には、「インタラクションデザイン研究室では、HCIとスキル学習支援、ARやVRの応用を研究テーマとしており、そこでは、卒研や修士研究でUnityを使っている学生、院生が多いため、Unityの演習を行う」ことを説明した。

2.3.2 Zoomのブレイクアウトセッション機能

Unity演習は、M2生の浅野がディレクターを担当し、Zoomセッションの起動から、ブレイクアウトセッションへの移行、ブレイクアウトセッションから全

体セッションへの移行などの制御を担当した。ブレイクアウトセッションとは、Zoom に備わっている機能で、Zoom ミーティングの参加者をいくつかのグループに分けて、それぞれが独立したセッションのようにふるまう機能である。あるいは、分割したセッションそれぞれをブレイクアウトセッションと呼ぶときもある。さらに、分割したセッションを部屋にたとえて、ブレイクアウトルームと呼ぶこともある。ここでは、ブレイクアウトセッションに移行した後の各セッションを短く「分割セッション」と呼ぶことにする。ブレイクアウトセッション進行時には、複数の分割セッションが同時並行で進行することになる。このときにある一つの分割セッションにいる参加者からは、他の分割セッションにいる参加者は見えないし、会話することもできない。このため、各分割セッションは、少人数教育に適している。

今回の演習では、18 人の学習者を 4 つの分割セッションに分け、ひとつの分割セッションあたり学習者は 4 名ないしは 5 名とした。もし、同じグループになりたい学習者がいれば、それを Moodle 上の希望表提出箱に事前申請するように学習者に指示した。事前申請があった学習者については、希望通り、同じグループになるように分割セッションを設定した。



図 2 Zoom 上の TA（16 名中 11 名のみ表示）

2.3.3 TA の配置

当研究室からは、M2 生 6 名、M1 生 4 名、B4 生 6 名の合計 16 名が TA として参加した。図 2 に Zoom 上に写った TA のシーンを示す。16 名を 4 つに分け、4 つの分割セッションに、それぞれ 4 名ずつの TA が参加した。M1 生 4 名（西、木許、中島、森）は、1 名ずつ、各分割セッションに参加し、PPT を使って Unity によるブロック崩しゲームの構築手順を説明する説明

担当者となった。そのほかの学年の TA は、なるべく同じ学年の TA が重ならないように参加した。教員の曽我は、全体を統括し、4 つの分割セッションについて、それぞれ 1 台ずつのノート PC を割り当て、合計 4 台のノート PC でモニタリングした。図 3 にそのモニタリングの様子を示す。

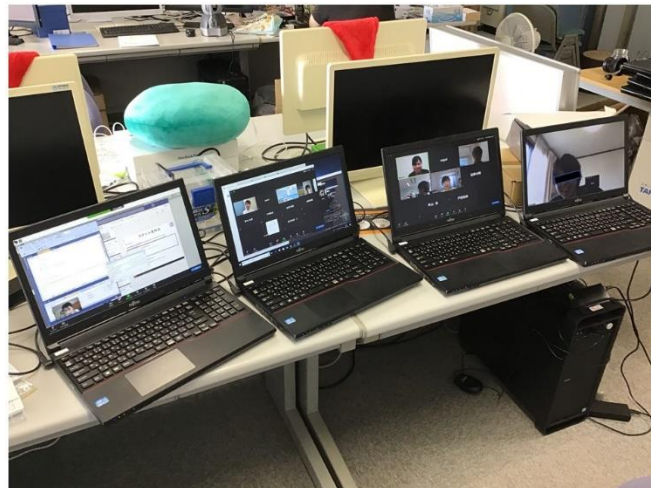


図 3 4 つの分割セッションのモニタリング風景

2.3.1 分割セッションのアイスブレイクでの自己紹介

全体セッションから分割セッションに移行直後に、それぞれの分割セッションごとに、アイスブレイクとして学習者、および、TA が自己紹介を行った。これは、グループワークにおいては、最初に自己紹介などを行うことにより、親密度を増したほうが、そうでないグループに比べて、学習効果が上がりやすいという関連研究⁽⁴⁾があるからである。具体的には、各分割セッションで、司会を竹中、清水、佐々木（以上 M2 生）、西田（B4 生）が担当し、ブラウザで使えるサイコロを回して、出た目のテーマを話し、TA 含む全員が話した。テーマとしては、次の 6 つを用意した。

1. 最近買ったもの
2. 人生で一番やり込んだゲーム
3. 今食べたいもの
4. 10 万円の使いみち
5. 自粛中にやった（やろうとした）こと
6. 大学生活の一番印象に残ったことは？

2.4 Unity のプログラミングの認知科学的考察

2.4.1 Unity のプログラミングの概要

Unity はゲーム開発環境と呼ばれる通り、三次元の VR 空間内にオブジェクト（物体）を配置し、そのオブ

ジェクトに物理的な挙動を与え、ゲームを構築するのに適したプログラミング環境である。開発環境を起動すると、三次元空間が表示され、そこに、オブジェクトを配置してゆく。オブジェクトをクリックすれば、そのオブジェクトの属性値が別のウィンドウ上に表示され、その値を変更することで、サイズを変更することが可能である。たとえば、直方体の縦、横、奥行きの各長さを容易に変更できる。前出の図1は、立方体の縦、横、奥行きの長さを変更して細長い直方体に変換することにより、ブロック崩しゲーム板の周囲の壁を構築する段階を説明したものである。

また、配置したオブジェクトの色や質感などの視覚的な属性値を変更することも可能である。

さらに、配置したオブジェクトに物理的な挙動を与えることができる。例えば球を配置し、それを転がしたり、他の物体に衝突したら、跳ね返るような動作も記述可能である。動作はスクリプトでプログラミングを行う。

2.4.2 Unity のプログラミングのインタラクションサイクル

このように、Unity を用いての開発は、ビジュアルプログラミングともいえる。学習者は、頭の中に構築したいオブジェクトの配置と属性と動作を想像し、それに合うようにオブジェクトを配置し、属性値を変更し、動作をスクリプトにて定義する。この繰り返しで、目的のシステムを構築してゆく。この過程を認知科学的に考察すると次のようになる。

まず、オブジェクトを新たに配置する場合は、表示されている VR 空間を視覚的に認識し、そこに新たに加えるべきオブジェクトがなんであるかを判断し、それを加えるための手続きを行動として行う。

オブジェクトの属性を変える場合は、表示されている VR 内のオブジェクトを視覚的に認識し、そのオブジェクトに変化を加えたい属性について、どのように変化を加えるかを判断し、それを加えるための手続きを行動として行う。

オブジェクトの挙動を変える場合は、表示されている VR 内のオブジェクトを視覚的に認識し、そのオブジェクトに変化を加えたい挙動について、どのように変化を加えるかを判断し、それを加えるためのスクリプトのプログラミングを行動として行う。

このように、抽象度を上げれば、プログラミングは、認識、判断、行動の繰り返しである。それは Unity に限ったことではないが、CG や VR などの構築に関するプログラミングが、その他のプログラミングと異なるのは、認識として、視覚的に VR 空間を認識し、判断では、加えたい変更を視覚的に想像して決める必要があることである。このため、視覚的に想像する想像力と創造力が必要とされる。これには、空間認識能力やメンタルローテーションなどのスキルも必要とされる。そして、想像したことを実現するための操作を、Unity の開発環境で実現するために、どこをどのように操作して変更、修正すればよいかという行動に結びつける必要がある。

2.4.3 本演習での Unity プログラミングのインタラクションの学習

今回の演習では、完成させるブロック崩しゲームの仕様は最初から決まっており、また、その構築手順もあらかじめ決めてあるため、前記の、認識、判断、行動のサイクルも確定することができた。したがって、学習者は TA の指示に従って、進めていけばよかった。今回の演習では、Zoom を用いての遠隔教育ではあるが、Zoom の画面共有機能を利用して、TA の Unity 開発画面をそのまま学習者に提示することができるので、視覚的に理解できた。また、Unity 開発環境のどのウィンドウのどこをクリックすればどのように変化するかや、どの属性値を変更するとオブジェクトがどのように変化するかなども視覚的に伝えることができた。

2.5 発展課題の課題

1 回目の演習授業は、13:10 に開始して、途中 10 分間の休憩を 1 度入れて、16:50 に終了した。分割セッションごとに、参加している学習者のプログラミング経験にもばらつきがあるので、演習の進度にもややばらつきがあった。それでも、どの分割グループも 16:50 よりも前にブロック崩しゲームを全員が完成することができた。

ブロック崩しゲーム完成後に、発展課題を出題した。発展課題は、完成したブロック崩しゲームを変形したり、属性値を変えたりして、より面白い、あるいは、より見栄えのするゲームに改良することである。たとえば、

- ・ボールの数を2つにする。
- ・ブロックの色を変える。
- ・ゲーム版の形を変える。

などである。全く別のゲームを一から作り直してもよいものとした。ただし、Web上や書籍に載っているものをそのままねることは禁じた。しかし、他のゲームを参考にするのを認め、参考にした、一部を流用した場合には、それを明記するように指示した。

この発展課題のゲームの構築は、1週間後の2回目の授業の前日19時までにMoodle上の提出箱に提出する宿題とした。提出物としては、構築した発展課題のゲームの説明をまとめたPPTと、構築したゲームを動作している様子を撮影し、動画をmp4ファイルで提出するよう指示した。

2.6 2回目の授業における発展課題の発表会

2.6.1 発表者による構築したゲームの説明と動画の提示

2回目の授業は、宿題になっていた発展課題の発表会である。ひとりあたり10分を持ち時間として、まず、PPTにて、作成した発展課題のゲームの説明を行い、その後、mp4動画ファイルのゲームのデモビデオを提示してもらった。発表は、発表者の学習者の自宅からZoomの画面共有機能を使って行った。

2.6.2 視聴者としてのコメント書き込み

一方、事前にGoogleFormを利用して作成したコメント書き込み欄に、発表者以外の学習者が発表者の発表を視聴しての感想を書き込んだ。このGoogleFormによるコメント書き込み欄の作成は、筆者の中のM2生の佐々木が担当した。このコメント欄への書き込みを行う理由は、他の発表者の発表を視聴させる狙いがある。遠隔授業では、教員は学習者の表情を確認することが難しい。特に発表中はPPTやmp4によるデモが画面共有機能でモニター画面を占有するので、発表者以外の学習者がPCの前に座っているかどうかさえも確認できない。このため、他人の発表に対するコメントを書かせる義務を与えることにより、他人の発表を視聴させることができると考えた。

2.7 作成された発展課題

Unityによるゲーム作成演習は、今年度で4年目に

なるが、今年度の発展課題の作品は、これまでの中で最も力作の数が多かった。いくつかの例を紹介する。図4は、この演習で初めてUnityを学んだ学生による作品で、ブロック崩しゲームのゲーム版の形状を食パン型に変形し、上から下へ、ブロックが繰り返し落ちてくるので、それをボールであてることにより、得点を稼ぐというゲームである。ラケットは十字方向に動かすことができるが、ラケットをブロックに当てないようにボールをラケットで跳ね返らせる必要がある。

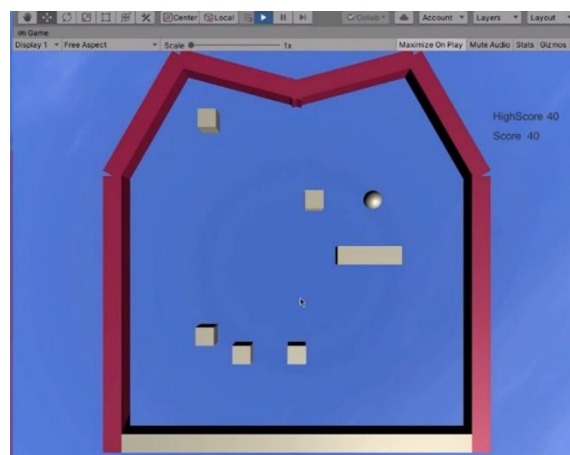


図4 作成された発展課題例1

図5も、この演習で初めてUnityを体験した学生によるゲーム作品であり、中央に、もととなるブロック崩しゲームが配置されており、そこから飛び出したボールが、デスク上の様々なオブジェクトにぶつかりながら壊してゆくというゲームである。

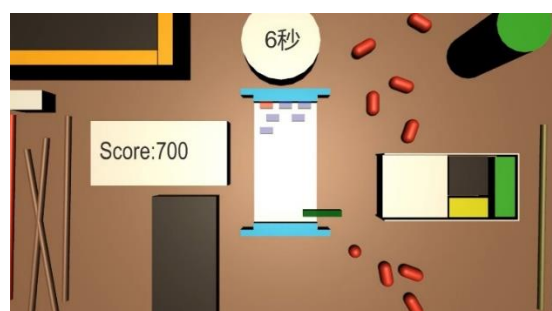


図5 作成された発展課題例2

3. アンケート調査とその結果と考察

3.1 アンケート調査の概要

2回目の授業の発表会終了後に、アンケート調査を行った。アンケートの質問と解答欄はGoogleFormを利用して、著者のひとりM2生の佐々木が作成した。Moodle上ではなく、GoogleFormを利用してアンケー

ト調査を行う理由は、Moodle は認証があるため、誰が回答したかが教員が把握でき、そのことを回答者も知っている。このため、回答内容がその影響を受ける可能性があるが、GoogleForm は認証がないので、学習者の本音を調査できると考えたからである。

3.2 5段階評価のアンケート項目と結果

5段階評価アンケートの項目とその結果の平均点は次の通りであった。なお、5段階のうち、5が質問内容に最も肯定的、もしくは、最も良い評価であり、1が最も否定的、もしくは、最も悪い評価を表している。評点平均値が3.0なら、肯定でも否定でもなく、良くも悪くもないことを示している。

Q1. 時間配分など授業の進め方は適切でしたか？

3.2

Q2. 学生の理解度に合わせて授業を行えていましたか？

4.4

Q3. ブレイクアウトルームの少人数授業は他の遠隔授業と比較して良かったですか？

4.5

Q4. 授業の内容は理解できましたか？

4.2

Q5. 先輩たちとはうまく交流することができましたか？

3.7

Q6. この授業を通してインタラクシオンデザイン研究室を知ることができましたか？

4.3

Q7. この授業全体を通して、どの程度満足していますか？

4.2

Q8. 質問対応などのアフターサポートは充実していましたか？

4.4

3.3 5段階評価のアンケート結果に関する考察

Q2,Q3,Q4 の評点がいずれも 4.0 を上回っていたことから、分割セッションにより少人数教育の効果が上がっていたことが実証できたといえる。

Q8 の質問文章中にある、アフターサポートとは、1 回目の授業と 2 回目の授業の間に発展課題を宿題として行う途中で、疑問点などがあった場合、Teams 上に筆者が作成したこの演習の質問用チャンネルに質問内容を学習者が書き込むと、TA がそれに対する回答を書き込むというアフターサポートを行ったことについての評価である。それが 4.4 であることから、アフターサポートについても好評であったといえる。

さらに、1 回目の授業の 3 日後、すなわち、発展課題提出締め切りの 3 日前の金曜日の午後に、Zoom 上で TA が待機し、オンラインで質問を受け付けるセッションを設けた。しかし、まだ、発展課題に取り組み始めたばかりの学習者が多かったせいか、そのセッションを訪れた学習者は 1～2 名にとどまった。ほとんどの学習者は、提出締め切りの前の土日を利用して課題を行ったと考えられる。平日は、他の授業の受講で忙しいためと考えられる。

一方、Q1 の評点が 3.2 と比較的低い理由は、1 回目の授業で、ブロック崩しゲームの構築が比較的早く終了し、発展課題に移行したものの、最後は実質上、当研究室全般についての質問に答えるコーナーとなっていたので、授業としての時間配分についてはあまり評価が高くなかったためと考えられる。

また、Q5 における「先輩たち」とは、TA のことであるが、TA との交流については、3.7 の評点であり、比較的低かった。これは、対面ではなく、オンラインでの交流のため、あまり、打ち解けることができなかったためと考えられる。TA は原則として、顔出して行うように、教員からお願いしていたが、実際には、16 名中 3 名の TA は顔出しを控えていた。また、学習者側には顔出しは指示していないので、ほとんどの学習者が名前だけの表示であった。これらのことも、交流を妨げた要因であったと思われる。しかし、教員が各分割セッションをモニタリングしていた限りでは、TA と学習者の間の対話は良く行われていたし、1 回目の授業の終わりのほうでは、時間が余って、研究室に関する話題で盛り上がっていたセッションもあったので、その意味では交流はできていたと思われる。

3.4 記述式アンケート項目とその結果

記述式アンケートの質問項目と、その回答のうちい

くつかをあげる.

3.4.1 記述式アンケートの項目

記述式アンケートの項目は、以下の3つである.

Q9. この授業の良かった点を自由に記述してください.

Q10. この授業の改善点を自由に記述してください.

Q11. この授業に関してその他に感想や意見などある人は自由に記述してください.

3.4.2 Q9 の回答

Q9 についての回答を以下に記載する.

- ・質問をしたらすぐに返事が返ってきたこと.
- ・ブレイクアウトルームが少人数なので良かった.
- ・現役の研究生と話せる点.
- ・生徒に対して TA さんが多く、反応が速くて助かりました.
- ・先輩方による講義であったので、非常に親身になって質問などを受けてもらえる (2 名が同様).
- ・TA さんが自分の進度に合わせて対応してくださって、とても助かりました.
- ・オンラインでのグループワークが不安でしたが、先輩方のサポートのおかげで楽しむことができました.先輩方との距離が近くて色々参考になることを教えてもらったので良かったです.ありがとうございました.
- ・少人数のグループでの対応だったのでリラックス出来た.
- ・少し軽い感じでゲーム(バカゲー)を制作して、Unity の復習ができて良かったと思います.
- ・少人数で分かれているから、Unity が初めてでも自分のペースで進めやすかった.
- ・自分でゲームを作ることができて良かったです.
- ・班に分けたのはとても良かったです.
- ・教員や先輩方が接しやすく分かりやすかった.
- ・みんなの作品もしっかり見ることができた点においてよい授業だったと感じた.
- ・生徒の自主性がい意味で尊重されていた.
- ・インタラクショナルデザイン研究室のことを良く知ることが出来て良かったと思いました (4 名が同様).
- ・個人で使い始める機会がなかった unity を利用することができた.使ってみたかったが特に使う理由もなかったなので先送りにしていたのでいい機会だったと思

う. 小グループでの講義も進度の調整が効いていてよかったと思う.

・少人数でのグループワークであったので, TA さんに質問がしやすく,進みに合わせて教えてくれるので,作業が進めやすかったです (12 名が同様).

・質問対応があったこと (3 名が同様).

・院生や 4 回生の人と少人数で話し合えるのは良かった.

・一回目の授業が少人数で行われたおかげで詰まったところを言いやすかったのでこれからもこの形式を続けて欲しい.

・人数を細かく分けることで,個別対応してもらいやすかったです.

・Unity の知識が着いた (2 名が同様).

3.4.3 Q10 の回答

Q10 の改善点に関する回答を以下に記載する.

- ・少しペースが早かった.
- ・授業のプランを前もってもっとしっかり決めたい欲しい.
- ・ゲームの応用例なども教えていただけるとよかったです.
- ・プレゼンの際などに個人の PC のマイクなどで音質などが変化し聞きづらい時がある.
- ・遠隔なのでいつしゃべっていいのかわかりにくかった.
- ・対面形式でないので TA さんが相手の進捗がよく分からないかもしれない点.
- ・ブロック崩しの機能拡張だけなら良いのですが,1 から別のゲームを考えて制作するとなると 1 週間はかなり厳しかったです.
- ・授業スライドがすごくわかりやすかったので,あまり説明はいらないのではないかと思います.
- ・提出期限が一週間でゲーム作成・動画作成・プレゼンスライド作成は重かったです (6 名が同様の回答).
- ・Strat 関数や Updata 関数などの詳しい説明があった方がいいかも
- ・ゲーム制作のスライドをもう少し見やすくしてほしいかったです.
- ・プログラムのところの枠線やカンマなどが見にくかったです.

・ブロック崩し以外にもこんなものが作れるという例があれば、作るゲームにもっと多様性が生まれて楽しい発表会になったと思う。余裕があれば講義中にゲームの終了表示の出し方も教えてほしかった。制作期間にもう少し余裕をもらえていたらより作りこめたと思う。

・スライドで字だけの説明で、わかりづらかったところもあったので、もっと分けて書くか、もっと図を用いてくれても良かったと感じました。

・オンラインということもあって、少し進行がスムーズにいかないことがあったので、もう少しスムーズだったらさらに良く勉強していくことができたと思います。

・発表のながれが少しわかりづらかった。

・Zoom と Teams の両方を交互に使っているの、ファイルなどの投稿をどちらかに統一してほしかった。

・Zoom を使うのが初めてだったので、多少の使い方の説明してほしかったです。

・課題が無制限に取り組めるものだったのに対して提出期間が短く感じたので、課題の範囲(追加する機能の個数や内容など)を制限するなどすると良いのではないかと思います。

3.4.4 Q11 の回答

Q11 の回答を以下に記載する。

・TA さんに色々助けてもらったのでとても助かった。

・顔も見せず、いつしゃべったらいいのかもわからず、しゃべってくださっている人に反応が出来なかったのは申し訳なかったです。質問など対応が速くて助かりました。

・初めて Unity を使ってゲームを作成してみてもかなり興味を持った。もっとクオリティが高いゲームを実装してみたいと感じた。

・制作期間が短くしんどい部分もあったが全体底にみれば楽しい授業だったと思う。

・授業や質問に丁寧に対応していただきありがとうございました。

3.5 記述式アンケートの結果に関する考察

Q9 に関して、演習の良かった点として、分割セッションによる少人数でのグループワークであったので、

TA に質問がしやすくて、進みに合わせて教えてくれるので、作業が進めやすかったことを称賛する回答者が 12 名もいた。これは、全体の 1/3 の人数である。

Q10 の改善すべき点に関して、発展課題について、ゲームを製作し、動画を作成して、内容を PPT にまとめるのに 1 週間という期間は短すぎるという意見が 6 名もあった。ただ、授業カリキュラム上、この期間を延ばすことはできないので、来年度も改善することはできないであろう。

Q11 の自由感想記述欄では、負荷の高い課題ではあったが、Unity プログラミングの面白さを実感できたという意見があった。

4. おわりに

本稿では、Zoom を用いて、遠隔で Unity のプログラミング演習を実践した事例を紹介した。Zoom のブレイクアウトセッションの機能を利用すると、分割セッションで、少人数同時並行でオンライン授業を実施できた。TA の数をそろえることができれば、その方式での演習授業が効果的に実践できることを証明できた。

参 考 文 献

- (1) 竹中 裕樹，曾我 真人：“AR マーカーを使った能動的シミュレーションによる史実の流れの学習支援環境の構築”，2019 年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集 (2019), 2019-09-13
- (2) 曾我 真人，徳島 智春：“Unity を用いた競技かるたにおける決まり字変化の学習支援システムの構築”，JSiSE 研究会研究報告 32(7), 25-29, 2018-03, 教育システム情報学会
- (3) 野口 実沙子，塚山 駆，松澤 芳昭：“観測と Unity でつくるシミュレータから学ぶ「月の運動」プログラミング教育教材の開発”，情報教育シンポジウム論文集 (2019), 293-298, 2019-08-10
- (4) 津田ひろみ：“協働学習の成功と失敗を分けるもの”，リメディアル教育研究，第 10 巻第 2 号，pp.143-151, (2015)
- (5) 中村 めぐみ，中川 一史：“プログラミング教育推進のための遠隔授業における ICT 環境の検討”，日本 STEM 教育学会 2019 年 3 月拡大研究会予稿集，pp.18-21 (2019)

ジョブ型雇用における学習履歴のオープンデータ連携に関する 米国の動向

田中恵子^{*1}, 岡本敏雄^{*1}, 江見圭司^{*2*3}

^{*1} 京都情報大学院大学, ^{*2} 大阪経済法科大学, ^{*3} 羽衣国際大学

Future Implications of the Development of Learning and Employment Records

Keiko Tanaka^{*1}, Toshio Okamoto^{*1}, Keiji Emi^{*2*3}

^{*1} The Kyoto College of Graduate Studies for Informatics, ^{*2} Osaka University of Economics
and Law, ^{*3} Haboromo University of International Studies

教育や研修などによる個人の学習記録を、セマンティックウェブ技術とブロックチェーン技術との組み合わせにより、採用の合理化につなげる取組みがアメリカで進められている。ジョブ型雇用において、採用側が個人の学習履歴をシームレスに認知できる技術基盤として新たに「LER (Learning and Employment Records)」と命名された官民オープンデータ連携について報告する。

キーワード: LER, CLR, デジタルクレデンシャル, ブロックチェーン, 学習ログ, オープンデータ

1. はじめに

学習記録に関する技術動向は、これからの教育および人材市場を捉えるうえで非常に重要な展開である。しかし、その意図を示す政策的背景や技術について日本語で執筆されたものは未だ極めて限定的である。筆者はこの半年間、関係する資料レビューを行い、取組に関するオンライン会議等に参加した。それらの情報を元に、教育と仕事、政策と技術の両領域に跨る煩雑で広範な事項について、主要な論点を整理することを試みる。ごく限られた部分しか述べることができないことをご容赦いただきたい。

本稿では、米国の動向に着目し、まず背景となるホワイトハウス直下の米労働力政策諮問委員会の白書に着目する。関連して、米商工会議所のリードする、学習と労働を連係させる技術インフラの構想について概説する。そして、今年 7 月新たに Learning and Employment Records (LER)と改名された学習記録に関する技術標準のユースケースを示す。次に技術的観点から LER の全容を把握すべくデータ流通モデル、

主要な技術的要件について検討する。それらを踏まえ、最後に教育への示唆を探る。

2. LER の公開

2020 年 7 月 14 日、米国商工会議所財団 (U.S. Chamber of Commerce Foundation)の教育・労働力センターは、管掌するプロジェクト「T3Network Innovation」の一環として、LERhub.org(1)というウェブサイトを公開した。同サイトによると Learning and Employment Records (LER)とは、「職場、教育プログラム、社会経験、軍隊教育などの学習が行われた場所を問わず、学習を包括的にデジタルに記録したもの」である。なお、サイト公開以前においては、労働力政策諮問委員会および米商工会議所のどちらも共通して Interoperable Learning Records(ILR)の名称を用いていたが、その後米商工会議所は ILR から LER へと改名した。LER の推進は、トランプ大統領令により設置されたアメリカ労働力政策諮問委員会 (American Workforce Policy Advisory Board,

AWPAB) が予てから教育と仕事の橋渡しを支える技術インフラの構築の提唱していたことが関係する。AWPAB の委員である商工会議所のトム・ドノヒューのリーダーシップもあり、商工会議所が AWPAB の方向性を牽引する形で、デジタルな学習記録に関する先進的な取組を集積しリソースハブとしてサイト公開するに至っている。LER は単独の規格ではなく、以降に詳しく述べる Web3.0 技術を二つ以上組み合わせて実現するための原理である。

3. 政策的背景～LER が目指す社会

3.1 米労働力政策諮問委員会の相互運用可能な学習記録に関するホワイトペーパー

米労働力政策諮問委員会のデータ透明性ワーキンググループが昨年 9 月に公開したホワイトペーパー「相互運用性のある学習記録」(2)では、企業や教育機関における学習に関わる官民データ連携の実現に必要な技術要件をとりまとめている。ワーキンググループの議長はインディアナ州知事と SAP の CEO が共同で務める。ホワイトペーパーには、edX や Coursera などの MOOC プラットフォームや、IBM のブロックチェーンによる受講証明と人材管理に関わる担当者、教育テクノロジーの技術標準化団体である IMS Global Consortium からのインプットを盛り込んでいる。

そもそも米労働力政策諮問委員会には 4 つの中心的な議案 (①キャリアサクセスへ様々なパスウェイがあることを大衆に知らせること、②労働者を仕事とより良くマッチングするためのデータ透明性の向上、③採用と訓練の慣行の近代化、④雇用主が手動する訓練の投資の測定および推奨) がある。これらの目的達成の手段として学習記録データの活用を捉え、標準的なデジタル学習記録により採用慣行を合理化し、アメリカ全体として労働者のスキルの高度化を目指している。

具体的な問題意識は次の通りである。現状、求職者は、自身のスキル・能力や業務経験を示すのに履歴書や職務経歴書に頼っている。しかしこれらの文書だけでは、個人の学習成果や業績を適切に認知することは困難である。また、記述されたスキルや資格について普遍的な共通理解が無く、またその真偽を検証する手段も無い。さらに採用企業側は、あるポストに一人を

採用するのに平均で約 41 日、4129 ドルのコストがかかっている。一方で学習者側は、新たなスキルを取得しており、旧態依然の学位や資格では表現されにくく、新たなスキルを認定する体制が整備されていない現状にある。

こうしたことから、同ペーパーでは、アメリカのすべての労働者イコール生涯学習者とみなし、教育や訓練、仕事の経験によって得た移転可能なスキル (Transferable Skills) をデータとして記録し保存・活用することで、より高い賃金の職やキャリアを切り開くべきだとし、その打開策として標準的な学習記録データを、相互運用可能な学習記録データ (Interoperable Learning Records: ILR) と称し、ILR を全セクターにわたり全米的に拡大し導入するための定義や原理、技術的要点を整理した。オープン規格を用いた相互運用可能な学習記録データにより、ベンダーや個別のシステム、教育機関やセクターといった垣根を越えて、様々な学習を人材市場に橋渡しすることを狙いとしている。

3.2 T3 Innovation Network による背景

産業界と学習との橋渡しをするデジタルな学習記録の方向性を下支えするのは米国商工会議所が展開してきた取組にある。2014 年には、タレントパイプラインマネジメント (TPM™) イニシアチブを開始し、産業界における人材サプライチェーンの実現を試みた。

これは、不足する人材を供給するために、採用側と協働して人材要件をより明確に表現することを支援し、必要な資格情報やコンピテンシーの明確化を図るものであった。教育・訓練を提供する機関が、コンピテンシーの明確になった雇用要件に合わせた教育や訓練を提供ことで人材のサプライチェーンマネジメントのモデルとなった。

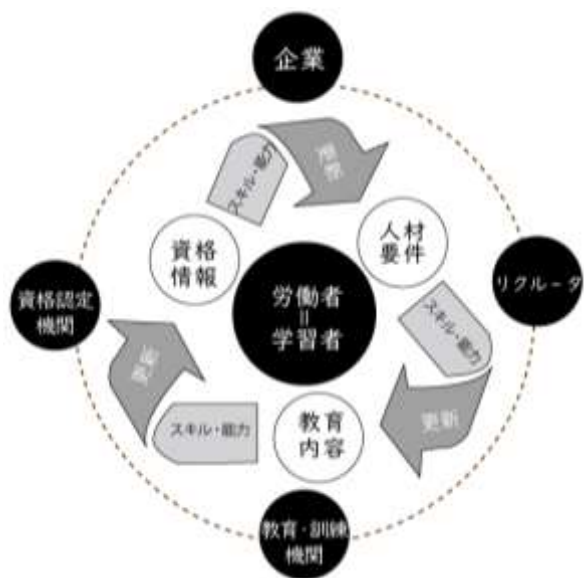


図 1 人材サプライチェーンのイメージ
(筆者田中作成)

続いて、教育と人材不足とのスキルギャップを埋めようと、2017年にジョブレジストリー (Job Registry) という実証実験を開始した。これは、採用企業をエンドカスタマーとして、求人要件のジョブディスクリプションを明確にし、人事管理情報システム等との相互運用性を高めようとするものであった。その際、コンピテンシーやタクソノミーによる共通言語化を図り、ジョブディスクリプションのデータをレポジトリとして、非識別データ化後に管理することで、人材のサプライチェーン管理を目指していた。ジョブレジストリーと並走して進められたのが、ルミナ財団による資格情報のレジストリ (Credential Registry) だ。Credential Registry はセマンティックウェブ技術を用い Linked Data により資格情報に関するデータを集積し、比較、検索、連携を可能にさせる取組として進められた。商工会議所とルミナ財団は、これらの取り組みをより包括的に教育と人材市場に循環させようという意図から協働し、人材市場のためのオープンでシェア可能な、分散型の官民データ・技術基盤連携を構築するため T3 Innovation Network というプロジェクトを立ち上げた。

2018年3月、米国商工会議所は「Web3.0技術の応用によるタレントマーケットプレイスの向上」(3)とい

うホワイトペーパーを公開。Web3.0技術の組み合わせによって、いかに人材市場の向上を図るかを検討している。具体的には、人材に関わる関係者(大学、カレッジ、行政機関、ベンダー、採用企業)間において十分な協調性が図られていないこと、それにより学習者に施される教育と産業界が求めるスキルとの間にギャップが生じること、採用コストがかさむことを問題視した。これらの打開策として Web3.0 技術によるタレント市場の向上を意図している。そしてグローバル経済における競争力を強化し、これまで行き届かなかった層へ経済的機会をもたらす、多様性を増大させることで、国全体としても人材市場に関わる効率化、コスト削減を実現しようとする。

ここで指す Web3.0 技術とは、次の4つを指す。

- セマンティックウェブ技術 (Schema.org や Linked Data など)
- 分散レジャーテクノロジー (ブロックチェーン)、
- 大規模データ解析
- AI や機械学習

白書には、人材育成に関わる官民データ技術連携基盤の構築を次のように展望している。

人工知能を活用する上で前提となるセマンティックウェブ技術を用いて、求人、コンピテンシー、資格情報、教育・訓練の情報を比較、連携するためにマシン読取可能な標準化されたデータ形式として記述する。これらのデータをオープンに連携させていくことで、スキルギャップを埋める機会の発見を可能にさせ、教育訓練パートナーのラーニングアウトカム設定に、採用企業のニーズを反映させることが可能になる。統計的なデータは政府の助成金の有効活用を判断する材料、労働統計や政策支援に役立つ。これは人材育成に関する官民オープンデータ連携を実現する。また、分散レジャーテクノロジー、スマートコントラクトを利用して、学習者が自身の意思決定で、特定の学習履歴データやプロフェッショナルプロフィール情報を管理し、共有することが可能になる。採用側や教育機関側は、共有されたデータを受け取る際、技術的に真偽を検証することができる。

この構想を引き継ぐ形で4つワーキンググループ

が、データ連携のユースケースを整理してきた。のちに LER と改名されたこの技術インフラは、前述した Interoperable Learning Record(ILR)の仮称で、IBM、Walmart、Salesforce や Workday が実証実験に協力している。LER の実証プロジェクトはいずれも複数の Web3.0 技術を組み合わせたものであるがその中には、教育テクノロジーに関する標準化団体である IMS Global Consortium の規格である Open Badge、Comprehensive Learner Records (CLR) を含むものもある。LER を取り巻く技術標準について図 2 に示した。



図 2 学習記録に関わる各技術標準の俯瞰図 (3)

4. 想定される代表的なユースケース

ここまで、AWPAB と米商工会議所の描くビジョンについて大まかな技術的な背景とともに概説した。ここからは、LER のエコシステムの全体像を捉えつつ、想定されるユースケースについて図 3 に示し概説する。またステイクホルダーごとのユースケースについても示す(4)。

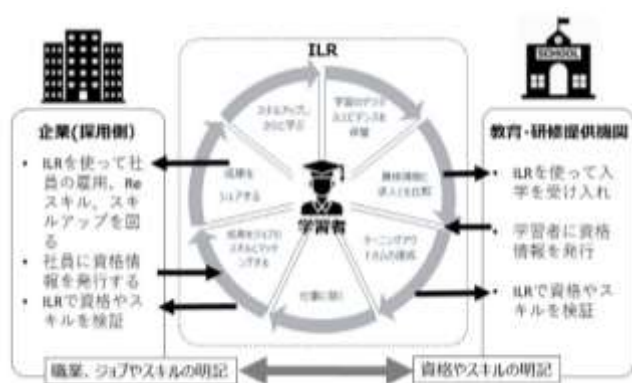


図 3 デジタル学習記録 (ILR) のエコシステム
※(2)のp10をもとに筆者田中が作成

まず、採用企業側から見た場合、シグナリング (求人などの人材要件の伝達)、リクルーティング、選考、スクリーニング、検証、受け入れと人材開発、パフォーマンス分析といったプロセスにおいて、LER を活用することで次のような利点が想定される (図 3)。例えば採用にあたり、コンピテンシーや資格情報などの人材要件とマッチする潜在的な応募者を探し、見つけ、不必要な雇用要件を精査することができる。また応募者の提供したスキルや能力の証明データの真偽を検証することができる。さらには業界内で一貫して不足しているコンピテンシーを分析し、そのデータを基に前提基準として職位のトリガーやインターンシップ人員配置に活用することができる。

一方、学習者側にとっては、学習成果の伝達、キャリアや学習機会の検索、学習履歴の管理、入学や編入などにおいて LER を活用することが想定される。例えば、蓄積されたコンピテンシーおよび資格情報の評価を基に、キャリア目標と最もマッチする仕事や職業人教育、資格情報を調べ、発見することが容易になる。また他の学習者がどこで開発育成され、資格を得たか、異なるコンピテンシーを得ているか、調べ発見することでキャリア計画や教育計画を立てる際に役立つ。学習者自身の履歴書や包括的な学習履歴に記載されたコンピテンシーや資格情報をツールやシステムを通して求人要件に記述される言語へ回謬なく変換させることも考えられる。

教育事業者においては、コンピテンシーや学習証明などを伝達することで採用企業や学習者のニーズとの連携を向上させることができる。雇用要件と応募要件資格を関連するプログラムや資格情報に使い、プログラムを開発し、更新する。年次などの決まったスケジュールによる更新ではなく、雇用主の変化し続ける雇用要件にリアルタイムに対応する。就業により得た新たなコンピテンシーを検証するアセスメントサービスを提供し、卒業後も職業人教育を継続するよう推進する。学習者に対し、コンピテンシーを基にした財政的支援へのアクセスや管理のため、成長を証明する学習やコンピテンシーをドキュメントし、検証するサービス (例えば、新たなコンピテンシーを基にした雇用主による授業料支援、学生奨励費、ローンなど) を提供

することも想定される。

5. LER を実現するための各技術要件

5.1 オントロジー／フレームワーク

前述したユースケースを実現するには、様々な複合的な技術要素が必要になる。教育機関と採用企業、学習者といったステイクホルダーにおいて LER により信頼できるデータを流通させるには、図に示した 4 つの階層において共通のプロトコルが必要になる。

企業は、求人情報において人材要件をジョブディスクリプションなどにより明確化する際、その人材に求められる学位などの資格やスキル、能力などを記述するが、この記述が企業や担当者によってちぐはぐではデータ活用はできない。

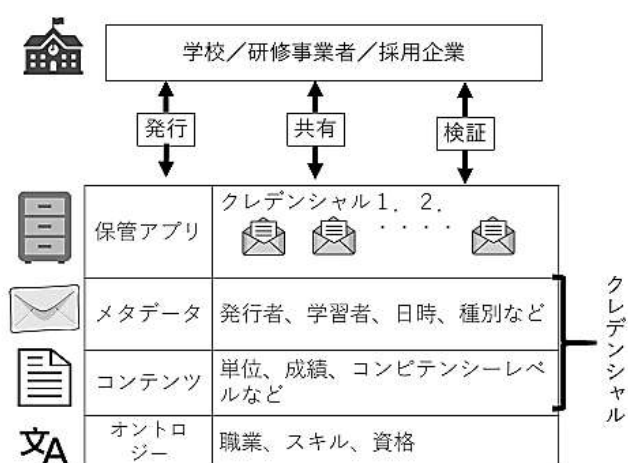


図 4 LER を実現する 4 階層の共通項目
※(2)の p14 をもとに筆者田中が作成

そこで、職業については標準職業分類（Standard Occupational Classification: SOC）を、スキルに関しては Occupational Information Network (O*NET 19)(5)に示された業務タスクやスキルレベルを参照するなどオントロジーの共通化が必要になる。ただし既に散在する多彩なスキルフレームワークを単一のオントロジーに共通化することは困難であるため、現実的には各種スキルやコンピテンシーフレームワークをまずマシン読取可能なデータとして表現し直し、異なるフレームワーク間の関係は人工知能を通じてマッチングを行うことが将来的に期待される。

LERhub.org においては、その支援策としてコンピテンシーフレームワークをオープンデータ化するためのツール「Competency Framework Extraction Module¹: CFEM」（現在はパイロット版(6)）が用意されている。CFEM は予てからコンピテンシー連携のために作られた Competencies and Skills System（CaSS）という米国政府が資金援助した²オープンソースのシステム(7)をベースにしている。国防総省が分散型の学習システムに関するプロジェクトから Competencies and Skills Systems へ資金援助をしたのである。Linked Open Data にすることで異なるコンピテンシーフレームワーク間の要素を関係可能にさせる。

資格情報については、前述の Credential Registry を下支えする Credential Transparency Description Language (CTDL) (4)を用いる。こうしてオープンデータ化された資格情報は図に示す封筒や手紙の生成を可能とする。

5.2 コンテンツとメタデータ、保管アプリ

学習を修了し発行される修了証明書は、LER においてはブロックチェーン技術を応用することで、セキュアかつ検証可能なデータの共有を実現させる。修了証明書を他人の目に触れて構わない『封筒』の宛先情報と機密の『手紙文』と分けてとらえたのが図 4 である。これまでオープンバッジで実現されてきた学習成果の共有がさらに進化し、秘匿な成績情報などを含む学習記録についてより特定の相手にセキュアに共有する仕組みを可能にさせるためだ。このメタデータとコンテンツを合わせたものが証明書となる。暗号化により、コンテンツは鍵を持った相手しか閲覧できない。

他方、証明書を安心して共有するには、個人がファイルキャビネットに保管するようなイメージでブロックチェーンの財布アプリのようなシステムに格納する。ブラウザやモバイルアプリを通じて学習者は自身の証明書にアクセスし、自身の選択で共有する。これは近年、欧米を中心に意識が強まる個人情報保護の観点から、学習者がデータの主権者となる (Data Sovereignty)

という設計上の概念を体现する。よって、LER は単一のベンダーが情報を中心的に管理するのではなく、分散型テクノロジーの発想で実装されるため、ブロックチェーンの技術が応用される。なおアプリのホストはサードパーティーかもしれないが、この場合プライバシーやセキュリティに関して何らかの監督が必要になることが想定される。日本であれば情報銀行のような仕組みも視野に入るであろう。

LER の設計の原理として、学習者が自身のデータについて意思決定権を持つことや、データが検証できることなど留意すべき技術的要件は多い。しかしそのために準拠すべき技術標準はいずれもオープンな国際標準規格であり W3C や IMS GC などにより既に策定が進められている。W3C が策定する規格 Verifiable Credential や IEEE がハーモナイズをはかる ILR も関連するスタンダードの一つとなる。

6. まとめ

以上、米国における LER の展開の背景と、その技術要件について報告した。LER を実装するには、職業情報、スキルやコンピテンシー、資格に関わるデータを共通のオントロジーのもとマシン読取可能な Linked Open Data にすることが大前提となる。また労働者イコール学習者と捉え、個人が主体的にデータを保管、共有する分散型システムとして設計しなければならないなど、様々な技術要件を複合的に組み合わせる必要がある。それには官民いずれかの取組ではなく複数のステイクホルダーが共創し、様々な標準化団体が協調しあっていることがわかる。

米国の事例は、技術革新により、人材需要の変化が急速に進む時代に適したジョブ型雇用が、労働者一人一人を生涯学習者として位置づけ、個人が学び続けることで常にスキルアップを図ることは経済成長の点からも不可欠であることを示している。ジョブ型雇用を前提に、雇用要件や資格情報のオープンデータ化が進んでいるところに、対応するスキルやコンピテンシーを構造データ化し明確にした教育やクレデンシャルを提供する土壌があって初めて人材の循環を展開できることがわかる。また本質的に LER は学習した機関を

問わず得た知識をオープンに評価する潮流である。このことは採用や学習に関わる教育のオープン化を産業界の需要が後押ししていることも見て取れる。

LER の技術的デザインに即して教育と人材開発の好循環を見据えた新たなサービスやシステムの実証実験がサイトに集積されつつある。LER が示す共通の標準規格により可能になる学習に関わるデータ流通を目指し、様々な分野で新たなシステムやサービスが開発されることが期待される。それは LER が単一ベンダーのプラットフォームではなく、オープンな規格により散在したデータの相互運用性を目指すからこそ生まれるビジネスであろう。例えば、学習記録をお財布に入れて保管するようなブロックチェーンのアプリケーション、オントロジーに即したクレデンシャルを発行するサービス、求人要件の記述を構造化データにし、対応するスキルやコンピテンシーとリンクさせる人事管理システムなどの関連ビジネス／システムが考えられる。LER に相当する学習記録やクレデンシャルのデジタル化にともなう人材開発と教育の連係は、アメリカだけでなく欧州やカナダの一部でも現在取り組まれている。欧州では共通履歴書 EUROPASS のデジタル化が進みデジタルな資格情報との連携が今年 6 月以降一層容易になっている。カナダのオンタリオでは、人材ニーズと学習とのマッチングを LER 同等の仕組みで行う eCampusOntario が展開されている。

これからの日本では通年採用から、COVID-19 の影響もあり、日本でもジョブ型雇用が一層進むことが想定される。断片的な HR テック、Ed テックの推進にとどめるのではなく、人材の循環や高度化の観点から、データ連携を視野にいれ、教育と人材開発の合理化に力を入れるべきである。また昨今ではテレワークでのジョブトレーニングや e ラーニングによる受講も進む。個人の学習成果を人事・採用側が客観的に認知するデータ流通の仕組みの構築は技術的に可能であり、日本でも検討すべき時期に来ているのではないだろうか。

謝辞

この研究の一部は科研費 19H01724 の補助を受けている。

参 考 文 献

- (1) T3 Innovation Network, “LER Resource Hub”
<https://lerhub.org/> (2020 年 7 月 15 日公開, 2020 年 8 月 11 日確認)
- (2) American Workforce Policy Advisory Board, Data Transparency Working Group, “White Paper on Interoperable Learning Records”,
https://www.commerce.gov/sites/default/files/2019-09/ILR_White_Paper_FINAL_EBOOK.pdf (2019 年 9 月公開, 2020 年 8 月 24 日確認)
- (3) U.S. Chamber of Commerce Foundation, Center of Education and Workforce, “Improving the Talent Marketplace through the Application of Web 3.0 Technologies”
https://www.uschamberfoundation.org/sites/default/files/March%2007_Background%20Paper.pdf (2018 年 3 月 7 日公開, 2020 年 8 月 24 日確認)
- (4) T3 Innovation Network, “Work Group 1 Report-- Stakeholder Use Cases for Achieving Breakthrough Innovations--”
https://www.uschamberfoundation.org/sites/default/files/Work%20Group%201_Final%20Report_May%202018.pdf (2018 年 5 月公開, 2020 年 8 月 24 日確認)
- (5) “About O*NET at O*NET Resource Center”
<https://www.onetcenter.org/overview.html> (2020 年 8 月 11 日確認)
- (6) “LER Hub Skills Extraction Tool”
<https://lerhub.org/s/curators/uLWRog5zQqTze7z7E/skills-extraction-tool-> (2020 年 8 月 11 日確認)
- (7) “Competency and Skills System (CaSS) | ADL Initiative”; <https://adlnet.gov/projects/cass/> (2020 年 8 月 24 日確認)
- (8) Credential Engine, “Credential Transparency Description Language (CTDL) Handbook”
<https://credreg.net/ctdl/handbook> (2020 年 8 月 11 日確認)

相互評価中の特徴的な評価行動の指標に対する

連続評価の影響分析

堀越 泉^{*1}, 田村 恭久^{*2*}

^{*1} 上智大学大学院 理工学研究科, ^{*2} 上智大学 理工学部

Analysis of The Effects of Continuous Evaluation on the Indicators of Characteristic Evaluation Behavior during Mutual Evaluation

Izumi HORIKOSHI^{*1}, Yasuhisa TAMURA^{*2}

^{*1}Graduate School of Science and Technology, Sophia University,

^{*2}Faculty of Science and Technology, Sophia University

本稿では、相互評価中の評価行動が連続評価の際に受ける影響を分析した。以前の報告では、特徴的な相互評価行動を定量的に表現できる指標として、評価にかけた時間、クリック回数、時刻や評点の平均・標準偏差などを提案した。本稿では、これらの指標が連続評価の影響を受けやすいかを分析した。その結果、グラフの形状に現れるレベルではどの指標も連続評価に伴う単純な減少・増加は見られなかった。一方で、評価者間でのばらつきが大きいものと小さいものが見られた。特にクリック回数については、分散分析においても評価者間で差異が少ないことが明らかになった。

キーワード: 相互評価, 評価行動, Learning Analytics

1. はじめに

近年、学力観の変化等を背景として、学習者による相互評価が盛んになってきている⁽¹⁾。学習場面における相互評価の一般的な利点として、深澤⁽²⁾は学習者の動機付けを高める⁽³⁾、学習目標をはっきり認識させる⁽⁴⁾、評価における教員負担の削減⁽⁵⁾などを挙げている。

一方で、学習者同士による相互評価は、学習者が真面目に評価を行っているか、あるいは真面目に評価を行っていたとしてもその評価は妥当であるか、など懸念がある。この問題に対し、学習者による相互評価の信頼性・妥当性を分析した先行研究は多く存在する⁽⁶⁾。学習者による相互評価は教員評価と比較しうる（信頼できる）という文献^{(6),(7)}がある一方、「教員評価と相互評価の間の相関は中程度であり、また良い発表を低く評価し、よくない発表を高く評価する傾向が見られた」というように、信頼性・妥当性には疑問があるという

文献⁽⁸⁾もある。また、評価する学習者が、評価対象となっている学習者からも評価されると甘い評価を行う傾向があるという文献⁽⁹⁾もあり、相互評価を行う条件が評価結果に影響を与える可能性も指摘されている。

このように、相互評価の質の議論については多数の先行研究が存在する。これらの先行研究では、主に学習者同士の評点の一致度をもって信頼性を、教員による評点と学習者による評点の一致度をもって妥当性を議論するなど、基本的に相互評価の評点（結果）に着目している。

これに対し筆者らは、一人一人の学習者がいつ・どの評価項目を評価したかという評価プロセスに着目し、評価行動を分析してきた。そしてこれまでの結果として、評価にかける時間が長い学習者や短い学習者が存在すること、評価項目の並びと異なる順序で評価する学習者や、評価項目順に評価する学習者が存在するこ

などを発見し、学習者によって評価行動は様々であるということを明らかにしてきた。

相互評価の質の議論において評価行動に着目した研究はほとんど存在しない一方で、社会調査の分野では、近年 Web を用いたアンケートの回答にかけた時間や中断などのログを分析し、調査の回答の質の検証に用いる研究が盛んになってきている⁽¹⁰⁾。そして例えば「アンケート回答の繰り返しの伴い、回答者の正確に答える動機づけが低下し、短時間に回答する行動が増加する」⁽¹¹⁾などの知見が蓄積してきている。このため、相互評価の評価行動においても連続評価の実施により、評価に対する動機付けに影響を与える可能性があると考えられる。

既報の研究は一人一人の評価行動の可視化をもとにした定性的な議論であった。この手法では、個人の行動の特徴については詳細に議論できる。一方で、特徴間の関係やクラス全体の傾向に対する議論には不向きである。そこで本稿では、評価行動の特徴を定量的に議論する手法を検討する。これを実現するため、評価行動の特徴を定量的な指標（特徴量変数）として抽出し、その傾向や性質を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

2.1 データ取得方法

相互評価中の各評価項目の評点と評価タイミングを取得するため、既報の研究でも使用してきた相互評価フォームを用いた。これはオンラインフォームであり、評価項目のリストと評点に対応したラジオボタン（1点～5点）、送信ボタンを備える。評価者は送信ボタンを押すまで何度でも評価を変更可能であり、評点の選択、変更、送信ボタンの押下をトリガーとして、履歴がサーバに送られる。取得した主なログ項目は、評価日時、評価者学生番号、被評価者学生番号、評価項目番号、評点である。

2.2 実験

上記のフォームを用いて実験を実施し、相互評価の履歴を取得した。被験者は上智大学開講の全学共通科目「情報リテラシー（情報検索）」受講者のうち、被験者として同意を得た者とした。実験対象回では、プレ

ゼンテーション作成の演習を行い、その発表に対し相互評価を課した。プレゼンテーションは発表 10 分、質疑応答 4 分からなり、グループ A～F の計 6 グループが発表を行なった。実験実施日は 2017 年 7 月 10 日、被験者は 71 名であった。

2.3 抽出する特徴量変数

上記の方法で取得した相互評価中の各評価項目の評点と評価タイミングのデータから、以下の 6 種の特徴量変数を抽出した。

評価にかかった時間(Evaluation Time: ET):

評価者が最初に評価項目をクリックしてから提出ボタンを押す前に最後に評価項目をクリックするまでの経過時間（注:「フォームが表示されてから送信ボタンが押されるまでの経過時間」ではない）。

クリック回数(Click Count: CC):

評価者が評価を通じて評価項目のラジオボタンをクリックした合計回数。

評点の平均(Mean of the score: sM):

評価者が使用した評点の平均。

評点の標準偏差(Standard deviation of the score: sSD):

評価者が使用した評点の標準偏差。

評価時のタイムスタンプの平均(Mean of the evaluation time stamp: tM): 評価項目クリック時のプレゼンテーション開始時からの平均経過時間。

評価時のタイムスタンプの標準偏差(Standard deviation of the evaluation time stamp: tSD):

評価項目クリック時のプレゼンテーション開始時からの経過時間の標準偏差。

2.4 Research Question と検証方法

本稿では、2 つの Research Question(RQ)を設定し、以下の方法で検証した。

RQ 1 : 特徴的な評価行動は定量的に表現可能か

上で提案した 6 種の特徴量変数と関連する特徴的な評価行動を抽出し、その特徴を特徴量変数を用いて表現
RQ 2 : 特徴量変数によって連続評価から受ける影響に差異があるか

連続評価を行なった際の特徴量変数の推移を可視化し、比較。連続評価の影響と個人差の影響を分析

3. 結果・考察

3.1 取得データ

前述の実験の結果、表 1 に示す件数のデータが得られた。本稿で対象とする回にプレゼンテーションを行なったのはグループ A～F の 6 グループであったが、誤ってグループ G の評価を行なった評価者がいたため、表 1 にはグループ G の欄も存在する。また、重複して評価を送信した学習者や途中まで評価して送信ボタンを押さなかった学習者などが存在したが、表 1 では最終的に提出ボタンを押した学習者の重複を除いて評価件数とした。

表 1 評価対象グループ別評価件数

評価対象グループ	評価件数
グループ A	49
グループ B	52
グループ C	52
グループ D	52
グループ E	49
グループ F	51
グループ G	1

3.2 RQ 1：特徴的な評価行動は定量的に表現可能か

RQ1 を検証するため、上で提案した 6 種の特徴量変数と関連する特徴的な評価行動を抽出し、その特徴を特徴量変数を用いて表現する。次頁図 1 は、今回得られた特徴的な評価行動である。以下では図 1 で取り上げた評価行動と特徴量変数を整理する。

評価にかけた時間 (Evaluation Time: ET) – 図 1(a)

評価にかけた時間 (ET) は、評価者が評価に時間をかけたかどうかを表現することができる。図 1 (a-1) に取り上げた「時間をかけて評価を行った評価者」は ET=12.3(分)であるのに対し、(a-2)の「短時間で評価を行った評価者」は ET=0.73(分)であった。

クリック回数 (Click Count: CC) – 図 1(b)

クリック回数(CC)は評価者が評価の変更を行ったかどうかを表現することができる。図 1 (b-1)の評価者はいちどつけた評価の変更を行ったため評価項目数より多くクリックし、

CC=21(回)であった。一方、(b-2)の評価者はほとんどの評価項目について変更を行わなかったため評価項目数とはほぼ同じ回数のみクリックし、CC=18(回)であった。

評点の平均 (Mean of the score: sM) – 図 1(c)

評点の平均(sM)は評価者の評点選択傾向を表現できる。

図 1 (c-1)の評価者は低得点を含む様々な評点を使用したために平均の評点は低くなり sM=3.63(点)であったのに対し、(c-2)の評価者は高得点の評点を多く使用したため平均の評点は高くなり sM=4.45(点)であった。ただし、評点の平均(sM)のみからでは、評価者が同一の評点ばかりを使用したかどうかまでは表現できない。

評点の標準偏差 (Standard deviation of the score: sSD) – 図 1(d)

評点の標準偏差(sSD)は、評価者が同一の評点ばかりを使用したのか、様々な評点を使用したのかを表現できる。

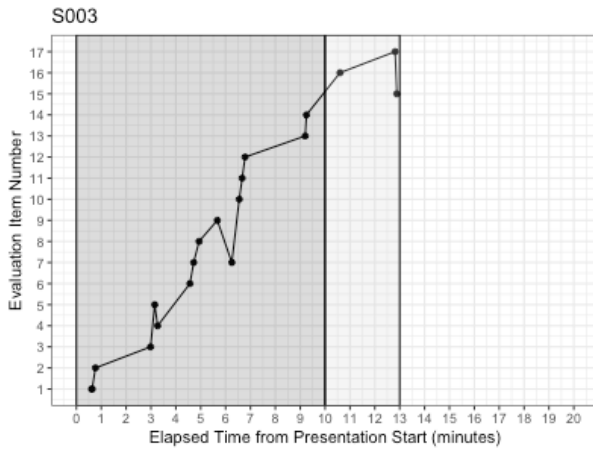
図 1 (d-1)の評価者は様々な評点を使用し sSD=0.99(点)であったのに対し、(d-2)の評価者は特定の評点をばかり使用したため sSD=0.34(点)と(d-1)より小さい値であった。

評価時のタイムスタンプの平均 (Mean of the evaluation time stamp: tM) – 図 1(e)

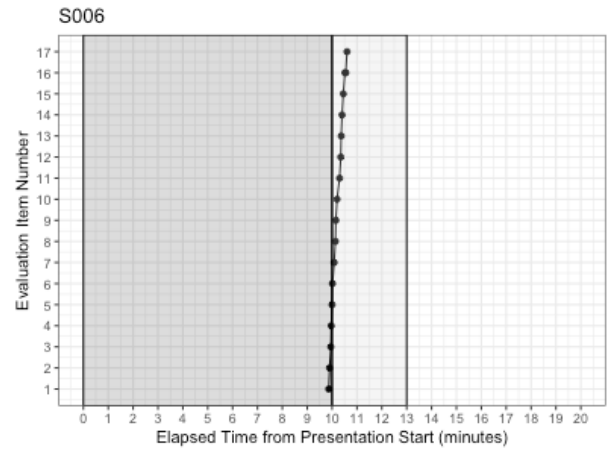
評価時のタイムスタンプの平均(tM)は評価者がプレゼンテーション開始直後に評価、プレゼンテーションの終わりに近づいてから評価など、どのタイミングで評価する傾向があるかを表現できる。図 1 (e-1)の評価者はプレゼンの途中で評価を完了し tM=4.44(分)、(e-2)の評価者はプレゼン時間の全体にわたって評価を行い tM=5.91(分)、(e-3)の評価者はプレゼン終了時にまとめて評価を入力し tM=10.2(分)、(e-4)の評価者はプレゼン時間中に評価を行わず(時間が経ってから入力し) tM=62.5(分)と、タイミングの違いが現れる。ただし、前述の評点の場合(sM)と同様、この平均(tM)からのみからでは、評価者に短時間に評価を行ったかどうかは表現できない点に注意が必要である。

評価時のタイムスタンプの標準偏差 (Standard deviation of the evaluation time stamp: tSD) – 図 1(f)

評価時のタイムスタンプの標準偏差(tSD)は、評価者が評価中に均等に時間を費やしたか、短時間で評価を行ったかを表現できる。図 1 (f-1)の評価者はプレゼンテーション時間全体に渡って評価を行い tSD=3.74(分)であったのに対し、(f-2)の評価者は短時間に多数の項目の評価を入力したため tSD=0.24(分)と(f-1)より小さい値であった。

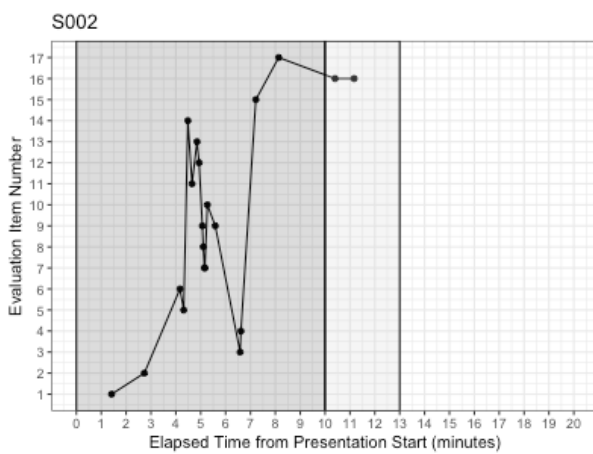


(a-1) 時間をかけて評価 (ET=12.3)

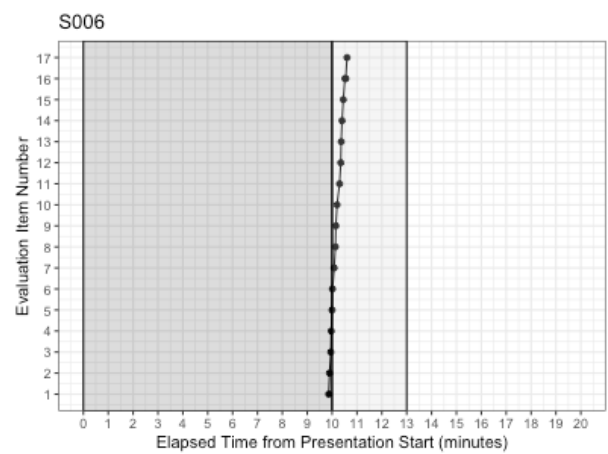


(a-2) 短時間で評価 (ET=0.73)

(a) 評価にかかった時間 (Evaluation Time: ET, 単位: 分)

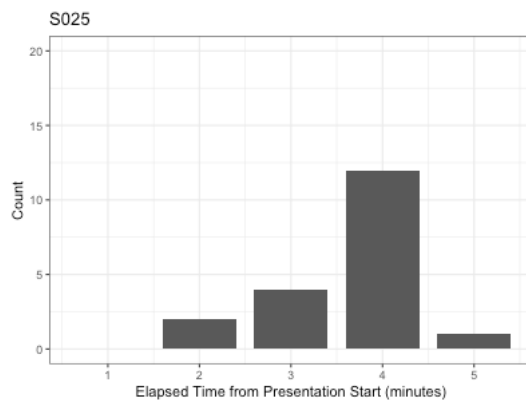


(b-1) 評価項目数以上の回数をクリック (CC=21)

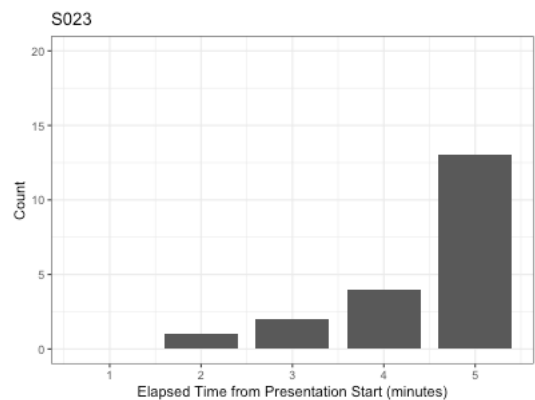


(b-2) ほぼ最低限の回数のみクリック (CC=18)

(b) クリック回数 (Click Count: CC, 単位: 回, 評価項目数: 17)

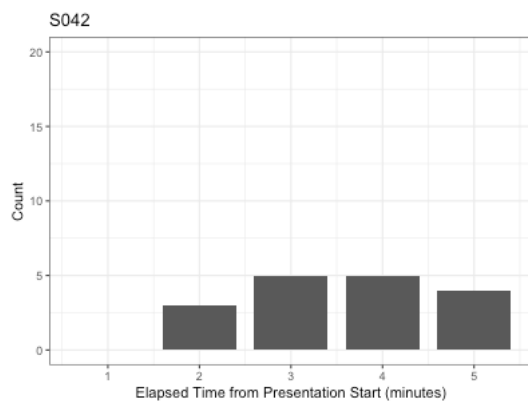


(c-1) 低い評点も使用(厳しい) (sM=3.63)

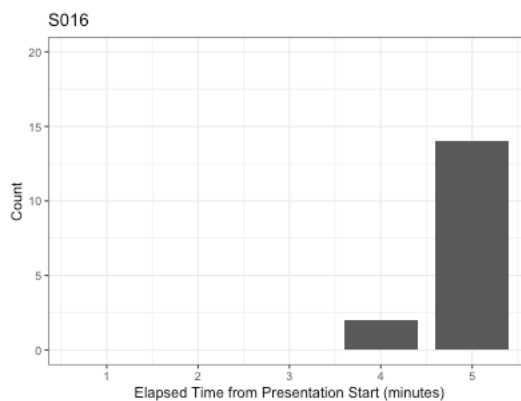


(c-2) 高い評点を多く使用(甘い) (sM=4.45)

(c) 評点の平均 (Mean of the score: sM, 単位: 点, 満点: 5 点)

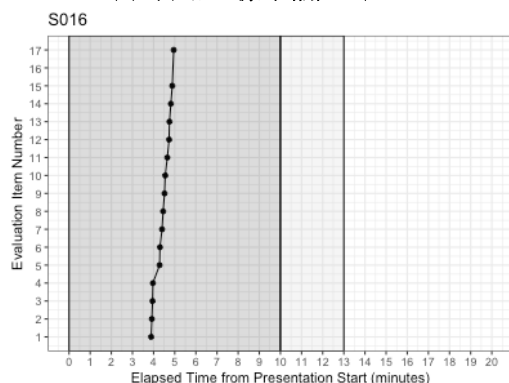


(d-1) 様々な評点を使用 (sSD=0.99)

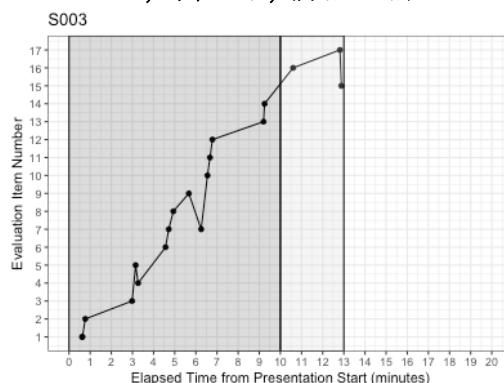


(d-2) 同じ評点ばかりを使用 (sSD=0.34)

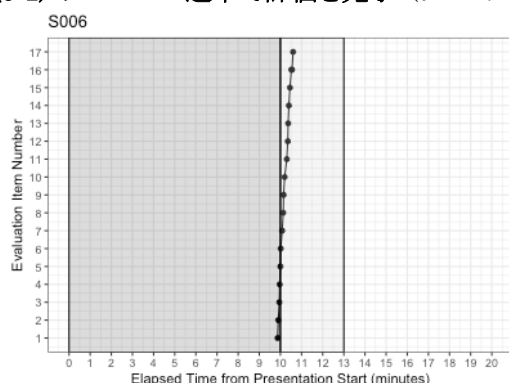
(d) 評点の標準偏差 (Standard deviation of the score: sSD, 単位: 点, 満点: 5 点)



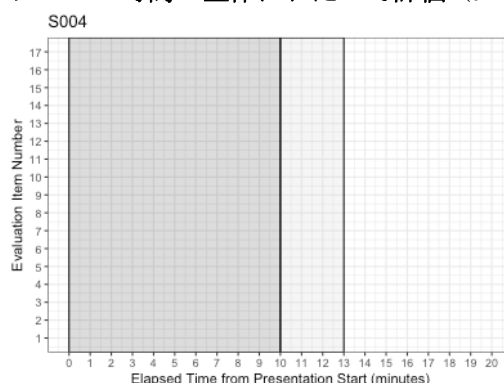
(e-1) プレゼンの途中で評価を完了 (tM=4.44)



(e-2) プレゼン時間の全体にわたって評価 (tM=5.91)



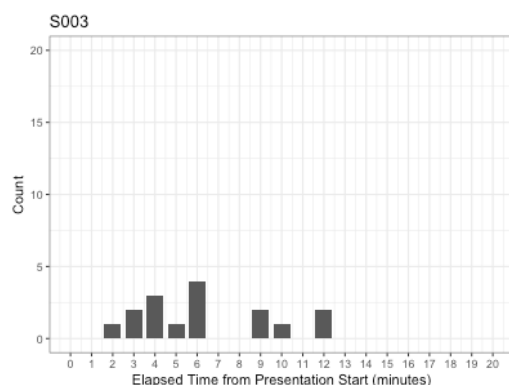
(e-3) プレゼン終了時にまとめて評価 (tM=10.2)



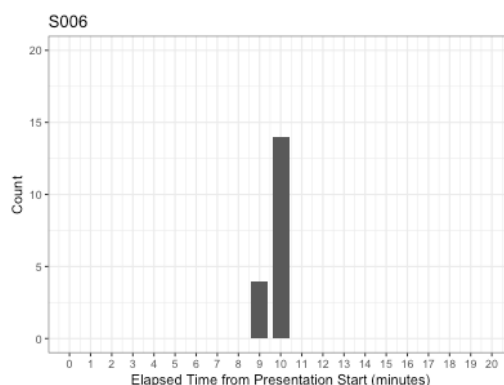
(e-4) プレゼン時間中に評価しなかった (tM=62.5)

(e) 評価時のタイムスタンプの平均* (Mean of the evaluation time stamp: tM, 単位: 分)

*評価項目クリック時のプレゼンテーション開始時からの平均経過時間



(f-1) プレゼン時間の全体にわたって評価 (tSD=3.74)



(f-2) 短時間に多数の項目を評価 (tSD=0.24)

(f) 評価時のタイムスタンプの標準偏差** (Standard deviation of the evaluation time stamp: tSD, 単位: 分)

**評価項目クリック時のプレゼンテーション開始時からの経過時間の標準偏差

図 1 6 種の特徴量変数に関連する今回得られた特徴的な評価行動

3.3 RQ2：特徴量変数によって連続評価から受ける影響に差異があるか

3.3.1 各特徴量変数の連続評価の変化（予想）

第1章で述べたように、アンケートの回答行動分析の分野では「アンケート回答の繰り返しの伴い、回答者の正確に答える動機づけが低下し、短時間に回答する行動が増加する」という知見⁽¹¹⁾がある。このため、相互評価の評価行動においても連続評価の実施により評価行動が変化し、それが特徴量変数に現れると考えられる。アンケートの回答行動の場合のように、連続評価により動機付けの低下等が生じると仮定したとき、予想される各特徴量変数の変化を整理したものが表2である。

表2 連続評価時の各特徴量変数の変化（予想）

特徴量変数	連続評価時の変化	傾向
評価にかけた時間 (ET)	短時間で評価するようになる	減少
クリック回数 (CC)	最低限の回数しかクリックしないようになる	減少
評点の平均 (sM)	高い評点を使うようになる（甘くなる）	増加
評点の標準偏差 (sSD)	同じ評点ばかり使うようになる	減少
評価時のタイムスタンプの平均 (tM)	後からまとめて評価するようになる プレゼン開始前に終わらせてしまう	不明
評価時のタイムスタンプの標準偏差 (tSD)	短時間に多数のクリックをするようになる	減少

また、この変化を連続評価に伴って減少するか増加するかの観点で要約したのが表2の最右列である。評価にかけた時間 (ET)、クリック回数(CC)、評点の標準偏差 (sSD)、評価時のタイムスタンプの標準偏差(tSD)の4変数は連続評価に伴って値が減少すると予想した。一方で、評点の平均(sM)は連続評価に伴って値が増加すると予想した。評価時のタイムスタンプの平均(tM)については、連続評価の影響を受けると考えられるが、予想される変化の方向が一定ではないため、明確な傾向は現れないと予想した。

3.3.2 各特徴量変数の連続評価の変化（実際）

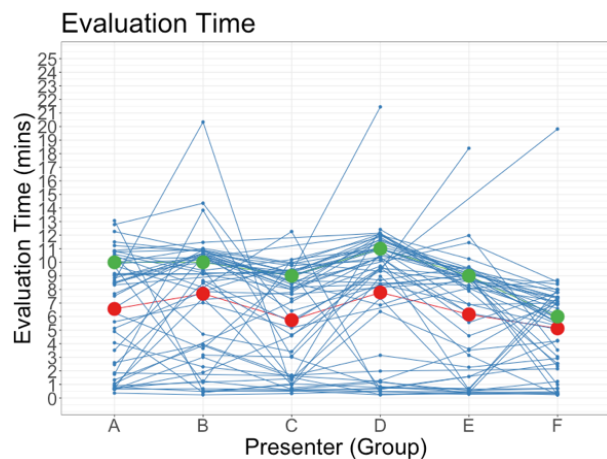
前項の予想を検証するため、図2に6グループに対する評価における各特徴量変数の推移を図示した。細線が各学習者の特徴量変数、赤色の大点は平均である。また、ET (図2 (a-1), (a-2)) の緑点は当該グループのプレゼンテーションの長さ、CC (図2 (b-1), (b-2)) の緑点は評価項目数を表す。ET と CC については、図2 (a-1),(b-1)に実測値、図2 (a-2),(b-2)に相対値を示している。ET の場合は各グループのプレゼンテーションの長さに対する ET の比、CC の場合は評価項目数に対する CC の比、つまり1項目あたり平均何回クリックしたかを示している。

グラフ形状からの議論

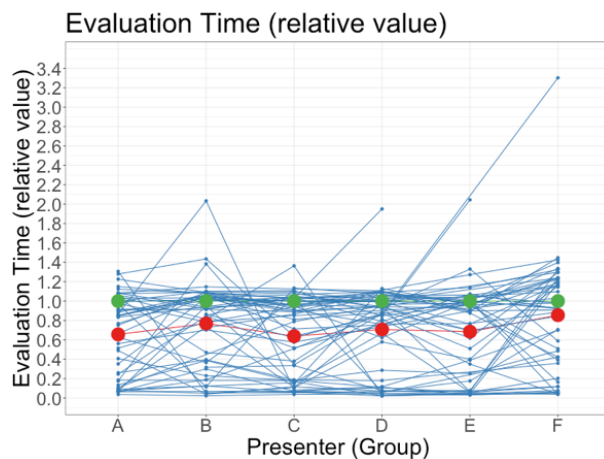
ET について、図2 (a-1)では一見連続して評価を行うと ET が短くなっているように見える。しかし、プレゼンテーションの長さを表す点に着目すると、ET の傾向は、プレゼンテーションの長さの際の影響を大きく受けていることがわかる。この影響を除くために、各グループのプレゼンテーションの長さに対する ET の比を算出し、可視化した図2 (a-2)では、図2 (a-1)で見られた連続した評価に伴う下降傾向が消滅している。以上より、グラフ形状からは、「評価にかけた時間(ET)」はプレゼンテーションの長さの際の影響を大きく受け、また連続して評価を行ってもクラス全体として単純に短くなっていくことはないと言える。

図2 (b-1),(b-2)から、CC においても連続評価によって単純に減少することはないことがわかる。また図2 (b-2)を見ると、平均して1評価項目あたり2～3回クリックする学習者も見られる一方で、多くの学習者は各項目1回程度に集中しており、CC はそれほど学習者間でばらつきが大きい。つまり、CC は繰り返しの評価や授業の終わりが近づくなどしてもあまり影響を受けず、評価者間でも差異が少ない可能性が示唆される。

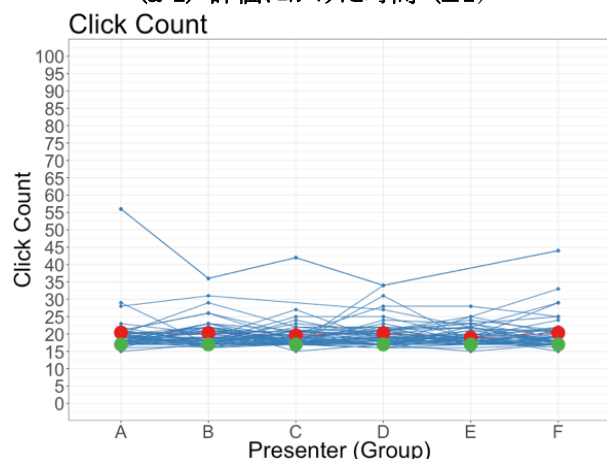
図2 (c)より sM も先2種の変数と同様、連続評価を行なっても単純に増加することはないことがわかる。なお、評価対象によって sM の値の変動が見られるが、これは純粋に評価対象のプレゼンテーションの質を反映している可能性がある。しかしながら、今回は教員等の基準となる評価を行っていないため、検証できない。このような分析については、過去に別報告⁽¹²⁾において学習者と TA の評価の比較を行っている。



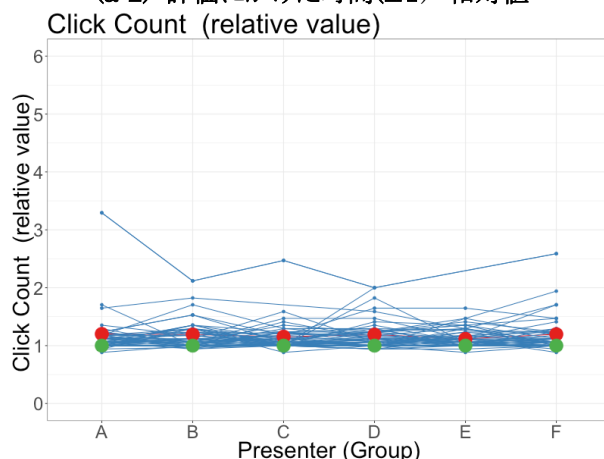
(a-1) 評価にかかった時間 (ET)



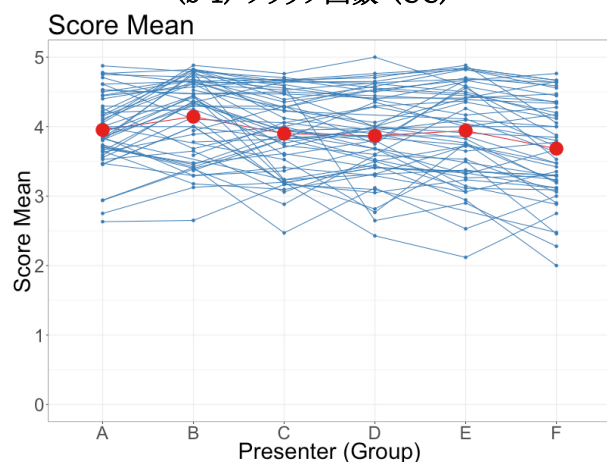
(a-2) 評価にかかった時間(ET) 相対値



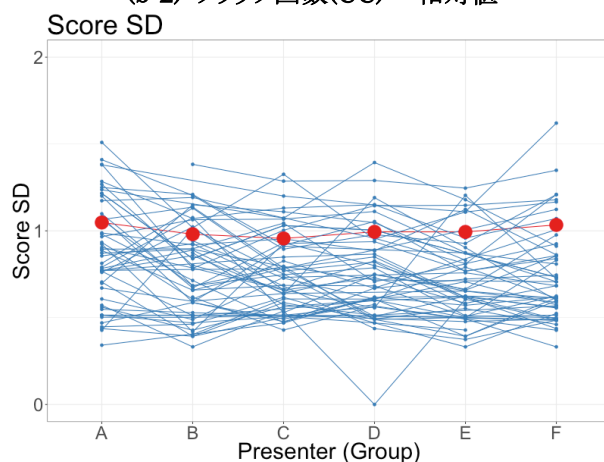
(b-1) クリック回数 (CC)



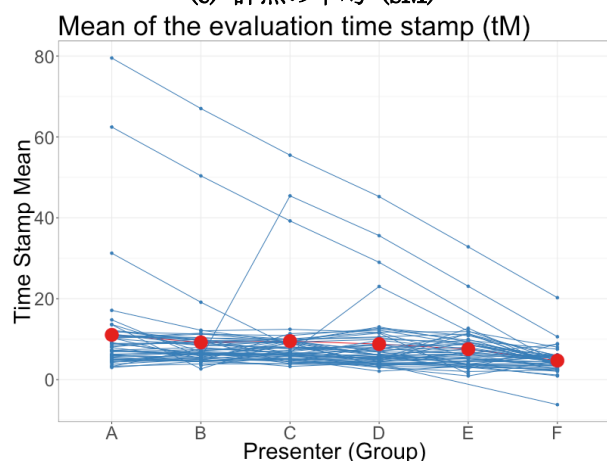
(b-2) クリック回数(CC) 相対値



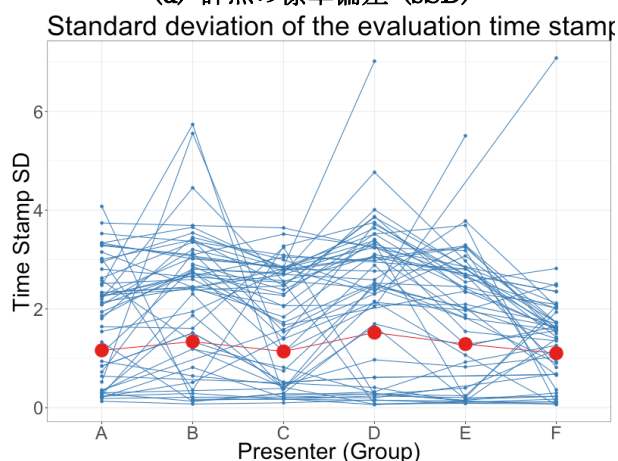
(c) 評点の平均 (sM)



(d) 評点の標準偏差 (sSD)



(e) 評価時のタイムスタンプの平均 (tM)



(f) 評価時のタイムスタンプの標準偏差(tSD)

図 2 連続評価時の特徴変数の推移

残る sSD, tM, tSD についても連続評価に伴う明確な増加・減少は見られない。以上より、グラフの形状のレベルではどの特徴量変数も、連続評価に伴う単純な減少・増加は見られなかった。一方で、評価者間でのばらつきが大きい変数と小さい変数が見られた。

分散分析による議論

続いて、グラフの形状のレベルでは捕捉できない性質を議論するため、6種の特徴量変数に対し、連続評価の影響を分析するため反復測定の一元配置分散分析を行った。その結果、CC を除く ET, sM, sSD, tM, tSD において評価対象ごとの特徴量変数に有意な差が見られた(4変数とも $p<.001$)。一方で、CC については有意差はみられなかった($p=.486$)。つまり、CC 以外の変数についてはグラフの形状のレベルでは傾向は見られないが、評価対象ごとに差異が見られることが明らかになった。また、CC については、グラフからも示唆されるように、繰り返しの評価や授業の終わりが近づくなどしてもあまり影響を受けず、評価者間でも差異が少ないことが明らかになった。

4. おわりに

本稿では、評価行動の特徴を定量的に議論するため、評価行動の特徴を定量的な特徴量変数として抽出し、その傾向や性質を明らかにすることを目的とした。

「RQ 1：特徴的な評価行動は定量的に表現可能か」については、6種の特徴量変数により、関連する評価行動の特徴を捉え、表現することができた。また、「RQ 2：特徴量変数によって連続評価から受ける影響に差異があるか」については、グラフの形状に現れるレベルではどの特徴量変数も、連続評価に伴う単純な減少・増加は見られなかった。一方で、評価者間でのばらつきが大きい変数と小さい変数が見られた。特にクリック回数については、分散分析においても評価者間で差異が少ないことが明らかになった。

今後課題として、今回のデータを縦断データと捉えて潜在成長モデルを用いて、個人内変化の傾向と変化の個人差について議論を行いたい。

- (1) 藤原康宏, 大西仁, & 加藤浩: “学習者間の相互評価に関する研究の動向と課題”, メディア教育研究, Vol.4, No.1, pp.77-85 (2007)
- (2) 深澤真: “スピーチにおける生徒相互評価の妥当性”, ARELE: annual review of English language education in Japan, Vol.21, pp.181-190 (2010).
- (3) Orsmond, P., Merry, S., & Reiling, K.: “The importance of marking criteria in the use of peer assessment”, Assessment & Evaluation in Higher Education, Vol.21, No.3, p.239-250 (1996)
- (4) Luoma, S.: Assessing speaking. U.K.: Cambridge University Press, (2004)
- (5) Brown, J. D.: New Ways of Classroom Assessment. New Ways in TESOL Series II, Innovative Classroom Techniques. TESOL, (1998)
- (6) Miller, L., & Ng, R.: “Autonomy in the classroom: Peer assessment”, Taking control: Autonomy in language learning, pp.133-146 (1996)
- (7) Hughes, I. E., & Large, B. J.: “Staff and peer-group assessment of oral communication skills”, Studies in Higher Education, Vol.18, No.3, pp.379-385 (1993)
- (8) Freeman, M.: “Peer assessment by groups of group work”, Assessment & Evaluation in Higher Education, Vol.20, No.3, pp.289-300 (1995)
- (9) 藤原康宏, 大西仁, 加藤浩: “公平な相互評価のための評価支援システムの開発と評価: 学習成果物を相互評価する場合に評価者の選択で生じる「お互い様効果」”, 日本教育工学会論文誌, Vol. 31, No. 2, pp.125-134 (2007)
- (10) Couper, M. P.: “Web surveys: A review of issues and approaches”, The Public Opinion Quarterly, Vol.64, No.4, pp.464-494 (2000a)
- (11) Yan, T., and tourangeau, R.: “Fast times and easy questions: the effects of age, experience and question complexity on web survey response times”, Applied Cognitive Psychology, Vol.22, No.1, pp.51-68 (2008)
- (12) Horikoshi, I., and Tamura, Y.: “Analysis of “Evaluation Behavior” Using Students’ Peer Assessment Process Data”, The 27th International Conference on Computer in Education (ICCE 2019), pp.755-758 (2019)

MIF 誤概念に対する Error-Based Simulation の修正効果の概念 マップを用いた観測

西岡 佳希^{*1}, 下條 一駿^{*1}, 林 雄介^{*1}, 平嶋 宗^{*1}

^{*1} 広島大学大学院工学研究科

Observation of correction effect of Error-Based Simulation for MIF misconception using concept map

Yoshiki Nishioka^{*1}, Kazutoshi Shimojo^{*1}, Yusuke Hayashi^{*1}, Tsukasa Hirashima^{*1}

^{*1}Graduate School of Engineering Hiroshima University

Error-Based Simulation(EBS) が力学における MIF 誤概念の解消に有用であるとされている。しかし、これは力の作図テストの MIF 誤概念を反映した誤答数が、EBS 利用前後、遅延において有意に減少した事に基づくものであり、概念レベルでの修正に関しては直接的に観測できているわけではなかった。本研究は、学習者の持つ概念をより直接的に観測する手段であるとされている概念マップを用い、EBS 利用前後の概念マップの変化として、概念の修正をより直接的に観測する事を指向している。本稿では、高専生による実践データの分析から、(1)作図における MIF(作図 MIF)、概念マップにおける MIF(マップ MIF) が EBS 利用前後で有意に減少する事、(2)作図 MIF の有無とマップ MIF の有無が有意に関連する事、(3)作図の正誤と概念マップの正誤が有意に関連する事、(4)EBS 利用による作図 MIF とマップ MIF の解消が同時に起こる可能性が有意に高い事が示された。これらは、MIF 誤概念の概念レベルでの修正が概念マップで観測できる可能性を示唆している。

キーワード: MIF 誤概念, Error-Based Simulation, 概念変容, 概念マップ

1. はじめに

ある事象に対して科学的に正しいとされている概念を学ぶ前に、それとは異なる誤った概念を獲得してしまっている学習者が多くみられることが知られている。このような概念は素朴概念と呼ばれる。この素朴概念は日常生活の経験から得られ、科学的に正しい概念の理解の妨げになり、また、その修正が困難であると言われている⁽¹⁻³⁾。この素朴概念の中でも特に多くの学習者に見られ、また修正が困難なものとして、初等力学の分野における Motion Implies a Force (MIF) という素朴概念(以下では MIF 誤概念と呼ぶ)が知られている⁽⁴⁾。この MIF 誤概念は運動している物体には運動している方向に力が働いているという誤った概念のことである。この誤概念の修正は、学習支援における重要な研究トピックとなっている⁽⁵⁾。この MIF 誤概念修正のためには対象としている系に働く力の把握が必要であるとされており、その学習支援の 1 つとして、Error-Based Simulation (EBS)⁽⁶⁻¹²⁾が提案されている。EBS は、学習者の考えが正

しいと仮定した場合にどのような現象が起こるのかをシミュレーションするシステムのことである。力学の力の作図に対する EBS では、ある力学の問題に対して学習者が力を作図する。そしてその作図された力を正しいものとして挙動をシミュレーションする。そして、その挙動のおかしさに学習者自身に気づかせることで、誤り修正への内発的動機づけを与えることを指向している、力の作図に対する EBS の実践利用を通して MIF 誤概念修正に効果的であることを示唆する結果が得られているが、これは力の作図テストにおける MIF 誤概念を反映した誤答の数が EBS の利用前後および遅延において有意に減少したこと、に基づくものであり⁽¹²⁾、概念の変化を直接的に観測したものではなかった。

本研究では、概念マップを用いることで EBS による MIF 誤概念の修正をより直接的に観測しよう試みである。概念マップは学習者の理解状態をより直接的に捉えることができるとされており⁽¹³⁻¹⁵⁾、力学の理解を捉えるうえでも有用とされている⁽¹⁶⁾。なお、概念マップで理解を外在化すること自体の効果や、外在化された理解を対

象としたよりきめ細やかな修正支援といったことは今後の課題である。

本稿では、まず EBS を用いた誤りからの学習に関する一連の研究について概説する。次に、概念マップを用いた概念レベルでの変化の観測について筆者らの先行研究も含めて概説する。さらに本研究で実施した実践とそのデータの分析について述べる。分析の結果、EBS が作図 MIF およびマップ MIF の修正に貢献すること、作図 MIF の有無とマップ MIF の有無に有意な連関があること、作図正誤とマップ正誤に有意な連関があること、および作図 MIF の修正とマップ MIF の修正が連動することが分かったので報告する。

2. 力学 EBS による誤りからの学習

2.1 誤りからの学習

誤りからの学習とは、学習者自身が自らの誤りを認識し、その誤りを修正するという学習方法である。その学習を可能にする方法の1つが「Error-Based Simulation による誤りの可視化」⁽¹⁰⁾である。EBS による誤りの可視化では、学習者の誤った考えを肯定した時にどのような事象が起こってしまうのかをシミュレートし可視化する。この誤りの可視化が学習者の誤り修正に効果的であると同時に学習者の誤りの気づきを促す方法として有効であることがすでに検証されている。

2.2 力の作図 EBS

力の作図に関する EBS が MIF 誤概念の修正に効果的であることの検証が実験的に確認されている^(11,12)。力の作図だけでなく、加速度・速度の作図を行わせる EBS でも開発されており、その効果が確認できている。力・加速度・速度の作図を行わせる EBS の開発されており、これを多視点 EBS⁽¹¹⁾と呼ぶ。この多視点 EBS では、作図された力・加速度・速度でそれぞれの挙動をシミュレートし、正しい挙動との差だけでなく、それぞれの挙動の差異も可視化するものとなっている。この多視点 EBS に対する概念マップの利用の試みについては、本研究の先行研究として実施されており、その結果については 3.3 で概説するが、期待する結果は得られていない。この原因は認知負荷が大きかったことであるとして考察し、力の作図のみに対する EBS (単視点 EBS) を用いたのが本研究である。



図1 単視点 EBS システム画面

2.3 EBS の実践的利用事例

筆者らの先行研究の一つとして、MIF 誤概念解消を目的とした EBS システムの実践的利用を高専で行っている。この実践では、単視点 EBS と多視点 EBS の演習に対して、作図方式の事前テスト・事後テスト・遅延テストを次視している。テストとしては、三つのテスト及び EBS 演習で用いられた学習課題と、事後および遅延で用いられた転移課題が用意された。

○学習課題 6 問

- (1) 摩擦のない氷の上を等速直線運動する人
- (2) パラシュートを開いて等速に落下する人
- (3) 鉛直上向きに投げ上げられたボール
- (4) 宇宙空間を等速直線運動するロケット
- (5) 摩擦のある水平面上において等速で押される箱
- (6) 斜方投射されたボール

○転移課題 4 問

- (7) 摩擦のない斜面上と水平面上を運動する台車
- (8) 摩擦のない氷の上で押されて加速するそり
- (9) 摩擦のある床の上を減速しながら滑ってゆく箱
- (10) 等速度で上昇するエレベーター

2.4 MIF 誤概念

MIF 誤概念は以下の三つのパターンとして誤答に現れるとされている⁽⁴⁾。

- (1) 運動の維持には等速であっても運動を引き起こす運動の向きの力が必要。
- (2) 特に明確な抵抗力があるときに運動を継続するには、抵抗より大きい力が必要。
- (3) 運動の向きの力は、物体の速度に応じて減ったり増えたりする。

力の作図テストを前提とすると、これら三つのいずれかを反映した作図が行われていれば、作図における MIF 誤概念の表れと捉えることができる。この作図から示唆

される MIF を作図 MIF と呼ぶ。

2.4.1 結果と分析

この EBS の実践利用によって MIF 誤概念が解消されたかどうかをテストの結果から分析を行った。ここでは、作図 MIF の検出を MIF 誤概念の存在とし、作図 MIF の解消と捉えている。

分析は学習課題と転移課題に分けて行われた。学習課題については事前テスト、事後テスト、遅延テストの3群を比較するために Steel-Dwass 法を用いて分析をした。また転移課題については事後テストと遅延テストの2群を比較するためにウィルコクソンの符号順位検定を用いて分析をした。

事前テストの MIF 誤答数が 3.50、事後テストの MIF 誤答数が 1.14、遅延テストの MIF 誤答数が 1.53 である。検定の結果、事前テスト、事後テスト間では MIF 誤答数が有意に減少していた ($P=2.54e-05<0.05$)。また事前テスト、遅延テスト間に関しても MIF 誤答数が有意に減少していた ($P=9.56e-04<0.05$)。つまり事前-事後間、事前-遅延間で有意差が見られたという結果が得られた。また、事前テストでの全誤答数に対する MIF 誤答数の割合は 58%であったが、転移課題の全誤答数に対する MIF 誤答数の割合は 28%であり、大幅に減少していた。このことから新規性のある問題に対しても MIF 誤答数が減少していることが言え、EBS システムが MIF 素朴概念解消に有効であることが示唆される。

3. 概念マップを用いた概念変容の測定

3.1 MIF 素朴概念修正の概念レベルでの観測

2 章で説明したように EBS による MIF 誤概念の修正効果は力の作図テストによって観測されている。作図テストの修正は、MIF 誤概念の修正を示唆するものといえるが、概念としてどのような変化が起こっているかは不明のままであったといえ、MIF 誤概念の変容を捉えることは重要な課題となっていた。

本研究では、学習者の作った概念マップが学習者の力学における概念的理解を捉える一つの方法として有効であるとの先行研究⁽¹⁴⁾に基づき、学習者の作った概念マップを用いて EBS の MIF 誤概念に対する効果を概念変容として観測することを目指している。

本研究ではまず、(1) 学習者に課題に対しての概念マップを書かせる方法の考案・実現、(2) 概念マップ

における MIF 誤概念判定法の考案・実現、(3) EBS 利用前の概念マップと利用後の概念マップの比較による概念マップにおける MIF 誤概念の修正の検証および作図テストの結果との比較、までを行った。(3) に関しては、MIF 誤概念が現れている概念マップが、それを含まない概念マップに変化することを観測しているという意味で、概念変容を捉えたといえる。より詳細で個別的な概念変容の分析はまだであるが、今後行っていく計画である。

3.2 キットビルド法を用いた概念マップの作成

本研究の概念マップの作成は、キットビルド法⁽¹⁷⁾を用いている。このキットビルド法では、学習者は提供された部品（ノードとリンク）を組立てることとして概念マップを作成する。キットビルド法においては、学習者は部品が提供されるため、構造の作成に注力することができる。また、教授側も、学習者の構造上の誤りの検出が容易になる。部品が提供されることから、部品自体の誤りは直接的に捉えられないといえるが、ある部品を適切に組み立てることができていないことから、部品自体に対する誤った理解も間接的に捉えることが可能といえる。このため、整理された体系を持ち、体系の中で用意された用語を適切に利用することが求められる（つまり用語自体を学習者が作り出す必要がない）学習課題において、有効な方法といえる。キットビルド法を用いた概念マップの活用については、すでに多くの研究が報告されている。本研究で用いた具体例については4章で説明する。MIF 誤概念の判定法および作図テストとの比較に関しても、4章で報告する。

3.3 多視点 EBS を対象とした概念マップ利用事例⁽¹⁸⁾

力学を対象とした EBS においては、まず力の作図に対する挙動を生成する EBS が作成され、その実践的利用を通して誤り修正の効果が確認されている。この力の作図に対する EBS を発展させ、速度および加速度の作図に対しても EBS を生成し、それらの比較も行えるようにしたのが多視点 EBS⁽¹⁰⁾である。単視点 EBS を用いた後、さらに多視点 EBS を用いることで、誤りの修正効果が有意に追加されることが確認されている。

筆者らは、まずこの多視点 EBS に対して概念マップを用いることを試みた。この際、概念マップは、力、加速度、速度の関係が表現される力と運動に関する包括的な

概念マップ（包括概念マップと呼ぶ）となっており、力学に対する概念的な理解を広範囲にわたって捉えるものになっていたといえる。このため、1 つのマップで力、速度、加速度を一挙に問うものとなっており、認知負荷の高さが懸念された。

この多視点 EBS と包括概念マップを用いた実践を高専生に実施したところ、概念マップだけでなく、それまでの多くの実践において一貫して観測できていた作図課題における学習効果も観測できなかった。この理由としては、多視点 EBS に加えて、包括的概念マップの作成をする必要があったため、過度な認知負荷がかかったと思われる。この考察に基づき、力の作図に対する EBS と力の概念マップを用いて行った実践が本研究となる。

4. 力の作図に関する EBS に対する概念マップの適用

4.1 力に関する概念マップ

本研究では MIF 誤概念の解消が直接的に観測できる力成分のみ、つまり単視点 EBS を用い、それに対する力のみの概念マップを概念変容測定のために採用した。

力学問題とその問題に対応する概念マップのキットの生成方法について図 2 の力学問題「上方に投げ上げられたボールに対して働く力を概念マップとして図示して下さい。ただし空気抵抗は考えないものとします。」に対して作られる概念マップキットを例に説明する。まずこの問題に対して正解の概念マップが図 3 となる。またこの問題に対して想定される MIF 誤りを重ねた概念マップが図 4 である。そしてこの図 4 の概念マップを分解する事により図 5 の概念マップキットを作成している。つまり図 3 のキットに「進行方向の力」、「力の大きさ：中」、「力の大きさ：大」、「鉛直上向き」のダミーノードを追加し、またその追加したノード分の「働いている」、「大きさ」、「向き」のダミーリンクを追加した形となる。このようにする事でキットビルド法におけるゴールマップを教授者として想定できる誤りも含めたもの（拡大ゴールマップと呼ぶ）として作成していることになり、正解だけでなく誤りもその再構成として現れることになる。そして学習者には図 2 の力学問題に対して図 5 の概念マップキットが提供され、再構成してもらう演習を行わせる。その実践については 4.3 以降にて詳しく述べる。

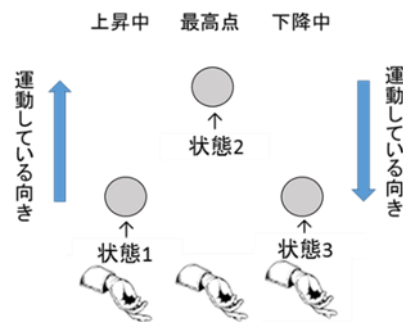


図 2 力学問題の例

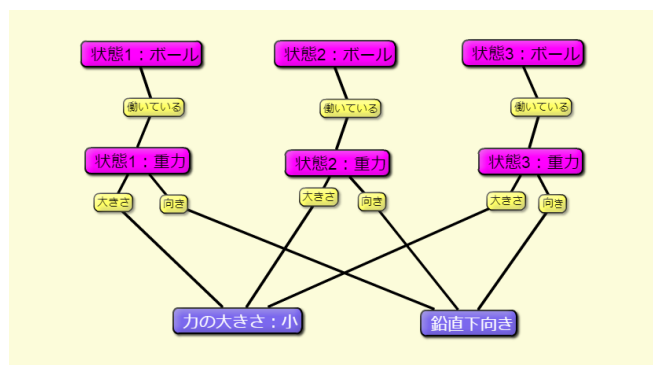


図 3 正解概念マップ

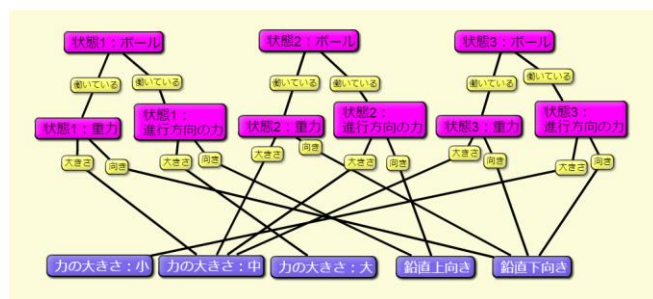


図 4 MIF 誤りを含んだ概念マップ



図 5 概念マップキット

4.2 再構成された概念マップの正誤判定

次に、力学問題をどのように概念マップで表現するかについて述べる。力学問題における回答が(1)正解(2)MIF 誤答(3)その他誤答の三つに分類される事を前提として概念マップにおけるその判定例を説明していく。

MIF 誤概念の表れからは、2.4 で説明した三種類（以下では MIF 誤りと呼ぶ）であるとされている。概念マッ

プにおける MIF 誤概念も、これら三種類の誤りに当てはまるものを検出することで行っている。以下では図 2 の問題と図 6 のキットに対して作られる回答の具体例を示す。

一つ目の MIF 誤りである、「運動の維持には等速であっても運動を引き起こす運動の向きの力が必要」については、図 7 のようなボールが投げ上げられている時、また頂点に達した後下降していくときに運動方向の力が働くという概念マップの作成がこれに相当する。また、「運動の向きの力は、物体の速度に応じて減ったり増えたりする」という MIF 誤りは、図 8 のようにボールが投げ上げられている時は鉛直上向きに力が働き、頂点に達した時には力は働かない、そして下降していく時には鉛直下向きに力が働くという概念マップがこれに該当する。またここでは例示はしないが MIF 誤りの三つ目である「特に明確な抵抗力があるときに運動を継続するには、抵抗より大きい力が必要」は、物体が等速直線運動しており運動方向の力とそれとは逆方向の抵抗力が存在する問題の時に、その運動方向の力の大きさの方が抵抗力の大きさより大きいと概念マップで表現したものが三つ目の MIF 誤りにあたる。次にその他誤答に関しては、MIF 誤りに当たらない間違いをした場合にその回答に分類される。最後にこの問題における正解はどの状態においても同じ大きさの重力が働いているとする図 9 の概念マップが正解となる。このように概念マップにおいても学習者の回答を上記の三種類に分類する事で学習者の理解を概念マップレベルで表現させている。

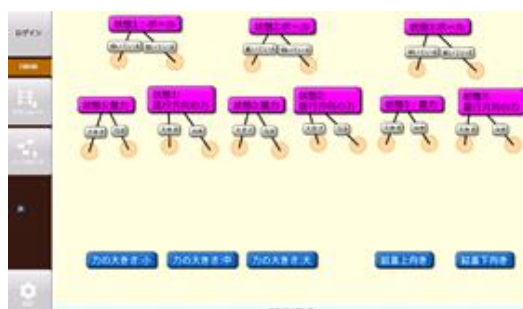


図 6 概念マップキット

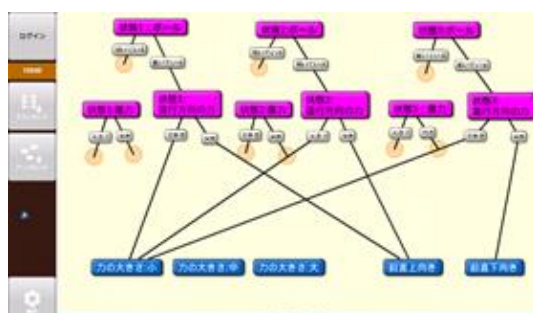


図 7 概念マップ MIF 誤答(マップ MIF)の例 1

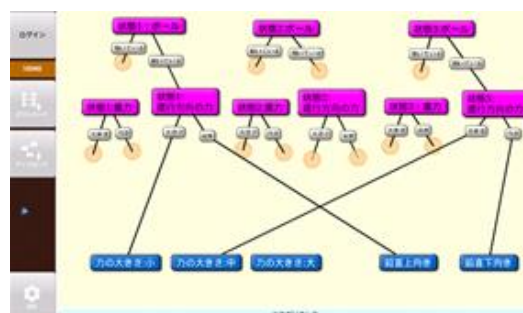


図 8 概念マップ MIF 誤答(マップ MIF)の例 2

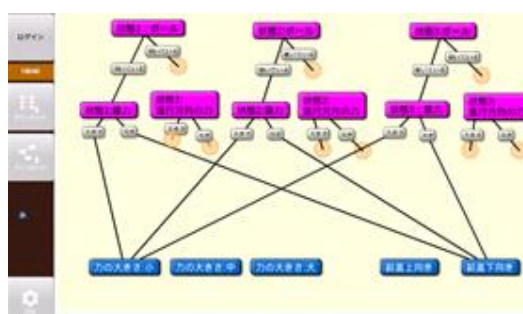


図 9 概念マップ正解例

4.3 実践的利用

力学課題に対する単視点 EBS の実践的利用を高等専門学校の生徒 27 名を対象に行い、EBS 利用の事前と事後に、作図テスト加えて、マップ作成を行わせた。具体的な実践の流れを以下に示す。

- (1) 事前作図テスト (7 分)
- (2) 概念マップ作成 1 (17 分)
- (3) 単視点 EBS 演習 (18 分)
- (4) 事後作図テスト (12 分)
- (5) 概念マップ作成 2 (17 分)

(1)のテストに関しては 2 章で説明した学習課題 6 問で構成されており、(4)のテストに関しては学習課題 6 問 + 転移課題 4 問で構成されている。(3)も同様に 2 章の先行研究と同じシステムを採用している。またこの力学問題の作図テストは 6 点が満点に設定されている。(2)、(5)に関しては EBS の学習課題に設定されている全 6 問に対する概念マップを作成させた(6 点満点)。そのうちの摩擦のない氷の上を等速直線運動する人の問題を図 2 に示す。具体的には図 2 の問題に対して図 3 のキットが学習者に与えられ、それをシステム上で組み立ててもらったものが概念マップシステムとなっている。(2)と(5)を(3)の前に入れることで本研究の目的である、EBS 利用前後の概念変容を概念マップ表現とし

て分析することができる。

4.4 作図テストの修正効果

まず単視点 EBS の利用により MIF 誤概念の解消が見られたかどうかを測るために作図テストの結果をウィルコクソンの符号順位検定により分析した(表 1, 表 2, 表 3)。まず表 2 のように、正答数は有意に増え、効果量が大きいことを示している ($p=1.34e-05<0.01$, 効果量 $r=0.88>0.5$)。また、MIF 誤答は有意に減少し、効果量が大きいことを示している。 ($p=2.03e-05<0.01$, 効果量 $r=0.87>0.5$)。その他誤答が有意には減少していないことから、主に MIF 誤答に有効であったことが示唆される。

また転移課題(表 3)においても、課題としては学習課題よりも複雑であり、正答率も低いが、MIF 誤答に関しては事前の学習課題に比べて低いといえる結果になっている。この転移課題においても MIF 誤答率が低いことは、EBS が概念レベルで有効であったことを示唆するものである。この結果は、これまでの EBS の有効性を示した結果を概ね一致するものであり、今回の EBS の利用が MIF 誤概念の修正に資するものであったことが示唆される結果となっている。

表 1 学習課題：作図テストのスコア結果 ($n=27$)

	事前	事後
平均正答数	1.63($\sigma=1.42$)	4.33(1.80)
MIF 誤答	3.48(1.60)	1.15(1.49)
その他誤答	0.89(0.85)	0.52(0.64)

表 2 学習課題：作図テストの検定結果(p 値)

	平均正答数	MIF 誤答	その他誤答
事前-事後	1.34×10^{-5}	2.03×10^{-5}	0.24

表 3 転移課題のスコア

	転移課題
平均正答率(%)	21.2
MIF 誤答率(%)	26.8
その他誤答率(%)	51.8

4.5 概念マップの修正効果

単視点 EBS の利用により概念マップにおいて、つま

り概念レベルで MIF 誤概念の解消が見られたかどうかを測るために概念マップ作成 1(事前)と概念マップ作成 2(事後)間の MIF 誤答数の変化をウィルコクソンの符号順位検定により分析を行った(表 4)。MIF 誤答に注目すると事前事後間で 1%有意でスコアの減少が見られ、効果量も大であることを示している ($p=4.47e-07<0.01$, 効果量 $r=0.99>0.5$)。従って単視点 EBS は概念マップレベルでの MIF 誤概念の修正支援にも効果的である事が分かった。また、作図テスト同様に、概念マップにおいては、正答数が有意に増加し、その他誤答については、有意な減少は見られなかった。

表 4 概念マップのスコアおよび検定結果

	事前	事後	p 値
平均正答数	0.67(1.07)	3.67(1.64)	1.19×10^{-7}
MIF 誤答	4.48(1.37)	1.70(1.52)	4.47×10^{-7}
その他誤答	0.85(1.04)	0.63(1.18)	0.57

4.6 概念変容の分析

学習者が持つ MIF 誤概念を直接観測する手段はない。作図テストから判定される MIF 誤概念(作図 MIF と呼ぶ)も概念マップから判定される MIF 誤概念(マップ MIF と呼ぶ)もどちらも間接的な観測手段といえる。そこで、本研究では、作図 MIF とマップ MIF の連関を調べた(表 5)。さらに、作図正解とマップ正解の連関についても調べた(表 6)。それぞれ、プレとポストにおいて同様な傾向にあると判断し、両者を足した数値を用いている。

4.6.1 作図 MIF の有無とマップ MIF の有無の連関

マップ MIF の有無と作図 MIF の有無の関係を調べるために、表 5 をフィッシャーの正確確率検定で検定したところ、1%有意 ($p=0.000$, $\phi=0.517$) となった。この結果は、マップ MIF の有無と作図 MIF の有無に有意な連関があり、効果量が大きいことを示している ($\phi>0.5$)。

次に、作図 MIF およびマップ MIF がそれぞれ互いの存在を表せているかどうかを適合率と再現率から分析する。作図 MIF を正解とした場合、マップ MIF の適合率は 64.7%、再現率は 83.1%となる。マップ MIF を正解とした場合は、その逆となる。つまり、作図 MIF がある場合にマップ MIF が存在する可能性のほうが、マップ MIF があつた場合に作図 MIF が存在する可能性よりも高いことを意味する。(1)概念マップのほうが作図よりも学

習者の概念的理解をより直接的に表現できる手段と思われること、(2)作図に関しては EBS やそれ以前の学習において多く経験しているが、概念マップのほうは経験がほぼない状態であり、概念マップのほうは記憶の影響が少ないと考えられること、の二つを踏まえると、マップにおいて MIF を示していても、作図については MIF を示さないことがよくあるが、作図において MIF を示している場合には、マップが MIF になる可能性が高いことは、妥当な結果と考えられる。この考えに基づけば、マップ MIF は作図 MIF はとの比較において、より直接的に MIF 誤概念を捉えていることが示唆される。

4.6.2 作図正誤とマップ正誤の連関

マップ正誤と作図正誤の関係を調べるために、表 6 をフィッシャーの正確確率検定で検定したところ、1%有意 ($p=0.000$, $\phi=0.454$) となった。この結果は、マップ正誤と作図正誤に有意な連関があり、効果量が中であることを示している ($\phi>0.3$)。

次に、作図正解およびマップ正解がそれぞれ互いの存在を表しているかどうかを適合率と再現率から分析する。作図正解を正解とした場合、マップ正解の適合率は 78.4%、再現率は 58.3%となる。マップ正解を正解とした場合は、その逆となる。つまり、マップ正解の場合に作図正解が存在する可能性のほうが、作図正解の場合にマップ正解が存在する可能性よりも、高いことを意味する。この結果は、マップで正解していれば、作図正解を期待できるが、作図正解でのマップ正解の期待は比較的小さいことを示しており、マップ正解が概念的な理解を表しており、作図正解のほうが記憶等に影響される表層的な理解であることを示唆するものとなっている。

4.6.3 作図 MIF の解消とマップ MIF の解消

プレにおいて、作図 MIF とマップ MIF がどちらも現れた場合、MIF 誤概念が存在する可能性が高い。そこで、このような誤りがポストにおいてどのように変化するかをまとめたものが表 7 である。この表を期待比率同等 (25%) を帰無仮説とした上で、 1×4 表のカイ二乗検定を行ったところ、1%有意となったので、ライアンの名義水準を用いた多重比較を行った。結果として、作図 MIF 無 & マップ MIF 無は、他の場合 (作図 MIF 有 & マップ MIF 有、作図 MIF 有 & マップ MIF 無、作図 MIF 無 & マップ MIF 有) に対して、1%有意で多かった。これらのことから、作図 MIF とマップ MIF の修正は連動して起こることを示しており、マップにおいて MIF 誤概念の修

正が捉えられていることが示唆された。

表 5 力学テスト、概念マップ間の回答分類 1

	作図 MIF 有	作図 MIF 無
マップ MIF 有	108	59
マップ MIF 無	22	135

表 6 力学テスト、概念マップ間の回答分類 2

	作図正解	作図不正解
概念正解	92	25
概念不正解	65	142

表 7 プレテスト作図 MIF かつマップ MIF の場合のポストにおける作図 MIF およびマップ MIF ($n=83$)

	作図 MIF 有	作図 MIF 無
マップ MIF 有	16	11
マップ MIF 無	7	49

5. まとめと今後の課題

本研究では、力の作図に関する EBS による MIF 誤概念の修正を、概念マップで捉えることを目指して、EBS の利用前後に概念マップ作成活動を組み込んだ実践を行った。結果として、(1)作図 MIF およびマップ MIF が EBS の利用前後で有意に減少すること、(2)作図 MIF の有無とマップ MIF の有無が有意に連関すること、(3)作図の正誤と概念マップの正誤が有意に連関すること、(4)EBS 利用による作図 MIF の解消とマップ MIF の解消が同時に起こる可能性が有意に高いこと、が分かった。これらの結果は、概念マップを用いて MIF 誤概念及びその変化を捉えることができることを示唆するものとなる。

概念マップで MIF 誤概念が捉えることができれば、MIF 誤概念に対するより直接的な指摘が可能となる。また、マップと作図のずれに関する指摘も有効性が期待できる。たとえば、概念マップの MIF を指摘する作図が修正されたがマップが修正されていない場合、作図とマップにずれが生じていることになり、その差に注意を向け考えさせることは、有用性が期待できる。さらに、また、EBS では作図を運動に反映させていたが、マップを運動に反映させることで、マップの修正支援としての EBS の活用も可能であると考えられる。本研

究の結果は、これらの新しい可視化の設計可能性を示していると判断しており、本研究の結果を踏まえた誤り修正支援の高度化を今後行っていく。また、今回は、事前事後においてのみ概念マップの作成を行っており、遅延としての概念マップのデータ取得ができていなかった。概念レベルでの理解は持続性が高いとされていることを踏まえれば、遅延テストにおける概念マップの観測は重要であると考えられる。したがって、遅延も含めた実践の実施も重要な課題となっている。

謝辞

実験にご協力頂いた倉山めぐみ准教授に感謝します。

参考文献

- (1) K.M.Fisher. “A misconception in biology. Amino acids and translation”, *Journal of Research in Science Teaching*, Volume22,Issue1, pp.53-62, 1985
- (2) Osborne,R., Freyberg, P. : “Learning in science : The Implications of children’s science”, 1985,
- (3) 森本信也, 堀 哲夫訳: 子ども達はいかに科学理論を構成するかー理科の学習論一,東洋館出版社,1988 .
- (4) J. Clement., :“Student preconceptions in introductory mechanics”, *American Journal of Physics*,50,pp.66-71,1982
- (5) 山崎翔平, 定本嘉郎, 牧井創, : MIF 素朴概念をなくす教材の開発と中学校での授業実践 57 巻(2009)3 号 pp.215-219
- (6) 野田尚志, 平嶋宗, 柏原昭博,豊田順一 : 力学における誤り修正支援を目的としたフェイクシミュレーションの提案,人工知能学会誌,10(4),pp.641-645(1995)
- (7) Hirashima, T., Horiguchi, T., Kashiara, A., et al., :”Error-visualization for error-based simulation and its management”, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*,9(1-2), pp.17-31(1998)
- (8) Horiguchi, T., Imai, I., Toumoto, T.,et al. : ”Error-Based Simulation for Error-Awareness in Learning Mechanics: An Evaluation” *Journal of Educational Technology & Society*, 17(3),(2014)
- (9) 堀口知也, 平嶋宗, 柏原昭博, 豊田順一, : 定性推論技法を用いた誤り可視化シミュレーションの制御,人工知能学会誌, 12(2), pp.285-296(1997)
- (10) 平嶋宗, 堀口知也, :「誤りからの学習」を指向した誤り可視化の試み *教育システム情報学会誌* 21(3) pp.215-219
- (11) 山田敦士, 篠原智哉, 堀口知也, 林雄介, 平嶋宗, :多視点 Error-Based Simulation の設計・開発と実験的評価, 電子情報通信学会論文誌 D Vol. J99-D No. 12 pp. 1158-1161
- (12) Hirashima T, Shinohara T, Yamada A,et al.:”Effects of Error-Based Simulation as a Counterexample for Correcting MIF Misconception”, *Proc. of AIED2017*, pp.90-101(2017)
- (13) Novak, J.D., Canas, A.J.: “The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them”, *Technical Report IHMC Cmap Tools 2006-01*(2006)
- (14) Ruiz - Primo, Maria Araceli, and Richard J. Shavelson. "Problems and issues in the use of concept maps in science assessment." *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching* 33.6 (1996): 569-600.
- (15) 山口悦司, 稲垣成哲, 福井真由美, 舟生日出男: コンセプトマップ: 理科教育における研究動向とその現代的意義, 理科教育学研究, 43(1), pp.29-51(2002)
- (16) MICHELENE T. H. CH, PAUL J FELTOVICH , ROBERT GLASER :”Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices”, *COGNITIVE SCIENCE* 5, pp.121-152
- (17) Hirashima T: “Reconstructional concept map: automatic Assessment and reciprocal reconstruction”, *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 5, 669-682
- (18) 西岡佳希, 長曾一樹, 林雄介, 平嶋宗 : Error-based simulation を用いることによる概念変容の分析-概念マップの変化としての概念変容の分析 -,SIG-ALST,B5,03,pp70-75(2019)

書字に関する熟達者の思考過程・技能の分析

浅野 香那^{*1, 2}, 仲林 清^{*1, 3}

^{*1} 千葉工業大学 ^{*2} サンワコムシスエンジニアリング ^{*3} 熊本大学

Analysis of Learning Effects in a Course to Promote Reflection and Conceptualization on Self-Regulated Learning

Kana Asano^{*1, 2} and Kiyoshi Nakabayashi^{*1, 3}

^{*1} Chiba Institute of Technology ^{*2} Sanwa Comsys Engineering Co. ^{*3} Kumamoto University

習字や書道といった書字に関する熟達者の思考過程や技能に関する調査を行った。書字の熟達者と初学者の違いや、熟達の個人差にどのような要因があるのかを明らかにすることを目的とする。書字を学んだ年数が3年～15年の被験者5名を対象に、思考過程に関するアンケート調査、および、模写や添削などの技能に関する課題形式の調査を行った。この結果、熟達者ほど、書字に関して着目すべき観点を多く持っていてそれを詳しく表現できること、指導者から細かい指導を受けた経験があること、などが明らかになった。

キーワード: 熟達化, 書字, スキルの獲得

1. はじめに

デジタルメディアによるコミュニケーションが浸透し、パソコンやスマートフォンを用いた文字情報の伝達一般化している。一方で、正式書類や日常生活で手書き文字が扱われる機会はいまだに多く存在する。手書き文字が美しいと見ている人にも良い印象を与えることが知られている⁽¹⁾。しかし、書写の授業や通信講座、習字教室などを通して学んでいるにも関わらず、字の熟達には個人差が大きい。学んだ年数に比例して熟達していくことが多いが、そうでない場合があることも事実である。本研究では、習字や書道といった書字に関する熟達者⁽²⁾の思考過程や技能に関して調査を行う。熟達者と初学者の違いや、熟達の個人差にどのような要因があるのかを明らかにすることを目的とする。

2. 熟達

熟達には、大きく二つの意味がある^{(2),(3)}。ひとつは、言葉を話すことのように一般的な認知技能に習熟し、それをほとんど意識せずに実行できるようになることである。もうひとつは、芸術・スポーツ・料理・学術研究など、初心者と熟達者に歴然とした違いがある領域での熟達である。このような領域では、誰もが熟達者になれるわけではなく、熟達するのは容易ではない。

本研究では、後者の意味での熟達の観点で、書字の熟達者に関する調査を行う。熟達者の特徴として、

- 作業や行動を起こす時のスキルが自動化されている。
- ものごとの判断をするときの着眼点や直観力が備わっている。
- 複雑な課題に関する記憶力が優れている。

などを挙げることができる⁽³⁾。また、指導者の役割が重要であることがわかっている。

2.1 スキルの自動化

熟達者が必要な時に深く考えなくても自動に思考や動作が行えるようになることを「スキルの自動化」という⁽²⁾。人間が意識をしなくても、動作を自由に行うことができるようになることがスキルの自動化である。自動車の運転を例に挙げて説明する。運転し始めの頃は誰しも手付きが不安定で常に意識していることが多い。しかし、数を重ねるごとに自然にウインカーを出せるようになり、身体がどのハンドルの切り具合が適切かわかるようになってくる。

これらのスキルは「下位技能」とも呼ばれている⁽³⁾。下位技能が自動化されて意識を向けることが少なくなれば、他のことに注意を集中することができる。したがって、スキルの自動化によりさらに良いパフォーマンスを行えるようになる。

2.2 目のつけ所

熟達者は、課題を遂行する際に、普通の人には分からない着眼点を持っている。たとえば、物理の問題を解く際に、初心者は斜面の問題や滑車の問題のように問題の表面的な特徴に着目するのに対して、熟達者は運動量保存則やエネルギー保存則のような問題を解くための原理に着目することが知られている⁽³⁾。将棋のような競技ゲームでは、盤面を把握する際に違いがあることが分かっている。初心者は局面を把握するために盤面のすみずみを見る傾向があるのに対して、熟達者は盤面の一部を見るだけで局面を把握することができる⁽³⁾。

2.3 記憶力

熟達者は、自身の持っている知識によって課題の状況を認識し、記憶する能力が優れている。具体的な例としてバスケットボールの研究を挙げる⁽⁴⁾。この研究では、バスケットボールの上級者と初心者の試合に関するプレーヤーの位置や状況に関する記憶のテストを行った。その結果、上級者は初心者と比較すると一週間後でも正答数が多かった。バレエの振り付けや将棋などの盤面の記憶でも同様のことが知られている⁽³⁾。このように、自身の知識によって課題に関する優れた記憶力を有している。

2.4 指導者の役割

熟達の過程は、大きく以下の4つの段階に分かれると言われている⁽³⁾。この中で、特に第2期と第3期では指導者が重要な役割を果たすことが知られている。

- 第1期：幼少の時期に楽しみのための遊びとしてその領域に触れる
- 第2期：子どもがその領域に興味を持ち、能力の片鱗を見せ始めると、親は子どもにそのことを勧め、いっしょに練習したり、インストラクターにつけたりして子どものサポートをする。
- 第3期：子どもの練習時間が長くなり、その領域で一流になるための努力を自分自身でできるようになる。この時期には経験のある著名な教師やコーチを求め、本人のみならず家族も時間的・金銭的に多大の協力をするようなことがしばしば起る。

- 第4期：一流になる最終局面に至るまでに、学習者はコーチや教師から得られるものはほとんどマスターしており、卓越したパフォーマンスをすることができるようになる。学習者は、創造的な自身のスタイルを探索していく。

3. 調査観点

3.1 思考的要因

書字の熟達者は、初心者と比べ上手で美しい字がどういったものかを直観的に理解していることが多いと考えられる。熟達者と初心者の明確な違いは、主にバランスや「上手な字」を把握する能力、お手本の字を記憶しておける能力などが考えられる。そこで、本研究ではこれらの能力を思考的要因とし、以下のようなポイントについて調査する。

- 理解力：上手で綺麗な文字を理解しているか。
- 文字把握力：上手な文字がどういった点でそう見えるか分かっているか、上手なポイントを把握しているか。
- 文章把握力：文章中の文字のバランスを理解しているか、文字同士の適切な間隔を把握しているか。
- 記憶保持力：上手な字がどういったものかの記憶が維持できるか。

これらの思考的要因を、初学者が書いた書物を熟達者に添削してもらい、質疑応答等を通じて調査する。

3.2 技術的要因

書字の熟達者は、初心者と比べ美しい字を書く技能にも優れている。初心者との違いとして、お手本の字を模写する能力、技術を維持し続ける能力などが挙げられる。そこで、本研究では技術的要因について、以下のポイントについて調査する。

- 模写力：上手な字のポイントを理解し、お手本通りに再現することができるか。
- 状態維持力：培ってきた腕前を維持し続けることができるか、普段からどのように維持しているか。

これらの技術的要因を、模写課題や書字の際の意識に関する質疑応答等を通じて調査する。

4. 調査課題

4.1 概要

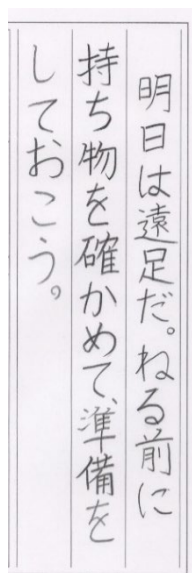
前章で述べた能力の調査を行うため、以下の3種の課題を設定した。

- (1) 添削課題：初学者が書いた書字を添削してもらう課題
- (2) 模写課題：お手本をできるだけ正確に模写する課題
- (3) 質疑応答課題：書字に関する意識、書字の際の着眼点などを回答してもらう課題

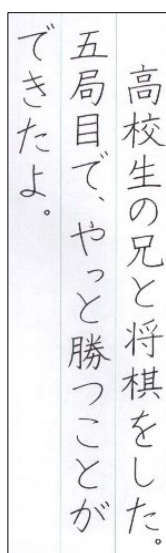
調査は上記の順番に実施し、所要時間は約70分である。以下、それぞれの課題について説明する。

4.2 添削課題

初学者が書いた書字を色ペンで添削してもらう課題である。この課題の目的は、理解力、文字把握力、文章把握力、記憶保持力を調べることであり、被験者が普段から字のどのポイントに着目し、どのような思考・情報をもとに添削を行うのかを明らかにすることである。実験では、図1a)に示す課題を発話をしながら添削を行ってもらい、添削の際に考えていることを分析する。また、実験中、適宜質問を行い、なぜそのように添削したのかを答えてもらう。



a) 添削課題



b) 日本語模写課題

喜爱的东西是咖喱饭

c) 中国語模写課題

図1 模写課題・添削課題

4.3 模写課題

示したお手本をできるだけ正確に模写してもらう課題である。模写課題では、理解力、文字把握力、文章把握力、模写力の各要因を調べることを目的とする。

日本語の模写1問、中国語の模写2問から構成した。日本語のお手本は、公益財団法人日本習字教育財団の中学1年のお手本から抜粋した。中国語の文字は簡体字で書かれており、普段見慣れていない言語を見せられてもそれを再現できるかを調べる。模写課題の一部を図1b), c)に示す。

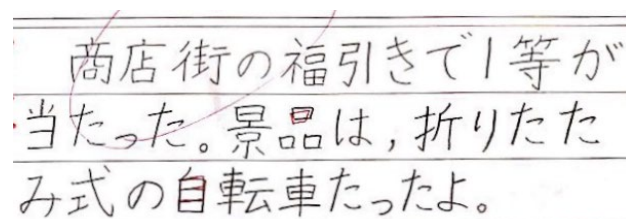
4.4 質疑応答課題

書字に関する意識や書字の際の着眼点などを回答してもらう課題である。表1は書字に関する意識を問う質問の例、図2は文字把握力・文章把握力を問う質問である。「上手な字」を書くための基本的なポイントや、文字を見たときの認識を調べる項目となっている。

図3、図4は主に記憶保持力、状態維持力を調査する項目となっている。熟達者が普段から「上手な字」を記憶し続けるためにどのような要因が関係しているのか、頭に字が定着することとその他の要因との関わりを明らかにするための調査項目である。

表1 質疑応答課題例1 (5件法で回答)

綺麗な字を書くにはバランスが重要だと思う
綺麗な字を書くにはどういう字が上手か、理解しておく必要があると思う
お手本を見て書いている時、お手本が下手に見える時がある
書く期間が開いた時に、上手な字が頭から抜け落ちることがある
上手な字を頭に定着し続けるためには、普段から字を書く必要ががると思う
普段から漢字は大きめに、ひらがなは小さめに書くようにしている



- 上の作品は、小学生低学年～高校3年生の何年生ぐらいのものだと思いますか？
- なぜそう思いましたか？

図2 質疑応答課題例2



- 普段、上記のような「文字」それぞれの形を意識していますか？
- 普段、上記のような「文字」それぞれの形を意識して書いていますか？

図3 質疑応答課題例3（5件法で回答）



添削をする際、上記の赤線の個所を意識していましたか？

- 「口」の四隅の線が突出する方向
- 「用」の赤丸の間隔
- 「足」の赤のライン
- 「ね」の赤丸のスペース

図4 質疑応答課題4（5件法で回答）

表2 被験者の書字学習経験年数

被験者	A	B	C	D	E
経験年数	14	6	12	5	3

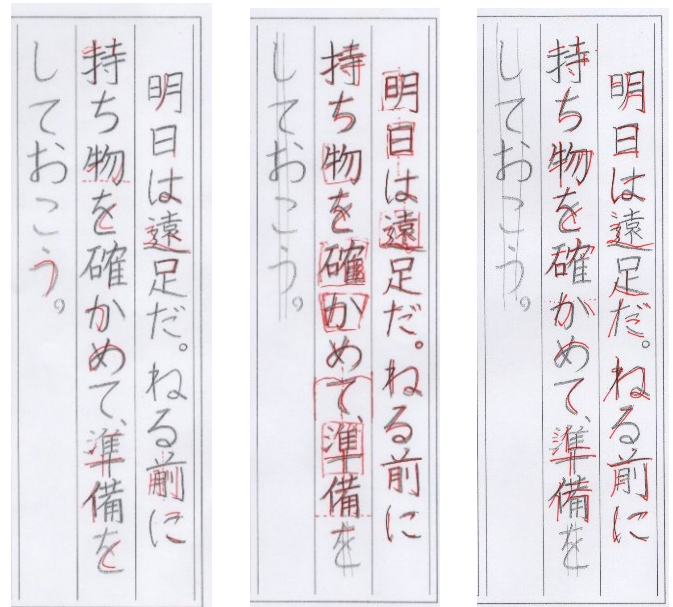
5. 結果

5.1 被験者

書字学習経験者5名を対象に実験を行った。年齢は20~22歳である。表2に被験者の学習経験年数を示す。実験結果の添削物などをもとに熟達度を主観的に評価してA~Eの順とした。被験者は全員展覧会などでの受賞歴がある。AとCは段位ないし資格を有する。Eは部活動のみで、指導者についての経験はない。

5.2 添削課題の結果

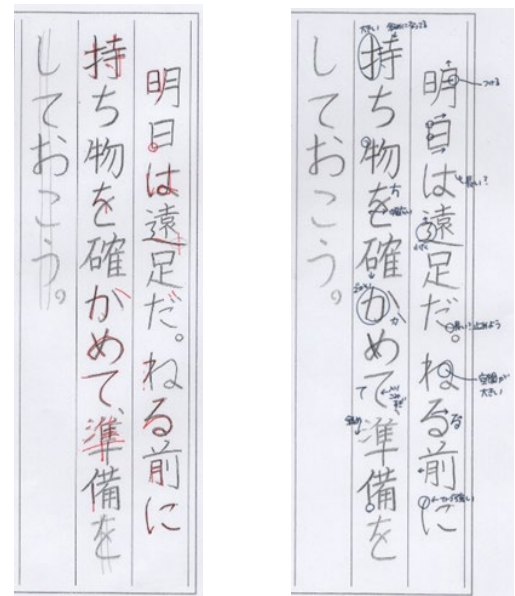
各被験者の添削課題の結果を図5に示す。上段の被験者A, B, Cは、いずれも左右の比率に注目し、「前」、「準」などの中心線からのバランスを訂正していた。「持」の手偏の比率や、「明」の左右の大きさなどにも着目し、明確に添削箇所はどこなのかを把握していることがうかがえた。また、「口」の書き終わりがどの方向から突出するか、「遠」のしんによるどの部分で右上がりに曲げるか、などといった細かな箇所にも着目していた。



被験者 A

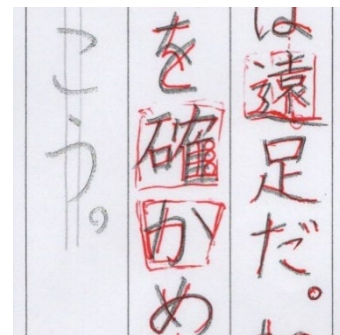
被験者 B

被験者 C



被験者 D

被験者 E



被験者 B 拡大

図5 添削課題の結果

さらに、下段の被験者Bの拡大図に着目すると、「遠」や「物」や「か」など計7つの文字の「形」を重要視していた。添削の際にも「文字それぞれの形があつて

…」と発言し、文字に関連する「形」を確認していた。
一方、中段の被験者 D、E の添削結果をみると、添削箇所が少なく添削中も自信のない発言が多かった。被験者 E の添削結果に着目すると、ところどころ「長い？」といった記入が見られ「上手な字」の判断基準が定まっていない様子うかがえる。

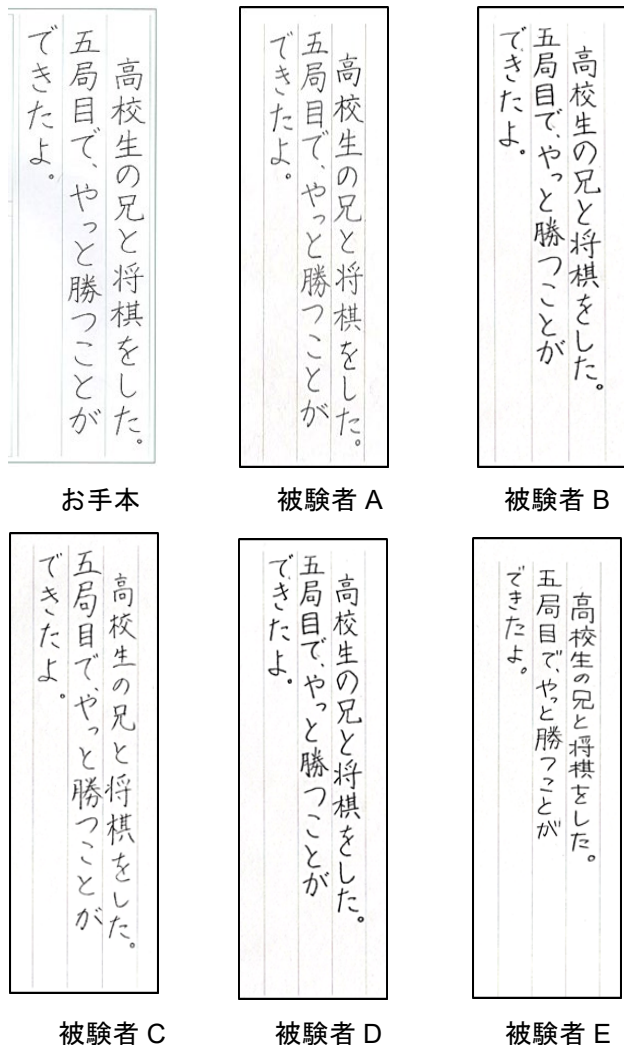


図 6 日本語模写課題の結果

5.3 模写課題の結果

日本語模写課題の結果を図 6 に示す。被験者 A はお手本と比較しても大きな差は見られないが、熟達度が下がれば模写の技術も低下していることがわかる。被験者 E に着目すると、文字の形状だけでなく、文字と文字の間隔もお手本と大きな違いが見られる。技術的要因の模写力だけでなく、思考的要因の文字把握力・文章把握力の差が顕著に表れた結果となった。

一方、図 7 の中国語の模写で、特に「东」、「饭」などの中国語固有の文字では、熟達者でもきれいな文字のイメージがなく、スムーズな模写ができていない様子が伺える。しかし、熟達者は運筆の技術を活かして一見上手に見える字を書いている。被験者 A は最も熟達度が高くその技術を活かして、「东」、「饭」の一面ごとの運筆はうまくできている。しかし、文字全体のバランスがうまく再現できていない。「东」は、お手本では日本語の「奈」のように正方形の枠をイメージして書く文字になっているが、縦長になってしまっている。「饭」はお手本では「情」のように偏が狭くなっているが、偏と旁が均等になっている。

一方、熟達度の低い被験者は字の書き方自体を間違えている箇所がある。「东」に着目すると、B・E は 2 画目のはらいがお手本より下に達しており、D は上下のバランスが崩れて下が大きくなっている。C は A 同様縦長になっている。「饭」に着目すると、C は 3 画目の角度がお手本に沿っていない。お手本は垂直に降ろして右上にはねているが、日本語の場合、このような書き方をする文字がほとんどなく^{注)}、「に」のように左下に降ろして右上にはねる文字はあるため、そのような書き方になってしまったと考えられる。熟達度が低い被験者 D・E では、D は「饭」の偏と旁のバランスが均等になっている。E は「饭」の旁の 1 画目のはらいの方向が逆になってしまっている。このように、いずれの被験者も、中国語固有の文字のイメージが持てていない様子うかがえるが、熟達度が高い被験者は技術力で上手に見える文字を書いている。

注)「永字八法」という運筆法では、「永」の一字に書字に必要なはねやはらいがすべて含まれている、とされるが、右上にはねるという運筆は含まれていない。

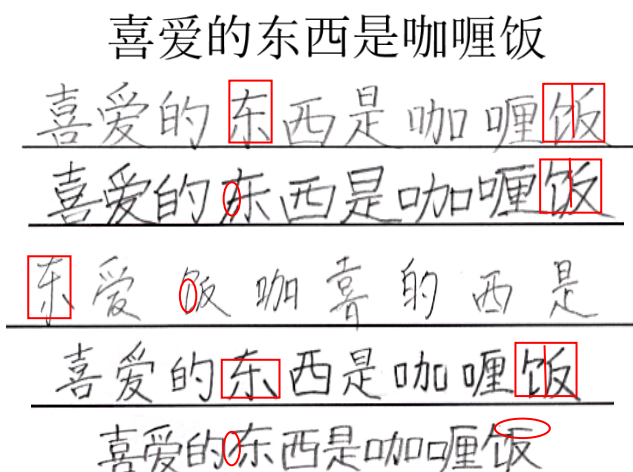


図 7 中国語模写課題の結果
(上からお手本、被験者 A～E)

5.4 質疑応答課題の結果

5.4.1 同様の回答傾向となった項目

被験者に依らずほぼ同様の傾向となった項目を表 3 に示す。字のバランスや、漢字とひらがなの大きさに関しては、全員が意識しており、漢字をひらがなより大きめに書く、と回答している。また、ほぼ全員が漢字に比べてひらがなが書きにくい、と感じている。

5.4.2 書きにくい部首・ひらがな

表 4、表 5 に書きにくいと感じている部首・ひらがなの回答結果を示す。いずれも熟達度との明確な関係はみられないが、特定の部首や文字を挙げている傾向がある。部首については、表 4 上のリストから選択させた。3 名が「りっしんべん」、2 名が「しょうへん」、「ころもへん」を挙げた。これらは、どれも 1 画目が短くバランスがとりにくい「とめ」や「点」であり、「1 画目を書き始める場所」が決めにくく、それに続く「2 画目以降」も書きづらくなるのではないかと考えられる。一方、「てへん (打)」, 「いとへん (紀)」, 「こざとへん (院)」などを挙げた被験者はいなかった。ひらがなについては、3 名が「み」, 「を」を、2 名が「き」, 「ち」, 「な」を挙げている。「み」, 「を」, 「き」は、曲線と曲線が交差して組み合わせさっていることが共通しており、それが書きづらさの一因と思われるが、これについてはより詳しい調査が必要である。

5.4.3 能力との関係が見られた項目

表 6 に能力との関係が見られた項目とそれに関連する項目を示す。熟達度の高い被験者 A, B は書く期間が空いても上手な字を忘れることはない、としているが、他の被験者は忘れることがある、としている。また、お手本を見ずに書くことに関しても、熟達度との間に一定の関係がある。しかし、模写や記憶力については明確な傾向は見られない。また、指導者との関係はあまり明確ではないが、熟達度が高いほど細かく指導を受けていた傾向はうかがえる。

5.4.4 添削時・文字形状の着目点

図 3、図 4 に示した文字形状、添削時の着目点の回答結果を表 7 に示す。明確ではないが、熟達度の高い被験者ほど、これらの着目点を意識している傾向がうかがえる。添削時の着目点は、ほぼ全員が着目しているもの（「用」）、ばらつきがあるもの（「口」, 「足」）、ほぼ全員が着目していないもの（「ね」）に分かれる。

表 3 被験者に依らない回答傾向の課題

質問	被験者				
	A	B	C	D	E
紙に線が入っていると書きやすい	5	5	4	4	5
綺麗な字を書くにはバランスが重要だ	5	5	5	5	5
お手本に疑問を抱くことがある	4	2	4	4	4
上手な字の定着には普段から字を書く必要がある	4	4	5	5	4
ひらがなは書きづらい	2	4	5	5	4
漢字は書きづらい	2	2	4	2	2
漢字とひらがなを書く時、大きさを分けることを意識している	5	4	4	5	3
漢字は大きめにひらがなは小さめに書く	5	5	4	5	4

5: そう思う～1: そう思わない

表 4 書きにくい部首の対象（上）と結果（下）

部首の名前	起源	画数	例の漢字					
さんずい	水	4	池 洋 浩 決 海	いとへん	糸	6	純 紀 細 紺 組	
てへん	手	4	持 握 打 扱 拍	くさかんむり	艸	6	英 花 若 芝 芸	
りっしんべん	心	4	怜 悟 悦 情 慎	ころもへん	衣	6	裕 襟 袖 被 裸	
けものへん	犬	4	猿 猫 狛 狐 狩	にくづき	肉	6	肝 肌 肥 胸 胴	
つきへん	月	4	期 朋 勝 離 朗	まいあし	舛	6	舞 舜	
しょうへん	艹	4	杜 将 状	おおざと	邑	7	那 都 部 邦 郁	
たまへん	玉	5	理 珍 球 玲 珠	しんにゆう	辶	7	辺 返 迫 辻 通	
しめすへん	示	5	神 礼 祝 福 禪	こざとへん	阜	8	陳 防 院 陰 降	

部首	被験者				
	A	B	C	D	E
さんずい (池)				○	
りっしんべん (悦)	○			○	○
けものへん (狩)				○	
しょうへん (壮)	○			○	
しめすへん (札)			○		
ころもへん (被)			○	○	
しんにゆう (辺)			○		
れっか (烈)		○			

表 5 書きにくいひらがな

被験者	ひらがな (書きにくい順)
A	ち
B	みな
C	ふをな おえもと きのせへみ
D	あみをは
E	をゆちたき

表 6 能力との関係が見られた課題

質問	被験者				
	A	B	C	D	E
書く期間が空いた時に、上手な字が頭から抜け落ちることがある	1	1	5	5	4
お手本を見ずに上手に書くことは得意だ	4	3	3	2	2
模写することは得意だ	5	4	1	4	2
記憶力に自信がある	2	2	1	2	3
先生から「文字」について細かく指導されていた(*)	5	2	4	2	1
添削をする際、自分が習字の先生などに教わったことを基に直していた(*)	4	4	2	1	1

(*) 被験者 E は部活動のみで指導者はいない

表 7 添削時・文字形状の着目点

質問		被験者				
		A	B	C	D	E
添削	「口」の四隅の線が突出する方向	4	1	4	5	1
	「用」の赤丸の間隔	4	5	4	5	3
	「足」の赤のライン	4	4	2	2	2
	「ね」の赤丸のスペース	2	1	2	1	1
文字形状	下記のような「文字」それぞれの形を意識していますか	3	3	2	2	1

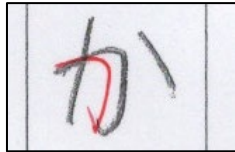


図 8 被験者 A の添削課題結果

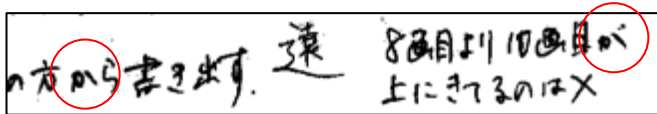
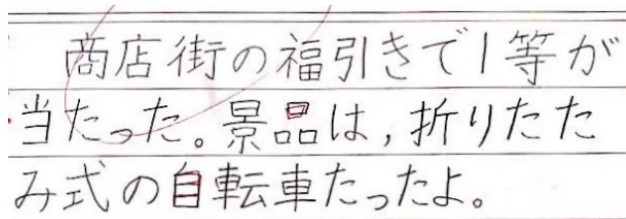


図 9 被験者 A の添削課題メモ



・小学校低学年	・小学校中学年	○小学校高学年
・中学1年	・中学2年	・中学3年
・高校1年	・高校2年	・高校3年

48. なぜそう思いましたか？

ゆっくり書いていて、まだ垢抜けない印象を受けたから

図 10 被験者 A の質疑応答課題（図 2）回答

文字形状については、例えば被験者 A は「3: どちらでもない」と回答しているが、図 8 の添削結果や図 9 の添削メモの「か」を見ると、三角形の枠内に沿うように表現していることがわかる。

5.4.5 想定外の回答となった項目

図 2 の作者の年齢を答える課題に対する被験者 A の回答を図 10 に示す。この作品は、中学 3 年生・男子が書いたもので、被験者 A は小学校高学年と回答し、「ゆっくり書いていて、まだ垢抜けない印象を受けたから」を理由に挙げている。他の被験者は文字の巧拙や漢字自体の難易度から年齢を判断していたのに対し、

被験者 A は「書いた速度」に着目していた。確かに、文字をゆっくり書けば線が震え筆圧も濃くなりやすく、また、初学者は模写の際はゆっくり書く傾向にある。被験者 A はそれに注目して作者の年齢を判断した。これから、熟達者は作品を評価する多様な視点を持っていることが分かる。

6. 考察

熟達者に見られる一般的な特徴^{(2),(3)}を以上の実験結果に対応付けて考察する。

6.1 多様な着眼点と記憶力

5.2 の添削課題から、熟達度の高い被験者ほど多様な着眼点を持っている傾向がうかがえる。熟達者は、文字全体のバランスに加えて、線の角度や突出するポイントなど細かい部分に着目している。また、表 5 の着目点も熟達者ほど意識している傾向が高い。5.4.4 で述べたように、特に熟達度の高い被験者は、書かれた文字を見て、その文字が書かれた際の速さにまで言及する、といった深い視点を有していることが分かる。

一方、5.2 の添削課題では、熟達度の低い被験者 E は添削中に、「ここは…長い？のかな…」、「ちょっと…どう直せばいいのかわからない…」といった発言をしていた。熟達度の違いが、きれいな文字の明確なイメージと、それに基づく着眼点の有無に関連していることがうかがえる。実際、表 4 の質疑応答課題では、被験者 A,B は上手な字のイメージが頭から抜け落ちることとはないと答えているが、C,D,E は抜け落ちることがよくある、と答えている。

6.2 スキルの自動化と表現力

5.3 の模写課題の結果から、熟達の違いで、個々の文字の巧拙だけでなく、文字間隔や文章全体のバランスにも大きな違いが出ていることがわかる。被験者 A の模写はお手本と大きな差がないが、熟達度が下がるほどお手本との差が大きくなる。被験者 A の模写では、「文字そのもの」や「線や文字の曲がり具合」だけでなく、「文章」としてもお手本を再現できている。文字と文字の間隔などもお手本通りに再現し、同じ人が書いたのかと見間違える程のレベルである。このように、熟達者は「お手本と自分の字」の差を見出し、お手本

そっくりに表現することが容易にできると考えられる。

前節で述べたように、熟達者は上手な字のイメージを明確に持っていて、そのイメージの通りに運筆する、いわゆるスキルの自動化が達成されていて、それが模写力にも影響している可能性がある。熟達者は、お手本から基礎的な字のポイントを無意識に読み取り、表現（再現）するのに大切な要素に意識を集中させていると思われる。そのため、高度な模写ができていていると考えられる。

一方、中国語の模写では、日本語の模写ほどの大きな差異は見られなかった。中国語の場合は、熟達者でもきれいな字のイメージを持っていないために、バランスがうまくとれなかったり、スムーズな運筆ができず、熟達度の差異が見られなくなっている可能性がある。実験後、確認したところ、被験者 A は、「東」、「飯」が日本語の「東」、「飯」に相当することを知っていて、書くときにそれを思い浮かべた、と回答した。E は日本語に近い部分は意識したと回答し、例として、「飯」の旁が「飯」に近い、と回答した。これらの回答は、図 7 の模写の結果と一致しており、模写の際に、中国語の文字のイメージを日本語の文字のイメージで置き換えている可能性がある。

熟達者の一般的な特徴⁽³⁾として、将棋の駒の配置やバレエのシーケンスなどで、実際の試合や演技に出現するパターンに関しては優れた記憶力を示すが、ランダムな意味のないパターンに関しては、初心者と同等の能力になってしまう、という知見がある。また、このような記憶力は専門分野に関する構造化された知識に依るもので、それが表現力などのパフォーマンスに密接に関係すると言われている。日本語と中国語の模写の比較は、このような知見と同様のものと考えることができる。

6.3 指導者の影響

表 4 の指導者に関する質問項目のように、熟達者は、指導者から細かく指導を受けていて、添削の際にもそのポイントを意識している傾向がある。このような指導は、熟達者の記憶保持力と関係していると考えられる。2.4 で述べた熟達の過程は第 1 期～第 4 期の 4 つの局面に分けられ⁽³⁾、特に、第 2 期～第 3 期では指導

者の重要性が指摘されている。この時期にしっかりとした指導者についていなければ自己流の学びになり、熟達に必要な基礎が固められない可能性がある。今回の結果も、このような一般的な熟達化の特徴と整合するものになっている。

7. まとめ

書字の熟達者の思考過程や技能に関する調査を行った。熟達者はきれいな文字に関する明確なイメージを保持していて、それが、模写の技能や、添削における着目点の多様さにつながっていることが示唆された。また、熟達の過程における指導が、これらの能力に影響を与えている傾向も見られた。これらの結果は、従来の他分野における熟達化の研究の知見^{(2),(3)}と整合するものとなっている。

今後、今回の結果をより詳細化、精緻化することが課題となる。今回は 5 名であったが、被験者数を増やして同様の傾向が得られることを確認する必要がある。さらに、熟達者の持っている文字のイメージや記憶保持力と技能との関係を詳しく調べる必要がある。このため、日本語の模写と中国語の模写を、お手本に含まれる文字種を増やしたり、お手本を見てから書くまでの時間との関係を調べるといった実験が考えられる。書きにくいと感じている文字についても、それらの文字に共通する特徴を調べたり、実際にその文字を書いてもらい、イメージと実際の書字技能との比較を行うといったことが考えられる。

参 考 文 献

- (1) 佐藤泉帆，高原美和：“文字の太さと行間隔が自己アピール文の印象と読みやすさに与える影響”，愛知淑徳大学論集—人間情報学部篇 No.9, pp. 21-28 (2019)
- (2) 今井むつみ：“学びとは何か”，岩波新書(2016)
- (3) 今井むつみ，野島久雄，岡田浩之：“新人が学ぶということ：認知科学習論からの視点”，北樹出版(2003)
- (4) 工藤孝幾，深倉和明：“バスケットボールプレイヤーの「ゲーム記憶」”，日本体育学会第 46 回大会，p.211 (1995)