

も く じ

■開催日時：2022年7月16日（土）

於：北星学園大学（北海道札幌市）

■テーマ：ICTを活用した学習支援と教育の質保証／一般

1) プログラミングロボットを用いた協調学習の実践と展開可能性-----	1
○布施泉(北海道大学)，野口孝文(北海道大学)	
2) 食育支援システムの開発と効果 -間食機能と3日分対応のシステムの効果検証-----	6
○中山洋(東京電機大学)	
3) オンライン授業における学習者の状況の視覚的・感覚的な把握を支援する機能の提案-----	10
○永田奈央美(静岡産業大学)，植竹朋文(専修大学)	
4) ロボット講義におけるインタラクショondeザイン-----	16
○柏原昭博(電気通信大学大学院)，島崎俊介(電気通信大学大学院)	
5) 学習者のウェルビーイングを高めるオンデマンド授業の実践-----	21
○村井礼(山口大学)，細川康輝(四国大学)，藤本憲市(香川大学)	
6) シラバスデータを活用した用語からの科目推薦手法の検討-----	26
○橋本菜々子(近畿大学大学院)，越智洋司(近畿大学情報学部)	
7) OERのファインダビリティ向上のためのシステムの設計と実装-----	30
○武田俊之(関西学院大学)，重田勝介(北海道大学)，金子大輔(北星学園大学)， 八木秀文(東北大学)，永嶋知紘(カーネギーメロン大学)	
8) 講義アーカイブにおける関心領域の自動推定手法の提案-----	36
Yuhui Yang(北陸先端科学技術大学院大学)，太田光一(北陸先端科学技術大学院大学)， ○長谷川忍(北陸先端科学技術大学院大学)	
9) ハイフレックス型授業における大学生の学習行動と授業形態に応じた権限一覧表の作成-----	43
○石川貴彦(名寄市立大学)，今野聖士(名寄市立大学)	
10) 線形代数における形成的評価を目的とするオンライン演習問題について-----	49
○吉富賢太郎(大阪公立大学)	

11) 社会福祉士養成教育の相談援助演習における ICT 活用の成果と今後の課題-----	57
○坂本毅啓(北九州市立大学), 佐藤貴之(北九州市立大学), 中原大介(福山平成大学)	
12) 衛生的拭き取り方法の慣性センサによる検出・分類ー公衆衛生教育への基礎的検討ー-----	65
○鷲野嘉映(愛知みずほ短期大学), 伊藤敏(岐阜聖徳学園大学), 井上祥史(岩手大学)	
13) 情報科教育法の履修条件にかかわる一考察 (3) -----	70
○波多野和彦(江戸川大学), 中村佐里(尚美学園大学)	
14) 遠隔 Bereavement Care における共感成立過程の解明に向けた マルチモーダル情報分析ツールの検討-----	72
○福岡克也(大阪府立大学大学院), 林佑樹(大阪公立大学大学院), 瀬田和久(大阪公立大学大学院), 内藤泰男(大阪公立大学大学院), 松下由美子(甲南女子大学)	
15) MOOC プラットフォーム edX 上で獲得される学習データの可視化基盤の構築 -----	80
○森村吉貴(京都大学), 横山 慎(京都大学), Isanka Wijerathne(京都大学), 岡本雅子(京都大学), 酒井博之(京都大学)	
16) 外部アセスメントテストを利用した学生の成長の可視化の一事例-----	86
○鈴木大助(北陸大学)	
17) ナンバープレースパズル初学者を対象とした推論規則の学習支援システムの提案-----	91
○保永治輝(千葉工業大学大学院), 國宗永佳(千葉工業大学)	
18) スポーツの戦術獲得支援のための熟達者のプレイ動画提示システム-----	97
○大鳥雄司(関西大学大学院), 小尻智子(関西大学)	
19) 身体スキル獲得のためのフォーム改善意識の利活用基盤の構築-----	105
○田中翔(関西大学大学院), 小尻智子(関西大学)	
20) 初修フランス語デジタル教科書と連携するクラスノート機能の構想-----	113
○有富智世(常葉大学(静岡草薙キャンパス)), 喜久川功(常葉大学(静岡草薙キャンパス))	
21) 高専における英語学習者の動機づけと学力推移の関係についての調査研究-----	116
○谷野圭亮(大阪公立大学工業高等専門学校), 瀬田和久(大阪公立大学大学院 情報学研究科), 林佑樹(大阪公立大学大学院 情報学研究科)	

22) 機械翻訳を活用した日韓言葉対照表の分析-----	123
○孔令杰(愛知教育大学大学院), 野崎浩成(愛知教育大学大学院)	
23) 対話ロボットの遠隔操作形態による面接練習での心理的影響の検討-----	128
○小松眞子(高知工科大学), 竹内将人(高知工科大学), 卯木輝彦(関西外国語大学), 敷田幹文(高知工科大学)	
24) Moodle とニューラル音声合成を組み合わせた日本語学習教材開発とその学習効果-----	134
○中村しづか(信州大学大学院), 和崎克己(信州大学大学院)	
25) ICT と STEAM を組み合わせた医療系大学における 数理データサイエンス AI 教育 (応用基礎レベル相当) -----	142
○西牧可織(北海道医療大学), 二瓶裕之(北海道医療大学)	
26) 顔情報を用いた個々の子どもの特性を考慮した授業参加状態の推定-----	149
○宮田真宏(玉川大学脳科学研究所), 山田徹志(玉川大学教育学部), 大森隆司(玉川大学脳科学研究所)	
27) 機械学習モデリングを用いたコンピテンシー評価の分析-----	153
○紅葉亜練(公立千歳科学技術大学大学院), 小松川浩(公立千歳科学技術大学大学院)	

プログラミングロボットを用いた協調学習の実践と展開可能性

布施 泉^{*1}, 野口 孝文^{*1}

^{*1} 北海道大学

Practice of Collaborative Learning Using Programming Robots and the Possibility of its Development

Izumi Fuse^{*1}, Takafumi Noguchi^{*1}

^{*1} Hokkaido University

著者らは開発したプログラミングロボットを用いてグループで作品を企画構成する授業を大学の一般教育の中で継続的に実践している。メンバーそれぞれが持つロボットに対し、役割分担を決め、動作内容をプログラミングし、メンバー数のロボットを企画に沿って動かす。実機であるロボットを想定通りに動かすために、学習者は様々な工夫をするが、これまでは配置したロボットの初期位置の誤差を途中で手直しする手立てはなかった。この解決のために、センサを用いた位置調整と、協調学習の展開可能性について検討する。

キーワード: ロボット, 協調学習, プログラミング, センサ

1. はじめに

著者らは、小型コンピュータを用い直感的に分かりやすい動作命令セットを持つ教育用プログラミングロボットを開発し、大学等においてプログラミングの導入教育に利用している⁽¹⁾⁽²⁾。著者らの大学においては、大学1年生の一般教育として、知識レベルが異なる学習者に対し、当該ロボットを用いた個別学習とグループでの協調学習をシームレスに連携する授業実践を2018年度から継続的に進めてきた⁽³⁾。

本稿では、2018年度から2021年度までに、さまざまな形式で行ってきたグループでの協調学習の内容と特徴を振り返るとともに、ロボットに新たにセンサを導入することにより可能となる今後の協調学習の展開可能性について論ずることを目的とする。

2. 教育用プログラミングロボット

2.1 プログラミングロボットの構造

図1に実践で用いているプログラミングロボットを示す。ロボットは、2つのギヤドモータに直結した車輪で移動する。ロボットはマイクロコンピュータ上に作成した仮想コンピュータのプログラムを書き換えることで制御し、その命令セットには演算命令等の他、

モータ制御やセンサ入力を読み取る命令を用意している⁽²⁾。また、ロボットを動作させるプログラムの入力や実行をすべて図1のロボット上面にあるスイッチのみで行うようにしているほか、PCに接続してPCからプログラム作成の支援をしたりプログラムを実行したりすることができる。図1にはロボットの中央の穴にペンが刺しているが、ロボットの軌跡により、ペンでの描画を行うことができる。

2.2 直感的に作成できるプログラム

本プログラミングロボットの特徴は、ロボットを制御する命令コードのビットデザインにある。プログラムの入力や実行を、図1に示したロボットの上面前方にある8つの赤色LEDにロボットの命令を表示させながら行うことができる。図2は、LEDとスイッチの

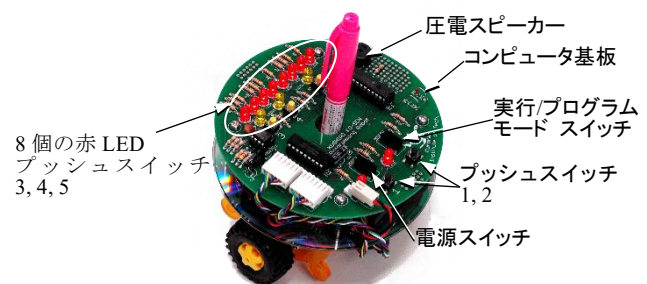


図1 プログラミングロボット

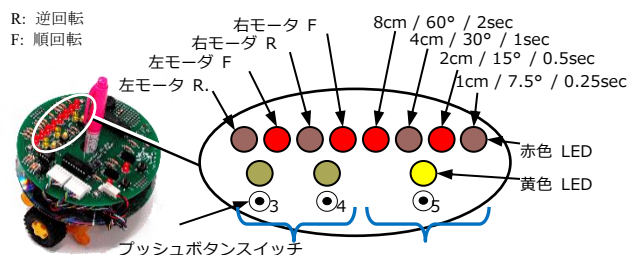


図2 ロボットの動作命令機能の説明図

機能説明図である。本ロボットでは、ロボットを移動させる命令を直感的に分かりやすくなるように設計している。

命令は8個のLEDの点灯／消灯に対応する8bit列で表現する。さらに左右4bitずつに分け、左4bitで動作内容、右4ビットで動作量を示すことを基本とする。左4bitをさらに2bitずつ左右のモータの動作内容に割り当てている。図2に示す上位4bitの点灯パターン(0101)は、左右のモータの順回転を指示しており、ロボットが前方に進む命令となる。これを左の2つのLEDの点灯を逆にして(1001)とすると、左のモータが逆回転するため、ロボットは左に回転する。

8bitのうち、右の4bitは動作量を表し、ロボットの前・後進／回転／停止に応じて距離／角度／時間に割り当てている。この4bitには重みを付け、図2の前進命令(0101 1010)では、 $8+2=10\text{cm}$ 移動することに対応する。前述の左回転命令(1001 1010)にすると、 $60+15=75^\circ$ 左に回転する。

このように本ロボットでは、動作内容と動作量をbit列として組み合わせた命令をプログラムすることで、プログラミングや制御の仕組みのイメージを学習者が容易に持つことができることを目指している。

学習者は、ロボットへのプログラム入力に慣れた後は、繰り返し処理やデータを保持できるレジスタを用いた比較演算、ジャンプ命令等を用いたプログラムを作成することもできる。一部の命令は、2バイトの命令で指示を行う。音データを用いることも可能である。

2.3 プログラムの入力と実行

本ロボットへのプログラム入力やその実行は、コンピュータ基板上のスライドスイッチおよび5つのボタンスイッチで行う。図1のコンピュータ基板の右下(ロボットの後方)に2つのスライドスイッチとそれらの後方に2つのボタンスイッチ1, 2がある。スライド

スイッチの1つは、電源スイッチである。もう1つのスライドスイッチは、プログラムの実行とプログラムの入力の切り替えを行う。なお、ロボットには256ステップのプログラムを入力することができる。この場合、命令は0から255番地までのメモリに記録される。電源スイッチをオンにすると、0番地の命令が表示され、プログラム実行の待機状態となる。

図2に示した黄色LEDのそれぞれ下にある3つのボタンスイッチ3, 4, 5を使い、番地の移動やプログラムの確認・入力を行う。このように、本ロボットではプログラミングから実行までを本ロボットのみで行うことができる。

命令の数が20ステップ以上に増えてくると、手入力のみでは使いにくくなる場合もあることから、プログラムをPCで作成し、ロボットに転送することで、より高度なプログラミングの支援を実現している。

2.4 PCを用いたプログラムの確認と転送

PCを用い、ロボットにコマンドを送るほか、コマンドを利用してロボットの状態を受け取ることもできる環境を用意している。2020年度からは学習者のPCを用いる前提で、PC側のシステム開発を、Pythonを用いて行い、学習者がインストールをせずに利用できるようにした。表1に主なロボット制御コマンドを示す。PC側から表に示すコマンドの文字列を送信するのに応じてロボットが動作する。また、ロボットの実行

表1 プログラミングロボット操作コマンド

コマンド	利用例	説明
Address	address:0x00	データの書き込み・読み出し開始位置の設定
Accumulator	Accumulator	アキュムレータの値を出力
	accumulator:0xAB	アキュムレータに171を設定*
Flag		フラグの値を出力
Data	data:0x54	データの書き込み
Exec	exec:0x00	00番地から始まるプログラムの実行
exec1	exec1:0x00	00番地の命令の実行
Dump	dump:0x20	addressで設定した位置から32個データをダンプ
List	list:0x00	00番地から始まるプログラムをダンプ
Stop		コマンド転送モードの終了

プログラムは、機械語のみに対応しているため、アセンブリ言語によるプログラムと機械語への変換機能は PC 側のシステムの機能として実現している。

図 3 に、PC 上の操作画面例を示す。右に「04 FOR 2」「RGTC」といったアセンブリ言語による命令を記述する。ここで、上部にある「change」ボタンを押すことで、対応する 16 進の機械語に変換し、機械語の欄に表示される（図 3 で機械語と記載された箇所に変換されたプログラムが表示される）。さらに、当該欄の上部にある「change」ボタンを押すことで、16 進の命令を、ロボットへの送信データとして変換し、ロボットへ転送する。なお、アセンブリ言語によらず、機械語の欄に直接命令を記入して送信データを作成しても差し支えない。学習者の好みにより、アセンブリ言語もしくは機械語のプログラムからロボットへの送信データに変換することが可能である。

ロボットに格納されているプログラムを確認する場合は、図 3 の中央にある「list:0x10」と表示されているボタンを押すことで、16 番地分の命令を確認可能である。ここで「10」の部分は自身で任意に変更可能であり、ロボット内のプログラムを必要に応じて出力することができる。

3. 協調学習の実践とセンサ活用による展開可能性

3.1 授業構成とグループでの協調学習内容

著者らが行っている授業は、大学 1 年生対象の選択の一般教育科目として、2018 年度から継続的に開講している。半期の授業で各授業 16 名から 23 名程度の学

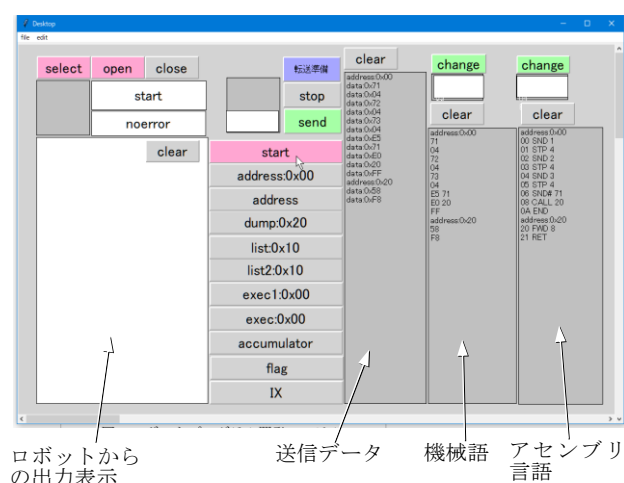


図 3 PC 上でのソフトの操作画面例

習者が受講する。いずれも、前半に個人学習としてロボットの基本操作を学び、後半にグループでの協調学習として、ロボットを用いた作品を企画させ、発表をさせている。また、2020 年度と 2021 年度は covid-19 の影響で、オンラインを併用した授業として実施した。

学習者は各個人に割り当てられたロボットを用い授業を受講する。前半の個別学習では、ロボットの操作として、基本となる直進、後退、回転、2 バイト命令を用いる円弧の描画ほか、繰り返し命令、ボタンスイッチを用いた条件分岐命令、音を鳴らすプログラムなどを実行させている。進行の早い学生は、マニュアルを読みながら、レジスタを用いたプログラムなど自由にロボットを動かして構わない。

授業後半は、ランダムに形成したグループにおいて、グループ毎に作品企画を立て、発表会を行うこととしている。表 2 に 2018 年度から 2021 年度までのグループ作品の特徴について示した。

表 2 年度毎のグループ企画と特徴

年度	グループ作品の企画	特徴／課題
2018 対面	1 台のロボットにグループメンバーが担当を決めプログラムを協力して入力。描画必須。	メンバー個々が作成したプログラムを 1 台にマージする
2019 対面	グループメンバー分のロボットを同時に動かし、描画を行う。音楽担当の専用ロボットがあってもよい。	ロボット同士のぶつかり回避に多大な労力を要する
2020 オンライン併用 (2 クラス)	グループメンバー分のロボットを同時に動かす。描画型とダンス型 (音楽と動き必須) の 2 種の課題を各クラスで課した。	オンラインでの作品制作を可能にするため描画は個人描画の重ね合わせとした
2021 オンライン併用	前期後期各 1 クラス開講。グループメンバー分のロボットで作品企画。後期はセンサを用いた作品とした	前期 2020 年度の描画型、後期はボールとセンサの利用必須

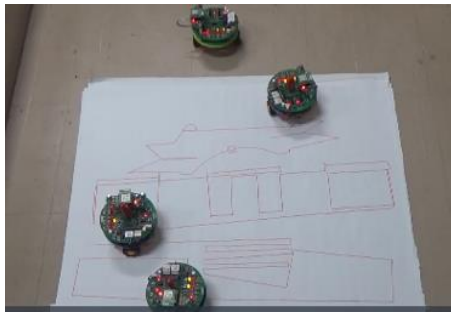


図 4 2019 年度後期作品例

2018 年度以外はグループメンバー分のロボットを動かすようにグループ課題を設定している。2019 年度は対面でメンバー分の台数のロボットを同時に動かした作品を制作させたが（図 4 参照）、ロボット間のぶつかりを回避させるためにロボットの動作スピードを細かく調整する等、作品制作の難易度が格段に上がった。2020 年度及び 2021 年度前期はオンラインでの学習を前提としたため、学習者が対面でなくても協調作業が行えるように個人のロボット動作をクリアフォルダ上に描画させ、重ね合わせることで全体作品とするような工夫を行った。この工夫でロボット間のぶつかり回避をする必要がなくなり、難易度は相対的に下がった。

一方で、このような描画を中心とした作品を制作する場合、ロボット内のプログラム構成としては順次処理や繰り返し処理が多く、条件分岐処理を利用する割合は極端に低くなっている。その理由は、学習者が個人学習として学ぶ条件分岐例は、ボタンスイッチを押下するタイミングでジャンプ命令を用いて行うものが主であることに起因する。そこで、ボタンスイッチを押下することと同等の機能をフォトセンサに受け持たせることで、グループ作品において条件分岐処理を安直に利用できるようにした。各ロボットには 3 つのボタンスイッチに対応したセンサを接続することができるが、2021 年度後期の作品では、各ロボット 1 つ以上のセンサを接続し、利用することを課した。このようなセンサ検知を利用した条件分岐を組み合わせた作品例を図 5 に示す。図 5 には 3 台のロボットがあるが、手前右のロボットに着目すると、当該ロボットは赤ボールを受け取ると手前にある坂を上り、赤ボールを坂の上から落下させると坂から後退するようにプログラムされている。ボールの有無をセンサ検知させることで前進、後退のプログラムを条件分岐させるものである。このようにロボットの基本機能は変更せずにボタ



図 5 2021 年度後期作品例

ンスイッチの操作をセンサに代替させることでプログラムの可能性を広げることが可能となったと言える。

3.2 センサを用いた位置調整の検討

著者らは 2022 年度後期の授業に向け、接続可能な 3 つの中の 2 つのセンサを用いてラインレースを行う検討を進めている。2019 年度と 2021 年度後期の作品例を図 4, 5 に例示したが、複数のロボットを協調的に動作させる場合、初期配置の少しのズレが最終的に大きなズレになってしまい、当初の目標とする作品ができない場合が多い。これまではこのようなズレの修正を実行時に行うことはできなかったが、今後は 3 つのうちの 2 つのセンサを用い、ある指定位置に黒テープで印をつける等でロボットの位置を微調整することが可能である。残り 1 つのセンサにより他ロボットの回避やボールの授受等を行うこともできるため、作品の展開可能性をさらに広げることができる。センサでの位置調整が可能になれば、ある目的を達成させるためのプログラムにも多様性を持たせられる。例えば 1m 移動するために、1m 前進の命令ではなく、直進の繰り返しで、ある場所に来ると完了するようなプログ

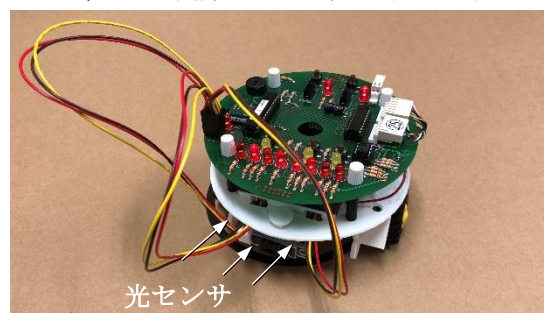


図 6 3 つのセンサを取り付けたロボットの様子

ラムを考えることができる。このような多様なプログラミングを検討することは、柔軟なプログラミングの思考を育成する可能性を有すると考えている。

4. まとめ

本稿では、著者らが継続的に行ってきたプログラミングロボットを用いた協調学習の実践について、その特徴と課題について報告した。ロボットにおける条件分岐処理を、ボタンスイッチではなくフォトセンサを用いることで実装させ、グループ作品に幅を持たせることが可能であることを示した。また、これまでの課題であった複数台のロボットを協調的に動作させる場合のズレの修正についても、フォトセンサを用いたプログラミングを工夫することで対応できる可能性についても検討しており、2022年度後期に実践予定である。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費基盤研究(B)(19H01727)を受け推進した。

参 考 文 献

- (1) 野口孝文, 梶原秀一, 千田和範, 稲守栄, "計測制御教育のための教材ロボットの開発", 教育システム情報学会研究報告, Vol.27, No.6, pp.217-220 (2013)
- (2) 野口孝文, 梶原秀一, 千田和範, 稲守栄, "ロボットを用いた初心者のためのプログラミング教材の開発", FIT2014 第 13 回情報科学技術フォーラム, 筑波, pp.269-270 (第 4 分冊) (2014)
- (3) 布施泉, 野口孝文, 梶原秀一, 千田和範, 稲守栄, "ロボット教材を用いた個別学習を連携した協調学習", 教育システム情報学会研究会報告, p 7 (2019)
- (4) T. Noguchi, H. Kajiwara, K. Chida and S. Inamori, "Development of a Programming Teaching1-Aid Robot with Intuitive Motion Instruction Set", Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.29 No.6, pp.980-991 (2017)

食育支援システムの開発と効果

—間食機能と3日分対応のシステムの効果検証—

東京電機大学^{*1} 理工学部 情報システムデザイン学系^{*1} 中山 洋

Development and Effectiveness of Food Education Support System

Tokyo Denki University^{*1}, Department of Information System design^{*1},
Hiroshi Nakayama^{*1}

In the premise study, we visualized the nutritional evaluation of snacks in the dietary education support system. The nutritional evaluation of snacks can be easily grasped. However, the premise system stored the meal contents for only one day, so the reliability of nutrients was low. Therefore, in this research, we realized a system that gives appropriate advice. Specifically, by adding a function to input 3 days' worth, it became possible to acquire more reliable data. As a result, it was found that the nutritional evaluation for 3 days is a function to further enhance dietary education.

キーワード: 食育, e-learning, 教育支援システム

1. はじめに

日本では 2005 年に食育基本法(厚生労働省 2005)が施行され, 教育関係者らはより活発に子どもたちに食育を推進するようになった(文部科学省 2005). このことから, 食育に関する学習をより効率的に, かつ効果的に行う必要性が高まってきた. それに対して, コンピュータを用いた栄養教育は一般的な栄養教育に比べ食生活を変える動機付けに大きな影響を与えるとされている(Johannes *et al.* 1999). コンピュータによる食育に関する研究として, 小学生を対象とした食事画像を送付させ栄養士による栄養指導を行う研究(長谷川ほか 2006)や, 小学校高学年を対象とした朝食の摂取状況が確認できる食育用ソフト「なになべよう」(高橋ほか 2011), また, 間食に特化した食育に着目した試みとしてデータベース対応の間食マッピング教育システムを用いた研究(中山ほか 2012)が報告されている. これまでの研究では, 朝食, 昼食, 夕食の3食といった限られた食事データから栄養素を提示していた. 食事内容は日によって変化するため, これまで栄養評価の信頼性が乏しく, 適切な栄養評価が行われていなかった. より信頼性が高いデータを取得するには, 3食分の食事内容だけでなく, より正確な食事内容を収集し, 総合的に栄養素の過不足を把握することが必要であると考えられる. そこで,

本研究では, 第一実験において朝食, 昼食, 夕食の3食に間食を含めた4食のデータを1日分として取得し, 第二実験において複数日数の食事データを取得することで信頼性の高い食事データを取得する.

2. 第一実験

2.1 目的

第一実験では, 朝食, 昼食, 夕食に間食を含めた4食分の食事データを保存し, 間食における栄養素の過不足を明らかにする栄養素提示機能を設けた食育支援システムを開発する. 間食を含めた4食の食事データを用いた食育の効果を明らかにすることを目的とする.

2.2 システム概要

本システムは主に5つのステージで構成されている(図1). 本システムは前提研究のシステムに間食を含めた4食分の食事データが入力可能な食物設定画面(図2)及び間食を含めた4食の栄養素の比率を可視化した棒グラフが提示される4食栄養比率表示画面(図3)を追加したものである.

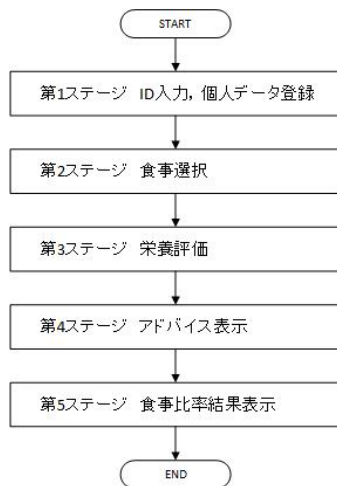


図 1. ステージフローチャート



図 2. 食物設定画面



図 3. 4食栄養比率表示画面

2.3 実験概要

2.3.1 実験目的

本実験では、間食を含めた4食分の食事データの栄養評価提示機能及び栄養素比率表示機能の評価を調査、また本システムを使用することによる食育の効果を検証することを目的とする。

2.3.2 実験手順

対象は10歳、11歳の児童55名とその保護者44名とした。具体的には、事前に用意した個人IDを児童と保護者に振り分け、その個人IDを使ってコンピュータによる食

育授業を行った。本システム使用後に、間食機能を含めた本システムの評価を目的としたアンケート1-1に加え、1週間後に間食に対する意識の向上を調査することを目的としたアンケート1-2を実施した。これらは5件法で実施し、数字が大きくなるほど評価が高い。

2.3.3 アンケート内容

表 1. アンケート1-1の内容

質問	質問内容
1	1つの栄養素における4食の割合を表す画面(図3)を見て1つの栄養素で間食をどれくらいとっているかわかりましたか。
2	間食におけるエネルギーと食塩の表示画面(図3)をみて間食におけるエネルギーと食塩の取るべき正しい量がわかりましたか。
3	全体の栄養素を表示するグラフの画面(図2)において、4食における間食のおおよその量はわかりやすかったか。

表 2. アンケート1-2の内容

質問	質問内容
1	食生活(間食)に対する意識はどうです。 -授業前 -授業後
2	食事内容(間食)に対する意識はどうですか。 -授業前 -授業後
3	食育授業後で食事内容(間食)に変化がありましたか。

2.4 実験結果

2.4.1 アンケート結果

表 3. アンケート1-1の結果

	児童		保護者	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
1	3.79	0.88	3.55	1.07
2	3.81	1.01	3.95	1.20
3	3.92	0.93	3.70	1.35

表 4. アンケート1-2の結果

	児童		保護者	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
1 授業前	3.22	1.05	3.11	0.98
1 授業後	3.76	1.04	3.52	1.06
2 授業前	3.36	1.04	3.14	0.81
2 授業後	3.84	1.07	3.61	0.91
3	2.82	1.40	2.82	1.25

2.5 結論

本実験では、4食分の食事データで評価を調査した。その結果、本機能は児童から保護者まで過不足食物が把握しやすい機能であることがわかった。また、本システムを用いることで間食に対する食生活、食事内容の意識の向上に貢献した。これらのことから、間食機能は食育をより効果

的にすることがわかった。

課題として、本システムは1日分の食事内容しか保存しておらず、正確なデータや助言が提示されていなかった。そこで、より効果的な食育を行うために、複数日数の食事内容を入力する機能を追加する必要がある。

3. 第二実験

3.1 目的

第二実験では、複数日数の食事内容を入力する機能を追加した食育支援システムを開発する。複数日数の食事データを用いて、より正確で信頼性の高いデータを取得することで、より効果的な栄養素の提示及び助言を行うシステムを実現することを目的とする。

3.2 システム

3.2.1 システム概要

本研究では、小中高校の1時間 45 分～50 分であること、各児童による情報活用能力に差があることから、複数日数(3日分)を入力する機能を追加した食育支援システムを開発した。本システムは第一実験で使用したシステムに3日分の平均栄養評価画面(図 4)を追加したものである。



図 4. 3日分の平均栄養評価画面

3.3 実験概要

3.3.1 実験目的

本実験では、3日分の食事内容を入力する機能の有用性及び負担の程度を調査、また本システムを使用することによる食育の効果を検証することを目的とする。

3.3.2 実験手順

対象は16, 17歳の高校生36人とした。3日分の食事記録を用い、コンピュータによる食育授業を行った。食育授業直後にシステム評価を目的としたアンケート 2-1, 食育

授業から1週間後に食育の効果の検証を目的としたアンケート 2-2 を実施した。これらは5件法で実施し、数字が大きくなるほど評価が高いものとする。

3.3.3 アンケート 2-1 の内容

表 5. アンケート 2-1 の内容

質問	質問内容
1	「3日分の平均」を提示する機能がある場合とない場合での本システム全体に対する評価はどうか。
	-ある場合 -ない場合
2	1日分のみのグラフを見たとき、自分の摂取している栄養素等を把握できましたか。
3	3日分の平均のグラフを見たとき、自分の摂取している栄養素等を把握できましたか。
4	1日分のみのグラフを見たとき、自分の摂取すべき栄養素等を把握できましたか。
5	3日分の平均のグラフを見たとき、自分の摂取すべき栄養素等を把握できましたか。
6	1日分の食事内容を入力する操作量についてどう感じましたか。
7	3日分の食事内容を入力する操作量についてどう感じましたか。

表 6. アンケート 2-2 の内容

質問	質問内容
1	1日分のみの栄養素等が提示された画面の1日分だけ参考にしましたか。
2	1日分の栄養素の画面が3日分ある場合のほうがより参考になりましたか。
3	3日分の合計の平均の栄養素等が提示された画面のほうがより参考になりましたか。
4	食事内容は普段の食事に近いと感じましたか。
	-1日分 -3日分
5	食生活に対する意識はどうか。
	-食育授業前 -食育授業後
6	食事内容に対する意識はどうか。
	-食育授業前 -食育授業後
7	食育授業後で食事内容に変化はありましたか。

3.4 実験結果

3.4.1 アンケート 2-1 の結果

表 7. アンケート 2-1 の結果

質問	平均	標準偏差
1 ある場合	4.53	0.75
1 ない場合	2.15	1.05
2	4.53	0.86
3	4.50	0.90
4	4.38	1.02
5	4.50	0.90
6	3.45	1.20
7	3.52	1.23

3.4.2 食事の一致の度合いの結果

生徒の集中力が途切れ、食事の誤入力が行われれば正確な栄養素が提示されない。そのため、回収した食事

記録表に記載された食事 432 回分と本システムのデータベースに保存された食事の一致の度合いを調査した。1日目、2日目、3日目の食事の一致の度合いの結果を表8に示す。また、それぞれの食事に対し割合を求め、対応ありの一元配置分散分析を行った。その結果、1日目、2日目、3日目の食事の一致の度合いには有意差が見られなかった。このことから、3日分にしたことによる負担は誤入力に貢献しないことがわかった。

表 8. 食事の一致の度合いの割合

質問	食品数	一致数	誤入力数	割合
1 日目	258	210	48	81.4%
2 日目	274	212	62	77.3%
3 日目	266	219	47	82.3%

3.4.1 アンケート 2-1 の結果

表 9. アンケート 2-2 の結果

質問	平均	標準偏差
1	3.31	0.98
2	4.09	0.77
3	4.26	0.84
4 1 日分	3.97	0.91
4 3 日分	3.97	0.88
5 授業前	3.09	0.87
5 授業後	3.66	0.83
6 授業前	3.03	0.88
6 授業後	3.86	0.80
7	3.31	1.26

3.5 実験結果のまとめ

本実験の結果、1日分のみの栄養評価の提示と3日分の栄養評価の提示では、食育の効果の大きな違いは見られなかった。しかし、生徒は3日分の栄養評価の提示がある方が良いと感じる機能であり、実際に参考にした機能であることがわかった。このことから、3日分の栄養評価の提示は食育を行う上で生徒が主観的に必要性を感じる機能であるとわかった。また、食事入力を1日分から3日分と3倍になったことによる負担は、被験者は負担に感じず、誤入力にも影響を与えないことがわかった。これは3日分の食事データを用いることで、1日分のみの食事データよりもより正確で信頼性の高いデータを提示できたからだと考えられる。よって、本研究では被験者により適切な栄養素の提示及び助言を行うシステムを実現することができたといえる。

4. 結論

本研究では、第一実験において朝食、昼食、夕食の3

食に間食を含めた4食のデータを1日分として取得し、第二実験において複数日数の食事データを取得することで信頼性の高い食事データを取得することで、より信頼性の高いデータを提示し食育をより効果的に行うことを試みた。その結果、間食及び複数日数である3日分の入力機能及び栄養評価提示画面は食育をより効果的に行う機能であることがわかった。このことより、信頼性の高い栄養評価を提示することにより、データに対する信頼性を高めることができたと考えられる。今後の課題として、信頼性の高い栄養評価を提示するのみでは、食事改善への大きな動機付けられないことが考えられる。そこで、現状の食生活の継続によりなり得る病気の可能性を提示する機能を設けた食育支援システムの開発を検討する。なお、本研究を実施するにあたって 令和 4 年度「日教弘本部奨励金」の助成を受けて実施した。関係各位に深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) Cayley E Velazquez, Keryn E Pasch, Nalini Ranjit, Gita Mirchandani, Deanna M Hoelscher. (2011). Are Adolescents' Perceptions of Dietary Practices Associated with Their Dietary Behaviors?. *Journal of the American Dietetic Association*, 111(11), 1735-1740.
- (2) 長谷川聡, 吉田友敬, 江上いすず, 横田正恵, 村上洋子. (2006). ケータイ栄養管理システムによる食育と栄養教育. コンピュータ利用教育協議会誌 コンピュータ&エデュケーション, 21:107-113
- (3) 岩切一幸, 毛利一平, 外山みどり, 堀口かおり, 落合孝則, 城内博, 斉藤進. (2004). VDT 作業者の身体的疲労感に影響する諸因子の検討. 産業衛生学雑誌, 46(6):201-212
- (4) 神代雅晴, 三上行生, 長谷川徹也. (1984). VDT 作業における眼精疲労と中枢性ストレスの検討. 産業医学, 26(2):105-111
- (5) 中山 洋, 野原 佑輔, ダウティ アブドサラム, 藤倉 純子, 武藤 志真子. (2012). データベース対応間食マッピング教育システムを用いた調査と分析. 日本教育工学会論文誌, 35(4):379-388
- (6) 高橋寛子, 武藤志真子, 藤倉純子, 中山洋, 千野恭平. (2011). 小学校高学年を対象とした食育用ソフト「なにとばよう」の開発. 日本健康科学学会誌, 27(4): 274-282

オンライン授業における学習者の状況の 視覚的・感覚的な把握を支援する機能の提案

永田奈央美^{*1}, 植竹朋文^{*2}

^{*1} 静岡産業大学, ^{*2} 専修大学

A Proposal of the Functions to support Visual and Sensory Understanding of Leaners' situation on Remote Lecture

Naomi Nagata^{*1}, Tomofumi Uetake^{*2}

^{*1} Shizuoka Sangyo University, ^{*2} Senshu-u University

コロナ禍により多くの大学で、オンライン環境下における同期・非同期の講義が行われており、一定の成果を上げている。一方で、教師と学習者のコミュニケーション不全という新しい問題も生じている。このような状況のもと著者らは学習者の「質問」に注目し、質問支援機能を提案することで、学習者のコミュニケーション不全の解消をしてきた。しかし教師の立場からすると、対面講義時であれば視覚的・感覚的に得られる学習者の理解状況がオンライン授業では得られないため、適切な内容の講義を適切なペースで実施できているかの判断が難しいという問題は残ったままであった。そこで本研究では、提案した質問支援機能を用いることで、オンライン授業時に新たに得られた学習者からの様々なフィードバックを定量化し、顔グラフで可視化して表現することで、教師が視覚的・感覚的に学習者の状況の把握を支援する機能を提案する。

キーワード: オンライン授業, 視覚的・感覚的な把握, 質問支援機能, 顔グラフ, 可視化

1. はじめに

現在コロナ禍により多くの大学で、ZOOM や Teams といったツールを利用したオンライン授業が行われている。当初は混乱があったものの、現在はその運営方法について様々な知見が集まってきており、ある程度の質が担保されるようになってきている。しかし一方で、依然として教師と学習者、及び学習者間のコミュニケーションには問題が多く、学習者の持つ疑問を十分に解消しているとは言い難い⁽¹⁾⁽²⁾。

このような状況のもと著者らは学習者のコミュニケーション不全の解消を支援するために学習者の「質問」に注目し、学習者の置かれている状況に応じた質問支援機能の提案を行い、一定の成果を上げてきた⁽³⁾。しかし、教師の立場からすると、依然として学習者の理解状況が把握しにくいいため、学習者の状況に対応した

講義を実施することが難しいという問題点が残った。

そこで本研究では、提案した質問支援機能によってオンライン授業時に新たに得られた学習者からの様々なフィードバックを定量化し、顔グラフで可視化して表現することで、教師が視覚的・感覚的に学習者の状況を把握できる機能を提案する。

2. 学習者の置かれている状況と支援する仕組み

2.1 オンライン授業における学習者の置かれている状況の分析

著者らは、オンライン授業における学習者の置かれている状況を明らかにするために、学習者の能動的な行動である「質問」に注目した。そして、学習者から LINE と Chat といったコミュニケーション・ツールを用いてなされた質問の分析を行ってきた⁽⁷⁾⁽⁸⁾。これ

らの分析結果より、オンライン授業における質問行為の学習者のレベルは、次に示す 5 つ(Lv1 から Lv5)に分類された。

- Lv1: 教員や、他の学習者とも距離を感じており、自らの考えや疑問点を表出することが難しい
- Lv2: 教員にはまだ距離を感じているものの、他の学習者との距離感は近く、情報共有ができる
- Lv3: 能動的に質問することは難しいが、自らの置かれている状況を発信できる
- Lv4: 能動的に自らの言葉で質問することは難しいが、選択肢から選択することで質問できる
- Lv5: 能動的に自らの言葉で質問できる

また、講義の初期の段階においては、レベルが低い学習者が多いが、講義が進み教員や他の学習者との信頼関係が形成されていくにつれ、レベルが上がっていく傾向が見て取れた。

2.2 学習者の「質問」を支援する先行研究

オンライン環境での学習者の「質問」に関する先行研究として、テンプレートを用いたチャットボットに関するものがある。例えば、TA を選択して質問予約できるチャットボット⁽⁴⁾や、チャットボットを用いた医療職の業務支援ツールの基本設計の検討の研究がなされており⁽⁵⁾、オンライン授業における問題点をチャットボットの利用により解決する研究が多くみられる。特に、講義における疑問を自己解決するための AI チャットボットに関する研究⁽⁶⁾では、質問に対する回答を AI が返信するシステムが開発されており、チャットボットにより学習者の疑問を解消する研究が先行している。しかし、これらの先行研究では、全ての質問に対して同じテンプレートを利用している。そのため、質問しやすいと感じる学習者にとっては便利なチャットボットであっても、質問することに抵抗がある学習者にとっては利用率が低いのではないかと考える。実際には、質問の種類は様々あり、その種類によって、質問しやすいテンプレートが異なると思われる。また、質問することに抵抗のある学習者を質問しやすくする仕掛けを考慮する必要がある。

2.3 質問支援機能の提案

著者らは、既に学習者の質問状況に関する実験的研究を実施している^{(7) (8)}。その分析結果を踏まえ、学習

者が各々のレベルに応じて、質問を容易にできる「質問支援機能」を提案した。

具体的には、Lv1 から Lv5 に応じて、次に示す 5 つの質問テンプレートを設定した。

- Lv1: 情意を表す
- Lv2: 他の学習者へ意見を述べる
- Lv3: 疑問を呟く
- Lv4: 質問したい学習項目を提示する
- Lv5: 自由記述の質問をする

3. 学習者の状況の可視化

著者らが提案してきた質問支援機能によって、質問しやすい環境を整えることができた。しかしオンライン授業では、多くの学習者はカメラとマイクをオフにして参加しているため、対面講義時には容易に取得できる言語／非言語情報を取得することは困難で、依然として教師が学習者の状況を視覚的・感覚的に把握することが難しいという問題は解消されていない。

3.1 学習者の状況を把握するために必要な要素

本研究では、教師がオンライン授業時の学習者の状況を把握するためには、以下の 4 つの要素が必要であると考えた。

- ① 学習者の興味度
- ② 学習者の理解度
- ③ 情意を持っている学習者数
- ④ 学習者の感情（ポジティブ/ネガティブ）

3.2 学習者の状況把握を支援する先行研究

学習者の状況把握を支援する先行研究は、視覚的把握を支援する研究と、感覚的把握を支援する研究がある。

視覚的把握に関する先行研究では、学習者の状況判断に顔情報を用いた研究がなされている。顔情報として学習者の頭の向きに着目しており、個人を特定し、集団活動の見える化が試みられている⁽⁹⁾。

一方、感覚的把握に関する先行研究では、顔と声を併用した多感覚的な情動認知の研究がなされている⁽¹⁰⁾。対人コミュニケーションでは、非言語情報（顔の表情、視線、音声のパラ言語情報など）によって、情

動、意図、態度などが伝えられていると論証している。
また、他者の情動を知覚する手がかりには、話者がどのような表情をしているかという視覚情報と、話者がどのような声で話しているかという聴覚情報から多感的に情動を知覚すると主張している⁽¹¹⁾。

3.3 学習者の状況の視覚的・感覚的な把握

本研究では、質問支援機能によって得られた質問データを定量化し可視化することで、教師が学習者の状況を視覚的・感覚的に把握できる機能を検討したい。
そこで本研究では、多変量データの視覚的・感覚的な理解が容易になる顔グラフに着目した。

3.3.1 顔グラフ

顔グラフは、Chernoffにより提案されたグラフ手法で、顔のパーツの形や大きさなどを用いて多変量データを視覚的に分かりやすく表現する方法である⁽¹²⁾。人間の顔の識別力は高いことから、各対象の多変量データを1つの顔の表情で表す方法は有用である⁽¹³⁾。図1に示すように、Chernoffの顔グラフでは、顔の面積、顔の形、鼻の長さ、口の曲線、口の幅、両目の角度、両目の幅、瞳の位置、眉の角度、眉の幅といった18種類の顔のパーツの変数が用意されている⁽¹⁴⁾。

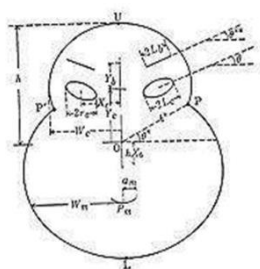


図1 Chernoffの顔グラフ⁽¹²⁾

3.3.2 顔の各パーツが持つ効果

顔を構成する各パーツには、様々な効果があることが知られている。

Buzbyは、顔の表情は、顔の上半分にある眉と目の効果が強いということを指摘している⁽¹⁵⁾。

またDunlupは、顔の下半分にある口周辺の効果も強いということを指摘している⁽¹⁶⁾。

さらに、EkmanとBoucherの研究では、恐れや悲しみは目の影響力が強く、嫌悪や幸福は口の影響力が強いということを明らかにしている⁽¹⁷⁾。

怡土の研究では、人とロボットを対象とした遠隔コミュニケーションシステムの実現がなされており、ロボットが人へ表情を提示するために、眉毛の位置と唇形状の位置情報を計測している⁽¹⁸⁾。

そこで本研究では、先行研究に基づき、眉毛と口の傾き、目の大きさと形状によって、学習者の状況を表現することとした。

4. 学習者の状況の視覚的・感覚的な把握を支援する機能の提案

本章では、前述した4つの要素(①学習者の興味度、②学習者の理解度、③情意を持っている学習者数、④学習者の感情(ポジティブ/ネガティブ))を表現するために用いた情報と表現方法について述べる。

4.1 学習者の状況を表す情報

質問支援機能の「情意を表すテンプレート」を利用して、①学習者の興味度と②学習者の理解度を表現できると考えた。ここで「情意を表すテンプレート」について説明する。

● 情意を表すテンプレート

本テンプレートは、学習者の理解度と興味度に応じて、表1に示すように「興味深い」、「面白い」、「つまらない」、「わからない」の4種類に分類し、図2のように4種類のスタンプを設定している。学習者は、授業内容に対する情意を4つのスタンプから選び、あてはまる情意のチェックボックスへチェックを入れ送信できる。これによって、教師へ質問することは敷居が高いと感じている学習者でも気軽に学習に対する情意を教師へ伝えることができる。

表1 スタンプの種類

	理解度が高い	理解度が低い
興味度が高い	興味深い	わからない
興味度が低い	面白い	つまらない



図2 情意を表す4種類のスタンプ

また、③情意を持っている学習者数については、「情意を表すテンプレート」の4種類のスタンプの総数で表現できると考えた。

そして、④学習者の反応（ポジティブ/ネガティブ）については、「疑問を呟くテンプレート」の質問内容をポジネガ判定することにより表現できると考えた。ここで「疑問を呟くテンプレート」について説明する。

● 疑問を呟くテンプレート

本テンプレートは、対面授業の際には得られる学習者の表情や反応など、学習の理解度を推し量る際に利用される情報をオンライン授業でも得られるように設定した。学習者は、教師に質問するほどではないが疑問に思ったことや、授業に対する感想を一方的に呟くことができるようにした。テンプレートへ入力された呟きは、教師へ送信されるが、呟いた内容に対する返信はあえてしないということにした。呟きに対して教師からの返信は無いことを学習者へ事前に伝えておいた。

4.2 学習者の状況の表現方法

本研究では、表2に示すように、4つの要素を3章で述べた顔のパーツと対応づけた。この対応に基づき、顔グラフを作成する。

表2 顔のパーツと要素の対応

顔のパーツ	要素
口	学習者の興味度
眉毛	学習者の理解度
目の大きさ	情意を持っている学習者数
目の形	学習者の感情（ポジティブ/ネガティブ）

4.2.1 学習者の興味度

学習者の興味度は、「情意を表すテンプレート」の質問回数に着目し、「興味深い」+「わからない」と「面白い」+「つまらない」の割合で、「口の傾き」で表現した（図3参照）。

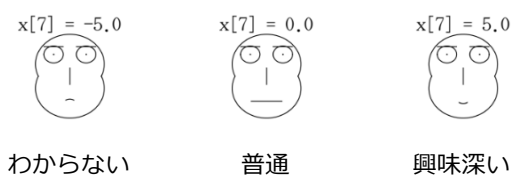


図3 学習者の興味度（口の傾き）

4.2.2 学習者の理解度

学習者の理解度は、「情意を表すテンプレート」の質問回数に着目し、「興味深い」+「面白い」と「わからない」+「つまらない」の割合で、「眉毛の傾き」で表現した（図4参照）。

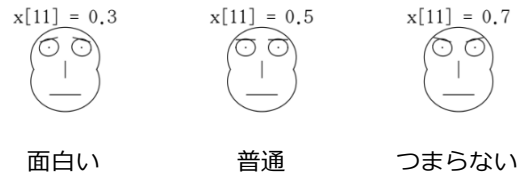


図4 学習者の理解度（眉毛の傾き）

4.2.3 情意を持っている学習者数

情意を持っている学習者数は、「情意を表すテンプレート」の4種類のスタンプの総数で、「目の大きさ」で表現した（図5参照）。

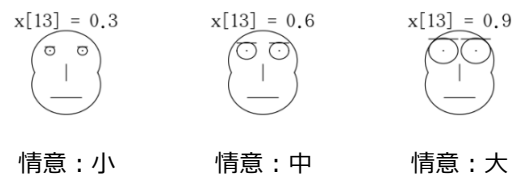


図5 情意を持っている学習者数（目の大きさ）

4.2.4 学習者の感情（ポジティブ/ネガティブ）

学習者の感情（ポジティブ/ネガティブ）は、「疑問を呟くテンプレート」の質問内容を「日本語評価極性辞書」⁽¹⁹⁾を利用してポジネガ判定⁽²⁰⁾し、そのポジティブ度とネガティブ度の差分を利用して、「目の形状」で表現した（図6参照）。

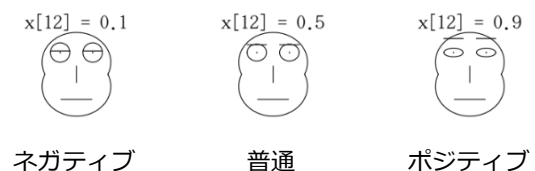


図6 学習者の感情（目の形状）

4.3 顔グラフの作成

これらのデータを基に、統計解析ソフトRを利用して顔グラフを作成した⁽²⁰⁾。実際にオンライン授業時に質問支援機能から抽出したデータを利用して作成した顔グラフを図7-a,bに示す。

図 7-a の学習者の状況は、「つまらない」という情意が多くあるものの、学習内容について全く興味がない訳ではない。意欲的に取り組もうというポジティブな感情もあるので、学習者にとって面白い授業内容になるよう学習コンテンツを工夫する必要がある。

図 7-b の学習者の状況は、学習内容に強い興味度を示しているが、理解度が低い。学習内容についてポジティブな感情もあるので、繰り返しの説明や理解度を高めるための演習課題を取り入れる等の工夫をして、学習者にとって理解しやすい学習内容になるよう再設計する必要がある。

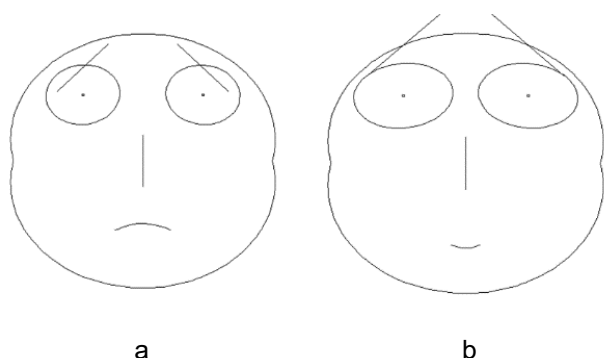


図 7 顔グラフで表した学習者の状況

このように、教師はオンライン授業時に、随時顔グラフを確認することで、視覚的・感覚的に学習者の状況を把握しながら授業を進めていくことが容易になる。

5. おわりに

本研究では、オンライン授業におけるコミュニケーション不全を防ぐために、著者らが提案してきた学習者の疑問解消を支援する質問支援機能を利用し、講義時に得られる学習者からの様々なフィードバックを定量化し、顔グラフで可視化して表現することで、教師が視覚的・感覚的に学習者の状況を把握できる機能を提案した。

今後は、質問支援機能と学習者の状況を把握できる機能を連動させながらオンライン授業を展開する方法について検討していきたい。

参 考 文 献

(1) 植村八潮, 山崎航, 小田佳織, 長谷川さくら: “教員・学

生へのアンケートによるオンライン授業の現状分析”, 専修大学情報科学研究所所報 (96)専修大学情報科学研究所, pp.21-30(2020)

- (2) 岡田 佳子: “学生からみたオンライン授業のメリットとデメリット—オンライン環境下のアクティブラーニングに焦点を当てて—”, 長崎大学教育開発推進機構紀要 (11), pp.25-41(2021)
- (3) 永田奈央美, 植竹朋文: “オンライン授業における学習者の疑問解消を支援する質問テンプレートの提案とその評価”, 静岡産業大学情報学部研究紀要第 24 号 pp.255-270(2022)
- (4) 鏡山虹介, 樋口三郎: “オンライン授業で TA を選択して質問予約できる chat bot の試作”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.36, No.3, pp.75-78(2021)
- (5) 三上滉史, 真嶋由貴恵, 梶田聖子: “チャットボットを用いた医療職の業務支援ツールの基本設計の検討”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.36, No.1, pp.1-6(2021)
- (6) 八坂亮祐, 小田まり子, 原迅: “講義における疑問を自己解決するための AI チャットボット-「AI 概論」での試験的利用-”, 久留米工業大学研究報告 No.43, pp.137-147(2021)
- (7) 永田奈央美, 植竹朋文: “反転授業を導入した遠隔形態講義における質問支援機能の提案”, 情報処理学会研究報告 2018-CE-146(9), pp.1-7(2018)
- (8) 永田奈央美, 植竹朋文: “基礎学力向上のための継続的な学習を支援するシステムの提案”, 情報処理学会研究報告 2019-CE-150(2), pp.1-6(2019)
- (9) 宮田真宏, 山田徹志, 大森隆司: “顔情報を用いた授業中の子どもの特性リフレクションシステムの開発”, 教育システム情報学会第 2 回研究報告 Vol.36, No.2, pp.6-13(2021)
- (10) 田中 章浩: “顔と声による情動の多感覚コミュニケーション”, 日本認知科学学会 18 巻 3 号 pp.416-427(2011)
- (11) 吉原将大, 山本寿子, 河原美彩子, 田中章浩: “視覚情報の劣化が情動知覚および音韻知覚に及ぼす影響”, 電子情報通信学会技術研究報告, HIP2019-35, pp.7-12(2019)
- (12) Herman Chernoff, The Use of Faces to Represent Points in K-Dimensional Space Graphically, Journal of the American Statistical Association, Vol. 68, No. 342, pp. 361-368 (1973)
- (13) 藤田紗耶佳, 椎塚久雄, 顔形グラフを用いた Web サイトの特徴表現, 第 51 回自動制御連合講演会(2008)
- (14) P. エクマン, W. V. フリーセン, 表情分析入門, 株式

会社誠信書房(1987)

- (15) Buzby, D. E. : “The interpretation of facial expression. American Journal of Psychology” , No.35, pp.602-604(1924)
- (16) Dunlup, K.: “The role of eye-muscles and mouth-muscles in the expression of the motion. Genetic Psychology Monograph”, 2, pp.199-233(1927)
- (17) Ekman, P., & Boucher, J. D.: “ Facial areas and emotional information. Journal of Communication” ,25, pp.32-49(1975)
- (18) 怡土順一, 上田悦子, 松本吉央, 小笠原司: “顔情報計測に基づく表情提示ロボットを介した遠隔コミュニケーションシステム”, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集,2P2-C20_1-2P2-C20_2,(2006)
- (19) 日本語評価極性辞書, 東北大学 乾・鈴木研究室,
https://www.cl.ecei.tohoku.ac.jp/Open_Resources-Japanese_Sentiment_Polarity_Dictionary.html
- (20) <https://news.mynavi.jp/techplus/article/zeropython-58/>
- (21) <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/R/face.html>

ロボット講義におけるインタラクションデザイン

柏原 昭博^{*1}, 島崎 俊介^{*1}

^{*1} 電気通信大学大学院情報理工学研究科

Issues in Interaction Design for Robot Lecture

Akihiro Kashihara^{*1}, Toshiyuki Shimazaki^{*1}

^{*1} Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

In lecture, lecturers need to conduct their non-verbal behavior involving gaze, gesture, and paralinguage. However, it is not so easy to properly use non-verbal behavior in their lecture to promote learners' understanding. We proposed robot lecture, in which a robot substitutes for human lecturers, and reconstructs their non-verbal behavior to enhance their lecture. On the other hand, robot lecture could not follow the change of learners' attention and understanding during lecture, which indicates the necessity of interaction in robot lecture. This paper discusses some important issues in interactive robot lecture and interaction design as the resolution.

キーワード: ロボット講義, エンゲージメント, 注意制御, 講義動作モデル

1. はじめに

筆者らは, これまでの「主体的学習支援」に関する研究を通して, 学習者自ら考え, 知識や誤りなどに自ら気づく経験が学びの主体性を助長する鍵であることを見出してきた^{(1),(2),(3)}. そして, 図 1 に示すように, 気づきを得る上で重要な役割を担う 3 つの認知・情動機能に着目し, それぞれを強化・促進するための技術的支援方法を検討してきた. 本稿では, このうちエンゲージメント (engagement) を取り上げ, 人型コミュニケーションロボットを用いた支援技術について論じる^{(4),(5)}.

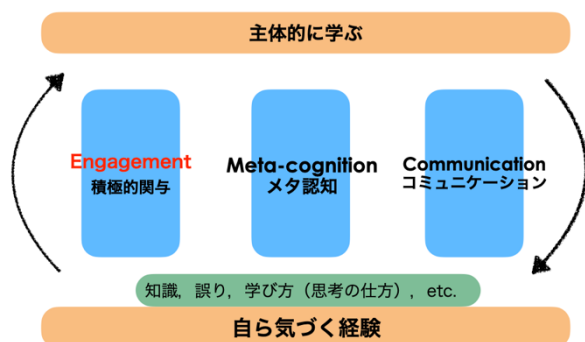


図 1 自ら気づく経験がもたらす学びの主体性

エンゲージメントは, 学習課題, 学習活動, 学び相手などに依存して生起することが指摘されている⁽⁶⁾. この点を踏まえて, 筆者らは,

**学び相手とのどのようなインタラクションが
学習者のエンゲージメントを引き出すのか?**

という学術的問いを掲げ^{(2),(4)}, ソーシャルロボットを学び相手として学習者のエンゲージメントを引き出す方法を探究している. 人型のロボットは他の学習メディアと異なり, 擬人化される傾向にあり, 物理的な身体性を有している⁽⁷⁾. そのため, ロボットを学習メディアに用いることで, 人同士のコミュニケーションのように, ロボットの立ち振る舞いを通して言語情報だけでなく表情や視線, ジェスチャーなどの非言語情報が伝達可能で, 学習者に共感や安心感を与える, エンゲージメント・動機付けを高める等の情動的效果を生み出し, 学びの認知的効果につながることが期待されている⁽⁸⁾.

そこで, 筆者らは知識伝達の文脈として少人数向けの講義を題材に, 学習者 (受講者) の伝達知識に対する気づきを高めるロボット講義システムを研究開発

してきた^{(9),(10)}。通常、講義では学習者のエンゲージメントを引き出すために、講義コンテンツ（スライド内容や口頭説明）への興味・関心を喚起し、注目すべき箇所に学習者の注意を向けさせて集中を促すことが重要である。しかしながら、人間講師でも、学習者の注意を制御するために視線や指さしなどの非言語動作（講義動作）を適切に継続することは容易ではない。ロボット講義では、こうした問題へのアプローチとして、人間講師の講義動作を基本としつつ、モデルベースに不適切・不十分な注意制御動作を診断・再構成して、講義を再現可能としている。評価実験の結果、人間講師によるビデオ講義やロボットによる講義動作の単純な再現（再構成を含まない）と比べて、再構成された講義動作によって学習者のエンゲージメントが高まり、短時間の講義では、講義内容の理解が有意に向上する可能性が示唆された⁽⁹⁾。

一方、講義が長時間にわたると、講義動作だけでは学習者の注意を維持することは困難となる⁽¹¹⁾。そのため、講師側から何らかのインタラクションを取る必要がある。通常の講義でも、学習者の注意が低下したり、理解が追いついていないと判断した場合は、講師は何らかの講義内容に関わる問いかけや注意喚起、あるいは間（ポーズ）を取ったりする^{(12),(13)}。

本稿では、ロボット講義におけるこうした課題を整理した上で、その解決に必要なインタラクション方法について論じる。以下、2章ではロボット講義を論じる前に、人型コミュニケーションロボットとのインタラクションからエンゲージメントを引き出すためモデルデザインについて述べる。3章では、このモデルに基づくロボット講義について述べる。そして、4章では、ロボット講義の課題とその解決に必要なインタラクション方法を検討する。

2. エンゲージメントモデルデザイン

2.1 ロボットとのコミュニケーション

人型ロボットとのコミュニケーションでは、図2に示すようにロボットの擬人化傾向と物理的身体性の特徴から学び相手として存在感（presence）を与えることができ、ロボットの立ち振る舞いから視線や感情な

どの非言語情報をより適切に伝達することができる。このような非言語情報の伝達から、情動的効果として学習者のエンゲージメントをいかに引き出すかが、本研究の掲げる問いである⁽⁹⁾。

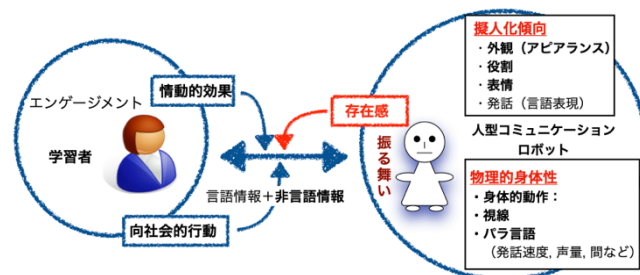


図2 人型ロボットとのコミュニケーション
（文献⁽⁴⁾に掲載された図を改変）

エンゲージメントは、学習者が興味・関心をもって学び相手とのコミュニケーションに没入・熱中することであり、その程度が高いほど学びへの注意が促され、認知的な気づきを得ることにつながる⁽⁸⁾。しかしながら、コミュニケーションを通してエンゲージメントがどう生起するかは情報学的に明らかではない。

2.2 エンゲージメントモデル

そこで、本研究では、意図的に「エンゲージメントを引き出すためにどのようなインタラクションをとるべきか」との観点から、エンゲージメントの生起を表現するモデルをデザインしている。

図3に、エンゲージメントモデルを示す⁽¹¹⁾。本モデルでは、エンゲージメントに影響を与える要因（エンゲージメント要因：促進と抑制）を踏まえて、学習者からエンゲージメントを引き出すためのインタラクションパターンをデザインしている。また、インタラクションで伝達される非言語情報を作り出すために必要となるロボットの振る舞い要素（外観、役割、感情表現、身体動作、視線、非言語動作など）を対応づけている。例えば、エンゲージメント要因として学習者の興味・関心を生起させるためには、学びの場や視線を共有するようなインタラクションが有効であり、これは身体的振る舞い要素としてロボットの視線や顔向けを組み合わせることで可能となる。

このエンゲージメントモデルを参照しながら、これま

で具体的な文脈として講義を取り上げ、学習者のエンゲージメントを促進するための講義動作モデルをデザインしてきた。

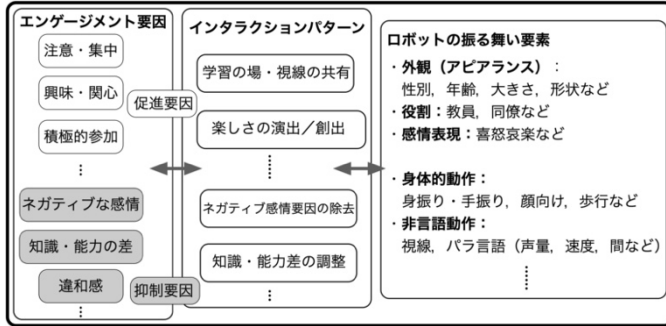


図3 エンゲージメントモデル
(文献⁽¹¹⁾に掲載された図を改変)

3. ロボット講義

3.1 講義における問題へのアプローチ

講義において講義内容を理解するためには、学習者自身にエンゲージメント(積極的関与)が求められる。特に、講義内容に興味・関心を示し、また講義内容の重要箇所へ注意を向けることが重要である⁽¹⁴⁾。一方、講師は学習者の興味・関心を喚起し、注意を促すように振る舞い、学習者のエンゲージメントを引き出すことが必要である。しかしながら、熟練した講師でも、講義中継続して注意制御動作を実施することは容易ではない。そのため、学習者はしばしば講義内容に追従できなくなり、理解が不十分なまま講義を終えてしまうことになる。

そこで、ロボットが人間講師の講義動作を代講する手法を検討した⁽⁹⁾。本手法の特徴は、エンゲージメント要因として興味/注意を取り上げて、講義内容を伝達する場や視線の共有を目的としたインタラクションを遂行するための講義動作(顔向け、指差し、パラ言語)を表現するモデルを基盤としている点である。これは、エンゲージメントモデルの具体化の一つである。

講義動作モデルは、図4に示すように講義意図を達成するための講義動作を導出することができる。例えば、講義内容の重要箇所への集中を促す意図を達成するためには、動作カテゴリとして注意誘導が対応し、そのための講義動作を以下の動作の基本要素を組み合わせて実施すべきであることが表現されている。

- (a)視線をスライドに向ける
- (b)指差しする
- (b)声量を大きくする

また、講義動作モデルに基づくことで講義意図に対する講義動作の不十分・不適切さを診断することができ、診断結果に基づいて動作を再構成することが可能となる。このような講義動作の診断・再構成を可能としてロボットが講義を代講するシステムを開発した⁽⁹⁾。

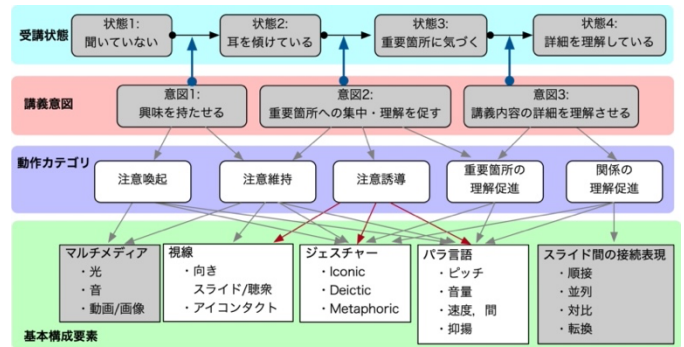


図4 講義動作モデル
(文献⁽¹¹⁾に掲載された図を再掲)



図5 ロボット講義

3.2 ロボット講義システム^{(4),(9)}

開発したロボット講義システムは、図5に示すように、Vstone社製のSotaおよびSoftbank Robotics社のNAOを用いており、人間講師による講義を収録し、基本的にその講義動作を手本として再現する。収録データ(スライド、口頭説明、非言語動作)は、講義スライドの系列と、スライドごとに対応する口頭説明、非言語動作を含む講義シナリオとしてまとめられる。加えて、講師によって入力された講義意図から学習者の興味・注意・集中を喚起・誘導する講義動作のうち不十分・不適切な部分を適切な動作に再構成する。そ

の際、講義動作モデルに基づき、講師が意図した箇所で講義動作を適切に行っているかどうかを診断している。

ロボット講義システムを用いた評価実験⁹⁾では、同一講義に対して講師のビデオ講義、講義動作の単純再現によるロボット講義、講義動作の再構成を伴うロボット講義の 3 条件を設定し、受講後に講義の場の共有・視線の共有を問うアンケートと、講義内容の理解度テストを行った。実験の結果、再構成を伴うロボット講義が、他の二つの条件と比べて有意に伝達場の共有・視線の共有を感じさせ、理解度テストの点数を有意に高めた。また、単純再現によるロボット講義とビデオ講義の間には有意な差は見られなかったことから、この再構成の効果はロボットが講義したことによる **Novelty effect**⁽¹⁵⁾ によるものではないことも確認できた。さらに、エンゲージメントを高める上で、講義動作再構成の基盤となった講義動作モデルの妥当性が示唆され、学習者のエンゲージメントを引き出す上でモデルの有効性を確認できた。

4. ロボット講義におけるインタラクション

4.1 ロボット講義の課題

ロボット講義では、人間講師が事前に想定した学習者の受講状態、講義意図、および講義動作を記述したシナリオに基づき、講義を実施している。しかしながら、ロボット講義中、必ずしも学習者が想定通りの受講状態で講義を聴くとは限らない。つまり、事前想定と実際の受講状態に「ずれ」が生じた場合、シナリオ通りの講義では学習者のエンゲージメントを維持することは困難である。

このずれが生じる原因には、①講義の進捗に追従できない、②注意が維持できない・集中が途切れる、③講義内容の理解が難しいなどが考えられる。筆者らは、これまで講義時間が長くなると自ずと生じると考えられる①や②のケースに対応するために、インタラクティブロボット講義を提案した⁽¹¹⁾。

4.2 インタラクティブロボット講義の試み

インタラクティブロボット講義では、学習者の受

講状態をモニターし、想定状態とのずれを認識すると、講義意図の変更と講義シナリオ（スライド）のシーケンスを変更する。具体的には、講義意図の変化に応じて、スライド間にポーズを入れる、スライドをスキップする、スライドの説明を繰り返すといった変更を実施する。同時に、ポーズ・スキップ・リピートの際に学習者の注意制御動作を伴わせて、講義進捗への遅れや、注意・集中を取り戻すようなインタラクションを実施している。ロボットが **NAO** の場合は、学習者に歩み寄る動作を追加して、学習者の注意をロボットに惹きつけて注意を回復させるような工夫もしている⁽¹²⁾、⁽¹³⁾。

例えば、講義に耳を傾けている状態を想定している時に、学習者がよそ見している場合、インタラクティブロボット講義では、次のスライドの説明を始める前にポーズを入れてスライドシーケンスを変更し、その間に注意喚起動作として学習者の方に視線を向け、声を大きく「よそ見をしない」という注意が与えられるようになっている。

このようなインタラクティブロボット講義について、ロボット講義をベースラインする評価実験を行った結果、講義内容の追従が困難であった学習者に対して、スライドシーケンス変更のポーズ、リピートが有効に機能し、講義内容についての理解度テストを向上させることを確認した⁽¹¹⁾。一方、講義に追従できていた学習者に対しては、ロボットによるインタラクションが講義内容の理解に良い影響を与えないことも同時に確認できた。さらに、ロボットによるインタラクションのパターンが固定的で柔軟性に欠けるといった欠点も明らかになった。

4.3 インタラクションの課題と解決策

一方、4.1 で述べた「ずれ」が生じる原因の③については、上述したインタラクティブロボット講義では解消できない。この問題を解決するためには、シナリオシーケンスの変更や講義動作の工夫だけでは不十分である。

通常の講義では、学習者からの質問を受けることで学習者の理解不足を支援することが一般的であるが、

学習者からの質問の自由度の高さを考えると、ロボット講義の場合適切な回答を生成するにはまだまだ技術的に難しい。

一方、ロボットのほうから講義進行中に講義内容に関する問いかけを行い、学習者の理解状態を把握することは可能である。理解状態が把握できれば、それに応じてシナリオシーケンスを変更したり、別の教材リソースを提示するなどの策を講じることができると考えられる。本研究では、ロボットが理解状態同定のため、それまでに説明してきたスライド内容から学習者に質問すべき内容を自動的に構造化し、学習者への問いかけを行うチャットボットの開発準備を進めている。

5. おわりに

ロボット講義は、単にロボットに講義をさせるものではなく、人間講師の特徴を活かしながら、より適切な講義動作で代講する技術である。本論文は、そのロボット講義での課題を整理し、学習者とのインタラクションをデザインしてより高度な講義を実施するための手法を検討した。今後、提案手法の実装と評価実験を進めていきたい。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP20H04294, JP18K19836 の助成による。

参 考 文 献

- (1) 柏原昭博: Web におけるナビゲーションを伴う学習活動と支援環境のデザイン, 人工知能学会誌 Vol. 25, No. 2, pp. 268-275 (2010)
- (2) 柏原昭博: 学習システム研究における学びのモデルデザイン, 人工知能学会誌, Vol.35 No.2, pp.201-207 (2020)
- (3) Kashiara, A., and Akiyama, N.: Learning Scenario Creation for Promoting Investigative Learning on the Web, Journal of Information and Systems in Education, Vol.15, No.1, pp.62-72 (2017)
- (4) 柏原昭博: ソーシャルロボットを用いた学びの研究, 教育システム情報学会誌, Vol.37, No.2, pp.73-82 (2020)
- (5) 柏原昭博: エンゲージメントを引き出す学習支援ロボット, コンピュータ&エデュケーション Vol.46, pp.30-37 (2019)
- (6) 鹿毛雅治: “学習意欲の理論—動機づけの教育心理学—”, 金子書房 (2013)
- (7) 神田崇行: コミュニケーションロボットによる学習支援”, 人工知能学会誌 Vol. 23, No.2, pp.229-236 (2008)
- (8) Skinner, E.A., Kindermann, T.A., Connell, J.P., and Wellborn, J.G.: Engagement and disaffection as organizational constructs in the dynamics of motivational development. In Wenzel, K. R. & Wigfield, A. (Eds.), Educational psychology handbook series. Handbook of motivation at school, pp. 223-245 (2009)
- (9) Ishino, T., Goto, M., and Kashiara, A.: Robot Lecture for Enhancing Presentation in Lecture, Research and Practice in Technology Enhanced Learning (RPTEL) 17,1 (DOI: 10.1186/s41039-021-00176-6) (2022).
- (10) Kashiara, A., Ishino, T., and Goto, M.: Robot Lecture for Enhancing Non-Verbal Behavior in Lecture, Proc. of the 20th International Conference on Artificial Intelligence (AIED2019), pp.128-132 (2019)
- (11) 柏原昭博, 菅原歩夢: ロボット講義における講義シナリオの適応的制御, 教育システム情報学会 2020 年度第 6 回研究会, pp.19-26 (2021)
- (12) Shimazaki, T., Sugawara, A., Goto, M., and Kashiara, A.: An Interactive Robot Lecture System Embedding Lecture Behavior Model, The 24th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI 2022) (2022 in press)
- (13) 島崎俊介, 菅原歩夢, 後藤 充裕, 柏原昭博: ヒューマノイドロボットを用いたインタラクティブロボット講義システム, 電子情報通信学会教育工学研究会, pp.97-102 (2022)
- (14) Melinger, A. and Levelt, W. J. M.: Gesture and the communicative intention of the speaker, Gesture, Vol. 4, No. 2, pp. 119-141 (2004)
- (15) Smedegaard, C. V.: “Reframing the role of novelty within social HRI: From noise to information”, Proceeding of 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2019), pp. 411-420 (2019)

学習者のウェルビーイングを高めるオンデマンド授業の実践

村井 礼^{*1}, 細川 康輝^{*2}, 藤本 憲市^{*3}

^{*1} 山口大学国際総合科学部, ^{*2} 四国大学経営情報学部, ^{*3} 香川大学創造工学部

A Practice Report of Improve Students' Well-being on On-demand Class

Hiroshi Murai^{*1}, Yasuteru Hosokawa^{*2}, Ken'ichi Fujimoto^{*3}

^{*1} Faculty of Global and Science Studies, Yamaguchi University

The difficulty of on-demand education is to keep interactivity among teachers and students. To improve their cognitive, psychological well-being, we surveyed students' satisfaction and impression to our class through online questionnaire, and besides, we gave positive feedback on students' satisfaction and impression. As the results, we obtained sufficient satisfaction from all the students. In this report, we describe the factors that we were able to obtain sufficient satisfaction in detail.

キーワード: ウェルビーイング, 学習支援, オンデマンド授業

1. はじめに

グローバル化やテクノロジーの進歩が加速する中、近年では COVID-19 によるパンデミックが起こるなど、世界の状況は日々変化している。経済協力開発機構 (OECD) は、2015 年から OECD Future of Education and Skills 2030 プロジェクト (以下、Education 2030) を進めており、複雑で予測が困難な 2030 年の世界を生き抜くために、生徒たちに必要な力は何か、そしてそれをどのように育成するのか調査している。2019 年に発表された「OECD Learning Compass 2030」では、個人のウェルビーイング及び集団のウェルビーイングに向けた方向性を示している⁽¹⁾。この流れを受けて、我が国では、2021 年 6 月、教育再生実行会議が第十二次提言をとりまとめ、一人一人の多様な幸せであるとともに社会全体の幸せでもあるウェルビーイングの理念の実現を目指すことが重要であるとの結論を示している⁽²⁾。ポストコロナ期における新たな学びの在り方を考えていくに当たって、我が国の教育を学習者主体の視点に転換していく必要があり、教育関係者の意識改革やデジタル化への対応などが求められるようになっている。2021 年 7 月に「Well-being に関する関係

府省庁連絡会議」を設置し、ウェルビーイングに関する取組の推進に向けて、情報共有・連携強化・優良事例の横展開をはかっている。さらに、骨太の方針 2021 では、連絡会議に参画する 11 府省庁の基本計画等についてウェルビーイングに関する KPI を設定することとした。

本研究では、大学生のウェルビーイングを高める教育のデジタル化に着目する。実際に、学生の満足度 100% を得たオンデマンド授業で実施した「学びの個別最適化」の指導例を基に、学生のウェルビーイングが高まる要因について考察する。

2. ウェルビーイング教育

2.1 ウェルビーイングとは何か

Well-being という言葉は 1946 年に設立された世界保健機構 (WHO) の憲章と言われている。日本における定義は、医療、心理、福祉などの学問分野によって異なり、訳語としては「健康」「幸福」「福祉」「良好な状態」などが当てられてきた。「幸福」あるいは「主観的幸福」という考え方は古くから生活の質の中心的要素と考えられてきた。以前は「主観的幸福度」を量的

に測るのは困難であったところ、近年になって、「主観的幸福度」を量的に測定する研究が進み、有意義かつ信頼できるデータの収集が可能となっている。OECD は 2013 年に主観的幸福度を測るガイドラインを公開すると共に、PISA2015 において生徒の生活に関する「全般的な満足度」を生徒に尋ねる質問項目を追加している^{(3),(4)}。

2.2 ウェルビーイングを高める教育とは何か

表 1 に示される通り、OECD が 2015 年に実施した生徒の学習到達度調査（Program for International Student Assessment, PISA 2015）では、生徒のウェルビーイングの状態を 4 つの領域（心理、認知、社会、身体）で評価している^{(4),(5)}。

表 1 ウェルビーイングの 4 領域

領域	評価対象
心理的	人生の目的意識、自己認識、感情の状態・強さ
認知的	授業内容の理解度、獲得したスキル
社会的	家庭や学校生活の質
身体的	身体健康

健康で豊かな人生を送るためには、経済的な豊かさだけでは不十分であることが広く認識されている^{(6),(7)}。例えば、米国の心理学者 Mclelland は、いわゆる学力より、自己肯定力や対人能力などの非認知スキルの方が、社会の中で成人が成功する影響を与えることを実証している⁽⁸⁾。OECD は、人のもつスキルを認知的スキルと社会情緒的スキルの 2 つに整理し、教育によって認知と社会情緒の双方のスキルをバランスよく持たせることの必要性を唱えている⁽⁹⁾。

PISA2015 調査によると、心理的ウェルビーイングは、学習を通して獲得できる達成感や技術・能力が磨かれる感覚によって向上させることができる。本報告では、知識獲得を主目的としたオンデマンド授業における心理的・認知的ウェルビーイングを高める要因について考察する。

3. オンデマンド授業における実践例

3.1 ウェルビーイングを高めるオンデマンド授業

本報告で対象とするのは、2021 年の第 4 クォーターに山口大学国際総合科学部 1 年生 105 人を対象としてオンデマンド形式で開講された「知的財産演習 I（必修 1 単位 8 コマ）」である。時間割の都合上、約 50 ずつ 2 つのクラスに分かれて開講されている。授業内容は、知的財産法に関する初学者を対象に、国家試験の過去問などを用いた問題演習形式で基礎知識の定着を図るものである。国家試験の知的財産管理技能検定 3 級程度の難易度を想定している。



図 1 各回の授業の流れ

図 1 に各回の授業の流れを示す。毎週の授業動画に加え、著者が YouTube 上に公開した国家資格対策用の無料動画を参考資料として提示する。YouTube の動画は、一般の人にも分かりやすい平易な言葉を用いつつ、国家試験の過去問解説は、時間をかけて丁寧に行なっている。それゆえ、より深く理解したい学生のニーズから楽しみながら学習したい学生ニーズまで、幅広く対応することが可能となっている。

毎回の授業の終わりには、知識定着を確認する小テスト（多肢選択問題）と授業の感想などを記載するア

ンケートなどの課題を課している。学生から寄せられた授業への感想や質問には、授業アンケートでは、毎回の授業終了後に3つの項目(授業の満足度、気づき、自由記述)で学生の感想を問うこととしている。満足度および気づきは回答を義務付けており、授業の中で説明の分かりにくかったところや質問などがあれば、任意で自由記述欄に記載するように指導している。さらに、寄せられた感想を基に、質問回答や補足説明などの教材動画を次の授業が始まる前に配信する。オンデマンド授業ではリアルタイムのやり取りが無くなるため、本研究では特にアンケートおよびフィードバックに力を入れている。

3.2 ウェルビーイングを高める工夫

本研究で実施した、学生のウェルビーイングを高める主な工夫は3つある。

- 1) 授業の感想は、気付いたことを言語化すると共に、行動につながるよう促す
- 2) 学生の抱える問題点を明確にするためにフィードバックを返す
- 3) ポジティブな表現を心がける

まず、毎回の授業の満足度を3段階で評価すると共に、学生自身に気付いた点を問うこととしている。言語化することにより、新たに得られた知識や疑問点が明確になると共に、理解の曖昧な点が見えやすくなるからである。例えば、単に「楽しかった」よりも、「外で撮影された動画に映っている人のプライバシーはどうなっているのだろうと気になっていたので、今回知れてよかった。」のように、何に満足できたのかを具体的に記述してもらうことで、学生の興味を抱きやすいポイントを知ることができる。言語化すれば、勘違いや曖昧な理解な点を見つけやすくなる。これは、教員側の説明が不十分で正しく伝わっていないことも原因の一つであるので、フィードバック動画の中で、学生の感想を取り上げながら補足説明をしている。最後に、話す言葉はポジティブな表現を心がけるようにする。感想は授業を改善する貴重な意見であり、できるだけ正直な思いを吐露してもらった方が改善点を見つけやすくなると考える。正直な感想をもらうためには、学

生の目線に立って話すことや、学生の言葉を頭ごなしに批判しないことが重要である。フィードバックを動画にする利点は、他の学生がどんなことに関心を持ち、どんな疑問を抱いているかを共有できる点である。自分だけが理解できていないのではないと分かると、授業への不安が払拭されやすい。また、ユニークな質問が出された時は、「なるほど」「良い点に気づいたね」など、多少オーバーな声色を使ってでも、質問してくれたことへの感謝を伝える。もし想定外の質問が寄せられたとしても否定せず、丁寧に回答することで、質問へのハードルを下げるように心がけている。こうすることで、回を追うごとに具体的な質問が増え、期末試験への不安などネガティブな声も聞くことができる。

4. 結果と考察

本報告では、学生の授業満足度を「大変勉強になった」「想定範囲内だった」「二度と受けたくないくらいつまらなかった」の3段階で評価し、「大変勉強になった」を選んだ割合を授業満足度 $s(\%)$ として、次式で計算する。 a_1 は選択肢 1 を選んだ数、 n はアンケート回答者数である。

$$s = a_1/n$$

図2にクラスごとの授業満足度の推移を示す。クラスAおよびBの受講人数は、明らかに受講を放棄している学生を除き、それぞれ、58人と52人である。図2から分かるように、両クラスともに第1回の満足度では、満足率が約76%前後と最も低く、全体的に高くなっていく傾向がある。

特に、クラスBでは満足度100%を達成できている。クラスBの感想を掘り下げていくと、「行動力が高い先生を見習って行動起こしていきます！」など、モチベーションの高い意見が多かった。さらに、振り返り動画への感想や、授業内容と直接関係のない質問を寄せるなど、教員との交流が盛んであった。クラスAに比べると、指導を素直に受け入れてもらえたのではないかと考えられる。

両クラスとも第2回の満足率が高くなっている。アンケートを掘り下げると、「理解しやすかった」と感じた学生が多かったからと考えられる。

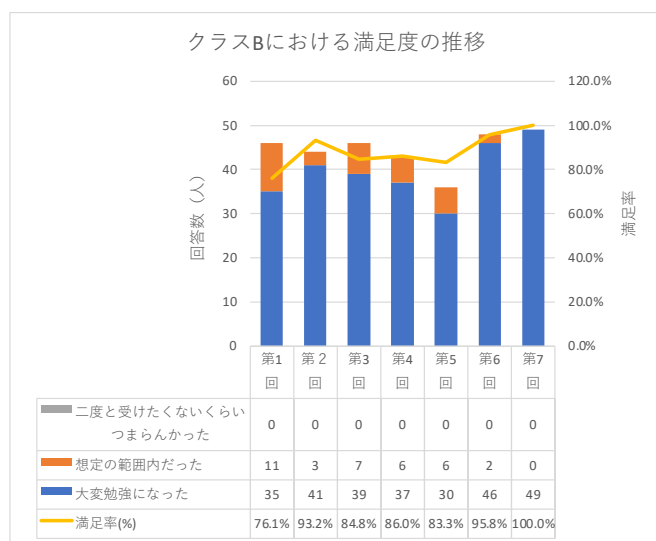
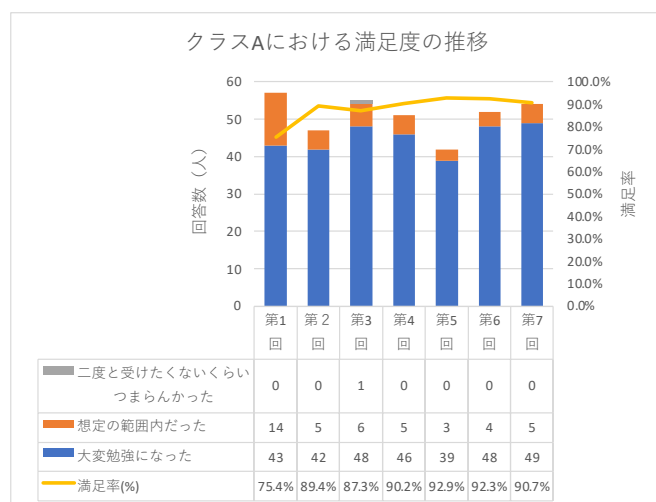


図2 クラスごとの授業満足度の推移

第5回の回答数が少なくなった原因は、年末年始をまたいだこと、学習内容の難易度が急に上がったことなどが考えられる。本科目は全学必須の講義科目と進度を揃えて、理解度を高めるために本学部のみ開講されている演習科目である。元の講義科目のところでは授業回によって難易度や学ぶ量が異なっているため、特に第5回目の授業で補足説明が増えている。第1回から第4回までは著作権法、第5回が特許法、第6回が意匠法、第7回が商標法となっている。著作権法と特許法は、他方に比べて条文数が多いため、本来は同程度の授業回で設計した方が学生の負担は軽減されると考える。全学的な方針変更になるため、この点は今後の課題である。

一方、これまでの経験上、授業の冒頭では「〇〇が

分かりました」という知識獲得に満足する回答が多く見られ、学習を進めていくにつれて「〇〇したいと思います」のように具体的な行動を考える回答が増える傾向がある。授業内容の理解が高まると共に、高い満足度を維持できていると、学生の主体性が高まるため、知識獲得だけでなく、実際に知識を活用したくなることの表れだと思われる。

また、例年、学習が進むにつれ、自由記述欄には、授業内容と関係のない質問が増えることも分かっている。このことは、なるべくポジティブかつ丁寧に学生の質問に対応しているため、学生にとって質問しやすい環境ができている証と言える。

以上のことから、本報告では、授業アンケートに寄せられた感想へのフィードバックを重視することにより、学生の理解度・満足度が高まり、主体的な学びへ導くことができた。すなわち、心理的・認知的ウェルビーイングの向上が期待できると言える。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP21K02775 の助成を受けて行われた。

参考文献

- (1) 教育再生実行会議、第十二次提言「ポストコロナ期における新たな学びの在り方について」、
<https://www.kantei.go.jp/jp/headline/kyouikusaisei2013.html>（2022年6月12日確認）
- (2) OECD, "OECD Future of Education and Skills 2030",
<https://www.oecd.org/education/2030-project/>（2022年6月12日確認）
- (3) OECD, "OECD Guidelines on Measuring Subjective Well-being", (2013)
<https://www.oecd.org/wise/oecd-guidelines-on-measuring-subjective-well-being-9789264191655-en.htm>（2022年6月12日確認）
- (4) 国立教育政策研究所, "PISA2015年調査国際結果報告書 生徒の well-being", (2017年)
https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/pisa2015_20170419_report.pdf（2022年6月8日確認）

- (5) OECD, “Students’ Well-being”, PISA 2015 Results, Vol. 3,
https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2015-results-volume-iii_9789264273856-en (2022 年 6 月 12 日 確認)
- (6) A. Gurria, “A Proposal for Consolidation and Further Transformation of the OECD”, (2015)
<https://www.oecd.org/about/secretary-general/21-for-21-A-Proposal-for-Consolidation-and-Further-Transformation-of-the-OECD.pdf> (2022 年 6 月 12 日 確認)
- (7) European Commission, “A New Narrative for a New Europe (English Edition)”, Rowman & Littlefield Publishers (2018)
- (8) D. McClelland, “Testing for Competence Rather Than for ‘Intelligence’”, American Psychologist, 28, pp.1-14 (1973)
- (9) OECD, “Skills for Social Progress”,
<https://www.oecd.org/education/skills-for-social-progress-9789264226159-en.htm> (2022 年 6 月 12 日 確認)

シラバスデータを活用した用語からの科目推薦手法の検討

橋本菜々子^{*1}, 越智洋司^{*2*3}

^{*1} 近畿大学大学院総合理工学研究科, ^{*2} 近畿大学情報学部, ^{*3} 近畿大学情報学研究所

Study of a method for recommending courses from terminology using syllabus data

Nanako Hashimoto^{*1}, Youji Ochi^{*2*3}

^{*1} Graduate School of Science and Engineering, Kindai University

^{*2} Faculty of Informatics, Kindai University

^{*3} Cyber Informatics Research Institute, Kindai University

大学などの教育機関では履修登録の際にシラバスが活用されていることが多い。なぜならシラバス内には、授業名・担当教員・到達目標・成績評価基準・各回の授業計画などが記載されており、履修登録の判断材料となるためである。しかし学びたい専門分野に対する科目を選定するためには、大量のシラバス情報の中から判別する必要がある。そこで本研究ではシラバスデータを機械学習により学習させ、科目推薦を提案することによる教育支援を行い、手法の妥当性の評価を行った。また今後の研究として科目の順序性についての検討も行う。

キーワード: 機械学習, 自然言語処理, シラバスデータ, 推薦科目, 情報推薦

1. はじめに

近年、多くの大学でシラバスを用いた履修登録が行われており、卒業単位を獲得するために重要な役割を持っている。またシラバスデータを Web 上で公開している大学がほとんどであり、学生はいつでもシラバス内の科目を容易に検索・閲覧することが出来る。しかし、シラバス内の科目は多数存在し、自分がどの科目を履修すればいいか判断することが出来ないといった問題点がある。具体的には、自分が学びたいと思っている分野はどの科目を履修すればいいのかが分からないという問題点である。そこで本研究では、学びたい分野に対する「推薦科目」を提案することにより、学生への教育支援を行う。

2. 導入

2.1 先行研究

これまでにシラバスデータを活用した研究が行われてきた。

吉崎ら⁽¹⁾は科目間の類似性の分析を目的として、Doc2Vec を用いたシラバス内における科目間の関連性の分析を行い、ユーザーが容易に目的となる講義を探し出せるシステムの提案を行った。

竹森ら⁽²⁾は、Doc2Vec によって獲得した科目情報の分散表現についてクラスタリングを行い、各クラスターに属する科目群の特徴を可視化し、ユーザーに興味のあるものを選択してもらい、必要に応じてキーワードを入力してもらうことでユーザーの学びの志向とマッチする科目を選択しやすいように支援を行うシステムを提案した。

藤本ら⁽³⁾は時間割を組む上で一番効率の良い履修コースを求めることを目的とし、各研究室に配属されている学生が履修した科目の履修データや、学生の主観的調査に基づくカリキュラム選定を行うシステムを提案した。

宮脇ら⁽⁴⁾は、学生が履修すべき科目を適切に選択できるように補助することを目的とし、TF-IDF と sentence2vec の 2 つの手法により C プラン（学生が

各自設定した目標について学習目標を記述したもの)とシラバスの類似度を求め、科目推薦を行った。

2.2 本研究の位置づけと目的

吉崎らの研究では、Doc2Vecを用いた関連科目推薦が有用であることが示されていた。また竹森らの研究では、ユーザーの情報を加味した上で科目選択支援を行うといったシステムであった。しかし問題点としてユーザーに対する負荷が挙げられる。また藤森らの研究も同様に、研究室に配属している学生へアンケート調査を行うことでカリキュラム選定を行っているため、システムには学生への負荷がかかることが問題点として挙げられる。宮脇らの研究では、類似度の閾値を0.34に設定することにより、適合率がTF-IDFの場合では93.6%，sentence2vecでは35.2%となった。本研究では吉崎らの研究から派生し、Doc2Vecによって学生が学びたい分野に対する推薦科目の提案が出来る研究を考えた。また、推薦科目提案の研究である竹森ら・藤森らの研究の問題点であるユーザーや学生への負担を考慮し、シラバスデータの分析を行うことによる、教育支援を目的とする。

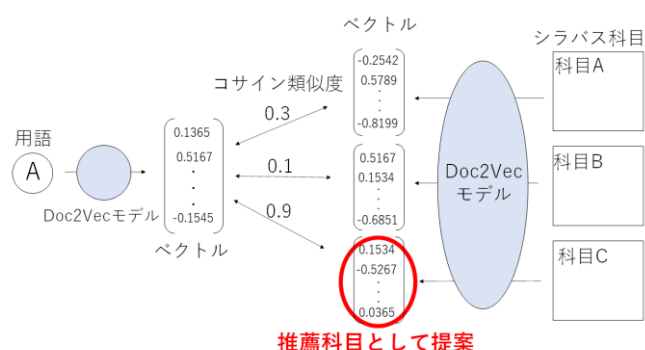


図1 Doc2Vecによる推薦科目アプローチ

3. 手法

3.1 提案手法

シラバスデータをDoc2Vec⁽⁵⁾で学習させ獲得できる分散表現と、ユーザーが学びたい科目の専門用語を比較することによる推薦科目の提案を行う。この手法の背景には、ユーザーが学びたい知識がありその用語を把握していることが前提である。図1に本研究のアプローチを示す。学習されたモデルに検索したい用語を入力すると、200次元のベクトルが生成される。またシラバスの文書に関しても同様に200次元のベクトル

を生成し、用語ベクトルと各科目のベクトルに対して類似度計算を行い、推薦科目を提案する。

3.2 学習データ

Doc2Vecに学習させるデータには、シラバス内の各科目(今回は近畿大学理工学部電気電子工学科の89科目)の文書を使用する。シラバス内の各科目データはHTML形式で記述されており、科目名、シラバスNO、担当教員、開講年次、単位、開講期、分野、科目区分、必修選択の別、英文科目名、備考、授業概要・方法等、授業形態、アクティブ・ラーニングの形態、ICTを活用したアクティブ・ラーニング、使用言語、学習・教育目標及び到達目標、成績評価および基準、試験・課題に対するフィードバック方法、教科書、参考文献、関連科目、授業評価アンケート実施方法、研究室・メールアドレス、オフィスアワー、授業計画の内容及び時間外学修の内容・時間、ホームページ、実践的な教育内容の全28項目がある。その中でも授業の内容に關係するデータが必要であるため、今回は学習させるデータに2つの項目の組み合わせた3つのデータを用意し実験を行った。その組み合わせは、「授業概要・方法等(以下、授業概要)」、「授業計画の内容及び時間外学修の内容・時間(以下、授業計画)」、そして上記の2つを合わせた「授業概要・方法等と授業計画の内容及び時間外学修の内容・時間(以下授業概要・計画)」とする。Doc2Vecに入力させるためには文書を形態素解析する必要があるため、本研究では形態素解析ツールにMeCab⁽⁶⁾を使用した。

3.3 Word2Vecを用いた学習語彙の追加

各科目の学習データとする文書中の名詞に対して、Word2Vecにより類似単語を10単語追加することによってデータの増強を行った。これはシラバス内に出現する語彙数の少なさや、検索する用語ベクトルと各科目の文書ベクトルの潜在的な類似度を考慮するためである。つまりA=B, B=CならばA=Cであるといった、Bという事象がなければAとCとの関連性が分からないかもしれないという直感的な考えを考慮している。その際にBという事象を、ある単語の類似単語として考える。その際ある単語の類似単語生成には、Word2Vecモデルを使用する。このモデルは東北大学

乾・岡崎研究室⁽⁷⁾によって作られた日本語版 Wikipedia の本文全文を学習させたものを使用した。表 1 に具体例を挙げる。例として、ある科目データに「導関数」という単語があったとする。Word2Vec モデルを用いるとその単語の類似単語 10 個を提案することが出来るため、その単語を科目の学習データとして追加する。

表 1 該当単語に対する類似単語

「導関数」に対する類似単語	
1 常微分方程式	6 内積
2 テンソル	7 多項式
3 外積代数	8 運動方程式
4 微分方程式	9 微分
5 テンソル場	10 漸化式

4. 評価実験

4.1 推薦科目の評価

本研究では、シラバス内の科目に含まれている文書ベクトルと検索する用語ベクトルの類似度計算を行い、類似度が高い科目を推薦科目として導出することができると仮定し、推薦科目の妥当性について評価を行う。ユーザーが検索する用語は近畿大学理工学部電気電子工学科 2021 年度版の卒業論文予稿で用いられている用語を使用し、類似度の高い上位 3 科目を推薦科目として提案を行った。また、類似度の低い下位 3 科目に対しても同様に推薦科目として提案を行い、次節で示す手法によって妥当性の評価を行った。

4.2 評価手法

実験で用いた用語は、前述の通り近畿大学理工学部電気電子工学科の論文中から選択しているため、その論文を作成した研究室の担当教員に「この研究を行うために必要な知識は、提示している科目に関係があるか？」というアンケートを 4 段階評価で行った。評価基準を表 2 に示す。また、1,2 の評価は「履修を求める」、3,4 の評価は「履修を求めない」と 2 値分類を行い、次節で評価分析を行う。

4.3 評価結果

本研究では、研究室に配属されている担当教員の先生方に協力していただいた。その結果を表 2 に示す。

また、2 値分類による推薦科目評価の再現率・適合率・F 値の計算を表 3 に示す。

表 2 推薦科目の評価基準

	評価基準
1	関係がある（履修を求める）
2	どちらかといえば関係がある（履修したほうが良い）
3	どちらかといえば関係がない（履修しなくてもよい）
4	関係がない（履修する必要がない）

4.4 評価分析

表 3 より、すべての組み合わせにおいて 0.514 ± 0.047 程度の精度であった。宮脇らの研究では、sentence2vec を使用した推薦科目提案で適合率 35.2%であったが、本研究で行った評価では適合率は最大 56.7%であり、提案手法の有効性が示されたと考える。しかし、竹森らの研究による評価では適合率 64%であり、それより高い精度には至らなかった。精度向上のためにはデータ量の増加が必須であると考えられる。表 4 に今回シラバス内の項目ごとの単語量を示す。機械学習の中でも Doc2Vec のような教師なし学習による特徴量抽出タスクで重要になるのがデータであり、その質・量によって生成されるベクトルも変化すると考えられる。今回はモデル自体に「偏り」を表現するために 1 つの学科データのみを学習データに使用したが、今後は全学部・全学科のデータを使用した汎用性の高いモデルによる推薦科目提案を行いたい。

表 3 推薦科目の評価結果

	上位 3 科目		下位 3 科目	
	1,2	3,4	1,2	3,4
授業概要	51	39	56	34
授業計画	42	48	35	55
授業概要・計画	42	48	32	58

表 4 2 値分類による評価結果

	再現率	適合率	F 値
授業概要	0.477	0.567	0.518
授業計画	0.545	0.467	0.503
授業概要・計画	0.568	0.467	0.512

表 5 各項目の単語数

	最大値	最小値	中央値
授業概要	1965	212	836
授業計画	4325	1171	2673
授業概要・計画	5966	374	2404

5. 今後の展望

今後の展望として、科目の順序を提案するシステムの構築を行っていく。本研究では教育支援を目的として行ってきたが、教育の重要な1つのポイントとして学習順序があるためである。そこで科目の順序性を学習できるようにすれば、さらなる教育支援が可能であると思われる。順序性の学習として Yongjing ら⁽⁸⁾は、文の意味表現を正確に学習するためにグラフリカレントネットワークを採用した、新規かつ柔軟なグラフベースの文整列モデルを提案した。また Golestani ら⁽⁹⁾は、文の依存関係をとらえるユニバーサルトランスフォーマーに基づく言語モデルを提案した。このような「文」の一貫性を学習する研究から派生し、「文章」を学習させる研究が可能であると考えられる。

6. まとめ

本稿では、教育支援を目的とした推薦科目の提案と、今後の展望として科目の順序性についての検討を述べた。推薦科目の提案では、再現率・適合率・F 値による精度が 0.5 程度となり他の推薦科目提案研究と比較してこの手法の有用性が考えられる。また、さらに精度を上げる方法としてデータの質・量の向上が挙げられる。科目の順序に関する検討では、文の一貫性をモデル化する手法から応用することが出来る可能性を述べた。科目の順序性を考慮した手法が有用であると示すことが出来れば、さらなる教育支援に繋がると考えられる。具体的には「学びたい知識を得るためにはこの科目 A を学んだ後に、科目 B を勉強すれば良い」と提示することが出来れば、ユーザーは気軽に相談や支援を受けることが可能になると考える。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 22K12304 の助成を受けた。

参考文献

- (1) 吉崎辰悟, 越智洋司: “シラバスデータを利用した科目間の関連性の分析”, 日本教育工学会研究報告集, Vol.18, No.5, pp9-14 (2018)
- (2) 竹森汰智, 亀井清華: “履修支援のための Doc2Vec を用いた科目推薦システム”, 情報処理学会誌, Vol.12, No.4, pp1-14 (2019)
- (3) 藤森高志, 平石邦彦, 三浦元喜, 國藤進: “研究室配属のためのシラバスシステムの提案と試作”, 情報処理学会誌, Vol.34, No.1, pp67-72 (2006)
- (4) 宮脇克典, 池田雄斗, 福本加奈恵, 水野創太, 白松俊: “科目区分ダイアグラム検索システムにおけるテキスト類似度に基づく科目推薦機構の試作”, 人工知能学会全国大会論文集, pp1-3 (2017)
- (5) Tomas Mikolov, Quoc V. Le: “Distributed Representations of Sentences and Documents”, IMCL, pp1188-1196 (2014)
- (6) MeCab, <http://taku910.github.io/mecab/>, (2022 年 6 月 11 日確認)
- (7) 鈴木正敏, 松田耕史, 関根聡, 岡崎直観, 乾健太郎: “Wikipedia 記事に対する拡張固有表現ラベルの多重付与”, 第 22 回言語処理学会, pp797-800 (2016)
- (8) Yongjing Yin, Linfeng Song, Jinsong Su, Jiali Zeng, Chulun Zhou, Jiebo Luo: “Graph-based Neural Sentence Ordering”, IJCAI (2019)
- (9) Melika Golestani, Seyedeh Zahra Razavi, Zeinab Borhanifard, Farnaz Tahmasebian, Hesham Faili: “Using BERT Encoding and Sentence-Level Language Model for Sentence Ordering”, The 24th International Conference of Text, Speech and Dialogue (2021)

OER のファインダビリティ向上のための システムの設計と実装

武田俊之^{*1}, 重田勝介^{*2}, 金子大輔^{*3}, 八木秀文^{*4}, 永嶋知紘^{*5}

^{*1} 関西学院大学, ^{*2} 北海道大学, ^{*3} 北星学園大学, ^{*4} 東北大学, ^{*5} カーネギーメロン大学

Design and implementation of a system to improve the findability of OER

Toshiyuki Takeda ^{*1}, Katsusuke Shigeta ^{*2}, Daisuke Kaneko ^{*3}, Hidefumi Yagi^{*4}, Tomohiro
Nagashima ^{*5}

^{*1} Kwansei Gakuin University, ^{*2} Hokkaido University, ^{*3} Hokusei Gakuen University,
^{*4} Tohoku University, ^{*5} Carnegie Mellon University

オンライン授業の普及と教材のデジタル化に伴って無料で二次利用可能なオープン教材（OER）が増加している。OER は授業や自習に有用であるが、ファインダビリティ（検索可能性）が低いなどの理由で再利用につながらないという課題がある。この報告では、まず OER のライフサイクル、ファインダビリティ、再利用、メタデータ標準について検討した上で、収集、前処理、メタデータ等のタグ付与、データベース化をおこなうシステムの設計と実装法について述べる。

キーワード: Open Educational Resources, OER, メタデータ, ファインダビリティ, 教材制作

1. はじめに

ユネスコ総会で採択された「オープン教育資源（OER）に関する勧告」[1]において、オープン教育資源（またはオープン教材、Open Educational Resources: OER）は以下のように定義されている。

1 オープン教育資源（OER）とは、パブリック・ドメインとなった、又はオープンライセンスの下で公開されている著作権のあるあらゆる形式及び媒体の学習、教育及び研究の資料であって、他の者による無料のアクセス、再使用、別の目的のための再利用、改訂及び再配布を認めるものをいう。

2 オープンライセンスとは、著作権者の知的所有権を尊重し、並びに公衆に教材を再使用し、別の目的のために再利用し、改訂し、及び再配布し、並びに教材にアクセスする権利を付与する許可を与え

るライセンスをいう。

さらに、OER は ICT を通じて「個々の学習者のニーズを満たし、及びジェンダー平等を効果的に促進することを助長し、並びに革新的な教育学的、教訓的、及び方法論的な取組を奨励し得る。」とされている。

MIT の OpenCourseWare（OCW）が活性化させた教材のオープン化は、OER を利用したオープン教育運動へと発展しており[2]、対象や社会的なインパクトを広げている。OCW だけではなく、MOOC（Massive Open Online Course）その他でのコンテンツ公開だけではなく、大学教員以外による YouTube 等での教材公開も増加している。さらに COVID-19 により授業のオンライン化を余儀なくされた中で、利用機会が増えた OER の価値が高まっているといつてよいであろう。

一方で OER の利用においては課題もある。その一

つがファインダビリティ（検索可能性）である[3, 4, 5]。OER は年々増え続けている。一方、OER はコースを担当する教員によって作成されたものが多く、コンテンツの内容、難易度、構成、構造、メディアなどがさまざまであり、自分の授業で OER を取り入れる場合の選択が困難である。海外では Merlot、ARIADNE、OER Commons などの OER（教材そのものやメタデータ）集積と検索を提供するサイトがあるが、現在の日本では集積サイトも検索サービスも存在しない。

この報告では、日本語の OER のファインダビリティを高めるようなシステムの設計と試作について述べる。設計にあたっては、OER のライフサイクル、ファインダビリティ、再利用、メタデータ標準について検討した上で、収集、前処理、メタデータ等のタグ付与、データベース化について検討をおこなう。なお、教材を指す用語として、e ラーニングの文脈では LO（Learning Object）、LOM（Learning Object Metadata）の用語が用いられてきたが、本稿ではより広義の教材を指す Educational Resource(s)を主に用いることにする。

2. システムの概要

OER のファインダビリティは OER 普及にあたって常に大きな課題となっている。図書の場合は分類、キーワードの付与のプロセスが既に確立していて、各図書ごとの利用数も大きい。OER 等の教材の場合は、教員等が自分自身のために制作した教材が多く、検索の手がかりとなるメタデータの付与も本人に依存しがちである。それゆえにメタデータ、キーワード等の質は安定しない。特に配布ライセンスや教材の品質が不明であることは利用の障壁である。OCW や Merlot のように大学や大学連携組織は一定の役割を果たしているが十分とはいえない。たとえば、Merlot の検索画面（図 1）は複雑で、教材の形式に精通している人向けに作られている。

図 1 Merlot の検索画面 ¹

さらに、日本には OER を集積、メタデータ付与、カタログ化する実用サイトがない。教材の整備としては、教育情報ナショナルセンター（NICER）[6]や、放送大学が開発した日本オープンコースウェアコンソーシアム（Japan OpenCourseWare Consortium: JOCW）の横断検索システム[7]があるが、いずれも運用を終了している。システムを構築するにしても運用コストが低くなければ持続可能ではないと思われる。

このように持続可能な OER のファインダビリティ向上策は容易ではない。一方でオンライン授業の定着により、質の高い OER のニーズも、作成される教材の量も増加が見込まれる。本研究では以下の背景から以下の手順でシステムの設計と実装をおこなう。

- (1) 教材制作（含 OER）のライフサイクルの検討とシステムのユースケース作成
- (2) OER 情報の収集とカタログ化
- (3) OER に標準に準拠したメタデータの付与
- (4) OER 間の関連視覚化に向けた検討

このシステムでは、教材そのものを蓄積するのではなく、メタデータを保存する。しかし、OER の利点を

¹<https://www.merlot.org/merlot/advSearchMaterials.htm>

活かして、教材をコピーしてキャッシュする。キャッシュされた教材がテキスト分析されて、新たなメタデータが生成される。

以上のシステムは可能なかぎり自動化をおこない運営者の負担がないようにする。一方で、利用者自身が OER の追加、改善やメタデータの改善に関与するオープンソース・ソフトウェア的な仕組みを追加で検討する。

3. OER のライフサイクル

一般に教材制作のフローは以下の通りである。ここで教材は教育で用いられる資料（コンテンツ、materials）のことであり、単一のファイルだけではなく、複数の階層構造を持つファイル群や、データベースに保存されている場合もある。

- (1) 教材制作の目的を定める。
- (2) 開始: 新規で教材を制作開始する、または、他の資料をコピーして教材の初期状態とする。この時点で教材として利用可能な場合もある。
- (3) 編集: 教育実践で利用可能（意味のある）状態になるまで教材を改変する。
- (4) 保存: 教材をファイルシステムやデータベース等に保存する。
- (5) 公開（publish）: 教材をアクセスできるようにする。
- (6) 教材を廃棄する。

一方、教材の利用は以下のように分類される。

- (1) 利用（Use）: 教材を利用して講義する；自習で教材を利用する、など。
- (2) 改変（Revise）: 既存の教材を修正する。
- (3) 複製（Copy）: 他の教材の一部または全部を複製する。
- (4) リミックス（Remix）: 複数の教材の一部を組み合わせで新しいコンテンツを作成する。
- (5) 配布（distribute）: 教材を配布する。

作成者以外が教材を利用する場合には、著作権の制

限がかかる。Wiley は OER 利用許諾のパターンを検討して、Reuse、Revise、Retain、Remix、Redistribute の 5R からなるフレームワークを提案している²[8, 3]。

オープンソース・ソフトウェアの開発において、複製（発生）、編集、保存、公開（配布）で GitHub などのバージョン管理システムが普及している。教材の制作と利用においてもバージョン管理システムは有用であり、特に OER の配布と利用において利便性が高いと思われる[9]。

4. OER のメタデータ

このシステムでは、主なメタデータとして、“OER Metadata Rosetta Stone”のコア項目を採用する。これは米国の SPARC が組織する“OER Discovery Working Group”が提案した OER のメタデータ項目案で、MARC21、DublinCore、Schema.org などのメタデータ標準の語彙を、OER へのアクセスに必要なニーズによって整理したものである。コア項目は、Required（必須）、Recommended（推奨）、Optional（任意）のカテゴリーで分類される。これらに加えて、NICER LOM（IEEE LOM）の項目を必要に応じて追加する。

5. OER 探索システムの設計と実装

OER 探索システムの機能、動作手順は以下の通りである。

(1) 初期データソースの設定

OER 収集においては、OCW や「数理・データサイエンス・AI 教育強化拠点コンソーシアム」のように組織的に OER を提供するサイトが重要なデータソースである。これらについては、定期的にクロールをおこない、OER そのものも取得して、メタデータを付与する。それぞれのデータソースについて、OER のライセンスやクロールの制限についてのデータを記述する。

(2) クロール

²元の教材と異なる意図、目的でリミックスを許諾する Reboot も必要かもしれない。

クローリングをおこない、Web コンテンツ（多くの場合 HTML）を取得する。

(3) コンテンツとメタデータの取得

取得した Web コンテンツをパース（スクレイピング）して、コンテンツおよびメタデータを取得する。

(4) メタデータの保存

取得したメタデータをメタデータ用データベースに保存する。ポータルやコースページなどのように複数のコンテンツが配置されている場合はそれぞれを新しくクローリングする対象として保存する。

(5) コンテンツの保存

OER を保存する。可能であれば OER のテキストを抽出する。

以上の機能を持つシステムを Python で記述した。データベースには PostgreSQL とテキスト（csv）を併用している。

クローリングは robots.txt などアクセス制限をおこなうサイトがあることから、自動と半自動（一部人が操作）によっておこないアクセス制限を回避している。また、JavaScript による動的レンダリングをおこなうサイトが多いため、レンダリングサーバー Splash をプロキシサーバーとして用いている。スクレイピングは Python で記述している。

検索には Elasticsearch を用いている。取得したメタデータを保存して検索対象としている。

6. まとめと今後の課題

教材制作の生産性を向上させるために OER の利用は有効である。本稿では OER のファインダビリティを向上させるためのシステムの設計と実装法について説明した。

開発したプロトタイプの評価については、利用者の満足度のような主観的指標ではなく、ある教材に関連する OER 検索結果の適合度のような客観的な指標の開発を検討している。現在はメタデータを検索することができるだけであるが、メタデータを RDF（Resource Description Framework）で記述して、Linked Open Data（LOD）化することによって検索の

精度も向上すると思われる。

OER のファインダビリティは、単にメタデータの付与やその検索システムによって向上するものではない。教材は、対象分野の知識マップやオントロジーと、教育実践の間につくられる。教材の制作プロセスにおいて、利用可能なオープンなコンテンツを見出すことがシステムに必要である。したがって、教材やコンテンツに表現される知識に基づいた OER 間の関連の表現が今後のファインダビリティ向上において重要な技術的課題であろう。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 20H01713 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) オープン教育資源（OER）に関する勧告（仮訳）2019 年 11 月 25 日 第 40 回ユネスコ総会採択
https://www.mext.go.jp/unesco/009/1411026_00001.htm
- (2) 竹村治雄: “OCW から OER へ：その転換は可能か? ”, 工学教育研究講演会講演論文集, 第 61 回年次大会（平成 25 年度）（2013）
- (3) 重田勝介: “アフターコロナにおけるオープンエデュケーションの展望”, 知能と情報, 33 巻, 4 号, p. 111-116（2021）
- (4) C. K. Pereira, S. W. M. Siqueira, B. P. Nunes and S. Dietze: "Linked Data in Education: A Survey and a Synthesis of Actual Research and Future Challenges," in IEEE Transactions on Learning Technologies, vol. 11, no. 3, pp. 400-412, 1 July-Sept (2018)
- (5) Herrera-Cubides, J. F., Gaona-García, P. A., Montenegro-Marín, C. E., & Sánchez-Alonso, S.: "Improving OER descriptions to enhance their availability, reuse, and enrichment", Education and Information Technologies, 27(2), 1811-1839. (2022)
- (6) 山田恒夫“放送大学オープンコースウェアの現状と課題”, 工学教育研究講演会講演論文集 25(61) 270-271
- (7) 清水康敬 "高等教育における e-Learning の支援と教育コンテンツの共有" メディア教育研究 1.1: 1-10

- (2004)
- (8) Wiley, D., & Hilton III, J.: “Defining OER-enabled pedagogy”, IRRODL - The International Review of Research in Open and Distributed Learning, 19(4). (2018)
- (9) 重田勝介 , 武田俊之 , 金子大輔 , 八木秀文 , 永嶋知紘: “OER の構造化とバージョン管理を行う Moodle プラグインの開発”, 研究報告教育学習支援情報システム (CLE) ,2021-CLE-35(11),1-5 (2021-11-27) , 2188-8620 (2021)
- (10) OER Discovery Working Group. OER Metadata Rosetta Stone
<https://docs.google.com/document/d/14tYwNEzr1EKMJAEDHVx2BXeyXFCCSCLGea1lCuySkZE/>

表 1 OER Metadata Rosetta Stone の項目と内容

Required

Label	Usage
Title	The title of the resource.
Author/ Creator	The individual credited with the creation of the resource.
Subject	Topic related to the content of the resource. Can include geographic or temporal dimensions. Should not duplicate the discipline of study captured in oer:discipline
Description	brief description of the content of the resource, not including a table of contents
Language	The primary language of the resource. Recommended practice is to use a non-literal value representing a language from a controlled vocabulary such as ISO 639-2 or ISO 639-3.
Date	The date on which the resource was created. Recommended practice is to use the ISO 8601-1.
Material type	The predominant type or kind characterizing the learning resource. For example, 'full course', 'lecture', or 'ancillary material'
Media Format	nature or genre of the resource; newspaper, textbook, video presentation, . not strictly related to the digital object, but the content of the object
Rights Holder	Agent, personal or corporate, that holds the rights to the resource
License Description	Additional information for non-standard rights description
License Title	The proper name of the license or rights statement
License URL	The URL where the owner specifies permissions for using the resource.

Recommended

Audience	A class of entity for whom the resource is intended or useful.
Contributor	any agent, personal or corporate, contributing to the creation of the resource, but not

	considered the primary creator(s)
Editor	Any agent having managerial responsibility related to the writing, compilation, and revision of content for a publication
Table of Contents	table of contents of a resource
File Type	Media type typically expressed using a MIME format (see IANA site and MDN reference)
File Size	A measure of how much data a computer file contains or, alternately, how much storage it consumes.
Duration	Time duration of audio/video resource
Identifier	unique identifier for the resource (Examples: ISBN, ISSN, Call Number, File name, Manuscript number, Institutional Repository #, doi)
Peer Review	Is the item peer reviewed? (boolean value) Using exact note “Refereed/Peer-Reviewed” may create display icon in some ILS’s
Course Title	Course name associated with the intended course
Course Identifier	Course code associated with the intended course or course mapping (e.g. CHEM 200)
Education Level	Defines a level or stage within an education system for which the resource being described is intended or useful. As an example, mimic the oercommons Education Level values: https://www.oercommons.org

Optional

Alternate Title	An alias for the item.
Edition Statement	Example/instance/realization/derivation of the concept of this work. eg. The paperback edition, first edition, or eBook.
Page Count	Number of pages that a resource has
Publisher	The organization credited with publishing the resource.
Provider	Source institution providing metadata and collection
Place	Geographic location of creation
Provenance	Purpose of creation, including grant sponsorship
Relationship	Resources with a relationship to the resource described (Examples: translations, revisions, other formats, etc.)
Is Ancillary	What is the resource an ancillary to?
Has Ancillaries	Does the item have ancillary resources? Are the resource not standalone (Example: test bank)

講義アーカイブにおける関心領域の自動推定手法の提案

Yang Yuhui^{*1}, 太田 光一^{*1}, 長谷川 忍^{*1}

^{*1} 北陸先端科学技術大学院大学

A Proposal for Automatic Region of Interest Detection of Lecture Archives

Yuhui Yang^{*1}, Koichi Ota^{*1}, Shinobu Hasegawa^{*1}

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

This research proposes an automatic region of interest (ROI) detection architecture with a deep neural network for predicting the learners' ROI from the lecture archives to generate content to fit smaller screens like smart devices. To achieve this goal, we applied an Encoder-Decoder architecture that combines U-Net and Resnet with lecturer's action features as input to build a deep neural network model for predicting ROI. Through the experiment, the agreement between the ROI labels and the predicted regions was evaluated by Dice loss using and improved from 0.9 in a single image as a baseline to 0.4 in Openpose and temporal features.

キーワード: 講義アーカイブ, 関心領域(ROI), アイトラッキング, Optical Flow, OpenPose, 深層学習

1. はじめに

タブレット端末やスマートフォンを利用して「いつでも、どこでも、誰とでも」学習できるスマートラーニングは、新型コロナウイルスの感染拡大による対面講義の制限下において、重要な役割を果たしている。対面講義を固定カメラ・マイクなどで収録する講義アーカイブは、制作における時間的コストの観点からスマートラーニングに対する有力なコンテンツの一つである。北陸先端科学技術大学院大学（以下、本学）においても2006年度から年間1,000コマ以上の対面講義を講義アーカイブとして収録し、学習者のための補完的な学習環境として提供している⁽¹⁾。こうした講義アーカイブには講義中の講師の行動が把握できるように、ホワイトボードやスクリーンを含む講義室前方が含まれている。一方で、スマートデバイスの画面サイズの制約により、学習者が講義中に興味のある領域(Region of Interest: ROI)を切り替えつつ注視しながら学習することは容易ではない。

本研究の目的は、講義アーカイブにおける講師の動作の特徴量から学習者のROIを推定することである。従来の研究では講師の位置をROIとして定義している

ものがほとんどである⁽²⁻⁵⁾。しかしながら、Zhangらによると、講義アーカイブを視聴中の学習者の注意は、講師の位置に限定されず、ホワイトボードやスライドなど、様々な領域を切り替えて視聴している⁽⁶⁾。

本稿では、まず学習者のROIを、講義アーカイブの学習過程におけるアイトラッキングデータに基づいて作成した小規模なデータセットについて紹介する。1秒間に分割されたセグメントに対して得られたアイトラッキングデータに対して、K-meansによるクラスタリングとスムージングを行った結果、16,039個のROIラベルを収集した。次に、セグメント中の講師の動作を複数のアプローチで特徴マップとして抽出し、U-NetとResnetを組み合わせたEncode-Decoderアーキテクチャを適用することで、ROIラベルを予測する深層学習モデルを構築した。

予備的な評価実験を通して、ROIラベルと予測領域の一致度を、各特徴マップを用いてDice lossで評価したところ、Openposeと時間特徴を利用することで一定の改善が見られた。現時点での精度はまだ十分であるとは言えないが、講義アーカイブ中の講師の動作から学習者のROIを適切に予測できれば、ROI部分のみを切り出してスマートデバイスの画面に表示することが

可能となり、スマートな学習環境の利用に貢献することが期待される。

2. 関連研究

2.1 講義アーカイブにおけるアテンションマップ

Zhang らは、アイトラッキングとデータ可視化技術を応用し、アテンションマップと呼ばれる、学習者の視覚的な注意の分布を可視化したものを提案した⁽⁶⁾。学習者のアテンションマップと講師の行動の関係を分析した結果、講師のジェスチャーや視線などの行動が、学習者の視線を効果的に誘導できることを示した。また、学習者の視線座標は、講師、ホワイトボードの書き込み、プレゼンテーションのスライドに集中していた。しかしながらこの研究では、講義アーカイブから ROI を予測するモデルは含まれていない。

2.2 講義アーカイブにおけるアクティブカメラ制御

Zobel らは、Active Camera Control を利用して移動体を追跡しながら録画する手法を提案した⁽⁷⁾。また、Mukhopadhyay らは、講義内容の記録時に IR ビーコンを用いて講師を追跡している⁽⁸⁾。ただし、これらの自動制御カメラは、講師がカメラのアンクルから外れた場合に追跡が困難となる課題がある。また、講師以外の ROI は想定されていない。さらに、このような特殊なカメラを各講義室に設置するのはコストがかかることに加えて、すでに録画されている講義アーカイブには適用することができない。

2.3 講義アーカイブにおける仮想カメラ制御

Sun らは、講義室内の複数の固定カメラ映像を合成した高解像度パノラマ映像から、講師を ROI として自動抽出し、人間の操作を模した仮想カメラ制御を行うシステムを開発した⁽²⁾。Dickson らは、講師のみがアーカイブ内を移動していると仮定し、高解像度映像から講師領域を切り出したコンテンツを自動生成した⁽³⁾。Yokoi らは、高解像度の講義映像から ROI を追跡し、疑似カメラパン期間を検出し、仮想カメラワークを算出した⁽⁴⁾。Mavlinkar らは、対話型オンライン講義視聴システム ClassX を開発した⁽⁵⁾。ClassX では、人間のカメラオペレータを模倣したトラッキングモードと、ホワイトボードなどの特定の領域を予め指定するプリセ

ットモードの 2 種類の ROI 設定が可能である。

このように、講師の位置を ROI として推定する手法が様々な研究で提案されている。高解像度の講義アーカイブから ROI を切り出すことで、ユーザとデバイスのインタラクションを最小限に抑えることができ、小さな画面に対応し、低帯域幅に適したコンテンツを生成することが可能である。しかしながら、2.1 節で述べた通り、講義アーカイブにおいて学習者の注意を引く ROI は講師領域に限られるわけではない。そこで本研究では、学習者の視線情報に基づいてより実践的な ROI を定義し、講義アーカイブの特徴量からその ROI を推定する方法を提案することを目指す。

3. データ収集

3.1 対象講義

本研究では、本学の学習管理システムである JAIST-LMS 上で配信された 2019 年度講義である遠隔教育システム工学の講義アーカイブを対象とした。講義アーカイブは、講義室における対面講義を固定された天井カメラ・マイクにより講義室前方を収録したものであり、講師の話やスライド、ホワイトボードを利用した知識伝達を中心とした 1 回約 100 分のものであった。なお、音声データには教室内の雑音が含まれており、学習者による視聴には問題ないものの、音声認識には適さないものであった。録画ファイルは MP4 形式で保存されており、解像度は 1920x1080、フレームレートは 30fps であった。また、スライドコンテンツは、図 1 に示すように、アーカイブの左下隅に統合されていた。学習者は PC やスマートデバイスから学内ネットワークを通じてアクセスすることができる。



図 1 オリジナルの講義アーカイブ

3.2 アイトラッキングデータの収集

学習者の ROI を定義するために、サンプリングレート 30Hz、精度 0.5-1°、動作距離 45-75cm で画面上の注視点情報を収集できるアイトラッカーである The Eye Tribe をモニタ下部に設置して利用した。注視点座標は、モニタ座標系で与えられる(x,y)の組で表現される。参加者がモニタ外に焦点を合わせた場合、注視点座標は左下隅(0,0)に設定される。データ収集時の疲労を考慮して、1 回の講義アーカイブを 90 秒単位で 48 個に分割して利用した。

4 名の大学院生が、それぞれ異なる 12 個の動画を視聴し、注視点が検出されない等の異常値を除去した結果、128,461 点の注視点座標データを収集した。

3.3 ROI ラベリング

1 秒間 30 フレームを 1 セグメントとした時に得られた注視点座標群を、K-means を用いて 3 つのカテゴリにクラスタリングした。これは、生データを ROI、ノイズ、画面外に分類するためである。図 2 に示すように、最も多くの注視点座標を含むクラスに矩形を設定した。これは、セグメント内で参加者の注視時間が最も長いクラスタと言える。これにより、生データからジッタやノイズを除去した。また、同じサイズを保つために、矩形の重心に対して 500×300 ピクセルの領域を ROI ラベルとしてデータベースに保存した。このようにして、最終的に 16,039 個の ROI ラベルをアノテーションした。

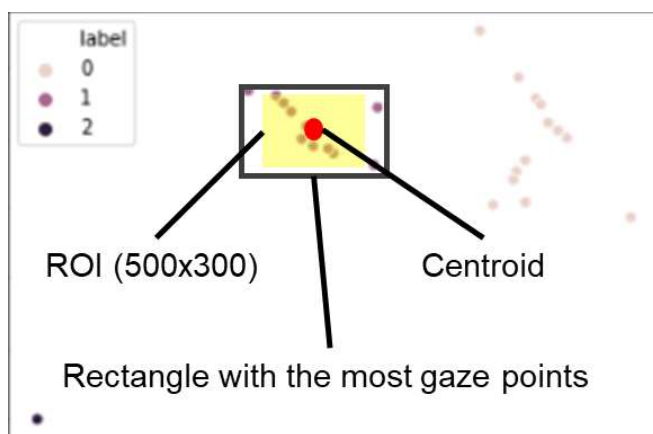


図 2 ROI ラベリング

図 3 にラベル付き ROI の例を示す。上の元画像は、講師が話し始めたタイミングであり、ROI ラベルは講

師の周辺となっている。一方、下の画像では、スクリーン上でスライドの説明をしているが、左下のスライド領域が ROI となった。このように、講師の周辺以外の領域にも ROI が設定された。

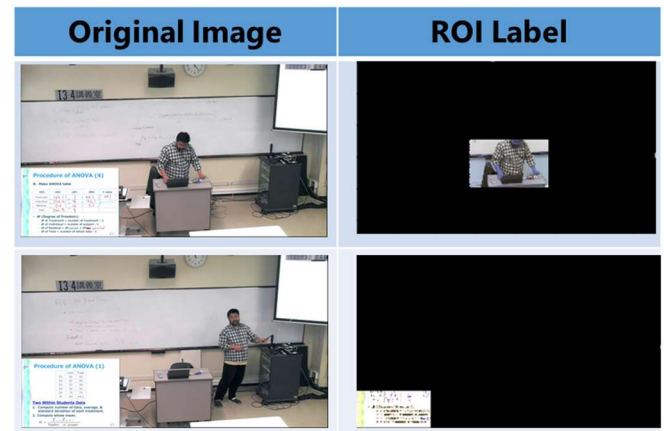


図 3 ROI ラベリングの例

4. 提案手法

4.1 特徴マップ

講義アーカイブの元の映像には冗長な情報が多く含まれている。学習者の ROI を推定するためには背景情報よりも講師の活動が重要であるという仮説のもと、以下の方法で 1 秒間のセグメント動画の特徴を表現する画像である特徴マップを生成した。

4.1.1 フレーム差分特徴

映像中の冗長な特徴を減らし、時間的に変化する特徴を反映させるために、図 4 に示すようにセグメント動画の最初と最後のフレームの差分を利用する。これにより、映像から背景情報を除去することができる。同様に、左下のスライド領域の変化も抽出する。



図 4 フレーム差分特徴

4.1.2 Optical Flow 特徴

Optical Flow とは、視聴者とシーンとの相対的な動きによって生じる、各セグメント内の物体、表面、エッジの見かけ上の動きのパターンである⁽¹⁰⁾。画像の明るさが一定で動きが小さいとき、近傍の空間的・時間的な勾配を用いて Optical Flow ベクトルを計算する。講義中はほとんど講師しか動いていないため、OpenCV の `cv2.calcOpticalFlowPyrLK`⁽¹¹⁾ を 1 秒間の動画に適用することで Optical Flow の特徴を抽出し、図 5 の緑チャンネルとして保存した。

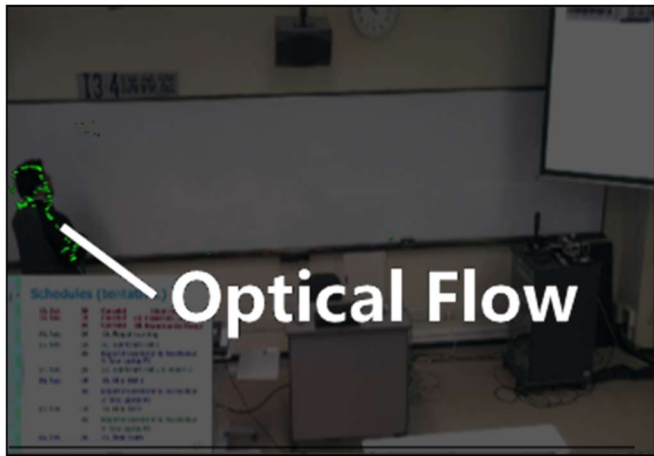


図 5 Optical Flow 特徴

4.1.3 OpenPose 特徴

前節で述べた Optical Flow 特徴は、映像の特徴点に依存する。そのため、講師の着衣の違いやスライドの変更などにより、結果が不安定になる場合がある。そこで、OpenPose 特徴では、画像中の人間の 2 次元姿勢をリアルタイムに検出する OpenPose⁽¹²⁾を採用した。Openpose はまず、各フレームにおいて講師の身体の特徴点と関節からなるポーズグラフを生成する。セグメント動画に対して生成したポーズグラフから Optical Flow を生成し、図 6 のように追加した。これにより、講師の着衣や動作にロバストな特徴マップが構成される。

4.1.4 時間的特徴

上記の特徴量では時間情報が失われているため、講師の活動方向を特定することができない。そこで、時間情報を保持するために、図 7 で示すように、青チャンネルでの Optical flow と OpenPose のフレームごとの変化を格納した。色域は 0-255 で、1 秒間のセグメント

動画は 30fps であるため、フレームインデックス i の RGB カラーは $(8*(i-1), x, y)$ とした。これにより青色の変化で時間的な前後を視覚化することができる。

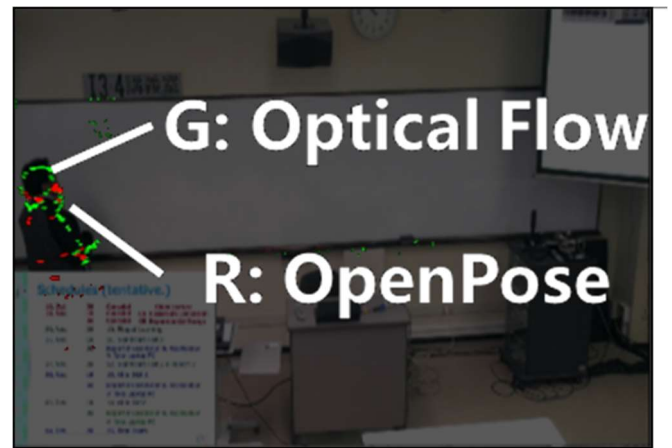


図 6 OpenPose 特徴

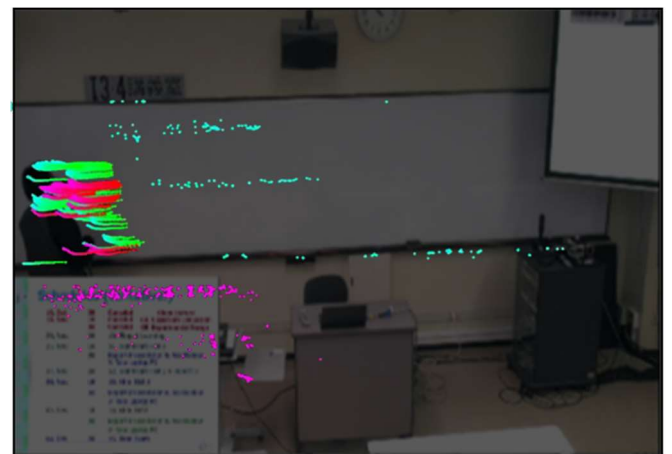


図 7 時間的特徴

4.2 予測モデル

4.1 節で生成した特徴マップから ROI を予測するために、図 8 に示すように、U-Net の Encoder-Decoder モデルを用いた深層学習アプローチ⁽¹³⁾を採用した。

U-Net は FCN (fully convolution network) の一つで、画像の意味的なセグメンテーション (オブジェクトの位置) を推定するためによく利用されるネットワークである。U-net は一般的な画像分類タスクとは異なり、特定の特徴を持つ領域を出力することができるため、今回の ROI 推定タスクに適していると考えられる。

U-Net のエンコーダは、入力画像を複数回畳み込み、画像の特徴を抽出する。エンコーダとしては、He らが提案した ResNet-34 エンコーダを採用した⁽¹⁴⁾。ResNet

は深い多層を用いて入力と出力の間の残差表現を学習する。これにより、層数を増やしながら精度を向上させることが期待される。

U-Net のデコーダは、エンコーダで抽出された特徴を、デコンボリューションと呼ばれる逆畳み込みを行い、入力画像と同じ大きさの確率マップを出力する。最初は広く、次にそのユニットやコネクションが中央に向かって絞られ、そしてまた広がっていくアーキテクチャにより、学習済みモデルの汎化性能の向上が期待される。

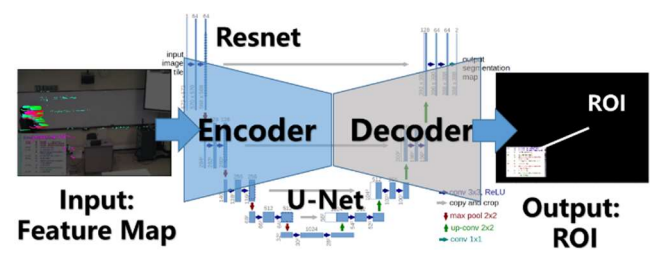


図 8 U-Net アーキテクチャ

5. 予備実験

5.1 実験設定

本予備実験では、提案する ROI 推定アルゴリズムの品質を、以下の異なる特徴マップに対して検証することを目的とする。

- 1 枚目の画像のみ（ベースライン）
- フレーム差分特徴
- Optical Flow 特徴
- Optical Flow + OpenPose 特徴
- 時間的特徴

本実験では、これらの特徴マップを以下の設定で学習させ、その品質を図 9 に示す Dice loss により比較した。Dice loss は画像分割のための損失関数であり、ラベルと予測領域がどれだけ重なっているかを表す。

- フレームワーク: pytorch
- 前処理：リサイズ, 正規化
- モデル：Unet+ResNet-34
- データ数：16,039
- トレーニング／テスト：0.8/0.2（ランダム）
- Learning Rate：0.001
- Epoch 数：30
- Activation：sigmoid

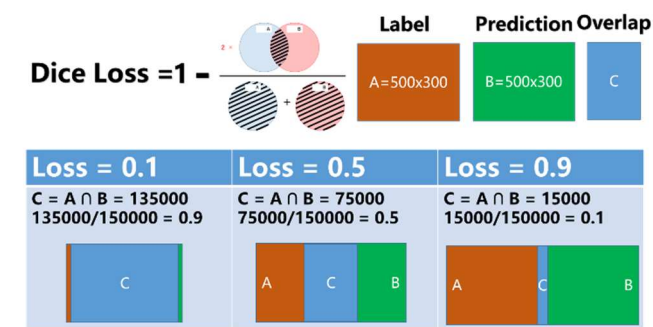


図 9 Dice Loss

5.2 結果

表 1 に各特徴マップにおけるテストデータの平均 Dice loss 結果を示す。

表 1 特徴マップ毎のテストデータの平均 Dice loss

特徴マップ	平均 Dice Loss
1. ベースライン	0.92
2. フレーム差分特徴	0.82
3. Optical Flow 特徴	0.43
4. Optical Flow+OpenPose 特徴	0.41
5. 時間的特徴	0.41

1 枚目画像によるベースライン実験では、平均 Dice loss が 0.92 となり、学習に失敗した。ROI 推定に必要な講師の動作の特徴を静止画から抽出することは難しいと言える。

フレーム差分特徴では、平均 Dice loss が 0.82 とベースラインよりは改善したが、2 フレーム間のわずかな輝度差により、スライドが変化していないにも関わらず不安定な差分が発生する問題があった。

Optical Flow 特徴では、平均 Dice loss が 0.43 となり、ある程度推定に利用できる可能性が示された。ただしこの特徴は、コーナーポイントから生成される特徴マップから ROI が予測できることを想定しているが、コーナーポイントの検出は学習サンプルに依存する。例えば、同じ動作であっても異なる服装で行った場合、異なる結果となる可能性がある。また、講師が背景やホワイトボードと同系色の服を着ているとコーナーポイントが正しく検出できなかったり、スライド内の文章や図が不要に検出されたりする問題もあった。

Optical Flow に OpenPose を追加した特徴の平均 Dice Loss は 0.41 であり、若干改善された。これは、講師のコーナーポイント検出に比べ、ポーズグラフが比較的安定していたことが一因と考えられる。

また、時間的特徴による平均 Dice Loss は 0.41 であった。学習損失は他の条件よりも良好であったが、テスト損失は過学習する傾向にあり、実験条件の再考やデータオーギュメンテーションの必要性が示唆された。

5.3 考察

図 10 に、4. Optical Flow + OpenPose 特徴におけるラベルと予測結果の例を示す。全体として、予測結果は講師やスライドの周りに集中しており、特に講師が特定の位置に指示するようなケースは改善の余地がある。例えば、最も損失が大きいケースでは、講師は右上のスクリーン領域を指しているが、学習者は左下の組み込み PC の画面に焦点を合わせている。このような講師の特別なポーズは、適切に推定できる必要がある。また、ホワイトボードや講師、PC 画面以外の領域はほとんどの場合は注視点の対象とならないため、これらを自動的に対象外とする処理を追加することも効果的であると考えられる。

ベースライン法を他の手法と比較すると、学習者の

ROI は静的な背景情報よりも講師の活動に対して敏感であることがわかる。さらに、Optical Flow による講師の動きの追跡は、ROI と強く関連していると考えられる。しかしながら、時間的特徴を追加しても結果の改善にはほとんどつながらなかった。これは、データ数の観点からセグメント動画を 1 秒間とした結果、時間的特徴が十分に活かされない設定になったことが一因であると考えられる。今後はより大規模かつ一定時間のデータセットを準備し、対応する手法を適用する必要がある。

また、提案手法では、OpenPose で得られたポーズグラフの Optical Flow 特徴を全て R チャンネルで入力した。その結果、4 の特徴マップから講師の体の部位の情報が失われた。OpenPose は体の部位ごとに色が異なるポーズグラフを出力できるため、前述のように講師が特定の部位を指していることを認識するために、姿勢と体の部位の情報を保持した特徴マップを構築することも考えられる。

なお、今回のデータセットでは、予備的な実験として 1 回の講義の学習者の注視点座標データから ROI ラベルを生成した。そのため、講義スタイル、講師、講義室のレイアウト、学習者が異なると結果が異なる可能性がある。また、ROI ラベルの固定サイズが比較的

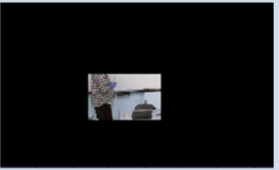
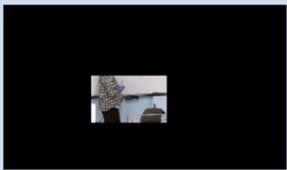
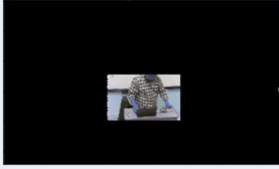
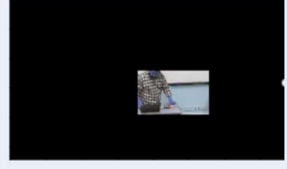
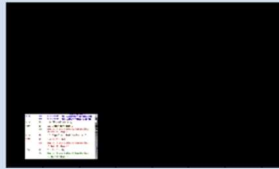
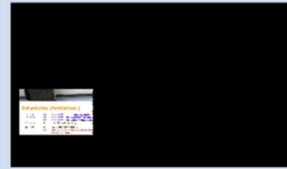
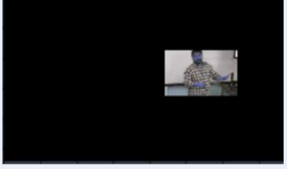
Loss	Original Image	ROI Label	Prediction
0.92			
0.61			
0.40			
0.00			

図 10 実験結果

小さかったため、スライド領域をカバーするように ROI ラベルのサイズを拡張することが現実的であると考えられる。

6. おわりに

スマートデバイスのような狭小画面に適した学習用コンテンツを低コストで生成するために、講義アーカイブから ROI を自動予測するための深層学習アーキテクチャを提案した。この目的を達成するために、本学の高精細・固定カメラアングルで収録された講義アーカイブを対象に、学習者のアイトラッキングデータを収集・クラスタリングすることで、1 秒間のセグメント動画単位で 16,039 個の ROI ラベルのデータセットを収集した。次に、フレーム差分、Optical flow、OpenPose、時間的特徴といった複数の特徴マップを設計し、セグメント動画から講師の動作を抽出した。そして、U-Net と ResNet を用いて、特徴マップから ROI を推定するエンコーダデコーダモデルを提案した。予備的な実験を通して、テストデータにおいて、Optical flow+OpenPose と時間特徴量の特徴マップに対する平均 Dice Loss は 0.41 であった。損失の観点からは精度に改善の余地が見られるが、ROI 予測によるスマートデバイス向けコンテンツの自動生成に対して一定のポテンシャルがあることがわかった。

今後の課題としては、特徴量の拡張が考えられる。現在は講師の動作が中心であったが、ホワイトボードやスライドの変化率、スライド上のマウスの動き、講師の指示ポーズなど、さらなる特徴量の抽出が考えられる。また、今回は特徴量マップとして一定期間の変化量を表す静止画を利用したが、今後は、Recurrent Neural Networks のような時系列データを扱える手法も検討すべきである。さらに、今回提案したモデルで予測した ROI は 1 秒間のセグメント動画に対する予測であるため、そのまま適用すると結果が不安定になる。動画のクリッピングをスムーズに遷移させることは、今後の重要な課題である。また、より汎用的な予測モデルを構築するためには、異なる講義テーマや講師などに関する視線データをより多く収集することが必要不可欠である。

参 考 文 献

- (1) S. Hasegawa et al., Case studies for self-directed learning environment using lecture archives, Proc. of The Sixth IASTED International Conference on Web-based Education, pp. 299-304, (2007)
- (2) X. Sun, et al., Region of interest extraction and virtual camera control based on panoramic video capturing, IEEE Transactions on Multimedia, 7(5), pp.981-990, (2005)
- (3) P. E. Dickson, et al., Automatic creation of indexed presentations from classroom lectures, Proceedings of the 13th annual conference on Innovation and technology in computer science education, pp.12-16, (2008)
- (4) T. Yokoi and H. Fujiyoshi, Virtual camerawork for generating lecture video from high resolution images, IEEE International Conference on Multimedia and Expo, (2005).
- (5) A. Mavlankar, et al., An interactive region-of-interest video streaming system for online lecture viewing, 18th International Packet Video Workshop, pp. 64-71, (2010)
- (6) J. Zhang, et al., The effects of video instructor's body language on students' distribution of visual attention: an eye-tracking study, Proceedings of the 32nd International BCS Human Computer Interaction Conference 32, pp.1-5, (2018)
- (7) M. Zobel, et al., Entropy based camera control for visual object tracking, Proceedings of International Conference on Image Processing, 3, pp.901-904, (2002)
- (8) S. Mukhopadhyay and B. Smith, Passive capture and structuring of lectures, Proceedings of the seventh ACM international conference on Multimedia (Part 1), pp.477-487, (1999)
- (9) The Eye Tribe, (2022/3/25 確認)
<https://theeyetribe.com/theeyetribe.com/about/index.html>,
- (10) B.D. Lucas and T. Kanade, An iterative image registration technique with an application to stereo vision, Proceedings of the 7th international joint conference on Artificial intelligence, 2, pp.674-679, (1981)
- (11) OpenCV, calcOpticalFlowPyrLK(), (2022/3/25 確認).
<https://docs.opencv.org/3.3.1/>
- (12) Z. Cao, et al., OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation Using Part Affinity Fields, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 43, pp.172-186, (2021)
- (13) O. Ronneberger, et al., U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation, International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention, pp.234-241, (2015)
- (14) K. He, et al., Deep residual learning for image recognition, Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, pp.770-778, (2016)

ハイフレックス型授業における大学生の学習行動と 授業形態に応じた権限一覧表の作成

石川貴彦^{*1} 今野聖士^{*1}

^{*1} 名寄市立大学保健福祉学部

A Survey of Learning Behavior of University Students in High-Flexible Course and Creating an Authority List according to the Course Type

Takahiko Ishikawa^{*1} Masashi Konno^{*1}

^{*1} Faculty of Health and Welfare Science, Nayoro City University

オンライン授業の効果的な手段としてハイフレックス型授業が注目されているが、それは受講形態や学習時間の選択など受講者側に自由度を与える手段にもなり、受講者の学習行動の実態を把握する必要がある。そこで本研究では、ハイフレックス型授業を提供した場合の大学生の学習行動を明らかにすることを目的としたアンケート調査を実施した。さらに、これを契機として授業形態に応じた権限一覧表を作成し、授業形態を決める際の参考材料を教師向けに提示していくことを試みた。

キーワード：ハイフレックス型授業、学習行動、授業形態、自律性、権限

1. はじめに

ハイフレックス型授業とは、対面、遠隔リアルタイム、オンデマンドの3形態が1回の授業で提供され、受講者がその中から自由に選択できる授業形態を指す。この形態は、新型コロナウイルス感染症の状況悪化に左右されずに授業のペースを維持できることや、臨地実習や就職試験といった、やむを得ない欠席に対する学生への配慮など、教育を受ける機会を保证するための一手段としての利点がある。その一方で、BEATTY⁽¹⁾は、ハイフレックス型授業における学習者の労力として、対面かオンラインのどちらの方法で参加するかといった意思決定や、オンラインで参加する場合の時間管理といった学習に関する自己管理が求められると述べており、ハイフレックス型授業が受講者にとって効果的なものになるかどうかは、受講者の自律した学習行動にかかってくる。

そこで本研究では、ハイフレックス型授業を提供した場合における大学生の学習行動を明らかにすることを目的として、大学1年生を対象とした学習行動に関するアンケート調査を実施し、結果をもとに検討した。

さらに、この検討を契機として各授業形態（対面、遠隔リアルタイム（Zoomやライブ視聴など）、タイムシフト（追っかけ再生）、オンデマンド）を、権限の違いの観点から一覧表にまとめ、教員が授業形態を選択する際の参考材料として提示することを試みた。

2. ハイフレックス型授業

2.1 講義の概要

ハイフレックス型授業は、一般教養科目「経済学」（2021年度前期15コマ）において実践した。受講者は大学1年生165名であり、授業の初回で①対面、②遠隔リアルタイム、③タイムシフト、④オンデマンドの4つから、毎回自身で好きな形態を選択して受講するように指示した。②③についてはYouTube LIVEで配信し、授業中の質問はチャットの投稿によって対応した。④については、ライブ配信した動画をほぼそのままMoodleにアップロードした。各回の授業は資料を前週に配布し、重要語句等を穴埋め式にして受講者の不視聴や部分視聴の防止を対策した。また、毎回の課題を与え定期的に提出を求めることで授業内容の理

解を確認した。

2.2 アンケート調査の実施

ハイフレックス型授業を提供した際の上記①～④の選択動向や学習スタイルなど、大学生の学習行動について、経済学の受講者を対象にアンケート調査を行った。なお、このアンケートは名寄市立大学倫理委員会の承認（承認番号：R3-008）を受け、受講者全員からはアンケートに協力することへの同意を得た。最初に予備調査として、7回目の授業で①～④の選択理由を受講者に自由記述してもらった。その自由記述から樋口^②の KHCoder を用いて計量テキスト分析を行い、抽出された頻出語上位 25 語をクラスター分析にかけて、そこから5つのクラスターを得た。各クラスターは、感染リスク回避、授業前後の時間帯、動画の操作性、授業の受けやすさ、自身の都合とカテゴリを名付け、これらを参考にして授業の最終回に行うアンケートを作成した。アンケートは、上記のカテゴリを参考に作成した学習スタイルに関する質問 14 項目、そして理解度や集中力など学習効果の質問 8 項目で構成し、Moodle の Web アンケート上で受講者に回答させた。アンケート結果の集計・分析には Microsoft Excel 2019 および統計解析ソフト BellCurve エクセル統計 Ver 3.23 を使用した。

3. アンケート結果

3.1 授業形態の選択動向

受講者が好む授業形態と、ハイフレックス型授業を行った際に選んだ主な授業形態を、受講者の人数でクロス集計した結果を表 1 に示した。リアルタイムやオンデマンドを好む者は、その形態を選んだ傾向にあるが、注目すべきなのは、対面を好む者や特にこだわりのない者がオンデマンドを選択した傾向にある。次に、予備調査をもとに筆者が立てた授業形態を選ぶ際に重視した項目について、受講者がどの程度重視したかを回答させた（図 1）。その結果、「授業の受けやすさ」を重視したと答えた割合が多く、次いで「時間割・昼食休憩」「準備時間」が多かった。授業の受けやすさを重視してリアルタイムやオンデマンドを選択した理由には、「巻き戻しや一時停止ができる」「自分の意見や

表 1 好きな授業形態と実際の授業形態のクロス集計

好きな 授業形態	選んだ授業形態			
	対面	リアルタイム	タイムシフト	オンデマンド
対面	2	6	1	16
リアルタイム	0	8	2	4
オンデマンド	0	7	12	43
テキスト	0	0	0	4
特になし	1	13	4	27

数値は人数を表す

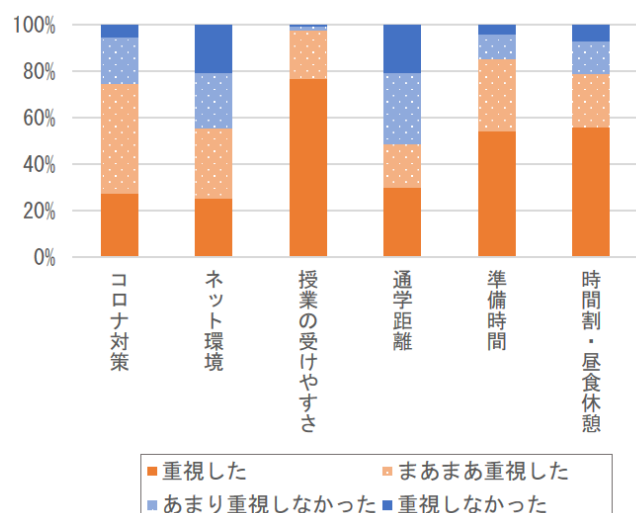


図 1 授業形態を選ぶ際の重視の程度

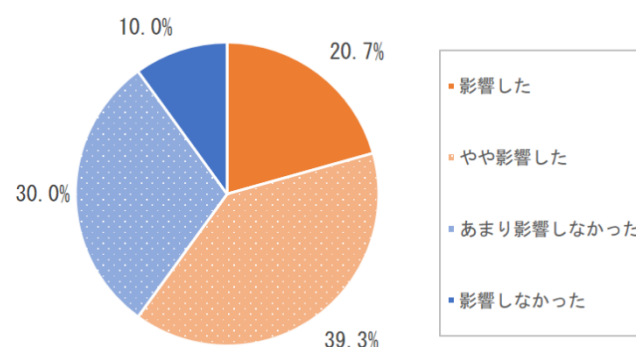


図 2 緊急事態宣言が授業形態の選択に影響したか

感想をすぐに述べる事ができる」「一人で学習したい」などが挙げられた。つまり、受講者は授業形態の好みを多少妥協したとしても、授業の受けやすさや自身の都合を優先するか、もしくはコロナ感染対策に配慮して、対面以外を選択した結果が表 1 に現れたと考えられる。

このことを後押しするデータとして、2021 年 5 月 16 日～6 月 20 日までの北海道を対象区域とした緊急事態宣言が、授業形態の選択に影響を受けたかどうか

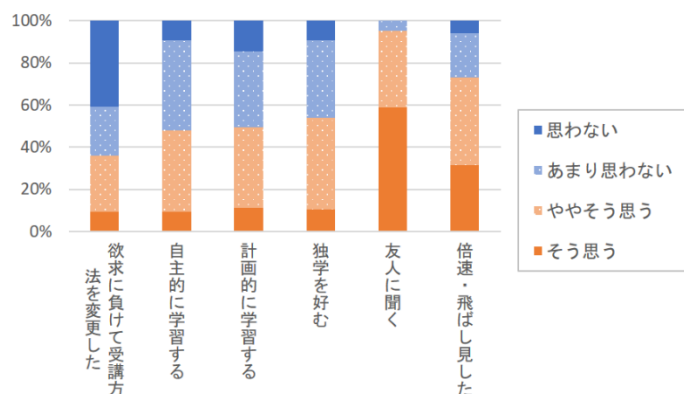


図3 受講者自身が実感する学習スタイル

を受講者に回答させた（図2）。この結果、あまり影響しなかったと答えた者も合わせて、4割は緊急事態宣言が授業形態の選択に影響はなかったと答えた。これは緊急事態宣言以前から既にオンデマンドを選択した受講者がいたこともあるが、対面以外の授業形態、特にオンデマンドがコロナ感染対策の手段であると同時に、受講者の様々な都合に対応する手段にもなり、このグラフからも感染対策と授業の受けやすさが拮抗した結果を示している。

3.2 学習スタイル

受講者が実感している自身の学習スタイルについて筆者が6項目を提示し、それぞれの程度を受講者に回答させた。その結果を図3に示す。「友人に聞く」の項目は、そう思う、ややそう思うに多くの回答があり、オンライン授業が増えたために友人を作れず、友人に聞く機会がないという状況は否定できる。そして、「自主的に学習する」「計画的に学習する」「独学を好む」の3項目は、そう思う寄りと思わない寄りとで、いずれも二分した結果となった。このように上記3項目をそう思う寄りで回答した者を、自律した学習行動が取れる者とみなしたとき、そうでない者も少なからず混在して同じハイフレックス型授業を受けたと読み取れる。こうした非自律的な行動は、「倍速・飛ばし見した」でそう思う寄りの回答が多かったり、「欲求に負けて受講方法を変更した」で3分の1程度のそう思う寄りの回答があったりしたことに該当する。

3.3 学習効果

ハイフレックス型授業の学習効果について筆者が6

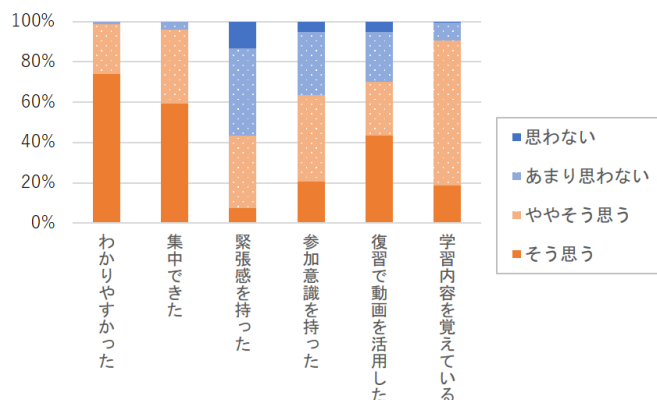


図4 ハイフレックス型授業の学習効果

項目を提示し、それぞれの程度を受講者に回答させた結果が図4である。ただし、ハイフレックス型授業の学習効果と言っても、表1の通り、受講者は対面以外のオンライン授業に多く分布したため、実質的にはオンライン授業の学習効果と同等である。「わかりやすかった」「集中できた」「学習内容を覚えている」の3項目では、そう思う寄りの回答が多く、受講者の満足を得ることができた。ただし、「学習内容を覚えている」はややそう思うに多く回答され、理解度をやや高めたと留めるのが妥当である。

上記3項目に比べ、「緊張感を持った」「参加意識を持った」「復習で動画を活用した」は、思わない寄りの回答が増え、特に緊張感では、受講者は先生に当てられたり、周りに人がいたりするのが嫌といった対面の雰囲気と比較し、オンデマンドにはそのリスクがないことを理由とした。すなわち、受講者の一部は、緊張感は授業の受けやすさを阻害するリスクであると認識し、それを回避するために対面を選ばなかったと推察される。石田^③は、WEBを用いた対話型授業の実践において、WEB上での発表は対面で発表するよりも緊張しないと感じる学生が多く、特に対話を得意としない学生に緊張感が緩和されたと報告した。こうしたことから、緊張感はオンラインのほうが対面より少ないと判断され、受講者がどちらを選択してもよいという状況ならば、人目を気にする対面は敬遠されやすい。

4. 考察

4.1 ハイフレックス型授業の利点

文部科学省が2021年3月に実施した「新型コロナ

ウイルス感染症の影響による学生等の学生生活に関する調査（結果）」⁽⁴⁾では、オンライン授業の良かった点に、自分の選んだ場所で授業を受けられた（79.3%）、自分のペースで学修できた（66.1%）ことを挙げた。しかしながら、対面授業よりも理解しやすかったと回答した割合は14.7%に留まった。これは同調査のオンライン授業の悪かった点でも、対面授業よりも理解しにくい（42.7%）ことを示していた。これを一般的なオンライン授業（この調査ではリアルタイムやオンデマンド等の区別は不明で、一括りにオンライン授業としている）とみなし、本研究において実施したハイフレックス型授業と照らすと、授業の受けやすさは両者ともに効果があり、わかりやすさについては図4から導くとハイフレックス型が優位と判断する。本ハイフレックス型は、図1では対面以外の授業形態に偏ってはいるものの、どれを選んだとしても元のコンテンツは対面なので、それぞれの受講者が好む遠隔ツールを用いて対面授業を受講しただけのことである。つまりハイフレックス型は、授業の受けやすさはオンラインの利点として評価され、授業のわかりやすさは対面の利点として評価されたことになり、それぞれの面からの長所を受講者に受け入れられた。

4.2 授業の受けやすさ

受講者の中には、前の時間が対面授業であるにもかかわらず、次の時間の経済学には対面で参加せず、学内でリアルタイムもしくはタイムシフトで参加した受講者が見受けられた。この理由について、受講者は友人と会話しながら視聴できることを述べており、それは「少人数リアルタイム」という新たなグループ受講の形態を受講者なりに発見したと思われる。前節の文科省調査では「友人などと一緒に授業を受けられず、寂しい」と回答した者が53.0%おり、この少人数リアルタイムは、一人でオンライン授業を受ける寂しさを克服する。他にも、一人では対面に行きにくい、一人で受けたいといった個別願望もあり、そうした受講者は「単独リアルタイム」という、対面が形成する集団から自発的に離れるための受講方法を見出して、その時間の授業に別の場所から参加したと考えられる。このように、ハイフレックス型授業の受けやすさは、対面かオンラインかを選ぶだけでなく、友人のみで授業

を受ける「少人数リアルタイム」や、集団から自ら離れて授業を受ける「単独リアルタイム」も選択肢に含まれ、教師や知らない受講者が同じ教室にすることで生じる緊張を防ぐ手段となる。

4.3 学習内容の定着

図4で示した、授業のわかりやすさと学習内容の定着との差異について考える。ハイフレックス型授業の学習効果は、受講者の学習行動の自律性に左右すると本稿の最初に述べ、中村⁽⁵⁾は大人数講義でオンライン授業を実施した場合、対面授業よりも最終試験の点数格差が大きいことを示し、自主的・計画的な学習習慣が身につけている学生とそうでない学生の二極化によると考察した。ハイフレックス型を含むオンライン授業での学習内容が定着しにくいパターンは、受講者が非自律的な学習行動を取っても授業の目標を達成できたなど、各回の授業で成果を得た実感が正の強化となり、それを繰り返すことで非自律的な学習行動が定番化した場合と考える。例えば、倍速視聴で対面授業の半分の時間で授業を受け終え、短縮できた時間で課題に取り組み、対面と同等の評価を得ることができれば、受講者は授業が受けやすかつわかりやすいと満足しつつ倍速視聴が常態化する。それは効率性重視で各回の成果をあげるといった端的な目標に焦点化され、その代償として学問をじっくり理解するという長期的な目標がぼやけていった結果、受講者間の定着の差を生んだと考察する。

4.4 授業形態に応じた権限一覧表の作成

これまでの考察を踏まえると、授業の受けやすさや学習内容の定着は、教師が授業形態を決めて受講者の自律性をどうコントロールするか次第で変化する。これは、おそらく自律性を規定する4要因というものがあって、その4要因に対する権限を授業形態に応じて教師か受講者のどちらが持つかで、コントロールの仕方が決まるという考え方である。これを授業形態に応じた権限一覧表として作成したものが表2である。

まず受講場所と受講時間の指定権は、対面の場合、大体は教師が教室と時間帯を指定するので、受講者はその教室と時間帯に従うしかない。リアルタイムになると場所の指定権は受講者に移るため、自宅や外出先

表2 授業形態毎の権限一覧表

	受講場所 の指定権	受講時間 の指定権	授業内容 の編集権	受講方法 の選択権
対面	教師	教師	教師	教師
リアルタイム	受講者	教師	教師	教師
タイムシフト	受講者	受講者	受講者	教師
オンデマンド	受講者	受講者	受講者	教師
ハイフレックス	教/受	教/受	教/受	受講者

教/受は教師または受講者を表す

など自由に選択できる。前掲の「少人数リアルタイム」は、受講者たちが権限を行使して別教室・少人数を構成し、「単独リアルタイム」は受講者が自らの権限で自室単独を選択した結果と言える。

タイムシフトとオンデマンドは、場所の指定権だけでなく、時間の指定権と授業内容の編集権も受講者に与えられる。時間割に縛られずに自身の都合で受講でき、タイムシフトも授業開始時間に間に合わなくとも遅れて受講できるという点で、時間の指定権を受講者とした。授業内容の編集権とは、図5で示すように、対面やリアルタイムは教師が90分という授業時間の中で、扱うトピックの数と各説明に費やす時間配分を決定でき、オンデマンドの場合は倍速視聴、一時停止、早送りや繰り返し視聴といった手段で受講者のもとにトピックを編集できることを指す。受講方法の選択権は、どの形態で授業を受けるかを決定でき、ハイフレックス型のみ受講者に選択権が与えられる。その際、対面を選択した場合は場所、時間の指定権、授業内容の編集権は教師に権限移譲し、オンデマンドを選択した場合、全ての権限は受講者が保持するというように、選択した授業形態によって権限は変わる。

4.5 権限一覧表を参考にした授業形態の選択

以上より、受講者の学習行動の自律性は、授業形態に応じた4要因の権限付与によってコントロールできるものと考察した。これをもとにして、教師は権限一覧表を参考に授業形態をどう選択すればよいかを例示する。まず、受講者に自律性が伴う前の段階や、担当科目の中でも最重要のトピックを扱うと教師が考える授業は、対面やリアルタイムを指定して教師が多くの



図5 「授業内容の編集権」のイメージ

権限を持つことを推奨する。それは15回全てでなくとも、部分的に対面の回を設けて受講者をコントロールする方法でもよい。また、ハイフレックス型を導入する場合でも、全ての回で受講者に選択権を与えるのではなく、数回は対面やリアルタイムに参加させるなどのスクーリングを設けて、受講者に非自律的な学習行動を定番化させない工夫が必要である。

オンデマンドは、受講者に自律性が備わったとき、あるいは成績評価や国家試験など自発的な学習をしないと受講者自身が危うくなる状況に直面したときに効果が高まる。受講者の自律性を確認する手段としては、提出物の遅滞の有無や動画視聴履歴、授業で課した課題の成果などをもとに、良好な状態を一定期間維持できているかどうか判断基準となる。ハイフレックス型においては、教師が良好と認めれば当該受講者に対して選択権を継続または付与し、維持が困難な場合には、教師が選択権を持って受講者を対面やリアルタイムに参加させ改めて自律性を確認する。このように、受講者の自律性の状態を判断しながら、対面とオンラインを切り替えられる仕組みが備わっていることが、ハイフレックス型の大きな利点ともいえる。

5. おわりに

本研究では、大学生を対象としたアンケート調査を実施し、ハイフレックス型授業を提供した際の学習行動について検討した。その結果、大学生の学習行動は以下の4点にまとめられた。

- ① ハイフレックス型はオンデマンドが選択されやすく、それはコロナ感染対策と授業の受けやすさが

両存したことに起因する。

- ② ハイフレックス型は、授業の受けやすさはオンライン授業の利点として評価され、授業のわかりやすさは対面授業の利点として評価されるので、受講者の満足度は高い。
- ③ ハイフレックス型は、友人のみで授業を受ける「少人数リアルタイム」や、集団から自ら離れて授業を受ける「単独リアルタイム」も選択肢となり、対面で生じる緊張を防ぐ手段として受講者に選ばれる場合がある。
- ④ ハイフレックス型の学習効果は、受講者の学習行動の自律性に左右され、非自律的な学習行動が定着化すると学習内容が定着しにくい。

さらに、④への対策として授業形態に応じた権限一覧表を作成し、教員が受講者の自律性をコントロールするための目安と、授業形態を選択する際の参考材料を提示した。今後は得られた知見を適用してハイフレックス型の改善を試み、効果的な授業法として高めていくことを目指していく。

参 考 文 献

- (1) Beatty, B.J.: "Hybrid-Flexible Course Design, Implementing student-directed hybrid classes", EdTech Books (2020)
- (2) 樋口耕一: "社会調査のための計量テキスト分析 内容分析の継承と発展を目指して", ナカニシヤ出版, 京都 (2014)
- (3) 石田好広: "WEB会議システムを活用した対話型授業に関する考察", 目白大学高等教育研究, 第 27 号, pp.67-74 (2021)
- (4) 文部科学省: "新型コロナウイルス感染症の影響による学生等の学生生活に関する調査 (結果)"
https://www.mext.go.jp/content/20210525_mxt_kouhou01-000004520_1.pdf (2022 年 2 月 18 日 確認)
- (5) 中村哲之: "オンライン授業 (オンデマンド型) における教育効果 教育心理学的観点からの実践的検討", 東洋学園大学学教職課程年報, No.3, pp.1-14 (2021)

線形代数における形成的評価を目的とする オンライン演習問題について

吉富 賢太郎

大阪公立大学 国際基幹教育機構

Usage of online question materials for linear algebra course

Kentaro Yoshitomi

Faculty of Liberal Arts, Sciences, and Global Education, Osaka Metropolitan University

筆者は、これまで線形代数の反転授業のための教材として解説動画の開発に取り組んできた。所属する大阪公立大学の理系線形代数の授業の内容に沿った内容を YouTube で全公開済みである。一方、動画教材は、学生にとって一方向的な教材になりがちであり、予習等の自習用教材としては、必ずしも効果的とは言えない側面がある。このような点を解消するためには、動画の中で、常に例題のような問い掛けをもうけ、学生に考えさせる時間をとらせることが有意義であると考えている。さらに、これを補足し、また定着させる目的で問題演習が有効であると考え、自ら考えて解答する必要があるが、入力や計算の労力を最低限にして進められる演習問題を潤沢に用意することが反転学習やオンライン授業において重要な自習教材の要素と考える。このような視点に立ち、学習管理システムの 1 つである Moodle 上で動作する STACK⁽¹⁾ や多肢選択問題の開発と活用を行っている。本稿では、これら問題教材に焦点をあて、どのような教材をどのような視点で開発し、どのように運用しているか、を解説し、学生の実施状況と成績等の比較により、その効果について検証したい。

キーワード： 線形代数, オンライン教材, 反転学習, 数学教育, 自動採点システム

1. はじめに

反転授業 (flipped classroom) は、講義で通常解説される内容を、事前に自学自習により予習させ、対面授業では、理解の定着や深化を目的とする演習を行う。

筆者は所属する大阪公立大学 (以下、本学という) における数学・特に線形代数の授業において、2014 年後期より、動画教材の開発に着手し、予習教材として活用を試みてきた。2017 年には、一通り通年分の講義内容の開発を完了し、学習管理システム (本学では Moodle) 上に設置、利用している。また、YouTube 上で一般公開しているので、学生は、チャンネル登録により視聴することも可能である。

一方では、問題教材としては、本学においては、webMathematica¹ 利用の MATH ON WEB が 2020 年度まで運用されてきた。ただし、諸事情により、2021 年度からは運用を停止している。

このような状況で、筆者は、Moodle 上で動作する STACK⁽²⁾ を利用した問題教材を 2015 年後期から開発を進めてきた。STACK は C. Sangwin 氏により開発された maxima 利用のオンライン自動採点システムであり、現在 Moodle のプラグインとして動作する。²⁽³⁾

2. オンライン問題について

2.1 問題構成要素とフィードバック

オンライン自動採点をそなえるシステムは数多くあるが、自習用教材としての視点からは、問題開発において最も重要な点はフィードバックである。誤答に対し、何を間違えたかを推測し、適切なアドバイスを即時的に返すことにより学生の自学自習の効率をあげ、適切に気付きを誘発する学習環境の構築が可能なはずだからである。

筆者はこのような視点のもと、オンライン自動採点

¹Wolfram は webMathematica のサポート終了を予告している。
<https://support.wolfram.com/ja/22167>

²Moodle が動作するサーバーで、maxima も動作すれば容易にインストール可能である⁽³⁾。また、maxima-pool という別サーバー上で maxima を動作させる機構も用意される。

システムの問題教材の仕様を提唱し、MeLQS⁽⁴⁾と呼んでいる。この仕様は、問題の構成要素をいくつかに分け、問題のパラメータを生成する問題変数、問題文、解答を判定し適切なメッセージを返すフィードバックが主な構成要素だ。その中でも、最も重要な要素がフィードバックである。オンライン問題教材の心臓部と言える。単なる計算問題も必要に応じて用意すればよいが、学生が計算過程でつまづく可能性を経験知として把握している場合には、そのような過程を検証し、フィードバックを返すような問題が自習教材として肝要である。

2.2 問題バンク

Moodle では、問題バンクに問題をプールすることができ、階層構造を持ったカテゴリ機能により、章毎や単元毎の編成ができる。問題数が膨大になると、カテゴリ機能は必須である。また、後述のランダム出題はカテゴリ内の問題からランダムに出題する機能である。

問題バンクの問題は、個々の問題あるいはカテゴリ単位で XML 形式のファイルでエクスポート・インポートが可能である。学習管理システム (以下、LMS) には、Moodle を含め多様なものがあるが、汎用的なエクスポート・インポート機能は教材共有の観点からも当然必要な機能であろう。図 1 に今年度の授業で用いている問題バンクのカテゴリを示す。各カテゴリの末尾の () 内は問題数である。また、図 2 のカテゴリにおける問題のリストの例を示した。

また、図 2 にカテゴリにある問題例を示す。Moodle では小テストと言われる活動があり、「小テストの編集」機能で問題バンクから問題を選択したり、カテゴリからのランダム出題による自動出題をすることができる。それらは組み合わせることが可能である。図 2 の問題では、連立 1 次方程式の求解問題が複数のパターン用意されており、解の有無や、変数の数、行列の型の組み合わせがある。ここから、1 つまたは複数選択して、出題する。ある程度、同様の問題は 1 つの小テストにまとめるのがよいが、多過ぎると、1 つ間違えたために完了できなかったという苦情が出るので、注意が必要である。

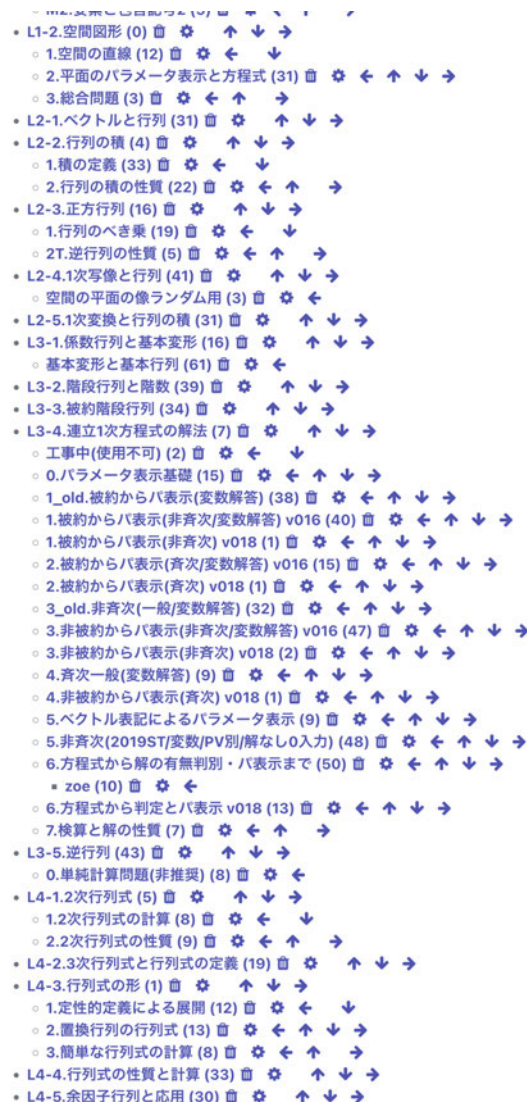


図 1 問題バンクの例 (線形代数 1 2022 前期)



図 2 カテゴリに配置された問題例 (連立 1 次方程式の解法)

3. 問題タイプ

Sangwin 氏の論文⁽⁵⁾には、多肢選択問題 (MC) と記述応答 (Constructed Response, CR) の 2 つの解答形式にい

ずれにおいても、評価の有効性に大きな差はないという検証結果が記されている。例えば、多項式の積と分解は互いに逆方向の問題であるが、多肢選択問題であっても、逆方向の計算を用いて、選択肢を選択する学生は少ないということである。ただし、順方向か逆方向かにより、MC と CR の実効性には少し開きが出るという報告もあるが、いずれにしろ、適材適所で用いられればよいと考えられる。

Moodle では、問題タイプが標準で 15 程度用意されている。その中には、多肢選択問題や単純な計算問題（正誤判定はパターンマッチングのみ）、ドラッグ and ドロップなどの問題がある。さらに、冒頭に述べた STACK や順序並び換え問題などもプラグインとして広く利用されている。

数学の問題として、筆者らが開発に取り組んでいる問題タイプは次の通りである。

- 多肢選択問題を大量生成してランダム利用する（吉富⁽⁶⁾、長坂⁽⁷⁾）
- STACK(CR の他、MC を作ることも可能)
- ドラッグ and ドロップ（テキスト・イメージ）
- 順序並び換え問題（長坂⁽⁸⁾）

長坂による並び換え問題は概念理解や手続き理解という数学の本質的な問掛けを目的として、開発されており、注目される。

2017 年から取り組んでいる多肢選択問題の大量生成については、通年分で 40 題程度を開発している。ただし、実際に運用してからバグが見つかることがあり、一度利用すると、問題の組み換えや修正が困難なため、学生が実施していた演習問題を削除しなければならないなどの問題が生じることがある。

3.1 STACK について

図 3 に STACK の問題のプレビュー画面、図 4 に解答判定に用いられる PRT の例を示した。このように、STACK では、入力された解答式からアルゴリズムにより、フィードバックを返すことが可能である。単に数式を整理して正解と一致しているかどうかだけの判定ではなく、無限に存在する解答を分析し正しいかどうかだけでなく、間違っている場合も含めフィードバックを返すことができる。

ただし、STACK の問題点は、初心者の場合は、開発に時間がかかる場合があることや、システムへの負荷が

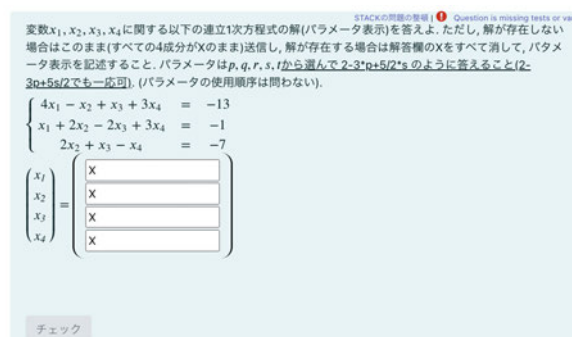


図 3 STACK の問題の例

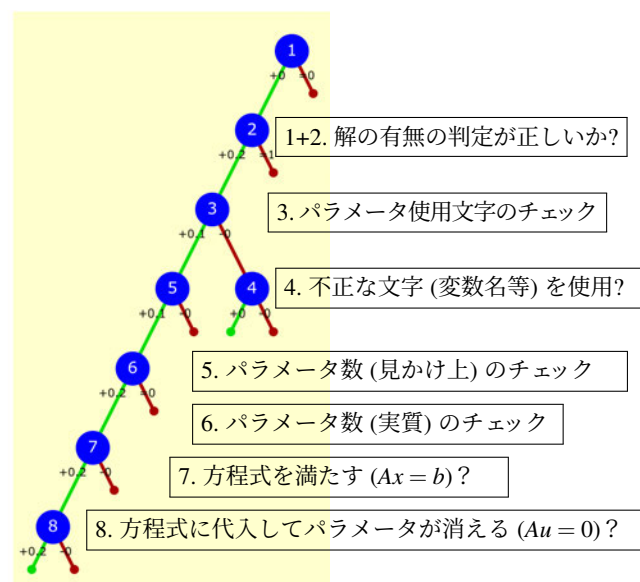


図 4 PRT の例

かなり大きいこと、微積分の問題などにしばしば見られるが、学生の入力負担が問題になる場合があること、などがあげられる。

なお、STACK の行列の入力に関しては、サイズ固定ではないテキストエリア (textarea) による入力 (可変行列) が最新版では利用でき、本学でも 2022 年度から可能になったので、例えば、行列のサイズ自体が問題となるケース (行列の積の定義、表現行列の定義など) に、解答欄が学生のヒントにならない形で出題できる。また、基本変形の過程を入力する場合などに入力時にコピーが利用できる、など線形代数における活用の有効性が期待される (図 5)。

3.2 多肢選択問題

STACK が非常に強力な問題タイプであるが、システムの負荷や入力負荷がしばしば問題となり、Moodle を利用していても導入されていない事例もある。これを

次の等式が任意の $p, q, r, \dots$ について成り立つとき、行列 A を答えなさい。

$$A \begin{pmatrix} p \\ q \\ r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5p + 4q + r \\ 3p + 5q + 5r \\ 4p + q + r \\ 5p + 2q + 4r \end{pmatrix}$$

解答は以下の入力例にならって入力して下さい。

- $\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{pmatrix}$ の場合: 1行目に 1 2 3 (空白で区切る), 改行して, 2行目に $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$ の場合: 同様に 1行目 1 2, 2行目 3 4, 3行目 5 6 と入力

各行の成分の区切りにカンマ(,)を使うことができますが, 入力後カンマは

5 4 1
3 5 5
4 1 1
5 2 4

図 5 可変行列型の入力画面

補うものとして, 多肢選択問題が重要な役割を果たす。簡単な数式入力ならば問題ないが, 複雑になると, PC を持たない学生の場合, 入力自体が負担となる場合があり, チェックボックスやラジオボタン, ドロップダウンのような形式はその点有利である。

多肢選択問題は, 出題時に問題数値や選択肢にランダム性がないと一般には用をなさない。繰り返しできるまで実施することにより, 理解を深める目的で演習問題を課す場合, ランダムな問題が出題されることが必須である。

多肢選択問題のランダム化には, 前述のように, 大量生成が必要である。一方, STACK による多肢選択問題も可能だが, 標準的な (STACK のヘルプに記述がある) 方法では, フィードバックを与える機構が用意されておらず, 採点も正解か不正解かの採点となってしまう³。これが, Moodle 標準で利用できる多肢選択問題を大量生成する動機であった。筆者は, *Mathematica* で, 長坂は *Mathematica* および Python で開発している。

3.3 問題構成

Moodle では, 問題は小テストと呼ばれる活動 (Activity) を用いる。この小テストの編集において, 1 つ以上の問題を追加することで構成する。筆者の授業の場合, STACK および多肢選択問題で大半を構成している。(後期には証明問題で, ドラッグ and ドロップを使用)。多肢選択問題は, ランダム出題で 50~100 題程

#05 係数行列・行列の階数 ← トピックタイトル

連立1次方程式を行列を使って解く方法とその背景にある原理を学びます。行列の階数の概念を理解することが非

- 連立1次方程式の係数行列・拡大係数行列の定義
- (行に関する)基本変形の定義と(拡大)係数行列の基本変形の意味
- 行列の階数の定義とその意味(意味まではなかなか最初は難しいかも)

このあたりの理解がこのセクションでは重要です。

+ 解説05A } ← YouTube へのリンクとスライド

+ 解説05B }

+ E05A-xx の説明

- 01a, 01b: 係数行列と拡大係数行列の定義, 02a, 02b: 基本変形の定義
- 03: 基本変形と基本行列, 04: 基本行列の逆行列(逆行列の計算原理理解の基礎となります)

E05B-xx の説明

- 01: 階数行列の定義, 02: 掃き出し法の定義
- 03a, 03b: 階数行列への変形, 04: 階数の計算(途中の行列の入力が必要)
- 05: 一意解を持つ連立1次の基本変形による求解(途中の行列が必要・必ず行列で解かないといけない)
- 10: 免脱問題・指定階数を持つように成分を決定する

+ E05A-01a } 小テスト形式のオンライン演習 (Exx-yy)

+ E05A-01b }

+ E05A-02a }

+ E05A-02b }

+ E05A-03 }

+ E05A-04 }

+ E05B-01 }

+ E05B-02 }

+ E05B-03a }

+ E05B-03b }

+ E05B-04 }

+ E05B-05 }

+ E05B-10 }

+ T05 ← 小テスト形式のオンライン小テスト (Txx)

6/3 24:00まで / 45分x3回/最高評価点

+ T05(再) }

利用制限 次の条件に合致しない限り利用できません: 活動「T05」が未完了の場合

期限 なし / 45分x2回/最高評価点/8点満点

図 6 Moodle のトピック構成例

度の問題から 1~2 題を出題する。ランダム出題問題と STACK 問題の混合による構成も可能だ。ただし, 1 つの小テストについて 1 つのテーマにしぼるため, 基本的には問題はほとんどが 1 題構成であり, 一部 2~5 題で構成されるものもある。

2019 年度までは, 例えば前期においては, 約 50 題の演習問題のうち, 8 割程度で多肢選択問題を利用していたが, 2020 年度からは, 形成的評価を目的としたより木目の細かい段階の問題が必要となり, 演習問題も数の上では, 150 題以上の構成となった。そのため, STACK の問題が 80% 以上を占める状況となっている。また, 2021 年には, STACK による多肢選択問題でフィードバックや部分点を与える開発方法を考案し, 多肢選択問題は, この手法を取り入れた問題に置き換えるようにしているため, 実質ほぼすべてが STACK による MC や CR の問題となりつつある。図 6 に Moodle 上での構成事例を示す (2021 年前期)。解説には, YouTube 上の自作動画へのリンクと用いたスライドを掲載している。

³現在は, フィードバックや部分点の問題を解決する方法を確立しており (後述), さらに, このコードを用いて, 自動生成への応用も検討している。

パラメータ表示 $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix} + s \begin{pmatrix} 6 \\ 3 \\ -6 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} 8 \\ 3 \\ -9 \end{pmatrix}$ を持つ平面の法線ベクトルとして正しいものをすべて選びなさい。

1つまたはそれ以上選択してください:

☐ $\begin{pmatrix} -8 \\ -3 \\ 9 \end{pmatrix}$

☒ $\begin{pmatrix} 9 \\ -6 \\ 6 \end{pmatrix}$

☐ $\begin{pmatrix} 7 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix}$

☐ $\begin{pmatrix} -12 \\ -6 \\ 12 \end{pmatrix}$

☐ $\begin{pmatrix} -3 \\ 2 \\ -2 \end{pmatrix}$

チェック

図7 基礎的理解を確認する問題例

4. 問題開発方針

問題の開発は、冒頭に述べたように解説動画を補足し、理解を定着させることを主眼としているが、さらに、理解を深めたり、手続き的理解を深めるために、計算過程を確認することも目的となる。主に次の3つに(関連はあるが)大別される。「定義の理解の確認」「検算視点での理解」「計算過程の確認」である。

4.1 定義の理解の確認

図7に選択問題の例を示した。この問題では、平面のパラメータ表示から法線ベクトルを選択させる問題となっている。通常、演習書や教科書の問題では、「平面のパラメータ表示から平面の方程式を求める」という1ステップの問題であるが、パラメータ表示のパラメータにかかるベクトルと法線ベクトルとの関係を理解できているかだけがこの問題のポイントとなる。

このように、つまづきのないように木目の細かい設定の問題を開発している。数学の授業は、多くの場合、数学者が担当するが、「数学者の常識、学生の非常識」というポイントは多々ある⁴ため、このように念入りな問題が必要となる。また、できる学生にとっては、解答入力の手間はほとんどないため、負担にはならないと考える。

⁴例えば対角行列同士の積が成分のかけ算になることを知らなかった学生がいたり、基底はあっているのに、次元が違う、というような答案もしばしばである。

4.2 検算視点での理解

検算視点は、Sangwin氏の論文⁽⁵⁾にあるDirectとInverseの考え方にあたるもので、簡単に言えば、「積分したら何になるか?」の多肢選択問題を「微分で解く」ようなものである。線形代数の場合には、例えば以下のような例がある。

- 基本変形して被約階段行列(行簡約形)を求める問題と被約階段行列から元の行列の情報(例えば、一部の列の情報を他の列から復元するなど)を求める問題
- 連立1次方程式の解のパラメータ表示を求める問題と解のパラメータ表示から方程式を復元する問題
- 逆行列を求める問題と逆行列であることの正当性(積をとるだけであるが)を確認する問題
- 表現行列を求める問題と表現行列を用いて実際に像を計算する問題

数学において、検算することの大切さは言うまでもないが、検算ができるということは、言わば採点者の視点を持つことになり、理論的な理解とも深く関連すると考えられる。図8に示した多肢選択問題では、連立1次方程式の解を検算させる問題となっている。

このような問題は、一見、多肢選択問題でやさしそうであるが、どのように考えてよいかわからない場合もあり、少し誘導も必要な場合もある1比較的难度の高い問題である。実際、過去に質問の多かった問題の1つである。

4.3 計算過程入力による採点

学生が計算過程のどこで間違えたか、わからずに自習の時間がかかってしまうことはしばしば起こりうる。このような問題に対応するためには、

- 基礎的なことが理解できたことが確認できた学生には、計算手段を提供する。
- 計算過程を入力させ、どの過程で間違えたかをフィードバックで示す。

などの方法が考えられる。

図9で示した問題では、逆行列の計算過程を入力させ、間違えた過程を示す。また、この問題は、何らかの手段で答だけを求めて解答する、というようなチーティングを防止する効果も持つ。演習問題の達成度を成績に関連付ける場合、このような「チーティング耐性」は重

STACKの問題の整頓 | ❶ Question is missing tests or

4個の変数に関する非斉次連立1次方程式の拡大係数行列が

$$\begin{pmatrix} 2 & 6 & 1 & 1 & 12 \\ 0 & 0 & 2 & 2 & 8 \\ -2 & -6 & 1 & 1 & -4 \\ -1 & -3 & -2 & -2 & -12 \end{pmatrix}$$

であるとき、この方程式の解のパラメータ表

示として正しいものをすべて選べ。ただし、パラメータの数は必要最小数になるものとする。

☐ $\begin{pmatrix} 4-3s-3t \\ s+t \\ 7+3s-3t \\ -3-3s+3t \end{pmatrix}$

☐ $\begin{pmatrix} 7-3q-3s \\ -1+q+s \\ 7-3q-6s \\ -3+3q+6s \end{pmatrix}$

☒ $\begin{pmatrix} 4-3q \\ q \\ 4+3r \\ -3r \end{pmatrix}$

☐ $\begin{pmatrix} 4-3p \\ p \\ 4+3p \\ -3p \end{pmatrix}$

☐ $\begin{pmatrix} 1-3r+4t \\ 1+r \\ 4+7t \\ -3t \end{pmatrix}$

図8 検算(採点者)視点での問題

STACKの問題の整頓 | ❶ Question is missing tests or

行列 $A = \begin{pmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ -2 & -1 & -3 & -1 \\ 1 & 2 & -3 & 1 \end{pmatrix}$ は正則である。逆行列を求めよ。分数は $-3/4$, $7/12$ のように半角数字記号で答えよ。

変形の過程を入力すること(逆にこの解答欄を使って計算するとよい)。

$$(A|E) = \begin{pmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -2 & -1 & -3 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & -3 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \rightarrow$$

→

→

→

したがって、逆行列は である。

図9 過程を入力させる問題

要な問題である⁵。

⁵チーティング耐性は筆者独自の用語であるが、昨今の高度なクラウド計算システム(Wolfram alpha等)は、通常の計算問題などは計算過程も含めて示してしまう場合があり、注意が必要である。ただし、入力の手間を考えて「自分で考えた方が早い問題」を多く出題することも耐性の要件になると考えている。

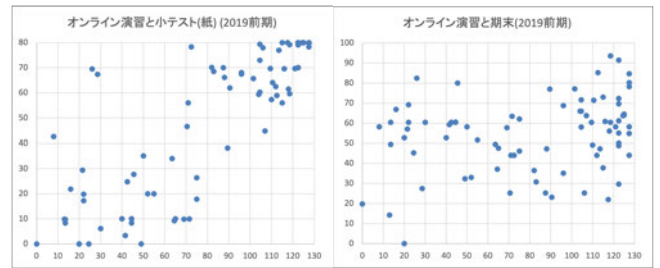


図10 オンライン演習・小テストと期末(2019年度前期)

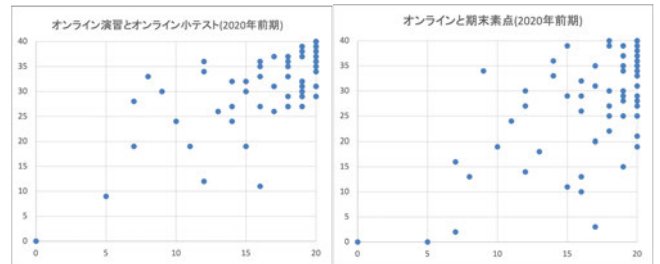


図11 オンライン演習・小テストと期末(2020年度前期)

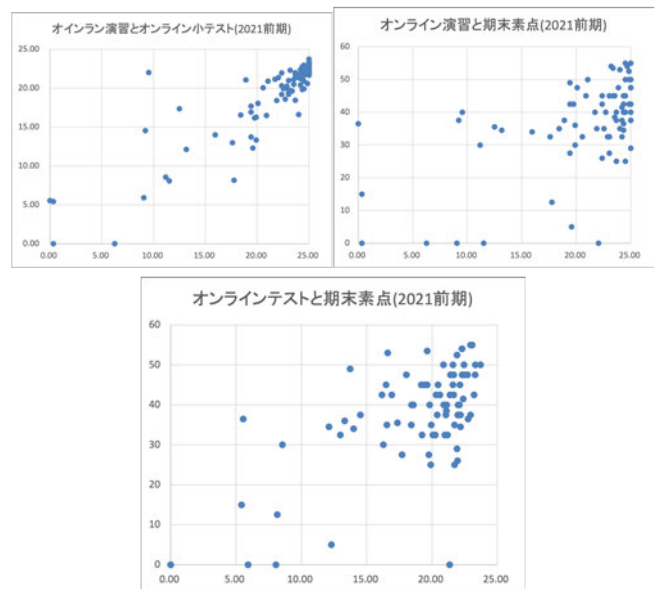


図12 オンライン演習・小テストと期末(2021年度前期)

5. 効果検証

図10,11,12に2019,2020,2021年度におけるオンライン演習問題の達成率(合格点に達するまで実施した問題の割合)、オンライン小テスト(2019年度は紙の小テスト)、期末の成績の関係を示した。

2021年度後期の線形数学IIにおけるオンライン演習(150問中の達成度)、オンライン小テスト、少し大規模なオンライン中テスト、期末の素点、および成績⁶の関係を図13に示す。2021年度の後期は、各図の左上に相関係数を記載した。

⁶成績はEやT、中Tの他、出席による演習、追加課題の評価が含まれるもので、グラフ上では最大120となっているが、実際にはこれを100点満点に換算している。

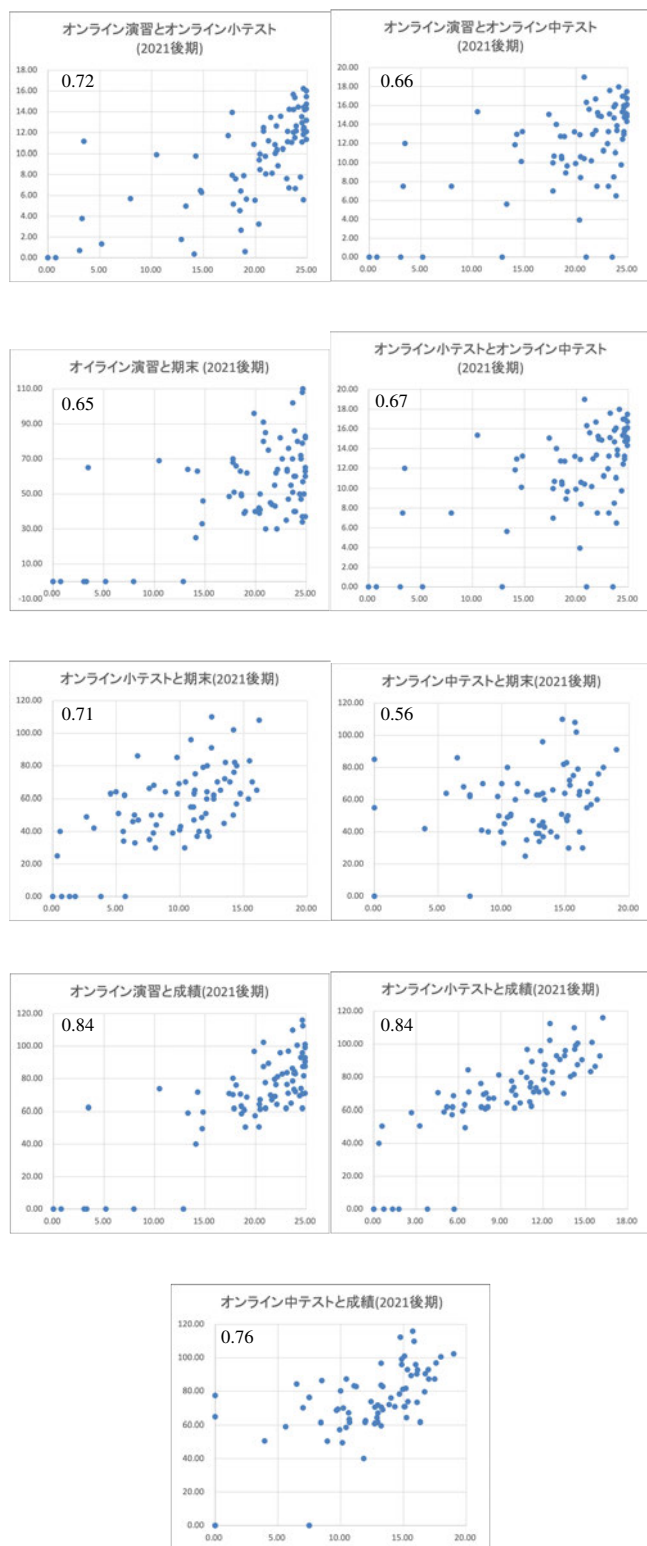


図 13 オンライン演習・テストと期末・成績
(2021 年度後期) ※ 左上数値は相関係数

いずれの場合も、オンラインと紙の期末試験の間に一定の相関関係が得られた。2019 年度の演習問題の大半が多肢選択問題で構成されているときのオンライン演習達成率と期末の素点との相関係数は 0.2 ～ 0.3 と低かったが、2020 年度、2021 年度は 0.55 ～ 0.65 であった。また、2021 年度後期においては、オンライン演習と期末

の相関係数は 0.65、オンラインテストと期末の相関係数は 0.71 であった (図 13)。

年度を重ねる毎にオンライン演習の効果の上昇が一定程度見られると考えるが、さらなる改良が必要である。

6. まとめと今後の課題

線形代数授業において、解説動画を補完し、さらに定着させる目的で 2019 年度は半期 50 題程度の多肢選択問題中心の問題、2020 年度からは 150 題程度の STACK 中心の問題により、演習問題をオンライン学習の学習教材として提供した。

これら演習問題を実施・完了することにより、ある程度の理解が得られたと推定される。ただし、演習問題を、学期末になっても (ほぼ全く) やらない学生が毎年一定数おり、演習問題をよりやりやすいものにし、また、何らかのモチベーションをあげるための工夫も必要ではないかと考えており、今後の課題である。

現在、2022 年度前期において、モチベーションの工夫として、Moodle のバッジ機能を用いて試行中である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 21H00921 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) STACK ホームページ <http://stack.bham.ac.uk/>
- (2) 谷口哲也, 中村泰之, 中原敬広, “STACK を用いた数学 e ラーニングの実践例と STACK 用の問題バンクの構築”, 数理解析研究所講究録「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」1909,165-175,(2014)
- (3) https://github.com/mathsmoodle-qtype_stack (2022 年 6 月 13 日確認)
- (4) K.Yoshitomi, M.Kawaoze, et.al, “Developing a math e-learning question specification to facilitate sharing questions between different systems”, MSOR Connections 17(3), pp.49-56 (2019)
- (5) Sangwin, C. J. , and Jones, I. : “Asymmetry in student achievement on multiple-choice and constructed-response items in reversible mathematics processes”, Educ Stud Math, Vol 94, pp.205–222, (2017)
- (6) K.Yoshitomi, “Generation of Abundant Multi-choice or STACK Type Questions Using CAS for Random Assign-

ments”, 6th International Conference, South Bend, IN, USA,
July 24-27, 2018, Proceedings

- (7) 長坂 耕作, “多肢選択問題の自動生成 - 数学 III の微分積分から偏微分まで -”, 京都大学数理解析研究所講究録, Vol.2178, pp.31–38 (2021).
- (8) 長坂耕作, “数学教育における順序並び替え問題”, 京都大学数理解析研究所講究録, Vol.2208, pp.68–76 (2021).

社会福祉士養成教育の相談援助演習における ICT 活用の成果と今後の課題

坂本毅啓^{*1}, 佐藤貴之^{*1}, 中原大介^{*2}

^{*1} 北九州市立大学, ^{*2} 福山平成大学

Achievements and Future Issues of ICT Utilization in Social Work Exercises in Social Worker Training Education

Takeharu Sakamoto^{*1}, Takayuki Sato^{*1}, Daisuke Nakahara^{*2}

^{*1} The University of Kitakyushu, ^{*2} Fukuyama Heisei University

A web-based survey was conducted with students who were enrolled in a social work university or a social work correspondence school and who took the online format of the social work exercise between the 2020 and 2021 academic years. While some students said they did not have to travel, others found it difficult to communicate with other learners or between learners and faculty. Considering the learning objectives of the social work practice, it was found that the communication aspect needs to be improved.

キーワード: 福祉専門職教育, 相談援助演習, ICT 活用, コミュニケーションスキル

1. はじめに

2020 年から新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) 拡大 (以下, コロナ禍) が始まり, その影響から福祉専門職をはじめ, 医療・看護・保育等の専門職養成教育の現場においては, ICT の活用が求められた. その結果, これら対人援助職の養成であるにも関わらず, 臨床現場や学内において他者と直接関わることなく, 専門的知識を活用した専門的実践力を獲得することが求められた. 特に社会福祉士や精神保健福祉士, 介護福祉士の養成教育における ICT を活用した教育実践研究については, コロナ禍前からいくつかあったものの, 医療・看護等の領域のように取り組まれてきたとは言えなかった⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾.

そういった中, 2020 年と 2021 年には, 日本ソーシャルワーク教育学校連盟が, 社会福祉を学ぶ学生, 福祉養成校 (大学, 短大, 専門学校), 実習指導者に対して全国調査を行った⁽⁴⁾⁽⁵⁾. これらの全校調査の結果, ICT を活用することの教育的有効性が示された. また, 2020 年と 2021 年にかけて実際に ICT を活用した教

育実践を踏まえた研究成果が多数発表されたが, いずれもどのように工夫をしたのか, 学生はどのような意見を持つにいたったのかを明らかにした内容である⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾.

一方で, ICT を活用した場合, 対面と同様以上の教育の質の担保ができていのかについては, まだはっきりとした結果を得ることができていない. 積み上げられてきている研究成果は臨床現場での実習 (相談援助実習等) と, そのための実習指導 (相談援助実習指導等) を中心とした内容が多いという面もある. これらを踏まえ, 本稿では社会福祉士養成教育における相談援助演習 (学内演習) において ICT を活用した成果と今後の課題について, 相談援助演習で ICT を活用したオンライン形式と対面方式の両方を経験した学習者に対して行ったアンケート結果から考えることにする.

2. 社会福祉士養成教育における相談援助演習の位置づけと教育目標

2.1 社会福祉士養成教育における相談援助演習の位

置づけ

社会福祉士は「社会福祉士の名称を用いて、専門的知識及び技術をもって、身体上若しくは精神上の障害があること又は環境上の理由により日常生活を営むのに支障がある者の福祉に関する相談に応じ、助言、指導、福祉サービスを抵抗する者又は医師その他の保健医療サービスを提供する者その他の関係者（第 47 条において「福祉サービス関係者等」という。）との連絡及び調整その他の援助を行うことを業とする者」（社会福祉士及び介護福祉士法第 2 条）と定められている。福祉事務所や児童相談所のケースワーカー、医療機関における医療ソーシャルワーカー、障害者の就労支援員等の職務として就労している。

社会福祉士を取得するには、厚生労働省が指定する科目を開講する大学（福祉系大学）、もしくは厚生労働省が指定する養成施設（専門学校）があり、通学課程と通信課程がある。

本稿が対象とするのは、2009～2020 年度入学生に適用された旧カリキュラムの学生である。これは調査を行った 2021 年時点で相談援助演習を受講した学生は、旧カリキュラム生であったためである。カリキュラム全体としては 22 科目、計 1200 時間で構成されている。その内、座学となる講義科目は 19 科目、計 780 時間、演習及び実習となる科目は 3 科目、計 420 時間となっている。本稿ではこの内、演習科目となる相談援助演習（150 時間）を対象とする。

2.2 相談援助演習の教育目標

演習とは「理論、方法、技術、価値、諸体系と実践体系との交互連鎖現象を実証する作業」と定義することができる。そしてその目的は「1）実習に向かう準備の段階で、理論や技術・価値を実践に適用することの意義をこの一連の作業を通して十分に理解させ、2）実習体験後に実習で学習したものと理論との橋渡しをするための理論化の作業を可能にすること」にあるとされている⁹⁾。

相談援助演習の教育目標については、厚生労働省によって定められている。それによれば「相談援助の知識と技術に係る他の科目との関連性も視野に入れつつ、社会福祉士に求められる相談援助に係る知識と技術について、次に掲げる方法を用いて、実践的に習得する

とともに、専門的援助技術として概念化し理論化し体系立てていくことができる能力を涵養する。①総合的かつ包括的な援助及び地域福祉の基盤整備と開発に係る具体的な相談援助事例を体系的にとりあげること。②個別指導並びに集団指導を通して、具体的な援助場面を想定した実技指導（ロールプレイング等）を中心とする演習形態により行うこと。」（「大学等において開講する社会福祉に関する科目の確認に係る指針」）と定められている。

2.3 相談援助演習の教育内容

相談援助演習の教育内容についても、厚生労働省によって定められている。その全体像を示すと自己覚知や基本的コミュニケーション技術の習得、基本的な面接技術の習得、事例に基づく実践的学習を学ぶことになっている。

3. 研究方法

3.1 調査の目的

コロナ禍での相談援助演習において ICT を活用したオンライン方式と対面方式の両方を受講した学生は、オンライン方式にどのようなメリット・デメリットを感じたのかを調査することで、オンライン方式の授業方法は対面方式と同様の教育の質を担保することができたのかを明らかにすることを目的とした調査を行うこととした。

3.2 実施方法と倫理的配慮

調査方法はウェブアンケートフォームを作成して、協力依頼状を授業時間外に配布し、調査の主旨、アンケート回答の有無・内容等が授業評価とは関係が無いこと、及び倫理的配慮について説明をした上で各人の自由意志に基づいて調査への協力を求めた。調査の実施及びデータの取り扱いについては、北九州市立大学における「人を対象とする研究に関するガイドライン」に則った。

3.3 調査の対象

調査対象は、縁故法による恣意的抽出とした。2020 年度は相談援助演習をオンライン方式、2021 年度は対面方式をそれぞれ経験した福祉系大学及び社会福祉士

養成通信課程の専門学校に在籍する学生計 150 名とした。調査期間は福祉系大学が 2021 年 7 月 28 日から 29 日、社会福祉士養成通信課程が 2021 年 8 月 8 日から 9 日にウェブアンケート方式で実施した。回答数は 45、有効回答数は 44 であり、有効回答率は 29.3%であった。

3.4 調査の項目

調査項目は①望ましい授業方法（全日程対面方式、前半対面方式・後半オンライン方式の組み合わせ、前半オンライン方式・後半対面方式の組み合わせ、対面方式とオンライン方式の組み合わせ自由選択方式、全日程オンライン方式）、②オンライン方式のメリットとデメリット（かなりそう思わない、そう思わない、あまりそう思わない、少しそう思う、そう思う、かなりそう思う、6 件法）、③授業への参加方法（自宅から通っている、ホテル等に宿泊）、④ICT スキル（5 点満点自己評価）、⑦オンライン授業での使用端末（パソコン、スマートフォン等）、⑧基本属性（年齢、性別）によって構成した。

3.5 分析方法

ウェブアンケートによって集められたデータについては、PSPP (Ver.1.5.4) 及び Jamovi (ver.2.3.12) を用いて集計・分析を行った。リッカート法の質問項目については主成分分析及び因子分析を行い、その因子得点を使用して、オンライン方式を支持する意見を従属変数とする 2 項ロジスティック回帰分析を行うことで、メリット・デメリット、あるいは回答者の属性がどのような影響を与えるのかを分析することとした。

4. 結果

4.1 回答者属性

回答者の基本属性については、表 1 及び表 2 に示した通りである。社会福祉士養成通信課程は大学卒業以上の社会人学生が基本であるため、平均年齢が高くなっている。ICT スキルの自己評価については 5 段階の中央値 (3) よりも高く、福祉系大学と社会福祉士養成通信課程との間には有意な差が見られなかった。

オンライン授業を受講する際に使用していた端末はノートパソコンが 84%と大半を占めた (図 1)。

表 1 回答者の性別・所属

	属性	度数	%
性別	女性	37	84.10%
	男性	7	15.90%
所属	福祉系大学	24	54.50%
	社会福祉士養成通信課程	20	45.50%

表 2 回答者の年齢・ICT スキル自己評価

	属性	平均値	標準偏差
年齢	全体	33.57	14.1
	福祉系大学	25.58	12.36
	社会福祉士養成通信課程	43.15	9.36
ICT スキル自己評価	全体	3.5	1.09
	福祉系大学	3.58	1.1
	社会福祉士養成通信課程	3.4	1.1

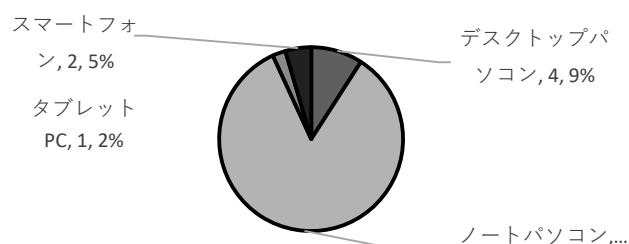


図 1 学習に使用した端末

4.2 ICT 活用に関する意見

4.2.1 望ましい授業方法

相談援助演習に関する望ましい授業方法について、質問の選択肢の内、「前半対面方式・後半オンライン方式の組み合わせ」、「前半オンライン方式・後半対面方式の組み合わせ」、「対面方式とオンライン方式の組み合わせ自由選択方式」の 3 つを「対面方式とオンライン方式の組み合わせ」という回答へと統合した。その結果が図 2 である。全日程方式と組み合わせ方式はほぼ同数であった。全日程オンライン方式については 7% (3 人) と少数であったとは言えるが、全体を見ると全日程対面方式と、一部もしくは全部をオンライン方式を希望する意見は拮抗しているとも言える。

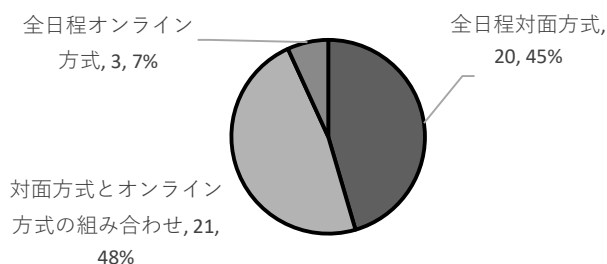


図 2 相談援助演習の望ましい授業方法

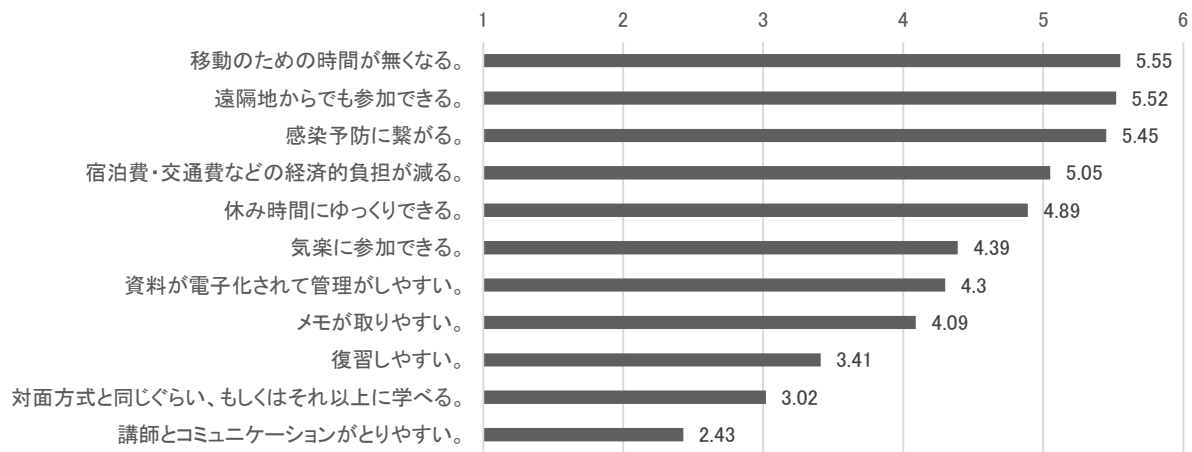


図 3 オンライン方式のメリット

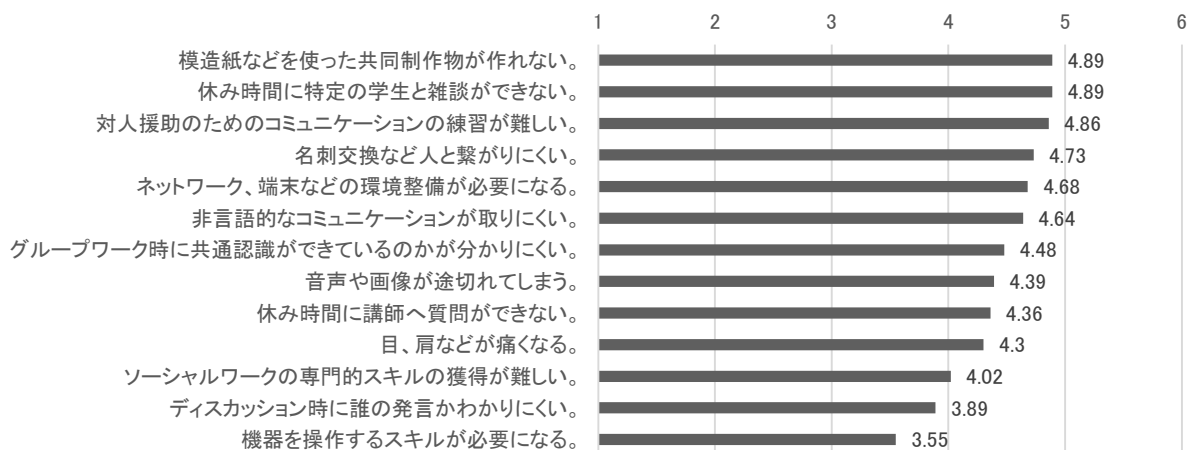


図 4 オンライン方式のデメリット

4.2.2 メリットとデメリット

オンライン方式のメリットとデメリットについては 6 件法のリッカート法で質問し、「かなりそう思わない」を 1 とし、「かなりそう思う」を 6 とするダミー変数化を行い、各質問項目の平均値を算出した。その結果を平均値が高い順にして示したのが図 3 と図 4 である。

メリットで最も高かったのは「移動のための時間が無くなる」(5.55)、次いで「遠隔地からでも参加できる」(5.52)、「感染予防に繋がる」(5.45)であった。

それに対してデメリットとしては「模造紙などを使った共同制作物が作れない」(4.99)、「休み時間に特定の学生と雑談ができない」(4.89)、「対人援助のためのコミュニケーションの練習が難しい」(4.86)が高くなっており、何か共同制作物を作ったり、相談援助演習の授業として重要なコミュニケーション面でデメリットを感じていたと言える。

4.2.3 総合評価

メリットとデメリットの回答について、尺度信頼性統計量を計算したところ、クロンバックの α が 0.842 (メ

リット) と 0.864 (デメリット) となっており、0.8 以上あることから妥当な尺度であると判断した (表 3)。その上で、主成分分析を行った。その結果が表 4 である。この主成分については、「移動する時間や費用が不要となり、遠隔地からでも気軽に参加しやすい (参加しやすさ)」と定義した。

表 3 尺度信頼性統計量

メリット			
	平均値	標準偏差	クロンバックの α
尺度	4.37	0.735	0.842

デメリット			
	平均値	標準偏差	クロンバックの α
尺度	4.44	0.767	0.864

次にデメリットに関する質問項目を用いて、主成分分析を行った。その結果が表 5 である。抽出された主成分については、「人とつながり、雑談などコミュニケーションがとりにくく、共通認識ができていないのが分かりにくい。(コミュニケーションが取りにくい)」と定義した。

表 4 主成分分析の結果（メリット）

主成分負荷量	主成分		独自性
	1	2	
遠隔地からでも参加できる。	0.818	-0.48	0.101
移動のための時間が無くなる。	0.754	-0.543	0.138
感染予防に繋がる。	0.741	-0.543	0.156
宿泊費・交通費などの経済的負担が減る。	0.709		0.479
気楽に参加できる。	0.651		0.543
対面方式と同じぐらい、もしくはそれ以上に学べる。	0.628	0.442	0.411
資料が電子化されて管理がしやすい。	0.619		0.565
休み時間にゆっくりできる。	0.586		0.656
メモが取りやすい。	0.588	0.668	0.207
復習しやすい。	0.46	0.537	0.5
講師とコミュニケーションがとりやすい。	0.326	0.394	0.738

注. 「回転なし」の結果です
0.3以上のみ表示

表 5 主成分分析の結果（デメリット）

主成分負荷量	主成分		独自性
	1	2	
名刺交換など人と繋がりにくい。	0.795		0.335
グループワーク時に共通認識ができていないのかが分かりにくい。	0.773		0.315
休み時間に特定の学生と雑談ができない。	0.771		0.365
非言語的なコミュニケーションが取りにくい。	0.675		0.461
目、肩などが痛くなる。	0.668		0.552
ディスカッション時に誰の発言かわかりにくい。	0.666	-0.331	0.447
ソーシャルワークの専門的スキルの獲得が難しい。	0.647		0.514
音声や映像が途切れてしまう。	0.646	0.532	0.299
休み時間に講師へ質問ができない。	0.63		0.54
対人援助のためのコミュニケーションの練習が難しい。	0.627		0.552
模造紙などを使った共同制作物が作れない。	0.469	-0.319	0.679
機器を操作するスキルが必要になる。		0.812	0.305
ネットワーク、端末などの環境整備が必要になる。	0.485	0.748	0.206

注. 「回転なし」の結果です
0.3以上のみ表示

表 6 望ましい授業方法別に見た主成分得点（メリット）

正規性検定（シャピロ=ウィルク）

		W	p
主成分得点		0.943	0.031

注: 小さなp値は正規性の前提が満たされていない可能性を示します

対応なし検定

		統計量	自由度	p	平均値 の差	差の 標準誤差
主成分得点	ウェルチのt	-4.47	30.1	<.001	-1.16	0.26
	マン=ホイットニーのU	77		<.001	-1.04	

グループ統計量

グループ		N	平均値	中央値	標準偏差	標準誤差
主成分得点	対面方式	20	-0.633	-0.458	1.02	0.227
	全部・一部オンライン方式	24	0.527	0.636	0.615	0.125

表 7 望ましい授業方法別に見た主成分得点（デメリット）

正規性検定（シャピロ=ウィルク）

		W	p
主成分得点		0.97	0.301

注. 小さなp値は正規性の前提が満たされていない可能性を示します

対応なしt検定

		統計量	自由度	p	平均値の差	差の標準誤差
主成分得点	ウェルチのt	1.37	41.9	0.179	0.404	0.296
	マン=ホイットニーのU	184		0.193	0.39	

グループ統計量

グループ		N	平均値	中央値	標準偏差	標準誤差
主成分得点	対面方式	20	0.221	0.188	0.914	0.204
	全部・一部オンライン方式	24	-0.184	-0.31	1.05	0.214

抽出されたメリット・デメリットの主成分得点を用いて、望ましい授業方法が「対面方式」か「全部・一部オンライン方式」（全日程オンライン方式とオンラインと対面の組み合わせ方式を合わせたグループ）の2つにグループ分けを行い、主成分得点の平均値の比較を行った（独立した2群の比較検定）。その結果、メリットの「参加しやすさ」については、全部・一部オンライン方式が望ましいとするグループが対面方式が望ましいとするグループよりも有意に高かった（表6）。デメリットの「コミュニケーションが取りにくい」については、2つのグループ間には有意な差は見られなかった（表7）。以上から、全部・一部がオンライン方式が望ましいとするグループはメリットを感じているが、一方でデメリットについては望ましい授業方法とは関係無く共通してある程度感じていると言える。

表 8 因子分析の結果（メリット）

因子負荷	因子分析		独自性
	1	2	
遠隔地からでも参加できる。	0.964		0.0417
移動のための時間がなくなる。	0.917		0.1366
感染予防に繋がる。	0.864		0.2465
宿泊費・交通費などの経済的負担が減る。	0.554	0.354	0.568
休み時間にゆっくりできる。	0.367	0.326	0.7592
メモが取りやすい。		0.985	0.0301
復習しやすい。		0.67	0.5459
対面方式と同じぐらい、もしくはそれ以上に学べる。		0.622	0.581
気楽に参加できる。	0.319	0.5	0.6485
資料が電子化されて管理がしやすい。		0.43	0.7322
講師とコミュニケーションがとりやすい。			0.9141

注：「最尤法」で抽出した因子に「バリマックス回転」を適用した結果です

要約			
因子分析	負荷量2乗和	分散説明率 (%)	累積%
1	3.19	29	29
2	2.61	23.7	52.7

4.3 オンライン方式を支持する因子

4.3.1 意見の潜在意識（因子分析）

オンライン方式（対面との併用を含む）を支持する因子を探索するために、メリット及びデメリットについてそれぞれ因子分析を行った。その結果が表 8 と表 9 である。メリットの因子 1 については「遠隔地からでも移動せずに参加できる」、因子 2 については「学びやすい」と定義した。

次にデメリットの因子 1 については「コミュニケーションが取りにくい」、因子 2 については「ICT 機器等の環境整備が必要」と定義した。

4.3.2 オンライン方式を支持する因子

因子分析の結果から抽出された 4 つの因子を規定変数とし、一部もしくは全部をオンライン方式で受講することが望ましいという意見を従属変数として、2 項ロジスティック回帰分析を行った。その結果が表 10 である。

その結果を踏まえて、メリット及びデメリットの因子と望ましいとする授業方法の関係性を示したのが図 5 である。移動せずに参加できたり、メモが取りやすく復習しやすいと感じられると、一部もしくは全部に

表 9 因子分析の結果（デメリット）

因子負荷	因子分析		独自性
	1	2	
グループワーク時に共通認識ができていないのが分かりにくい。	0.835		0.295
休み時間に特定の学生と雑談ができない。	0.723		0.424
ディスカッション時に誰の発言かわかりにくい。	0.682		0.533
ソーシャルワークの専門的スキルの獲得が難しい。	0.68		0.538
対人援助のためのコミュニケーションの練習が難しい。	0.645		0.582
名刺交換など人と繋がりにくい。	0.614	0.494	0.379
休み時間に講師へ質問ができない。	0.562		0.664
目、肩などが痛くなる。	0.52	0.301	0.639
模造紙などを使った共同制作物が作れない。	0.438		0.808
ネットワーク、端末などの環境整備が必要になる。		0.907	0.171
音声や映像が途切れてしまう。	0.346	0.7	0.39
機器を操作するスキルが必要になる。		0.685	0.502
非言語的なコミュニケーションが取りにくい。	0.47	0.49	0.539

注：「最尤法」で抽出した因子に「バリマックス回転」を適用した結果です

要約			
因子分析	負荷量2乗和	分散説明率 (%)	累積%
1	4.09	31.5	31.5
2	2.44	18.8	50.3

表 10 2 項ロジスティック回帰分析の結果

モデル係数 - method2							95%信頼区間	
予測変数	推定値	標準誤差	Z	p	オッズ比		下限	上限
切片	0.114	0.397	0.288	0.773	1.121	0.515	2.44	
因子得点 メリット1 遠隔地からでも移動せずに参加できる	1.434	0.678	2.115	0.034	4.197	1.111	15.86	
因子得点 メリット2 学びやすい	1.042	0.433	2.408	0.016	2.836	1.214	6.62	
因子得点 デメリット1 コミュニケーションが取りにくい	-0.529	0.464	-1.138	0.255	0.589	0.237	1.46	
因子得点 デメリット2 ICT機器等の環境整備が必要	-0.116	0.456	-0.254	0.799	0.891	0.364	2.18	

注：推定値は「method2 = オンライン・対面併用方式」vs. 「method2 = 対面方式」の対数オッズで表

モデル	逸脱度	AIC	BIC	R ² マク
1	43.3	53.3	62.2	0.286

オンライン方式を取り入れることが望ましいと考えるようになる。しかし、他の学習者とかと雑談やグループワークができないと感じたり、あるいは ICT 機器等の環境整備が必要な状況にあると、逆に対面方式を望ましいと考えるようになることが明らかとなった。

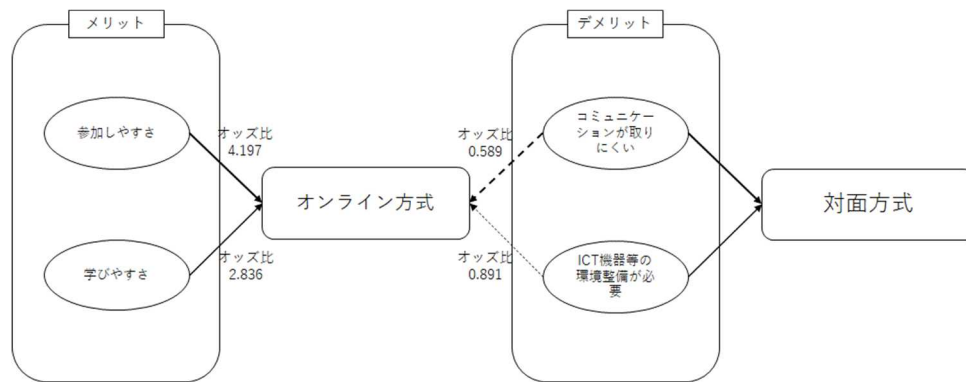


図 5 受講生の感じるメリット・デメリットと望ましい授業方法との関係

5. 考察

今回の調査結果から、相談援助演習で ICT を活用したオンライン方式で行った場合、コミュニケーション面において学習者はデメリットを感じており、コミュニケーション面で充分に取り組めていないと感じと、対面方式を望ましいと考えるようになる。オンライン方式で学ぶためには、この点をカバーする工夫が課題となると考えられる。

これを相談援助演習の教育の目的である「基本的コミュニケーション技術の習得」や「基本的な面接技術の習得」という基本的かつ重要な項目から考えると、充分に教育の目的を達成しているとは言い難い。また 2021 年度からの入学生を対象とした新カリキュラムにおいても、ソーシャルワーク演習（旧 相談援助演習）のねらいとして「ソーシャルワーク実践に必要なコミュニケーション能力を養う」ことが挙げられている点も踏まえると、新カリキュラムにおいても今回明らかとなった課題は今後も存在すると考えられる⁽¹⁰⁾。

これらから、教育の質を担保することができていたのかということに疑問が付くことにもなる。ただし、本稿における調査は対面方式とオンライン方式を両方受講した学習者が感じたメリット・デメリットと感じたことを基にして分析をしており、相談援助演習を受講したことで実際にどのような専門性が身についたかまでは十分に分析したとは言えず、従ってオンライン方式の相談援助演習は対面と同等の教育の質を担保したかどうかについては明らかにすることはできていない。そのためにはループリックを用いて学習者の学びを評価することが、次に必要であると考えられる。

6. 終わりに

今回の調査はサンプルの抽出に偏りがあり、必ずしも一般化できる結果ではない。またメリットとデメリットを尋ねる質問方式であり、ループリックを活用した学習者の学びの評価を行うことまでには至っていない。これらについては、今後の研究課題である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 19K02977 の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) 大山博幸, 北原俊一, 丸山晃, 新行内康慈, 中尾茂子, 安達一寿: “ICT を活用した福祉領域の学外実習におけるリフレクション支援と評価”, 日本教育工学会論文誌, Vol.34, pp.29-32 (2010)
- (2) 坂本毅啓, 佐藤貴之: “スマートフォンによるコミュニケーションスキル獲得を目指した教材の開発—社会福祉士養成教育における模擬面接の活用とその学習効果”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.29, No.4, pp.49-54
- (3) 東京福祉専門学校: “社会福祉士取得を目指す社会人に対する, e ラーニング活用による学びの質向上に資するプログラム開発事業 成果報告書”, 東京, (2019)
- (4) 日本ソーシャルワーカー教育学校連盟: “「新たな社会福祉士養成カリキュラムにおける教員研修のあり方に関する調査研究事業 厚生労働省令和二年度生活困窮者就労準備支援事業費等補助金社会福祉推進事業 報告書”, 日本教育ソーシャルワーク教育学校連盟, (2021)
- (5) 日本ソーシャルワーク教育学校連盟: “「感染症の拡大や災害発生時における, 持続的な社会福祉士養成教育の

在り方に関する調査研究事業」実施報告書 厚生労働省
令和三年度生活困窮者就労準備支援事業費等補助金社
会福祉推進事業 報告書”，日本ソーシャルワーク教育
学校連盟, (2022)

- (6) 保正友子: “ICT を使用したソーシャルワーク教育の現
状と課題”，2021 年度日本社会福祉教育学会第 17 回大
会発表抄録集, pp.21-22 (2021)
- (7) 畑香里, 鬼塚香, 住友雄資: “2020 年度教育実践報告:
「精神保健福祉援助実習指導」・「精神保健福祉援助実習」
ーコロナ禍における教育実践と今後の課題ー”, 福岡県
立大学人間社会学部紀要, Vol.30, No.1, pp.181-190
(2021)
- (8) 河谷はるみ, 平直子, 井手順子, 田中康雄, 田原亮司,
孔英珠, 穴井あけみ: “オンライン授業 (Moodle) にお
けるソーシャルワーク実習指導”, 西南学院大学 人間
科学論集, Vol.16, No.2, pp.81-116 (2021)
- (9) 一般社団法人日本社会福祉士養成校協会編: “相談援助
演習 教員テキスト 第 2 版”, 中央法規, 東京(2015)
- (10) 日本ソーシャルワーク教育学校連盟編: “最新社会福祉
士養成講座・精神保健福祉士養成講座 13 ソーシャル
ワーク演習”, 中央法規, 東京, (2021)

衛生的拭き取り方法の慣性センサによる検出・分類 ー公衆衛生教育への基礎的検討ー

鷲野 嘉映^{*1}, 伊藤 敏^{*2}, 井上 祥史^{*3}

^{*1} 愛知みずほ短期大学, ^{*2} 岐阜聖徳学園大学, ^{*3} 岩手大学

Detection and Classification of Hygienic Wiping Methods by Inertial Sensors -A Fundamental Study for Public Health Education-

Kaei WASHINO^{*1}, Satoshi ITOU^{*2}, Shoshi INOUE^{*3}

^{*1} Aichi Mizuho Junior College, ^{*2} Gifu Shotoku Gakuen University, ^{*3} Iwate University

In the initial stages of defending against the spread of infectious diseases, the interception of infection routes is critical. Therefore, it is desirable to teach students involved in medicine, health, and welfare how to wipe appropriate environmental surfaces. For this purpose, it is desirable to understand their own wiping operation, but objective detection is difficult. In this study, we show that the wiping state can be classified by detecting the state of wiping with an inertial sensor and by deep learning.

キーワード：拭き取り, 慣性センサ, 機械学習, 衛生教育

1. はじめに

2019 年 12 月に新型コロナウイルスによる感染症が世界保健機関 (WHO) に報告され, WHO は新型コロナウイルスを SARS コロナウイルス 2 型 (SARS-CoV-2) と命名し, SARS-CoV-2 感染症の正式名称を coronavirus disease 19 (COVID-19) と定め, 2020 年 3 月 11 日にパンデミックを宣言した. それ以降, 新たな変異株の発生もあり, COVID-19 による社会生活や経済への甚大な影響が認められる. 公衆衛生的な観点から感染症の予防は, 病原体, 感染経路, 宿主の 3 要因を考慮し, それらを順に対策をとることにより実施される. 特に感染症の蔓延を防御する初期段階においては, 感染経路の遮断が重要である. SARS-CoV-2 における経路は主に 3 つあり, エアロゾル伝播, 飛沫伝播, 接触伝播である. エアロゾル伝播, 飛沫伝播に対する予防は, マスクの着用や飛沫の飛散距離を考慮して 2 メートル以内の接触を避ける等の目に見える対策をとることである. しかしながら, 接触伝播に対しては, 日常生活を送るにあたり, 自らが接触した全ての対象物における除菌・消毒を目で確認することは困難である. また, SARS-CoV-2 の残存期間としては, エアロゾルでは 3 時間まで, プラスチックやステンレスの表面では 72 時間までの報告がある⁽¹⁾.

一方, 飲食店や給食施設などにおいても, 調理現場の衛

生管理が必須であり, 環境や食品表面の微生物汚染への対応が必須となる. 食品衛生の基本は, 清潔な施設・設備の中で食品を扱うことである.

微生物汚染のない衛生的な環境を整備するためには衛生的な拭き取りが必要となるが, 拭き取りによる清浄度は拭き取り方法によるばらつきが大きいと考えられる. 洗浄対象物・洗浄に用いる資機材が同一であった場合, ばらつきに影響を与える因子として, 拭き取り時の方向, 付加力が考えられるが⁽²⁻³⁾, 清掃者自らが拭き取り時においてそれらを認識することは困難である.

2. 目的

本研究では, 拭き取りをしている状態を慣性センサにより検出し, そのデータを機械学習することで, 拭き取り状態を分類することを試みた. 自らの拭き取り方法を客観的に認知し, 衛生的な拭き取り方法について学び, 実践するための基礎的研究である.

3. 研究方法および結果

3. 1 データ収集装置

小型マイコンモジュール M5StickC を用いて, 拭き取り方法のデータを収集した.

M5StickC は、ESP32-PICO を搭載し、M5Stack テクノロジー社が開発した、約 $48 \times 24 \times 14 \text{ mm}$ のプラスチック製ケースの中に小型ディスプレイ、バッテリー・AD 変換端子などの周辺部品を含む小型のマイコンモジュールである。内臓の慣性センサ MPU6886 の座標配置を図 1 に示す。プログラムの開発には Arduino IDE を用いた。

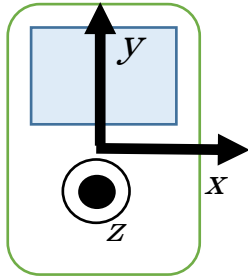


図 1. M5StickC の慣性センサ座標配置

3. 2 データ収集

M5StickC を用いて、拭き取り操作のデータを収集するにあたり、M5StickC を z 軸が上に向くように机上の置いたとき、x 軸の左から右への移動を正方向移動、z 軸の右ねじ進行方向の回転を「左回転」と定義した。

衛生的ふき取りパターンが下記のように分類されるとして、ラベル付きデータ（訓練データ・学習データ）の収集を行った。今回は、機械学習による分類が可能かどうかのプロトタイプの実験であるため、各拭き取り動作のデータ収集時間は 10 分間とした。また、ラベルのないテストデータとしては、同じパターンでの拭き取りを 3 分間実施した。

1. 左右にふき取り：左右と略す（以下同様）
x 軸正負方向で拭き取り
2. 右から左へ方向のふき取り：左一方向
x 軸負方向移動時のみ拭き取り
3. 左から右へ方向のふき取り：右一方向
x 軸正方向移動時のみ拭き取り
4. 右回り回転拭き：右回転
z 軸反右ねじ進行方向で拭き取り
5. 左回り回転拭き：左回転
z 軸右ねじ進行方向で拭き取り

3. 3 データの概要

得られたデータを概観する。「左右」、「左一方向」および「右回転」の加速度の変化を図 2 に示した。同様に角速度の変化を図 3 に、pitch と roll の変化を図 4 に示す。

z 軸の加速度変化において、「左右」a と「右回転」c では一定値 1（重力加速度 9.8 m/s^2 を 1 に規格化）が保たれ

ている（図 2）。これは拭き取り操作の際に拭き取り面から離れないことを示している。一方で、「左一方向」b では拭き取り時の方向転換で接触面から離す必要があるため、z 軸に変動を生じている。

角速度変化では、「左右」a 動作では x 軸の回転がほとんど見られないが、片拭き取り操作である「左一方向」b では x 軸の回転が見られる（図 3）。x 軸の回転は、拭き取り方向の変換時に手首の返し操作を反映していると思われる。また、いずれの操作でも z 軸の回転が見られる。「右回転」では x、y 軸の回転が見られない。pitch, roll の変化も各拭き取り動作ごとに目視上異なる波形を示している（図 4）。しかし、目視で波形を観測し、波形からパターンを抽出することは困難である。

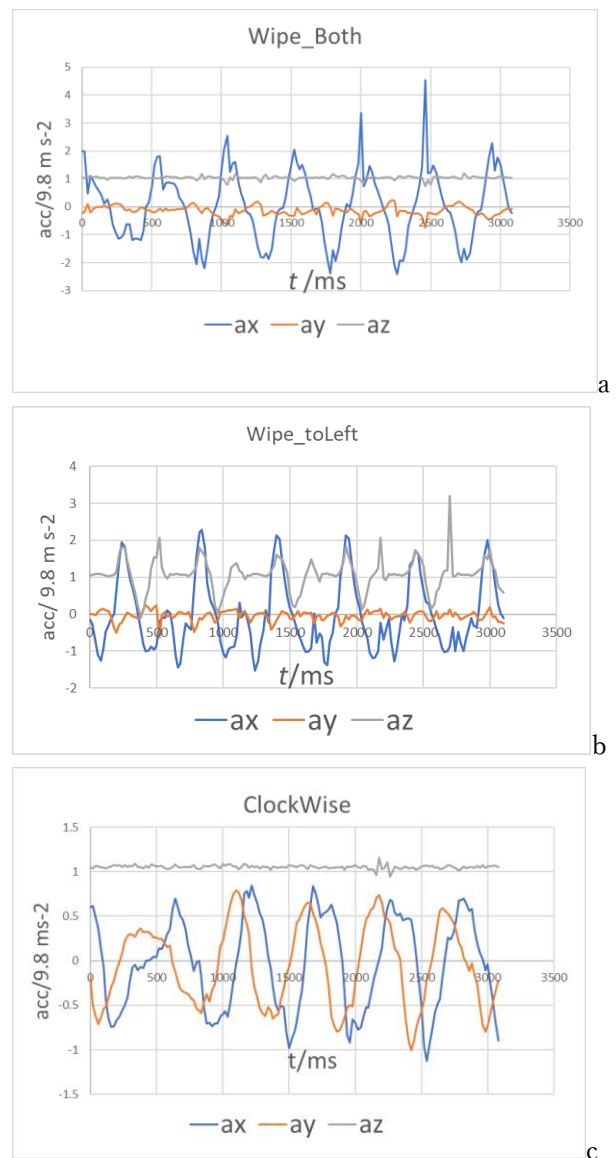


図 2. 加速度変化：a「左右」、b「左一方向」、c「右回転」

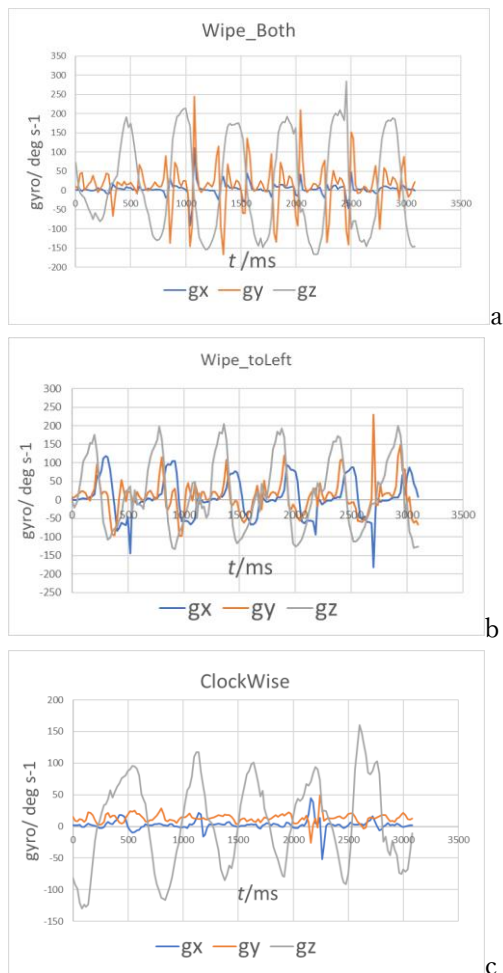


図3. 角速度変化：a「左右」、b「左一方向」、c「右回転」

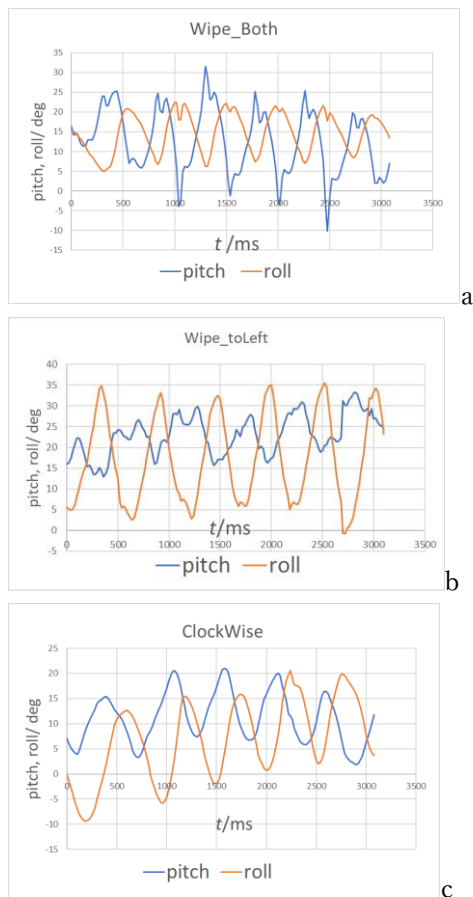


図4. pitch,roll 変化：a「左右」、b「左一方向」、c「右回転」

3. 4 機械学習による分類

先にデータを概観したように、拭き取りパターン进行分类するにはデータ構造が複雑で、単純なアルゴリズムでは分類が困難である。そこで、機械学習を用いて分類を試みた。

アルゴリズムを選択し、データの整形と特徴点エンジニアリングを行い、モデル学習をさせた後、学習成果に対する評価、すなわち得られた予測結果の検証と評価を行った。今回用いる機械学習は、「教師あり学習」に分類される。アルゴリズムは畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional Neural Network: CNN)モデルと再帰型ニューラルネットワーク (Recurrent Neural Network: RNN)の長短期記憶 ネットワーク (Long Short Term Memory : LSTM)を用いた。

最初の検討で用いた特徴点は、モジュールコンピュータ M5StickC の Inertial Measurement Unit (IMU) である MPU6886 の x, y, z 軸から得られる加速度 3 軸、角速度 3 軸、および高周波の雑音を除くため 0.3Hz の Lowpass フィルタを適応した加速度 3 軸データ、および図 4 で示したように pitch, roll が大きく変化をすることから、これらを加えた計 11 軸である。学習データの処理においては、データ収集で、動作を始める前と終わるところの前後で動作がない (スイッチ操作などのため) データを削除した。ここまでの検討を 5Activity11 特徴点 CNN モデルおよび 5Activity11 特徴点 LSTN モデルと称する。

さらに、h5 形式のモデルを Tensor Flow Lite 形式に変換した。h5 形式は、学習データとラベルのないテストデータのコンパイルで生成されるモデル情報を持ったファイルである。これにより、モデルのファイル容量が激減し、さらにこの変換により Tensor Flow Lite で推定が可能になる。

3. 5 機械学習の性能評価

機械学習に対する分類モデルについて評価した。評価は、混合行列により示した (表 1, 表 2)。5Activity11 特徴点において、アルゴリズムによる正解率を比較すると、CNN モデルは 68.7%, LSTN モデルは 100.0%であった。

CNN モデルは LSTM モデルと比べて左右両方向の拭き取りと回転運動による拭き取りを判別する精度が低いことが示された。

表 1. 5Activity11 特徴点 CNN モデル

予測 実際	左右	左一方向	右一方向	右回転	左回転
左右	32	0	0	106	0
左一方向	0	43	0	26	0
右一方向	0	0	74	0	0
右回転	0	0	0	67	0
左回転	0	0	0	0	74

表 2. 5Activity11 特徴点 LSTN モデル

予測 実際	左右	左一方向	右一方向	右回転	左回転
左右	140	0	0	0	0
右一方向	0	70	0	0	0
左一方向	0	0	70	0	0
右回転	0	0	0	69	0
左回転	0	0	0	0	74

3. 6 拭き取り動作の推定実験

構築されたモデルを用いて実際に拭き取り動作を行い、得られたデータから推定を行った。左一方向、右回転、左右、右一方向、左回転、左右、右一方向、左一方向、右回転、左回転の拭き取り操作を順に 10 秒程度行い、動作の推定を行った。なお、各動作の ID 番号を、0: 左右、1: 右一方向、2: 左一方向、3: 右回転、4: 左回転とした。

推定結果の一部を図 5 に示す。時系列順の拭き取り操作の推定結果は、拭き取り動作と比較的良好一致をしている。

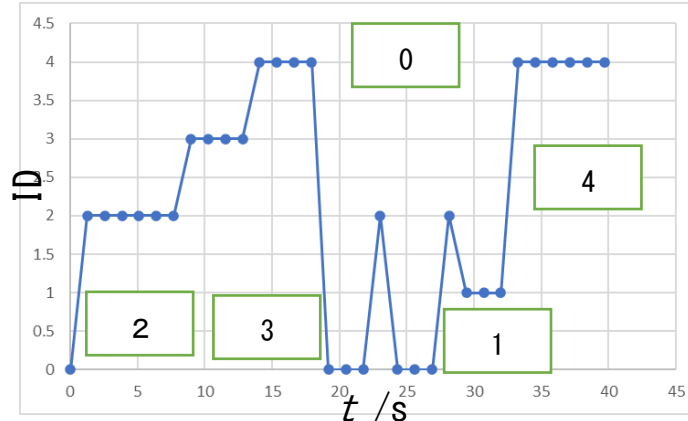


図 5. 拭き取り動作の推定

4. 考察

衛生的拭き取りの衛生教育において、自らの拭き取り方法を知り、望ましい拭き取り方法へのフィードバック教育が有効であると考ええる。

拭き取りにおいては、拭き取り対象物と拭き取るための資機材の組み合わせに拭き取り効率は異なるが、それが同一の場合、拭き取り効率に影響を与える因子として、拭き取りの方向や拭き取圧力が影響すると考えられる。

しかしながら、拭き取りの方法や圧力を拭き取りにおいて認識することは困難である。そこで、筆者らは拭き取り圧力の拭き取り効果に与える影響と、拭き取り中の拭き取り圧力を視覚的に確認可能な簡易装置の開発を試みた。⁽⁶⁾

拭き取り方向の把握においては、動画撮影を行い、その動画を見ることで、自らの拭き取り方法を確認することは可能であるが、その評価には困難を伴う。よって、本研究においては、拭き取り方法を慣性センサにより把握し、得られたデータを機械学習により分類することを試みた。

本研究におけるディープラーニングのアルゴリズムとして CNN と RNN を比較検討した。CNN は画像モデルに特化したモデルであり、RNN はデータの順番を考慮した予測を行うことでできるモデルでテキストデータなどに適応される⁽⁵⁾。本研究で用いた RNN は LSTM である。拭き取り方法の判定が容易な 5 つの拭き取りパターンで検討した結果、CNN モデルは LSTM モデルと比べて精度が低いことが示され、拭き取り動作の解析においては、データの情報前後での情報の伝わり方が制御される RNN の LSTM が望ましいことが明らかとなった。

また、実際の拭き取り動作の本アルゴリズムによる推定実験において、良好な推定結果が得られた。この結果より、学習者に「指示した拭き取り操作」を実施してもらい、その結果を図示することで、指示通りに拭き取り操作が行われたかの検証に利用可能であると考ええる。

一方で、「右回転」を一部「左回転」と推定したり、「左右」を「左一方向」と推定するなどのエラーが認められた。今回の学習データは各操作 10 分程度の学習データである。拭き取り操作の学習データ量を増やすことで推定精度向上が図れるものと思われる。

本研究において、慣性センサにより得られたデータから機械学習による分類で、典型的な 5 パターンの拭き取り方法を学習者に提示することが可能であることが示された。

衛生的な拭き取り方法において、ノロウイルス感染症対策における排泄物・嘔吐物の処理において、外側から内側に向けて静かに拭き取ることが推奨されている⁽⁷⁾。また、吐き出す方法は、注射針刺入部の消毒方法において、看護

技術の方法として、多くの看護技術系の教科書において記載されている⁽⁸⁾。そのため、掃き出しや拭き込みの動作を加えたパターン推定が必要と思われる。

本研究において、慣性センサにより得られたデータから機械学習による分類で、典型的な5パターンの拭き取り方法を学習者に提示することが可能であることが示された。この結果は、衛生教育において、学習者に対して、正しい拭き取り操作の指導に活かすことが可能であると考えられる。

謝辞

本研究の一部は、科研費(19K03178, 20K03164)および「健康」に関する研究推進(瀬木学園)による助成を受けて実施した。

参考文献

- (1) Neeltje van D., Trenton B., Dylan H.M., et al.: “Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1”, N Engl J Med, 382(16): pp.1564-1567 (2020)
- (2) 宮城和美, 吉井美穂, 金森昌彦: “高齢者施設におけるATP 拭き取り検査を用いた環境調査清掃方法による清浄度の違い”, 富山大学看護学会誌, 8(1), pp.37-46 (2019)
- (3) 小高秀正, 水落慎吾, 小沼博隆: “ふき取り検査におけるふき取る強さによる菌数の挙動に関する検討”, 日本食品微生物学雑誌.16(2), pp.131-133 (1999)
- (4) M5StickC PLUS doc.
https://docs.m5stack.com/en/core/m5stickc_plus.
(2022 年 4 月確認)
- (5) 山口達輝, 松田洋之: 解即戦力 機械学習&ディープラーニングのしくみと技術がこれ 1 冊でしっかりわかる教科書, 技術評論社, 東京 (2019)
- (6) 鷲野嘉映, 伊藤敏, 井上祥史: 計測自動制御学会教育工学研究会論文誌, 投稿中
- (7) 社会福祉施設等におけるノロウイルス対応標準マニュアル (第3版)
<https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/shokuhin/noro/files/zenbun.pdf>
(2022 年 4 月確認)
- (8) 伊東朋子, 中山晃志, 吉留厚子, 他: “エタノール湿潤度と塗擦方法の違いによる消毒効果”, 大分看護科学研究, 5(1), pp.1 - 7 (2004)

情報科教育法の履修条件にかかわる一考察（４）

波多野和彦^{*1}, 中村佐里^{*2}

^{*1} 江戸川大学, ^{*2} 尚美学園大学

Requirements to Take Courses for Teacher Training on Information

Kazuhiko Hatano^{*1}, Sari Nakamura^{*2}

^{*1} Edogawa University, ^{*2} Shobi University

It is not enough knowledge and skills on information for students in teacher training course and not enough on teaching those. Curriculum on information education for children has been changed, but not subjects on learning for students. It is hoped to provide standard knowledge and skills on Information education for teachers by JSiSE.

キーワード: 情報科教育法, 前提条件, 教科専門, 教職専門

1. はじめに

高等学校の学習指導要領改訂¹⁾を受け, 学校や教職課程の中で, 「情報Ⅰ」に沿った学習指導が始まった. プログラミング, ネットワーク, データ活用, データサイエンスなどを始めとする内容の刷新は, 情報科が新設されてから, 普通教科「情報 (A, B, C)」, 共通教科「情報 (社会と情報, 情報の科学)」という流れと異なる方向性であるとも考えられる. また, 「情報Ⅰ」を必修科目とし, 選択科目「情報Ⅱ」を積み上げる形としたことも, これまでとは異なる科目構成である.

普通教科「情報 (A, B, C)」が新設された当時から, 担当する教員の資質・能力が十分な状況にないことは知られている²⁾. ところが, その対策さえ, 十分ではない状態のまま, 現在に至っている. くわえて, 今回の学習指導要領では, より多くの内容が盛り込まれたことから, さらなる指導力向上が急務となっている.

2. 教職課程の教科専門にかかわる課題

いわゆる理系の情報科学や情報工学系の学部・学科ではなく, ビジネス系や文系に位置する情報系学部・学科の中には, 共通教科「情報 (社会と情報, 情報の

科学)」に応じた内容でさえも, 十分対応できていない教職課程もあり得ると考えられる. 実際, 筆者らは, いわゆる入試段階の偏差値が異なる幾つかの教職課程において, 情報科教育法を担当しており, そのような状況を経験している.

2019 年から開始された新しい教職課程³⁾のために教職科目のコア・カリキュラムが示された際, 全国の教職課程に対する再課程認定 (養成にかかわる教員や実施内容の審査) が行われた.

ところが, 今回の学習指導要領改訂で, 情報系科目の新設とも言える状況にもかかわらず, 対応する教職課程にかかわる専門科目の内容構成 (カリキュラム), 並びに, 担当する教員にかかわる審査は実施されていない. すなわち, 情報科担当教員の養成段階では, 学習指導要領の改訂に対応する専門領域の改訂は自助努力となっている.

さらに, 従来からの問題として, 例えば, 国語科, 社会科, 英語科など, いわゆる文化系教科の免許が, 中学校及び高等学校を主備範囲としているのに対し, 情報科の場合, 高等学校及び専門高校の内容をカバーしなければならない. この点が, 主に文化系教科中心に構成される教職課程のスタッフには理解されにくい

状況を生んでいる。これは、中学校段階で「情報」にかかわる内容が、技術・家庭科の技術領域に含まれていることから、技術と情報の両方を同時に取得できる教職課程が（恐らく）多くないことも影響していると考えられる。

その対応として、例えば、情報科教育法を受講する前提条件として、IT パスポート、基本情報技術者などの資格取得を科すことが考えられる。これは、英語科における英検などの目標水準を示すことに似ており、経験的に教職課程のスタッフにも受け入れられやすい。しかし、その前提条件を満たすことができない受講者も多いのが現実である。

先述のように、実際のカリキュラム上、教科専門の知識や技能の水準が十分ではない場合、文部科学省の高等学校情報科に関する特設ページ（高等学校情報科「情報Ⅰ」・「情報Ⅱ」教員研修用教材）⁴⁾ ⁵⁾ を参考にしたり、放送大学の情報系番組を視聴したり、専門書等で（自ら）学んだりすることで、情報科の担当教員としての資質能力を向上することは不可能ではない。しかし、前提条件とする資格の取得さえままならない受講者が、独力で、教科専門の知識や技能を修得することは容易ではないことは明らかであろう。この点は、働き方改革の問題を抱えている現職教員でも同じ状況にあることは容易に推測できよう。

3. 教職科目にかかわる課題

例えば、プログラミング（的思考）を教えることを考えてみると、プログラミングそのものの難しさだけではなく、教えることにかかわる難しさが加わることが知られている⁶⁾。すなわち、自らが内容を理解することと、その内容をより良く教えることができることには、大きな隔たりがある。

一般に、教科教育法の授業は、教職概論、教育方法及び技術、教育課程編成などを受講した後、教育実習に出向く前段階の3年次あたりに履修することが多いと思われる。これは、教えることにかかわる大まかな知識を身につけた上で、より具体的な教科の指導法を学ぶ位置づけである。すなわち、教科教育法の履修時には、学習指導要領や教科書の位置づけ、年間の指導

時間数、目標と評価など、授業を設計するための基礎知識は修得済みのはずである。

ところが、具体的な授業を設計する段階になると、教科専門だけでなく、“教える”ことにかかわる知識や技能などが不足していることを認識するようになる⁶⁾。すなわち、教科教育法以前に、授業を設計するための動機付け、目標と評価、誤答分析、教授学習過程などの基礎知識の定着が不十分であることの現れであろう。

4. おわりに

情報科教育法担当の試行錯誤に基づき、対応すべき課題を述べた。教える内容について、大きな見直しが行なわれたにもかかわらず、教職課程のカリキュラムや内容水準などに対する具体的な見直しが積極的には行われない以上、情報教育を担当する教員の資質能力を向上するためにも、学会などが、基準となる知識や技能などを示し、組織的な研修の実施が望まれる。

参 考 文 献

- (1) 西端律子：高等学校教科「情報」教員養成の実際、情報処理 52(7)July, pp.868-873 (2011)
- (2) 文部科学省平成 29・30・31 年改訂学習指導要領（本文、解説）、
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htm (2022 年 6 月 18 日確認)
- (3) 文部科学省「平成 31 年度から新しい教職課程が始まります」
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoin/1414533.htm (2022 年 6 月 18 日確認)
- (4) 文部科学省教職員研修資料 Web サイト集～学び続ける教職員のみなさまへ～
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kenshu/mext_00809.html (2022 年 6 月 18 日確認)
- (5) 文部科学省高校情報科に関する特設ページ
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1416746.htm (2022 年 6 月 18 日確認)
- (6) 中村佐里，三尾忠男，波多野和彦：プログラミング的思考の指導に向けた授業展開の実践，日本情報科教育学会第 18 回研究会報告書，pp.30-33 (2022)

遠隔 Bereavement Care における共感成立過程の 解明に向けたマルチモーダル情報分析ツールの検討

福岡 克也^{*1}, 林 佑樹^{*2}, 瀬田 和久^{*2}, 内藤 泰男^{*3}, 松下 由美子^{*4}

^{*1} 大阪府立大学大学院 人間社会システム科学研究科

^{*2} 大阪公立大学大学院 情報学研究科

^{*3} 大阪公立大学大学院 リハビリテーション学研究科

^{*4} 甲南女子大学 看護リハビリテーション学部

A Study of Multimodal Information Analysis Tools for Understanding the Empathy Establishing Process in Remote Bereavement Care

Katsuya FUKUOKA^{*1}, Yuki HAYASHI^{*2}, Kazuhisa SETA^{*2},
Yasuo NAITO^{*3}, Yumiko MATSUSHITA^{*4}

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

^{*2} Graduate School of Informatics, Osaka Metropolitan University

^{*3} Graduate School of Rehabilitation Science, Osaka Metropolitan University

^{*4} Faculty of Nursing and Rehabilitation, Konan Women's University

超高齢化社会の到来に伴い、家族との死別機会も増加し、遺族のケアも益々重要になってくる。本研究では遠隔での遺族ケアに焦点をあて、必ずしも対面環境と同様とは限らない「共感」の成立過程の一端を解明し、遠隔看護実践に資する知見を見出すことを目的としている。この第一段階として、本稿では遠隔ケアの現場で収録された遺族と看護師のマルチモーダル対話情報を用いた共感分析のための分析ツールを検討する。

キーワード: 遠隔ケア, Bereavement Care, 共感, マルチモーダル情報, 分析ツール

1. はじめに

超高齢化社会に引き続く「多死社会」の到来により、身近で頻発するライフイベントとして、家族との死別体験が増加している。残された者はその別れの悲しみから病に至ることも少なくなく、遺族の心のケア (Bereavement Care) がますます重要になっている⁽¹⁾。Bereavement Care とは「死別による喪失体験からの回復を促すケア」を指し、我が国では医療や介護の専門職者が遺族と共に故人を偲ぶ、対面型のコミュニケーションによる介入が一般的である。中でも、家族と共に在宅看取りを行った訪問看護師による

Bereavement Care は病的な悲嘆の早期発見につながる有意義な取り組みであり、死別後に引き起こされる遺族の疾病を予防し、遺族の人生や生活の質 (QoL: Quality of Life) の向上や医療費削減の観点からも早期普及が求められている。

密接で継続的なコミュニケーションが求められる Bereavement Care を、慢性的な看護師不足や感染症のパンデミックの影響下でもより多くの遺族に提供するため、遠隔コミュニケーションツールなどを活用した遠隔型のケアが持続可能な手段として有望視され始めており、その実現に向けた仕組みや方法論の整備が求められている⁽²⁾。

本研究ではこうした遠隔環境で実施される Bereavement Care を対象として、看護実践において重要な要素である「共感」に注目する。ケアの場で求められる「共感」は単なる一般的なコミュニケーションにおける相手の気持ちの理解に留まらず、繰り返される情動的交流によって達成される「想いの共有感」が傷ついた相手の心を癒す、というケアの本質が込められている。対面での Bereavement Care に熟練した看護師は、遺族と共にする場所やものをも共有することで共感的関係を築く。しかし、それらの共有行為はネットワーク上に再現することが難しいことも多く、対面型と同様なケアを実施できるかも定かではない。

そこで本研究では、遺族が看護師と共に故人を悼むことができる場を共感成立の立場からネットワーク上に構築するための知見を見出すことを目的とする。その第一段階として本稿では、ケア現場の様相を捉えるために遠隔環境下で取得した看護師、遺族のコミュニケーションのマルチモーダル情報（各種非言語情報や生体情報、言語情報）を手掛かりに、遠隔 Bereavement Care における共感成立過程の解明に向けたマルチモーダル情報分析ツールを検討する。

2. 遠隔 Bereavement Care 知の共創フレームワーク

2.1 遠隔 Bereavement Care 知共創の必要性

前提として、本研究では遠隔 Bereavement Care を看護師と遺族が離れた場所から遠隔コミュニケーションツールを使用して対面で会話する状況を想定している。

Bereavement Care に熟練した看護師は、視覚・触覚・聴覚など多様な感覚（モダリティ）を扱う心的交流の技<わざ>を駆使して相手との共感的関係を築いていく。典型的には、面談に使用する部屋の明るさ、温度、香りといった場のセッティング、自身と相手の座席位置や距離、目線の高さといった物理的関係の調整を試みることがある。こうした取り組みは、心安らぐ時空間を演出して共有するなど、ケアサービスの提供者（看護師）と非提供者（遺族）という非対称な関係としてではなく、同等の立場で死者を悼む共感的立場として対話を試みるといった意図がある。

本研究の目指す遠隔 Bereavement Care においても、こうした技の発揮による共感関係の構築を指向した対話が望まれるものであり、ノウハウを蓄積していくことが重要となる。このとき、場のセッティングや座席位置、目線の調整といった対面での Bereavement Care の典型的ノウハウは、同一時空間の共有を前提としたものである。したがって、カメラ越しで物理的な時空間を共有しないが故に対面とは利用可能なモダリティの異なる遠隔 Bereavement Care では、共感の成立過程や共感関係の構築のために看護師に求められる技においても、これまでとは異なる遠隔環境特有の過程・ノウハウを解明、共創していく必要がある^③。

しかし、「心理的なケアは対面でこそなされるべきであり、遠隔環境でなされる情動的交流は対面環境のそれよりも質的に劣る」という風評による妨げもあり、情報通信技術を介した遠隔ケアは十分に浸透しておらず、遠隔ケアにおける共感成立に関する知見を積み上げる概念的・技術的基盤も整備されていない。

それゆえ、経験豊かな看護師が情報ネットワーク上で駆使する多様なモダリティを扱うケア行為と、遺族の心理状態の変化（いかにして共感が成立するか）を対応づけながら慎重に分析し、遠隔 Bereavement Care の知見を積み上げていくことが肝要である。

2.2 遠隔ケア知の蓄積を支えるツールの開発と役割

遠隔 Bereavement Care においてそれぞれの要素がどのようなモダリティの活用を通じて実現されているかを明らかにすることで、遺族と共感し関係を構築する看護師の技（暗黙知）を、学習・訓練によって部分的に習得可能な技術とし（暗黙知の形式知化）、看護師達がこの技術を手がかりに技を習得すること（内面化）が期待できる。

このような着想から本研究では、遠隔 Bereavement Care 知（図 1(b)）の蓄積のための看護師らによる議論（図 1(d-2)）の支援を目掛けた、マルチモーダル情報分析ツール（図 1(a)）を検討する。

一方で、看護師にとって「どのようなときに、どのような情報が重要で、何に着目するか」は暗黙知であるため、分析結果（図 1(c)）として何をどのように提示すればよいかを、現段階であらかじめ列挙し尽くすことは根源的に不可能なことである。そのため、看護

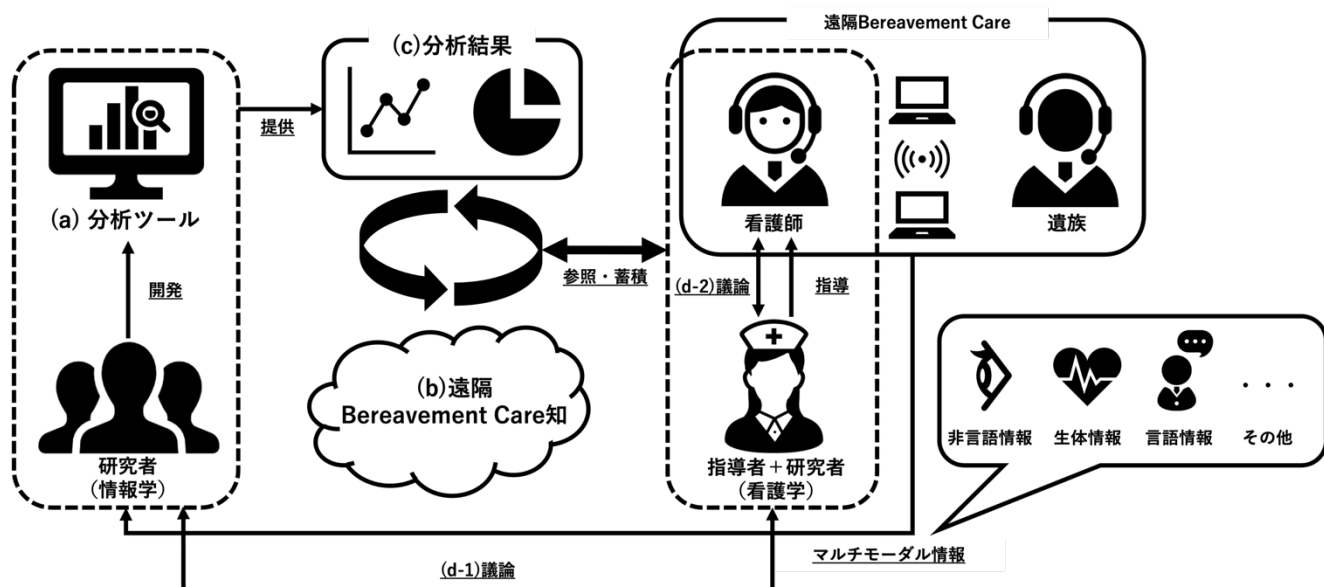


図 1 遠隔 Bereavement Care 知の共創フレームワーク

師と分析ツール開発者とのコミュニケーション（図 1(d-1)）を通じて、暗黙知の解明に向けた道具立てについても継続的に検討し、分析ツールを洗練していくことが求められる。また、ツールが提供する定量的な分析結果のみでケア行為の良し悪しや参加者の感情状態を正確に捉えることは難しい。そのため本研究の枠組みにおいては、システムによる分析のみならず指導者らによる質的な分析（図 1(d-2)）も同時並行的に進めながら、この分析を補助するような情報を提供するための機能も併せて検討していく。

3. 共感成立に関わるマルチモーダル情報

本研究では、遠隔 Bereavement Care における共感成立の過程に関わるマルチモーダル情報を、コミュニケーションに関するデータ種別の典型的な区分である、言語情報・非言語情報・生体情報の 3 つの観点から捉え、それぞれの関係を分析する。それらの各観点から本稿で扱うデータの具体例を表 1 に示す。

3.1 非言語情報

同時に発話する、同様の姿勢をとる、といった発話・姿勢の同期現象や、模倣し模倣されるという行為が情動的共有である共感に繋がることが示唆されている⁽⁴⁾。こうした同期現象・模倣の対象となるコミュニケーションシグナルとして、目線や身振り、表情、発話に伴うパラ言語情報といった非言語情報は典型的であり、これらの多様なモダリティの同期箇所を同定すること

表 1 着目するマルチモーダル情報

非言語情報	視線，対話映像，音声
生体情報	心拍・呼吸リズム
言語情報	会話録，インタビュー

が、遺族の心理状態の変化、ひいては共感している対話区間やその成立過程を特定する有望な手掛かりとなりうる。

そこで、Bereavement Care の場における遺族と看護師それぞれの身振り、目線、表情、沈黙などの非言語な振る舞いを扱うことを考える。遺族と看護師のインタラクションで観測される非言語情報を抽出し、それらの同期タイミングに基づき共感成立過程を特定する手立てとする。加えて、共感の成立に関わる大きな要因として、情動伝染があげられる⁽⁵⁾。感情を表現するために非言語情報は重要な役割を担うが、遠隔環境ではカメラやマイクが伝達する情報に制約がかかるため、相手の感情状態を非言語的な情報を手がかりに汲み取ることが対面よりも相対的に難しい。一方で、表情は互いの感情状態を認識する重要な手がかりとなる⁽⁶⁾⁽⁷⁾ことから、遠隔ケアにおいては遺族－看護師の表情変化情報を手掛かりに、情動伝染が起きた場面、つまりは情動的共感が発生した箇所・状況を推測できると考えられる。本研究では参加者の感情状態を捉えるための情報として表情に注目する。

さらに、話者の音声に含まれるパラ言語を分析することは、ケア行為としての音声変化や参加者の感情を推定するための手がかりとなる⁽⁸⁾。パラ言語とは、話

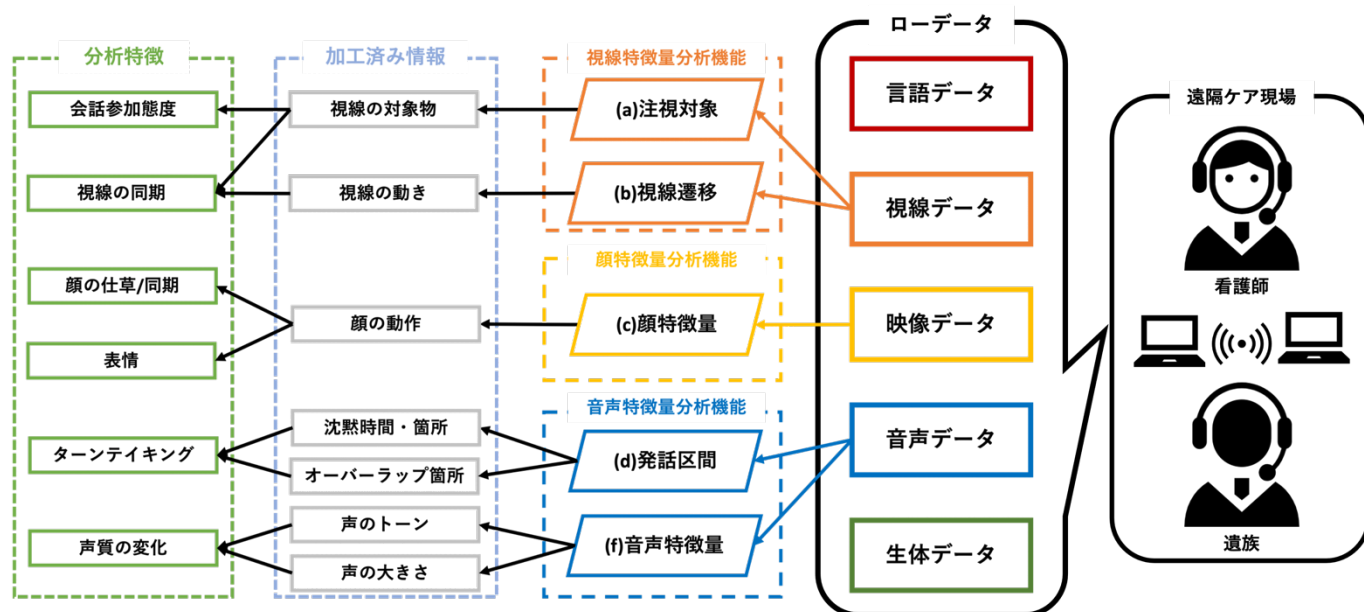


図2 本ツールの各機能と各ローデータの処理過程

し手が聞き手に伝える伝達情報のうちイントネーション、リズム、ポーズ、声質といった、言語情報を補助ないしは変容するために話者が意図的に生成する情報で、「音声言語に付随して伝達される話者の意図・心的態度あるいは感情を含む情報」と定義される⁽⁹⁾。

3.2 生体情報

生理学分野では、例えば発声がオーバーラップしている時に心拍リズムの同期性が高くなり、共同で課題をこなす経験が二者の行動の同期現象を高めるだけでなく、脳活動にも影響を与えることが示唆されている⁽¹⁰⁾。こうしたことを考慮すると、身体的同期現象の背景には、それに随伴して起こる外界からは捉えられない生理的状态の変化が生じており、生体リズムの同期性が共感の成立過程の一端を捉える有望な手掛かりとなる可能性があると考えた。

3.3 言語情報

非言語情報や生体情報だけで、共感が成立しているか同定することは難しい。やり取りされる具体的な会話内容（言語情報）を組み合わせることができれば、会話文脈を踏まえた解釈へと持ち上げられる可能性がある。そこで、ケア実行時の会話録や実施後の看護師へのインタビュー等を参照することで、参加者に何らかの情動的变化が見られた箇所の会話コンテキストや参加者の意図を加味した共感成立過程の分析の手掛かりとする。

4. 各モダリティの分析ツールの開発と目的

3章で述べた遠隔 Bereavement Care における共感成立過程の分析特徴を扱うマルチモーダル情報分析ツールを開発する。図2に本ツールの各機能と各ローデータの処理過程を示す。非言語情報、生体情報、言語情報の全てを扱えるようにすることを目指しつつ、本稿ではその第一段階として非言語情報に焦点を当て、3.1節に示した非言語情報に関する分析特徴の観点とツールの設計方針を述べる。ツールの各機能のプログラム作成に仕様した言語は Python (3系) + 各種ライブラリを採用した。

4.1 視線情報分析機能

注視対象の提示（図2(a)）：

Bereavement Care の文脈におけるコミュニケーションでは、参加者が画面内の何を注視しているか？という情報が、共感の成立箇所の目印として有意な指標となると考えた。例えば、看護師が遺族（が話している内容）に対して特に関心を示す状態の時に共感関係が成立する可能性が高いため、看護師は遺族の発話に対する関心を態度で見せることで遺族との共感関係の構築を図ることが考えられる。より具体的には、遺族が思い出の品（例。花瓶）など、画面内の物体を題材に発話している場合、その物体を注視することで、共感を態度で示す可能性がある。この場合、看護師の

視線の先が一定以上の時間、画面内の特定の物体に留まることになる。したがって、逆説的に、視線の停留先を捉えることが、共感の成立箇所の同定や、その成立過程の解明に寄与すると考えられる。

そこで本機能では、視線座標データに基づき、ある時間で何を注視していたかを特定・提示する。必要な入力として、遺族－看護師の視線座標データと対話相手が表示された画面を収録した映像データ(ケア動画)を用いる。映像データの解像度に基づき、視線座標データの X,Y 座標が記録されている。環境に配置された静的なオブジェクトを認識対象として、配置されている範囲、例えば(花瓶 = $(100 \leq x < 300) \text{ and } (1000 \leq y < 1500)$)のように定義する。任意の時間において、この範囲内に視線座標が含まれる場合に該当するオブジェクトを注視対象として出力する。現在、オブジェクトの座標設定は人手で決定している。

視線遷移の提示(図 2(b)):

視線の同期性を検出することを目的として、本機能では、視線座標データをもとに看護師と遺族の双方の視線移動の軌跡をグラフにプロットしアニメーション表示する(図 3)。ケア中の任意の時刻間を切り取って、その時刻間における参加者同士の視線の軌跡を重ねて表示することで、どのタイミングで視線が同期したのかを視覚的に確認できるようにしている。また、本機能は内部に視線遷移に関する座標データを保持しているため、その遷移プロセスの類似度などを算出することもできる基盤としてデザインしている。

4.2 顔特徴量分析機能

顔特徴量の提示(図 2(c)):

内的な感情が外部観測可能な情報として顕在化しや

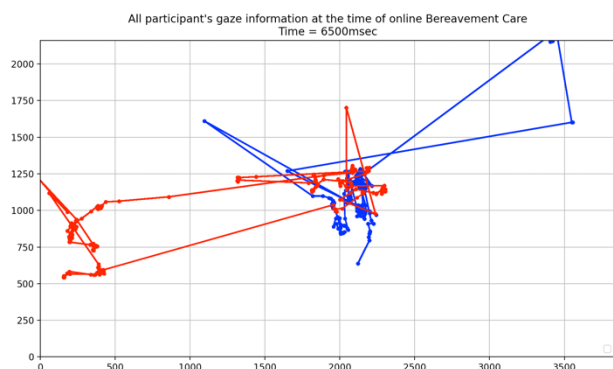


図 3 視線に着目した分析のための情報提示例

すい顔の情報に基づいて、表情筋レベルでの物理的な変化や、遺族－看護師間での感情の同期性などを分析することに目掛けて、本機能では、遠隔ケア参加者の対話中の顔特徴量を分析・提示する。

例えば、看護師が相手へ共感を示すための動作として、穏やかな表情をするように意識的に眉を上げることがを心がけていた場合、顔特徴量を用いることでそうした行為がなされた箇所の絞り込みや、任意の区間で相手にも同様の反応が生じていたといった同期現象を分析するための特徴として利用できる。

こうした分析を可能とするために、取得した映像データから OpenFace⁽¹¹⁾を用いて顔の特徴量を取得する。OpenFace は顔の動作を分析するための FACS⁽¹²⁾(顔面動作符号化システム)を含んでおり、映像データ上の人間の顔画像から 68 の特徴点を捉え、これを用いて取得した Action Unit(以下 AU)と呼ばれる表情動作の最小単位を出力することができる。表 2 に AU の一部を示す。

本機能では、共感成立のきっかけになりうる感情を分析対象とするために、OpenFace により抽出した AU を活用し、特定時刻における参加者の表情がどのような感情を表すものかを推定・提示する機能を備えている。表情の裏に隠れている感情は怒り、嫌悪、恐怖、喜び、悲しみ、驚き、軽蔑、中立に大別されるという知見に基づき、取得した AU を入力として、それらの組み合わせから表情が表す感情を出力する。

AU の組み合わせと対応する表情は表 3 のルール⁽¹³⁾を採用している。このような表情決定ルールは複数のパターンが想定されうするため、本機能では、唯一のルールをプリセットとして提供するのではなく、分析ツールの利用者が任意の AU の組み合わせと表情を対応づけられる仕様とした。ただし、本研究で扱う Bereavement Care 中では、熟練の看護師による怒りや軽蔑などの感情を発現させないように注意したケア行為が行われることを想定しており、推定精度を高めることを目的として、一部の感情の推定をルールから除外する措置を採っている。

4.3 音声情報分析機能

発話区間の提示(図 2(d)):

会話の主導権が入れ替わるメカニズム(ターンテイ

どの特徴量をグラフとして視覚化している。

表 2 AU 番号と対応する顔の動き⁽¹³⁾

AU 番号	AU の部位・動作
1	眉の内側を上げる
2	眉の外側を上げる
⋮	⋮
6	頬を持ち上げる
12	唇の両端を引き上げる
25	顎を下げずに唇を開く

表 3 AU の組み合わせと対応する表情⁽¹³⁾

表情	AU の組み合わせ
Angry (怒り)	4 + 5 + 15 + 17
Disgust (嫌悪)	1 + 4 + 15 + 17
Fear (恐怖)	1 + 4 + 7 + 20
Happy (喜び)	6 + 12 + 25
Sadness (悲しみ)	1 + 2 + 4 + 15 + 17
Surprise (驚き)	1 + 2 + 5 + 25 + 27
Contempt (軽蔑)	14
Neutral (中立)	0 (AU 反応無し)

キング) と会話参加者の心的状態の変化の関連を分析できるようにするために、音声データから沈黙箇所・時間、オーバーラップ箇所などを抽出する。

具体的な処理としては、例えば、「3 秒以上連続して 20dB 以上の音声が発見されない場合、その区間を『沈黙箇所』とする」、といった検出条件を予め設定しておく、入力された音声波形データに適用することで、沈黙箇所(無声区間)、オーバーラップ箇所などを検出し、発見区間にラベリングした結果を出力する。

音声特徴量の提示 (図 2(e)) :

看護師がケア行為として意図的に声色を変化させた箇所が、それに続いて訪れる遺族の感情変化への有力な手掛かりとなる⁽¹⁴⁾。そこで本機能では、遠隔ケアの中で交わされるパラ言語を抽出するため、取得した音声データに対して、スペクトル解析を適用する。スペクトル解析では、時系列データを周波数データに変換し、音声波形を周波数とその発見頻度に変換することで、「一定区間以上高い周波数の音声が流れ続けている」といった、音声に含まれる特徴量を抽出することを可能としている。

本分析ツールにおいては Python の数値計算用モジュールである NumPy⁽¹⁵⁾を用いて音声処理の数値計算(フーリエ変換)を施し、音声の波形データや頻度な

4.4 分析結果の重畳プロット機能 (図 4)

実際の分析においては、計算機が出力した結果を人目で確認し、意味を解釈していく必要がある。ここではケア指導者が理解しやすい情報提示(可視化)が求められる。そこで本章で説明した各機能の出力を、ケア動画に重畳する形で表示する機能の実装を進めている。具体的には、任意の参加者の注視箇所/物、相手の表情、音声情報などを任意に選択できるようにし、これにより、熟練看護師同士が遠隔 Bereavement Care においても有効なケア行為について場面ごとの特徴量に着目しながら議論できるインタフェースを検討している。

さらにケア動画の各場面における遺族-看護師の各非言語情報の発見状況や言語データの会話録(書き起こし)の時系列的変化を捉えた分析を実現するために、音声データの各時間区間に対して、そこで発見した現象をテキストメタデータとしてアノテーションする機能を検討している。より具体的には、よく知られた音声データへのアノテーションツール ELAN⁽¹⁶⁾に対応したデータを出力できるようにすることで、柔軟な分析環境の実現に繋げることも検討している。

5. 真正な遠隔ケア状況におけるデータ取得

本章では、図 1 の共創フレームワークにおける真正な遠隔 Bereavement Care の実践内容および、これを通じて得られたマルチモーダル情報(図 1(a)の入力情報)を説明する。

なお、本遠隔ケアの実施については共同著者の所属組織の倫理審査委員会の承認を得ている。

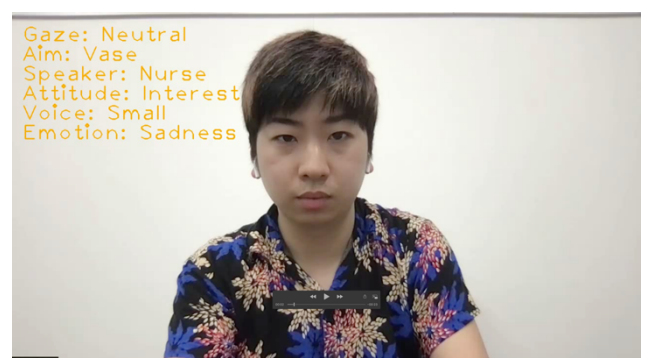


図 4 分析支援動画

5.1 遠隔 Bereavement Care 環境

図5に遠隔 Bereavement Care の対話環境を示す。遺族宅にて、遺族と看護師(訪問看護サービスに従事)が別室に分かれた準遠隔環境を設定した。看護師、遺族それぞれはアイトラッカーを接続したノートPCを使用し、Web 会議システム (Zoom) を用いて接続を行った。ディスプレイには相手のカメラ映像のみを全面表示し、自身のカメラ映像は非表示とした。対話前には、アイトラッカーのキャリブレーションを行い、遺族・看護師ともに心拍データを取得するためのウェアラブル型心拍センサーおよび、ワイヤレス型の小型マイク付きイヤホンを装着してもらった。対話時にはPCの画面録画・音声を録音した。加えて対話後には、看護師にインタビューを行った。

なお、遺族の事情を最優先し、本研究の遂行が真正なケアのプロセスを乱すことがないように十分に留意した上で実施した。

5.2 取得したマルチモーダル情報

遠隔ケアの実施時間は45分程度であった。アイトラッカーによって任意の時間における画面上の視線座標のローデータやそれを元に計算された視線ヒートマップ、固視 (fixation) や急速眼球運動 (saccade) といった眼球運動に関する詳細な視線情報を欠落なく計測できていた。また、対話時の画面録画・音声情報も途切れることなく取得できていた。

心拍センサーからは、生体データをなす心拍・呼吸リズムを取得できていた。これより、心拍間隔が長くなったなどの心拍変動に関する情報を確認することができる。加えて、リラックスあるいはストレス状態を推定する自律神経バランス値も取得できていた。

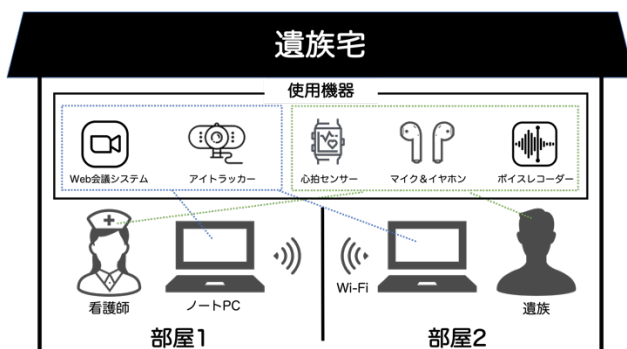


図5 遠隔 Bereavement Care 環境

ケア実施時の動画を参考に、会話内容を書き起こした会話録および、ケア実施後の看護師に対するインタビュー録音音声(どこで強く共感したと思うか?など)を文字起こしたテキストデータも取得した。

開発を進めている分析ツールを用いた詳細な分析は今後の課題であるが、真正な遠隔 Bereavement Care 現場においてマルチモーダル情報を取得した前例はなく、問題なく45分にも及ぶ各種データを計測できたことは大きな価値があると考えている。

6. おわりに

本研究では、遠隔 Bereavement Care 知の共創フレームワークを論じ、共感成立過程の解明を目指したマルチモーダル情報の分析ツールを検討した。

遠隔ケアは未だ発展途中の段階にあり知見を慎重に積み上げてゆく必要のある分野である。本ツールは研究者と現場の看護師による遠隔 Bereavement Care 知の共創を下支えする提案として位置づけられる。

今後の課題として、5章で取得したマルチモーダル情報を手掛かりに、分析ツールを用いて共感成立に関する仮説の立案・検証を推し進め、看護師の方々と議論を重ねながら分析ツールを洗練してゆく予定である。

参 考 文 献

- (1) Wagner, B., Rosenberg, N., Hofmann, L. and Maass, U.: “Web-based bereavement care: a systematic review and meta-analysis”, *Frontiers in psychiatry*, 11, 525 (2020)
- (2) 前原なおみ, 仲宗根洋子, 新垣利香, 吉川千恵子: “テレナーシング (遠隔看護) に必要な能力-4つの文献から”, *沖縄県立看護大学*, 5, 73-79 (2004)
- (3) Hudson, P., Hall, C., Boughey, A. and Roulston, A.: “Bereavement support standards and bereavement care pathway for quality palliative care”, *Palliative & supportive care*, 16(4), 375-387 (2018)
- (4) 鈴木裕子: “身体的コミュニケーションとしての模倣に関する論考”, *研究紀要*, 29, 119-133 (2007)
- (5) Pfeil, U. and Zaphiris, P.: “Patterns of empathy in online communication”, *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 919-928 (2007)
- (6) 片山夏果, 片山順一: “共感性と表情認知の関係について”, *人文論究*, 70(3), 77-88 (2020)
- (7) 井藤寛志, 中根志穂美: “表情認知における共感性の影響”

- 響”, 認知科学, 19(2), 200-208 (2012)
- (8) 井上京子, 小松万喜子, 窪田美名子: “対人場面において看護学生が着目する送り手のメッセージ手段”, 日本看護学教育学会誌, 15(3), 1-11 (2006)
- (9) 森大毅, 相澤宏, 粕谷英樹: “対話音声のパラ言語情報ラベリングの安定性”, 日本音響学会誌, 61(12), 690-697 (2005)
- (10) Yun, K., Watanabe, K. and Shimojo, S.: “Interpersonal body and neural synchronization as a marker of implicit social interaction”, Scientific reports, 2(1), 1-8 (2012)
- (11) Baltrusaitis, T., Zadeh, A., Lim, Y. C. and Morency, L. P.: “Openface 2.0: Facial behavior analysis toolkit”, 2018 13th IEEE international conference on automatic face & gesture recognition (FG 2018), 59-66 (2018)
- (12) Ekman, P. and Friesen, W. V.: “Facial action coding system”, Environmental Psychology & Nonverbal Behavior (1978)
- (13) Lucey, P., Cohn, J. F., Kanade, T., Saragih, J., Ambadar, Z. and Matthews, I.: “The extended cohn-kanade dataset (ck+): A complete dataset for action unit and emotion-specified expression”, 2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition-workshops, 94-101 (2010)
- (14) 門谷信愛希, 阿曾弘具, 鈴木基之, 牧野正三: “音声に含まれる感情の判別に関する検討”, 情報処理学会研究報告音声言語情報処理 (SLP), 37-42 (2000)
- (15) Van Der Walt, Stefan, S. Chris Colbert, and Gael Varoquaux: “The NumPy array: a structure for efficient numerical computation”, Computing in science & engineering, 13(2), 22-30 (2011)
- (16) Borovanský, P., Kirchner, C., Kirchner, H., Moreau, P. E. and Ringeissen, C.: “An overview of ELAN”, Electronic Notes in Theoretical Computer Science, 15, 55-70 (1998)

MOOC プラットフォーム edX 上で獲得される 学習データの可視化基盤の構築

森村 吉貴^{*1}, 横山 慎^{*1}, Isanka Wijerathne^{*1}, 岡本 雅子^{*1}, 酒井 博之^{*1}

^{*1} 京都大学

Construction of Visualization Framework of Learning Data provided by edX MOOC Platform

Yoshitaka Morimura^{*1}, Makoto Yokoyama^{*1}, Isanka Wijerathne^{*1},

Masako Okamoto^{*1}, Hiroyuki Sakai^{*1}

^{*1} Kyoto University

京都大学は 2013 年より MOOC の提供プラットフォームである edX に加盟し 2014 年から講義を提供している。edX のプラットフォームでは講義提供者は評価に利用する成績情報と利用しないログ情報が取得できるため、これらの情報を統合することで学習の分析に用いることができると考えられるがその方法は確立されていない。筆者らはそのような分析を行うための前準備として学習者毎の成績情報とログ情報の関係性を可視化するプログラムを Python により開発し、その機能を Jupyter notebook から対話的に呼び出す環境を構築することで、柔軟かつ再利用可能な形でデータを可視化する基盤を構築した。本稿ではその方法と、実際の可視化結果について報告する。

キーワード: ラーニングアナリティクス, 学習履歴分析, MOOC

1. はじめに

2012 年に Coursera や edX といった主要プロバイダの設立をきっかけとして、MOOC (Massive Open Online Courses : 大規模オープンオンライン講義) と呼ばれる新たな教育・学習形態が世界的な広がりを見せた。MOOC は大学レベルのオンライン講義をインターネットを通じて原則無償で提供するもので、一定の成績を収めた受講者には修了証が発行される場合もある。MOOC は登録すれば誰でも受講できるため、世界中から数千から数万名の受講者を集める講義も存在する。それ以降も、フランスやスペイン、中国など、地域 MOOC と呼ばれる英語圏以外の言語圏での MOOC プラットフォームが次々に開設されてきた。日本においても 2013 年 10 月に JMOOC (日本オープンオンライン教育推進協議会) が設立され、2014 年 4 月に運用

を開始している。

京都大学は MOOC の主要プロバイダの 1 つである edX に 2013 年に加盟し、2014 年 4 月に最初の講義「The Chemistry of Life」を開講した。それ以降、これまでに 15 講義を制作し edX を通じて世界に向け配信してきた。2022 年 6 月現在、全世界から延べ約 28 万名の学習者がこれらの講義を受講してきた。講義のリニューアルや複数講義を統合した例外を除き、現在 11 講義を毎年継続的に配信しており、「The Chemistry of Life」は 2022 年度で 9 度目の配信となる。

edX は、講義受講のために学習者がアクセスする LMS と呼ばれる環境と、講義コンテンツのオーサリング環境である CMS に加え、各講義の受講者属性やアクセスログを用いて教員・スタッフ向けに受講者分布や教材への取り組み状況などを可視化する Insights

と呼ばれるダッシュボード環境を提供している。

Insights で得られる情報から開講中の講義における学習者の属性や受講状況を把握したり、講義終了後に教員に対するフィードバックの目的で利用したりすることができる。しかし、Insights では、再開講した講義と過去の講義の受講情報を比較できなかつたり、動画ごとの視聴状況や週毎の教材へのアクセス状況といった全受講者を対象とするマクロレベルのデータは提供されているが、個々の受講者に対する時系列上の学習活動をミクロレベルで状況把握することができないといった課題がある。

2. MOOC の分析に関する周辺状況

多数の学習者の活動データを含む MOOC の実証的研究においては、ラーニング・アナリティクス (LA) と呼ばれる手法を利用した学習データの分析が国内外でおこなわれている。LA は、Society for Learning Analytics Research (SoLAR) により「学習とその環境を理解・最適化を目的とした学習者とその文脈についてのデータの測定、収集、分析、報告」と定義されており⁽¹⁾、大量の学習ログデータを収集できる MOOC において有効な手法となることが期待されている。

藤本ら⁽²⁾は、LA を利用した MOOC 関連の国内外の実証研究をレビューの上、「MOOC 学習者の行動と終了率の研究」「MOOC の学習継続支援についての研究」「MOOC の受講者間の相互学習についての研究」に分類して整理しており、学習ログデータとの親和性が高い受講者の学習行動の把握や修了率の改善に関する研究の関心が高いことを指摘している。

大量の学習ログデータから意味ある情報を生成するためには、表やグラフのような形で可視化することが重要となり、このための方法として、必要な情報にアクセスするためのダッシュボードの提供が有用である⁽³⁾。

MOOC の学習ログデータを対象としたダッシュボード環境の開発に関する研究がある。例えば、香港科技大学では、Coursera の講義の教員と連携し、講義ビデオへのアクセス状況や時間軸に沿った各教材へのアクセス状況などを提示する機能を備えた VisMOOC と

よばれるダッシュボードを開発している⁽⁴⁾。また、スペインのマドリード自治大学 (UAM) では、MOOC のデータを利用し、SPOC (Small Private Online Courses) を対象とした Open edX 用の教員向けダッシュボードを開発している⁽⁵⁾。京都大学では、再開講した同名講義間の比較を容易にした制作スタッフ・教員向けのダッシュボードを開発しフィードバックや年次報告のために試行している⁽⁶⁾。学習ログデータの分析手法は未だ発展中の段階にあり、利用するデータの決定は探索的に行う必要があることから、このようなダッシュボードは利用目的に応じて提示する項目を柔軟にデザインする必要がある。そこで、そのような教員向けのダッシュボードのデザインに向けて、学習データを柔軟に可視化するための基盤を構築することを考える。このような基盤があれば、有用な項目や典型的なパターンを絞り込むことができ、ダッシュボードのデザインのみならず授業設計全般に有用であると言える。次章以降では、そのような基盤の構築を試みた上で、実際の学習データを適用した例を提示していく。

3. データ可視化プログラムの実装

筆者らは前章で述べたような可視化基盤の実現のために、学習者毎の成績情報とログ情報の関係性を可視化する Python プログラムを開発し、それを効果的に実行するための環境を構築した。

本プログラムでは、edX のシステムからコースの管理者が取得できるデータとして以下のものを利用した。

- 学習者毎の各課題の達成状況(0~1 に正規化されたもの)とそれから合成される評点(0~1 に正規化されたもの)
- 学習者毎の id とユーザー名
- 学習者毎の匿名化 id と id
- 時系列順の操作イベントと学習者名の関連
- 動画情報 (時間長や URL など)
- 時系列順の学習ログイベント (Web ページの移動や動画の再生操作、個別の問題の回答状況など) の詳細

これらは仕様として edX の公式サイト上に掲載されている⁽⁷⁾。

作成したプログラムは、これらの学習データを元に、個別の受講生に関するデータを抽出し、分析の点から必要と考えられる観点に再整理した上で、データベースの形にした上で出力する。作成されるデータベースは以下のようなものになる。

- 学習者毎の評点
- 学習者毎の課題点
- 学習者毎の学習イベントログ数
- 学習者毎の個別の問題の正答状況
- 学習者毎のタブ（Discussion や Wiki などの学習ツール）へのアクセス状況
- 学習者毎の動画の操作イベント(再生、一時的、停止等)

更に、そのデータベースを元に各学習者と課題の達成状況の関係性や、成績との学習イベントログ数の関係性を示し、コース管理者が全学生の受講結果を俯瞰的に把握するための可視化図を作成する。

- 学習者毎の評点と各課題点のヒートマップ
- 各学習者の成績と学習イベントログ数の対応の散布図

このようなデータベースと、そのデータベースを元にした可視化図を作成する Python プログラムについて次節で説明する。

3.1 データ分析プログラム

データ分析プログラムとして、Python を使ったスクリプトを作成している。利用パッケージとして、データ分析には NumPy, SciPy, pandas を利用した。また、可視化処理には matplotlib, seaborn, Plotly を利用した。

本プログラムでは基本的に処理したデータは pandas のデータフレームの形で格納されている。pandas のデータフレームはデータ分析の分野で普及率の高い枠組みであるため、これを利用することは後述の Jupyter notebook を利用した分析環境と相性が良く、処理結果や中間的に生成されたデータを柔軟に再利用することが容易であるという利点がある。また、他の環境で処理結果を利用するためにデータフレーム内容の csv 形式のファイルとして出力も行っている。

3.2 データ分析環境

教員やコースの管理者が単純に結果を確認したい場合と、分析結果を元にデータを柔軟に再処理して確認を行いたい場合の両方をスムーズに実施するため、Jupyter notebook を利用する。Jupyter notebook の利用により可視化に利用したデータフレームがそのまま notebook に残るため、そのデータフレームを再利用することで、対話的な分析が可能である。また、対話的な利用を促進するため、Jupyter notebook 用の ipywidgets(Jupyter Widgets)パッケージを導入し、分析に必要なデータを notebook 上で GUI で指定する機能を作成した。実際に作成した notebook の画面例を図 1 に示す。

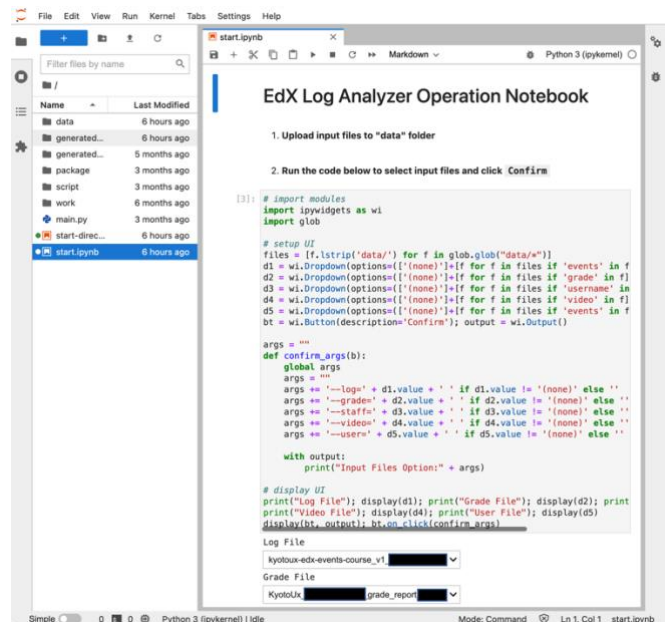


図 1 分析環境で利用する Jupyter notebook の画面例

このような notebook を作成することにより、コース管理者はプログラムの内容自体に触れずに notebook 上のコードを順番に実行するだけで分析結果と可視化図を得ることができる。一方で、このような環境ではコードやデータの透明性が確保されているため、コース分析者が自分自身で再分析を行いたい場合は notebook 上に存在するデータフレームに対してコードを追加したり、notebook が呼び出す python コードを修正することで柔軟に自分の望む結果を手に入れることができる。

また、教員やコースの管理者が必要となる Python のモジュールや Jupyter notebook の環境を 1 から構築することのないよう、コンテナ型の仮想環境である Docker イメージを作成し、手元の環境が Windows か Mac かの環境を問わず、必要な時にすぐ利用できるようにした。

ここで提案する可視化基盤の構成とデータ処理の流れについて、図 2 に示す。

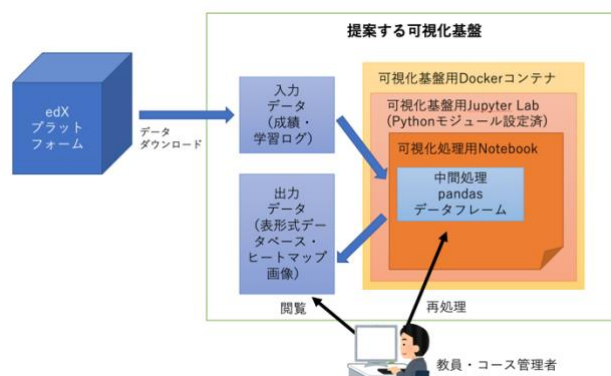


図 2 提案する可視化基盤の構成とデータ処理の流れ

4. 可視化の実例と考察

2021 年度に実施されているコース 2 つについて、分析結果の実例を報告する。ここでは、2 つのコースのうち 1 つめのコースをコース A とし、2 つめのコースをコース B とする。

コース A の概要は以下のようになっている。

- 講義内容：化学系
- 登録者数：600 名程度
- 合格者数：25 名
- 講義の長さ：6 週

コース B の概要は以下のようになっている。

- 講義内容：化学系
- 登録者数：2500 名程度
- 合格者数：92 名
- 講義の長さ：12 週

それぞれのコースのデータは 2021 年 12 月 23 日時点で取得したものである。なお、両コースはデータ取得時点でも開講中であった。

4.1 コース A の結果

コース A について、提案するデータ分析プログラムを適用した結果の、可視化図について以下に示す。

図 3 はコース A の学習者毎の評点と各課題点のヒートマップである。縦軸には学習者 ID であり、元の図では具体的な学習者名が入るが本稿では匿名化のためマスクしている。なお、分析結果においては、登録だけして具体的な行動を行っていない学習者 ID は省略されている。

図 3 では下に行くほど良い評点を持つよう学習者がソートされており、上に行くほど、つまり評点が下がるほど右側が暗くなっており、基本的に全体の評点の良し悪しは、コースを通じてどの課題まで提出することができたかに大きく左右されることが示唆される。最後の方に良い課題点を取ったが前半の課題点は悪いといった学習者は稀であり、コースを通じた学習は積み上げ式となっており、途中で理解できなくなるとその後の理解も難しくなることが推測される。

次に、図 4 はコース A の各学習者の評点と学習イベントログ数の対応の散布図である。図から明らかであるように、評点と学習イベントログ数は一定の相関を持ち、MOOC を全く操作せずにより評点を得ている学生というのは稀であり、MOOC による学習以前に知識を持っていて課題だけを行い良い点を得るといった行動パターンはほぼないことが示唆される。

なお、この散布図は特定の 1 点、すなわち特定の学習者を表すデータにマウスオーバーすると、その学習者 ID と縦軸・横軸の具体的な数値が表示される機能を持っている。

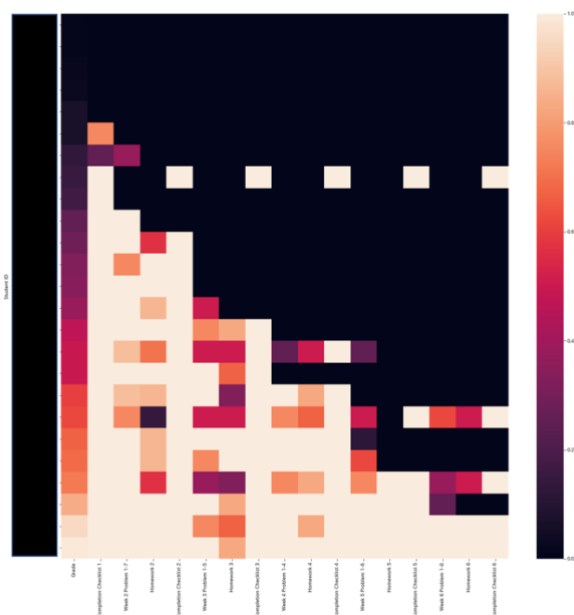


図 3 コース A のヒートマップ
(縦軸：学習者 ID, 横軸：課題名,
カラーチャート：課題点)

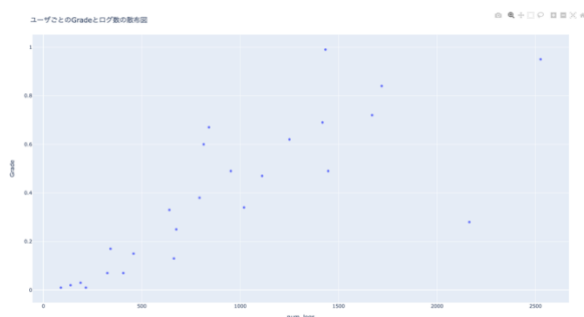


図 4 コース A の散布図
(縦軸：評点, 横軸：学習イベントログ数)

4.2 コース B の結果

コース B について、提案するデータ分析プログラムを適用した結果の、可視化図について以下に示す。

図 5 はコース B の学習者毎の評点と各課題点のヒートマップである。コース A と比べ学習者数が大きいいため縦方向の目盛りが圧縮されているが、全体の傾向としてはコース A と同様であることが見て取れる。

また、図 6 は各学習者の評点と学習イベントログ数の対応の散布図であるが、これも点の数は多いものの全体的な傾向はコース A と同様であることが見て取れる。

4.3 考察

コース A の図 3 とコース図 5 のヒートマップについて、特に図 5 において「最初の課題だけ解いて、その後すぐに脱落するグループ」と、「ある程度課題を解いているが、ある課題（難易度が高いと思われる）の後に脱落しているグループ」が見られ、コースを通じた受講者の離脱状況の全体的な傾向が可視化により把握できるようになっている。

これらのヒートマップを見ると、特定の課題でヒートマップが暗くなっている列があり、そのような課題については、事後的に課題の難易度や内容について改善の余地がないかを検討するポイントになると考えられる。

また、散布図について、コース B の図 6 は全体的な傾向はコース A の図 4 と同様であるものの、右側に全体の比例関係から少し外れた点の一群があり、MOOC の操作に時間を費やしながらも相対的によい評点が得られなかった学習者群が存在することが示唆されている。

これらのように可視化により把握できる情報を通じて、学習者の行動や成果をより詳細に分析することで、MOOC 教材の改善を行う上でのヒントが得られる可能性を提供できると考えられる。

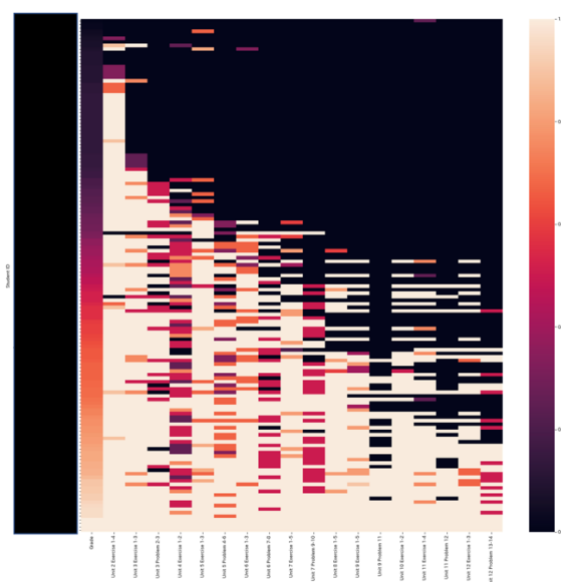


図 5 コース B のヒートマップ
(縦軸：学習者 ID, 横軸：課題名,
カラーチャート：課題点)

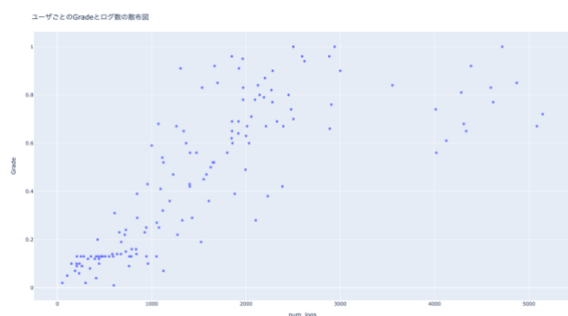


図 6 コース B の散布図
(縦軸：評点，横軸：学習イベントログ数)

5. おわりに

MOOC の提供プラットフォームである edX において、講義提供者は評価に利用する成績情報と利用しないログ情報が取得できるため、これらの情報を統合することで学習の分析に用いることを目的として、学習者毎の成績情報とログ情報の関係性を可視化するプログラムを Python により開発した。また、その機能を Jupyter notebook から対話的に呼び出す環境を構築することで、柔軟かつ再利用可能な形でデータを可視化する基盤を構築し、実際に edX 上で開講された 2 つのコースに適用した出力結果について、可視化図としてヒートマップと散布図の実例を示し考察を行った。

今後の展開として、筆者らが同時に開発している Web システム型の MOOC データ管理ポータル⁽⁸⁾との統合や、可視化基盤を用いたより応用的なコース分析の提示が考えられる。

謝辞

本研究は科研費 (19K02972) の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) Ferguson, R.: “Learning analytics: drivers, developments and challenges”, International Journal of Technology Enhanced Learning, 4(5/6) pp. 304–317 (2012)
- (2) 藤本徹・荒優・山内祐平: “大規模公開オンライン講座 (MOOC) におけるラーニング・アナリティクス研究の動向”, 日本教育工学会論文誌, 41(3), 305-313 (2017)
- (3) E. Duval, E.: “Attention please! Learning analytics for visualization and recommendation”, in Proceedings of LAK11, pp.9-17 (2011)
- (4) Shi, C., Fu, S., Chen, Q. and Qu, Hu.: “VisMOOC: Visualizing Video Clickstream Data from Massive Open Online Courses”, IEEE Pacific Visualization Symposium, Hangzhou, China, 159-166 (2015)
- (5) Cobos, R., Gil, S., Lareo, A. and Vargas, F.A. Open-DLAs: “An Open Dashboard for Learning Analytics”, L@S 2016: Proceedings of the Third ACM Conference on Learning@Scale, pp.265-258 (2016)
- (6) Wijerathne, I. Okamoto, M. and Sakai, H.: “Centralized Lightweight MOOC Management System”, Open edX Conference 2019, San Diego (2019)
- (7) edX Inc.: “Using the edX Data Package - EdX Research Guide”, <https://edx.readthedocs.io/projects/devdata/en/latest/index.html> (2022 年 6 月 13 日確認)
- (8) Wijerathne, I. Okamoto, M., Morimura, M. and Sakai, H.: “Development of MOOC Data Management Portal for Instructors and Production Team”, 第 21 回情報科学技術フォーラム (FIT2022) 講演論文集, to appear (2022)

外部アセスメントテストを利用した学生の成長の可視化の一事例

鈴木大助^{*1}

^{*1} 北陸大学 経済経営学部

An Example of Visualization of Student Growth with an External Assessment Test

Daisuke Suzuki ^{*1}

^{*1} Faculty of Economics and Management, Hokuriku University

筆者の所属学部では、汎用的技能の育成を主たる目的とする汎用的技能科目群を含むカリキュラムを2019年度から開始し、2022年度に完成年度を迎えている。本稿では、汎用的能力の測定を目指して開発されたアセスメントテストである PROG の本学部における結果を用いて、学生の汎用的能力の成長について可視化を試みた。コンピテンシーを構成する力のうち、「親和力」「協働力」は1年次から比較的高いうえに、4年次にかけてさらその力を伸ばしていた。また、1年次から4年次にかけて、自信創出力、感情制御力、課題発見力、統率力を筆頭に、その他の力も軒並み右肩上がり伸びていた。コロナ禍の影響で大学生の「協働力」「親和力」「統率力」と「行動持続力」が低下したという報道が見られたが、本学部の学生は、コロナ禍におけるオンライン授業期間を含む期間を通じてこれらの能力を伸ばしており、本学部としてはコンピテンシーを伸ばす教育を行うことができていると言える。

キーワード: 学修成果, 教育成果, 可視化, アセスメントテスト, 教学マネジメント

1. はじめに

大学は、自律的な学修者を育成するため学修者本位の教育へと転換すること、その目的のために教学マネジメントを確立することが求められている。

教学マネジメント指針(1)では、DP・CP・APの3つの方針の重要性を確認した上で、①DP(卒業認定・学位授与の方針)を具体的かつ明確に設定することで、学生の学修目標を明らかにするとともに卒業生の能力を保証すること、②明確な到達目標を有する個々の授業科目が学位プログラムを支える構造となるよう体系的・組織的に教育課程を編成・実施すること、③学生が自らの学修成果を自覚し説明できるようにするため、またDPの見直しを含む教育改善に資するため、学修成果・教育成果を多元的に把握・可視化すること等々が示されている。

学修成果・教育成果を把握・可視化するための手段のひとつとして、外部団体が開発するアセスメントテストを導入・実施する大学は少なくない(2)(3)。筆者の

所属学部においては、PROGを導入し、毎年度全学年で実施している。PROGは、社会で求められる汎用的な能力・態度・志向を測定することを目指して開発されたアセスメントテストである(4)。

本学部は、マネジメント力を持った人材の養成を目的に掲げ、DPには、課題を発見する力や他者と協働して課題を解決する力といった汎用的技能の修得を含めている。また、汎用的技能の育成を主たる目的とする汎用的技能科目群を含むカリキュラムを2019年度から開始し、2022年度に完成年度を迎えている。

本稿は、本学部が2019年度に開始したカリキュラムによって汎用的技能の育成という目的を現時点でどの程度達成できているのか、PROGの結果をもって把握・可視化することを目的とする。また、当該期間にはコロナ禍でオンライン授業となった期間が含まれており、この期間の影響についてもあわせて検討する。

2. アセスメントテストの概要と実施方法

2.1 アセスメントテストの概要

PROG では汎用的能力をリテラシーとコンピテンシーの2つの観点で測定する。リテラシーテストは選択問題 30 問に 45 分で解答することで、情報収集力、情報分析力、課題発見力、構想力の4つの力と、言語処理能力、非言語処理能力を測定する。リテラシーの総合評価は1～7の7段階で示される。また、リテラシーを構成する力はそれぞれ1～5の5段階で表される。なお、リテラシーは「新しい問題やこれまで経験のない問題に対して知識を活用して課題を解決する力」であるとしている。

コンピテンシーテストは、選択問題 195 問に 40 分で解答することで、対人基礎力、対自己基礎力、対課題基礎力を測定する。コンピテンシーの総合評価は1～7の7段階で示される。また、コンピテンシーを構成する力はそれぞれ1～7の7段階で表される。コンピテンシーは「周囲の状況に上手に対応するために身につけた意志決定の特性や行動スタイル」であるとしている。

2.2 実施方法

本学部における 2019 年度入学生に対する PROG の実施時期と実施方法について表 1 に示す。

表 1 PROG テストの実施時期と実施方法

年度	実施時期	実施方法
2019	4 月中旬	教室でペーパー受検
2020	7 月中旬	教室でペーパー受検
2021	4 月下旬	教室で Web 受検
2022	4 月下旬	教室で Web 受検

毎年度 4 月中下旬から 5 月上旬までに実施することを基本としているが、2020 年度はコロナ禍の影響を受け、7 月に実施することとなった。また、2020 年度まではペーパーベース検査であったが、2021 年度からはコンピュータベース検査へと移行した。いずれの方法にせよ、受検前の説明動画視聴や各自の解答準備等も含めると、100 分程度のまとまった時間を確保する必要がある。なお、一斉実施日に受検できなかった学生

には予備日を案内して受検を促し、できるだけ多くの学生が受検できるように配慮している。また PROG 受検は各学年ゼミナールの授業の一環と位置づけ、ゼミナールとそれに続くキャリアデザイン科目の授業時間を利用して実施している。

3. 結果と考察

2019 年度入学生のうち、2022 年度まで PROG を毎年度受検し、リテラシー・コンピテンシーともスコアが得られた 217 人に関して、その統計処理後の結果を示す。まず、2019 年度入学生のリテラシーの平均とコンピテンシーの平均について、学年進行に伴う推移を図 1 に示す。

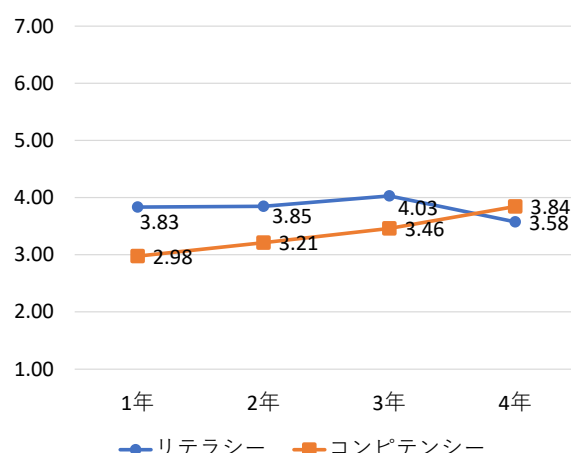


図 1 2019 年度入学生のリテラシーの平均とコンピテンシーの平均の推移

リテラシーは3年次がピークとなっているが、コンピテンシーは入学当初から4年次にかけて着実に向上している。なお、スコアの推移に基づいて学修成果・教育成果を評価するためには、全国平均の推移等の基準が必要であるが、原稿執筆時点では入手できていない。特にリテラシーテストは年度毎の難易度が一定でない可能性を考慮すると、なおのこと全国平均の推移が基準として必要であるため、リテラシースコアの検討については稿を改めたい。

コンピテンシーの推移については報道による公開情報(5)が比較の基準として利用できるため、本稿ではコンピテンシーのスコアについて以下検討する。

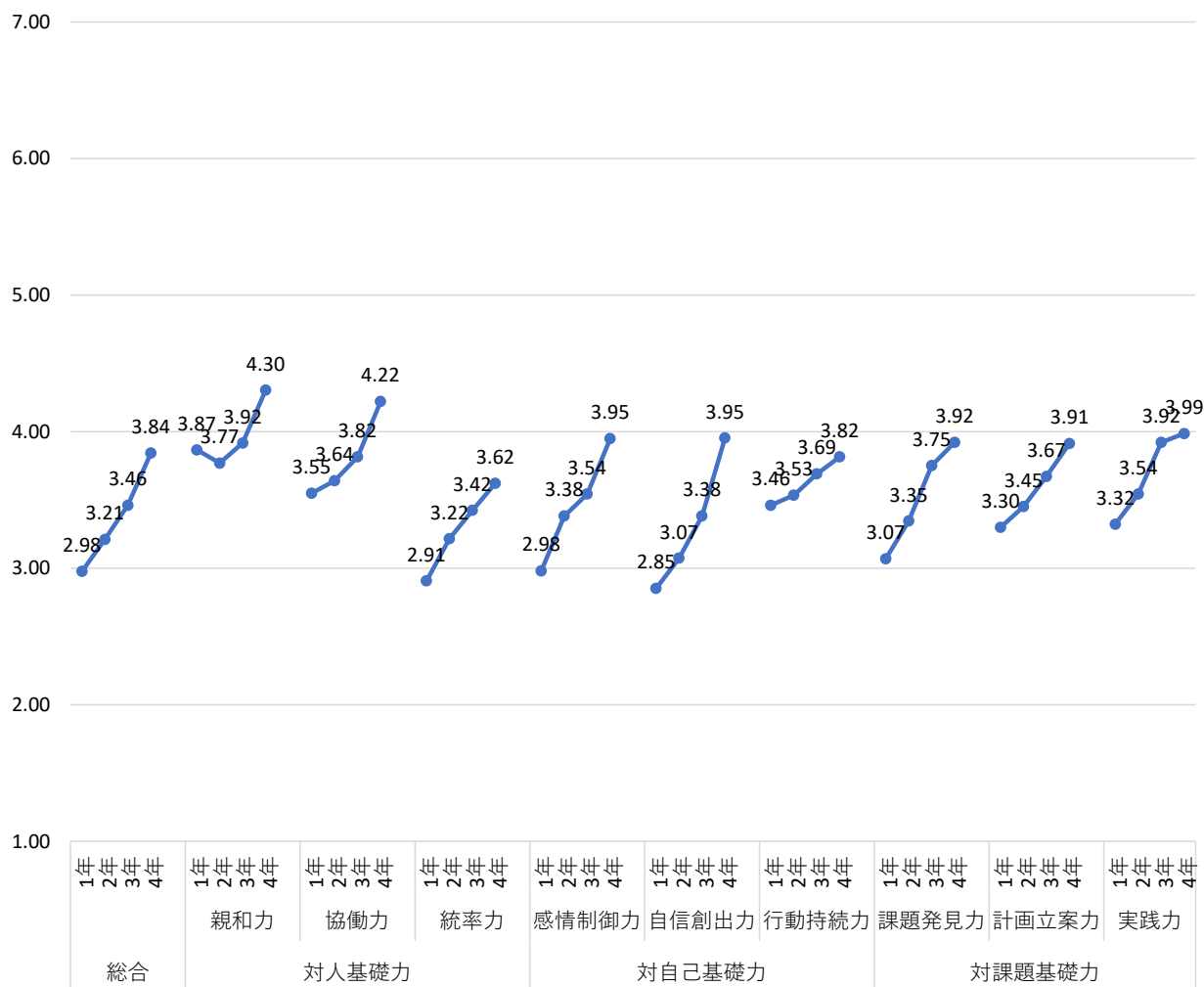


図 2 コンピテンシーを構成する力の平均の推移

本学部の 2019 年度入学生の学年進行に伴う、コンピテンシーを構成する力の平均の推移を図 2 に示す。項目別に 1 年次から 4 年次までのスコアの推移を並べており、一番左の折れ線はコンピテンシー総合の推移、続く 3 つの折れ線は対人基礎力を構成する親和力、協働力、統率力の推移、中ほどの 3 つの折れ線は対自己基礎力を構成する感情制御力、自信創出力、行動持続力の推移、右の 3 つの折れ線は対課題基礎力を構成する課題発見力、計画立案力、実践力の推移を表している。縦軸は各力のスコアである。

ほぼすべての項目で、1 年次から 4 年次にかけて右肩あがりに推移している。報道(5)によると「親和力」「協働力」「統率力」は、他の人と信頼を築きチームとして動くために必要な力であり、社会に出て仕事をすることに必要度が高い能力であるとしている。本学部の結果を見ると、「親和力」「協働力」は 1 年次から比較的高いうえに、4 年次にかけてさらに伸びていることがわかる。

また、1 年次から 4 年次に欠けて伸び幅が大きい力として、自信創出力（2.85 から 3.95 へ 1.10 ポイント上昇）、感情制御力（2.98 から 3.95 へ 0.97 ポイント上昇）、課題発見力（3.07 から 3.92 へ 0.85 ポイント上昇）、統率力（2.91 から 3.62 へ 0.71 ポイント上昇）が挙げられる。

以上から本学部における学修や大学生活を通じて、入学時点から比較的高かった親和力・協働力を始めとする対人基礎力についてはさらにその力を向上させながら、対自己基礎力・対課題基礎力についても着実に伸ばしている様子が読み取れる。

ただし、これらの伸びが特に本学部における学修や大学生活に起因するものであるのか、それとも全国の大学生に見られる一般的な傾向であるのかについて検討しなければならない。そこで、報道(5)を通じて知ることができる、2019 年度入学生約 2 万人のコンピテンシー平均値の 1 年次から 3 年次への変化を基準として比較・検討する。

報道によると、2020 年初からのコロナ禍の影響で 3 年生の時の「協働力」「親和力」「統率力」と「行動持続力」が、1 年生の時より低下したということであった。曰く、2019 年度入学生は 2 年生になった 2020 年度にコロナ禍に見舞われ、オンライン授業が増え、グループで議論して成果を発表する機会が減るなどした影響が出ているのではないかという問題提起であった。

これをふまえ、本学部の 2019 年度入学生に関して、コンピテンシーを構成する各能力の 1 年次から 3 年次にかけての平均値の変化を図 3 に示す。

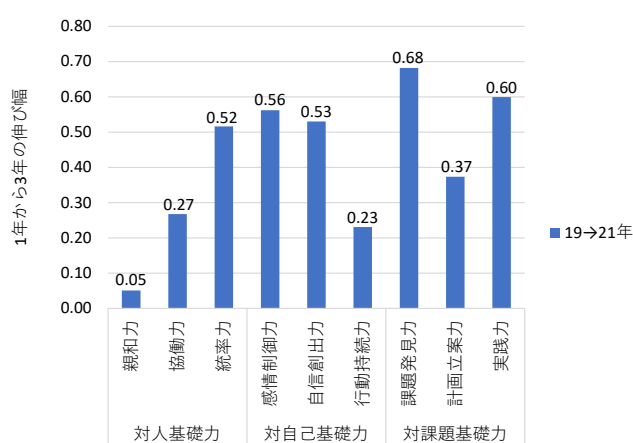


図 3 2019 年度入学生のコンピテンシー各能力の 1 年次から 3 年次にかけての平均値の変化

本学部においては、2020 年のコロナ禍におけるオンライン授業期間を含む期間を経て、「協働力」「親和力」「統率力」と「行動持続力」を含むすべての能力が伸びていることがわかる。

変化量を比較すると、19 から 21 年にかけて全国では行動持続力が 0.1 ポイント程度低下、親和力・協働力・統率力も 0.05 ポイントから 0.1 ポイント程度低下しているのに対し、本学部では行動持続力は 0.23 ポイントの上昇、親和力・協働力・統率力はそれぞれ、0.05 ポイント、0.27 ポイント、0.52 ポイント上昇している。

課題発見力や計画立案力、実践力に関しても、全国平均では 0.1 ポイントから 0.2 ポイント超程度の上昇であるが、本学部では課題発見力が 0.68 ポイント、計画立案力が 0.37 ポイント、実践力が 0.60 ポイント上昇しており、全国平均を大きく上回る上昇幅である。

結果を単純に解釈するならば、コロナ禍におけるオンライン授業期間を含む期間を通じて、本学部の学生はこれらの能力を十分に伸ばしており、本学部として

はコンピテンシーを伸ばす教育を行うことができていると言える。各学年で開講される必修のゼミナールとそれに続くキャリアデザイン科目では、オンライン授業期間であっても、Teams を利用して、グループワークを行ったり、学生同士が議論したりお互いに発表したりする機会を設けており、こうした取り組みが対人基礎力等を伸長する効果をもたらした可能性がある。

4. 制限事項

本稿ではリテラシーテストのスコアを分析の対象外とした。スコアの推移に基づいて成長の程度を測定するためには各年度の全国平均等の基準が必要であるが、本稿執筆時点で入手できていないためである。リテラシーテストの難易度が毎年度一定であることが保証されているのであれば、その変化量に基づいて成長の程度を考察できる。しかし、難易度が一定でない可能性があるのであれば、少なくとも全国平均の推移等を基準として、それとの比較に基づいて学習成果・教育成果を評価する必要がある。

コンピテンシーテストのスコアについては、2019 年度から 2021 年度にかけてのおおよその平均値の変化量を報道から知り得たため、これを基準として評価した。ただし、知り得たのは平均値の変化量のみであり、各年度の平均値それ自体ではない。元のスコアによって伸び代が異なるため、単純に変化量だけに基づいて考察している点には留意が必要である。

今回は PROG のスコアのみに基づいて学修成果の把握・可視化を試みたが、さらに複数の情報を用いて多元的な評価を行う必要がある。学生は毎年度の PROG の結果返却時にふりかえりを行い、どのような経験を通じてどの力が伸びたのか、また今後何を伸ばしていきたいか等を記述している。そのほかにも、毎年度本学の DP をふまえたルーブリックを用いて自身の達成度を自己評価している。教育成果・学習成果の把握にあたっては、このような間接評価もあわせて検討する必要がある。さらに直接評価としては、外部アセスメントテストの結果と本学部で開講している汎用的技能科目の成績をあわせて検討する必要がある。

5. おわりに

筆者の所属学部では、汎用的技能の育成を主たる目的とする汎用的技能科目群を含むカリキュラムを2019年度から開始し、2022年度に完成年度を迎えている。汎用的能力の測定を目指して開発されたアセスメントテストである PROG の本学部における結果を用いて学生の汎用的能力の成長について可視化を試みた。コンピテンシーを構成する力のうち、「親和力」「協働力」は1年次から比較的高いうえに、4年次にかけてさらその力を伸ばしていた。

また、1年次から4年次にかけて、自信創出力、感情制御力、課題発見力、統率力を筆頭に、その他の力も軒並み右肩上がり伸びていた。報道によると、コロナ禍の影響で大学生の「協働力」「親和力」「統率力」と「行動持続力」が低下したということであったが、本学部の学生は、コロナ禍におけるオンライン授業期間を含む期間を通じてこれらの能力を伸ばしており、本学部としてはコンピテンシーを伸ばす教育を実現できていると言える。

なお、本稿の議論は限られた情報に基づいている。本稿における議論の制限事項については制限事項の章を参照されたい。さらに、多元的な評価を行うことは今後の課題である。

参 考 文 献

- (1) 文部科学省 中央教育審議会大学分科会: “教学マネジメント指針”,
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo00/toushin/1411360_00001.html (2022年6月20日確認)
- (2) 文部科学省: “大学教育改革の実態の把握及び分析等に関する調査研究”,
https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/itaku/1347633.htm (2022年6月20日確認)
- (3) ハーモニープラス株式会社: “【学修成果の可視化は必須だがその方法が分からない! ?】大学教職員 1,022人への調査で見えてきた「教学マネジメントの確立に向けた取組と課題」とは?”,
<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/0000000001.000081844.html> (2022年6月20日確認)
- (4) RIASEC: “PROG テストについて”,

<https://www.riasec.co.jp/progtest/test/> (2022年6月20日確認)

- (5) 朝日新聞デジタル: “コロナ禍で大学生の「協働力」など低下 一方で伸びた能力は…”,
<https://www.asahi.com/articles/ASQ2J3TBTQ2GUSPT00K.html> (2022年6月20日確認)

ナンバープレースパズル初学者を対象とした 推論規則の学習支援システムの提案

保永 治輝^{*1}, 國宗 永佳^{*2}

^{*1} 千葉工業大学大学院情報科学研究科 ^{*2} 千葉工業大学情報科学部

Proposal of a learning support system of inference rules for solving Number Place puzzles for beginners

Haruki Honaga^{*1}, Hisayoshi Kunimune^{*2}

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

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

"Number Place", also known as Sudoku, is a type of pencil puzzles in which the numbers 1 to 9 are to be filled on 9x9 cells. There are various rules to infer a number to be filled into a cell. Since the rules required to fill all cells vary depending on the problems, solutionists have to understand these rules to solve various problems. However, it is difficult especially for novices of "Number Place" to know and understand various rules. This study proposes a system to support the learning of the rules for beginners of "Number Place".

キーワード: ナンバープレースパズル, 推論規則, 学習支援システム

1. はじめに

ナンバープレースパズルは 9×9 マスの盤面に 1 から 9 の数字を埋めていくペンシルパズルであり, 数独とも呼ばれている. このパズルには, 同一の列, 同一の行, 盤面を 9 つに分割した 3×3 マス (以下, ブロック) の 3 つの領域 (以下, 統合領域) 内で同じ数字が重複しないように全てのマスを埋めるというルールがある. このルールに従ってマスを埋めていくためには, 様々な解法を用いる必要がある. ここではマスを埋めていく際に用いられる解法を明文化したものを推論規則とよぶ. ナンバープレースパズルは問題によって全てのマスを埋めるために必要な推論規則が異なり, 様々な問題を解くためには複数の推論規則を理解する必要がある. しかし, ナンバープレースパズルの Web アプリケーション⁽¹⁾や書籍⁽²⁾などでは, 解法の解説はされているが, 問題の答えに至るまでの道筋の解説が

されておらず, 自身が理解できていない推論規則の種類を知ることは難しい. 本研究では, ナンバープレースパズルの解法の学習を支援することを目的として, 推論規則の学習支援システム (以下, 本システム) を提案する. また, 本研究では, 本研究で学習対象とする推論規則を全て理解できていない人, 自身が理解できていない推論規則がわからない人を初学者とし, 学習支援の対象者としている.

2. 関連研究

松原⁽³⁾は人間がナンバープレースパズルを解く場合に用いる解法をコンピュータで実現することを目的とした研究を行った. この研究では, 人間がナンバープレースパズルを解く際に用いられる解法を明文化し, 5 つの推論規則としてまとめている.

土出ら⁽⁴⁾はナンバープレースパズルの問題の難易度を判定する手法を提案した. この研究では, 松原⁽³⁾が

まとめた 5 つの推論規則に CRBE 法, 対角線法と呼ばれる 2 つを加えた 7 つの推論規則を用いた難易度の判定を実現している。また, 松原^③がまとめた推論規則については, それぞれ単一候補法, 単一マス法, 双子法, 共有候補法, 三子法, 対角線法と呼ばれている。この手法では難易度の判定に際して, 推論規則のレベルを表 1 のように定めている。

表 1 解法のレベル (文献⁽⁴⁾より引用)

レベル	解法
レベル 1	CUBE 法
レベル 2	単一候補法, 単一マス法
レベル 3	双子法
レベル 4	共有候補法
レベル 5	三子法
レベル 6	対角線法

土出ら^④は推論規則の適用順番を表 1 のレベルの低いものから適用するとしている。本研究では, 表 1 に示された名称及びレベルを参考に推論規則の学習支援を行う。また, CRBE 法は単一マス法を特定の条件下で利用する推論規則であるため, 本研究では単一マス法と同一のものであるとみなしている。

以下に, 松原^③および土出ら^④がまとめた推論規則の概要を示す。本研究では, これらの推論規則を学習対象とする。なお候補数字とは, ある盤面において各マスに埋まる可能性のある数字のことである。

- 単一候補法

候補数字が 1 つしかないマスには, その候補数字を埋めることができる。

- 単一マス法

ある数が統合領域内の 1 つのマス of 候補数字にのみ存在するならば, そのマスにその数字を埋めることができる。

- 双子法

双子法は以下の 2 つの規則からなる。

- (1) 統合領域内の 2 つのマス c_1, c_2 双方の候補数字に, 2 つの数字 n_1, n_2 のみが存在するならば, その統合領域内の c_1, c_2 以外のマスの候補数字から

n_1, n_2 を消すことができる。

- (2) 2 つの数字 n_1, n_2 が, 統合領域内の 2 つのマス c_1, c_2 の候補数字にのみ存在するならば, c_1, c_2 の候補数字から n_1, n_2 以外の数字を消すことができる。

- 共有候補法

共有候補法は以下の 2 つの規則からなる。

- (1) ある数字がブロック内で, 同じ行 (または列) のマスの候補数字にのみ存在するならば, ブロック外の同じ行 (列) のマスの候補数字からその数字を消すことができる。
- (2) ある数字が行 (または列) 内で, 同じブロックのマスの候補数字にのみ存在するならば, そのブロック内の別の行 (列) のマスの候補数字からその数字を消すことができる。

- 三子法

共有候補法は以下の 2 つの規則からなる。

- (1) 統合領域内の 3 つのマス c_1, c_2, c_3 全ての候補数字に, 3 つの数字 n_1, n_2, n_3 のみが存在するならば, その統合領域内の c_1, c_2, c_3 以外のマスの候補数字から n_1, n_2, n_3 を消すことができる。
- (2) 3 つの数字 n_1, n_2, n_3 が, 統合領域内の 3 つのマス c_1, c_2, c_3 の候補数字にのみ存在するならば, c_1, c_2, c_3 の候補数字から n_1, n_2, n_3 以外の数字を消すことができる。

- 対角線法

2 つの行 (または列) の中で, ある数字の入るマスが 2 マスであり, そのマスの列 (行) が一致しているならば, 2 つの行 (列) を除く, 2 つの列 (行) の候補からその数字を消すことができる。

3. 学習の障害となりうる要因

初心者がナンバープレースパズルの推論規則を学習するうえで, 以下に示す 4 つの要因が障害になっていると考える。

1 つ目の要因は, 解答者に合った難易度の問題を選択することが難しいことである。ナンバープレースパズルの推論規則には様々な種類が存在するが, 問題によって全てのマスを埋めるために必要となる推論規則の種類が異なる。ナンバープレースパズルの問題の難

易度を決める要因の1つに、全てのマス埋めるために必要となる推論規則の種類がある。しかし、問題を解く前に全てのマス埋めるために必要となる推論規則の種類を知ることができないため、解答者に合った難易度の問題を選択することは困難である。

2つ目の要因は、候補数字の記録や更新に手間や時間がかかることである。ナンバープレースパズルの推論規則を適用する際には候補数字が使われるため、候補数字を記録し、盤面の変化に伴い更新する必要がある。また、候補数字を誤って記録した場合、その後の解答過程全てに影響を与える。また、どのマスの候補数字が誤っているのかを発見することが難しいため、修正することが困難である。このように、候補数字を記録することは推論規則の適用に必要である一方、間違いなく記録、更新することに手間がかかる。

3つ目の要因は、解答者が自身でマス埋められなくなった際に、適用できる推論規則を知ることができないことである。ナンバープレースパズルでは基本的に問題と答えのみが提示される。そのため、解答者が自身でマス埋められなくなった際に、盤面に適用することのできる推論規則を知ることができず、自身が理解できていない推論規則の種類やその内容を知ることができない。

4つ目の要因は、特定の推論規則を重点的に学習することが困難なことである。推論規則は種類によって適用される頻度が異なる。表1に示した推論規則のうちレベルの高いものの場合、初期盤面から最終盤面(解答)に至るまでに一度しか適用されない問題も多く存在する。そのため、レベルの高い推論規則を重点的に学習することは困難である。

本システムの目的は、上記の学習を阻害する要因を解決または解消して初心者の学習を支援することである。

4. 提案システムの概要

本システムは、解答機能、練習機能、振り返り機能の3つの機能で推論規則の学習を支援するWebアプリケーションである。解答機能、練習機能のいずれの方法でも学習者が問題への解答を行うが、解答機能で

は学習者が入力した任意の問題への解答を行い、練習機能ではシステムによって提示される盤面への解答を行う。学習者は3つの機能を任意の順で利用することができるが、解答機能で学習者が理解できていない推論規則を明らかにし、練習機能、振り返り機能でその推論規則の学習を行うことを基本的な学習手順として想定している。

4.1 解答機能

解答機能は盤面入力画面、解答画面の2つの画面から構成される。図1に盤面入力画面の例を示す。利用者は、この画面で学習に利用する盤面を入力する。画面上の「解答をはじめめる」ボタンを押すことで解答画面へと移動し、入力された盤面に対する解答を開始する。また、画面上の「必要な推論規則を見る」ボタンを押すことで、入力された盤面の全てのマス埋めるために必要となる推論規則が図2のように表示される。本システムで扱う6つの推論規則で全てのマス埋めることができない盤面が入力された際には、そのことが表示される。また、システムで扱う6つの推論規則で全てのマス埋めることができない盤面の場合は解答画面へ移動することができない。事前に全てのマス埋めるために必要となる推論規則を示すことで、利用者が理解している推論規則のみで解ける問題や学習したい推論規則が必要となる問題など、目的に合わせた問題選択を補助できる。この機能により、3章で述べた1つ目の要因を解消できると考える。

図3に解答画面の例を示す。解答画面には現在の盤面が表示される。盤面の各マスには候補数字が小さく表示される。解答画面では、盤面に直接数字を埋めるのではなく、現在の盤面に対して適用する推論規則の種類、対象となる統合領域、数字の3つを穴埋め形式で埋めていくことで解答を行う。学習者が図3の下部のボタンで適用する推論規則を選択すると、図4の下部のような選択した推論規則に対応する穴埋め形式の入力フォームが現れる。このフォームを埋めた後、図4の「適用する」ボタンを押すことで、入力された内容を盤面に反映する。反映された盤面を新たな盤面とし、適用する推論規則を選択するという操作を繰り返

すことで解答を進める。

直接数字を記入するのではなく、穴埋め形式で解答させることで、学習者が使用した推論規則の種類やその内容を明確にするとともに、解答の誤りをなくすることができる。この機能によって、3章で考察した2つ目の要因を解消することができる。また、各推論規則を適用した際の盤面の変化を可視化し、後述するヒントの表示を用いることで、学習者が理解できていない推論規則の内容の理解を補助することができ、3章で述べた3つ目の要因を解消することができる。考える。

解答をはじめ			必要な推論規則を見る			リセット		

図1 盤面入力画面の例

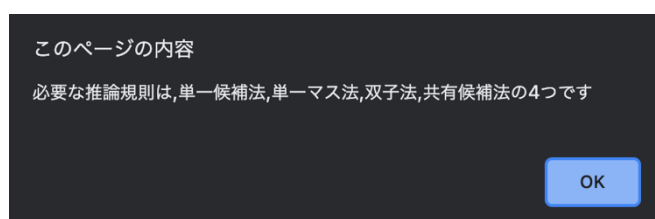


図2 必要となる推論規則の表示の例

解答画面では、利用者は任意のタイミングでヒントを確認することができる。図3右上の「ヒント」ボタンを押した際の解答画面の例を図5に示す。現在の盤面に対するヒントが表示されるとともに、ヒントと対応する盤面上の箇所が強調表示される。提示するヒントの内容は、使うことができる推論規則の種類、推論

規則の対象となる統合領域、数字の3つである。また、適用することができる推論規則が複数存在する場合には、表1で示したレベルの最も低い推論規則をヒントとして表示する。ヒントを表示することにより、利用者が自身の手で数字を埋めることができなくなってしまう際に、その盤面に適用できる推論規則の種類や適用箇所を知ることができる。

4.2 練習機能

練習機能では、利用者が事前に選択した推論規則を適用できる盤面がシステムによって提示され、利用者は規則を解答画面と同様に、図4のような穴埋め形式で解答する。このとき、解答画面とは異なり、利用者は事前に選択した推論規則を一度だけ適用する。その後、利用者が任意のタイミングで終了するまで、同じ推論規則を適用できる盤面が提示される。また、練習画面では、解答画面と同様にヒントを確認できる。この機能により、利用者は自身が選択した推論規則のみを重点的に学習することができ、3章で述べた4つ目の要因を解消することができる。考える。

4.3 振り返り機能

振り返り機能では、解答画面、練習画面でヒントを表示した際の盤面が表示される。図6に振り返り画面の例を示す。盤面は適用できる推論規則の種類ごとに分類されており、選択した盤面が表示される。また、解答ボタンを押すことで、選択した盤面を練習画面と同様に解答することができる。この機能によって、利用者の理解できていない推論規則を明確にするとともに、その推論規則の振り返りを促進することができるため、3章で述べた3つ目の要因、4つ目の要因を解消することができる。考える。

3 4 6 7	2	9	6 7 8	3 7 8	3 6 7 8	1	5	3 6
5	1 6 7	1 3 6	1 2 6 7 9	4	1 2 3 6 7 9	2 3 6 7 9	3 6 7 9	8
1 3 4 6 7	1 4 6 8 7	1 3 4 6 7	1 2 5 6 7 8 9	5	1 2 3 4 5 6 7 8 9	2 3 4 5 6 7 9	3 4 5 6 7 9	2 3 6 7 9
1 3 4 6 7	7	1 3 4 6 7	4 6	2	4 6	4 5 6 9	8	3 5 6 9
8	4 6 9	2 4 6	3	1	5	2 4 6 9	4 6 9	7
2 3 4 6 7	5	2 3 4 6 7	4 6 7 8	9	4 6 7 8	2 3 4 6 7 8	1	2 3 6
1 2 4 6 7	1 4 6	1 2 4 5 6 7	1 2 4 5 6 7 8 9	5	1 2 3 4 5 6 7 8 9	3 5 6 8 9	3 5 6 8 9	1 3 5 6 9
9	1	1 2 5 7	1 2 5 7 8	6	1 2 3 7 8	3 5 8	3	4
1 4 6	3	8	1 4 5 9	5	1 4 9	7	2	1 5 6 9

単一候補法
単一マス法
双子法
共有候補法
三子法
対角線法

図 3 解答画面の例

3 4 6 7	2	9	6 7 8	3 7 8	3 6 7 8	1	5	3 6
5	1 6 7	1 3 6	1 2 6 7 9	4	1 2 3 6 7 9	2 3 6 7 9	3 6 7 9	8
1 3 4 6 7	1 4 6 8 7	1 3 4 6 7	1 2 5 6 7 8 9	5	1 2 3 4 5 6 7 8 9	2 3 4 5 6 7 9	3 4 5 6 7 9	2 3 6 7 9
1 3 4 6 7	7	1 3 4 6 7	4 6	2	4 6	4 5 6 9	8	3 5 6 9
8	4 6 9	2 4 6	3	1	5	2 4 6 9	4 6 9	7
2 3 4 6 7	5	2 3 4 6 7	4 6 7 8	9	4 6 7 8	2 3 4 6 7 8	1	2 3 6
1 2 4 6 7	1 4 6	1 2 4 5 6 7	1 2 4 5 6 7 8 9	5	1 2 3 4 5 6 7 8 9	3 5 6 8 9	3 5 6 8 9	1 3 5 6 9
9	1	1 2 5 7	1 2 5 7 8	6	1 2 3 7 8	3 5 8	3	4
1 4 6	3	8	1 4 5 9	5	1 4 9	7	2	1 5 6 9

単一マス法

選択した行 4 の中で 4 は 1つのマスにのみ候補数字として存在するので、そのマスに4が埋まる

適用する

図 4 解答方法の例

3 4 6 7	2	9	6 7 8	3 7 8	3 6 7 8	1	5	3 6
5	1 6 7	1 3 6	1 2 6 7 9	4	1 2 3 6 7 9	2 3 6 7 9	3 6 7 9	8
1 3 4 6 7	1 4 6 8 7	1 3 4 6 7	1 2 5 6 7 8 9	5	1 2 3 4 5 6 7 8 9	2 3 4 5 6 7 9	3 4 5 6 7 9	2 3 6 7 9
1 3 4 6 7	7	1 3 4 6 7	4 6	2	4 6	4 5 6 9	8	3 5 6 9
8	4 6 9	2 4 6	3	1	5	2 4 6 9	4 6 9	7
2 3 4 6 7	5	2 3 4 6 7	4 6 7 8	9	4 6 7 8	2 3 4 6 7 8	1	2 3 6
1 2 4 6 7	1 4 6	1 2 4 5 6 7	1 2 4 5 6 7 8 9	5	1 2 3 4 5 6 7 8 9	3 5 6 8 9	3 5 6 8 9	1 3 5 6 9
9	1	1 2 5 7	1 2 5 7 8	6	1 2 3 7 8	3 5 8	3	4
1 4 6	3	8	1 4 5 9	5	1 4 9	7	2	1 5 6 9

単一候補法
単一マス法
双子法
共有候補法
三子法
対角線法

図 5 ヒント表示の例

ヒント

4.4 実現手法

本システムの機能を実現するために、推論規則を利用して問題を解くプログラム（以下、Solver）を開発した。図 7 に Solver の解答手順を示す。最初に、盤面が変化するまで表 1 で示したレベルの順に推論規則を適用する。盤面が変化した場合には、変化後の盤面について同様に、推論規則を順に適用する。この操作を盤面の全てのマスに数字が埋まるか、全ての推論規則が適用できなくなるまで繰り返す。表 1 では単一候補法と単一マス法が同じレベルとなっているが Solver では単一候補法、単一マス法の順で適用する。Solver では、解が存在しない問題、対象としている推論規則のみでは解くことができない問題については解答できない。

上述した本システムの各機能では、盤面に適用できる推論規則の種類を知る必要がある。これを知ることができれば、解答機能における盤面入力画面で必要となる全てのマスを埋めるために必要な推論規則の種類や、解答画面で必要となるヒントを表示できる。また、振り返り機能における振り返り画面で必要となる、適用できる推論規則による盤面の分類を実現できる。Solver を用いて解答することで、盤面に適用できる推論規則の種類を知ることができる。

練習機能では、ヒントを表示するために盤面に適用できる推論規則の種類を知ることに加えて、提示される特定の推論規則が有効な盤面を用意する必要がある。選択した推論規則が適用可能な盤面になるまで Solver を用いて問題の解答を進めることで、提示される盤面を作成できる。しかし、この手法で盤面を作成するためには、Solver で解答する元となる問題が必要となる。そのため、練習機能の実現には Solver に加え、予め特定の推論規則が全てのマスを埋めるために必要となる問題を用意しておく必要がある。

5. おわりに

本研究では、ナンバープレースパズルの問題の解き方がわからないという初心者が多く存在するという状況に対して、推論規則に着目し、その学習を支援するシステムを提案した。また、システムの実現に必要と

単一候補法が使える
8行目2列目に注目

なる Solver の作成を行った. 今後の課題はシステムを作成し, 評価実験を行うことである.

単一マス法

双子法

対角線法

盤面1

盤面2

盤面3

4	2	9	7	5	6	1	5	6
5	6	1	3	4	2	3		8
1	8	7	2	3	6	7	4	
7	4	5	6	2	4	5	8	5
8	9	2	3	1	5	4	6	7
6	5	4	6	9	4	5	1	2
2	4	7	9	3	2	5	6	1
9	1	2	2	6	2	5	3	4
6	3	8	5	4	7	2		

解答する

図 6 振り返り画面の例

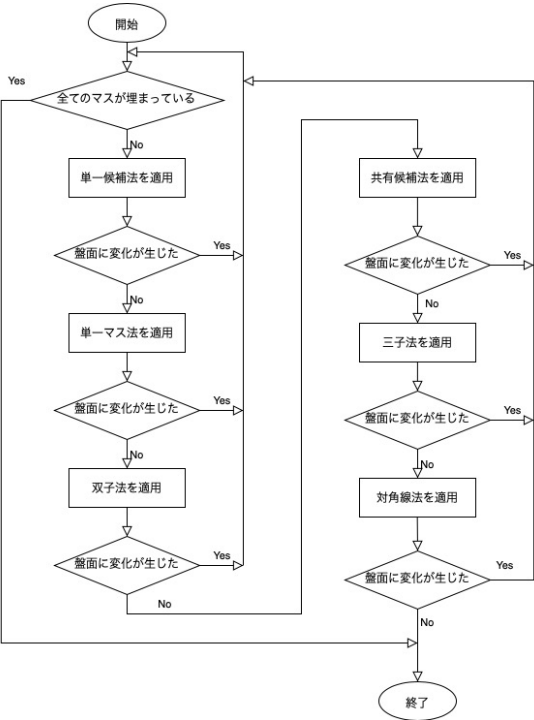


図 7 Solver の解答手順

謝辞

本研究の一部は, JSPS 科研費 19K21782 の助成を受けたものです.

参 考 文 献

(1) ナンプレ 7, <https://numpre7.com> (2022 年 6 月 1 日確認)

(2) たかせあきひこ: “最高段位認定難問ナンプレ 252 題 7 月号”, 白夜書房, (2021)

(3) 松原康夫: “数独の推論規則と難易度に関する考察”, 情報処理学会研究報告エンタテインメントコンピューティング(EC), Vol.2006, No.134, pp.1-6, (2006)

(4) 土出智也, 真貝寿明: “数独パズルの難易度判定: 解法ロジックを用いた数値化の提案”, 大阪工業大学紀要.理工篇, Vol.56, No.1, pp.1-18, (2011)

スポーツの戦術獲得支援のための 熟達者のプレイ動画提示システム

大鳥 雄司^{*1}, 小尻 智子^{*2}

^{*1} 関西大学大学院 理工学研究科

^{*2} 関西大学 システム理工学部

Tactical Acquisition Support System Based Using Play Video of Skilled Players

Yuji OTORI^{*1}, Tomoko KOJIRI^{*2}

^{*1} Graduate School of Science and Engineering, Kansai University

^{*2} Faculty of Engineering Science, Kansai University

スポーツでは個々の状況に対して自身が有利になるような行動を選択する。本研究では状況とその状況に対して有利になる行動の組を戦術と呼ぶ。戦術は暗黙的なものも多く、体系的に獲得することが困難である。一方、熟達者のプレイは熟達者の保持する戦術に基づいて行動が選択されているため、プレイにおける状況と行動を分析することは戦術の獲得に繋がる。本研究では、スポーツにおいて熟達者のプレイ動画を題材として戦術の獲得を支援するプレイ動画提示システムを構築する。偏った状況の戦術しか保持していない場合、保持している戦術に含まれない状況での行動を選択することはできない。プレイ動画提示システムは、習得する戦術の状況が偏らないように、学習者の保持している戦術をもとにプレイ動画を選択して提示する。

キーワード: 身体スキル, 経験知, 観察による学習, 戦術獲得

1. 背景

対戦型スポーツでは、状況を認識し、状況に対して取るべき行動を模索し、自身が勝つ可能性の高い行動を選択する。状況は相手の行動によって試合中に動的に変化するものもあれば、スポーツを実施する環境によって決まるものもある。例えば、テニスではプレイヤーの位置やその時点のボールの速度が前者にあたり、太陽の位置やコートの状態が後者の状況となる。試合に勝つためには、個々の状況に対して可能な行動やそれがもたらす結果をあらかじめ理解し、そのうえで個々の状況で取るべき行動の選択肢を多く保持しておくことが必要である。本研究では状況と状況に対して有利となる行動の組を戦術と呼び、多くの戦術の獲得を支援することを目的とする。なお、本研究では、戦術の存在を理解することを、獲得しているとみなす。

戦術は、状況に対して有利になる行動は、様々な行動を実践の場に適用し、その結果を経験することで獲得できる。したがって、戦術の獲得には経験に基づいた学習方法が有効である⁽¹⁾⁽²⁾。従来の経験学習では、学習者に学ばせたい内容を経験できる場を設定することに焦点がおかれている⁽³⁾。松尾は、成長するためには、自身が直接成長したいことについて経験することが必要であると述べている。しかし、戦術には多くの種類があり、それぞれに対して自身が経験しなければ戦術を獲得することはできない。このように、学習者に経験をさせるアプローチで多くの戦術を獲得するためには、多くの経験をさせる必要があり、時間がかかる。

楠見は、本来は自身の経験を基に解決する問題を、自身が経験していなくとも、他者の類似体験を他者から学ぶことで問題解決に適用することが可能であると

主張している⁽⁴⁾。また、岩坂らは、同じ動作をする他人を観察し、動きを読み取ることで、自身の動作の向上にも繋がることを示した⁽⁵⁾。これらのことは、経験学習が学習者自身の経験だけではなく、類似体験をした他者の経験からも実施できることを示しており、学習者自身に多くの経験をさせることに対する負荷は解決できる。しかし、他者の経験から多くの戦術を獲得するためには、様々な戦術を経験した他者を探してくる必要がある。

このような問題に対し、本研究では他者から直接学ぶのではなく、他者の経験を録画した動画等から学ぶ手法を提案する。他者の動画を用いた学習支援システムはいくつか存在する。自身と熟達者の動画を比較することで熟達者のスキルを習得させるアプローチ⁽⁶⁾では、学習者自身がある程度スキルを有していることが前提となり、本研究のように新しい戦術を他者から獲得するような場合には適さない。

本研究では様々な戦術を使った熟達者のプレイ動画を教材として提示し、そこから戦術を読み取らせるシステムを構築する。動画からの戦術の獲得を支援するシステムとして、試合動画から戦術が適用されているシーンを自動抽出することを目的としたシステムは存在する⁽⁷⁾。この研究は指定した戦術を用いたシーンを一度に見ることで、その共通点から戦術を理解する状況や戦術の内容を理解することを狙っている。しかし、複数の動画を見ても戦術を意識的に読み取ることができなければ、戦術の獲得はできない。また、獲得する戦術はユーザが選択するため、偏った戦術しか獲得できない可能性がある。

本研究では学習者が読み取った戦術を入力させるシステムを構築することで、戦術を読み取るという活動を意識的に行わせる。また、動画はそこから読み取ることが可能な戦術とともに管理しておき、学習者が獲得した戦術に応じて、提示する動画を取捨選択することにより、より多様な状況に対応可能な戦術の獲得を支援する。

なお、本研究では身体スキルのうち、テニスに焦点をあてる。また、現時点では1回の行動のみから成る戦術とし、複数の行動で一つの目的を達成するような戦術は対象外とする。

2. アプローチ

2.1 学習すべきプレイ動画

スポーツを上達するためには、様々な状況に対して有利となるような行動を知ることが重要である。そのため、個々の状況に対して有利になるような行動である「戦術」を、様々な状況に対して保持することが必要となる。

様々な状況に対する戦術を理解するためには、様々な状況の動画を見る必要がある。状況を構成する特徴には様々なものが存在するが、習得した戦術の状況を構成する特徴が、特定の値に偏っていない方が好ましい。また、学習者が自身で視聴する動画の数を調整することを前提とすると、どのタイミングで学習をやめても、できるだけ様々な状況に対する戦術が獲得できるような順番で動画を閲覧できることが望ましい。

2.2 プレイ動画提示システムの概要

本研究では、熟達者のプレイ動画を教材として用い、学習者が多様な状況に対する戦術を獲得できるよう支援するシステムを構築する。システムの構成を図1に示す。

本システムは、2つのインタフェースで構成される。保持戦術入力インタフェースは学習者が最初に保持している戦術を入力するためのインタフェースであり、システム開始時に一度だけ起動される。入力された戦術は、学習者の保持する戦術を有する保持戦術DBへ格納される。保持戦術入力インタフェースへの入力が終わると、戦術獲得インタフェースが起動される。戦術獲得インタフェースは、提示順序制御機能により選択された熟達者のプレイ動画を、動画DBから取得して提示する。動画DBには動画とその動画で獲得できる戦術が格納されている。提示順序制御機能は保持戦術と動画の持つ戦術をもとに次に学習すべき戦術を決定する。動画取得機能は、提示順序制御機能によって決定した戦術を含む動画を取得する。学習者が動画から読み取った戦術を入力すると、正しく入力されていれば、その戦術を保持戦術DBに追加する。

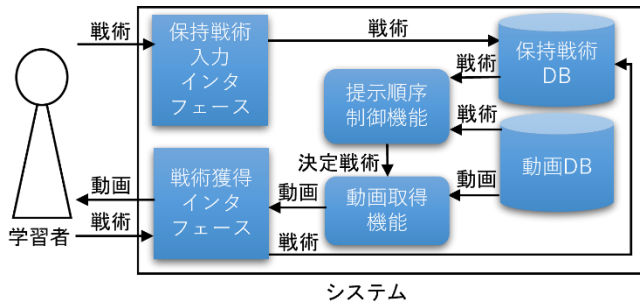


図1 システムの構成

3. プレイ動画提示システム

3.1 状況と行動

学習者が獲得した戦術をもとに提示する動画を決めるためには、戦術の構成要素となる状況や行動の特徴をあらかじめ定義しておくことが必要となる。本節ではテニスを対象に、戦術の要素となる状況と行動の特徴を定義する。

戦術の状況は、行動の決定に影響を与える特徴である。本システムでは、そのような特徴として、自分の位置、相手の位置、相手から来た返球の速さ、返球の深さ、を用いることとする。また、これらの特徴の取る値は、適切な行動が変化する粒度となればよい。そこで、自分の位置と相手の位置は「ネット際、サービスライン付近、ベースライン付近」の3値とし、返球の速さの値は「速い、普通、遅い」、返球の深さ値は「深い、普通、浅い」とした。本研究にて用いた状況の特徴とその値を表1に示す。

表1 状況データ

特徴	特徴の値
自分の位置	ネット際、サービスライン付近、ベースライン付近
相手の位置	ネット際、サービスライン付近、ベースライン付近
球の速さ	速い、普通、遅い
球の深さ	深い、普通、浅い

行動は、ショットの種類とする。具体的には、フラットショット、スライスショット、スピンショット、ドロップショット、アプローチショット、ロブ、ブロックボレー、ローボレー、ハイボレー、ドロップボレー、スマッシュを用意した。

なお、これらの行動や状況は獲得させたい行動や状況

の捉え方が変化すれば随時追加することとする。

3.2 提示順序制御機能

提示順序制御機能は、学習者の習得する戦術の状況が偏らないように提示する動画の戦術を決定する。学習者が有する戦術の中に含まれている数が最も少ない状況の値を持った戦術を、次に学習する戦術とする。提示する戦術を決定するためのフローチャートを図2に示す。

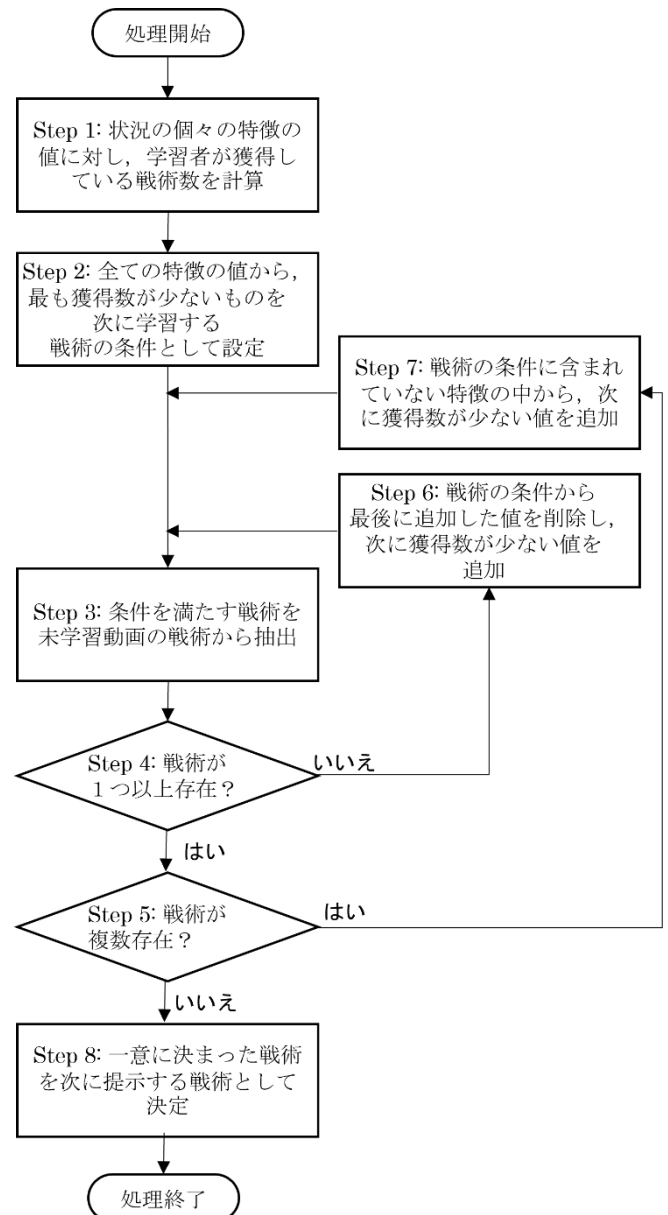


図2 提示戦術決定のためのフローチャート

まず、Step 1 では保有戦術 DB を参照し、状況のすべての特徴の個々の値に対して、学習者が保持する戦術の数を計算する。Step 2 では一番保有数の少ない特徴の値を学習者が次に学習する戦術の持つべき条件として設定する。Step 3 では、動画 DB の未学習動画か

ら、Step 2 で設定した条件の戦術を検索する。Step4, Step 5 では検索結果を満たす戦術が唯一に決まるかどうかを判定する。戦術が一つも存在しない場合は、Step 6 で最後に追加した値を条件から削除し、次に小さい値を条件に追加する。条件を満たす戦術が複数存在する場合は、Step7 で条件に含まれていない特徴から、次に値が小さいものを条件に追加し、戦術を絞る。このプロセスを、戦術が一意に決まるまで繰り返す。戦術が一つに決まったら、Step 8 でその戦術を次に提示する動画の戦術として決定する。

例を示す。動画 DB に存在する動画に含まれる未学習の戦術が表 3 のようにあるとする。また、学習者の保持戦術が表 4 とする。Step1 で状況を構成する特徴の値に対して学習者の保持戦術に含まれる数を計算すると、「球の速さ：速い」が 0 個、「相手の位置：ネット際」と「球の深さ：深い」が 1 個、それ以外が 2 個以上存在する。したがって、Step2 では「球の速さ：速い」が次に学習する戦術の条件として設定される。Step3 で「球の速さ：速い」を状況として持つ未学習動画の戦術を抽出した結果、該当する戦術は 0 個なので、Step4 では「いいえ」となる。Step6 では「球の速さ：速い」が条件から削除され、獲得数が 1 個である「相手の位置：ネット際」と「球の深さ：深い」のいずれかが次に学習する戦術の条件として設定される。候補が複数ある場合は、ランダムで選ばれる。「相手の位置：ネット際」が設定されたとすると、Step3 では戦術 1、戦術 2 が抽出される。該当する戦術が 2 個あるため、Step5 では「はい」となり、Step7 で次に獲得数が少ない「球の深さ：深い」が条件として追加される。Step3 で、「相手の位置：ネット際」かつ「球の深さ：深い」となる戦術を抽出すると、該当する戦術は戦術 1 のみとなり、Step8 で次に学習する戦術として決定される。

表 3 未学習の戦術例

	自 分 の 位 置	相 手 の 位 置	球 の 速 さ	球 の 深 さ
戦術 1	ベ ー ス ラ イ ン 付 近	ネ ッ ト 際	遅 い	深 い
戦術 2	ベ ー ス ラ イ ン 付 近	ネ ッ ト 際	普 通	普 通
戦術 3	サ ー ビ ス ラ イ ン付 近	ベ ー ス ラ イ ン 付 近	遅 い	浅 い

表 4 学習者の保持戦術の例

	自 分 の 位 置	相 手 の 位 置	球 の 速 さ	球 の 深 さ
戦術 A	ネ ッ ト 際	サ ー ビ ス ラ イ ン付 近	遅 い	普 通
戦術 B	ネ ッ ト 際	サ ー ビ ス ラ イ ン付 近	遅 い	浅 い
戦術 C	サ ー ビ ス ラ イ ン付 近	ベ ー ス ラ イ ン 付 近	普 通	普 通
戦術 D	サ ー ビ ス ラ イ ン付 近	サ ー ビ ス ラ イ ン付 近	遅 い	普 通
戦術 E	ベ ー ス ラ イ ン 付 近	ベ ー ス ラ イ ン 付 近	普 通	浅 い
戦術 F	ベ ー ス ラ イ ン 付 近	ネ ッ ト 際	普 通	深 い

4. プロトタイプ・システム

提案する機能を有するプロトタイプ・システムを実装した。プログラミング言語は C#で実装し、DB には Excel を使用した、動画は mp4 形式が対応可能である。

図 3 に保持戦術入力インタフェースを示す。保持戦術入力インタフェースでは、学習者が既に獲得済である戦術を一つずつ入力できるようになっている。本システムでは、状況や行動はリストから選択できるようになっている。状況選択エリアにて状況の特徴とその値、行動選択エリアにて行動を選択する。入力完了後に戦術保存ボタンを押すと、入力された状況と行動の組が保持戦術 DB に登録される。複数保持している場合は、再度同じ操作を繰り返す。入力完了ボタンを押すと戦術獲得インタフェースが表示される。

図 4 に戦術獲得インタフェースを示す。動画再生エリアに学習する動画が表示される。再生ボタンを押すと動画が再生される。読み取った戦術は状況選択エリアで状況、行動選択エリアで行動を選択することで入力できる。状況選択エリアと行動選択エリアでは保持戦術入力インタフェースと同様に、状況と行動をリストから選択できるようになっている。動画保存ボタンを押すと、システムは入力された状況・行動が入力されていれば戦術が保存された旨を伝えるメッセージボックスを表示すると同時に、入力された戦術が保持戦術 DB に保存される。正常に入力されなかった場合は、エラーメッセージをメッセージボックスに表示し、再度入力を要求する。表 5 に学習者の入力に応じて表示するメッセージの一覧を示す。

図 3 保持戦術入力インタフェース

図 4 戦術獲得インタフェース

表 5 戦術保存ボタンを押した時のメッセージ一覧

学習者の入力	表示するメッセージ
戦術が正常に入力	正しく保存できました
状況が未入力	状況を入力してください
行動が未入力	行動を入力してください

5. 評価実験

5.1 実験 1

5.1.1 実験方法

構築したシステムの戦術獲得に対する有効性を評価するため、テニス初級者 5 名に、システムを用いて戦術を獲得してもらった。評価する項目は、以下の項目である

- 熟達者のプレイ動画を観察し、読み取った戦術を入力するという学習方法は戦術の学習に適しているか
- システムで設定した状況を表す特徴が十分であったか

システムには戦術を 50 個用意し、各戦術に動画を 1 つずつ用意した。

実験は以下の手順で実施した。

- 保持戦術入力インタフェースにて保持戦術を入力
- 戦術獲得インタフェースにて戦術を 10 種類獲得するまでシステムを使用
- アンケートに回答

アンケートの内容を表 6 に示す。②の学習結果とアンケート結果の項目 1 より評価項目 i を、項目 2 より評価項目 ii を評価する。

表 6 アンケート内容

項目	質問	回答方法
1	他者のプレイ動画から戦術を学ぶ学習法をしたことがあるか	はい・いいえ (いいえと答えた場合は感想を自由記述)
2	状況が戦術を表すために十分なものであったか	はい・いいえ (いいえの場合、表現されなかった状況を自由記述)

5.1.2 結果

手順②では実験協力者 5 名全員が 10 個の動画の閲覧で 10 種類の戦術を全て獲得できた。アンケート結果を表 7 に示す。

評価項目 i を評価する。動画から意図した戦術を抜き出すことができれば、熟達者のプレイ動画は戦術を獲得するという学習に適していると言える。実験ではすべての協力者が異なる戦術を有する 10 個の動画で 10 種類の戦術を獲得できていた。また、アンケートの項目 1 の結果よりではほとんどの学習者がこれまでに動画から学ぶ学習をした経験がなかったが、学習をした感想として、「気軽に学べて良かった」「自分に合った YouTube の動画を見る感覚（で楽しくできた）」といった、好意的な感想を抱いていた。このことから、熟達者の動画を観察した結果を入力させる学習方法は戦術の読み取りを可能とし、また学習者にとって受け入れられていたことがわかる。

評価項目 ii を評価する。アンケートの項目 2 の(i)では、5 名中 3 名が十分ではなかったと回答した。表現されていなかった状況として、球の飛んでくる方向や、球の質（スピン、スライスなど）が挙げられた。球を飛んでくる位置はプレイヤーが球を打つ位置であるため、「自分の位置」という特徴で代替できると考える。しがたって、球の飛んでくる位置に関しては、プレイヤーに位置とみなして状況表現してもらおうようことで対処する。一方、球の質はラケットの打点に影響があるため、行動は変化する可能性がある。したがって、球の質は状況を表す特徴として追加するよう変更する必要がある。

表 7 アンケート結果

項目	はい	いいえ
1	1	4
2	2	3

5.2 実験 2

5.2.1 実験方法

提示順序制御機能の有効性を評価する。本機能による戦術の選択が妥当であれば、多様な戦術を獲得させたいという目的で人間の指導者が指導する内容と一致すると考えた。そこで、テニス指導者 2 名(A, B)に優

先的に指導する戦術 10 個を挙げてもらい、その内容を提示順序制御機能と比較した。

実験は以下の手順で実施した。

- ① テニス初級者 2 名(a, b)が保持している戦術をそれぞれ閲覧
- ② 状況と行動のリストから、個々の学習者に教える戦術を 10 種類回答
- ③ アンケートに回答

手順①で設定した個々の学習者の保持戦術を表 8、表 9 に示す、表 10 にアンケート項目を示す。手順②で提示した状況と行動は、3 節で定義したシステムの有する行動と状況の特徴およびその値である。

表 8 学習者 a の保持戦術

	自分の位置	相手の位置	球の速さ	球の深さ	行動
戦術 1	ベースライン付近	ベースライン付近	遅い	普通	フラットショット
戦術 2	ベースライン付近	ベースライン付近	遅い	普通	スライスショット
戦術 3	ベースライン付近	ベースライン付近	普通	深い	スピンショット
戦術 4	ベースライン付近	ネット際	速い	深い	ロブ
戦術 5	ベースライン付近	ベースライン付近	遅い	浅い	ドロップショット
戦術 6	ベースライン付近	ベースライン付近	遅い	浅い	アプローチショット
戦術 7	ネット際	ベースライン付近	速い	普通	ブロックボレー
戦術 8	サーブスライン付近	ベースライン付近	普通	浅い	ローボレー

戦術 9	ネット 際	ベース ライン 付近	遅い	普通	ハイボ レー
戦術 10	ネット 際	ベース ライン 付近	遅い	普通	スマッ シュ

表 9 学習者 b の保持戦術

	自分の 位置	相手の 位置	球の速 さ	球の深 さ	行動
戦術 1	ベース ライン 付近	ベース ライン 付近	普通	普通	フラッ トショ ット
戦術 2	ベース ライン 付近	ベース ライン 付近	遅い	浅い	アプロ ーチシ ョット
戦術 3	サービ スライ ン付近	ベース ライン 付近	速い	普通	ブロッ クボレ ー
戦術 4	ネット 際	ベース ライン 付近	遅い	浅い	スマッ シュ
戦術 5	ベース ライン 付近	ネット 際	普通	深い	ロブ

表 10 アンケート内容

項 目	質問	回答方法
1	どのような方針で学習すべき 10 種類の戦術を決めたか	自由記述
2	状況が戦術を表すために十分なものであったか	はい・いいえ (いいえの場合、表現されなかった状況を自由記述)

5.2.2 結果

テニス指導者の提示する戦術と、システムが提示する戦術の一致した数を表 11 に示す。

指導者 A は、両学習者ともにシステムの提示する戦術と 10 種類中 9 種類が一致した。しかし、指導者 B は学習者 a の保持戦術はシステムの提示する戦術と 10 種類中 2 種類、学習者 b の保持戦術はシステムの提示する戦術と 10 種類中 3 種類しか一致しなかった。一致した戦術はすべてが自分か相手の位置がベースライン付近のときの戦術であり、システムの提示しなかった戦術で指導者 B が提示した戦術には、自分か相手の位置がベースライン付近で行動が異なる戦術であった。

表 11 システムと指導者で一致した戦術の数

	学習者 a	学習者 b
指導者 A	9	9
指導者 B	2	3

アンケート項目 1 で指導者 A は状況の多様さを優先して戦術を決定したと回答していたが、指導者 B は多くの行動を選択することを優先して戦術を決定したと回答していた。本実験では「多様な戦術」とのみしか指示しておらず、多様なのが状況か行動かまでは指示しなかったため、解釈が異なる結果となってしまった。提示順序制御機能は保持する状況を多様にすることを目指した機能であるため、指導者 A の方針と同じである。そのため、指導者 A の結果と 9 割同じであったことは、状況が多様な戦術を選択できたことを示唆している。

アンケート項目 2 では、2 名とも十分ではなかったと回答した。実験 1 と同様に、2 名とも用意すべき状況の特徴として球の質を挙げた。このことから、球の質を特徴として追加する必要があることがわかる。

6. おわりに

本研究ではスポーツの戦術を対象に、他者のプレイ動画を観察することによって獲得する方法を提案した。様々な状況に対して適切な行動を選択できるようにするために、状況を構成する特徴の中から戦術として獲得されていないものを優先的に提示する、提示順序制御機能を持つプレイ動画提示システムを構築した。評価実験の結果により、プレイ動画からの戦術の獲得は可能であり、また学習者に好意的に受け止められてい

ることがわかった。動画の提示順序制御機能は、多様な状況を獲得させる目的を持った指導者が選択する戦術を選択できることがわかった。本実験はコロナ禍の影響もあり、少人数の協力者でしか実施することができなかった。今後はより多くの協力者にシステムを用いてもらい、その有効性を広く検証して言う必要がある。

本システムでは、プレイヤーの位置と球の速さと深さと状況を表す特徴として設定していた。実験では、学習者・指導者ともに球の質を挙げており、状況を表す要素としては不十分であったことが明らかになった。状況の捉え方は様々であり、球の質だけではなく、場合によっては天候や芝の状況なども状況になり得る場合がある。様々な特徴を、状況を表す要素として付与する必要がある。

本研究では成功したプレイ動画から、成功したプレイを戦術として読み取らせる学習方法を提案している。一方、「失敗から学ぶ」と言われているように、私たちは日常生活で失敗からも学ぶことができる。これを戦術の獲得にあてはめると、不利になった動画からその状況で不利になる行動を理解するだけではなく、どのような行動をとればよかったかを考えることで、自ら良い戦術を生み出すこともできる。学習者にこのような思考をさせることは、単に正解を理解する以上の効果がある。よって、今後は誤った動画を用いた戦術の学習も支援していきたい。

参 考 文 献

- (1) A. Ramesh Babua, N. Arulanandb, V. Satish Chandran: “Skill Development through Experiential Learning –A Case Study for Product Development Scenario”, *Procedia Computer Science*, Vol. 172, pp.16-21 (2020)
- (2) H.Linda, J.Carol: “Experiential Learning : Past and Present”, *New Directions for Adult & Continuing Education*, No. 62, pp.5-16 (1994)
- (3) 松尾睦: “プロフェッショナルへの成長プロセス : 経験学習の観点から”, *スポーツ教育学研究*, Vol.31, No.2, pp.27-32 (2012)
- (4) 楠見孝: “経験学習のクオリティを高めて熟達を早め、深化させる方法”, *RMS message*, Vol.37, pp.3-5 (2014)
- (5) 岩坂憂児, 大友伸太郎: “運動観察学習における提示動画の順序効果”, *理学療法学 Supplement*, Vol.41, No.2, p.338 (2014)
- (6) 倉本到, 稲垣喜一, 渋谷雄, 辻野嘉宏: “仮想鏡: 学習者と教示者の動作の違いを明確にする動作学習支援システム”, *情報処理学会研究報告*, 2009-EC-12-1, pp.1-6 (2009)
- (7) 箭野柊, 松浦健二, 谷岡広樹, ステファン カルンガル, 幸田尚也, 後藤田中, 和田智仁: “対戦スポーツにおけるオフェンス基本戦術のシーン抽出とその応用”, *教育システム情報学会第 44 回全国大会講演論文集*, pp.213-214 (2019)

身体スキル獲得のためのフォーム改善意識の利活用基盤の構築

田中 翔^{*1}, 小尻 智子^{*2}

^{*1} 関西大学大学院理工学研究科

^{*2} 関西大学システム理工学部

Environment of Utilizing What We are Thinking in Moving Body for Skill Acquisition

Kakeru TANAKA^{*1}, Tomoko KOJIRI^{*2}

^{*1} Graduate School of Science and Engineering, Kansai University

^{*2} Faculty of Engineering Science, Kansai University

概要: スポーツにおけるフォーム改善の際, 人は自身のフォームを認識し, 理想のフォームと異なる身体箇所を理想に近づけるように意識する. 特定の身体箇所を修正可能な意識は身体的特徴に応じて異なるため, 適切な意識を持つことは困難である. 一方, 人が過去に特定の意識を持っていた時に変化した箇所は, その箇所を同様に変化させることが可能な意識と考えられる. そこで, 練習時の意識とフォームの変化を収集するとともに, 特定のフォーム変化をする際に過去に同じ身体部位を変化させたときの意識を活用できるようにするための情報基盤を構築する.

キーワード: 身体スキル, 経験知, フォーム改善

1. はじめに

身体スキルとは, 身体を使って特定のタスクを達成する能力であり, スポーツを習得する際に獲得する必要がある. 身体スキルを得るためには, 動作中の個々のフォームが動作を実現するために適切である必要がある. フォームは対象の動作によってある程度決まっているが, 個人の体格の違いにより詳細な形状は異なる. プレイヤーは理想のフォームをイメージし, それに近づけるようにフォーム修正を繰り返しながら, 自身に適したフォームを模索する.

フォームの習得を支援する研究には, 対象のフォームの手本の動作と学習者の動作との差を提示することで, 対象となるフォームの理解を支援する研究が数多く存在する⁽¹⁻³⁾. 例えば, Chan らはモーションキャプチャを用いて学習者の動作を記録し, その動作と手本の動作との差を検出して, 改善点を学習者に対して提示するシステムを構築した. しかし, 手本のフォームと学習者のフォームとの差から改善点を提示する支援

は, その動作に対して正しいフォームが存在する前提である. 学習者によって体型が異なるため, 動作に対して必ずしも一つの正しいフォームが存在するわけではない.

学習者の考えている理想のフォームを表出化させることで, 学習者に対して着目すべき身体部位を理解させる支援も存在する⁽⁴⁾. 橋本らは, 学習者のイメージしている理想のフォームを, スケルトンモデルを用いて表現させ, その際に変化させたスケルトンモデルの情報を活用して, どの身体部位を動かせば理想のフォームになるかを提示するシステムを構築した. このシステムでは, 学習者の理想のフォームは明確化されるが, そのフォームを実現するために修正すべき身体部位は理解できない.

学習者の体型に応じた理想のフォームを追求するためには, 学習者が自身の動きを理解する必要がある. 学習者自身の動作を解析することを目的とした研究も存在する⁽⁵⁻⁷⁾. これらのシステムでは, 学習者が自身のフォームと学習者のイメージする理想のフォームとの

差を理解することは可能である。しかし、フォームを修正する方法までは理解できない。

フォームを修正するためには、特定の身体部位の動かし方や形状に対して、特定の意識を持つ必要がある。例えばボールを投げる際に、より手首を使いたい場合には、「手の平を上へ向ける」という意識が挙げられる。このような動作をする際に持つ意識を、フォーム改善意識と呼ぶ。フォーム改善意識は、プレイヤーの現在のフォームと理想のフォームの差を埋める事が出来るような動作や形状をするために、プレイヤー自身が自発的に抱く⁽⁸⁾。フォームは対象の動作によってある程度決まっているが、個人の体格の違いにより適切な形状は異なるため、フォーム改善意識も人によって異なる。適切なフォーム改善意識を考えながら練習を行う必要がある⁽⁹⁾。

一方、プレイヤーが過去にあるフォーム改善意識を持って動作した際に動きが変化した身体部位は、そのフォーム改善意識によって変化させることのできる部位であるとみなすことができる。よって本研究では、プレイヤーの練習時のフォームの変化とその時に持っていたフォーム改善意識を蓄積するとともに、プレイヤーの行いたいフォームの修正に対して、その修正を可能にするフォーム改善意識を、蓄積されたフォーム改善意識の中から推薦する環境を構築する。

2. フォーム改善意識推薦のアプローチ

2.1 フォームの修正

プレイヤーの体型によって実現可能な動作は異なる。したがって、すべてのプレイヤーにとって正しいフォームは存在しないことが多く、一般的にプレイヤーは試行錯誤しながらフォームの修正を繰り返すことで自身にとって理想のフォームを追求していく。この際、一度身についた動作やフォームを修正することは、新しいスキルを獲得するより困難であるとされている⁽¹⁰⁾。

フォーム修正のプロセスを図1に示す。プレイヤーは理想のフォームをイメージした後、理想のフォームと現在のフォームとの差から、修正すべき箇所を理解する。その後、修正したい箇所を修正するために持つべきフォーム改善意識を考え、その意識を用いて動作を

する。このプロセスにおいて、フォームを修正するには、フォーム改善意識が修正箇所を修正できるような意識である必要がある。また、プレイヤーの体型によって可能な動作は異なるため、理想のフォームと現在のフォームとの差が同じであっても、人によって持つべきフォーム改善意識は異なる。



図1 フォームの修正のプレイヤーのプロセス

2.2 適切なフォーム改善意識

フォーム改善意識は動作をする際にフォームに対して持つ意識であり、プレイヤーの修正したいフォームの内容に基づいて決まる。直接的なフォーム改善意識は、身体部位の動作の修正方法そのものとなるが、修正したい身体部位以外に対する意識がフォーム改善意識となることもある。例えば「より手首を使って上向きにボールを投げる」というような修正を行いたい場合、手首の動きに関する「ボールから手を離す直前に手の平を上へ向ける」というフォーム改善意識もあれば、「視線を上にあげる」という意識もフォーム改善意識となり得る。

適切なフォーム改善意識とは、これらのフォーム改善意識の中で修正したい動作を可能とする意識のことである。身体形状はプレイヤーによって異なるため、適切なフォーム改善意識はプレイヤーによって異なる。自身の身体形状に対して適切な身体動作を理解できることは、身体スキルの迅速な獲得につながる。

一方、あるフォーム改善意識を持って動作した際に変化した部位は、その意識が修正を意図していた部位であるかどうかにかかわらず、その意識によって変更可能な部位である。例えば、「ボールから手を離す直前に手の平を上へ向ける」というフォーム改善意識を持って動作した際に右足の開き方が大きくなったとする。このフォーム改善意識は、右足を大きく開くためのフォーム改善意識とみなすことができる。

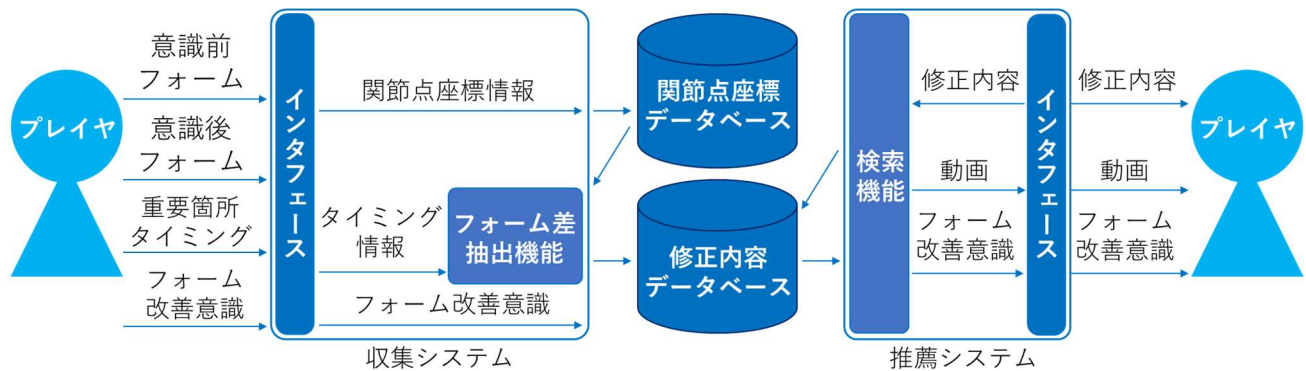


図2 システムの概要

2.3 適切なフォーム改善意識獲得の支援手法

本研究では、自身の適切なフォーム改善意識が分からないプレイヤーに対して、過去に対象となる部位を同じように変更していた時の意識をフォーム改善意識として提示することで、フォームの修正を支援する。このような支援を行うためには、プレイヤーが日々の練習で動作をする際に意識していた内容によって、変更があった身体部位とその動作を検出する必要がある。そこで、プレイヤーの日々の動作時のフォームをセンサで取得し、修正前後のフォームから修正された箇所を特定し、その時に意識していた内容とともにフォーム改善意識として保存する。新たな練習時には、プレイヤーが修正したい箇所と一致する修正をした過去のフォーム改善意識をプレイヤーへ提示する。

システムの概要を図2に示す。本研究で提案するシステムは、練習時にフォーム情報と意識の収集を行う収集システムと、フォームを修正したい際にフォーム改善意識をプレイヤーへ推薦する推薦システムで構成されている。収集システムでは、プレイヤーの動作の動画を撮影し、センサを用いてその時の身体部位の動きを取得、関節点座標データベースへ保存する。フォーム差抽出機能では、動作修正前後のフォームの関節点座標から、プレイヤーが指定した重要箇所のタイミングのフォームの差分を計算する。動作の差分と撮影した動画、プレイヤーが入力したフォーム改善意識の内容は修正内容データベースへ保存される。推薦システムは、プレイヤーから入力した修正箇所とその修正内容の情報を受け取る。検索機能では、それらの情報と同じ変化があった過去の動作を修正内容データベースから検索し、その時のフォーム改善意識と動画をプレイヤーに提示する。なお、本研究ではゴルフを対象とする。

3. 収集システム

3.1 修正内容データベース

本研究では特定の時点での身体形状と、動作全体のスピードを、フォーム改善意識が変化できる対象とする。修正内容データベースには、修正前後の動画、修正する際に持った意識と、修正前後のフォームまたは動作の差分を持つ。

身体形状の取得にはKinectを用いる。Kinectは画像中の座標で関節点の座標データを表現する。この手法では、カメラに対するプレイヤーの位置が異なる場合、例えば同じ形状で動作していても異なる座標となってしまう。そこで、関節点の座標を股関節の座標からの相対座標で保持することとする。これにより、形状が変わっていない場合は、座標が変化しないこととなる。

修正前後の身体形状のデータの差分を、動作中のすべてのフレームに対して計算することは負荷が高い。そこで、フォームの重要なタイミングをプレイヤーに指定してもらい、その時点の身体形状のデータのみを関節点情報データベースで保持する。

動作の変化については、Kinectで撮影した動画の2つの時点の時間の長さを比較することで取得する。

3.2 プロトタイプ・システム

収集システムをC#で実装した。収集システムを起動すると、図3のフォーム録画インタフェースが表示され、左側にKinectで撮影中のカラー映像が表示される。録画開始のボタンを押すことでKinectのカラー動画が録画され、同時にKinectのBodyTracking機能により取得されたプレイヤーの関節点の座標のデータが毎フレームごとにCSVファイルへ保存される。録画停止ボタンを押すことで、カラー動画の録画が停止され、

関節点座標のデータの CSV ファイルへの保存が終了する。終了ボタンを押すと、図 4 のフォーム重要箇所選択インタフェースが表示される。

重要箇所選択インタフェースでは、フォーム録画インタフェースで録画したカラー動画を、Windows Media Player にて再生することが出来る。フォームの重要なタイミングで動画を一時停止し、選択ボタンを押すことで、そのタイミングでの関節点座標データが保存された CSV ファイルから抜き取られ、重要なタイミングの関節点座標を保持する CSV ファイルへ保存される。終了ボタンを押すと、再びフォーム録画インタフェースが表示され、図 3 と同じデザインの画面が表示される。意識後のフォーム録画を意識前のフォーム録画と同じ流れで使用した後、終了ボタンを押すと、同様に図 4 のフォーム重要箇所選択インタフェースが表示される。選択が終了し、終了ボタンを押すと、図 5 のフォーム改善意識入力インタフェースが表示される。

ここで動作中に実際に持ったフォーム改善意識をテキストボックス内に入力し、終了ボタンを押すと、意識前と意識後の重要なタイミングでの関節点座標データが入力された CSV ファイルと、フォーム改善意識内容のテキストがセットとなり、データベースに保存される。



図 3 フォーム録画インタフェース



図 4 フォーム重要箇所選択インタフェース

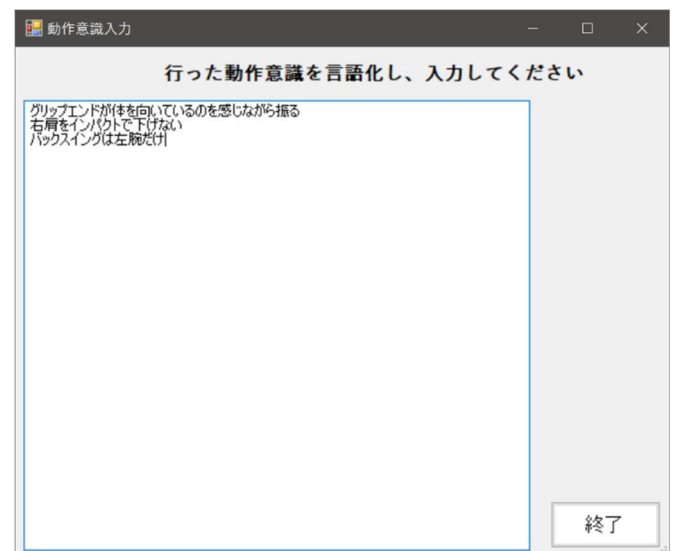


図 5 フォーム改善意識入力インタフェース

4. 推薦システム

4.1 検索機能

推薦システムでは、プレイヤーが今修正しようとしている身体部位とその修正内容に対して、修正内容が合致した過去のフォーム改善意識とその際の動画を提示する。フォームの修正にも、身体部位の形状の修正と動作の速さの修正の 2 種類が存在する。

身体部位形状の修正は、修正したい身体部位とその変化方法で表現できる。修正したい関節点は、必ずしも一つとは限らないため、関節点を複数選択できる必要がある。修正方法は感覚的に大まかに入力できることが望ましい。また、修正したい箇所がある一方で、

動作を変更したくない関節点がある場合もある．変更したくない関節点がある場合は，その関節点を選択できる必要がある．

一方，スイングの速さの修正は，選択したタイミング間に対し，動作を速くしたいのか，遅くしたいのかを入力することで表現できる．速さを変更したい箇所は，変更したい時間を表す二つのタイミングで示すことが出来る．例えば，図6に示す箇所のスピードを変更したい場合，バックスイングとインパクトを選択する．

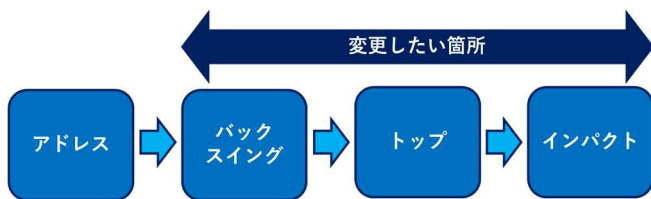


図6 スイングの速さの修正の例

修正内容データベースにする複数の過去の動作が入力した条件を満たす場合，修正箇所が合致している条件が多いものから対応するフォーム改善意識を提示する．修正したい関節点と修正したくない関節点の両方が存在する場合は，修正したい関節点の多いフォーム改善意識を優先する．合致しているものが修正したくない関節点のみの場合は，修正したい箇所を修正できないため，フォーム改善意識の提示を行わない．

スイングの速さの修正では，選択されたタイミング間の時間を速くしたいと入力された場合，過去に同じ区間の時間を速くできたときの意識を提示する．複数ある場合は，より速くできたものから順番に提示する．遅くしたいと入力された場合も同様である．

4.2 プロトタイプ・システム

推薦システムをC#で実装した．推薦システムを起動し，修正目的選択インタフェースにて身体部位の位置修正を選択すると，図7の身体位置修正内容入力インタフェースが表示される．

この画面では，プレイヤーが現在修正したいフォームのタイミング，修正したい関節点とその向き，動作を変更したくない関節点を入力することが出来る．関節点の名前がどの関節点かわかりやすいように，Kinectの関節点の位置と名前が右下に表示されている．関節点の向きは，「上方向」「下方向」「右方向」「左方向」

「奥」「手前」から選択することができる．決定ボタンが押されると，入力された修正情報を基にシステムがデータベースを検索し，図8のフォーム改善意識推薦インタフェースを表示する．

この画面では，プレイヤーに対して現在修正したい内容と最も類似していた動作をしていた時のフォーム改善意識と，その時に位置が変わった関節点を表示する．意識前動画再生ボタンが押されると動画再生インタフェースが表示され，過去に提示された意識で修正を行った際の修正前の動画が再生される．意識後動画再生ボタンが押された場合も同様，修正後の動画が再生される．次へボタンが押された場合は，次に類似度の高い動作をしていた時のフォーム改善意識と，その時に位置が変わった関節点が表示される．前へボタンが押された場合は，現在表示されているものよりも類似度の高い動作をしていた時のフォーム改善意識と，その時に位置が変わった関節点が表示される．

修正目的選択インタフェースで動作速度の修正を選択すると，図9のスイングスピード修正内容入力インタフェースが表示される．この画面では修正したいフォームの始点と終点と，動作のスピードを速くしたいか，遅くしたいかが入力可能である．入力後，決定ボタンが押されるとスピードを同じように変化させることが出来た過去の動作の際のフォーム改善意識が図8のフォーム改善意識推薦インタフェースに表示される．

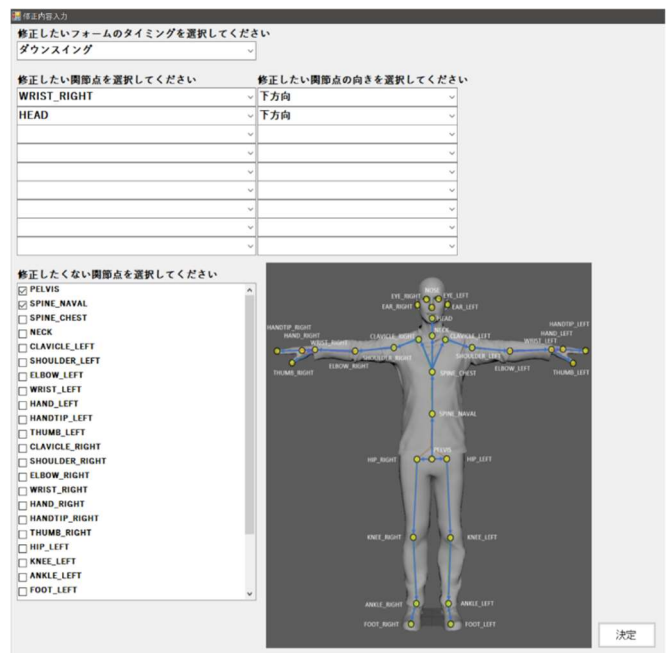


図7 身体位置修正内容入力インタフェース

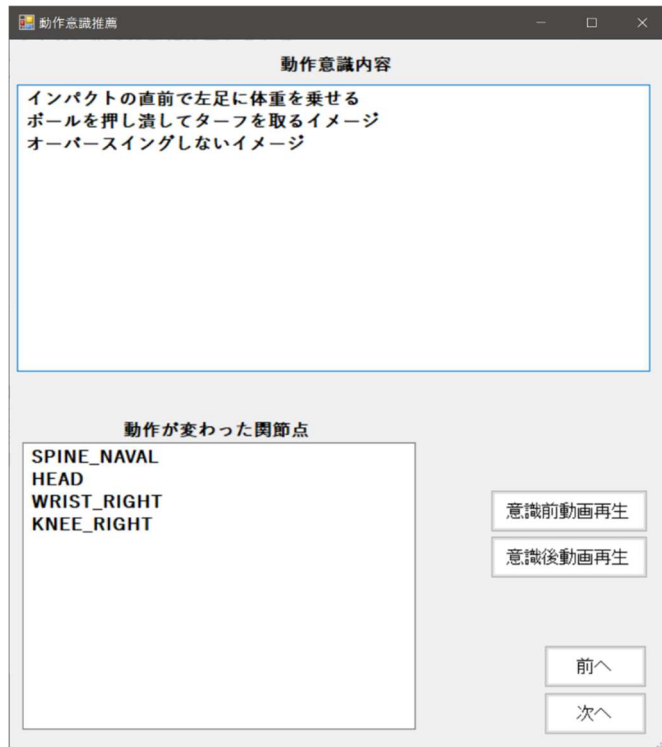


図8 フォーム改善意識推薦インタフェース

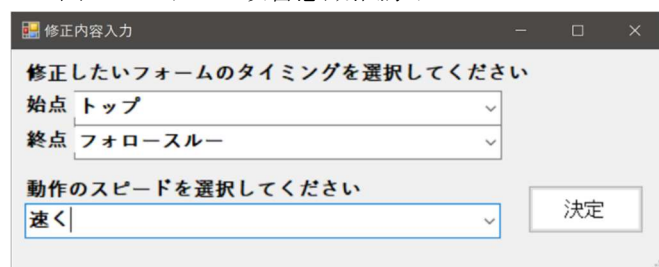


図9 スイングスピード修正内容入力
インタフェース

5. 評価実験

5.1 実験方法

構築したシステムの有効性を評価するため、実験を行った。本システムは、自身の動作から理想のフォームをイメージできるプレイヤーが対象であるため、ゴルフ経験3年の大学生1名と、ゴルフ経験6年の大学生1名の計2名に協力してもらった。なお、コロナ禍で大規模な実験を実施できなかったため、2名にしか依頼できなかった。実験は以下の手順で行った。

- ① ゴルフのドライバーを対象に、10個以上のデータが蓄積されるまで収集システムを用いて練習
- ② フォーム改善意識に関するアンケートAに回答
- ③ アイアンを対象に、推薦システムを用いて練習
- ④ フォーム改善意識に関するアンケートBに回答
- ⑤ 実験に関するアンケートCに回答

本研究では獲得したい身体スキルの内容にかかわらず、フォーム改善意識とその時に動作可能な身体部位が対応しているという前提をおいている。このことは、ある身体スキルで獲得したスキルは他の身体スキルの獲得にも適用できるということであるため、①と③では異なる身体スキルで実施した。

アンケートAでは、行おうとした修正の内容とそのために考えたフォーム改善意識を自由記述で回答してもらい、行いたい修正が出来たかについて、「出来た」、「出来なかった」、「分からない」の三択で回答してもらった。アンケートBでは、システムにより提示されたフォーム改善意識が行いたい修正をするために活用できることを知っていたかどうかについて、「知っていた」、「知らなかった」の二択で回答してもらった。また提示された意識をそのまま用いたか、異なる意識を用いたかについて、「そのまま用いた」、「提示された意識をヒントにして異なる意識を用いた」、「全く異なる意識を用いた」の三択で回答してもらった。異なる意識を持った場合は、なぜ異なる意識を持ったのかについて自由記述で回答してもらい、行いたい修正が出来たかについて、「出来た」、「出来なかった」、「分からない」の三択で回答してもらった。

アンケートCでは、自身でフォーム改善意識を考えた場合とシステムによって推薦される場合のどちらが適切なフォーム改善意識を見つけやすかったかについて、「普段通り」、「システム有り」、「どちらも変わらない」の三択で回答してもらった。また、推薦システムで修正したい内容の入力が行いやすかったかについて、「入力しやすかった」、「入力しにくかった」、「どちらでもない」の三択で回答してもらった。入力しにくかった部分がある場合は、その理由について自由記述で回答してもらった。

5.2 実験結果

収集システムでは、被験者1は11個、被験者2は13個のデータを収集した。推薦システムは、2名とも4回使用してもらった。この4回それぞれについて、アンケートAとBの「行いたい意識を修正できたか」の結果を表1に示す。この質問項目以外のアンケートBの被験者1と2の結果を、それぞれ表2と表3に示す。アンケートCの結果を表4に示す。

表 1 「行いたい意識を修正できたか」の結果

被験者	アンケート	できた	できなかった	わからない
1	A	3	0	1
	B	2	1	1
2	A	3	0	2
	B	1	0	3

表 2 行いたい修正ができた時のフォーム改善意識に関するアンケート結果（アンケート B）

被験者	提示された意識は知っていたか		提示された意識をそのまま用いたか	
	知っていた	知らなかった	用いた	用いなかった
1	2	0	2	0
2	1	0	1	0

表 3 行いたい修正ができなかった／わからない時のフォーム改善意識に関するアンケート結果（アンケート B）

被験者	提示された意識は知っていたか		提示された意識をそのまま用いたか	
	知っていた	知らなかった	用いた	用いなかった
1	1	1	1	1
2	0	3	3	0

表 4 アンケート C の結果

被験者	普段通りとシステムあり、どちらが適切な意識を見つけやすかったか	推薦システムは入力しやすかったか
1	普段通り	入力しにくかった
2	どちらも変わらない	入力しにくかった

システムの提示したフォーム改善意識の有用性を評価する。表 1 より両被験者とも、システムを用いる前の方がシステムを利用するよりもフォームの修正ができていたことがわかった。表 2 より、動作を修正でき

た際にシステムより提示されたフォーム改善意識は、被験者がシステム使用前から修正箇所の修正が可能な意識として理解していたものであった。一方、フォームを改善することができなかった際のフォーム改善意識は、被験者がこれまでその動作をする際に意識していなかったものがほとんどであった。目的の動作をする際に初めて意識する内容は、それをどのように活用して動作をすればよいか分かりにくく、その結果、上手く体を動かすことが出来ず、動作を修正できなかったと考えられる。このことより、本システムは過去に意識していたフォーム改善意識を思い出すことは可能であるが、新たなフォーム改善意識の発見は支援できない可能性を示唆している。

アンケート C では、フォーム改善の際の意識の獲得のしやすさについて、被験者 1 は「普段の練習の方が良い」、被験者 2 は「どちらも変わらない」と回答した。両被験者は通常の練習で自身が設定したフォーム改善意識で、ある程度フォームの修正が出来ており、システムによる支援があまり必要でなかった可能性がある。普段あまりフォーム改善意識のことを考えない初心者の方が有効に機能する可能性がある。何らかの手法で初心者に理想のフォームのイメージを持たせた上でシステムを使用してもらい、効果の有無を検証したい。

本実験では修正内容データベースに格納されていたフォーム改善意識の数が少なく、修正したいフォームに対して適切な意識が存在しなかった場合がある可能性がある。今後は期間をより確保し、より多くのフォーム改善意識を有した状態で評価実験をしていきたい。

最後に、推薦システムの修正内容の入力のしやすさに関して検証する。アンケート C では、2 名とも修正したい内容の入力がしにくかったと回答していた。自由記述では、2 名ともフォーム修正を身体部位の変化だけで入力することが困難と回答していた。本システムでは身体部位の変化は「上方向」などの変化させる方向のみを指定するようになっている。動作もスイングテンポを「速くする」、「遅くする」の 2 つのみの指定となっている。身体部位や動作の変化の方向性のみではなく、変化の大きさも表現できるようにする必要がある。また、被験者より、個々の身体部位ではなくスイング全体の感覚や、クラブの軌道やボールの弾道などの結果を想定してフォームを修正するという意見

も得られた。これらの意識は、フォームそのものをどのように改善すればよいかを被験者自身が認識できていないことを示唆している。変更したいフォームを認識させることで、提示された意識が有効に作用する可能性も考えられるため、今後はフォームの認識も支援していく必要があると考える。

6. おわりに

本研究では、プレイヤーがフォームを修正するために持つべきフォーム改善意識の獲得方法を提案し、その支援システムを提案した。適切なフォーム改善意識はプレイヤーが改善したい箇所と同じ箇所の変化を過去に行ったときに持っていた意識であるという前提のもと、練習時のプレイヤーのフォームの修正とその時に抱いていた意識を収集する収集システムと、修正したい内容に応じて過去の意識を提示する推薦システムを構築した。実験の結果、プレイヤーがその動作を修正可能として理解している意識が提示されればフォームを改善できたが、理解していない意識が提示された場合はフォームを改善できなかった。この原因の一つに、プレイヤーの修正したい内容の入力が、身体部位やスピードのおおまかな変化のみであったことが挙げられる。今後はより詳細な入力ができるよう入力方法を改善する。

今回のシステムでは、プレイヤーが過去に持ったことのあるフォーム改善意識のみを提示した。そのため、プレイヤーが気づいていないフォーム改善意識を獲得することはできない。自身がこれまでに持っていない意識は、自身と体形や動きの特徴が似ている他のプレイヤーが持っている可能性が高い。そこで、体形や動きの類似性からプレイヤーと同じ意識が適切なフォーム改善意識となる他のプレイヤーを特定し、そのプレイヤーのフォーム改善意識を提示するようにシステムを改良することで、新しいフォーム改善意識の獲得が可能だと考えられる。

参考文献

- (1) Jacky C. P. Chan, Howard Leung, Jeff K. T. Tang, Taku Komura: “A Virtual Reality Dance Training System Using Motion Capture Technology”, IEEE Transactions On Learning Technologies, Vol. 4, No. 2, pp. 187-195, (2011)
- (2) 尾崎惇史, 菅田雅彰: “小型携帯センサを用いた運動フォームの遠隔自動コーチングシステムの構築”, 教育システム情報学会誌, 33 巻, 1 号, pp. 22-30, (2016)
- (3) Bruce Abernethy, Joanne M. Wood: “Do Generalized Visual Training Programmes For Sport Really Work? An Experimental Investigation”, Journal of Sports Sciences, Vol. 19, pp. 203-222, (2010)
- (4) 橋本遼太, 小尻智子: “身体スキル言語化のためのスケルトンモデルに基づいた身体動作描画ツール”, 電子情報通信学会技術研究報告, 114 巻, 513 号, ET2014-108, pp. 131-136, (2015)
- (5) 稲尾拓海, 尾下真樹, 向井智彦, 栗山繁: “モーションキャプチャを用いたスポーツフォーム練習のための特徴量・可視化手法の提案”, 情報処理学会研究報告, 2016-CVIM-204 巻, 21 号, pp. 1-7, (2016)
- (6) 吉川建彦, 松浦健二, カルンガルステファン, 後藤田中: “身体部位間の運動タイミング差を調整するための部分的フォーム解析”, 教育システム情報学会研究会報告, 33 巻, 4 号, pp. 7-12, (2018)
- (7) 稲葉洋, 瀧剛志, 宮崎慎也, 長谷川純一, 肥田満裕, 山本英弘, 北川薫: “スポーツ動作分析の支援を目的とした人体センシング情報の可視化提示法”, 芸術科学会論文誌, 2 巻, 3 号, pp. 94-100, (2003)
- (8) 諏訪正樹: “アスリートが「身体を考える」ことの意味”, 身体知研究会, 3 巻, 4 号, pp. 19-24, (2009)
- (9) 諏訪正樹, 伊東大輔: “身体スキル獲得プロセスにおける身体部位への意識の変遷”, 第 20 回人工知能学会全国大会, p. 129, (2006)
- (10) 養内豊, 吉田聡美: “スポーツにおける動作修正のための 4 ステップ”, 北星論集, 52 巻, 1 号, pp. 39-45, (2014)

初修フランス語デジタル教科書と連携する クラスノート機能の構想

有富 智世^{*1}, 喜久川 功^{*1}

^{*1} 常葉大学

A Concept of a Class Notebook Function for Digital Textbooks in French Beginner Classes

Chise Aritomi^{*1}, Isao Kikukawa^{*1}

^{*1}Tokoha University

初修外国語教育におけるデジタル教科書・教材の研究を進めてきた。すでに開発した e ポートフォリオ搭載の「デジタル教材」を有機的に関連付け、「デジタル教科書（教員版）」を確定した。さらに、画一的な使用の域から教員の独自性を反映し得るデジタル教科書の拡張を探究した。その結果、「学習ガイド機能」を開発し、これと関連付けて活用する「クラスノート機能」を加えることで、模索を続けた「デジタル教科書のあり方」を確定するに至った。試作と検証から確証を得た最終構想について報告する。

キーワード：フランス語教育，デジタル教科書，デジタル教材，学習ガイド，デジタルノート

1. はじめに

大学等の高等教育機関では、ICT を活用した多様な学習支援が実施されている。特に、実地的な運用を鑑み、様々な授業形態で対応可能なデジタル教科書の具体化は、今後の教育現場において必要不可欠な教材モデルとして急がれる。

これまで初修外国語教育におけるデジタル教科書・教材の研究を進めてきた。すでに開発した e ポートフォリオ搭載のデジタル教材を有機的に関連付け、「デジタル教科書（教員版）」を確定した。さらに、画一的な使用の領域から教員の独自性を反映し得るデジタル教科書の拡張を探究した結果、「学習ガイド機能」を開発し、実装に至った。また、「学習ガイド機能」との連携により、「デジタルノート」の使用が見込める構想を得た。本稿では、試作と検証により模索を重ねてきた「デジタル教科書のあり方」（構想）について報告する。

2. デジタル教科書のあり方（構想 1）

デジタル教科書に関する先行研究は、初等・中等教

育を対象にしたものが多く、高等教育機関におけるデジタル教科書のあり方を含め、モデル教材については、明確な研究開発例がなかった。

初修外国語教育（フランス語）における ICT 活用の有効性から紙媒体の教科書と関連するデジタル教材 Web<なびふらんせ>を開発した。さらに、本研究成果から大学等の初修外国語教育で使用するデジタル教科書の研究へと発展させた次第である。

授業時使用と授業外の自主学習までも視野に入れた教材の実現化を目指し、デジタル教科書の基本構想を以下のように定めた。

- 対面授業での使用において利便性と有用性が見込め、授業運営を支援して教育効果が見込める媒体
- PC およびスマートデバイス等で同等に使用でき、多様な学習環境で適応可能な媒体
- インターフェース（見え方・操作性）に配慮され、〈誰でも・どこでも〉使える媒体
- 学習活動を活性化させる〈多種コンテンツ〉を備えた媒体
- 自主学習を促進する〈e ポートフォリオ〉を備えた

媒体

●学習者と教員を支援するシステムを備えた媒体

上記の他に、予習・復習を視野に入れた自主学習の促進、アクティヴ・ラーニングへの適応、異文化理解を語学学習と絡めて導入できるなど、「ICTを活用した教科書」だからこそ可能となる「総合力を備えた教育ツール」＝「デジタル教科書」とした。

3. デジタル教科書のあり方（構想2）

デジタル教科書を用いる利点の一つとして、「教科書の内容と関連するデジタル教材を一体的に使用することができる」（文部科学省，2016）ことが示されている。

「教科書（紙）」と「デジタル教材」を一体化して使う試みを、「デジタル教科書」で応用したならば、目指す「総合力を備えた教育ツール」の実現になると考えた。

デジタル教材 Web＜なびふらんせ＞は、授業内外での使用を見込んだ 7 つの学習コンテンツを備え、「クラス設定機能」を利用した e ポートフォリオの形式にも特徴がある。そこで、デジタル教科書の開発では、デジタル教材の各種コンテンツ・e ポートフォリオ・教材ダウンロード等を束ね、有機的に関連づけて一体化を図り、一斉授業から授業外の自主学習までも視野に入れた教育ツールの実現化を目指した。

以上に基づき、まず「デジタル教科書（教員版）」の策定を行った。教員版を応用する形で学習者版の設計についても同時に定めた。デジタル教科書のモデル制作では、学習者にとっての分かり易さに配慮し、デジタル教科書の表示ベースを教科書（紙）と同じ内容、同じ見え方とした。

4. デジタル教科書のあり方（構想3）

「デジタル教科書（教員版）」の試作から授業実践を経て、遠隔授業も含めた学習支援を考慮する必要性が見出された。クラス運営を行う教員が、クラスに応じた教材・課題の追加や指示を各自で柔軟にカスタマイズできることが望ましい。教材を画一的使用の領域から教員の独自性を反映し得る媒体へと拡張できないか検討した。その結果、「学習ガイド機能」の開発を行った。現在、教育現場では、対面授業・遠隔授業・ハイ

ブリッド型・ハイフレックス型等、様々な形態で授業を実施している。多様な授業形態に対応させたクラス運営を支援するための「学習ガイド機能」の実装は、学習指示を学習者に確実に伝えるツールとなる。

5. デジタル教科書のあり方（最終構想）

デジタル教科書の中核とする学習過程の中で、ICTを活用して各学習者への個別指導をどのように行えるかは当初からの懸案事項であった。課題の提示およびフィードバックにおいて、デジタル教材の「クラス機能」を利用し、各学習者の個別指導（添削・音読等も含む指導）に対応できるよう、デジタル教科書・デジタル教材・デジタルノートの一体化を検討した。

様々な授業形態でのクラス運営を支援する「学習ガイド機能」の開発を経て、本機能と併せて効果的使用が見込める「クラスノート機能」の検討を行った。

デジタル教材の各種機能と連携させてデジタルノートの使用を可能とする「クラスノート機能」を搭載できれば、デジタル教科書の中核とするデジタル教材・e ポートフォリオ・デジタルノートの一体化を実現できる。これにより、模索を続けた「デジタル教科書のあり方」を確定するに至った。本機能の搭載により、授業者はクラスに適した課題の提供を行え、学習者の個別指導における選択肢も拡大する。クラス毎に適合させたデジタルノートの活用ができ、授業者のオリジナリティも反映したデジタル教科書・教材の拡張的使用も図られる。

6. おわりに

高等教育機関における ICT を活用した教材ならびにデジタル教科書に関する研究は、未だ十分になされているとはいえない。これまで、デジタル教科書とはいかにあるべきかを探究し続けてきたが、試作と授業実践を重ねた検証結果から「クラスノート機能」の開発に至り、本機能の搭載を以って完成体と定めるに至った。本稿で述べた最終構想によるデジタル教科書は、教員および学習者の双方を支援し、また、どのような学習環境ならびに授業形態であっても、学習支援を着実にできるものと見なしている。今後の教育現場で活用するデジタル教科書として、学士教育の質保証に適

う「開発モデル」になるだろう。「クラスノート機能」の開発・実装・公開を早急に進め、「デジタル教科書」モデルとしての真価を問う。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18K00759 の助成を受けた。

参 考 文 献

- (1) 有富智世, 喜久川功: “デジタル教材 Web (なびふらんせ)”, <http://navifr.sz.tokoha-u.ac.jp/> (2012-現在に至る)
- (2) 有富智世・喜久川功・黒田恵梨子・田母神須美子・服部悦子: “なびふらんせ 1”, 株式会社朝日出版社 (2016)
- (3) 有富智世・安藤博文・内田智秀・喜久川功・服部悦子: “なびふらんせ 2”, 株式会社朝日出版社 (2019)
- (4) 有富智世, 喜久川功, 安藤博文, 内田智秀, 服部悦子, 山田敏之: “授業内学習と自主学習を活性化する学習支援ツールの一体化 -デジタル教科書・デジタル教材・e ポートフォリオ・教材ダウンロード-”, 関西フランス語教育研究会, RENCONTRES 32-2, pp. 11-15 (2018)
- (5) 有富智世・喜久川功・内田智秀・服部悦子: “オンライン授業とデジタル教材 —授業実践報告と展望—”, 関西フランス語教育研究会, RENCONTRES 35, pp.55-59 (2021)
- (6) 喜久川功, 有富智世: “効率的かつ効果的な授業運営を可能にする初修フランス語指導者用デジタル教科書の開発”, 日本教育工学会 2022 年春季全国大会講演論文集, pp. 263-264 (2022)
- (7) 喜久川功, 有富智世: “外国語学習用デジタル教科書・教材を用いたクラス運営を支援する学習ガイド機能の実装”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.36, No.6, pp. 45-50 (2022)

高専における英語学習者の動機づけと学力推移の関係についての 調査研究

谷野 圭亮^{*1}, 瀬田 和久^{*2}, 林 佑樹^{*2}

^{*1} 大阪公立大学工業高等専門学校 総合工学システム学科

^{*2} 大阪公立大学大学院 情報学研究科

An Investigation of the Relationship Between Motivation and Learning Performance of English Language Learners at Colleges of Technology

Keisuke TANINO^{*1}, Kazuhisa SETA^{*2}, Yuki HAYASHI^{*2}

^{*1} Osaka Metropolitan University College of Technology, ^{*2} Graduate School of Informatics,
Osaka Metropolitan University

Several studies have been conducted to investigate the relationship between motivation and learning outcomes. In this study, based on TOEIC Bridge® and a questionnaire survey based on Self-Determination Theory and L2 Self motivational system items twice throughout a year at College of Technology (Kosen) in Japan. We discuss the relationship between motivational status and changes in learning achievement over the span of one year. The goal of this study is to discuss and identify the motivational items that are more suitable for promoting learners' performance.

キーワード: 外国語学習, 動機づけの変化, EFL, ESL, 学習分析

1. はじめに

第二言語習得を成功させるためには、学習方略だけでなく学習者の動機とそれを維持させる動機づけが不可欠とされている。

これまでの研究の多くは、ターゲット言語を第二言語として使用する地域での文脈 (English as a Second Language: ESL) で議論されており、日本のようなターゲット言語 (本研究では英語) を外国語として使用する環境 (English as a Foreign Language: EFL) における研究報告はまだ十分とは言えない。動機づけ研究の 3 段階目のフェーズへと発展したといわれる今日においては、L2 Self (自己) といわれる個人の到達目標やその設定理由が重要視されており、第二言語として英語を学ぶ環境と外国語として英語を学ぶ環境の違いに着目してそれらの関係を明らかにすることは重要な研究

課題である。

学習者の環境 (所属する学校の種類) や個人の特性 (バイリンガルであるかどうかなど) と動機づけに着目した先行研究では、1 度の調査で学力との比較研究が多くなされてきた一方で、長期的視点での動機づけの因子の維持や変化と言語能力の維持や変化の関係について明らかにしたものは見当たらない。

ESL 環境での動機づけ研究の文脈では、学習者自身の学習の動機 (内発的動機づけや理想自己) が重要であるとされている一方で、EFL 環境である日本の中学生や高校生、大学生の学習動機の多くは就職や進学 (外的動機づけ) であり、日常生活において理想の L2 使用者像を構築することは難しい環境である。

本調査では、EFL 環境の中でも入学後に大学入試や就職を意識するまでの時間が長いために外的な動機づ

け要因すら強く働く環境におかれぬ日本の工業高等専門学校に着目し、さらに低年次の学生を対象として動機づけと英語能力を測定することにより、就職を目標とする大学生や、進学を目標とする高校生とは異なる純粋なEFL環境の観点から動機づけと言語能力について考察する。より具体的には学力推移別に4つの群に分け、各群において学習者が持つ自己決定理論(SDT)⁽¹⁾とL2自己動機づけシステム理論(L2MSS)⁽²⁾をもとにした動機づけ因子と英語能力の推移との関係について考察する。

2. 本調査で使用する理論的フレームワーク

多くの動機づけ研究では、ある1時期の学習者の動機づけ状況を質問紙などで調査を行い、学習の到達度テストなどの結果とともにまとめたものが数多く報告されている。しかしながら、ある1時期のみのデータから捉えられる情報からは、その動機づけ状況がその後学習成果にどのように影響していくのかを捉えることはできず、教育現場での指導に活かすことは難しい。そこで本調査では2度の質問紙による動機づけとTOEIC Bridge®による学習達成度の調査結果を使用することにより、以下に述べる自己決定理論とL2MSSを理論的フレームワークとして、学習者の心内の動機づけと学習到達度を比較し、中・長期的な動機づけの影響を調査することを目的とする。

2.1 外国語教育における動機づけ研究

外国語教育研究における動機づけ研究は1950年代のGardnerらがカナダで行った社会心理学的な研究へ遡る。カナダでは英語使用圏とフランス語使用圏があり、そこでの第二言語習得研究の文脈から目標言語話者への友好的な態度や感情を持ち、その文化の一員になりたいという気持ちが学習意欲へつながり、言語能力を高めるとされる、統合的動機(integrative motivation)と、就職や進学など実理的な目的のために動機づけられるとされる、道具的動機づけ(instrumental motivation)があるとされた⁽¹⁾。

1990年代になると、教育心理学の枠組みが使用されるようになり、とりわけ統合的動機に近い内発的動機づけと道具的動機に近い外発的動機づけに着目したDeci & Ryanの自己決定理論(Self-Determination Theory)

⁽¹⁾が注目を浴びるようになった。日本においても自己決定理論のフレームワークを使用した研究が現在でも多く報告されている。

1990年以降DörnyeiやUshiodaは一般化を目指す線形アプローチの限界を感じ、学習者個人の環境的な要因に着目するようになった。そこで、Gardnerの理論を更に発展させたL2自己動機づけシステム⁽²⁾がDörnyeiにより提唱され、学習者の潜在的な希望・願望であるL2理想自己(L2 Ideal Self)や学習者が周囲の者からの期待や義務感を行動の引き金とするL2義務自己(L2 Ought to Self)が学習者の中にあり、L2理想自己が高まることにより、学習活動(努力)が促進され、学習成果につながると指摘されている。

2.2 自己決定理論

自己決定理論(Self-Determination Theory:SDT)は語学だけでなくスポーツや企業研修などにも多く導入されている動機づけのフレームワークである。動機づけを内発的動機づけと外発的動機づけに分類し、外発的動機づけについてはさらに、3種類の調整(自律性、有能性、関係性)を取り込んで対象者の動機づけの状態を細かく見ることを可能にした。日本でも盛んに研究されており多くの蓄積がなされた理論である。本理論のフレームワークは外発的動機づけを段階的な自己内での調整として定義しており、外発的動機づけの中で内発的動機づけへの段階を測定することができる。

2.3 L2自己動機づけシステム理論

L2自己動機づけシステム(L2MSS)⁽²⁾はDörnyeiがGardnerらの統合的動機と道具的動機を発展させた形で提唱し、「L2理想自己」「L2義務自己」「L2学習経験」より成り立っている。L2理想自己とは第二言語使用者としてなりたい自己像を指し、L2義務自己は第二言語使用者としてなるべき自己を指し、L2学習経験は学習環境や経験を指す。L2理想自己は自身が目指すL2使用者像として統合的動機に通じるものがあり、L2義務自己については外部からの圧力や報奨などを目的とすることから道具的動機に通じるものがある。

L2MSSでは、学習者自身のL2使用者像を明確に捉えるために自己(Self)の概念を採用している。

日本において、Yashimaらの研究⁽³⁾では共分散構造分

析により学習者の L2 理想自己と L2 義務自己では L2 理想自己の方が努力へつながることが示されており、これまでの研究の多くも L2 理想自己や内発的動機づけの滋養が学習者の努力を促し、言語運用能力へつながるとされている。

3. リサーチクエスチョン

本研究では、これまで明らかにされてこなかった長期的に見た学力の達成度合いに関連する動機づけの因子を特定することにより、学習者の持つ動機づけの推移と学力の推移の関係性を明らかにする。具体的には、以下の 3 つのリサーチクエスチョンを設定する。

- **RQ1:** 長期的な視点での動機づけの変化とその決定要因は何か？
- **RQ2:** 長期的な視点での動機づけの変化と学力変化の関係性はあるか？
- **RQ3:** 学力の変化を動機づけに着目して予見可能か？

4. 調査

4.1 調査環境

本調査は、大阪にある工業高等専門学校の 148 名の学習者を対象にした。事前に成績には関係しないこと、いつでも調査を離脱することができること、データの処理は匿名化して行われることの説明を行った上で、外部試験を利用した 2 度の学力調査と質問紙調査によって行われた（以降、「Pre 調査」「Post 調査」と呼称）。TOEIC Bridge®の受験後、得点データの返却前に紙ベースでのアンケート調査を行った。

調査期間は 1 年間であり、Pre 調査時に対象とした 2 学年の学生（2 年生と 3 年生）は、Post 調査時には進級しておりそれぞれ 1 学年進級している。調査方法は表 1 の通りである。

表 1 調査方法

調査対象		Pre 調査	Post 調査
学力	動機づけ	2018 年 12 月	2019 年 12 月
TOEIC Bridge®	質問紙調査 (表 2) ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2 年生 (117 名)	
		3 年生 (31 名)	3 年生 (117 名)
			4 年生 (31 名)

表 2 質問紙の項目 ^{(4) (6)}

自己決定理論	自律性	人は自らの行動に対して「責任」を持ちたい、自ら「選択」を持ちたいという欲求を持っている。
	有能性	人はやればできるといった「期待感」「達成感」を味わいたいといった欲求を持っている。
	関係性	周りとの協力なしには生きていけない、周りの他者と「協力的」「協調的」な関係を持ちたいという欲求。
	内発的動機づけ	それをする事自体が目的で何かをすること。それをする事自体から喜びや満足感が得られるような行動に関連した動機
	同一視的調整	活動に対する意識的な価値づけ。その活動に価値を見出し、その有用性を意識して、個人にとって意味のある目的のために行う。
	取り入れ的調整	承認に注目し、他者や自分の承認に注目している。
	外的調整	最も自己決定度が低い外発的動機づけ。報酬を目的とし、罰を得るのが嫌なので、行動を制御する。
	無動機	全くやる気がない状態。
L2MSS	理想自己	第二言語使用者として、になりたい自己。
	義務自己	第二言語使用者として、なるべき自己。
	努力	目標を達成するために行動すること。

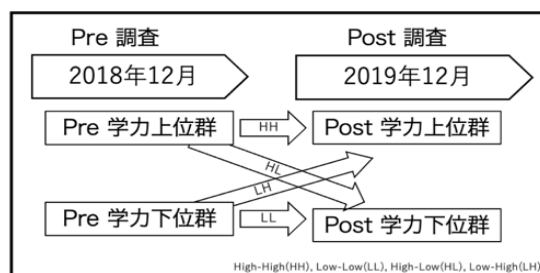


図 1 学力別グループ分け

4.2 質問紙

本研究では自己決定理論⁽⁴⁾のフレームワークである自律性・有能性・関係性と外発的動機づけを細分化した同一視的調整・取り入れ的調整・外的調整、無動機、内発的動機づけ、L2MSS については Ryan らの研究⁽⁴⁾より理想自己、義務自己、努力の項目の 11 項目を 49 問、6 件法で尋ねる中野の研究⁽⁵⁾で作成された日本語の質問紙調査用紙を使用した。動機づけ項目の内容を表 2 に示している。

4.3 結果

上記の学力試験と動機づけアンケートの関係性を調べるために統計ソフト JASP⁽⁶⁾を使用した。

4.3.1 動機づけ項目と学力の関係について

項目間の関係を群毎に分散分析を用いて明らかにする。Pre 調査、Post 調査時の TOEIC Bridge®の結果にもとづき、中央値を閾値とした上位群、下位群に分けた。その上で、表 2 のように Pre、Post いずれも上位群の学生を HH (High-High)群、上位群から下位群に所属が変

表3 グループ間の分散分析の結果

ANOVA - 学力差 ▼								
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η^2	η_p^2	ω^2
グループ	9697.987	3	3232.662	44.850	< .001	0.481	0.481	0.469
Residuals	10451.275	145	72.078					

Note. Type III Sum of Squares

Post Hoc Comparisons - グループ ▼

		95% CI for Mean Difference				SE	t	95% CI for Cohen's d			P-value
		Mean Difference	Lower	Upper				Lower	Upper		
HH	HL	15.657	9.711	21.603	2.288	6.844	1.844	1.115	2.574	< .001***	
	LH	-9.887	-15.121	-4.654	2.014	-4.910	-1.165	-1.825	-0.504	< .001***	
	LL	6.514	1.946	11.082	1.758	3.706	0.767	0.211	1.324	0.002**	
HL	LH	-25.545	-31.742	-19.348	2.384	-10.714	-3.009	-3.763	-2.254	< .001***	
	LL	-9.143	-14.789	-3.497	2.172	-4.209	-1.077	-1.782	-0.372	< .001***	
LH	LL	16.402	11.512	21.292	1.881	8.718	1.932	1.292	2.571	< .001***	

Note. P-value and confidence intervals adjusted for comparing a family of 4 estimates (confidence intervals corrected using the Tukey method).

** p < .01, *** p < .001

表4 グループ間の学力の平均スコアと差

	N	Pre	Post	差
HH	40	135.5	143.38	7.88
HL	21	120.67	122.89	2.22
LL	56	116.53	117.35	0.82
LH	32	117.08	134.93	17.85
ALL	149	79.69	85.95	6.26

化した学生を HL (High-Low)群, 下位群から上位群に変化した学生を LH (Low-High)群, いずれも下位群の学生を LL (Low-Low)群とした。

4つのグループ間の関係について, Pre 調査時と Post 調査時の TOEIC Bridge®のスコアの差にもとづいて一元配置分散分析を行ったところ, グループ間に優位差が確認されたため ($p < .001$), post hoc テストを行った結果, 各グループの Pre 調査時と Post 調査時の TOEIC Bridge®スコアの差の平均には 5%水準において有意差が確認された (表3)。表4に TOEIC Bridge®のグループ毎の平均スコアとその差を示す。

次に, 構成される動機づけ項目にどのような特徴があるかを捉えるために, 群毎に Pre 調査時と Post 調査時の動機づけ項目の値の差 (Post 値-Pre 値) を求め, グループ別の動機づけの変化の特徴を明らかにするために, その差分を学力グループ毎に主成分分析を行った。求める主成分の数については調査参加者の数が多いことからスクリーンプロット基準を基にして, 寄与率が 1.0 以上のものを有効な主成分として採用した。

学力上位維持群 (HH 群) については, 第3主成分まで求め, 結果は表5のようになった。図2右は, これを構造的に表したもので, 第1主成分は「有能性」「関係性」「内発的動機づけ」が正の要素となり, 「無動機」「L2 義務自己」が負の要素となった。

学力下降群 (HL 群) については, 第4主成分まで

表5 学力上位維持群 (HH) の主成分分析の結果

Component Loadings ▼

	RC1	RC2	RC3	Uniqueness
自律性			0.714	0.523
有能性	0.856			0.317
関係性	0.534			0.498
内発的動機づけ	0.547			0.526
同一視的調整		0.857		0.192
取り入れの調整		0.919		0.235
外的調整		0.550		0.556
無動機	-0.732			0.528
L2理想自己			-0.514	0.695
L2義務自己	-0.449		0.419	0.560
努力			0.907	0.229

Note. Applied rotation method is promax.

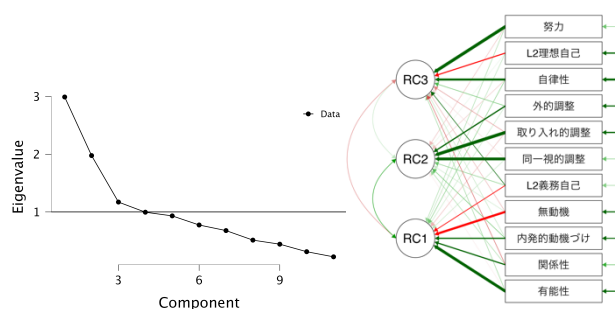


図2 学力上位維持群 (HH) のスクリーンプロットとパス図

表6 学力下降群 (HL) の主成分分析の結果

Component Loadings

	RC1	RC2	RC3	RC4	Uniqueness
努力	0.806				0.284
L2義務自己	0.794				0.399
有能性	0.714	-0.437			0.370
内発的動機づけ	0.649				0.366
外的調整		0.976			0.082
同一視的調整		0.856			0.197
取り入れの調整		0.625			0.302
L2理想自己			0.882		0.158
自律性			0.781		0.151
無動機				-0.837	0.249
関係性				0.682	0.452

Note. Applied rotation method is promax.

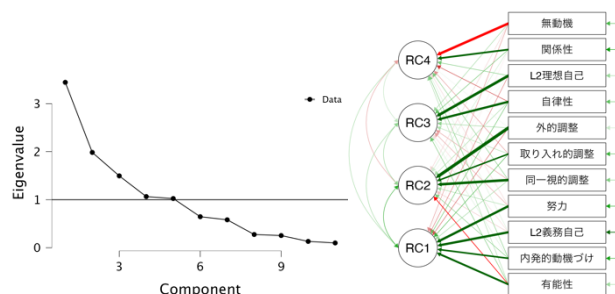


図3 学力下位維持群 (HL) のスクリーンプロットとパス図

求め, 結果は表6のようになった。図3右はこれを構造的に表したもので, 第1主成分は「努力」「L2 義務自己」「内発的動機づけ」「有能性」が正の要素となった。

学力下位維持群 (LL 群) については, 第3主成分まで

表 7 学力下位維持群 (LL) の主成分分析の結果

Component Loadings				
	RC1	RC2	RC3	Uniqueness
外的調整	0.875			0.258
同一視的調整	0.845			0.245
関係性	0.815			0.433
取り入れの調整	0.744			0.315
内発的動機づけ	0.697			0.311
L2理想自己	-0.632	-0.454		0.272
L2義務自己		0.911		0.170
努力		0.753		0.279
無動機		0.554	-0.488	0.346
自律性			0.767	0.420
有能性			0.760	0.389

Note. Applied rotation method is promax.

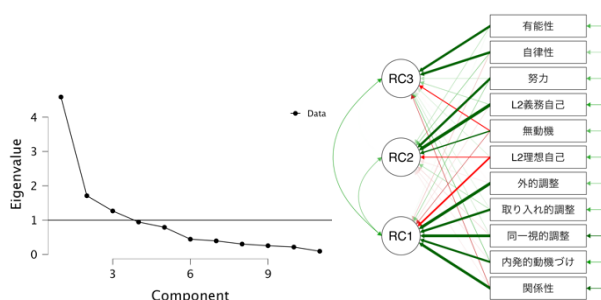


図 4 学力下位維持群 (LL) のスクリープロットとパス図

で求め、結果は表 7 のようになった。図 4 右のように、第 1 主成分は「外的調整」「取り入れの調整」「同一視的調整」「内発的動機づけ」「関係性」が正の要素となり、「L2 理想自己」が負の要素となった。

学力上昇群 (LH 群) については、第 3 主成分まで求め、結果は表 8 のようになった。図 5 右のように、第 1 主成分は「努力」「外的調整」「取り入れの調整」「同一視的調整」「内発的動機づけ」が正の要素となった。

上記の結果から、各群の動機づけの第 1 主成分を構成する要素を表 9 に示している。

5. 議論

5.1 動機づけの推移と学力推移の関係[RQ1, RQ2]

主成分分析の結果から、各群で 1 年間での動機づけの変化の傾向が異なることが明らかとなった。以下でその内容を具体的に述べる。

まず、Pre 調査時に成績上位群であった HH 群と HL 群について主成分分析の結果に着目すると、第 1 主成分の要素として HH 群は「L2 理想自己」が負の要素として現れているのに対して、HL 群は正の要素として現れている。動機づけが学習成果に及ぼす影響が相応

表 8 学力上昇群 (LH) の主成分分析の結果

Component Loadings ▼					
	RC1	RC2	RC3	RC4	Uniqueness
取り入れの調整	0.885				0.259
同一視的調整	0.771				0.124
努力	0.694				0.255
外的調整	0.624	-0.493			0.339
内発的動機づけ	0.616				0.204
有能性		0.898			0.185
関係性		0.819			0.232
L2理想自己			-0.949		0.185
L2義務自己			0.593		0.371
自律性			0.525	0.459	0.279
無動機				-0.841	0.203

Note. Applied rotation method is promax.

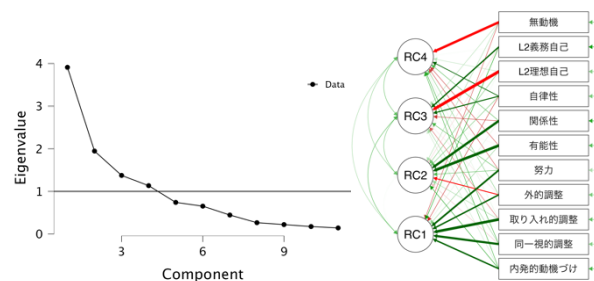


図 5 学力上昇群 (LH) のスクリープロットとパス図

表 9 各群の第 1 主成分の構成要素

	第1主成分(正)	第1主成分(負)
HH	有能性(0.85)・関係性(0.53)・内発的動機づけ(0.54)	L2義務自己(-0.44)・無動機(-0.73)
HL	努力(0.8)・L2義務自己(0.79)・有能性(0.71)・内発的動機づけ(0.64)	
LL	外的調整(0.87)・同一視的調整(0.84)・取り入れの調整(0.81)・関係性(0.81)・内発的動機づけ(0.69)	L2理想自己(-0.63)
LH	取り入れの調整(0.88)・同一視的調整(0.78)・努力(0.69)・外的調整(0.62)・内発的動機づけ(0.61)	

にあると考えることが妥当と仮定するなら、この結果は成績上位群における「L2 義務自己」の高まりは学習成果について負の働きをすることを示唆している。

次に、Pre 調査時に成績下位群であった LH 群と LL 群に着目すると、第 1 主成分の構成要素は似ているものの、LH 群には「努力」の要素が現れているのに対して、LL 群は「L2 理想自己」が負の要素として現れている。動機づけが学習成果に及ぼす影響が相応にあると考えることが妥当と仮定するなら、この結果は成績下位群における「努力」の高まりは学習成果に対して正の働きをすることを示唆しており、「L2 理想自己」の減退は負の働きをすることを示唆している。

さらに興味深いこととして、「努力」の要素の変化が

ともに見られる HL 群と LH 群を比較すると、HL 群における「努力」は「L2 義務自己」とともに第 1 主成分を構成しているのに対して、LH 群では「外的調整」とともに構成している。動機づけが学習成果に及ぼす影響が相応にあると考えることが妥当と仮定するなら、これらのことから考えられることとして、何と関連した「努力」要素の変化なのかによって、学力の向上に対する影響が異なる可能性が示唆される。

5.2 学力推移の予見可能性[RQ3]

5.1 の結果、Pre 調査時に成績上位群であっても、その後の Post 調査時までの動機づけの変化として、成績を維持した群では「L2 義務自己」「無動機」が負の要素となるのに対して、HL 群では「努力」「L2 義務自己」が正の要素となっていることが示された。

成績下位群であっても、その後の Post 調査時までの動機づけの変化として、成績上昇した群では「努力」が正の要素となるのに対して、低位群を維持した群では「L2 理想自己」が負の要素となっていることがわかった。

こうした変化を事前に予見することができるのだろうか[RQ3]？ 動機づけが学習成果に及ぼす影響が相応にあると考えることが妥当と仮定するなら、この予見ができれば、動機づけの側面から生徒への指導に活かす道を拓く可能性がある。

HH 群と HL 群、LL 群と LH 群の Pre 調査時の動機づけ項目について、対応なしのノンパラメトリックテストを実施した。その結果、HH 群と HL 群の間には「有能性」「L2 理想自己」「努力」の項目において 5% 水準で有意な差が見られた。LL 群と LH 群については有意な差がある項目は見られなかった。

このことから、Post 調査時に成績上位群であっても、Post 調査時に成績を維持した群 (HH) と成績が下降した群 (HL) では、「有能性」「L2 理想自己」「努力」の 3 項目において Pre 調査時に有意な差があることが明らかになった。

このことにもとづいて表 9 の主成分分析の結果を再解釈すると、HL 群の第 1 主成分の要素として「努力」が導かれたのは、Pre テストの段階で「努力」の値が低く、それが Post テストで高まったため差分として多くでたことが考えられ、一方の HH 群では Pre 調査

表 10 HH 群と HL 群の Pre 調査の比較

	Group	N	Mean	SD	SE
有能性	HH	48	3.798	1.177	0.170
	HL	27	3.231	0.993	0.191
L2理想自己	HH	48	3.483	1.023	0.148
	HL	27	2.857	0.963	0.185
努力	HH	48	3.557	0.904	0.131
	HL	27	3.083	0.869	0.167

Independent Samples T-Test

	W	df	p	Rank-Biserial Correlation	95% CI for Rank-Biserial Correlation	
					Lower	Upper
有能性	826.000		0.049	0.275	0.008	0.505
L2理想自己	868.000		0.015	0.340	0.079	0.556
努力	841.000		0.033	0.298	0.033	0.524

Note. For the Mann-Whitney test, effect size is given by the rank biserial correlation.

Note. Mann-Whitney U test.

の段階で既に「努力」の値が高く天井効果のために第 1 主成分の要素として現れなかったと考えられる。

Pre 調査時に有意な差がなかった「L2 義務自己」については、HL 群において「L2 義務自己」が 1 年間で高まり、その結果として第 1 主成分の要素となったと考えられる。同様に Pre 調査時に有意な差がなかった「無動機」と「L2 義務自己」について、HH 群においてはそれらが減退し、その結果として第 1 主成分の要素となったと考えられる。

これらのことから学力テストでは成績上位の群であっても、その背後にある動機づけに目を向けることで、学力を高く維持し得る学習者と下降し得る学習者を予見できる可能性があることが示唆された。

6. まとめ

本調査では、1 年のスパンで学習者の動機づけを質問紙調査により測定し、TOEIC Bridge®によって学習者の英語運用能力を測定・分析した。

その結果、1 年間高い学力を維持した学習者 (HH) や低いまま維持した学習者 (LL)、上昇した学習者 (LH) や下降した学習者 (HL) の中で持ち続ける動機づけの構成要素が異なることが明らかとなった。

一方で、これまでの先行研究においては、内発的動機づけのような前向きに捉えられる動機づけを持っていることが学力向上の重要な要素として認識されてきたが、EFL 環境において本研究で行った調査では、必ずしもそれが学力向上につながらないことが示された。

さらに特に、「努力」については、これまでの第二言

語習得研究の文脈では、学習成果を高めるための不可欠な要素として見られてきたが、本調査の結果から、「努力」の要素は必ずしも学習成果の向上とは結びつくとは限らず、逆に結びつかない場合もあることが示唆された。ESL の地域の研究では内発的動機づけや理想自己は努力を誘発し、その努力が学習成果につながるとされているが、教室内でしか外国語に触れる機会がない EFL 環境においては、理想の学習者像である「L2 理想自己」よりは、「外的調整」に支えられた「努力」が学力向上に寄与する一方で、HL 群のように「L2 義務自己」と結びつく「努力」については学習成果とは結びつかないことがあることが示唆されたことは、ESL 環境と EFL 環境が及ぼす学習者への影響を考える上で興味深い。

こうしたことは長期的な追跡調査によって初めて示唆されたことであり、本研究のアプローチを継続することで、外国語として英語を学ぶ環境に身をおく学習者の動機づけと成績との関係を明らかにするとともに、第二言語として英語を学ぶ環境での動機づけとの構造的違いを明らかにすることにも貢献していきたいと考えている。

謝辞

本調査は JSPS 科研費 19K14338 の助成を受けたものです。

参 考 文 献

- (1) Deci, E. L., & Ryan, R. M. : "Intrinsic motivation and self-determination in human behavior", New York: Plenum (1985)
- (2) Dörnyei, Z. : "The L2 motivational self system", In Z. Dörnyei & E. Ushioda(Eds.), Motivation, language identity and the L2 self, New York:Multilingual Matters, pp. 9-42 (2009)
- (3) Yashima, T., Nishida, R.& Mizumoto, A. : "Influence of Learner Beliefs and Gender on the Motivating Power of L2 Selves", Modern Language Journal, 101(4), 691-711 (2017)
- (4) Deci, E. L., & Ryan, R. M.: "Handbook of self-determination research", Rochester, NY: University of Rochester (2002)
- (5) 中野三紀: "英語リメディアル教育対象学生の動機づけについて —L2 動機づけ自己システムの観点から", 関西英語教育学会紀要(SELT), 第 42 号, pp. 1-20 (2019)
- (6) JASP Team. JASP (Version 0.16.2)[Computer software]. (2022)

機械翻訳を活用した日韓言葉対照表の分析

孔 令杰^{*1}、野崎 浩成^{*1}

^{*1} 愛知教育大学大学院 教育学研究科 教育支援高度化専攻 日本型教育グローバルコース

Analysis Of Japanese-Korean Word Comparison Table By Using Machine Translation

Kong Lingjie^{*1}, Nozaki Hironari^{*1}

^{*1} Graduate School of Aichi Univ. of Education, Program for Advanced Education Colleagues,
Japanese-Style Education Course

本研究では、機械翻訳を用いて、日韓言葉対照リスト（濱田 2018）に掲載されている 809 組の日本語と韓国語の語彙を分析した。すなわち、日本でよく使用されている「グーグル翻訳」と韓国人によく使用されている「Naver 辞書」に日韓言葉対照リストに掲載されている 809 組の日本語を入力し、その翻訳結果が本物の韓国語であるかどうかを確認するため、韓国国立国語院が作った「標準国語大辞書」に入力し、その結果を比較分析した。本研究で得られた結果は、日本語や韓国語の言語学習と教育に使用できる有用な資料として活用することができる。

キーワード: 機械翻訳、言語学習、日本語漢字、韓国語教育、語彙分析

1. はじめに

機械翻訳が高度化に発展した現在の言語学習と教育現場では、従来の紙製辞書と電子辞書より、グーグル翻訳などの通訳アプリの活用が期待されている。特に新型コロナウイルス感染症の影響で、各言語教育現場では、入国制限と感染対策などのため、やむを得ずに遠隔授業になっている状況が多くなっており、より高い独学力が求められている。学習者が自学自習を行うという面から言えば、機械翻訳の必要性はだんだん高くなっている。

一方、日本語の学習において、どうしても避けられないものの 1 つに漢字の学習がある。漢字文化圏の一員であって、語順と発音と膠着語の特性まで日本語と類似している韓国語の母語話者に対しては、日本語漢字の学習は簡単であるはずだが、現実はそのようではない。

韓国の学校教育で漢字廃止・ハングル専用政策がとられるようになったのは、1968 年春からである。漢字廃止政策以後の韓国では、教科書をはじめ、新聞・雑誌・書籍からレストランのメニューなどに至るまで、漢字はほとんどその姿を消してしまっていると述べて

いる（呉 2008）。「ハングル世代」政策が原因で、現代の韓国人の生活は既に漢字の表記と離れているため、漢字の学習は難しいという声が日本語教育現場から結構出ている（引用文献？）。

本研究では、機械翻訳を用いて、日韓言葉対照リスト（濱田 2018）に掲載されている 809 組の日本語と韓国語の語彙を分析した。すなわち、日本でよく使用されている「グーグル翻訳」と韓国人によく使用されている「Naver 辞書」に日韓言葉対照リストに掲載されている 809 組の日本語を入力し、その翻訳結果が韓国語としての正確性を確認するため、韓国国立国語院が作った「標準国語大辞書」に入力した。その上、日本語能力試験（JLPT）で N1（最も難しいレベル）に合格した日本語が堪能な韓国人日本語学習者 3 人に最終確認をしてもらい、比較分析した。本研究で得られた結果は、日本語や韓国語の言語学習と教育に役立つ有用な資料として活用することが期待できる。

2. 先行研究

2.1 日韓言葉対照リスト

濱田（2018）は、日本語が堪能な韓国語母語話者に日本語から韓国語への翻訳を依頼し、日韓両言語で意味的に対応する漢字語が同じものと異なるものを整理して、809組の漢字言葉対照表を作成した。この日韓言葉対照リストは本研究で重要な基本参考資料になる。

2.2 韓国人の漢字能力

韓国人の漢字能力に関して、朴（2001）は韓国語母語話者学生を対象とした調査を行った。その結果、両親の名前が漢字で書けたのは31%、国名（大韓民国）を漢字かけたのは25%、自宅住所を漢字で書けた割合はわずか5%であった。「ハングル専用法」と「ハングル世代」の計画が、韓国人日本語学習者の日本語漢字学習に悪い影響を与えていることを示した。さらに、漢字が書けないということは、日本語学習のみならず、中国語を学ぶ際にも大きな影響を及ぼすことは言うまでもない。

2.3 機械翻訳を活用した言語教育

小澤（2020）がもうすでに「グーグル翻訳」を英語の教育現場に活用していた。その結果としては「前年度はグーグル翻訳を軸とする形の文法訳読法による授業を展開したが、今年度は補助的とも言える利用に留まっている。」と述べている。教育現場での機械翻訳の実用性を示した。

3. 研究対象

濱田（2018）日韓言葉対照表を分析の対象とした。

4. 研究方法

4.1 濱田（2018）の日韓言葉対照表を抽出した。

4.2 4.1で抽出したものを「グーグル翻訳」と「Naver辞書」に各自入力し、結果を記録した。結果が一致である者を「○」、それ以外は「×」を付けた。

4.3 4.2の結果は韓国語としての正確性を検証するために、韓国国立国語院が作った「標準国語大辞書」に入力した。韓国語として正しいものを「○」、そ

れ以外は「×」を付けた。

4.4 日本語能力試験（JLPT）でN1（最も難しいレベル）に合格した日本語堪能な韓国人日本語学習者3人に最終確認をしてもらい、比較分析した。4.2でもらった結果が翻訳結果として適切なものを「○」、それ以外は「×」を付けた。

4.5 データ分析し、まとめる

5. 現時点までの結果

日韓言葉対照リスト（809組）の分析結果を、文末の表1に示した。なお、本稿では、紙面の都合上、その一部（1~50および790~809）を示した。

5.1 「グーグル翻訳」の結果について

「グーグル翻訳」を利用して、日韓言葉対照表809個の漢字言葉を翻訳したものを「標準国語大辞書」通じての確認した結果、韓国語として正しいものは809個の中に801個であって、99.01%を取り上げた。

翻訳結果としての適切なものは809個の中に692個であって、85.53%だった。この中（692個）には90.17%（624個）が単純な漢字で構成された名詞と日本語教育文法による第三グループサ変動詞の語幹及び「な形容詞」語幹である。

それで、韓国語として正しくて、翻訳結果としても適切な日本語教育文法による第一グループと第二グループの言葉は直接翻訳ではなかった。第三グループサ変動詞の語幹及び「な形容詞」語幹は直接翻訳だった。

なお、直接翻訳とは韓国語と日本語の文字が一对一対応で翻訳できること。

不適切なものの中（117個）には、5.98%（7個）は韓国語として正しくない、28.20%（33個）は活用語尾が変化し、13.67%（16個）は品詞の問題だった。他61個は意味の間違いと不自然だった。

一方、不適切なものの中（117個）には36個が日本語教育文法による第一グループと第二グループの言葉で、21個が「い形容詞」であって、48.71%の約半数である。

第三グループサ変動詞の語彙とは、「語幹+する」の形で構成された言葉である(例:悪化する)。「な形容詞」とは名詞を修飾するときに語尾が「な」になる語(例:快適な)。第一グループの語彙とは1グループは「ます」の前が「い段」で終わる動詞である(例:「ききます」「とります」「のみます」)。

第二グループの言葉とは「ます」の前が「え段」で終わる動詞です(例:「たべます」「ねます」「でます」)。

「い形容詞」とは名詞を修飾するときに語尾が「い」になる語である(例:優しい)。

5.2 「Naver 辞書」の結果について

まず翻訳結果としての適切な物の比率は驚くことに100%だった。

一方、「標準国語大辞書」通じての確認結果は808個で99.87%だった。「計器類」と言う言葉は機械翻訳を使って「계기류」に翻訳可能であって、韓国人たちも使用しているが、「標準国語大辞書」の中には収録されていない。

5.3 総合的な結果について

「グーグル翻訳」と「Naver 辞書」からの結果は、一致になっている物は687個で、84.91%に示した。不一致な122個の中には5個が両方の結果違っているが、韓国語と翻訳結果としては正しい。

6. 現時点の結論

本研究の結果から、韓国語母語話者に対しては、以下の漢字学習方法が有効であると考えられる。すなわち、単純な漢字で構成された名詞と日本語教育文法による第三グループサ変動詞の語幹で構成された漢字言葉を勉強する際には「グーグル翻訳」と「Naver 辞書」どちらの機械翻訳を用いても学習と教育するのは便利で、日本語教育文法による第一グループと第二グループの言葉を学習する際には、「Naver 辞書」を活用するのは、より効率的な漢字語彙学習方法である。

日本語母語話者の韓国語学習者に対しては、「グーグル翻訳」ではなく、「Naver 辞書」を活用した方が効率である

7. まとめと今後の課題

本稿では、日韓言葉対照表(濱田 2018)に掲載されている809組の日韓語彙を対象に機械翻訳を行い、その分析結果を報告した。「グーグル翻訳」は世界範囲でよく使われているが、その精度が比較的に低いと判明した。特定言語との交流と学習は、お互いの母語話者が作った機械翻訳を活用するのがより良いと感じられた。今後は、本研究の結果を踏まえ、韓国語母語話者を対象に、機械翻訳を活用した日本語の漢字学習支援を教育現場で実践し、より効率的な言語学習方法を探究していく。

参 考 文 献

- (1) 許喆:『現代国語使用頻度調査 1・2』を通して見た漢字語の割合及び漢字の活用度調査, 漢文教育研究第34号, 韓国漢文教育学会 pp.221-244 (2010)
- (2) 朴慶淑:“대학생漢字能力實態와 한자교육의必要性” 語文研究 29 卷 3 号 韓國語文教育研究會 pp.303-324. (2001)
- (3) 濱田 美和:“韓国人学習者向け漢字教材開発のための基礎資料”, 富山大学人間発達科学部紀要, 富山大学人間発達科学部 第12 巻第2 号 pp.165-176 (2018)
- (4) 朴善嫻:“韓國の漢字教育”, JSL 漢字學習研究会誌 第9 号 9 卷 名古屋大学 pp.21-27 (2017)
- (5) 小澤健志:“アクティブ・ラーニング型授業の導入による” 木更津工業高等専門学校紀要 第53 号(2020)独立行政法人 国立高等専門学校機構 木更津工業高等専門学校 pp. 1-7 (2020)
- (6) 吳 善花:“「漢字廃止」で韓国に何が起きたか”, PHP 研究所 (2008)

表1 日韓言葉対照リスト（809組）の分析結果

紙面の都合により、その一部（1~50 および 790~809）を示します

	本文（日本語）	グーグル翻訳の結果	標準国語大辞書での確認 (99.01%)	翻訳結果としての適切 (85.53%)	Naver 辞書の結果	標準国語大辞書での確認 (99.87%)	翻訳結果としての適切 (100%)	一致するかどうか (84.91%)
1	悪化	악화	○	○	악화	○	○	○
2	安全	안전	○	○	안전	○	○	○
3	違憲	위헌	○	○	위헌	○	○	○
4	意思	의사	○	○	의사	○	○	○
5	意志	의지	○	○	의지	○	○	○
6	維持費	유지비	○	○	유지비	○	○	○
7	居住	거주	○	○	거주	○	○	○
8	異常	이상	○	○	이상	○	○	○
9	委託	위탁	○	○	위탁	○	○	○
10	傷む	다치다	○	×	상하다	○	○	×
11	位置	위치	○	○	위치	○	○	○
12	一酸化炭素	일산화탄소	○	○	일산화탄소	○	○	○
13	一周	일주	○	○	일주	○	○	○
14	一週	일주	○	○	일주	○	○	○
15	意欲	의욕	○	○	의욕	○	○	○
16	陰湿	음습	○	○	음습	○	○	○
17	引率	인율	×	×	인솔	○	○	×
18	宇宙	우주	○	○	우주	○	○	○
19	占い	운세	○	×	점	○	○	×
20	運賃	운임	○	○	운임	○	○	○
21	運動場	운동장	○	○	운동장	○	○	○
22	運用	운영	○	○	운용	○	○	○
23	映画	영화	○	○	영화	○	○	○
24	影響	영향	○	○	영향	○	○	○
25	英語	영어	○	○	영어	○	○	○
26	永住	영주	○	○	영주	○	○	○
27	衛星	위성	○	○	위성	○	○	○
28	永続	영속	○	○	영속	○	○	○
29	永眠	영면	○	○	영면	○	○	○
30	液化	액화	○	○	액화	○	○	○
31	塩化水素	염화수소	○	○	염화수소	○	○	○
32	延期	연기	○	○	연기	○	○	○
33	塩酸	염산	○	○	염산	○	○	○
34	援助	원조	○	○	원조	○	○	○

35	塩素	염소	○	○	염소	○	○	○
36	延長	연장	○	○	연장	○	○	○
37	応援	응원	○	○	응원	○	○	○
38	音楽	음악	○	○	음악	○	○	○
39	絵画	회화	○	○	회화	○	○	○
40	改革	개혁	○	○	개혁	○	○	○
41	概観	개관	○	○	개관.	○	○	○
42	改憲	개헌	○	○	개헌	○	○	○
43	海溝	바다 그루브	×	×	해구	○	○	×
44	概算	예산	○	×	개산	○	○	×
45	開始	개시	○	○	개시	○	○	○
46	解除	취소	○	×	해제	○	○	×
47	開城	개성	○	○	개성	○	○	○
48	会場	회장	○	○	회장	○	○	○
49	開場	개장	○	○	개장	○	○	○
50	海上	해상	○	○	해상.	○	○	○

(途中略)

790	家賃	임대	○	×	집세	○	○	×
791	柔らかい	부드러운	○	×	부드럽다	○	○	×
792	軟らかい	부드러운	○	×	부드럽다	○	○	×
793	融資先	대출처	○	×	융자처	○	○	×
794	用意	준비	○	○	준비	○	○	○
795	陽気	쾌활	○	○	쾌활	○	○	○
796	様子	모습	○	○	모습	○	○	○
797	利息	이자	○	○	이자	○	○	○
798	分かれる	나누이다	○	○	나누이다	○	○	○
799	別れる	헤어지다	○	○	헤어지다	○	○	○
800	影響を与える	영향을 미치는	×	×	영향을 주다	○	○	×
801	気が短い	마음이 짧다	×	×	성미가 급하다	○	○	×
802	警戒心が強い	경계심이 강하다	○	○	경계심이 강하다	○	○	○
803	好奇心が強い	호기심이 강하다	○	○	호기심이 강하다	○	○	○
804	根幹を成す	근간을 이루다	○	○	근간을 이루다	○	○	○
805	状況を打開する	상황을 타개하다	○	○	상황을 타개하다	○	○	○
806	騒動を起こす	소동을 일으키다	○	○	소동을 일으키다	○	○	○
807	対策を講じる	대책을 세우다	○	○	대책을 강구하다	○	○	○
808	密接に関わる	밀접한 관련	×	×	밀접하게 관련되다	○	○	×
809	夢を抱く	꿈을 꾸다	○	×	꿈을 품다	○	○	×

対話ロボットの遠隔操作形態による 面接練習での心理的影響の検討

小松眞子^{*1}, 竹内将人^{*1}, 卯木輝彦^{*2}, 敷田幹文^{*1}

^{*1} 高知工科大学, ^{*2} 関西外国語大学

The psychological effects of a teleoperated communication robot on interview practice

Mako Komatsu^{*1}, Masato Takeuchi^{*1}, Teruhiko Unoki^{*2}, Mikifumi Shikida^{*1}

^{*1} Kochi University of Technology, ^{*2} Kansai Gaidai University

COVID-19 の影響により、就職面接はオンラインでの実施が増加し、対面での面接練習も行われなくなった。1 人での面接練習は、聞き手がいないため見られている、評価されているという緊張感がなく、集中しづらいといった課題がある。先行研究では、対話ロボットと一緒に練習することで 1 人での練習を効果的にできることが示唆された。本論文では、自律型ロボットと認識して練習する場合と、人が遠隔操作している操作型ロボットと認識して練習する場合に、同じロボットとの練習でも練習者の緊張感など心理的影響があるか検討を行った。実験の結果、操作形態による緊張感への影響は少なく、面接練習の取り組みやすさについて、操作型ロボットが最も人との練習に近く、効果的な面接練習が実現できることが示唆された。

キーワード: 対話ロボット, 面接練習, フィードバック, 就職面接, 遠隔コミュニケーション

1. はじめに

近年、COVID-19 の影響により就職面接はオンライン形態になり、対面での面接練習も行われなくなってしまった。1 人での面接練習は、聞き手が目の前にいないことや、原稿を見ることができる、自分の好きな場所でできるなど、対面に比べてリラックスしやすい環境であり、見られている、聞いてもらっている、評価されているといった緊張感がなく、練習に集中しづらいといった課題がある。

先行研究⁽¹⁾では、対話ロボットとの練習は人と練習する場合に近い効果を与えることができること、1 人での練習よりも効果的な練習ができることが示唆された。しかし、ロボットには表情がないことや、人のようにフィードバックをくることがないことから、存在を機械として認識し、緊張感が欠如してしまうことが明らかになった。その後、フィードバックを行うロボットとの実験⁽²⁾を行い、フィードバックや対話によっ

てロボットを評価してくれる相手という存在として認識させることができることが明らかになった。

本論文では、対話ロボットを用いた面接の遠隔指導を目指し、同様の実験に対して同じロボットであっても、自律型ロボットと認識して練習する場合と、遠隔操作型ロボットと認識して練習する場合に、練習者に心理的影響を及ぼすかどうか検討する。

2. 関連研究

2.1 ロボットとの面接練習

ロボットによる面接練習支援の研究は以前から行われており、就職面接の対話を行う自律型ロボットが研究されている⁽³⁾。この研究では掘り下げ質問を行う面接対話システムが提案されているが、フィードバックについては対象とされていない。本実験では、自律型ロボットとして練習する場合には Wizard of Oz 法を用いるが、既存の研究より実際の自律型ロボットでも

面接練習を行うことは可能であると考える。

フィードバックについて、機械学習による面接の自動評価に対する研究が行われており、練習を支援するサービスも発表されてきている⁽⁴⁾。就職面接での自動フィードバックには非言語情報が用いられることが多い⁽⁵⁾。本論文では、ロボットに評価されるか、人が操作しているロボットに評価されるかの意識に着目しており、その影響がフィードバックの内容に寄らないよう、人とロボットは予め用意された指標の中で同じフィードバックを返すこととした。

2.2 ロボットの見た目

ロボットの外見は、人に似ているデザインから動物など多くの種類があり、ロボットセラピーといったかわいらしい外見を活かした心理的支援もある⁽⁵⁾。コミュニケーションの支援や、孤独感を軽減してくれるコンパニオンロボットの研究に、人間に非常に近い外見のロボットと、機械的な見た目のロボットにおいて、ロボットの共感性や信頼感に与える影響について検討した研究がある⁽⁶⁾。この研究では、人間に非常に近い外見のロボットの方が、共感性や信頼感が低いことが明らかになっている。本研究では、目や口、胴体といった人間的要素を持っており、機械的な見た目の対話ロボットを使用する。また、実用的な練習の手軽さも考慮し、持ち運び可能なサイズのロボットを使用する。

3. 先行研究

3.1 対話ロボットによる面接練習支援

先行研究⁽¹⁾では、対話ロボットを用いて効果的な1人での発表練習を支援することを目的に、ロボットの存在感が実験参加者に与える影響について検討した。実験では、1人で練習する、対話ロボットと練習する、人と練習するの3条件で就職活動における面接練習を想定した自己紹介を行ってもらった。対話ロボットは練習を聞きながら頷くといった相槌を行い、発表時間の計測を行った。実験の結果、対話ロボットとの練習は孤独感を軽減し、1人で行う練習よりも効果的な練習が可能であるが、ロボットは表情やフィードバックを与えることがないため、評価されているという意識や緊張感への影響が少ないことが示唆された。

3.2 フィードバックによる面接練習支援

3.1 節の結果を受け、面接練習において対話ロボットに質問の読み上げ、相槌を行う面接官としての役割と、練習後に話の長さ、受け答えの円滑さ、話の内容の3つの項目でフィードバックを行う指導者としての役割を与え、対話ロボットと練習する、人と練習するの2つの条件で実験を行った⁽²⁾。実験の結果から、フィードバックによってロボットに”評価してくれる相手”としての存在感を与えることができた。また、緊張感を感じたかという質問に対して、3.1 節ではロボット<1人<人だった結果が、1人<ロボット<人となり、3群間の関係性に変化が見られた。

4. 対話ロボットの操作形態

先行研究では、対話ロボットには感情やフィードバックがないと感じたために緊張感が伴わなかったこと、フィードバックを付与することで対話ロボットに対しても評価してくれる相手という意識を持つことが明らかになった。これらの結果から、評価されているという意識が緊張感につながると考え、本論文では、見た目は同じ対話ロボットとの練習でも、自律型ロボットと意識して練習する場合と、人が遠隔操作している操作型ロボットと意識して練習する場合に緊張感やストレスなど心理的影響があるかについて検討する。

5. 実験

5.1 概要

本実験の目的は、対話ロボットを用いた面接練習において、ロボットの動作形態の認識による心理的影響を明らかにすることである。

就職活動における面接練習を想定し、人と練習する場合、対話ロボットと練習する場合の2条件を行い、実験前に事前アンケート、各条件後に評価アンケートに回答してもらう。対話ロボットの条件では、自律型ロボットであることを説明した後実験を行い、実験終了後操作型ロボットであったことを伝え、再度アンケートに回答してもらう。

5.2 条件

本実験では、対話ロボットと練習する場合と人と練

習する場合の 2 条件で面接練習を行う。ロボットとの練習条件の前に、実験参加者に対して対話ロボットが自律して面接の受け答えを行っていることを伝える。すべての条件、アンケートが終わった時点で、対話ロボットを人が操作していたことを伝え、再度アンケートを行う。実験順序について、対話ロボット、人の順番を 4 名、人、対話ロボットの順番を 4 名になるように調整する。対話ロボットと練習する場合は Wizard of Oz 法を用い、人と練習する場合は実験協力者として本学学生 1 名が面接官役として参加する。対話ロボットは人と練習する場合の実験協力者と同一人物が操作する。

実験参加者は本学学生 8 名(女性：1 名、男性：7 名)で、事前に実施する面接質問を伝え、回答の用意を依頼した。実験で実施する質問は(1)自己 PR をしてください、(2)学生時代に取り組んだことを教えてください、(3)あなたの学校の良いところを教えてください、の 3 つである。この 3 つの質問は就職活動面接対策本⁽⁸⁾より抜粋したものであり、対話ロボットまたは実験協力者が読み上げる。質問と回答は交互に行い、3 つ目の質問の回答に対する相槌を行った後、話の長さ、受け答えの円滑さ、話の内容の 3 つの項目について表 1 に示すフィードバックを行う。人と練習する場合の相槌、フィードバックの種類は対話ロボットに合わせ、実験参加者の回答終わりに 1 回の相槌と表 1 に示す指標の中でフィードバックを行う。

5.3 アンケート

実験参加者は事前アンケート、人と練習する場合のアンケート、対話ロボットと練習する場合のアンケート、ロボットを人が操作していることを認識した後のアンケート、計 4 つのアンケートについて回答する。事前アンケートでは、1 人での面接練習に関する質問を行う。

5.4 実験の流れ

実験は以下の流れで行った。

1. 事前アンケート回答
2. 面接練習(条件 1)
3. アンケート回答
4. 面接練習(条件 2)
5. アンケート回答

6. ロボットを人が操作していたことを伝える
7. アンケート回答
8. ヒアリング

5.5 実験環境

実験参加者は図 1, 2 の位置に着席する。対話ロボットと実験協力者は実験参加者の正面に着席する。実験の様子の撮影は Web 会議ツール Zoom の画面録画を用いる。

5.6 対話ロボット

本実験で用いる対話ロボットは SHARP 株式会社のロボホン（モデル番号 SR-05M）である。ロボホンは Android を搭載した人型対話ロボットであり、頷くといった動作を伴う会話を行うことが可能である。また、同社のロボホン用アプリケーション「ロブリック」を使用することで、同じネットワーク内の別端末からロボホンを制御することが可能である。本実験ではロブリックを使用し、実験協力者が別室から操作用 PC を通して、面接の質問、フィードバックを行うことができるプログラムを用意した。



図 1 対話ロボットと練習する場合



図 2 人と練習する場合

表 1 フィードバックの種類

項目	番号	発話内容
話の長さ	1	話の長さは短かったです
	2	話の長さは丁度良かったです
	3	話の長さは長かったです
受け答えの円滑さ	1	受け答えは少し詰まっていました
	2	受け答えはスムーズに話せていました
	3	受け答えはとてもスムーズに話せていました
話の内容	1	内容は少し薄かったです
	2	内容は良かったです
	3	内容はとても良かったです

図 3 Q1 のアンケート結果

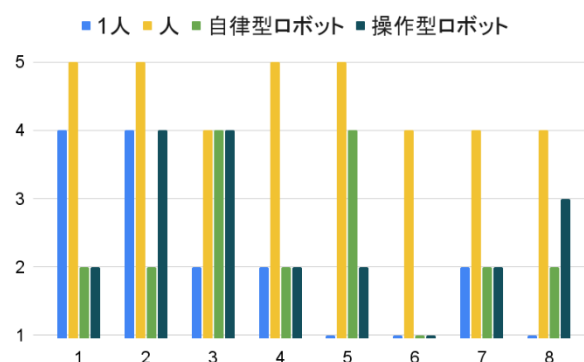


表 2 心理的影響に関するアンケート

番号	質問内容
Q1	練習中、緊張感を感じましたか
Q2	本番を 100%としたとき、練習のやる気はどのくらいでしたか
Q3	練習に集中できましたか
Q4	ストレスを感じましたか
Q5	相手がどう感じているか気になりましたか
Q6	話を聞いてもらっていると感じましたか
Q7	相手に見られていると不安でしたか

表 3 心理的影響に関するアンケート結果(平均値)

番号	1 人	人	自律型	操作型
Q1	2.125	4.50	2.375	2.50
Q2	5.75	8.125	6.625	7.125
Q3	4.00	4.25	3.875	4.00
Q4	2.625	2.25	3.625	4.00
Q5	-	4.625	3.125	3.875
Q6	-	4.625	3.75	4.00
Q7	-	3.75	1.75	2.25

表 4 フィードバックに関するアンケート

番号	質問内容
Q8	相手からの評価をどのくらい気にしましたか
Q9	相手からの評価は正当だと思いましたか

練習する場合の 3 条件で、表 5 に示すアンケートを行った。回答の平均値は Q8 において自律型ロボット(3.375)<操作型ロボット(4.375)<人(4.625)、Q9 において自律型ロボット(3.625)<人(3.75)<操作型ロボット(4)という結果になった。Q8, Q9 ともにいずれの群間にも有意差は認められなかったが、自律型ロボットと操作型ロボットの間で有意な傾向が見られた。

6.3 練習形態について

練習形態について表 5 に示すアンケートを行った。Q10 において t 検定での有意差は認められなかったが、

6. アンケート結果

6.1 心理的影響

面接練習における心理的影響について、表 2 に示すアンケートを行った。Q2 は 10 段階、他は 5 段階回答で質問し、それぞれの項目において t 検定を行った。それぞれの平均値は質問項目に対して肯定的な回答を 5 点、否定的な回答を 1 点とする。

Q1 では、1 人と人、人と自律型ロボット、人と操作型ロボットの条件間で $p=.0003<.01$, $p=.001<.01$, $p=.002<.01$ で有意差が認められた。回答の平均値は 1 人<自律型ロボット<操作型ロボット<人という関係であった。

Q2 について、1 人と人、人と自律型ロボットの間に $p=.006<.01$, $p=.009<.01$ で有意差が認められた。Q3 について、いずれの場合も有意差は認められなかった。

Q4 について、自律型ロボットと操作型ロボットの間に有意差は認められなかったものの、どちらの操作形態においても、人との間に $p=.007<.01$, $p=.002<.01$ で有意差が認められた。

Q5, Q6, Q7 について、人とロボットの間に有意差が認められているが、ロボットの操作形態による差は認められなかった。いずれの質問項目においても、回答の平均値は自律型ロボット<操作型ロボットの結果であった。

6.2 フィードバックについて

面接練習の最後に対話ロボットまたは実験協力者から伝えられる評価について、人と練習する場合、自律型対話ロボットと練習する場合、操作型対話ロボットと

自律型ロボットと操作型ロボットの間で有意な傾向が見られた。Q11 において人と自律型ロボット、人と操作型ロボットの間に $p=.041<.05$, $p=.047<.05$ で有意差が認められた。回答平均値は人<1 人<操作型ロボット<自律型ロボットという関係であった。

Q12 において、各群間での有意差は認められなかったものの、回答平均値は人<操作型ロボット<自律型ロボット<1 人という関係であった。

一方で、Q13 については 1 人と自律型ロボット、人と自律型ロボットの間に $p=.047<.05$, $p=.006<.01$ で有意差が認められた。自律型ロボットと操作型ロボットの間でも $p=.03<.05$ で有意差が認められた。

表 5 練習形態に関するアンケート

番号	質問内容
Q10	面接練習がしやすかったですか
Q11	話しやすかったですか
Q12	手軽に練習できると思いますか
Q13	練習は(1 人/人/自律ロボ/操作ロボ)としたいと思いますか

表 6 練習形態に関するアンケート結果(平均値)

番号	1 人	人	自律型	操作型
Q10	-	4.375	3.875	4.125
Q11	3.625	3.125	4.00	3.875
Q12	4.50	3.125	4.00	3.625
Q13	3.125	4.125	2.375	3.50

7. 考察

7.1 操作形態による心理的影響

本論文では、一緒に面接練習をする対話ロボットが自律型か操作型かの認識によって、実験参加者に対してどのような心理的影響を及ぼすか検証した。Q1 の回答結果より、自律型ロボットと操作型ロボットの条件間で 8 名の実験参加者中 2 名は操作型の条件で緊張感が増加していたが、他の 5 名は増加していなかった。Q2~Q7 の心理的影響についてもロボットの操作形態による有意差は認められなかった。ヒアリングより、多くの実験参加者が自律型ロボットの条件でも、本当は人が操作しているのではないかと考えていたことが原因だと考えられる。Q4 では、人の目線はストレスを感じるがロボットの目はあまり感じない、人との練習は緊張して疲れやストレスを感じるといった意見が挙げられた。実験参加者がロボットを通して人に評価さ

れているということは理解している上で、ロボットの目線にはストレスや緊張感を感じにくいということが分かる。これらのことから、面接練習における緊張感操作形態や人に評価されているという意識よりも、人の目線や見られているという意識が関連している可能性が考えられる。

Q2 の練習のやる気について、自律型ロボットと操作型ロボットの間に有意差は認められなかったが、人と自律型ロボットの間には有意差があり、人と操作型ロボットとの間には有意差がないという結果であった。これらの結果から、操作型ロボットの方が人との練習に近い傾向があり、人に評価されるという点が緊張感に対して大きな影響はないものの、練習のやる気には関係していると考えられる。

7.2 面接練習の取り組みやすさ

Q10, Q11 いずれの場合においても、1 人での練習に比べ、ロボットまたは実験協力者が質問や相槌を行うためスムーズな面接練習を行うことができるという意見が挙げられた。ロボットに面接官の役割を持たせて対話するという練習形態は良いが、Q4, Q10 では、人は本番に近い練習しやすいが緊張するため話づらい、ロボットはリラックスして話ができるが緊張感はないという意見が挙げられた。これらの結果より、操作型ロボットとの練習は、本番に近いアイコンタクトを意識しながらもストレスなく練習を支援することが可能であるが、面接練習では本番に近い緊張感が伴う方が望ましいと考える。

本実験で使用した対話ロボットは見た目がかわいらしく子供の声に近いので、やはりリラックスして緊張感がないという結果になったが、Q8 の評価をどの程度気にするかに関して、自律型ロボットと操作型ロボットの間に有意な傾向が見られ、操作型ロボットは人に近い結果が得られた。Q13 では、先行研究同様、人との練習が一番良い結果であったが、操作型ロボットは自律型ロボットと有意差があり、人以外の 3 つの条件の中で最も人に近い結果となった。これらの結果より、可愛らしい外見のロボットであっても、遠隔操作されている場合、面接の練習としての効果が高くなると考えられる。

Q12 について、遠隔操作が可能な操作ロボットとの

練習は人と練習する場合に近い結果となった。人、操作型ロボットとの練習では、人との日程調整が必要のため、手軽さに欠ける傾向になっていると考えられる。COVID-19の影響により対面での練習が困難な現在、人との練習に比べ、操作型ロボットとの練習はより多くの練習機会を設けることが可能である。対話ロボットは非言語情報を伴う反応を取ることが可能であるが、見た目が操作者ではないため、遠隔で操作する側がテレワーク中などプライバシーの考慮が必要な際にも練習可能であり、対面での練習に比べると日程調整がしやすい可能性も考えられる。

7.3 今後の展望

実験結果より、面接練習における緊張感に人の目線や見られている意識が関連していることが示唆されたことから、目線による心理的影響やオンライン形態、アバターといった他の練習形態との比較を考えている。また、遠隔操作型の対話ロボットにオンライン上の面接官の映像を加え、物理的な非言語情報と映像を組み合わせた面接練習についても検討を考えている。

8. おわりに

本論文では、就職活動における面接練習を想定し、同じ対話ロボットとの練習でも、自律型ロボットと認識して練習する場合と、人が遠隔操作している操作型ロボットと認識して練習する場合で、心理的影響について検討を行った。実験の結果、操作形態による緊張感への影響は少なく、面接練習における緊張は評価されているという意識よりも、人間の目線や見られているという意識が関係していると考えられる。面接練習の取り組みやすさについては、操作型ロボットが最も人との練習に近く、効果的な面接練習が実現できることが示唆された。今後は、オンライン形態での面接練習との比較や目線による心理的影響について検討したいと考えている。

参 考 文 献

(1) 小松眞子, 卯木輝彦, 敷田幹文: “プレゼンテーション練習において対話ロボットの存在感が与える影響の検討”, 情報処理学会研究報告, Vol.2022-GN-116, No.7, pp.1-8 (2022)

(2) 竹内将人, 小松眞子, 卯木輝彦, 敷田幹文: “対話ロボットを用いた面接練習でのフィードバックによる心理的影響の検討”, マルチメディア分散処理とモバイルシンポジウム 2022 論文集(2022)

(3) 井上昂治, 原康平, ララディベッシュ, 山本賢太, 中村静, 高梨克也, 河原達也: “掘り下げ質問を行う就職面接対話システムの自律型アンドロイドでの実装と評価”, 人工知能学会論文誌, Vol.35, No.5, p.D-K43_1-10 (2020)

(4) 株式会社エフィシエントプレスリリース【AI による話し方解析を実現】就活のための面接練習アプリ steach, <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000007.000069602.html> (2022 年 6 月 16 日確認)

(5) 宮崎健斗, 片上大輔: “マルチモーダル情報に基づく就職面接場面における被面接者の評価モデルの提案”, 人工知能学会論文誌, Vol.36, No.5, p.A-L23_1-9(2021)

(6) 河嶋珠実: “ロボットセラピー研究における事例整理及び治療効果抽出の試み—叙述的分析を用いた文献研究—”, 京都文教大学臨床心理学部研究報告, Vol.6, pp.155-167(2014)

(7) Zlotowski J, Sumioka H, Nishio S, Glas DF, Bartneck C, Ishiguro H: “Appearance of a robot affects the impact of its behaviour on perceived trustworthiness and empathy”, Paladyn, Journal of Behavioral Robotics, Vol.7, No.1, pp.55-66(2016)

(8) 才木弓加: “要点マスター!面接&エントリーシート 2023 年度版”, マイナビ出版, 東京 (2021)

Moodle とニューラル音声合成を組み合わせた

日本語学習教材開発とその学習効果

中村しづか^{*1}, 和崎克己^{*2}

^{*1} 信州大学大学院総合理工学専攻科 ^{*2} 信州大学工学部

Development of Japanese Learning Materials Combining Moodle and Neural Speech Synthesis and Their Learning Effectiveness

Shizuka Nakamura^{*1}, Katsumi Wasaki^{*2}

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

^{*2} Shinshu University Faculty of Engineering

本稿は、日本語教育現場で軽視しがちな発音能力、および、真正な文脈を提示した正しい発話を高速に学ぶ教授法および、合成音声を用いた教材開発を検討した。内容言語統合型学習 (CLIL), Text to Speech (TTS), Speech to Text (STT) による学習プラットフォームである Moodle 上にコースウェアとして公開し、音声 API である Amazon Polly, Microsoft Azure による開発の経緯、入門クラスでの実践、評価を報告する。

キーワード: TTS, STT, Speech Synthesis, Neural Voice, Moodle, Distance Learning, Japanese

1. はじめに

日本語教育現場では、発音能力の土台を固めること重要であるにも関わらず、文法や語彙への学習に偏りがちで、発音はしばしば軽視されている⁽¹⁾。発音のよい学習者は、文法やその他の点を間違ってしまったとしても、発音が悪い学習者よりも、対象言語をうまく話すことができるとみられる傾向がある。また、授業では、教材を読むことに注力するあまり、視覚情報ありきの学習となり、聴解や発話の妨げになることがある。さらに教材は直訳に頼る語彙の導入や説明が多く、学習者の既存知識を用いた解釈の結果、発話の誤用が見られる。これらの要因から、業務や高度コミュニケーション時に必要な前提としている概念や内容、および、状況に応じた正しい発話レベルの到着が困難である。本稿では、非漢字圏学習者に対し、効果的な学習法を提案するために、直訳に頼らず、内容言語統合型学習 (CLIL) の概念をもとに、内容に特化した教授法

により、音声 API (Amazon Polly, および, Microsoft Azure) を用いた音声学習を組み合わせた学習用システムを Moodle 上に開発した。本報告の構成は以下の通りである。第 2 章では、日本語音声教材の既存研究および現状について述べ、第 3 章で内容言語統合型学習を志向する日本語教授法について検討した。また、第 4 章では e ラーニング教材開発について報告し、第 5 章では開発した教材の評価および結果の考察を行う。最後に、第 6 章でまとめと今後の課題を検討した。

2. 日本語音声教材の既存研究および現状

2.1 発音指導の必要性

近年、日本語学習者は年々増えている。国内における 2020 年度の日本語学習者は、新型コロナウイルスの感染拡大の影響により、減少したものの、1990 年から継続してみると、2.7 倍に増加している⁽¹⁰⁾。また、海外での日本語学習者は、2018 年には、日本語学習者

数は 3,851,774 人（前回調査 2015 年比 5.4% 増）となり、約 20 万人増加している⁽²⁾。それと同時に、日本人が外国人の話す日本語に触れる機会が増えたと共に、文法の間違い、文化的な誤解、発音の問題など、コミュニケーションにおける問題も増加している。文法的には正確な会話をしているにもかかわらず理解してもらえないこともある⁽³⁾。発音が不十分であることは、正当な教育をうけていない⁽⁴⁾、知識が不足している、といった誤解をまねくことがある⁽⁵⁾。また、外国人自身においても、都内の日本語学校に通う外国人 88 人のうち、これから学習したいことについては、「自然な発音・イントネーションで話す」と回答した人が敬語の 46.4%に続いて 38.1%の多さであった⁽⁶⁾。これらの点からも、発音能力の土台を固めることは重要であると認識しているにもかかわらず、日本語教育現場では、文法や語彙の学力に偏りがちで、発音はしばしば軽視されることがある。筆者が担当する入門日本語 I の講義では、幅広い年齢層の大学生が受講し、社会人も多く存在する。そのため、学業に重き多く学生から、役職のつく学生までが存在し、特に人前での発話は羞恥心があるため、なかなか上達しない傾向がある。

2.2 日本語音声教材に関する既存研究

日本語音声教材の既存研究においては、音声合成・音声認識技術を活用し、入力音声のリズムを視覚的に補正した「プロソディグラフ」を自動出力システムがある⁽⁷⁾。これは、ポーズや音節長の実時間を合成するのではなく、音声はそのまま視覚的に補正を行うものである。これにより学習者は、モデル音と自分の発音や、自分の過去と現在の発音を、タイミングを合わせて比べやすくしたものである⁽⁸⁾。プロソディグラフを自動的に出力システムである「Prosody Tuner」を、留学生 14 名（中国 10、韓国 3、ルーマニア 1）を対象に試用させ、ソフトの問題点を探り、パソコンに用いた発音学習行動において何が問題になるかを調査した⁽⁹⁾。学習者からのコメントによると、14 名全員から「面白い」「さらに練習したい」「あと半年練習したら発音が上手になると思う」等のコメントが得られた。しかしながら、この既存研究の対象者の多くが中国語話者であり、筆者が担当するクラスの英語話者である非漢字圏学習者への適用がない。非漢字圏学習者の場合、

視覚情報に全てたよった教材提供の困難さを考慮した上で、学習コンテンツの提供方法を慎重に考える必要がある。

2.3 日本語学習者の背景・要求

日本語学習者の学習目的を見てみると、「マンガ・アニメ・J-POP・ファッション等への興味」が圧倒的に多いものの、将来の就職のために学習、現在の仕事のための学習といった実利に直接結びつく目的や、コミュニケーション、日本との親善など交流目的の学習者も忘れてはならない。また、建設業、卸売業、小売業、医療、福祉などでは外国人労働者数、および、外国人労働者を雇用する事業主共に増加傾向にある⁽¹¹⁾。これらの点からも、日本語学習者が文化や高度な内容・概念を通じた学習、および、正しい発話能力を学習することは不可欠である。

2.4 教育のデジタル化

With コロナ時代をきっかけに、教育 DX（デジタル・トランスフォーメーション）が急速に一般化し、教育提供は e ラーニングを基軸とするようになった。そのため、日本語教育現場においても同期型のオンライン授業が急激に増えたことで、海外での学習者への授業提供もより柔軟に行えるようになった反面、教師不足の問題もあり、e ラーニングベースの新たな教材開発が求められる。人間系の代わりに機械系（TTS, Text to Speech）を利用することによる受講者のスクーラビリティの確保がより大切な時代の流れとなっている。

3. 内容言語統合型学習を指向する日本語教授法

3.1 内容言語統合型学習（CLIL）の適用

内容言語統合型学習とは、Content and Language Integrated Learning の略で、CLIL と呼ばれる教育法の一つである⁽¹²⁾。CLIL は、特定の内容（教科やテーマ、トピック）を、目標言語を通して学ぶことにより、内容と言語の両方を身につけていこうという教育法である。「言語を学ぶ」のではなく「言語で学ぶ」という姿勢を大切にしたい教育法であり、豊かな内容を扱い、目標言語に触れる機会を与えながら、協学を通して深い思考力を身に着けることをめざしている。学習者が

学すべき内容について、動機を高め、情報収集、分析、発表、検討を行うなど、言語活動を行うことにより、自然な言語運用を通してより高度な知識力、思考力へと働きかけることができ、ヨーロッパを中心に、英語教育法として急速に広まった。日本では、「New Horizon Elementary」（東京書籍）を使用した小学校の英語の教科書にも採択され、また、食物連鎖、食糧産地、栄養など、社会や理科の教科書と融合し、英語を学ぶ試みが教育現場で行われている。指導に CLIL を用いるメリットは、動機付けが高まることや、意味のあるインプットが与えられること、アウトプットの必要性が生まれること、深い思考を伴い、言語知識が記憶に定着しやすいことなどが挙げられる⁽¹³⁾。日本語教育学習においては、CLIL を用いた教育の試みが報告されているが、いずれも対面授業、および、同期型授業における報告であり、e ラーニング教材としての CLIL の適用はまだない。今後の e ラーニング教材としての、日本語習得と実践力を兼ね備えた力を身に着ける教材開発に期待し、今後検討していく必要がある。

3.2 CLIL の実践報告

CLIL の概念として、The 4Cs がある⁽¹⁴⁾。The 4C とは、Content（内容）、Communication（言語知識・言語使用）、Cognition（思考）、Community/Culture（協学・異文化理解）が構成要素であり、表 1 に要素を示す⁽¹⁵⁾。

筆者が担当した日本語講座のうち、「Summer Session 2021 Intermediate Course 1」では、The 4Cs の概念を用い、全 8 回の短期集中講座を開催した。適用した The 4Cs を図 1 に示す。非漢字圏学習者 6 名は、事前に e ラーニング教材であるコースウェアにアクセスし、自己学習を進めた。The 4Cs を用いた音声教材で、自己学習として自由な時間に、日本について調べ、準備をしておくことで、同期型授業での緊張を緩和し、自信をもって発表することができたとの意見が全員から得られることができた。また、日本語の学習を通して、より日本文化に興味を持ち、深く理解することができたとの意見も多かった。これらの意見より、日本語学習においても、The 4Cs の適用は、効果がある見込みがあり、検証、および、実践報告を続けていく予定である。

表 1 CLIL を構成する要素

Content	科目や話題を通して新しく得られる知識やスキル
Communication	Content を学習する手段、言語学習と言語使用、言語習得促進のため以下を用いる。 ・内容理解に直結する重要語句や文法 ・外国語を使った学習活動に必要な表現やスキル ・上記 2 つを多様な組み合わせで何度も使うこと
Cognition	低次思考力 高次思考力
Community Culture	グループ活動による話し合いや学び合い、教室を超えた世界を意識することなど

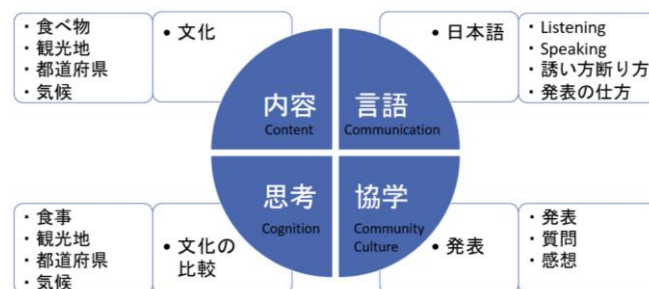


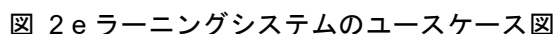
図 1 The 4Cs を適用した日本語中級クラス

4. e ラーニング教材開発

4.1 要求抽出と上位設計

日本語学習用教材は、インターネット上に展開し、日本国内、および、海外からも自由に日本語学習者が自己学習できるようにした。また、学習用システム（Learning Management System, LMS）には後述（4.2）の Moodle を用いた。Moodle は国立大学の 71.3%、公立大学の 34.9%、私立大学の 31.9%、高等専門学校の 41.9%が、全学または学部・学科・研究室単位などで利用している⁽²²⁾。ユースケース図を図 2 に示す。入門学習者は、語彙、文法、文化の学習を通し、4 技能（聞く、話す、読む、書く）のうち、主に「聞く」、「話す」技能について主に学ぶことができる。後

に音声聞き、回答録音し、音声にて回答を提出することで、学習者は、インタラクティブなデザインによって、宿題が楽しくなったと、日本文化に興味を持った、自分の音声を入力し、正解するのが嬉しかったなど、肯定的な意見が多かった。逆に問題によってはなかなか正しく発音しているつもりでも次の問題に進むことができなかったなどの不具合も見つかった。



4.3 自動音声合成(TTS)を援用した音声教材制作

教材には、音声 API (Application Programming Interface) を利用した Text to Speech (TTS), および、Speech to Text (STT) を用いた。TTS とは、テキスト (文章) を入力し、望む言語内容の音声を生成する機能である。また、STT とは、TTS とは逆に、音声からテキストを生成する機能である。これらの音声教材を用いることで、非漢字圏学習者にとって漢字の習得は大きな壁になっている⁽¹⁷⁾問題を回避し、日本語の表記体系 (ひらがな、カタカナ、漢字) を意識することなく学習する環境を実現した。また、学習者は、練習問題を音声で聞き、自分の回答を録音し、提出することで、発話練習を繰り返し、羞恥心を感じることなく練習することができる (図 4)。指導者側にとっても文章を入力することで、簡単に音声を生成することができるため、問題作成の工数を減らし、レベルに応じた問題作成を容易にすることが実現した。本研究では、Amazon Polly, および、Microsoft Azure を用いた教材開発をし、検討した。

1-4 Practice A

1 2 3 4 5



- ▶ 私は寿司を食べます
- ▶ 私は寿司に食べます
- ▶ 私は寿司を飲みます

▶ 0:00 / 0:13

1-3 Practice Vocabulary

prev

Next

🔊 Push to Speak

たべる

図 4 TTS および STT を用いた練習問題

音声 API である Amazon Polly には、日本語音声として、Mizuki (女性の音声) と Takumi (男性の音声) がある。また、開発に用いた Moodle のプラグインである Poodll⁽¹⁸⁾は、音声学習も可能であり、音声には、Amazon Polly を用いている。現在 Takumi にはニューラル音声⁽¹⁹⁾が追加されたが、開発当初は、非ニューラル音声であった。

ある音声のみであった。Moodle 上に Amazon Polly を用いた教材を試作し、非漢字圏学習者 20 名による評価を行った。代表的な評価結果（自由記述によるフィードバック）を表 2 に示す。音声を用いた e ラーニング教材を利用することで、何度も音声を聞きながら練習をすることができ、日本語表記体系（ひらがな、カタカナ、漢字）の学習が完全に進んでいない学習者も、楽しく音声のみで練習し、理解することができた。また、CLIL の概念を用いることで、日本語の文化を理解することができた。これらの肯定的な意見が 80% あったが、一方で、音声が面白い声だった、教師からのフィードバックをその場でほしいといった否定的な意見も 20% あった。評価により、非ニューラル音声を用いた学習では、声のトーンや、イントネーションが不自然であり、改善をする必要があることが分かった。

表 2 Amazon Polly を用いた教材における学習者評価

音声を聞いて練習を繰り返すことで、ひらがなを見なくても理解することができた
日本文化も学ぶことができ、夢中で学習した
単語を覚えるのが簡単で、また、場面想定できた
自分の音声認識されないと、何度も練習し、認識されたときは嬉しく効果的な学習だ
早く日本に行って日本人と日本語で話し、自分の実力を試したくなった
自己学習できるのは効率がいい
先生からのフィードバックが毎回楽しみだ
音声面白い声だった
先生に質問したいときに質問できる対面授業が望ましい
なかなか音声認識してくれない

4.3.2 ニューラル自動音声合成（Microsoft Azure）を用いた開発と評価対象者

音声 API である Microsoft Azure には、ニューラル音声による Nanami（女性の音声）と Keita（男性の音声）がある(20)。また、イントネーション、レート、ピッチ、ボリュームを変更することが可能であり、ニューラル音声を用いることで、より人間に近い音声による教材開発が可能になった。Microsoft Azure の評価を行うため、非漢字圏学習者 1 名に対し、ロールプ

レイを用いた練習を行った。対象者の日本語レベルは、CEFR（Common European Framework of Reference for Languages: Learning, teaching, assessment）において B1 と B2 の間に位置する。CEFR とは、2001 年にヨーロッパ言語教育・学習・評価の場で共有される枠組みとして発表され、以後、世界でも広く外国語教育や評価の場で利用されている。主に B1 レベルは、身近な話題について標準的な話し方であれば主要点を理解でき、B2 レベルではお互いに緊張しないで母語話者とやり取りができるぐらい流暢かつ自然である(21)。

4.3. ニューラル自動音声合成のトーン・ピッチ調整による評価

ロールプレイには、電話でクレームを受ける A 役と、クレームを伝える B 役の会話を用いた。学習者には、Day1 には、トーンやピッチなど調整のないニューラル音声を提示し、5 日間 B 役に対する自己学習を促した。次に Day7 に、トーンやピッチなどを調整したニューラル音声を用い、再度 B 役に対する 5 日間の自己学習を促した。Day7 に提供したニューラル音声に対する調整内容を表 3 に示す。

表 3 ニューラル音声調整内容

	A 役	B 役
Emotion	反省する様子 慌てている様子	怒っている様子
Rate	1.0	0.9
Pitch	1.0	0.8
Intonation	人間の音声に近づくよう調整	

さらに、学習者に対し、5 段階評価を行った結果を図 5 に示す。e ラーニング教材における音声学習は、学習前より興味を持続していることが分かる。また、ニューラル音声を用いた自己学習は、練習を積み重ねるごとに発話に自信を持ち、自己評価が上がっていることが分かった。

現在日本語教育で使われている音声教材は、人間の声を録音したものであり、ニューラル音声を用いた教材はない。そのため、今後検討する必要がある。しかしながら、感情や臨場感を出すためには、調整しきれない部分が多く、調整が難しい。筆者が行った Microsoft

Azure を用いた検証では、調整なしのニューラル音声を、より人間の声に近い音声への調整を試みた。特にイントネーションは、より自然に聞こえるよう、丁寧に、かつ、細かな調整が必要であることが分かった。

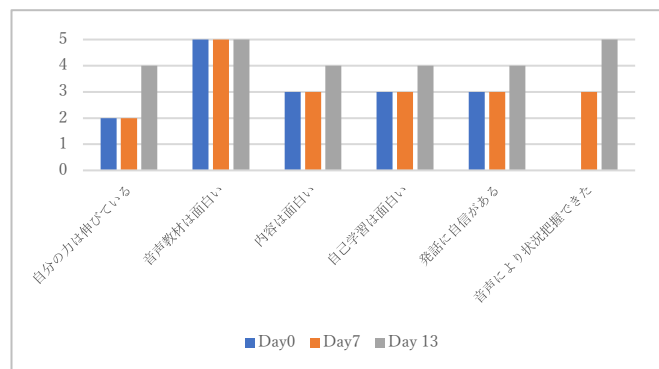


図 5 Microsoft Azure を用いた教材による学習者評価

5. 学習評価

Microsoft Azure による音声教材を用いた学習効果を検討するため、TTS、および、STT を用いた教材を利用する群 1 と、従来通りの授業を進める群 2 との間に、学習の差があるか検証した。

5.1 評価対象者

評価対象者（群 1、群 2）を表 4 に示す。Elementary Japanese I を受講する 19 名の学習者に対し、ランダムに 2 クラスに分けられた。日本語能力におけるレベルの差はなく、両群共に非漢字圏学習者である。3 時間×8 回のオンラインクラスと、8 回の自学自習を行うハイブリットコースである。自学自習の教材として、群 1 では TTS/STT を用いた課題を準備し、群 2 では、従来通り PDF の文書や e ラーニング教材上にある従来通りの課題を行った。対象者は 18 歳の学生から、退職した学生まで両群共に幅広い年齢層の学生が存在する。

表 4 Microsoft Azure を利用した 2 群による学習評価

	群 1	群 2
クラス	Elementary Japanese I, ハイブリット	
実施期間	2022 年 3 月～5 月, 全 3 時間×16 回	
受講者	非漢字圏学習者	
受講者数	10 名	9 名
自己学習	TTS/STT	PDF ファイル

5.2 評価方法

学習者は週に 1 回 3 時間のオンライン授業に参加し、宿題として、毎週日本文化に関するテーマについて各自で調べる作業を行った上、e ラーニングの教材上でディスカッションを行った。ディスカッションにおける投稿率、返信率の違いを検討した。また、最終日に Oral、および、Writing 試験を実施した。試験には、授業で学ぶ全ての項目を含み、挨拶、助詞、数字、文法 1、文法 2、翻訳(日本語から英語)、翻訳(英語から日本語)を構成した。また、実施後アンケート、および、口頭による聞き取り調査を実施し、ディスカッショントピックにおける取り組みについて、TTS、および、STT による自己学習についてなど、調査を行った。

5.3 評価結果

ディスカッショントピックにおける投稿率、および、返信率を表 5 に示す。

表 5 ディスカッショントピック投稿率、返信率

	群 1	群 2	群 1	群 2
	投稿率		返信数(1 人当たり)	
Topic 1	100%	89%	3.0	1.9
Topic 2	100%	67%	3.6	1.5
Topic 3	100%	67%	2.2	1.0
Topic 4	100%	44%	2.4	1.0
Topic 5	100%	33%	2.0	1.3
Topic 6	100%	44%	2.6	1.3
平均	100%	57%	2.5	1.3

群 1 では、トピックに対し、学習者全員が投稿し、また、一人平均 2.5 人への返信を投稿した。実施後の調査によると、群 1 の学習者は、e ラーニングを用いて発話練習を行ったことで、授業中にも活発に自信を持ち発言することで、クラスメイトとの交流もスムーズで、仲良くなったとの意見が多く挙げられた。また、コミュニケーションがうまくいっていることで、文字によるディスカッションも活発に行うことができたとの意見があった。一方、群 2 では投稿率の平均は 57%にとどまり、週が進むにつれ、投稿率が下がっていった。返信率においても平均 1.3 人にとどまった。群 2 の実施後アンケートによると、クラスでの発言が少な

かった点が挙げられた。理由を確認すると、発話することに羞恥心、および、抵抗があり、また、カメラオフでの参加者がいることで、発話しにくい状況だったことが挙げられた。群 2 では、比較的小となしい学習者が集まった様子もあるが、自信をもって発話するに至らなかったことが分かった。

次に、コース最終日に行われた試験結果を表 6 に示す。最高点を見ると、群 1 では満点である 100 点を取得した学習者がおり、平均点も、全体的に高く、90.6 点であった。群 2 では、最高点は 87.0 点であり、平均点は、65.4 点であった。また、標準偏差を見ると、群 1 は 8.50、群 2 は、17.91 と、約 2 倍の差がひらき、従来通りの方法で授業を進めた群 2 では、ばらつきが大きいことが分かる。さらに、問題別に見てみると(表 7)、コース前半で行われた挨拶(挨)、助詞(助)、数字(数)は、2 群における標準偏差の差は小さいが、授業が進むにつれ、差が広がっていることが分かる。特に、日本語から英語への翻訳(訳 1)および、英語から日本語への翻訳(訳 2)の差は、全体の理解度を求める試験だが、大きく差が出た。

表 6 試験結果 (100 点満点)

	群 1	群 2
最 高 点	100.0	87.0
最 低 点	73.0	23.5
平 均 点	90.6	65.4
標準偏差	8.50	17.91

表 7 期末試験における項目ごとの標準偏差

	挨	助	数	文 1	文 2	訳 1	訳 2
群 1	1.04	0.81	0.82	5.06	2.86	1.44	1.56
群 2	0.32	1.95	1.23	7.80	4.52	3.55	4.64

次に、実施後アンケートの主な回答を表 8 に示す。群 1、群 2 共に週 1 回のオンライン授業は楽しく参加したことがわかった。群 1 では、発話練習を行い、週 1 回のオンライン授業が待ち遠しかった、ブレイクアウトでの練習は活発だったなど、積極的に発話を楽しんでいる様子を確認することができた。一方、群 2 では、オンライン授業での発話は、一番に名前が呼ばれると緊張した、クラスメイトからの日本語の質問

が緊張したと、発話に自信がない様子がうかがえ、授業は楽しいものの、緊張感があることが分かった。しかしながら、群 1、群 2 共に、発話には興味があり、日常生活では話す機会が少なく、オンライン授業での発話は有意義であることが確認できた。

表 8 実施後アンケート

群 1	e ラーニング教材は発話に自信を持つことができた 発話練習を行い、週 1 回のオンライン授業が待ち遠しかった オンライン授業が楽しかった クラスメイトと交流することができ、毎日教材にアクセスするのが楽しかった ブレイクアウトでの練習は活発だった 授業の内容が多く、スピードが速かった
群 2	オンライン授業が楽しかった オンライン授業での発話は、一番に名前が呼ばれると緊張した 日常生活で日本語を話す機会がないので、オンライン授業での発話は有意義だった 難しかったが、次のクラスも受講したい 授業のペースが速かった クラスメイトからの日本語の質問が緊張した

5.4 考察

8 週間にわたる Elementary Japanese I では、音声学習を用いた学習と従来型の学習において、コース終了後の試験結果、および、授業に対するモチベーション、ディスカッションへの参加意欲について検討した。その結果、いずれにおいても音声学習を用いた群 1 の学習者の方が、テスト結果、モチベーションの高さ、ディスカッショントピックへの意欲的な参加傾向があることが分かった。また、音声教材を用いた学習は、学習者にとっての自信につながり、学習意欲が増していることが分かった。自身がクラスメイトとの交流に積極性を持ち、より楽しく授業に参加できたことが分かった。しかしながら、クラスに集まった学習者の性格や、一人がカメラをオフにすることで、次々と連鎖してしまい、カメラをオフにしたことで、食事をしながら参加をしたり、スマートフォンを見てしまったり

授業に集中して参加していないといった要因なども慎重に検討していく必要がある。

6. まとめと今後の課題

本稿では、非漢字圏学習者が日本語表記体系（ひらがな、カタカナ、漢字）への不安を感じることなく、従来の日本語学習現場において欠けている音声学習における教材を LMS である Moodle 上に開発し、検討を行った。音声学習には、TTS、および、STT を用い、指導者側の作業効率を図る設計にし、学習者は自由に e ラーニング教材を用い学習できる環境を実現した。また、Amazon Polly、Microsoft Azure を用いた開発の評価を行った後、群 1、群 2 による Elementary Japanese I コースにて実践、評価を行った。教材を用いた学習者は、全体的にモチベーションが高く、発話に自信を持ち、積極的に授業に参加していることが分かった。音声の質は、最高とは言えないレベルであり、さらなる改良が必要である。また、STT においては、受け取った音声を自動で解析できる仕組み作り、さらなる指導者の効率化を図り、自動採点できるようシステムをアップデートしていく。開発した教材による学習効果はあるという方向性が見えたため、今後もシステムの改良、授業での実践、検証を続けていきたい。

参 考 文 献

- (1) マリウス・オルモンド・バーン：“日本語高低アクセント指導法”，日本語・日本文化研修プログラム研修レポート集，27 期巻，pp.44-63 (2012)
- (2) 文化庁：“令和 2 年度 日本語教育実態調査報告書 国内の日本語教育の概要”，p.5 (2020)
- (3) 国際交流基金：“海外日本語教育の現状 2018 年度海外日本語教育機関調査より”，pp9-11 (2020)
- (4) Shibata, T., and Hurig, R. : “Prosody acquisition by Japanese learners in Understanding Second Language Process”, Second Language Acquisition, pp176-203 (2007)
- (5) Sato, C. J. : “Sociolinguistic variation and language attitudes in Hawaii. English around the world”, Sociolinguistic perspectives, pp647-663 (1991)
- (6) Gilakjani, A. P. : “The Significance of Pronunciation”, English Language Teacher, pp97-107 (2007)
- (7) 松崎寛：“日本語音声教育におけるプロソディーの表示法とその学習効果”，東北大学文学部日本語学科論集，第 5 号，pp.85-96 (1995)
- (8) 松崎寛：“音声認識技術を取り入れた日本語発音自学システムの開発”，科学研究費助成事業(科学研究費補助金)研究成果報告書：基盤研究(B)2009-2011，課題番号：21320094(2012)
- (9) 松崎寛：“音声認識技術を活用したプロソディグラフ自動出力システムの開発”，日本語教育方法研究会誌，vol. 1, 19 No. 1, pp.72-73 (2012)
- (10) 松崎寛：“音声認識技術を用いた日本語韻律練習用ソフトの開発”，文藝言語研究・言語篇，61 巻，pp. 177-190 (2012)
- (11) 厚生労働省：“「外国人雇用状況」の届出状況まとめ【本文】”，p.8 (2020)
- (12) 奥野由紀子編：“日本語教師のための CLIL 入門”，凡人社，東京 (2018)
- (13) 和泉伸一，池田真，渡部良典：“CLIL 内容言語統合型学習 上智大学外国語教育の新たな挑戦 第 2 巻 実践と応用”，上智大学出版 (2012)
- (14) Do Coyle. and Philip Hood. and David Marsh : “CLIL: Content and Language Integrated Learning”，Cambridge University Press, Cambridge (2010)
- (15) 佐藤正彦，宮本律子：“CLIL を用いた日本語教育の試み 中級読解・作文クラスでの事例”，秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要，第 36 号，pp.139-150 (2014)
- (16) Moodle Organization, <https://moodle.org/> (2022 年 6 月 1 日確認)
- (17) 中村かおり：“非漢字圏学習者の負担を軽減する漢字指導の試み”，拓殖大学日本語教育研究(4)，pp.34-51 (2019)
- (18) Poodll, <https://poodll.com/> (2022 年 6 月 1 日確認)
- (19) Amazon Polly, <https://aws.amazon.com/jp/polly/> (2022 年 6 月 1 日確認)
- (20) Microsoft Azure, <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/cognitive-services/speech-service/language-support?tabs=speechtotext> (2022 年 6 月 1 日確認)
- (21) Language Policy Unit, Strasbourg: “Common European Framework of Reference for Languages: Learning, teaching assessment”, Cambridge University Press, p.24, <https://rm.coe.int/16802fc1bf>
- (22) 山内真理：“Moodle を利用した授業支援”，千葉商大紀要 52 (2), pp. 237-251 (2015)

ICT と STEAM を組み合わせた医療系大学における数理データサイエンス AI 教育（応用基礎レベル相当）

西牧 可織^{*1}, 二瓶 裕之^{*1}

^{*1} 北海道医療大学

Combining ICT and STEAM for MDASH (Advanced Literacy Level) in health sciences universities

Kaori Nishimaki ^{*1}, Hiroyuki Nihei^{*1}

^{*1} Health Sciences University of Hokkaido

数理データサイエンス AI 教育応用基礎レベルに相当する授業として開講した「医療データサイエンス入門Ⅰ・Ⅱ」について報告する。医療人を目指す学生にも AI やプログラミングに興味を持ってもらうために、ロボットを使った STEAM 教育と Google Colaboratory を使ったプログラミング演習を組み合わせた学修教材を開発し、学生自身が目指す医療職と AI 技術との関連を具体的に学べるようにした。

キーワード: 数理データサイエンス AI 教育、医療系大学、学習者本位、オンライングループワーク、アンケート調査

1. はじめに

国の AI 戦略 2019 を皮切りに、DX（デジタルトランスフォーメーション）による社会の転換が始まっている。直近の AI 戦略 2022 では、新型コロナウイルス感染症によるパンデミックなどのリスク要因を反映し、従来の AI 戦略の状況に適合した DX の拡張も提示された⁽¹⁾。大学教育においても DX による改革は急速に進められており、特に、情報教育に対しては、数理データサイエンス AI 教育プログラム (MDASH) が策定され⁽²⁾、教育内容の革新が求められている。

MDASH には、エキスパート、応用基礎、リテラシーの3つのレベルが設定されたが、リテラシーレベルでは、「学生の数理データサイエンス AI への関心を高め、かつ、数理データサイエンス AI を適切に理解し、それを活用する基礎的な能力を育成すること」⁽²⁾を目指している。さらに、応用基礎レベルでは、「リテラシーレベルの教育を補完的・発展的に学び、データから意味を抽出し、現場にフィードバックする能力、AI を活用し課題解決につなげる基礎能力を修得すること。そして、自らの専門分野に数理・データサイエンス・

AI を応用するための大局的な視点を獲得すること。」⁽²⁾を目指している。

このような中で、北海道医療大学（以下、本学）では、かねてより教育支援システムの内製化^(3,4)など教育の DX 化を図っていた^(5,6)。2020 年度には DX 推進計画である「医療系大学における学生参加型 AI 開発による学修者本位の教育の実現と普及」を策定し⁽⁷⁾、文部科学省「デジタルを活用した大学・高専教育高度化プラン」の取組①「学修者本位の教育の実現」に採択された。

本学 DX 推進計画の柱は、内製化した教育支援システムや LMS に、蓄積された学習ログの AI 解析機能を拡充することで、小・中規模の機動性の高い AI を多種多面的に内製化することである⁽⁸⁾。AI の機動性を高めて学部教育に柔軟に対応することで、全学的に学生個人に最適化された教育（習熟度別学習や履修指導）を実践することを図った。

情報教育に対しても、本学では、2020 年度から MDASH リテラシーレベルに相当した教育を始めた。2021 年度には、本教育プログラムを「医療系大学での

学びあいと内製 AI による学修者本位の教育」として MDASH 認定制度に申請をして、MDASH（リテラシーレベル）に認定され、リテラシープラスにも選定されるに至った⁽²⁾。さらに、2022 年度からは、本学 DX 推進計画に従い、応用基礎レベルに相当する授業科目として、学生が AI 開発に参加しながら AI 技術を体験する「医療データサイエンス入門Ⅰ・Ⅱ」を開講した。

本稿では、「医療データサイエンス入門Ⅰ・Ⅱ」の授業デザインの概要を報告した後に、授業で活用している ICT と STEAM を組み合わせた学修教材である“医療データサイエンス学修サイト”を紹介する。また、授業実践の経過報告などについても言及する。

2. 授業デザインの概要

「医療データサイエンス入門Ⅰ」と「医療データサイエンス入門Ⅱ」は、ともに、専門教育科目（各 2 単位、合計 4 単位）であり、薬学部、歯学部、心理科学部、リハビリテーション科学部の 4 学部で開講した。対象学年は 2～4 年生とし、自由選択科目としている。表 1 は、「医療データサイエンス入門Ⅰ」と「医療データサイエンス入門Ⅱ」の学修テーマであり、MDASH（応用基礎レベル）コアカリキュラムの内容に相当してデザインをした。

「データサイエンス基礎」では、データ駆動型社会でデータサイエンスを学ぶ意義を理解したうえで、データ観測、データ分析、データ可視化などを学ぶ。

「データエンジニアリング基礎」では、データを収集・処理・蓄積するための技術やプログラミング基礎を学ぶ。

「AI 基礎」では、AI の歴史と活用領域の広がり、AI が社会に受け入れられるために考慮すべき点を学んだうえで、機械学習や深層学習などの基本的な概念を理解できるようにする。また、AI 技術を活用し、課題解決につなげることができるようにする。

さらに、AI 技術の活用スキルを修得することに重点を置くために、MDASH 応用基礎レベルのコアカリキュラムでは「AI 基礎」を構成する学修項目となっている「人間の知的活動（身体・運動、言語・知識、認識、予測・判断）と AI 技術について」を、授業の学修テーマとして設定して、12 回をあてている。

表 1 学修テーマ

授業科目	授業回	学修テーマ	
医療データサイエンス入門Ⅰ	1 ～ 4 回	データサイエンス基礎	
	5 ～ 8 回	データエンジニアリング基礎	
	9 ～ 15 回	AI基礎	
医療データサイエンス入門Ⅱ	1 ～ 2 回	AI基礎	
	3 ～ 5 回	医療職での活動とAI技術について学ぶ	身体・運動
	6 ～ 8 回		言語・知識
	9 ～ 11 回		認識
	12 ～ 14 回		予測・判断
	15 回	まとめ	

なお、本学 DX 推進計画（デジタルを活用した大学・高専教育高度化プランに選定）に従い、MDASH で使用している教材やスライドは DX 推進計画サイトの⁽⁷⁾に公開している。

3. ICT と STEAM を組み合わせた学修教材

3.1 概要と目的

医療人を目指す学生にもプログラミングに興味を持ってもらうために開発をしたのが、ロボットを使った STEAM 教育と Google Colaboratory を使ったプログラミング演習を組み合わせた教材“医療データサイエンス学修サイト”である。これは Google のオンラインアプリケーションなどで作っている。

医療データサイエンス学修サイト

北海道医療大学 情報センター：北海道医療大学 | Project AI

学修目的

数値データサイエンスAI教育プログラム

- リテラシーレベルの教育を補完的・発展的に学び、データから意味を抽出し、自らの目指す医療現場にフィードバックする能力、AIを活用し課題解決につなげる基礎能力を修得すること
- 自らの目指す医療専門分野に数値・データサイエンス・AIを応用するための大局的な視点を獲得すること

学修方略

模型都市でのVR体験とColaboratoryによるプログラミング

- VRメディアを使って模型都市に配置したロボットをプログラミング制御するミッションを遂行するなどしながらデータサイエンスを学ぶSTEAM教材です
- Google Colaboratoryを使った演習問題を手を動かしながら解くことで、MDASH 応用基礎レベルに求められるプログラミングスキルも修得します

学修項目

1. データサイエンス基礎 (Colaboratory)

- データ駆動型社会においてデータサイエンスを学ぶことの意義を理解したうえで、Colaboratoryを使って手を動かしながら、データ観測、データ分析、データ可視化を学ぶ

2. データエンジニアリング基礎 (模型都市)

- 教育用ロボット（要求駆動型）の動作をVRゴーグルで確認しながら、データ収集・処理・分析の技術やプログラミング基礎を学ぶ

3. AI基礎 (模型都市)

- AIロボット（データ駆動型）の動作をVRゴーグルで確認しながら、データ駆動型社会とデータサイエンスの関連性、データの観測・分析・可視化、機械学習、深層学習の仕組みなどを学ぶ

4. 医療職での活動とAI技術 (Colaboratory)

- 医療職とAI技術の4要素（言語・知識、身体・運動、予測・判断、認識）との関連を踏まえて、本学で内製しているAI開発に携わりながら、AI技術を活用し、課題解決につなげられるようにする

図 1 医療データサイエンス学修サイト

生が指定できるようにしている。これにより、例えば、解析モデルの違いにより、予測されるデータがどのように異なってくるのかなどを、グラフを使いながら視覚的に理解できるようにしている。

```
[ ] from sklearn import datasets
diabetes = datasets.load_diabetes()
df = pd.DataFrame(diabetes.data, columns=["age", "sex", "bmi", "tsc", "ldl", "hdl", "tc", "tg", "glu"])
df["ix"] = diabetes.target
X=train([age, sex, bmi, tc, tg, tsc, hdl, ldl], y=diabetes.target)
X_test=[age, sex, bmi, tc, tg, tsc, hdl, ldl]
print(X)
for ix_k in range(10):
    ix=train.ix[ix_k,:]
    ix_test=ix_test.ix[ix_k,:]
    df[ix_k]=df[ix_k].ix[ix_k,:]+ix[ix_k,:]
df
```

(2) 「bmi : bmi, map: 平均血圧, tc : 総コレステロール, ldl : ldlコレステロール, hdl : hdlコレステロール, glu : 血糖」の中から1つを選んで、糖尿病発症状況(yg)との関係を回帰モデル、もしくは、ランダムフォレストを用いて調査します。

```
[ ] import sklearn.model_selection
import numpy as np

fn = "bmi"
```

分析手法: ランダムフォレスト

```
x=df[[fn]]
y=df["ix"]
```

図 3 データ分析手法 (1)

Colaboratory [医療データサイエンス学修サイト](#)

3.3 「データエンジニアリング基礎」と「AI 基礎」

データエンジニアリング基礎

模型都市 医療データサイエンス学修サイト

図 2 データサイエンス基礎

図 4 データエンジニアリング基礎

図4は、「データエンジニアリング基礎」の演習課題ページであるが、「データエンジニアリング基礎」と「AI 基礎」では、ともに、表2に示した演習課題を設定して、模型都市におけるロボットの動作をプログラミング制御するようにした。

表 2 演習課題

模型都市とロボット	
1 模型都市の確認	VRゴーグルを装着して模型都市に入り込む
2 ロボット動作の基本制御	順次と反復によりロボットを前後左右に動かす
3 センサーデータの取得	ロボットに装着したセンサーからデータを取得する
単独のロボット動作をプログラミング制御するミッション	
1 障害物からの回避	建物や障害物への衝突を回避しながら、ロボットを目的地へと移動させる
2 道路区画線上の移動	路面上に描かれた区画線（模型都市では黒ライン）に沿って、ロボットを目的地へと移動させる
3 一時停止や徐行	歩行者や緊急自動車が近づいた時にロボットの動きを一時停止したり徐行させる
ロボットどうしの動作をプログラミング制御するミッション	
1 ロボットどうしの衝突回避	ロボットどうしが互いに衝突を回避しながら、路面上に描かれた区画線上を移動させる
2 延長道路上的のロボットどうしの衝突回避	道路を延長することでロボットどうしが衝突するタイミングが変わることに対応する
3 ロボットどうしの衝突回避と追従	ロボットどうしが互いに向かい合ったときには衝突を回避し、同じ方向を向いているときには追従をさせる

学修の鍵となるのは、図5に示したように、要求駆動型とデータ駆動型の2種のロボットを用意することで、機械学習や深層学習を用いたデータ駆動型の計算モデルの特徴をつかめるようにした点である。

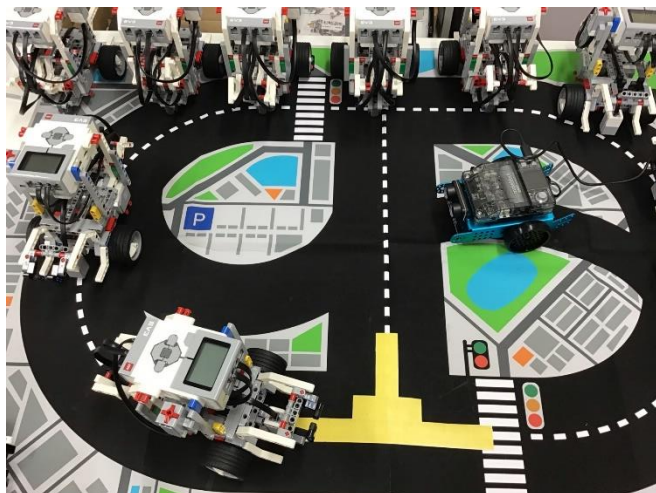


図 5 要求駆動型・データ駆動型ロボット

「データエンジニアリング基礎」では、要求駆動型の教育用ロボットを使って、表2の演習課題を解く。ここでは、ロボットに装着されている超音波センサーやライントレースセンサー（フォトダイオード）から取得したセンサーデータをもとに、順次・分岐・反復

などのアルゴリズムを学生が作りながら、表2の課題に沿ったロボット動作を実現する過程で、基礎的なプログラミングを学べるようにしている。

例えば、図6は、「データエンジニアリング基礎」における「ロボット動作の基本制御」の演習課題である。要求駆動型ロボットの制御には、ブロックプログラミングを利用するために、課題を解くためのサンプルとなるブロックプログラムや、それに対応するテキストプログラムも提示している。

ロボット動作の基本制御

目 2. データエンジニアリング基礎（模型都市）

1. VRメディアを使ったロボット動作の確認

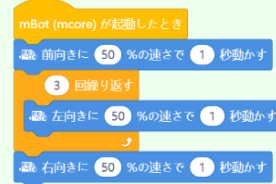


- **ロボット動作の制御**
順次と反復によりロボットを前後左右に動かします。単純な動きを組み合わせることで複雑な行動を実現できます。

2. 演習課題

前向きに移動したのちに3回左右に回転するプログラムを参考にして、順次と反復により、ロボットを前後左右に動かしてください。

3. サンプルブロック



4. Sample arduino C

```
#include <MeMCore.h>
#include <Arduino.h>
#include <Wire.h>
#include <SoftwareSerial.h>

MeDCMotor motor_9(9);
MeDCMotor motor_10(10);

void move(int direction, int speed) {
  int leftSpeed = 0;
  int rightSpeed = 0;
  if(direction == 1) {
    leftSpeed = speed;
    rightSpeed = speed;
  } else if(direction == 2) {
```

図 6 ロボット動作の基本制御（要求駆動型）

一方、「AI 基礎」では、データ駆動型の AI ロボットを使って表2と同様の課題を解く。ここでは、センサーデータを学生が AI ロボットに学習させながら、学習や推論など一連のデータ駆動型のプロセスを通して機械学習や深層学習の仕組みを学べるようにしている。このように、2種のロボットを利用した STEAM 教育をデザインすることで、要求駆動型とデータ駆動型プログラミングの本質的違いを実感できるようにした。

さらに、表2の演習課題に対する学修意欲の向上を図るために利用したのがVRメディアである。表2の演習課題では、様々な条件下でのロボット動作が想定されているが、それらを360度カメラで撮影して、演習課題ごとにVR映像を制作した。

図6にも示したように、演習課題ページには、対応するVR映像をQRコードからリンクした。学生は、ゴーグルを装着してVR映像を視聴したり、図7のように、学生自身のスマートフォンで4Kの360度映像を視聴したりできる。これらのVRメディアにより、模型都市に入り込んだような感覚で、学生が主体となって確認したい個所を何度も視聴できるなど、学生の学びを促進し学修効果を高められるようにした。

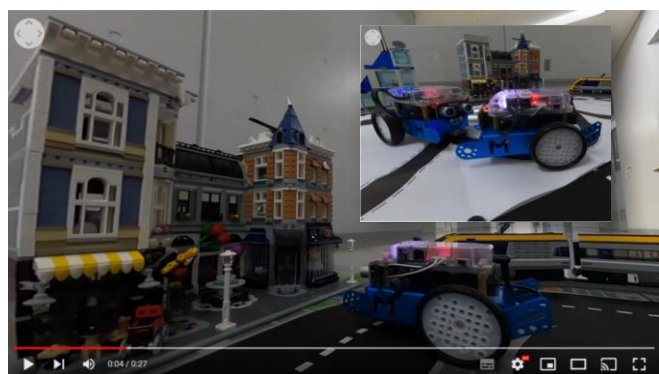


図7 VRを使ったSTAEM教材（右上は埋め込み）

3.4 「医療職での活動とAI技術」

「医療職での活動とAI技術」で取り入れたのが、学生参加型AI開発である。ここでは、本学で内製化しているAIを題材としたプログラミング演習に取り組むことで、データサイエンスの知識とスキルを修得できるようにしている。特色となるのが、図8のように、

学生自身が目指す医療職とAI技術の4要素（身体・運動、言語・知識、認識、予測・判断）との関連を踏まえながら、プログラミング演習に取り組めるようにしている点である。

図では、例えば、AI技術の要素である「身体・運動」（IoTや生体情報モニタリングなど）は、薬剤師業務における副作用モニター、遠隔医療、見守りと関連があることを示している。一方、歯科医師業務ではCAD/CAMの設計・加工に関連していたり、公認心理師業務では行動観察、作業療法士・理学療法士業務ではリハビリテーションロボティクスに関連していたりなど、学生自身が目指す医療職によって、それぞれ、異なる業務と関連することを学べるようにしている。

図9は、「医療職での活動とAI技術」の演習課題ページである。ここでは、4要素である認識、予測・判断、言語・知識、身体・運動ごとに演習課題をリンクした。例えば、「予測・判断」は、scikit-learnのページからボストンの住宅価格のデータを収集して、深層学習（勾配降下法）による予測と判断をする演習課題である。

図10は、「予測・判断」の演習課題である。これは、深層学習（勾配降下法）を用いたプログラミング演習である。課題の中では、例えば、バッチサイズやエポック数などを変えることで、どのように損失関数が増加するかを考察したり、特徴量を1つ指定して予測値を計算し、予測値と実測値との比較をしながら予測精度について考察する。図11には、損失関数と予測値・実測値の比較の例も示した。

	身体・運動	言語・知識	認識	予測・判断
修得するスキル	アームロボット、IoT、生体情報モニタリング	自然言語処理、形態素解析、単語分析、音声出力	パターン認識、文字認識、画像認識、音声認識	決定木、自動探索、ランダムフォレスト、クラスター分析
薬剤師	副作用モニター、遠隔医療、見守り	処方箋監査、薬剤管理	薬歴入力、服薬指導	自動健康診断、処方箋監査、副作用早期発見
歯科医師	CAD/CAMの設計・加工、シミュレーションロボット	治療計画立案、シミュレーションロボット	画像診断、治療計画立案、症例難易度診断	医療ビッグデータ解析、治療計画立案、患者の予約管理
公認心理師	行動観察、心理支援プログラム	心理検査報告書などレポート作成、心理支援プログラム	カンファランス、心理支援プログラム	データ解析、支援計画立案
作業・理学療法士	リハビリテーションロボティクス、福祉機器、BMI	リハビリテーション記録、治療計画立案	画像評価、動作分析	臨床推論、予後予測、治療計画立案

図8 学生自身が目指す医療職と4つの要素（言語・知識、身体・運動、予測・判断、認識）との関連

医療職での活動とAI技術

Colabotatory  医療データサイエンス学修サイト

学修内容

医療職とAI技術の4要素（言語・知識、身体・運動、予測・判断、認識）との関連を踏まえて、本学で内製しているAI開発に携わりながら、AI技術を活用し、課題解決につなげられるようにする。

4-1. AIの歴史と応用分野

- AIの歴史と応用分野

将来活躍する医療に関わる業務のなかで、**数値データサイエンスAI技術**が、どのような関わりを持つのかを概説できるようにします

4-2. 認識

- ❖ **画像認識、物体検出**

カスケード分類器を用いた猫認識の画像処理をします

- ❖ **音声認識**

SpeechRecognitionを用いた音声認識をします

4-3. 予測・判断

- **深層学習（勾配降下法）による数値予測**

scikit-learnのページからボストンの住宅価格のデータを収集して、**深層学習（勾配降下法）**による予測と判断をします

図 9 医療職での活動と AI 技術

（3）深層学習（勾配降下法）にあたって、バッチサイズ（学習用データのサブセット のサイズ：2*nのnを指定）とエポック数（学習回数）を変えることで、どのように損失関数に変化するのかを考察して下さい（学習回数が大きすぎると、結果の表示に時間がかかります）。また、特徴量の1つを指定して、予測値と実数とを比較して、予測の精度を確認して下さい。



図 10 予測・判断

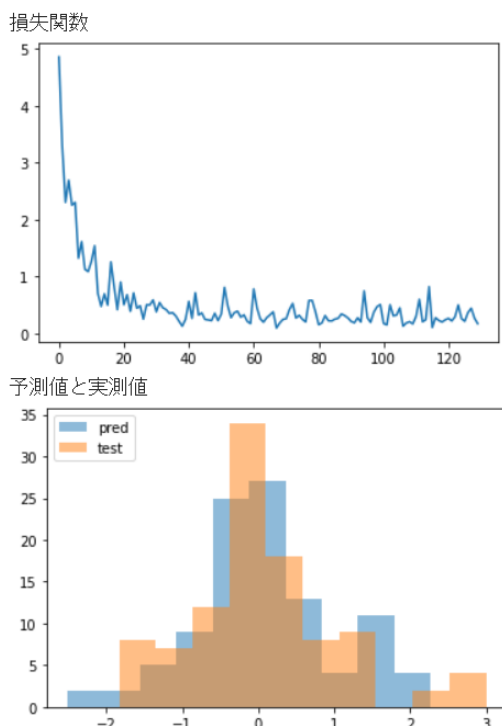


図 11 損失関数と予測値・実測値の比較

4. 授業実践の経過

現在（2020年6月3日）、「医療データサイエンス入門Ⅰ」の授業は8回目までを終えている。ここまでの、授業実践の結果として、授業回ごとに設定した到達目標に対する学生の達成度がどのように変化したのかを調べる。達成度については、授業回ごとに提出を義務付けている課題とともに送信させていることから、回収率は100%となった。履修者数は9名である。

なお、学生には、達成度の自己評価が、自身の成績に影響を与えないこと、自己評価と個人を特定できる情報との紐づけをしないこと、回答による不利益がないことを伝えている。

図12では、授業回ごとの達成度を、4段階（高いほうから、◎、○、△、×）の評価別の比率により折れ線グラフで示した。最も高い達成度である◎に着目すると、授業回の1から4回では◎の比率が下降傾向を示した。授業回の1から4回では、「データサイエンス基礎」として、Google Colaboratoryを使いながら、データを収集・処理・蓄積するための技術やプログラミング基礎を学ぶようにしたが、データの読み取りなど難易度の高い課題もあったことから、達成度も下降傾向を示したものと考えられる。

一方で、授業回の5回目以降は、◎の比率が高まり、特に、7回目と8回目は、全員が◎となった。

授業回の5から8回では、STEAM教育による「データエンジニアリング基礎」として順次・分岐・反復などのアルゴリズムを学生が作り、表1の課題に沿って教育用ロボットを動かしながら、基礎的なプログラミングを学ぶようにした。自由記載コメントからも教育用ロボットについては好評を得ており、自身が作成したアルゴリズムがロボットの動作により可視化されることで、プログラミングに対する興味が高まったものと考えられる。

なお、8回目には、要求駆動型からデータ駆動型のプログラミングについての事前講義も含まれており、難易度が高まったことや、一部教育用ロボットの動作に不具合なども生じたことから、◎の比率が下降したと考えられる。

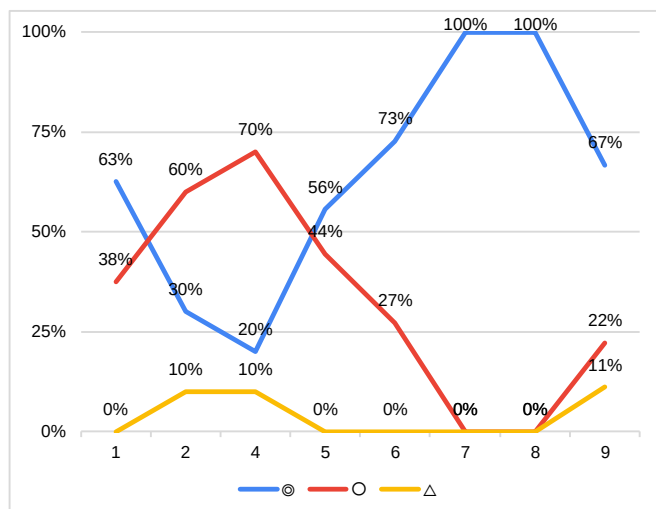


図 12 授業回ごとの達成度：4 段階（高いほうから、◎、○、△、×）の評価別の比率

5. むすび

数理データサイエンス AI 教育応用基礎レベルに相当する授業として開講した「医療データサイエンス入門Ⅰ・Ⅱ」について報告した。授業は、MDASH（応用基礎レベル）コアカリキュラムの内容に相当させてデザインをした。また、医療人を目指す学生にも AI やプログラミングに興味を持ってもらうために、ロボットを使った STEAM 教育と Google Colaboratory を使ったプログラミング演習を重層的に組み合わせた学修教材「医療データサイエンス学修サイト」を開発した。

特に、STEAM 教育に関しては、模型都市に配置したロボットの動作を通して、基礎的なプログラミング技術から機械学習や深層学習の仕組みを学べるような工夫をした。さらに、360 度映像や VR も活用して、模型都市に配置したロボットの動作を確認できる VR メディアも用意した。

授業については、現在、「医療データサイエンス入門Ⅰ」の 8 回目までを終えた。授業の経過途中ではあるが、STEAM 教育を取り入れた授業回からは、学生の達成度が高まる傾向を示した。これは、学生自身が作成したアルゴリズムがロボットの動作により可視化されることで、プログラミングに対する興味が高まったことなどが要因であると考えられる。

今後は、データ駆動型の AI ロボットを使った STEAM 教育も続けることとしており、教育改善効果の検証を続けたい。

謝辞

VR 映像の撮影にあたり協力頂いた北海道医療大学心理科学部臨床心理学科 4 年内田衛氏、鈴木柚樹氏に深謝する。なお、本研究は JSPS 科研費 22H01051 の助成を受けた。

参考文献

- (1) 内閣府「AI 戦略」
<https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/index.html> (2022 年 6 月 5 日確認)
- (2) 文部科学省：“数理・データサイエンス・AI 教育”，
https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/suuri_datascience_ai/00001.htm (2022 年 6 月 5 日確認)
- (3) 二瓶裕之，和田啓爾，小田和明：“学際的チーム体制により開発した薬学 6 年制教育支援システムと主体的な学習時間の確保”，ICT 活用教育方法研究，Vol.15，No.1，pp.7-12 (2012)
- (4) 西牧可織，二瓶裕之：“クラウド活用による同僚間アンケート調査を取り入れた問題発見課題解決型協働学修”，ICT 利用による教育改善研究発表会受賞論文，
https://www.juce.jp/archives/ronbun_2019/01.pdf (2019)
- (5) 西牧可織，二瓶裕之，井上貴翔，et al.：“クラウドを活用した協働学修による大規模クラスにおける文章指導”，薬学教育，Vol. 5 pp. 1-8 (2021)
- (6) 二瓶裕之，浜上尚也，木村治，小田雅子：“面接受講と遠隔受講を組み合わせた早期体験学習ワークショップの実施と検証”，薬学教育，vol. 5，pp. 357-365 (2021)
- (7) 北海道医療大学 DX 推進計画サイト
<https://dx.hoku-iryo-u.ac.jp/> (2022 年 2 月 14 日確認)
- (8) 二瓶 裕之：“医療系大学における学生参加型 AI 開発による学修者本位の教育の実現と普及” 大学教育と情報，vol. 4，No. 177，pp. 30-31 (2021)

顔情報を用いた個々の子どもの特性を考慮した 授業参加状態の推定

宮田真宏^{*1}, 山田徹志^{*2}, 大森隆司^{*1}

^{*1} 玉川大学脳科学研究所, ^{*2} 玉川大学教育学部

Estimating classroom participation based on individual student characteristics using facial information

Masahiro MIYATA^{*1}, Tetsuji YAMADA^{*2}, Takashi OMORI^{*1}

^{*1} Tamagawa University Brain Science Institute, ^{*2} College of Education Tamagawa University

Teachers in the field of education review their classes on a daily basis in order to assure the quality of their classes. However, there is a limit to the number of students that teachers can grasp during the class. In this study, we have been aiming to support reflection by using a characteristic reflection system that considers the characteristics of each student. Our proposed system has measured lessons and analyzed them using AI technology to extract important elements for reflection. In this paper, we focus on the behavior of individual students during group activities. As a result, it is suggested that there is a relationship between the participation state and the behavior estimated manually. The results also show that there is a possibility to obtain the information of class participation by applying the machine learning method to the results. Finally, we discuss the future direction of human behavior measurement research.

キーワード: 特性リフレクション, 授業の見える化, 特性推定, 人工知能

1. はじめに

教育現場では日々、子どもたちの授業中の状況や心身の成長状況についての共有が行われるが、その多くは口頭や文書によるものであった。しかし、授業が連続する、科目によっては受講生が変わる等も起こり得るため、担当教員が各授業中に起こった多様な事象のすべてを受講生全員に対して記憶・記録することは困難である。この問題に対して、人工知能（AI）技術を授業に取り入れ、授業中の学習者の情報を見える化することを試みた研究はある[1][2][3]が、いずれも受講生個人の行動特性が考慮されていない、受講生にセンサを取り付けることが必要である、構想段階であり実現されていないなどの問題を抱えていた。

一方で本研究ではこれまでに、教育現場の教員が日々行う授業の振り返りに着目し、ICT 技術や AI 技

術を活用した支援システムを開発してきた[4]。そこではまず、4K 解像度を持つ 2 台のカメラから成るステレオカメラにより授業映像を記録（図 1 (a)）した。次に顔認識 AI[5]により左右の映像中の個々の子どもの顔の位置と向き情報を抽出し、両画像で検出できた子どもの特徴量を三角法により 3 次元情報に変換した。そして、個々の子どもの位置から頭の向き方向に半直線を伸ばし、その直線同士の交点群（正面方向交点群）を求めることで授業中の多くの子どもが注視している

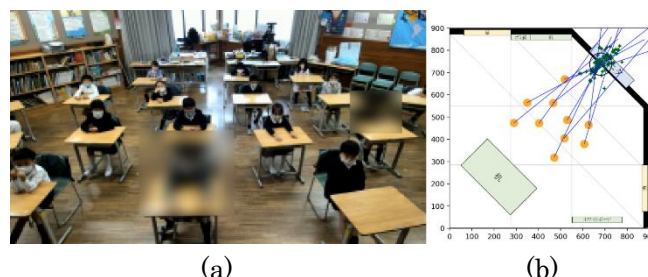


図 1 計測場面、および授業への参加時の子どもたちの正面方向交点群の例

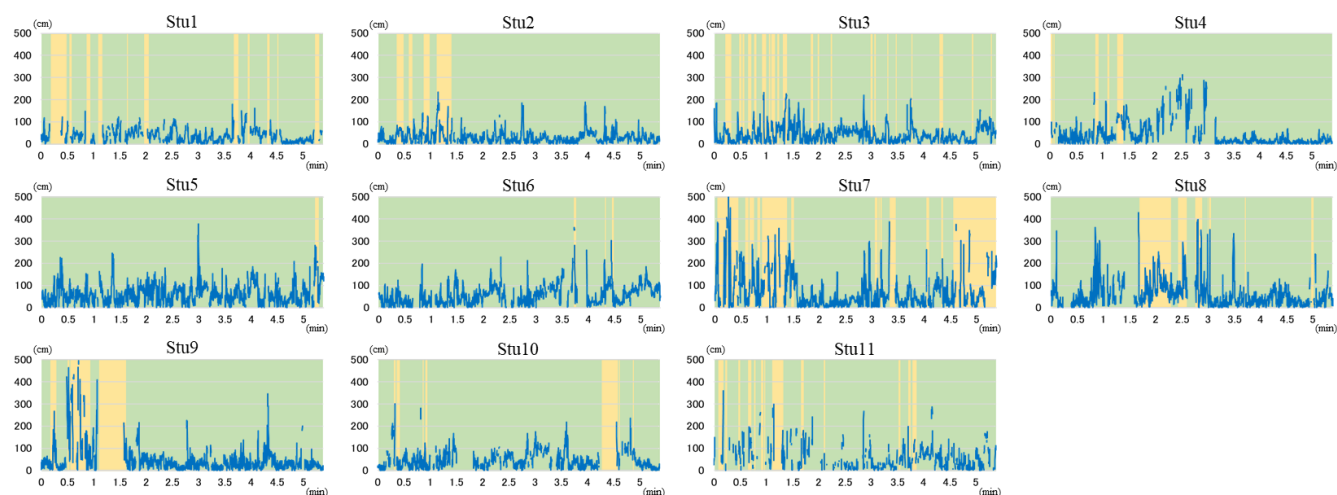


図2 集団活動の重心位置から個々のこどもの頭の向きまでの距離

位置とその広がりを見える化してきた(図1(b)) [6]. 本稿では, その方法で得られた情報を分析し, 授業内の活動における個々の子どもの授業参加状態と行動との関係を示すとともに, 機械学習手法を用いた授業参加状態の推定を試みた. その結果から, 個々の子どもの行動を機械的に推定し, 教員へフィードバックした際の有用性について議論する.

2. 計測方法と場面

行動計測は教室サイズの空間で個々の子どもを観察できる4K解像度のステレオカメラを自作し, 8fpsで左右のカメラで同期して記録した. このカメラを教室の教卓上部の授業の邪魔にならない位置, かつ着席時の多くの子どもたちの顔が映る画角に設置した. 計測は, 2020年11月27日に玉川学園小学部にて行われた1年生の英語の授業を記録した. 本稿ではこの映像の内, 授業後半に行われた単語の意味の確認(1分24秒間), 次の活動の準備(13秒間), 学んだ単語の発音, 内容の理解(3分46秒間)から成る合計5分23秒間を分析した. 分析対象は, 授業に参加した15名の子ども内, 保護者同意を得られた13名とした.

3. 個々の子どもの行動特性の推定

3.1 授業活動中の個々の子どもの参加行動の変化

まず, 授業活動場面の評価として分析対象場面の映像に映っているすべての子どもに対して人手によるアノテーションを実施した. アノテーションは, 保育経験5年以上の2名の合意により, 個々の子どもが分析区間の該当の時間に授業に「参加」か「不参加」である

かを1秒ごとに判断した.

本研究の分析では, 集団活動中の個人の行動特性を推定するにあたり, 集団活動の特性は個人の行動特性の集合として現れると考える. そして個人の行動特性は, 集団活動からの差として推定できると考えた. 具体的には, 多数の子どもが注視している箇所見える化時に計算した瞬間の集団の重心位置と, その瞬間に個々の子どもが向いている方向との間の距離を求めた. 図2に対象区間において多くの時間, カメラの画角内に収まっていた11名の子ども(Stu1~11)の, 集団の重心位置から個々の子どもの向いている方向までの距離の時間変化を示す. 図2の背景の黄緑色, 黄色の帯はアノデータより, 対象時間に授業に「参加」, 「不参加」のいずれの状態であったかを判断したものである.

図2のStu2は, アノデータにより後半はすべての時間で「参加」と判断され, 前半の一部が「不参加」と判断されていた. 分析場面全体におけるStu2の集団の重心位置から頭の向きの直線までの距離は, 「参加」場面では20cm程度であり, 「不参加」場面では50cm以上であることが多く, 「参加」場面よりも大きくなっていた. これよりStu2は, 授業に参加する際には他の多数の子どもと同じ付近を見る傾向があり, そして「不参加」の際には集団の子どもとは異なる行動傾向があると言える.

一方で, Stu5は, アノデータにより対象場面の後半の一部に「不参加」の瞬間があるが, それ以外は「参加」と判断されていた. この子どもは分析対象場面全体で, 集団活動の重心位置から60cm程度離れた箇所を見ていた. この距離の差は, 他の子どもの距離と比較しても大きかった. 実際の映像を確認する

と、この場面では多くの子どもが教員を見ながら授業に参加しているのに対して、Stu5は教員が使用するモニターを見ながら授業に参加していた。これが集団との参加方法の違いとして現れたと考える。これより、今回の集団の重心位置からの距離は、個々の子どもの授業参加特性を表す指標になると言えよう。

この二人の授業への参加特性の違いの見える化として、図3に分析区間におけるStu2とStu5の集団の重心位置からの距離に対する頻度分布を示す。Stu2のピークは10～20cm未満であり、授業に「不参加」時の距離である約50cmよりも小さかった。一方でStu5のピークは50cmであり、その分布はStu2とは明らかに異なっていた。先述の通り、この2名はこの区間ではほとんどの時間授業に参加していたにも関わらず、集団の重心位置からの距離分布は大きく異なっている。

このような頻度分布の違いは図3の2人だけでなく、他の子どもでも同様に個々で傾向が異なっていた。これは、我々大人であっても他者の話を聞く際に全員が話し手の目を見ながら聞くわけではなく、少し離れた箇所を見ながら話を聞くなどの行動にも類似していると言えよう。さらにこの結果は、ここで得られた行動特性に機械学習手法を適用し、授業の参加状態を推定することを考えた際、そのモデルへの適用は子ども毎に行うことが必要であることを示唆すると言える。

3.2 個々の子どもの授業参加の推定

得られた個々の子どもの行動特徴からの子どもの学習に対する姿勢を機械的に推定する可能性の評価として、機械学習手法の一つであるロジスティック回帰[7]による授業参加の推定を試みた。分析場面は図2に示した場面と同じ5分23秒間とした。学習されたモデル

の評価に用いるテストデータとモデルの学習に用いる学習データは、この分析場面のデータを時系列方向に2つおきにサンプルしてテストデータとし、残りを学習データとした。このようにテストデータを抽出した理由は、この分析場面には時間経過により授業への参加と不参加に大きな偏りがあったため、均等にデータを分割するためであった。目的変数はアノテーションにて記述された授業への参加状態として、説明変数は集団の重心位置からの距離と顔情報の検出の有無とした。これをテストデータと学習データの時間長のバランスが良かったStu7に適用した。

表1にStu7の授業への参加状態についてのアノテーションの記述とロジスティック回帰による推定との関係を示す。正答率は72.4%と決して高くはないが、ロジスティック回帰により行動情報から授業参加を推定できることが示唆された。一方で、アノテーションで不参加とされた場面がロジスティック回帰で参加と判断されたものは全体の21.3%あり、無視できない値であった。その原因として、説明変数に集団の重心位置からの距離を用いているため、授業には不参加であるがたまたま多くの子どもと同じ方向を向いている瞬間を授業参加と推定した可能性が高い。この問題に対しては説明変数に用いる特徴量の再検討や、時系列的な分析が可能な機械学習手法の適用により改善が期待できるが、この点については今後の課題とする。

4. まとめ

本稿では、教員が日々行う授業の振り返りに着目し、その支援の為に授業中の子どもたちの行動特性に着目し、その抽出を目指してきた。本稿にて得られたものは以下のとおりである。

- 1. 集団の重心位置から個々の子どもの向いている方向までの距離の大きさはその子どもの授業参加状態と関係がある。
- 2. 個々の子どもの行動特性は、集団の重心位置から自身の向いている方向までの距離に現れる。

表1 Stu7の子どものアノテーションによる参加状態とロジスティック回帰による推定との関係

		アノテーション	
		参加	不参加
予測	参加	446	184
	不参加	54	178

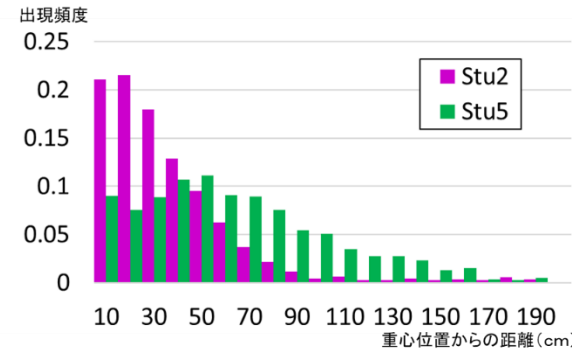


図3 集団活動の重心位置から個々の子どもの頭の向きまでの距離の頻度分布

3. ロジスティック回帰を用いることで授業参加状態の推定は可能であろう。ただし、個々人の特性に合わせた推定モデルが必要である。

本稿にて得られた結果は、個々の子どもの授業参加状態の推定という教員であれば目で判断することのできる情報である。しかし、教員がすべての授業で起こった事象のすべてを記憶し、さらに長期的な変化を評価することが難しいという問題がある以上、個々の子どもの授業参加状態を自動的かつ定量的に推定することには意味があると考える。例えば、一部の子どもが騒いでしまったことが原因となり、多くの子どもが授業に参加していない状態が起こった際に、その場面で起こっていた出来事が推定されており、振り返りにより次の授業に反映できたならば、授業の質の向上にも寄与すると期待できる。さらに本授業参加状態の推定がリアルタイムで実現でき、機微な変化からであっても推定できたならば、従来教員が見逃してしまっていた事例に対しても早期対応が可能になる。

最近では、タブレット端末を用いた子どもの学習行動の分析による学びの状態の評価を試みる研究が大きく進んでいる[8][9]。しかしそのほとんどは情報機器が操作できる小学高学年以上の子どものみに限られている。小学低学年では情報機器の操作には個人差が大きく、さらに就学前になるとそもそも情報機器の操作が困難である。そのような年齢層に対しては、本研究のような画像センシングによる手法が有効であると考えられる。

以上を踏まえて本研究の今後の課題は、授業活動や個々の子どもの行動情報を分析する、より幅広い手法を開発することである。さらに記録映像と本研究にて得られたデータを共に教員にフィードバックすることで、特性リフレクションシステムとして求められる機能の洗い出しと実装を目指す。

また、本研究のような AI 技術を用いた授業中の子どもの状態の推定には、注意すべき点もあると考えられる。それは AI 技術により推定された結果は必ずしも正しいとは言えないことである。そのため、教員によるチェックやその判断はこれまでと同様に重要である。そして本研究のようなツールが実現できたならば、教員の教育に関わる能力の拡張にも繋がると期待して今後も研究を続けていきたい。

謝辞

本研究は、科研費 若手研究 22K13762, 基盤研究(B) 19H01718, およびキャノン財団研究助成プログラム「善き未来をひらく科学技術」の支援, および NEC パイオメトリクス研究所との共同研究により実施された。支援に感謝する。また本研究は、玉川大学研究倫理委員会及び保護者の承認のもと実施された。さらに、本研究で述べたリフレクションの内容の方向を検討するにあたり相談に乗っていただいた玉川学園小学部の先生方に感謝する。

参 考 文 献

- (1) 小竹原祐希 他: “講義映像に基づく受講者の多様な状況認識のための挙動のクラスタリング”, 教育システム情報学会誌, Vol.37, No.2, pp.120-130 (2020)
- (2) 李凱 他: “モーションセンサを用いた学習活動の状態推定手法の開発”, 教育システム情報学会誌, Vol.33, No.2, pp.110-113 (2016)
- (3) 本村陽一 他: “保育施設への AI 導入プロジェクトの課題と展望”, 2019 年度人工知能学会全国大会, 2019
- (4) 宮田真宏 他: “顔情報を用いた授業中の子どもの特性リフレクションシステムの開発”, 教育システム情報学会, 2021 年度 第 2 回研究会, Vol.32, No.2, pp.6-13 (2021)
- (5) Makoto. Takamoto et al.: “An Efficient Method of Training Small Models for Regression Problems with Knowledge Distillation”, 2020 IEEE Conference on Multimedia Information Processing and Retrieval (MIPR), pp.67-72 (2020)
- (6) 宮田真宏 他: “顔情報を用いた授業活動中における子どもの特性の推定”, 日本教育工学会 2021 年春季全国大会, pp.1-2, (2021)
- (7) Steven S. Skiena 他: “データサイエンス設計マニュアル”, オライリー・ジャパン, (2020)
- (8) 南明子 他: “小学校国語科「話すこと」におけるタブレット端末のビデオ機能とビデオクリップ教材の効果”, 教育情報研究, Vol.32, No.1, pp.37-48 (2016)
- (9) 安里基子 他: “小学校第 5 学年算数科の学習者用デジタル教科書における操作ログの分析”, 日本デジタル教科書学会第 8 回年次大会, 2P-2E-03, (2019)

機械学習モデリングを用いたコンピテンシー評価の分析

紅葉 亜練^{*1}, 小松川 浩^{*1}

^{*1} 公立千歳科学技術大学大学院

Analysis of competency assessment using machine learning modeling

Aren Momiji^{*1}, Hiroshi Komatsugawa^{*1}

^{*1} Chitose Institute of Science and Technology

現代社会では、コンピテンシーが重要視され、この能力の養成には、学習者が自らの学びを振り返り、教員がその評価を返す教育上のやり取りが重要となる。しかし、教員の学生に対する評価は暗黙知によって行われ、数値的評価や可視化を伴うシステム化の障壁となっている。そこで学生の自由記述形式の振り返りデータから、教員の暗黙知に基づく評価と関連する特徴量の抽出し、機械学習的アプローチによるモデル化を試みた。

キーワード: コンピテンシー, 機械学習, ルーブリック, アンケート, 数学, 文章

1. 背景

従来の大学では、基礎学力や専門性などの知識といったテストなどで数値化して測ることのできる認知能力を意識した人材育成を行っている。

一方現代社会では、問題解決力や主体性といった数値化できない非認知能力の養成が重要視される。こういった能力は主に行動特性に左右され、コンピテンシーと呼ばれる。この能力の養成には、学習者が自らの学びを振り返り、教員がその評価を返す教育上のやり取りが基本となる。しかし、教員の学生に対する評価は暗黙知によって行われ、数値的評価や可視化を伴うシステム化などのモデル化が難しい。

2. 目的

本研究の目的は、自然言語処理を伴う機械学習的アプローチによるモデル化を通じて、学生の自由記述形式の振り返りデータから、教員の暗黙知に基づく評価をどこまで再現できるか検証し、教員の判断要素を検討することである。具体的には、数学の振り返りに関する既に行っていたアンケートの結果を活用し、学習者の自由記述回答に教員の協力のもと3段階でスコアを付与する。教員が学習者のコンピテンシーを評価す

る基準であると考えられる特徴の候補を挙げ、各特徴を用いて XGBoost と BERT による機械学習モデリングを行い、2つのモデルの精度の比較を行う。その精度比較から、特徴が教員の判断とどれほど関係があるかを調べる。

3. 分析手法

本研究では、数学を事例として複数の大学の数学教員と連携し、数学の授業開始前と開始後にコンピテンシーの変化を問うアンケートを実施した。

実施したアンケートの内容を図1に示す。学期開始前には Q1, Q2 のみを実施し、学期終了時には Q1～Q4 を回答してもらった。Q1, Q2 の回答は学習者の自己評価のルーブリックと自由記述式の回答で構成される。

アンケートには、学習者の自由記述回答に教員の協力のもと3段階でスコアを付与した。スコアは教員が評価した学習者のコンピテンシーを表す。アンケート結果から得られたルーブリックや記述された文章を入力として、教員による3段階のスコアを教師信号として学生の振り返りに機械学習的なアプローチを適用することで、教員の暗黙知に基づく評価をモデル化できるか検証する。また、図2のような別アンケートへの

適用可能性の検証も行う。

Q1. 今のあなたにとって数学は大切なものですか？いずれの1つを選択してください。また、そう思う理由を文章で具体的に答えてください。

1: 全く大切でない 2: あまり大切でない 3: どちらでもない 4: やや大切 5: とても大切

Q2. 数学は現実場面でどれくらい役に立つと思いますか？また、数学が役に立つ例を文章で具体的に答えてください。

1: 全く役に立たない 2: あまり役に立たない 3: どちらでもない 4: やや役に立つ 5: とても役に立つ

Q3. この授業で最も興味をもって取り組んだことを文章で具体的に答えてください。

Q4: この授業で学んだことを、今後どのような学びにつなげていきたいですか。文章で具体的に答えてください。

図1 実施したアンケートの内容

Q1(責任感): この授業で、最後まで意識して、最後まで行うように心がけたことを書きましょう。

Q2(主体性): この授業でもっとも興味をもって取り組んだことを具体的に書きましょう。

Q3(協調性): この授業で自らが他者に積極的に働きかけた・貢献できたことがあれば書きましょう。その結果、自らの学習成果の向上に繋がっているかも考えてください。

Q4(倫理観): この授業で将来の自分に役立つと思ったことを書きましょう。それに関連して、将来社会で貢献したい・できると感じたことがあれば書いてみてください。また、その影響で自らの学習態度に変化があったかも考えてください。

図2 本学で実施した別アンケートの内容

特徴として考えられる要素として単語数、語彙数、キーワード数を挙げる。キーワードは、学習者の文章から2種類のキーワードを定義し、数学に関する単語として理数ワードを、コンピテンシーに関する単語として能力ワードとして定義する。

本研究では、教員による3段階のスコアを教師信号とし、XGBoostには、ループリック、単語数、語彙数、

理数ワード数、能力ワード数を特徴として入力し、特徴量を明示的に指定することで、教員が専門キーワードを含んでいるか、単語数は多いか、などで捉えているかを判断する。BERTには、自由記述から得られた文章を入力し、教員が学習者の文章を総合的に捉えているかを判断しているか見る。その後、XGBoostにBERTの推論結果を特徴として入力しモデリングを行い、shapを用いて入力した各特徴の影響度を見て、RandomForestで推論の際にどの要素が重要視されているかを見る。

4. 使用技術

4.1 XGBoost⁽¹⁾

XGBoostとは、複数の決定木を用いて予測モデルを作成する機械学習手法であり、特徴を明示的に入力することができる。数値データ以外を入力することができず、2本目以降の木は、目的変数とこれまでの木による予測値の差に対して学習が行われる。予測値は各木で属する葉のウェイトの和をとって計算される。これは、教員に置き換えると学習者の文章に明示的に指定した特徴量で捉えているかを判断することに相当する。

4.2 BERT⁽²⁾

BERTとは、2018年にGoogleの論文で発表された自然言語処理モデルである。学習できるのは文章データのみであり、従来の自然言語処理モデルのWord2Vecとは異なり、文を双方向に学習する。そのため、BERTは文脈を理解することができる。これは、教員に置き換えると学習者の文章を総合的に捉えて判断することに相当する。

4.3 shap⁽³⁾

shapとは、SHapley Additive exPlanationsの略であり、協力ゲーム理論のシャープレイ値を機械学習に応用したものである。ある特徴を抜いたとき、他の特徴との組み合わせを考慮した上でその特徴がどれほど推論精度に影響を与えるかを見ることができる。

4.4 RandomForest

RandomForestとは、複数の決定木を用いて予測モ

デルを生成する機械学習手法であり、XGBoost とは異なり、前の木の結果を考慮しないため入力した特徴がそのまま結果に影響を与える。そのため特徴を抜いたときの影響が分かりやすく、ジニ不純度から、ある特徴で分割することでどれくらいジニ不純度を下げられるかを求めることができる。

5. 結果

XGBoost と BERT のモデルの精度を表 1 に示す。精度は 3 段階のスコアから全てのスコア、1 のスコアを除いたもの、2 のスコアを除いたもの、3 のスコアを除いたものを示している。

表 1 モデルの推論精度の一覧

	1, 2, 3	2, 3	1, 3	1, 2
XGBoost	61%	63%	86%	79%
BERT	64%	70%	86%	78%

表 1 より、BERT モデルの精度が 3%高くなっている。そのため、ここから得られる数値的な指標を特徴量と定義し、BERT の推論結果を加える。また、実際にどのような特徴が有効であるか見るため、shap を用いて各特徴の影響度を見たものを図 3 に示し、RandomForest を用いて各特徴の強さを見たものを図 4 に示す。

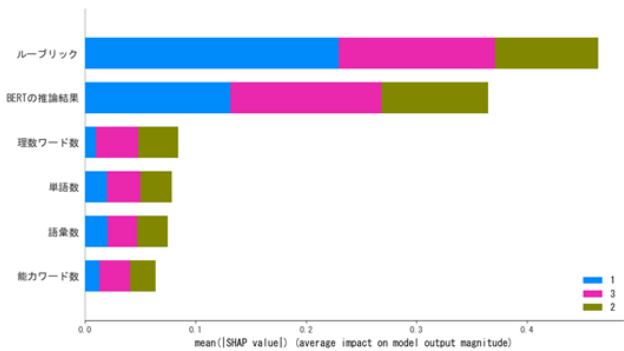


図 3 shap の各特徴の影響度

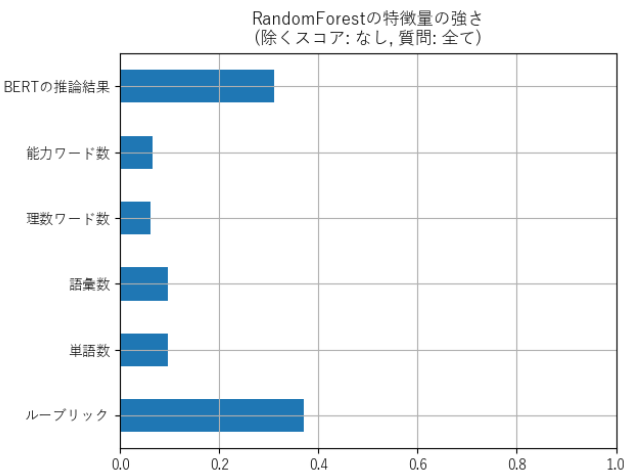


図 4randomforest の各特徴の強さ

図 3、図 4 より、BERT の推論結果とルーブリックを除いた時精度が大きく下がったことがわかる。よって BERT の推論結果とルーブリックを入力したものを本研究の機械学習モデリングとし、XGBoost モデルの推論精度の比較を表 2 に示す。本学の授業の振り返りのアンケートで同様に検証した結果を表 3 に示す。

表 2 XGBoost モデルの推論の精度の比較

	1, 2, 3	2, 3	1, 3	1, 2
特徴分析前	61%	63%	86%	79%
特徴分析後	72%	75%	93%	83%

表 3 授業の振り返りアンケートにおける精度

	1, 2, 3	2, 3	1, 3	1, 2
XGBoost	59%	64%	81%	75%

6. 考察

表 1 より、BERT モデルの精度が 3%高くなっていることから教員は文脈を考慮して判断していると考えられる。図 3、図 4 より、教員は、明示的に評価しているはずなので、BERT の推論結果、ルーブリック、特徴と予想した要素を入力して評価すると、BERT の推論結果とルーブリックを組み込むのが最も効果があり、他はあまり効果がないといえる。表 2 より、XGBoost モデルの精度は 72%であったため、教員の暗黙知を 7 割程度の精度で定量的に把握できることが示された。表 3 より、XGBoost モデルの精度は 59%であったため、問いかけ方に関わらず、分類できる可能性が示唆された。

参 考 文 献

- (1) Tianqi Chen, Carlos Guestrin. “XGBoost: A Scalable Tree Boosting System”. cornell university. [1603.02754.pdf \(arxiv.org\)](#). (accessed 2022-02-07)
- (2) Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, Kristina Toutanova. “BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding”. cornell university. [1810.04805.pdf \(arxiv.org\)](#). (accessed 2022-02-07)
- (3) Scott Lundberg, Su-In Lee. “A Unified Approach to Interpreting Model Predictions”. [1705.07874.pdf \(arxiv.org\)](#). (accessed 2022-6-16)