

も く じ

■開催日時：2022年11月4日（金）5日（土）

■テーマ：スキル開発とその支援技術／一般

1) 視線と教材視聴の関係に着目したオンライン学習環境の設計-----	1
○竹内寛典(徳島大学)，賀蓄(徳島大学)，松浦健二(徳島大学)	
2) プレゼンテーション課題の改善プロセスにおけるメタ認知活動-----	5
○丹羽量久(長崎大学)	
3) 適応的エンゲージメント促進支援ロボットの開発と評価-----	11
Bowei Yao(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)， 柏原昭博(電気通信大学)，卯木輝彦(関西外国語大学)，○長谷川忍(北陸先端科学技術大学院大学)	
4) 機械学習を用いたプリンターインクヘッド交換時期の予測-----	18
○中村伊吹(公立諏訪東京理科大学大学院)，増田武史(公立諏訪東京理科大学大学院)， 左座祐之助(公立諏訪東京理科大学大学院)，広瀬啓雄(公立諏訪東京理科大学大学院)	
5) 「ものグラミング」手法のプログラミング教育への応用-----	25
○大野浩之(金沢大学)，松浦智之(ユニバーサルシェルプログラミング研究所)，森祥寛(金沢大学)	
6) 没入型 VR を利用した大量調理シミュレータの開発-----	33
○中山洋(東京電機大学)，堀端薫(女子栄養大学)	
7) 脳波・小テスト・アンケートを用いた少人数授業における集中度と理解度の変移-----	36
○塩尻(斎藤)亜希(東京国際工科専門職大学)，上條浩一(東京国際工科専門職大学)， 鈴木圭(芝浦工業大学)，大関和夫(東京国際工科専門職大学)，鈴木雅実(東京国際工科専門職大学)， 菅谷みどり(芝浦工業大学)	
8) 大学院のない大学での卒業論文の指導・支援方法に関する論考-----	43
○酒井浩二(京都光華女子大学)，阿部一晴(京都光華女子大学)	
9) ReBaLe における発想支援システムの開発-----	51
○江口文耀(大阪工業大学大学院)，井上明(大阪工業大学)	

10) ノベルゲームを用いた語学学習環境の開発と効果の検証-----	55
○永井都月(東京電機大学), ヨークジェームズ(明治大学), 中山洋(東京電機大学)	
11) オンライン上でのロボットプログラミングの協調学習を促進するエージェントシステムの研究-----	62
○多田遥香(筑波大学), 田中文英(筑波大学)	
12) インタラクティブロボット講義における注意・理解リカバリとその評価-----	70
○島崎俊介(電気通信大学大学院), 柏原昭博(電気通信大学大学院)	
13) 発達障害児童の「教える」勉強法による学習効果の研究-----	78
○丸井一輝(大阪府立大学大学院), 真嶋由貴恵(大阪公立大学), 榊田聖子(大阪公立大学)	
14) 保育者の危険察知意識と危険防止スキルに関する一考察	
ー水遊び場面の動画を活用したシステムの運用を通じてー-----	83
○大沢裕(松蔭大学), 立野貴之(玉川大学), 野末晃秀(松蔭大学)	
15) 潜在保育士の就職に向けたシステムの提案ーマッチングシステムへの教育機能追加ー-----	89
崎山琴音(大阪府立大学大学院), 井上菖(大阪府立大学大学院), ○高木優斗(大阪公立大学大学院), 三上滉史(大阪公立大学大学院), 真嶋由貴恵(大阪公立大学大学院), 榊田聖子(大阪公立大学大学院)	
16) 安全運転講習における意識・認知の向上支援-----	97
○松浦健二(徳島大学), 竹内寛典(徳島大学), 柏原昭博(電気通信大学), 山崎健一(三菱プレジジョン), 栗田弦太(三菱プレジジョン)	

視線と教材視聴の関係に着目したオンライン学習環境の設計

竹内寛典^{*1}, 賀薔^{*1}, 松浦健二^{*1}

^{*1} 徳島大学

Design an online learning environment focusing on the relationship between eye gaze and learning materials

Hironori Takeuchi^{*1}, He Lei^{*1}, Kenji Matsuura^{*1}

^{*1} Tokushima University

Online synchronous classes are increasing in universities along with the outbreak of COVID-19. Since the online classes are not in-person condition, it is difficult for a teacher to monitor the learners. In the field of distance education, the need to support learner's concentration has been identified. More effective methods adapted to online classes in universities should be discussed. In this paper, we focus on the teacher's and learners' attention to the material in online real-time classes. We then design a system that provides feedback on the differences in learners' gaze to improve the followability of learners.

キーワード: Microsoft Teams, オンライン授業, 注意力向上, 視線検出, ページ遷移

1. はじめに

COVID-19 が世界的に普及して以来, 大学ではオンライン授業が浸透している. 文部科学省の報告⁽¹⁾によると, 国立大学 86 校のうち 90% がオンライン授業を実施している. 感染症対策としてのシフトの側面が強かったものの, 場所と時間に縛られない非対面方式の利点は大きく, 今後も継続的な実施が想定される. 環境整備の面では, 文部科学省が「一人一端末」を全国で実現する教育改革プラン「GIGA スクール」を提唱し, 教育機関での端末配備が行われている⁽²⁾. 非対面方式の普及と相まって, 教育現場におけるオンラインの学習環境は整備されつつある.

一方で, 非対面教育の質の低下が課題となっている. その中でも学習者の学習意欲・メンタルケアが課題とされている⁽¹⁾. 従来の対面授業は, 授業内容の伝達のみならず教師の細かな仕草, 学習者を取り巻く教室環境など様々な要素が内在する. これらは学習者の意欲や注意力に影響を与えることが明らかとなっている⁽³⁾. 遠隔教育の分野では, はやくから学習者の注意力を支援する必要性が示されており, 効果的な方法に

についての議論がなされている⁽³⁾⁽⁴⁾. より効果的な方法を模索するとともに, 一般化されたオンライン学習環境への転用を考慮した検討が望まれる.

このような背景から, 本研究ではオンライン授業における学習者の集中力支援を目指し, 学習支援システムでの注視支援を検討する.

2. 先行研究

遠隔地の学習者を支援するためには, 学習者の状態を客観的に評価する指標が必要である. これは, 様々な分野で研究が行われている. 例えば, 脳波を測定する方法がある. 梅澤ら⁽⁵⁾は, 脳波の α 波と β 波の値を評価することで, 学習者の脳活動の程度を測定できると述べている. また, 難易度の異なる教材を学習者に与えた場合に β/α 値により学習者の主観的な難易度のある程度評価可能であることを示している. これら脳波を利用する手法は, 学習者の集中力を測る目的においても有効であるが, 特殊な機器を装着する必要があるため, 一般的なオンライン授業で利用することは難しい.

汎用性を考えるならば、学習者の視覚情報を測定する方法がある。Wang & Antonenko⁽⁴⁾ は、e ラーニングにおける映像中の教師の存在が、学習者の視覚的注意の分布にどのような影響を与えるかを調査している。また、ビデオコンテンツの中で、教員の振る舞いが学習者に良い影響を与えることを明らかにしている。Sharma ら⁽⁵⁾ は、学習者の視線行動を分析し、学習者が教師に追従出来ているか (with-me-ness) の指標で評価している。また、一定以上追従出来ていない場合、学習者に視覚的なオブジェクトを提示することで、学習者の注意力が向上することを示している。これらは MOOC (Massive Open Online Courses) 等、オンデマンド型のビデオ視聴の文脈にて説明されているが、同期型のオンライン講義においても検証する余地がある。

生体情報から目を移せば、システムの学習履歴データを活用する方法がある。中野ら⁽⁶⁾ は、教材ページの変更履歴と、講師や授業時間、説明時間との関係性を分析している。また、それらに一定の相関を確認したと述べている。学習履歴データの分析は、将来的な教員および学習者へのフィードバックも行われているが、学習者の注意力や集中力に言及した研究はほとんど見られない。

以上の議論から、本稿では同期型オンライン授業を対象として、視線およびページ遷移情報を活用した学習者の集中力支援システムを提案する。学習者の集中力指標として教員への追従度を用い、視線およびページ遷移情報を学習者へとフィードバックすることで、追従度向上を図る。本稿では、提案システムの設計と構想を述べる。

3. 手法

提案システムは、オンライン授業で使用される会議ツール「Microsoft Teams PowerPointLive」を用いた同期型オンライン授業を前提とする。Microsoft Teams PowerPointLive の特徴として、教員と学生で共有している教材のページを学生が独立して変更できることが挙げられる。対面授業における教科書のように、学生は教材の見たいページを自由に選択することができる。オンライン授業中のカメラから視線情報

を収集するとともに Microsoft Teams のウィンドウ領域を画像認識してページ変更履歴を収集する。

3.1 開発環境

提案システムは、標準的なオンライン授業環境を想定する。実装は Python (Ver 3.6.8) で行い、汎用的な Windows PC 向けに提供する。別途 Microsoft Teams 等 Microsoft 365 ソフトウェア、Web カメラまたはインカメラが必要となる。

3.2 視線データの収集方法

アイトラッキングには Tobii⁽⁷⁾ などの専用デバイスを用いることが多い。専用デバイスは一般的に高い検出精度が保証されているなど、様々な利点がある。しかし、オンライン授業にて利用するには、別途機器購入が必要となるため、提案システムに適さない。そこで、提案システムは、汎用性を重視して Web カメラ (または内蔵インカメラ) を活用し、視線検出のフレームワークである GazeMap⁽⁸⁾ を利用してデータ収集を行う。GazeMap は、ニューラルネットを搭載したアイトラッキング情報収集のためのフレームワークであり、視線方向の推定や眼球・虹彩・瞳孔の中心を抽象的な図形として表現することが出来る。今回は、その中の一機能である座標推定機能を利用して、注視点座標の推定を行った (図 1)。

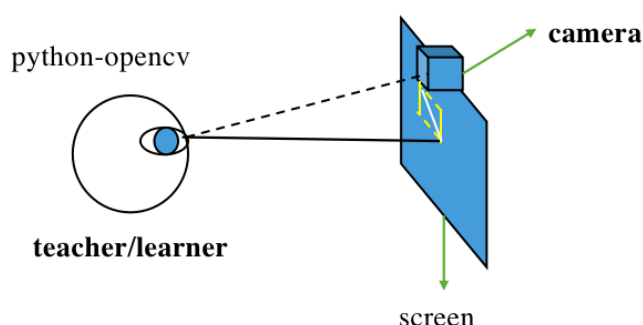


図 1 視線データの収集イメージ

また、一般的なオンライン授業を想定して、教師、学習者、画面間の距離が不定となることを考慮した独自の改良を加えた⁽⁹⁾。スクリーン上に投影された顔幅比からスクリーンまでの距離を推定し、注視点の算出を行っている。画面上の顔幅を W_i と定義し、顔幅の最小値を $W_1 = 45$ 、最大値を $W_2 = 70$ とする。学習者と

画面との距離を d_i とし、顔幅が W_1 のとき d_1 , W_2 のとき d_2 とすると W_i の算出式は次のようになる。

$$W_i = \left(\frac{W_1 - W_2}{d_1 - d_2} \right) (d_i - d_1) + W_1$$

使用中スクリーンの解像度を $(a \times b)$ とした場合、次式で注視点の座標 (X, Y) を得る。

$$X = d_i \times \tan(\text{yaw}) + \frac{a}{2}$$

$$Y = d_i \times \tan(\text{pitch}) + \frac{b}{2}$$

3.3 ページ変更履歴データの収集方法

オンライン講義中のページ変更は、画像認識技術で検出を行う。画面に表示された教材のページ番号領域を画像化し、Python の画像認識ライブラリ Easy OCR を用いて数値変換する。領域検出時には、画面解像度「Microsoft Teams PowerPointLive」の発表者（教員）と参加者（学生）のウィンドウ差異を考慮しなければならない。本設計では、画面解像度を 1920×1080 と想定し、発表者（教員）の抽出領域を $[1156 - 1230, 733 - 786]$ 、参加者（学生）の抽出領域を $[1480 - 1556, 850 - 910]$ として、データ収集環境を構築した。

3.4 学習者へのフィードバック方法

提案システムの目的は、データ収集ではなく、学習者に教員に追従できていないことを自覚させること、すなわち、差異の可視化と学習者へのフィードバックにある。取得したデータのフィードバック方法を以下に述べる。

(1) 視線遷移のフィードバック

教員と学習者の視線推移の差異を、学習時の教材上に描画し、教材ページ毎に GIF アニメーションファイルとして出力する。学習者は講義中の教員視線に対する遅れを、教材ページ毎にアニメーションにて認識することができる(図 2)。

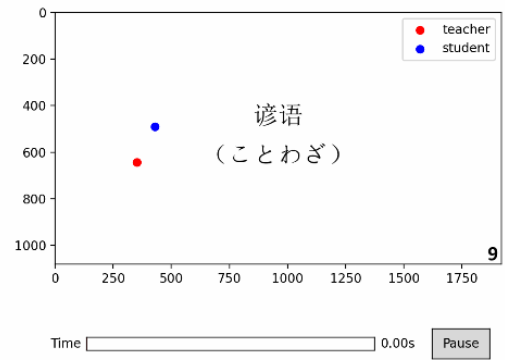


図 2 視線フィードバック

(2) ページ遷移のフィードバック

教員と学習者の視線ページ遷移の差異を、グラフ描画して png 画像として出力する。授業終了後に一枚の画像として学習者に配布され、学習者は講義中の自身のページ変更履歴および教員との差異を認識することができる(図 3)。

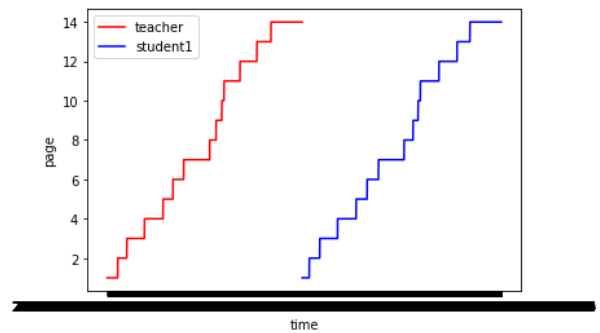


図 3 ページ遷移フィードバック

(3) 学習者のページ遷移モデル

視線遷移のフィードバックは、教員の注視点のある種の教師データとして扱い、その追従度合いから学習者の状態をある程度測ることができる。一方で、ページ遷移のフィードバックについては、必ずしも教員のページ遷移が正しいとは限らない。例えば、学習者は自主学習のために教員より先行して先のページを確認する場合がある。その場合、ページ遷移には差異が発生しているが教員のページ遷移に追従する必要はないといえる。提案システムの目的は、教員に対する追従性向上であるが、その本質は集中力低下に対する支援である。自主学習のように学習に集中している状態は、教員との差異があったとしても支援を必要としない(図 4)。そこで、教員を基準としてページ遷移差異の発生パターンを細分化し、学習者モデルとして「先行視聴」「同期視聴」「若干遅れ」「複数連続遅れ」「反復的遅れ

(短)」「反復的遅れ(長)」「初期遅れ」の7つを定義した⁽¹⁰⁾。これらの支援対象となるモデルに対してのみページ遷移のフィードバックを行う(図5)。

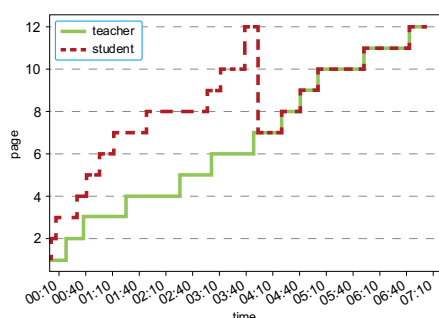


図4 支援が不要なモデル(例: 先行視聴)

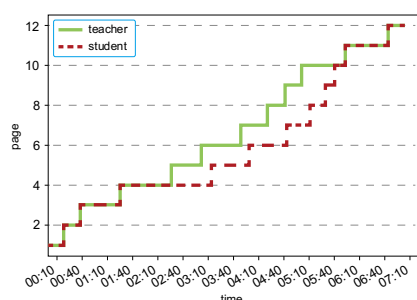


図5 支援が必要なモデル(例: 若干遅れ)

4. おわりに

オンライン授業における学習者の集中力低下を背景として、学習者個々の集中力を支援するための学習環境設計と構想について述べた。今後は、これらシステムを用いて実験を行い、効果測定および結果を元としたシステム改善を行う予定である。

謝辞

本研究は、科研費 JP18K11572 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) 文部科学省 (2020) “コロナ対応の現状、課題、今後の方向性について”，今後の国立大学法人等施設の整備充実に関する調査研究協力者会議 (第5回)
https://www.mext.go.jp/content/20200924-mxt_keikaku-000010097_3.pdf
(last accessed 2022.09.20)
- (2) 文部科学省 (2020) “「GIGA スクール構想の実現」に関

する補助事業の概要について”，学校 ICT 活用フォーラム

https://www.mext.go.jp/content/20200219-mxt_syoto01-000003278_505.pdf

(last accessed 2022.09.20)

- (3) Wang, J., & Antonenko, P. D. (2017). “Instructor presence in instructional video: effects on visual attention, recall, and perceived learning.” *Computers in Human Behavior*, 71, 79-89.
- (4) Sharma, K., Alavi, H. S., Jermann, P., & Dillenbourg, P. (2016). “A gaze-based learning analytics model: in-video visual feedback to improve learner’s attention in MOOCs”, *In Proceedings of the Sixth International Conference on Learning Analytics & Knowledge* (pp.417-421). Edinburgh, Scotland: ACM
- (5) 梅澤 克之, 石田 崇, 齋藤 友彦, 中澤 真, 平澤 茂一 (2016). “簡易脳波計測を用いた学習者にとっての課題難易度の判定方法”，情報処理学会研究報告 研究報告コンピュータと教育 (CE) 2016-CE-137(4) 1-6 2016 年 11 月
- (6) 中野 裕司, 古川 雅子, 大渡 拓朗, 久保田 真一郎, 杉谷 賢一, 島田 敬士 (2018). “授業中の学習者のページ遷移のレーベンシュタイン距離による分析の試み”，情報処理学会研究報告 教育学習支援情報システム (CLE) 2018-CLE-26(4) 1-6, 2018 年 12 月
- (7) Tobii Pro ナノ製品
<https://www.tobiiipro.com/ja/product-listing/tobii-pro-nano/> (last accessed 2022.09.20)
- (8) Park, S., Spurr, A., Hilliges, Otmar. (2018) “Deep Pictorial Gaze Estimation”, *Proc. ECCV in LNCS*, Vol. 11217, pp. 741-757
- (9) 賀 蕾, 松浦 健二 (2021) “学習者の注視行動に着目した授業内容の追従性検討”，電気・電子・情報関係学会 四国支部連合大会
- (10) 賀 蕾, 松浦 健二 (2022) “遠隔授業・ゼミにおける視線分析に関する一検討”，情報処理学会研究報告 第 84 回全国大会

プレゼンテーション課題の改善プロセスにおけるメタ認知活動

丹羽量久
長崎大学

Metacognitive Activities in Improvement Process of Presentation Slides

Kazuhisa Niwa
Nagasaki University

In an information-related liberal arts course, students themselves summarized their learning results in slides, incorporated voices from their oral presentations. These slide materials were shared within the class using communication tools on the cloud. The students evaluated other students' slide materials using rubrics and suggested improvements. In the students' reports concerning for improving their slides for a total of three presentations (preliminary presentation, interim presentation, and final presentation), it was found many behaviors using metacognition, such as planning, comprehension monitoring, debugging strategies. In this paper, these improvement behaviors are considered from the perspective of metacognition.

キーワード: プレゼンテーション課題, 学習成果物のクラス内共有, 学生間相互評価, メタ認知

1. はじめに

プレゼンテーションソフトを利用して学習内容や主張をスライドにまとめ、教室内で口頭発表させる授業が数多く開講されている。発表形式としては、数名からなるグループの成果を代表者一人あるいはメンバーが交代で発表する形式、一人一人が自分の成果を個別に発表する形式等、さまざまなパターンがある。教養教育や専門教育の区別なく、各科目の授業設計に応じて発表形式が選択される。

一方、新型コロナウイルスの感染拡大を防止するため、2020年春から数多くの授業が対面からオンラインに切り替えられた。上述の口頭発表については、Web会議システム上の仮想教室内でスライド映像と発表音声を配信する形式による実施、学習成果をまとめたレポートへの代替等の対応例が数多くある。

著者の担当科目では、2019年度まではグループ内での学生個別の調べ学習の成果をグループとしてまとめて口頭発表させていた。2020年度は授業オンライン化の対応をきっかけとして、発表形式を個人別に変更し、

さらにスライド資料のノート部分に発表概要を入力する代わりに、発表音声を組み込むようにした。全員のスライド資料をコミュニケーションツール上でクラス内共有することにより、各学生の発表をオンデマンドで視聴できるようになり、口頭発表の場所と時間の制約が大幅に緩和された。すなわち、授業中に生じる可能性が高い学生間進捗差や授業時間外の学習活動等に柔軟に対応できる。また、学生間で相互評価する取り組みにおいては、プレゼンテーションの個人別評価が実現できたので、評価基準にルーブリックを導入して、各発表の改善点を評価指標ごとにきめ細かく助言できるようにした。2021年度は、2020年度開講時の実績をもとに時間配分を改善した。

この2021年度開講科目において、学習成果物のスライド資料の改善行動を報告させたところ、多くの学生がメタ認知を働かせて繰り返し改善に取り組んでいることがわかった⁽¹⁾。本研究では、こうした改善行動について、メタ認知⁽²⁾の観点から考察する。

2. 当該授業の概要

本研究の対象科目「情報化の役割と課題」は長崎大学の教養教育カリキュラムのモジュール科目に属している。日々の暮らしで身近にある「情報」に関わるテーマについて取り上げて、社会で実際に運用されている情報システムが、どのような役割を担っているのか、またどのような課題を持っているのか、について考えさせる授業を実施している。

2021 年度は新カリキュラムへの移行期にあたり、4Q 火曜日午前(1 年生 57 名受講)と 4Q 木曜日午後(2 年生 25 名受講)に計 2 クラス開講した。両クラスの授業内容は同じであり、本研究では両受講者を区別せずに扱う。

同じ学習テーマを希望した 2～3 名で少人数グループを構成し、グループ内で協力しながら各自が個別の調べ学習に取り組む。各回の授業で取り組ませる課題を配置したワークシートを用意して、授業時間内外でスムーズに調べ学習に取り組めるようにした。なお、学習の対象や範囲、学習の進め方、時間配分等については、できるだけ学習者に委ねるようにした。

最終回授業では、アンケート形式で「授業全般の振り返り」に取り組ませた。設問構成は、選択式と自由記述式を組み合わせた 46 設問からなる。自由記述式設問として「自分の学習に役立ったこと」や「学習に取り組む姿勢に最も影響があったこと」を設けて、授業改善に繋がる情報の具体的な把握を試みている。また、「スライド資料の改善行動」についても自由記述文で報告させた。

本研究で取り上げているプレゼンテーション課題とは、中間発表と最終発表に向けて、ワークシート上の学習成果をスライド資料にまとめる課題、そして、各発表においてプレゼンテーションの評価指標のルーブリックを用いて学生間で相互評価する課題を指している。詳細については後述する。

3. プレゼンテーション課題

3.1 学習テーマの概要

表 1 に学習テーマを示す。NHK エducational制作の番組「IT ホワイトボックスⅡ」と「IT ホワイトボックス(第 3 シリーズ)」の応用編(DVD)^③に収録さ

れている番組から 8 番組を選び、それらのタイトルを学習テーマとして設定した。各番組では、表 1 の下段に示す 3 つのキーワードが設定されて、それぞれに 20 分程度のチャプターが割り当てられている。これら 8 番組の放映時期は 2010 年 5 月～2011 年 9 月と、少し古い情報を扱っている印象を与える。しかしながら、各番組ではタレントが素人目線で投げかけた疑問に IT 系の著名な学識者が解説していく構成に組まれているため、調べ学習の前提知識としては、基本的な技術・考え方を知る上で十分と考えている。

表 1 学習テーマとキーワード

Gr.	学習テーマ／キーワード
A	災害発生!その時 IT は何ができるのか?
	パーソンファインダー, ディザスターリカバリー, マッチングギフト
B	IT で“学び”が変わる!?
	電子黒板, e ラーニング, オープンエデュケーション
C	より速くより便利に ネットショッピング最新事情
	フリーロケーション, ソーシャルコマース, ジオメディア
D	コンビニに“必ず欲しいものがある”理由とは
	POS システム, マルチメディアキオスク, データマイニング
E	1 クリックの値段とは? ネット広告の秘密
	検索連動型広告, 位置連動型広告, フリーミアム
F	IT が導く“みんなの医療”
	電子カルテ, コンティニュー, 集合知(医療)
G	AR 拡張現実って知ってる?
	AR, GPS, UGM
H	世界を席捲する! 巨大 SNS の衝撃
	実名 SNS, いいね! ボタン, ターゲット広告

3.2 調べ学習

各グループでは、その学習テーマに設定された三つのキーワードのうち、一人一つを「担当キーワード」として分担し、ワークシートにしたがって個別に調べ学習に取り組む。よい成果が得られるように、調査結果を整理した後に、グループ内での情報共有と質疑応答の時間を設けている。説明者が十分に理解できていない可能性があるため、聞き手は疑問を抱いたことを

きちんと質問するように指示している。こうすることで説明者が不十分な説明であったこと、わかりにくかったことに気づくことができる。そして、両者の理解の深化に繋がる。さらに、聞き手が詳しく知っていることがあれば積極的に助言するように指示している。

担当キーワードの調査中に興味がわいたり、疑問を抱いたりした事柄を「連想キーワード」として自ら設定する。すなわち、中間発表で取り上げる担当キーワードはあらかじめ用意されたトピックであるが、最終発表の対象となる連想キーワードは学生が主体的に設定したトピックになる。

担当キーワードが中間発表の対象となり、連想キーワードが最終発表の対象となる。

3.3 参考図書の選定

調べ学習に必要な参考図書を学生自身に選ばせるため、附属図書館の協力を得て、自分の担当キーワードに関するパスファインダーを作成して、文献（図書・雑誌・記事等）を見つける課題を組み込んでいる⁽⁴⁾。調査対象の文献を自ら探す必要があるため、期待通りの姿勢で全員が取り組んでいることを感じ取れる。

調査対象の図書が開架に配置してあるときは、その近くに配置してある図書も手に取って内容を確認するように指示している。自分が想像していることに、より近い情報が掲載された図書が見つかる可能性を示唆している。

3.4 スライド資料とクラス内共有

プレゼンテーションの設計手順とその評価指標のルーブリック（4：優～1：不可）を説明した後に、調べ学習の成果をスライド資料にまとめさせる。そして、各スライドには発表音声を収録させる。音声を組み込む利点として、スライド一枚単位で収録可能なので容易にやり直しできる、ストレスを自ら制御できる環境で擬似本番に臨める等をあげることができる。

ここでの学習成果物は二つあり、音声を組み込んだ PowerPoint 形式ファイルとそのスライドショーをビデオ変換した mp4 形式ファイルである。これらをコミュニケーションツール Microsoft Teams に投稿して、クラス内で共有する。こうすることで、いつでも自由に他の学生の発表を視聴できる。

「授業全般の振り返り」の「学習に取り組む姿勢に最も影響があったこと」には、他者のスライド資料と自分のものと比較することにより、刺激を受けたり、もっと創意工夫しようと思ったり、と改善を促進されたことが数多く報告されていた。

3.5 学生間の相互評価

発表機会を 3 回（予行演習、中間発表、最終発表）設けて、それぞれにおいて発表音声を収録したスライド資料を学生間で相互評価するプロセスを課題として組み込んでいる。評価の際は、プレゼンテーションの評価指標のルーブリックに基づいて評点をつけ、改善を目的とした助言をコメントさせる。

予行演習は、Web 会議システムのブレイクアウトルームを利用してグループごとに実施した。発表者は PowerPoint による音声付きスライドショーまたは収録した mp4 ビデオを再生し、画面共有にて映像と音声を配信する。視聴者は視聴した上で、プレゼンテーションの評価指標の観点から問題点を指摘したり、気づいたことを助言したりする。

中間発表では、全員が視聴者として課題に取り組む。共有しているファイルを自 PC にダウンロードして視聴する。被評価者が偏らないように、各学生には他テーマの発表 4～6 件を被評価者に指定するとともに、興味をもった発表を別途に数件選択させる。被評価者に対するルーブリックの評点を、被評価者の学生番号とともに LMS に提出させる。自己評価の評点も提出させる。一方、各プレゼンテーションを視聴して気づいたこと、優れたと思ったこと、疑問に思ったことをコミュニケーションツール上で各[投稿]に[返信]する形でフィードバックさせる。

最終発表では、中間発表とは異なる被評価者に対して、同様に評価させる。ただし、フィードバックするのは、興味を抱いたこととしている。

「授業全般の振り返り」の「学習に取り組む姿勢に最も影響があったこと」には、他者に評価されたことにより自分と違う視点からの意見・改善点が得られた、他者を評価したことで新たな視点に気づけた、という学生間相互評価を肯定する記述が多くあった。

3.6 ルーブリックの評点の可視化

次の発表に備えて、より多くの改善点に気づかせるために、学生間相互評価の評点をルーブリックの評価指標ごとに可視化する Excel ファイルを利用する。この Excel ファイルには、すべての発表に対する(a)自己評点、(b)当該学生の発表に対する評点の平均値、および(c)クラス内全発表の評点の平均値のデータを集約してある。なお、(b)と(c)については、その算出根拠を隠すために関連情報を含めていない。Excel ファイルには、学生番号を入力すると、(a)～(c)の三つ評価情報が重ねてレーダーチャートに描画され、各評価情報を視覚的に比較できるように設定してある。図 1 にレーダーチャートの一例を示す。他の学生の状況も確認することができるので、自分が視聴した発表がクラス内でどのように評価されたのかも確認できる。

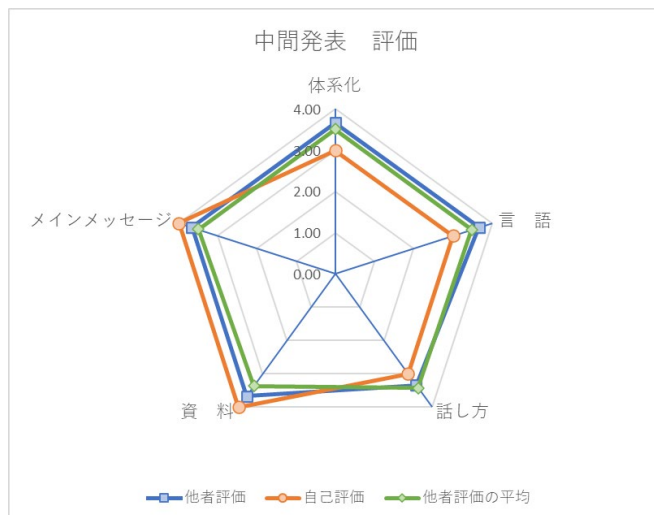


図 1 プレゼンテーションの三つの評価情報

4. 改善行動におけるメタ認知活動

4.1 改善行動を報告させる設問

「授業全般の振り返り」では、学習成果物であるスライド資料の改善行動とそうした意図を報告させた。用いた設問文は以下の通りである。

スライドに音声を組み込む成果発表形式には、満足できるまで発表をやり直す機会があるとみなせます。中間発表や最終発表の準備において、スライドの作り直し、録音し直し等、取り組んだこととその量を具体的に教えてください。また、なぜそのような行動を取ったのか、理由も書いてください。

4.2 メタ認知の観点からの分析

学生が報告したスライド資料の改善行動について、文献(1)で定義されている「メタ認知の分類」と「課題遂行の各段階におけるメタ認知的活動」の観点からメタ認知活動について分析する。以下、4名の報告文を取り上げて、(1)目にはその原文を示し、(2)目では(1)目の下線部ごとに注目して分析する。

4.2.1 学生 A

(1) 報告文

スライドは作り始めるまでが長くなりそうだと危惧していましたが、①個人ではなくグループで活動していることで「〇日まで」と双方に確認をしながら計画的に作成することができました。スライドの作り直しについては、②引用したグラフの気づきを口頭だけでなくスライド内に追加で記載したり、連想キーワードのスライドを作成後、メインのキーワード分のスライドとまとめるために一部訂正を行ったりなどしました。音声については③ビデオに組み込む手法をとったことで緊張せずそれぞれの本来の力が出せたと思いますし、後から客観的に自分の発表を見直すこともできました。④少し活舌が甘かったり言い間違いが激しいところはもちろん、「ここは問いかけをしよう」「もっとわかりやすく言い換えよう」などあとから出てきた課題点も的確に改善することができたので良かったです。全体的にスライドは最初の作成量と熱量が功を奏して訂正は少なめな印象ですが、音声は割とこだわってそれなりの時間がかかりました。

(2) 分析結果

下線①では、スライド資料の作成前から作成に至る段階（事前段階と遂行段階）において、グループ活動が計画的な学習活動を促進している。締切日を決めて（目標設定）、協力し合って進捗状況を確認し（課題達成の予想と実際のズレを感知）、一緒に課題を遂行したことがうかがえる。

下線②では、グラフを口頭で説明する際、グラフ上の情報が不足していると判断し（課題達成の予想と実際のズレを感知）、視聴者がより理解しやすいように視覚情報として追記したことがわかる。新しい方略として「視聴者が確実に理解できるように、口頭での説明に加え、視覚的にも情報を提供する」という知識を得たことになる。

下線③では、自分は発表の際に緊張してしまう（個人内の認知特性の知識）が、スライド資料に音声を組み込むことは発表の擬似本番となることに安心したようだ。また、下線④と合わせて、収録した映像・音声をチェックした（課題の達成度を評価）と考えられる。

下線④では、まず、「活舌の良否や言い間違い」と容易に発見できる改善点を正している。さらに、視聴者を引き込み、よりわかりやすいプレゼンテーションに改善するために（事前段階における課題達成の可能性を予測）、新たな問いかけの追加、わかりやすく言い換える、と別の方略を再選択したことがわかる。

4.2.2 学生 B

(1) 報告文

①私は話すことがあまり得意ではないので、録音する際にも一つのスライドに対して 3, 4 回取り直しました。対面の発表とは違い、一発で決める必要がないため、自分が納得いくまでやり直すことが出来ました。また、全て取り終わった後に、全体を通して聞いてみて繋がりがおかしかった場合には、また取り直しました。中間発表の前の練習の際には、②スライドも発表する時間も少なかったため、中間発表の際にスライド数も増やし、発表時間も増やしました。発表時間を増やせたことは良かったのですが、一つのスライドの文字数に対しての発表時間が長かったため、クラスの人に指摘されました。（③スライドに書いていることをそのまま読むのは良くないと思い、スライドには本来に必要なことを簡潔に書き、発表で細かく説明を行う方法を取ってしまいました。）④その意見を聞き、最終発表では、スライド数を増やし、1 枚のスライドに対しての発表時間が長くなりすぎないように気を付けました。

(2) 分析結果

下線①では、自分は話すことが不得意（個人内の認知特性の知識）であることを踏まえて、事前に作業工程を検討した（課題の困難度を評価）上で、納得するまで収録を繰り返した（課題達成の予想と実際のズレを感知）と考えられる。収録後（事後段階）は「繋がりに満足できず（課題の達成度を評価）、再収録にて対処していることがわかる。

下線②では、予行演習の発表時間が短かった（課題の達成度を評価）ため、スライドを増やして時間を延

長させた（問題解決の方略の知識）。

下線③では、各スライドの作成方針として、簡潔な記述に留めている（方略についての知識）。

下線④では、指摘を踏まえて（失敗の原因分析）、文字数とナレーション時間の長さの関係（方略についての知識）を修正し、この方針を守りながら（時間配分の計画）、スライド枚数を調整したことがわかる。

4.2.3 学生 C

(1) 報告文

①中間発表の準備においては、いったんスライドを作ってから少し時間をおいて見直しをしました。情報の洩れや分かりにくい部分を見つけやすいと考えたからです。録音に関しては、②スライドにはない言葉を補充して説明をより分かりやすくしたり、主にイラストのみのスライドでは流れを重視しながらどのような話の流れにしたら伝わるかを工夫したりしました。そうすることで、聞き手により理解されやすいプレゼンになると考えました。それぞれで 2 日ほど費やしました。最終発表はベースができていた状態だったので、連想キーワードに関して付け加える作業は中間発表に比べてスムーズにできました。ただ、③話の流れが急に変わってしまったら不自然だと考えたので、連想キーワードの話に移る部分は少し時間をかけて作成しました。全体の準備時間は、調べ学習も含めると 3 日ほどでした。

(2) 分析結果

下線①では、推敲にはリフレッシュが効果的であること（方略についての知識）を適切な場面で活用している（方略の選択）。

下線②では、聞き手の立場になって、発表が理解しやすくなるように（課題達成の可能性を予測）、文字情報を口頭説明で補ったり、イラストを説明する流れを選んだりしている（方略の選択）。

下線③では、既に完成しているスライド資料に別のトピック情報を追加する際、繋がりに注意する（目標設定）という計画を立て、話の流れに違和感がないか（課題達成の予想と実際のズレを感知）を指標として改善に取り組んでいることがわかる。

4.2.4 学生 D

(1) 報告文

スライドの作り直しについては、①録音する際にス

ライドをまたがって話してしまうと撮り直しが難しいとわかり、1枚のスライドで話を完結させるようにした。②録音している際に雑音が入ったり、うまくスライドが動かなかったりして録音し直した。また、中間発表なら12分、最終発表なら15分と時間が決められていましたが、一回の録音だと時間をオーバーしてしまっていたので、スライドごとに内容を短くして、録音し直した。録音し直しはだいたい5回ほど行った。

(2) 分析結果

下線①では、複数スライドに渡る再収録の操作が困難であることに気づき、話題一つをスライド一枚に収めるように変更している(目標再設定)。スライド資料の作成方針に関する新たな方略を見つけ出したことがわかる。

下線②では、両行動ともに、収録後に視聴して、音質および経過時間を改善する(課題の達成度を評価)ために再収録に取り組んでいる。

5. おわりに

担当科目では、グループ内個人学習の形式で調べ学習に取り組ませ、その成果として、発表音声を組み込んだスライド資料を作成させた。音声組込の利点に加えて、スライド資料のクラス内共有や学生間相互評価の取り組みが、その改善を促していたことがわかった。

また、学生たちに報告させたスライド資料の改善行動について、メタ認知の観点から分析したところ、視聴者がわかりやすくなることを目的として、事前段階・遂行段階・事後段階にさまざまなメタ認知を働かせていることがわかった。課題解決のための新たな方略を獲得した学生もいた。

このような実際に学生たちが働かせたメタ認知を場面に応じて整理して、同年代の学生たちに具体的にフィードバックできれば、新たな知識を効果的に身につけられるのではないかと考える。

なお、本研究では、申告した改善行動と学習成果物との関係については触れていない。今後、改善時に使ったメタ認知的知識の妥当性を検証する必要があると考える。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP20H01726 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) 丹羽量久: “繰り返し再生可能なプレゼンテーションとその相互評価の学習課題がもたらす改善行動”, 大学教育学会第44回大会発表要旨収録, pp.144-145 (2022)
- (2) 三宮真智子編著: “メタ認知 学習力を支える高次認知機能”, 北大路書房, 京都 (2008)
- (3) NHK エデュケーショナル: “IT ホワイトボックス 応用編” [DVD], NHK エンタープライズ, 第1巻 (2013)
- (4) 松田 綾, 山本和美: “長崎大学附属図書館による教養教育科目の授業支援”, 情報コミュニケーション学会第11回全国大会発表論文集, pp.64-67 (2014)

適応的エンゲージメント促進支援ロボットの開発と評価

Yao Bowei ^{*1}, 太田 光一 ^{*1}, 柏原 昭博 ^{*2}, 卯木 輝彦 ^{*3}, 長谷川 忍 ^{*1}

^{*1} 北陸先端科学技術大学院大学

^{*2} 電気通信大学

^{*3} 関西外国語大学

Development and Evaluation of an Adaptive Engagement Support Robot

Bowei Yao ^{*1}, Koichi Ota ^{*1}, Akihiro Kashiara ^{*2}, Teruhiko Unoki ^{*3}, Shinobu Hasegawa ^{*1}

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

^{*2} The University of Electro-Communications

^{*3} Kansai Gaidai University

The purpose of this research is to develop a learning partner robot that can adapt its interaction to each learner's individual reactions to enhance learner engagement. To realize the partner robot, we implemented the engagement estimation architecture, designed a robot interaction model to update the robot's strategy according to the learner's response to the interactions. We conducted a comparative experiment with 20 graduate student participants with and without robots. The results indicated that the accuracy of engagement estimation by face images was 53.8%, the average engagement during learning was significantly higher in the with-robot condition, and the satisfaction with the robot interaction was highest in the last 1/3 of the learning period.

キーワード: エンゲージメント, 個別適応, 顔画像, Learning Companion, パートナーロボット

1. はじめに

新型コロナウイルスの感染拡大を契機として, 高等教育機関においてもオンライン教育/学習が注目を浴びている. オンライン教育/学習を成功させるためには, 学習者自身が認知活動を制御しながら学習目標を達成する自己調整学習⁽¹⁾と, 学習にポジティブな影響を与える心的状態であるエンゲージメント⁽²⁾が重要な役割を果たす⁽³⁾. 特に, エンゲージメントは, 学習過程に没入・熱中することを通じて学習者の主体性を支える重要な要素であり, 学習者のエンゲージメントを維持・促進することは重要な課題の一つである⁽⁴⁾. しかしながら, オンライン教育では学習者が孤立しやすく, 学習意欲の低下や離脱につながりやすい傾向も指摘されている⁽⁵⁾⁽⁶⁾.

本研究では, これらの問題を解決するために, 学習者のエンゲージメントを維持・促進する学習パートナ

ーロボットを開発することを目指している⁽⁷⁾. 近年, 教育環境におけるソーシャルロボットの普及が進んでおり, 新たな学習者支援の手法として注目されている⁽⁸⁾. 一方で, こうしたロボットが学習者の能力や進捗を適切に推定することや, 言語的行動と非言語的行動のタイミングを調整して適切なインタラクションを選択することなど, いくつかの課題も指摘されている⁽⁹⁾. つまり, 学習者の個別性が強い自己調整学習過程においては, 学習者のエンゲージメントを把握・予測し, その状況に応じた支援を行う方法論およびシステムはいまだ確立されていないと言える.

本稿では, 学習者の学習活動に対する意欲や取り組み方, 理解度などを包括した概念である「エンゲージメント」を学習者の顔画像から推定し, ヒト型ロボットの振る舞いを通して学習者のエンゲージメントを促進するためのパートナーロボットの開発と初期の評価について述べる. 開発したロボットの特徴は, 特定領

域の学習を支援するのではなく、学習者のエンゲージメント状況をロボットがフィードバックすることで、自己調整学習におけるエンゲージメントの自己モニタリングを支援することである。また、学習時のエンゲージメントは、ロボットの振る舞いに対する個々の学習者の印象により変化することから、学習者のインタラクションに対する反応に適応した「学び相手：Learning Companion」の開発を目指す。

2. 関連研究

2.1 Educational Robots

Rosanda らは、教室におけるロボットの使用状況に関する調査を通じて、Educational Robots は学習者とコミュニケーションを取り、学習者との社会的相互作用を通じて学習体験を提供できると述べている⁽¹⁰⁾。彼らのまとめによると、こうしたロボットは、学習者と同じ空間に物理的に存在し親近感を与えることから、学習にポジティブな影響がある一方で、従来研究の多くは教材配信を目的としており、フィードバックや個々の学習者のニーズに合わせた学習支援などといった個別指導を目的とした研究は現時点では限られている。

Belpaeme らは関連研究のレビューを通じて、学習者との社会的相互作用を通じて学習体験を提供するソーシャルロボットが、学習者の認知的・感情的な状態を向上させる観点から、制限されたタスクではあるものの、人間のチューターと同様の成果を達成していると述べている⁽⁹⁾。彼らは、先行研究における Educational Robots の役割について、教師としてのロボット、ピアとしてのロボット、初心者向けのロボットに分けて論じている。本研究に関連するピアとしてのロボットについては、ロボットはより知識の豊富なピアとして提示されることが多く、学習者を簡単すぎず難しすぎない学習過程に導く役割を持っているといえる。

2.2 Learning Partner Robots

Lu らは、自然言語処理と感情認識を用いて、学習者に楽しい学習体験を提供する Smart Learning Partner を提案した⁽¹¹⁾。彼らは自己決定理論を指針として、タスクを実行する際の自発性を意味する「自律性」、課題や有効性を感じる「有能性」、他者とのつながりを感じる「関連性」の観点から、Human-Robot Interaction (HRI)

を設計したが、その有効性についてはまだ十分に議論されていない。

また、Lubold らは、音響-プロソディック同調に基づく音声適応を用いた、学習コンパニオンロボットのための社会的応答型音声インタフェースを開発し、従来の社会的対話よりも提案手法の社会的存在感が有意に高いことを示した⁽¹²⁾。

これらの研究は、本研究のターゲットである学習者のエンゲージメント促進と密接に関連しているが、本研究は、エンゲージメントの推定とインタラクション生成を統合することで、効果的にエンゲージメントを促進する点でユニークである。

2.3 インタラクションロボット：Sota

本研究では、ヴイストン株式会社のインタラクションロボット Sota をベースに開発した⁽¹³⁾。Sota は、カメラ、マイク、スピーカ、ネットワーク機能を備え、言葉や身振り、手振りによる自然なインタラクションを実現する卓上型コミュニケーションロボットである。Sota は、Intel(R) Edison with Linux を内蔵しており、Java を利用して画像認識や音声認識、音声合成を用いたアプリケーションを簡単に開発することができる。

3. 提案手法

3.1 エンゲージメント推定

本研究ではまず、学習者の学習意欲を推定するためのモデルとして、Huynh ら⁽¹⁴⁾のモデルを選択した。彼らの研究は、Emotion Recognition in the Wild Challenge 2019 のサブチャレンジである“Wild”環境におけるエンゲージメント予測手法として提案されたものである。彼らはエンゲージメント推定における顔と視線に関連する特徴の効果を実証し、当該コンペで最高の性能を得ている。

3.1.1 特徴抽出

本研究では、学習中の学習者の顔動画から以下の特徴量を抽出する。

- F1 特徴量：表情解析のためのオープンソースツールキットである OpenFace⁽¹⁵⁾によって抽出された一定間隔の動画セグメントにおける視線方向、目の座標、カメラまでの距離、頭部の姿勢に対する平均値、標準偏差、最大値、最小値で構成された 60

次元データ. F2 特徴量: OpenFace によって抽出された顔領域に対して, MS-Celeb-1M⁽¹⁶⁾と VGGFace2⁽¹⁷⁾ で事前学習した, Squeeze-and-Excitation (SE) ブロックを持つ SE-ResNet-50⁽¹⁸⁾によって抽出された 128 次元データ.

3.1.2 エンゲージメント回帰モデル

学習者のエンゲージメントは時間と共に変化するため, LSTM (long-short memory) 層と FC (fully connected right-front LSTM) 層を組み合わせた LSTM-FC と FCLSTM-FC (fully connected right-front LSTM) によりそれぞれの特徴セットを学習させる. アンサンブル層でこれらの結果を受け取り, 各セグメントにおいて平均化された学習者エンゲージメントを出力する.

エンゲージメントレベルは Huynh モデルに従い, Disengaged, Barely Engaged, Engaged, Highly Engaged の 4 段階で以下の通り設定した.

- 0: Disengaged : $0 \leq \text{出力結果} < 0.4$
- 1: Barely Engaged : $0.4 \leq \text{出力結果} < 0.6$
- 2: Engaged : $0.6 \leq \text{出力結果} < 0.83$
- 3: Highly-Engaged : $0.83 \leq \text{出力結果} \leq 1.00$

3.2 インタラクションネットワーク

3.2.1 構成要素

ロボットインタラクシヨンの構成要素は, 言語的または非言語的な Sota の動作に依存する. 一般に, 言語表現は語りかける内容そのものを指し⁽¹⁹⁾, 非言語表現は語る速度, イントネーション, ロボットの姿勢やジェスチャ, 顔の表情などを含む⁽²⁰⁾.

言語表現については, 人間の講師が学習者に用いるいくつかのフィードバック手法を参考にした. 学習者に対する「支援」「気配り」「賞賛」の言葉は, 学習者のパフォーマンスや行動にポジティブな影響を与えることが知られている⁽²¹⁾⁽²²⁾⁽²³⁾. また, Cutumisu らは, 講師の「批評」が学習者の記憶に効果的であることを示している⁽²⁴⁾. これらを踏まえ, 表 1 に示す 4 種類の発話タイプごとに 3 つの Sota による発話内容をあらかじめ設定した.

非言語表現としては, Sota の発話意図を強調するためにジェスチャを用いることとし, Sota の自動モーション生成機能である MotionAsSotaWish クラスであらかじめ定義された「Call」「Presen」「Talk」「Bye」の 4

種類のモーションを採用した. 各モーションタイプには数秒のモーションが複数定義されており, Sota は発話と同時に動作する. また, もう一つの非言語要素として発話速度を採用し, Slow, Medium, Fast の 3 種類から選択して発話するようにした.

表 1 Sota の発話内容

タイプ	発話内容
支援	応援しているよ 負けないで いつも力になるよ
気配り	無理しないで 休憩しませんか 大変ですね
賞賛	よくできました 流石ですね このまま行きましょう
批評	このままではダメですよ いつから頑張るのですか? このまま終わっていいの?

3.2.2 インタラクションネットワークモデル

それぞれの学習者のインタラクシヨンの好悪を反映した支援を行うために, 以下のようなインタラクシヨネットワークモデルを提案する. 図 1 は, 3.1 節のエンゲージメント推定結果を入力とし, インタラクシヨ構成要素 (発話タイプ, ジェスチャ, 発話速度) の 4 層からなる完全連結ネットワークの初期状態である. 講師の動作や表情が学習者の感情に与える影響に関する先行研究⁽²⁵⁾に基づき, 各パス間の初期重みを表 2 のように設定した. なお, 各ノードから次の層へのパスの重みの和は 1 である. この重みは, インタラクシヨ選択を確率的に決定するために利用される. これにより, 同じ状況であっても異なるインタラクシヨを生成することが可能となる. なお, 学習者の関与が「Highly-Engaged」である場合は, Sota は学習者とインタラクシヨを行わないこととする.

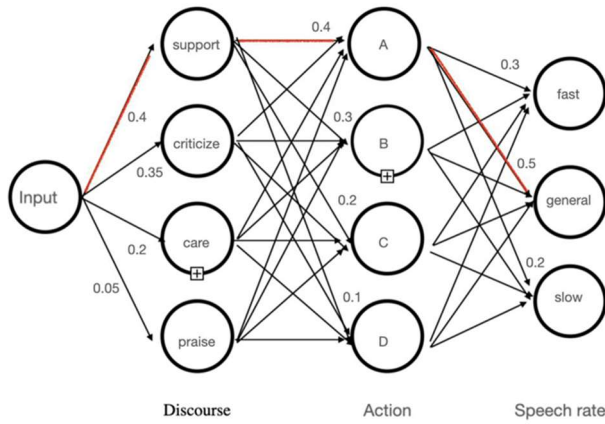


図 1 インタクションネットワークモデル

表 2 エンゲージメントと発話タイプの初期重み

	Disengaged	Barely Engaged	Engaged
支援	0.4	0.45	0.2
気配り	0.2	0.15	0.1
賞賛	0.05	0.1	0.7
批評	0.35	0.3	0

提案手法は、エンゲージメント推定モデルを用いて、Sota とのインタクションの前後における学習者のエンゲージメントの変化を比較する。これにより、それぞれのインタクションが対象の学習者にとって適切であったかどうかを判定し、インタクションネットワークを更新する。学習者のエンゲージメントが変化しないか減少した場合、インタクションが行われた全てのパスの重みを減らし、それ以外のパスの重みを増やして重みの和が 1 になるようにすることで、同様の状況が発生したときに Sota が別のインタクション戦略を実行しやすくする。図 2 は具体的な変更ルールの一例である。つまり、インタクションネットワークは学習者の嗜好に合わせたインタクション体験を実現するために、最適な重みに向けて更新を続けることになる。重みの調整途中では一部好まれないインタクションが発生する可能性があるが、更新が進むにつれて改善が期待できる。

3.3 実装

図 3 に開発したシステムの全体アーキテクチャを示す。エンゲージメント推定モジュールとインタクションネットワークモジュールは、Intel i7-9900k, 32G RAM, Nvidia GeForce RTX 2080 (6GB), ubuntu 20.04 OS,

python 3.8, TensorFlow 2.0 の PC 上に実装した。

まず、USB カメラから学習者の顔画像を入力とし、3.1 節で説明した事前学習済みのモデルを用いて 1 分間隔でエンゲージメントの強さを推定する。次に、インタクションネットワークは推定されたエンゲージメントを入力として Sota のインタクションを選択する。Sota はインタクションネットワークの出力を 1 分間隔で JSON 形式により PC から取得し、選択されたインタクションを実行する。最後に、システムは 3.2 節で説明したインタクション後の学習者のエンゲージメントの推定結果に従って、インタクションネットワークを更新する。



図 2 重み更新の例

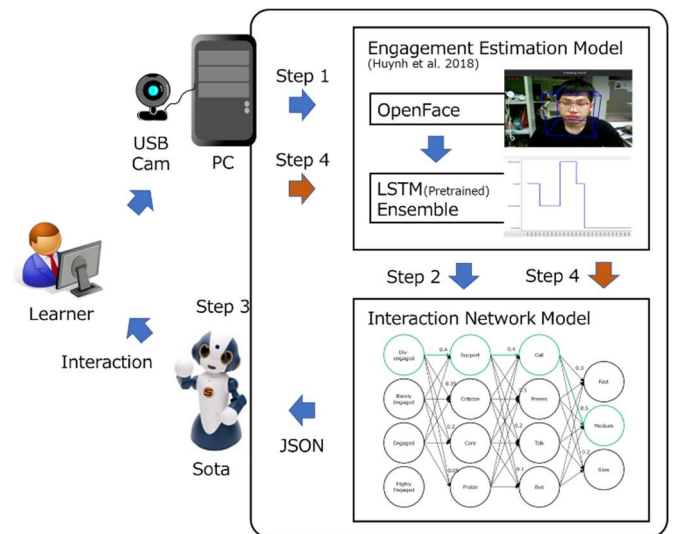


図 3 システムアーキテクチャ

4. 評価実験

提案手法の妥当性を評価するために、20 名の大学院生を対象とした被験者内計画の評価実験を行った。特に、エンゲージメントの推定精度、Sota のインタクションが学習者のエンゲージメントに与える影響、インタクションネットワーク更新アルゴリズムの効果を評価した。

本実験では、被験者は30分間の学習ビデオ（学部レベルの物理と高校レベルの化学）を、Sotaあり・なしの条件で学習した。実験の順序は、学習ビデオとSotaの有無に関して、カウンターバランスを考慮した。各ビデオの学習後、被験者は学習中の自身のビデオを見ながら、5分間毎のエンゲージメントの状態を4段階で自己評価（0: Disengaged, 1: Barely Engaged, 2: Engaged, 3: Highly Engaged）した。また、Sotaあり条件ではSotaのそれぞれのインタラクションのタイミングと内容の満足度を5段階評価（1：とても悪い，2：悪い，3：どちらでもない，4：良い，5：とても良い）した。

4.1 エンゲージメント推定の精度

0分，5分，10分，15分，20分，25分，30分における被験者のエンゲージメントの自己評価と同時刻におけるシステムのエンゲージメント推定結果の混同行列を表3に示す。全体の一致率は53.6%(=150/280)であり，Sotaありの場合は55.0%，Sotaなしの場合は52.1%と，Sotaのありなしで大きな差は見られなかった。また，誤差のうち86%は自己評価と推定結果の差分が1であり，推定モデルが学習者の自己評価とある程度一致していたことがわかる。

表3 自己評価と推定結果の混同行列

		自己評価			
推定結果		0	1	2	3
	0	14	7	2	1
	1	5	17	14	2
	2	8	27	73	38
	3	4	1	21	46

ただし，今回の推定モデルは学習者のエンゲージメントをやや楽観的に推定する傾向があったことに注意が必要である。エンゲージメント推定の事前学習に用いるデータセットは，エンゲージメントが低いデータが少なく，バランスが悪いことが多い⁽²⁶⁾。これが，楽観的な推定結果の理由の一つであると考えられる。なお，このエンゲージメントの推定は，Sotaのインタラクションのタイミングや内容に影響された可能性も考えられる。

4.2 Sota インタラクションの影響

Sotaありの学習者の自己評価による平均エンゲージメントは2.07 (S.D. = 0.47)，Sotaなしの自己評価の平均エンゲージメントは1.71 (S.D. = 0.47)であった。t検定の結果は $t(19)=2.48, p=.022$ であり，Sotaありの条件で平均エンゲージメントが有意に高いことを示している。実験時間が短いためこの結果は十分であるとは言えないが，Sotaによるインタラクションがエンゲージメントの向上に一定の効果がある可能性が示唆された。

表4は，Sotaあり条件におけるSotaによる各インタラクションのタイミングと内容に対する満足度のアンケート結果である。インタラクションのタイミングに対する平均満足度は3.43 (S.D.=0.608)，インタラクションの内容に対する平均満足度は3.24 (S.D.=0.728)であり，約半数のインタラクションが肯定的に受け入れられていることが分かる。ただし，推定自体やモデル更新のタイムラグ（1分間隔）が，満足度の低さやエンゲージメント推定モデルの精度の限界の原因になっている可能性は否定できない。

表4 インタラクションのタイミングと内容の満足度

	1	2	3	4	5
タイミング	0	22	79	79	13
内容	0	39	72	72	8

(1：とても悪い，5：とても良い，数字は回数)

4.3 更新アルゴリズムの効果

表5は，インタラクションの内容に対する満足度を時間順で1/3に分割した場合の各被験者のアンケート結果の平均値を比較したものである。まず，Jarque-Bera検定により，データが正規分布であることを確認した。次に，3つのグループを比較するために，データを対応のないANOVAで検定したところ， $F=18.9 (p<.00001)$ であった。各群の比較にはTukey's HSDを使用した。その結果，最初の1/3と中間の1/3の間で $Q=3.34 (p=.0498)$ ，最初の1/3と最後の1/3の間で $Q=5.22 (p=.0085)$ ，中間1/3と最後の1/3の間で $Q=8.56 (p=.0000)$ がそれぞれ示された。これらの結果から，被験者のインタラクションに対する満足度は，実験の中盤1/3では低下したが，最後の1/3の実験で重みを調整するにつれて向上したといえる。

表 6 にエンゲージメントの出力に対する発話タイプの重みの変化の絶対値をまとめたものを示す。この結果から、特定の組み合わせで重みに大きなばらつきがあることがわかる。これらの結果は、個人差の傾向を示すものであり、提案アルゴリズムの有効性と実用性を示唆するものであるといえる。

表 5 時間経過によるインタラクション満足度の変化

	件数	平均満足度	標準偏差
最初の 1/3	63	3.17	0.81
中間の 1/3	61	2.84	0.88
最後の 1/3	63	3.70	0.71

表 6 エンゲージメントと発話タイプの重みの変化

	初期値	差の絶対値
Disengaged-支援	0.4	0.03
Disengaged-気配り	0.2	0.12
Disengaged-賞賛	0.05	0.03
Disengaged-批評	0.35	0.18
Barely-Engaged-支援	0.45	0.11
Barely-Engaged-気配り	0.15	0.02
Barely-Engaged-賞賛	0.1	0.01
Barely-Engaged-批評	0.3	0.11
Engaged-支援	0.2	0.02
Engaged-気配り	0.1	0.15
Engaged-賞賛	0.7	0.11
Engaged-批評	0	0.28

5. おわりに

本研究では、オンライン学習における自己調整学習時の学習者のエンゲージメントを改善するために、学習者個々の反応に合わせたインタラクションを行うことができる学習パートナーロボットを実装した。また、その効果を評価するために、20名の大学院生を対象に被験者内計画による評価実験（Sota あり／なし）を実施した。

学習者の学習中のエンゲージメントの推定に関しては、Huynh らのモデルを採用した。本研究では、専門的かつ十分な規模のデータセットがなかったため、Huynh らの事前学習モデルを用いた。その結果、エン

ゲージメントの推定精度は 53.6%であった。有意な誤りの頻度は高くなかったが、Sota とのインタラクション生成時やモデル更新時にミスマッチが発生した。特に、このモデルには一定の遅延が不可避であるため、より高精度かつ高速なモデルの開発が次のステップとなる。

また、学習者のエンゲージメントを促進するインタラクションを生成するために、インタラクションネットワークを構築した。このネットワークは、学習者のエンゲージメント、Sota の発話タイプ、ジェスチャと発話速度を表す 4 つの層からなる完全連結ネットワークである。確率的な形式に変換された初期重みを設定することで、インタラクションの内容を決定できるようにした。実験の結果、Sota あり条件の方が Sota なし条件よりも、平均エンゲージメントが高くなったことがわかった。本実験では各セッションが 30 分と短く、被験者も初めて Sota とインタラクションを行ったため、長時間の学習にはさらなる実験が必要である。

加えて本研究では、インタラクション後の学習者のエンゲージメントの推定結果から、Sota が前回のインタラクションの成果を判定して、インタラクション内容を変更するインタラクション更新モデルを提案した。実験の結果、最後の 1/3 のインタラクション内容の満足度が、それ以外のインタラクション内容の満足度よりも有意に高いことが示された。現在のインタラクションネットワークは 4 層構造しかなく、インタラクションのパターンが少ないため、一部の学習者にとって満足いかないインタラクションが生成されることもあった。今後は、ネットワークの層数を増やし、発話内容やインタラクションの手法を増やすことを検討する必要がある。さらに、初期段階の重み設定は、初期の学習者インタラクションの満足度に影響し、重みの更新速度やルールは後期のインタラクションの満足度に影響する。今後の実験を通じて、最適な重みの設定や更新ルールを議論する必要がある。

謝辞

本研究の一部は、科研費（20H04294）の助成、および株式会社フォトロンとの共同研究の成果である。

参 考 文 献

- (1) B. J. Zimmerman: “Self-Regulated Learning: Theories, Measures, and Outcomes”, Second Edi., vol. 21. Elsevier, (2015)
- (2) 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)
- (3) C.E. Schaeffer & G.D. Konetes GD: “Impact of learner engagement on attrition rates and student success in online learning”, *International Journal of Instructional Technology & Distance Learning*.7(5), pp..3-9, (2010)
- (4) 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)
- (5) R. Pekrun, et al.: “Achievement Emotions and Academic Performance: Longitudinal Models of Reciprocal Effects”, *Child Development*, 88(5), pp.1653–1670, (2017)
- (6) D. A. Akuratiya & D. N. Meddage: “Students’ Perception of Online Learning during COVID-19 Pandemic: A Survey Study of IT Students”, *International Journal of Research and Innovation in Social Science*. 4(9), pp.755-758, (2020)
- (7) YAO Bowei, 太田 光一, 柏原 昭博, 卯木 輝彦, 長谷川 忍: “顔画像に基づく個別適応エンゲージメント促進支援ロボットの開発”, 第 47 回教育システム情報学会全国大会論文集, pp.199-200, (2022).
- (8) I. Leite, et al.: “Social robots for long-term interaction: A survey”, *International Journal of. Social Robotics*. 5, pp.291–308, (2013)
- (9) T. Belpaeme, et al.: “Social robots for education: A review”, *Science Robotics*. 3(21), (2018) DOI: 10.1126/scirobotics.aat595.
- (10) V. Rosanda, A. Istenic Starcić: “The Robot in the Classroom: A Review of a Robot Role”, In: Popescu, E., Hao, T., Hsu, TC., Xie, H., Temperini, M., Chen, W. (eds) *Emerging Technologies for Education. SETE 2019. Lecture Notes in Computer Science*, vol 11984. Springer, Cham, (2020) https://doi.org/10.1007/978-3-030-38778-5_38
- (11) Y. Lu, et al.: “Smart Learning Partner: An Interactive Robot for Education”. In: *Artificial Intelligence in Education. AIED 2018. Lecture Notes in Computer Science*, vol 10948. Springer, Cham (2018) https://doi.org/10.1007/978-3-319-93846-2_84
- (12) N. Lubold, et al.: “Effects of voice-adaptation and social dialogue on perceptions of a robotic learning companion”, *11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pp. 255-262, (2016)
- (13) ヴァイストーン株式会社: “Sota 法人向けサービスのご案内”, <https://sota.vstone.co.jp/home/> (2022.10.5 アクセス)
- (14) V. T. Huynh, et al.: “Engagement Intensity Prediction with Facial Behavior Features”, *2019 International Conference on Multimodal Interaction*, pp.567-571, (2019)
- (15) T. Baltrusaitis, et al.: “Openface 2.0: Facial behavior analysis toolkit”. In *13th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2018)*. pp.59-66, (2018)
- (16) Y. Guo, et al.: “Ms-celeb-1m: A dataset and benchmark for large-scale face recognition”, In *European Conference on Computer Vision*. pp.87-102, (2016)
- (17) Q. Cao, et al.: “Vggface2: A dataset for recognizing faces across pose and age”, In *13th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition*. pp.67-74, (2018)
- (18) J. Hu, et al.: “Squeeze-and-excitation networks”, *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. pp.7132-7141, (2018)
- (19) S. R. Fussell (Ed.): “The Verbal Communication of Emotion: Interdisciplinary Perspectives”, Psychology Press (2002)
- (20) N. Dael, et al.: “The Body Action and Posture coding system (BAP): Development and reliability”, *Journal of Nonverbal Behavior*. 36. pp.97-121, (2012)
- (21) J. Brophy: “Teacher praise: A functional analysis”, *Review of Educational Research*, 51(1), pp.5-32, (1981)
- (22) G. Hagenauer & S. E. Volet: ““I don’t hide my feelings, even though I try to”: insight into teacher educator emotion display”, *The Australian Educational Researcher*. 41, pp.261-281, (2014)
- (23) J. Jiang, et al.: “Teacher Beliefs and Emotion Expression in Light of Support for Student Psychological Needs: A Qualitative Study”, *Education Sciences*. 9(68), (2019)
- (24) M. Cutumisu & D. L. Schwartz: “The impact of critical feedback choice on students’ revision, performance, learning, and memory”, *Computers in Human Behavior*, 78(Jan.). pp.351-367, (2018)
- (25) L. Fried: Teaching Teachers about Emotion Regulation in the Classroom. *Australian Journal of Teacher Education*, 36(3), (2011) <http://dx.doi.org/10.14221/ajte.2011v36n3.1>
- (26) X. Zheng, et al.: “Estimation of Learners’ Engagement Using Face and Body Features by Transfer Learning”, In: Degen, H., Ntoa, S. (eds) *Artificial Intelligence in HCI. HCII 2021. Lecture Notes in Computer Science*, vol 12797. Springer, Cham, (2021) https://doi.org/10.1007/978-3-030-77772-2_36

機械学習を用いたプリンターインクヘッド交換時期の予測

中村伊吹^{*1}, 増田武史^{*1}, 左座祐之助^{*1}, 広瀬啓雄^{*}

^{*1} 公立諏訪東京理科大学

Predicting when to replace printer ink heads using machine learning

Ibuki Nakamura^{*1}, Takeshi Masuda^{*1}, Yuunosuke Zouza^{*1}, Hiroo Hirose^{*1}

^{*1} Suwa University of Science

大判インクジェットプリンタの保守作業において点検する部位やタイミングは作業者の経験や勘によるものが大きく、熟練技能者から新人への技術伝承に多くのコストを要する。本研究では機械学習を利用して大判インクジェットプリンタのインクヘッド交換を予測することで保守作業への技術支援を行うシステムの構築を目的とする。予測にはプリンター機器から送信されてくる印刷枚数等のプロファイルデータを使用する。プロファイルデータは次元数が膨大であるため、Random Forest, Tab Net から算出される重要度を用いて有効な特徴量を抽出し、Gated Recurrent Unit, Auto Encoder を用いて故障の予測を行う。結果として、11 件の故障記録を学習させ 6 回中 6 回の予測を行うことができた。また、予測の問題点として検出期間が一定ではなく、検出期間があまりに長いものについては無駄なメンテナンスにつながる可能性があげられる。今後は予測精度の向上や作成した予測モデルを利用したシステムの開発に取り組んでいく。

キーワード: 技術支援システム, 機械学習, メンテナンス, Random Forest, Gated Recurrent Unit

1. はじめに

1.1 研究の背景

A 社では大判インクジェットプリンタを製造し、世界各国に販売とサービスの提供を行っている。A 社ではプリンターインクヘッドの故障が発生した場合、保守担当者が早急にお客様先へ出向き、プリンターインクヘッドの交換を行っている。この時、お客様先では故障が発生してから A 社へ連絡をし、A 社から保守担当者が現場に到着し修理を行うまでに業務中断期間が発生してしまう。また、保守担当を行う A 社においても早急な保守対応が求められるため、急な業務が発生してしまう。(図 1)

プリンター機器が故障することを事前に知ることができれば A 社側からお客様先へプリンター機器の保守作業の呼びかけを行うことや A 社では計画的な保守業務を行うことが可能である。

近年の機械学習技術は急速に発展しており異常検知、

故障予測の分野においても深層学習の登場により自動的に特徴を抽出して機器の故障を判断することができるようである。深層学習を用いた故障予測のほとんどは画像データを用いたものがほとんどでありセンサーといった数値データを用いたものはあまりない。故障予測技術が活用される製造業の現場においてはセンサーを設置しているものの取得したデータを有効に活用できている企業はあまりなく、製造業においてセンサーデータの活用は保守コストの削減や稼働率の上昇の観点からも重要度が高いものである。また、センサーデータの活用に機械学習を用いることの利点として統計的な予測と比較して統計分布を仮定する必要がないため取得したセンサーデータをより有効に扱えることや統計的な予測は説明性を重視していることに対して機械学習は予測の精度を重視しているため機器の故障を見逃すことも少なくなる。

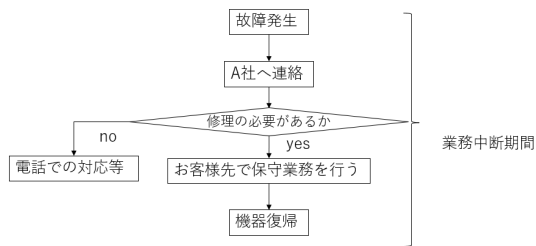


図 1.A 社における保守対応

1.2 研究の目的

本研究の目的は、各プリンター機器から送信されてくるプロファイルデータと機械学習を用いてプリンターインクヘッドの故障を予測することでの確なタイミングでの保守対応に利用可能な故障予測モデルを構築することを目的とする。また、研究の最終段階としては作成した予測モデルを利用した保守作業向けの技術支援システムの構築を目指す。

2. 対象データ

分析に使うデータはプリンター機器から不定期に送られてくるプロファイルデータを用いる(表 1)。プロファイルデータにはインクの使用量やクリーニング状況、印刷枚数、カッター使用回数などの変数が存在する。データの取得期間は機体によって変動するもののおよそ 3~4 年でその期間に 1,2 回インクヘッドの故障によるヘッド交換が行われている。

表 1.データの概要

	次元数	データ件数	故障件数	機体数
前処理前	125	3748	18	39
前処理後	302	15877	17	14

また、今回の分析に用いるデータには予測を行う際に以下のような問題点が存在する。

1 点目はデータの取得間隔である。各プリンター機器から送られてくるプロファイルデータの取得間隔が不定期であるため予測を行う際に補完が必要であることがあげられる。本研究では質的変数には近傍補間を行い、量的変数には線形補間を行うことで対応をしている。機体によっては 1 週間に 1 度の間隔でしかデータが送られていない機体も存在するため補間による予測精度の低下が起こってしまうことが考えられる。

2 点目は予測に用いる変数が膨大であることがあげられる。今回のデータは予め予測に不必要と思われる

変数を落とした状態で 300 次元近く存在しており、故障の予測を行う上で重要な変数を選択することや高次元のデータを低次元に削減する様な前処理が重要である。

3. 前処理

3.1 サンプル間隔の変更

A 社より提供されたデータの取得間隔が不定期であるため、機械学習を行うためにはサンプリング間隔を一定にする必要がある。本研究では質的変数に対しては近傍補完を行い、量的変数に対しては線形補完を行うことでアップサンプリングを行い、サンプリング間隔を 1 日毎に変更した(図 2)。

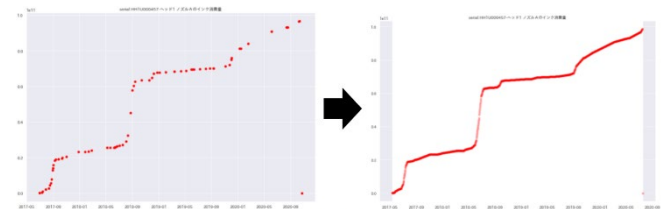


図 2.サンプリング間隔の変更前(左) 変更後(右)

3.2 データ数の少ない機体の削除

取得したデータの中にはデータ数が少ない機体で 2 件、多い機体で 300 件以上といった差が見られた(図 3)。データ数の少ない機体では上記のサンプリング間隔を変更する際に行ったデータ補完が上手く行えないと考え、補完前のデータ数が 100 件以下の機体は学習に使用せず、100 件より多い機体を学習に使用した。

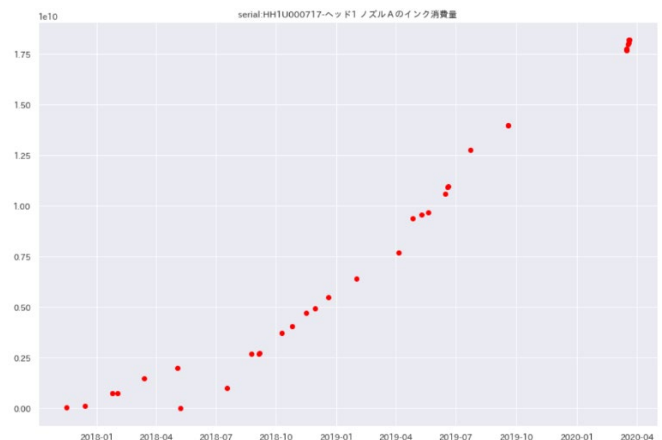


図 3.データ数の少ない機体におけるデータ取得間隔

3.3 カウンター系変数の初期化

大判インクジェットプリンタには印刷枚数や使用したインクの量、カッターの使用回数といったカウンタ

一系変数が多く存在している.これらのカウンター系変数をヘッド交換毎に初期化することで,ヘッド交換からのプリンターの使用状況をモデルに学習させ,経年劣化のような予測を行うことが出来ると考えた(図4).

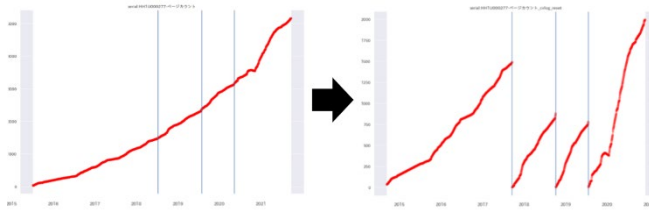


図 4.カウンター系変数の初期化前(左),初期化後(右)

3.4 移動平均,階差系列

移動平均とは,一定区間の平均をデータの区間を移動しながら求めていくことで短期的なデータの変動を除去し,長期的なデータの傾向であるトレンドを抽出することができる.

階差系列とは,データのひとつ前の値との差をとることでデータから長期的な傾向であるトレンドが除去され,短期的な変動を求めることができる.

本研究では,移動平均と階差系列を各モータ寿命,カッターなどのカウンター系変数,各ヘッドのインク消費量において適用し特徴量として加えた

3.5 次元圧縮

本研究では Isomap を用いて次元削減を行った(図5).Isomap とは非線形の次元削減手法の一つで K 近傍グラフを用いて多様体上の測地戦距離を求め,多次元尺度構成法を使い近似的に低次元空間に射影を行う.

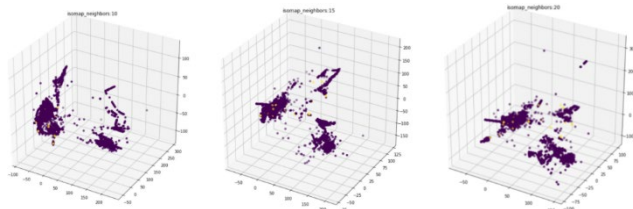


図 5.次元削減後の特徴量

本研究で使用するデータは 300 次元以上の高次元なものであるため Isomap といった次元削減手法を行うことで高次元のデータを少ない次元の変数で表すことが期待できる(図5).

4. 実験

4.1 実験目的

各プリンター機器から送信されてくるプロフィールデータから機械学習を用いてプリンターインクヘッドの故障予測を行い,的確なタイミングでのメンテナンスに活用できるかを検証する.

4.2 実験方法

Auto Encoder 以外の各機械学習アルゴリズムではヘッドの交換日にクラス 1 それ以外の日にクラス 0 としてラベルを作成し,作成したラベルを教師データとしてクラス分類を行う.

データの次元数が膨大であるため,予測に重要と思われる特徴量を抽出する.予測に重要と思われる特徴量の選定には,機械学習手法である Random Forest と Tab Net を用いて全特徴量で予測を行い,各変数の重要度を求める.Random Forest, Tab Net から計算された各変数の重要度の上位 10 個ずつ,最大で 20 個の特徴量を用いて Auto Encoder, Gated Recurrent Unit で故障予測を行う.最後に,各機械学習アルゴリズムでの予測結果を表 5 にまとめる.

使用するデータは,前処理後データの 70%を学習用データ,30%をテストデータとする.学習用データを用いて学習を行った後,構築した予測モデルを用いてテストデータを予測することでモデルの汎化性能を評価する.また,学習用データには 11 件の故障記録とその間の正常データ,テストデータには 7 件の故障記録とその間の正常データが含まれている.

4.3 実験結果

各機械学習手法による予測結果を示す.

4.3.1 Random Forest による特徴量選択

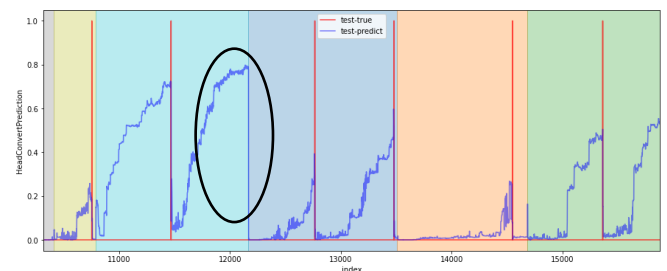


図 6. Random Forest による予測結果縦軸：故障確率,横軸：日数の経過,背景色：機体の変化,赤線：ヘッド交換日 (ヘッド交換の行われた日を 1,それ以外の日

を 0) 青線：予測モデルによって得られた故障確率

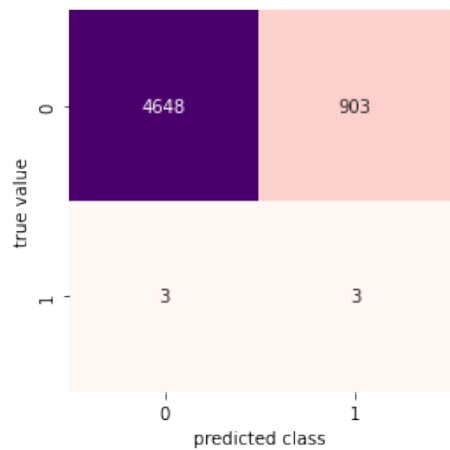


図 7.Random Forest による予測結果（混同行列）

テストデータにおいて 6 回中 3 回の予測を行うことができた.故障確率がヘッド交換日に向けて上昇する傾向がみられるため故障の予兆をとらえることができたと考えられる.しかし,上図における黒丸の期間で多くの誤検知が発生していることがわかった(図 6,7).

以下の表 2 に Random Forest による重要度の上位 10 個の特徴量を示す.

表 2.Random Forest から算出された重要度

変数	重要度
データ長 (Job status) _cvlog_reset	0.024096257904726973
カラー番号 5 のインク消費量_cvlog_reset	0.023637793299075227
カラー番号 4 のインク消費量_cvlog_reset	0.02334422169381352
timestamp_cvlog_reset	0.022832627448841753
キャリッジ (Y) 方向モーター_cvlog_reset	0.017998170053829542
ポンプモーター A のステップ数_cvlog_reset	0.017136965297676738
集積印字タイマ (秒) _cvlog_reset	0.0170907458976037
原点側廃液のインク量_cvlog_reset	0.016963623388771602
カラー番号 2 のインク消費量_cvlog_reset	0.016645316457560552
カラー番号インク消費平均_cvlog_reset	0.016606551530761814

※cvlog_reset：ヘッド交換日に初期化したカウンター系変数,mean:一週間ごとの移動平均

Random Forest での予測の際に重要度が高いと思われる変数には前処理 4-3 で行ったヘッド交換日に初期化したカウンター系変数が多くみられた.

4.3.2 Tab Net による特徴量選択

Tab Net による予測結果を以下に示す.

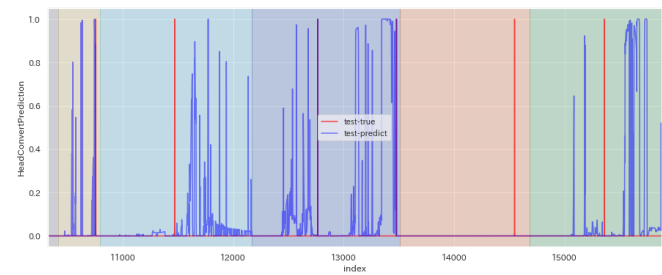


図 8.Tab Net による予測結果縦軸：故障確率,横軸：日数の経過,背景色：機体の変化,赤線：ヘッド交換日（ヘ

ッド交換の行われた日を 1,それ以外の日を 0) 青線：予測モデルによって得られた故障確率

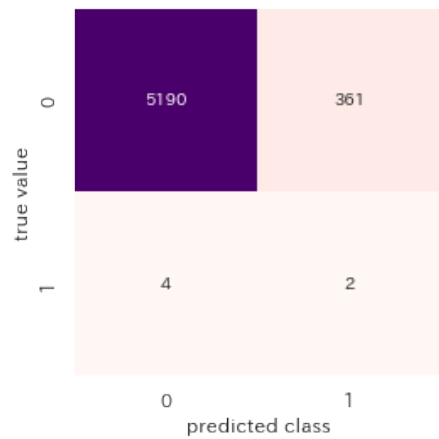


図 9.Tab Net による予測結果（混同行列）

テストデータにおいて 6 回中 2 回の予測を行うことができた.予測モデルから得られた故障確率はヘッド交換日に向けて徐々に上昇する傾向はみられなかったが,Random Forest と比較して故障検出回数に対する誤検知の数を 121 回抑えることができた(図 8,9).

以下の表 3 に Tab Net による重要度の上位 10 個の特徴量を示す.

表 3.Tab Net から算出された重要度

変数	重要度
カラー番号インク消費合計_cvlog_reset	0.2815989992801387
LLE_neighbors10_0	0.17211420112100614
ポンプモーター寿命：集積_cvlog_reset	0.1536578446929551
ポンプモーター寿命：集積_mean	0.10725626287168133
ヘッド1-4インク消費合計_mean	0.10494808558028465
ヘッド2インク消費合計_mean	0.06932142774725947
カラー番号 5 の充填されているインクの種類	0.0564163924825021
isomap_neighbors15_1	0.041481126666020614
原点側廃液のインク量_mean	0.004375840440321316
カラー番号 5 のインク消費量_mean	5.106580410194818e-05

※cvlog_reset：ヘッド交換日に初期化したカウンター系変数,mean:一週間ごとの移動平均

Tab Net での予測の際に重要度が高いと思われる変数は Random Forest と同様にヘッド交換日に初期化した変数に加えて,一週間ごとの移動平均をとった変数が重要であることが分かった.

4.3.3 Auto Encoder

Auto Encoder による故障予測を行う.予測に用いる変数は Random Forest から得られた重要度の上位 10 個と Tab Net から得られた重要度の上位重要度の上位 10 個を用いて行う.

Auto Encoder による予測結果を以下に示す.

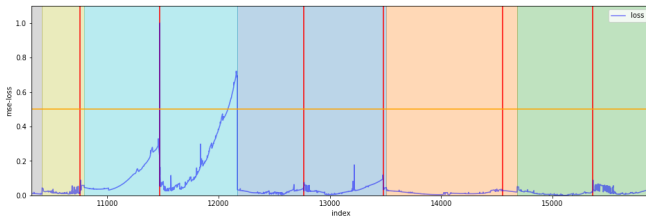


図 10. Auto Encoder による予測結果縦軸：異常度,横軸：日数の経過,背景色：機体の変化,赤線：ヘッド交換日（ヘッド交換の行われた日に 1,それ以外の日を 0）青線：予測モデルから得られた異常度

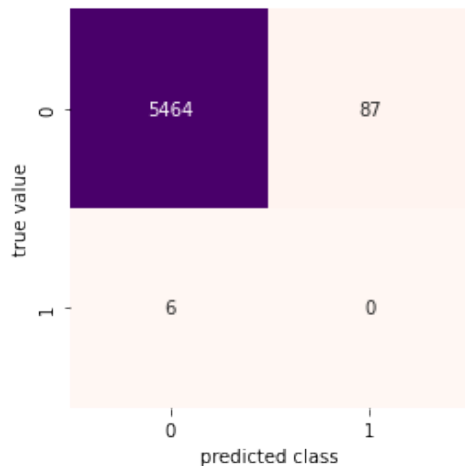


図 11.Auto Encoder による予測結果（混同行列）

Auto Encoder では 6 回中 0 回の故障検出であった。しかし,2 回目の故障においては前日に予測モデルが故障を検出していることが分かった.前日に予測を行うことのできた 2 回目の故障以外の故障記録においては異常度が上昇せず適切な予測を行えていない結果となった(図 10,11).

4.3.4 Gated Recurrent Unit による予測

Gated Recurrent Unit による故障予測を行う.予測に用いる変数は Random Forest から得られた重要度の上位 10 個と TabNet から得られた重要度の上位重要度の上位 10 個を用いて行う。

Gated Recurrent Unit による予測結果を以下に示す。

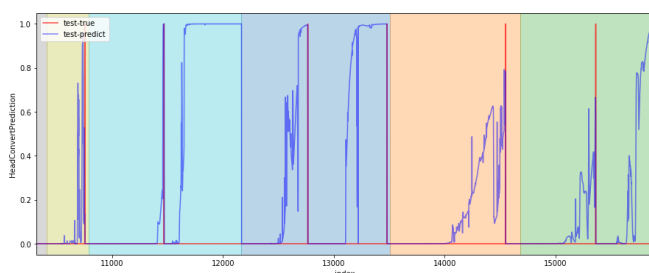


図 12.Gated Recurrent Unit による予測結果

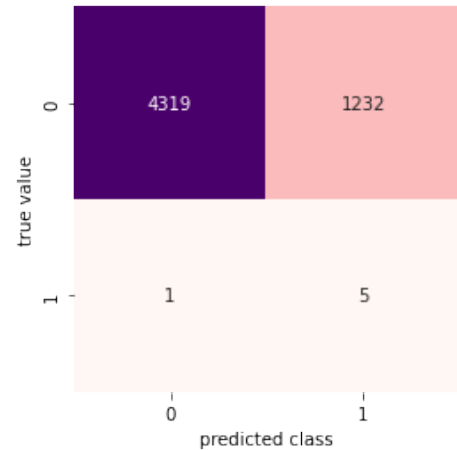


図 13.Gated Recurrent Unit による予測結果(混同行列)

故障の閾値を 50%とすると 6 回中 5 回の予測を行うことができた.ヘッド交換日に向けて故障の確立が上昇している傾向がみられ,Random Forest と比較しても故障検出回数に対する誤検知の数を 55 回抑えられていることがわかった.一回目の故障について,ヘッド交換日に予測モデルから出力されるクラスが 1（故障と判定されるクラス）にはならなかったものの前日に故障の予測が行えていた.また,本研究で使用した機械学習手法の中でヘッド交換日の見逃しが最も少ない結果となった(図 12,13).

4.3.5 各予測結果の比較

各予測結果を下記表にまとめる。

今回の実験で行った故障予測は使用する機械学習手法によって前日では故障と判断されていたが,次の日には故障しないと判断されてしまうといったブレが発生している.そのため,ヘッド交換が行われるより前に予測モデルが一度でも故障すると判断した場合,ヘッド交換が行われるまで常に故障が発生する予測が出ているものとする(図 14).

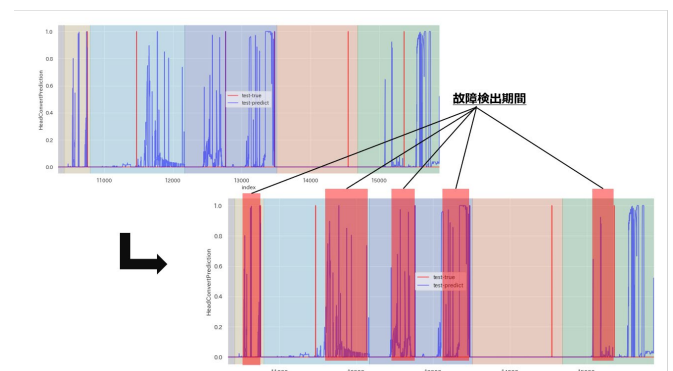


図 14.故障検出期間の例

以下の表 5 に各機械学習手法によるインクヘッド交換の検知期間を表す。

表 4 各機械学習手法による予測結果の比較

	1 回 目	2 回 目	3 回 目	4 回 目	5 回 目	6 回 目
Random Forest	×	403	×	3	×	1
TabNet	215	×	310	372	×	180
Auto Encoder	×	1	×	×	×	×
Gated Recurrent Unit	23	11	201	354	135	5

5. 考察

重要だと思われる特徴量について、インクの消費量やモータの寿命といったヘッド交換ごとにカウントをリセットした変数は Random Forest と Tab Net の両者の機械学習アルゴリズムにおいて重要度が高い結果となった。このような結果になった理由として以下の 2 点が考えられる。1 点目は、今回使用したデータに欠損値が大きく存在していたため、補間を行いやすいカウンター系変数の重要度が高いと判断されたこと。2 点目は、カウンター系変数をヘッド交換日ごとに初期化したことで各インクの消費量の値やモータの寿命といった変数がそれぞれの形でインクヘッドの経年劣化を現したのではないかと考えることができる。

Auto Encoder では 6 回中 1 回の交換予測を行うことができた。期待通りの予測結果が得られなかった原因について、Auto Encoder は今回の研究で使用した機械学習手法の中で唯一の教師なし学習で、クラス分類ではなく異常検知をもとにした故障予測を行っていることがあげられる。教師なし学習を行う場合、予測結果をある特定の目標に向けて最適化することは難しく、各種パラメータやモデルの構造、学習に使用する特徴量の選択をより慎重に行う必要があったことが考えられる。

Gated Recurrent Unit では 6 回中 6 回の予測を行うことができ、他の機械学習手法と比較してインクヘッド交換日の見逃しが少なく、正常時に故障と判断する誤検知についても最も少ない結果となった。Gated Recurrent Unit での予測が最も良くなった理由とし

て、Gated Recurrent Unit には時系列を考慮した学習が可能であり、今回の予測に使用したプリンター機器から送信されてくるプロファイルデータも各センサーの記録やインクの消費量といった時系列データであるため予測をうまく行うことができたことが考えられる。

予測精度の向上を図るには以下の 3 点が重要であると考えられる。1 点目は、データの取得間隔の改善である。今回の予測に使用したデータは各プリンター機器から不定期に取得しているため、機体によっては一か月に一度しかデータを取得していない機体も存在している。データの取得間隔をより短くすることができれば、今回のデータで補間がうまくいかなかった短期的に変動するような変数を扱えるようになるため、より直近の予測を行うことができると考えられる。

2 点目は特徴量選択である。今回の研究では特徴量選択を Random Forest と Tab Net の二つの機械学習手法に依存している。そのため、実際に保守業務を行っている A 社の職員に故障原因のヒアリングを行い、特徴量選択に適用することで予測精度の向上が期待できる。

3 点目は、今回の実験で使用していない機械学習手法の検討である。今回の実験では使用していない他の手法として、k 近傍法や One Class SVM、予測精度の高かった時系列を考慮した予測が可能な手法である Convolutional Neural Network や Long Short Term Memory といった機械学習手法で実験することで予測精度の向上につながる可能性がある。

本研究の目的は各機械学習手法による予測結果が的確なタイミングでのメンテナンスに活用できるかということである。データ提供をいただいた A 社で働く社員の方に今回の予測に対する評価をいただいた結果、Gated Recurrent Unit を用いた故障予測は本研究で使用したデータに関してはメンテナンスに有効であると判断された。しかし、今回の実験で作成した予測モデルを使用したメンテナンスを実際に実施するためには、今回の実験では使用していない新たに取得したデータを用いて予測モデルの精度を調査していく必要があることがあげられた。

6. まとめ

本研究では、プリンター機器から送信されてくるプ

ログファイルデータと機械学習技術を利用することでプリンター機器のインクヘッド交換を予測し、的確なタイミングでのメンテナンスに役立てることを目的とした。Random Forest, Tab Net, Auto Encoder, Gated Recurrent Unit の 4 種類の機械学習手法を用いてインクヘッド交換の予測モデルを構築した。Random Forest, Tab Net を用いて 300 次元以上のデータから重要度の高い特徴量を 10 個ずつ、最大で 20 個の特徴量を選択し、Gated Recurrent Unit で予測することで 11 件の故障記録からテストデータにおいて 6 回中 6 回のインクヘッド交換の予測を行うことができた。また、Gated Recurrent Unit による予測をプリンター機器の製造を行っている A 社の職員に評価していただき、今回の研究で使用したデータにおいてはメンテナンスに有効であることが考えられるという結果となった。しかし、Gated Recurrent Unit による予測結果では検出期間が短いもので 5 日前、長いもので 354 日前と一定でなく、検出期間があまりに長いものについては無駄なメンテナンスにつながる可能性があげられる。予測精度を向上させるためには、今まで不定期に取得していたデータの間隔を数時間毎や半日毎に切り替えることや、故障の原因となりそうな要素を A 社職員とのヒアリングを通じて調査すること、今回の実験では使用しなかった機械学習手法を利用して予測モデルの構築を行うことがあげられる。

今後の課題として、新たなデータを取得して本研究で作成した予測モデルの精度を検証することや、故障の予測を行うだけではなく、機械学習技術を用いて故障の原因を突き止めることで保守業務へのコストダウンを図ること、以下の図 15 に示すような予測モデルの出力結果を A 社の保守対応を行う作業員に伝えることで保守作業の技術支援を行うシステムの構築があげられる。

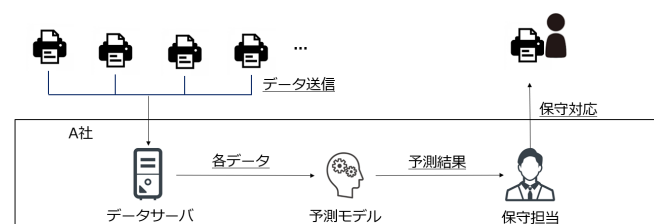


図 15. 予測モデルを利用したメンテナンスシステム図

参 考 文 献

- (1) 梅津里香, 杉江卓哉, 長瀬雅之, et al. “機械学習を用いた宇宙機の故障の予兆検知, 宇宙科学情報解析論文誌”, JAXA-RR-18-008, 8 号, p.11 – 20 (2019)
- (2) 奥 武憲, 水野 哲志, 林 俊輔, 荒井 仁, et al. MFP のビッグデータを活用した故障予測”, Ricoh technical report,, 43 号, p. 56-62 (2018)
- (3) 今村 誠, “予知保全のための機械学習”, システム／制御／情報, 2021, 65 巻, 4 号, p. 119-125 (2021)
- (4) Arik, Sercan O. Pfister, Tomas, TabNet: “Attentive Interpretable Tabular Learning, eprint arXiv”:1908.07442, (2019)
- (5) 毛利拓也, 北川廣野, 澤田千代子, 谷一徳”scikit-learn データ分析 実装ハンドブック”, 秀和システム(2020)
- (6) Ankur A. Patel, “Python ではじめる教師なし学習——機械学習の可能性を広げるラベルなしデータの利用”, オライリー・ジャパン (2020)
- (7) 農学情報科学, “gated recurrent unit / RNN (参照日 2021 年 12 月 13 日)”<https://axa.biopapyrus.jp/deep-learning/rnn/gru.html>
- (8) 井出剛, 杉山将, “異常検知と変化検知”, 講談社(2015)

「ものグラミング」手法のプログラミング教育への応用

大野 浩之^{*1}, 松浦 智之^{*2}, 森 祥寛^{*1}

^{*1} 金沢大学 学術メディア創成センター, ^{*2} ユニバーサル・シェル・プログラミング研究所

Application of the “Monogramming” Method to Programming Education

Hiroyuki Ohno^{*1}, Tomoyuki Matsuura^{*2}, Yoshihiro Mori^{*1}

^{*1} Emerging Media Initiative, Kanazawa University, ^{*2} Universal Shell Programming Laboratory Ltd.

“Monogramming” is a method for efficiently developing IoT devices by combining shell scripts and small-scale microcontrollers in a POSIX environment, which the authors have proposed and are working to promote. This method has been developed based on the assumption that engineers in the field will use this, but recently we are also aware of its application to programming education. In this paper, we describe our findings in applying the “Monogramming” method to programming education, as well as future developments.

キーワード: シェルスクリプト, IoT 教育, ものグラミング

1. はじめに

「ものグラミング」とは大野が発案し普及啓発に努めている, POSIX 環境下のシェルスクリプトを活用した IoT 機器を開発するための手法である。「ものグラミング」はいくつかの異なるアプローチがあるが, これらのうち「ものグラミング2」は POSIX 機と小規模なマイクロコントローラを組み合わせることで効率よく IoT 機器を開発できる。これまで「ものグラミング」は当該分野の技術者を念頭に置いて展開してきたが, 最近ではプログラミング教育への展開も意識するようになった。本報告では「ものグラミング」手法を外観した後, プログラミング教育へ応用する際に得た知見, 今後の教育現場展開について述べ, 技術面において派生した手法, 今後の展開についても述べる。

2. 背景

近年, 情報技術はさまざまな分野で活用され, それらの技術を持つ人材が必要とされている。2010 年代初頭には ICT などが, 2010 年代半ばからはデータサイエンスや DX, Society5.0 などの言葉で表わされる情報技術を元にした社会の変革が求められてきた。例えば, 第5期科学技術基本計画(2016年度から2020年度)(1)には, データドリブンな社会を目指すことが明記されている。データサイエンスの広まりからは, 数理・データサイエンス教育の

必要が求められ, 文部科学省では, 高等教育における「数理・データサイエンス・AI 教育認定制度(2)」が実施されている。

また, 2010 年代初頭頃から電子工作を中心としたメイカーによる新たなものづくりの潮流は, 新たな文化であるとしてクリス・アンダーソンによって名付けられた「メイカームーブメント(3)」が広がった。メイカームーブメントの広がりには, さまざまなマイクロコントローラ(以下マイコン)やセンサやアクチュエータ類を取り扱える電子回路が安価に入手できるようになったこと, 3D プリンタやレーザーカッターなどの工作機器の利用が簡単にできるようになったことなどを背景にしている。これはこれからの情報技術が, ソフトウェアだけでなく, 限定的ながらもハードウェアの取扱いも必要となることを示している。

2020 年代に入り, 工業化社会(Society3.0)から情報化社会(Society4.0)への移行は完了し, 社会全体にどのようなデータをどのように存在させるのか, そして存在するさまざまなデータをどのように活用するかが重要となっている。

このような流れの中で小規模な IoT デバイスを実装する際にどのようなマイコンを用い, どのようにしてインターネット上のクラウドサービスと連携させ, その際のセキュリティをどのように確保し, どのような言語で記述す

ればよいかについてはさまざまな方法を検討する余地があった。今回報告する「ものグラミング」はこの問題に対するわれわれの回答である。

3. 関連研究

「ものグラミング」の基本的な考え方の一つである「POSIX 環境下のシェルスクリプトの活用」は、POSIX 中心主義というプログラミング指針 (4) が元になっている。POSIX 中心主義とは、ソフトウェアの持続可能性を向上させるための指針であり、一つの企業・団体等が権利を所有するソフトウェアへの依存を極力なくすことによって自ソフトウェアの寿命を延ばそうとする戦術をとる。具体的には、国際規格である POSIX (5) の仕様書に記載されているもののみに依存することを原則とし、POSIX の互換性・持続性の高さと自ソフトウェアの互換性・自足性を担保する。「ものグラミング」が主たる言語としてシェルスクリプトを採用しているのも、それが POSIX 文書に記載されているからである。

また、「ものグラミング」においては、ホストデバイス間のデータ送受信路としてしばしば調歩同期方シリアル通信 (USB によるエミュレーションも含む) や MQTT (6) を採用する。その理由は、これらを UNIX ホストから見た場合、キャラクタ型デバイスファイルとして扱えたり、UNIX のパイプライン経由で接続可能なコマンドとしてデータ交換ができ、既存の UNIX コマンドとの親和性がよいためである。UART (シリアル通信用回路) のみを持つ単純なデバイスには前者で、TCP/IP スタックを搭載してネットワークを介して接続できるデバイスには後者での通信を採用する。

「ものグラミング」が採用しているシェルスクリプトは、その必要性が注目されており、2020 年初頭には、MIT が「The Missing Semester of Your CS Education (7)」という形でレクチャーが YouTube で公開され、講義資料はボランティアのサポートを受けて各国語に翻訳されている。オンライン公開された。ここでは「コンピュータに代表される計算システムは、手作業を自動化するようにつくられているが、多くの学習者は、繰り返し作業を手作業で行ったり、IoT 機器の操作やデータ処理などでコマンドライン

インターフェースのツール、特にシェルを十分に活用できていない。」と述べている。

4. 「ものグラミング」

現在「ものグラミング」と呼ぶ手法は、2012 年に発売された Raspberry Pi (9) を発売開始直後から積極的に利用する過程で自然発生的に発案され、その後いくつかの形態に分化して現在に至る「ものづくり」のためのプログラミング方式である。「ものグラミング」は「ものづくり」と「プログラミング」を合わせた大野らによる造語で、英語では Monogramming と表記する。「ものグラミング」の発案当時から変遷を図示すると図 1 のようになる。

以下にこの図を構成するさまざまな「ものグラミング」の特徴をまとめる。

4.1 ものグラミング 1

Raspberry Pi の OS である Raspbian (現在の Raspberry Pi OS) では 2012 年当時から gpio コマンド (10) が利用可能だった。gpio コマンドは Raspberry Pi が提供している GPIO ピンを個別に操作できるコマンドで、このコマンドを使うことで Raspbian 上のシェルからそれぞれの GPIO ピンをデジタル入力またはデジタル出力用途に割り当てることが可能だった。特製のデバイスドライバを開発したり ioctl() システムコールを伴うようなシステムプログラミングをせずとも POSIX 系 OS を搭載したコンピュータ (以下 POSIX 機) の上で一般権限のユーザがデジタル I/O をコマンドを介して実行できるのは画期的な特徴であった。以下に gpio コマンドを使って LED を 2 秒周期で点滅せるコマンドラインを示す。

```
$ while [ 1 ]; do gpio -g write 4 1;
sleep 1; gpio -g write 4 0; sleep 1; done
```

しかし、Raspberry Pi が搭載していない機能は当然ながら利用できず何らかのハードウェアの追加が必要だった。たとえば A/D 変換器を搭載していないためアナログデータを取り込むコマンドは用意されていない。

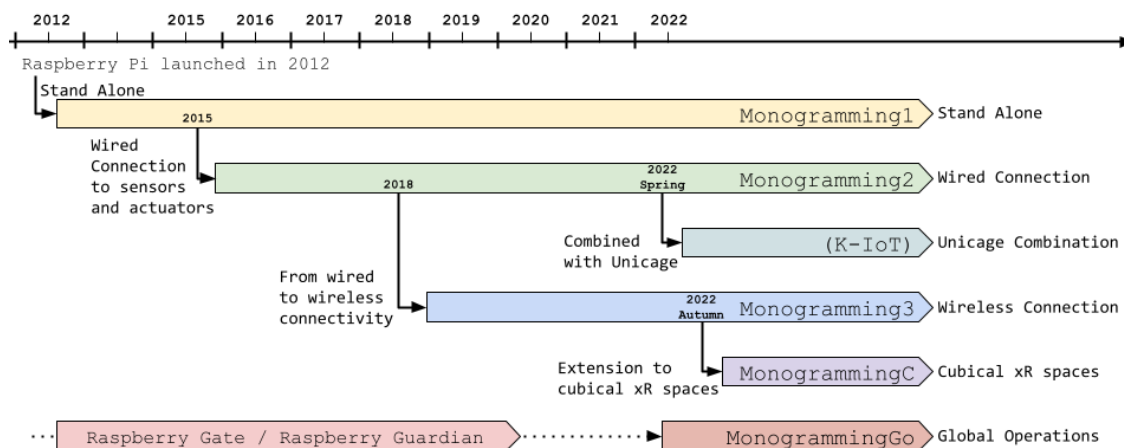


図 1 ものグラミングの発展

4.2 ものグラミング 2

2015 年頃に命名した「ものグラミング 2」は、現在に至るも主流となる方式である。「ものグラミング 1」では Raspberry Pi 単体でデジタル入出力を行ったが、「ものグラミング 2」では Arduino UNO Rev.3 (8) のような小規模なマイクロコントローラ (以下、マイコン) と Raspberry Pi のような POSIX OS を搭載した手のひらサイズかそれより小型の組み込み用途のコンピュータを使い、「選択と集中」のコンセプトをもとにそれぞれに役割を分担させている。具体的には、マイコン側にはネットワークを介した通信機能を持たせないかわりにマイコンが得意とするデジタル入出力やアナログ入出力に専念させ、POSIX 機はクラウド上のサービスとの通信や当該通信のセキュリティ確保に専念するかわりに実際の入出力は担当しない。この切り分けはマイコンと POSIX 機の得意とする分野を考えれば自然なことである。この場合、マイコンと POSIX 機を接続する必要があるが、有線接続による非同期シリアル通信で賄っている。この相互有線接続も「ものグラミング 2」の大きな特徴である。ここで問題となるのがマイコンとの非同期シリアル通信をコマンドでどうやって表現するかである。もちろん、目的に合致したコマンドを新たに開発することもできるがわれわれは既存の `cu` コマンドを用いて以下のように実現している。この例では `command1` の出力をマイコンのシリアルポートに送出し、マイコンのシリアルポートを介した出力を `command2` の標準入力に送り込んでいる。`command1` や `command2` がたと

えば MQTT のクライアントである `mosquitto_sub` や `mosquitto_pub` コマンドであれば、これだけでマイコンはインターネット上のサービスと連携できることになる。

```
$ command1 | cu -l /dev/ttyACM0 | command2
```

4.3 ものグラミング 3

「ものグラミング 3」は、当初は「ものグラミング 2」との対比ために 2018 年に発案された方式である。前項で述べたように「ものグラミング 2」では、マイコンと POSIX 機を優先接続している。実際には Raspberry Pi の大きさは Arduino の大きさはそれほど変わらないので両者を同じ場所に設置すれば有線接続距離は数 cm であるし、Raspberry Pi には Wi-Fi 機能を持たせられるので、「ものグラミング 2」方式で実装した IoT 機器はワイヤレス機器にできるが、実際にはマイコンと Raspberry Pi もワイヤレス接続したいという要求があった。実際にはこの部分を無線接続としてしまうとセキュリティ上の問題が生じる。数 cm の有線接続であれば、この部分で情報を取り出すためのタッピングを発見されずに行うことは実質的には不可能であるが、この部分が無線通信であれば通信の傍受はある程度離れた場所からも可能である。傍受されても通信内容が漏洩しないようにするためには暗号化が必要になるが、これはマイコン側には大きな負担になるし、マイコン k によっては限られた処理能力から実行できない場合もある。当初の「ものグラミング 3」は、このことを明確にし理解を促すことを目的に準備したという経緯があるた

め、それほど積極的には展開されなかった。

4.4 ものグラミング C

「ものグラミング 3」は、上述のような特徴ゆえにその普及には積極的ではなかったが、2022 年になり「ものグラミング 3」から「ものグラミング C」が分岐した。「ものグラミング C」は今後一定の普及が見込めるバーチャル・リアリティヘッドセットを POSIX 機からコマンドを介して利用する方式である。この方式は特定のバーチャル・リアリティヘッドセットを対象にしているのではないが、どのようなバーチャル・リアリティヘッドセットであっても当該ヘッドセットと POSIX 機との接続は無線接続となることが予想されるので、「ものグラミング 2」ではなく「ものグラミング 3」を発展させて実現することとした。なお、表記上は「ものグラミング C」であるが、発声する場合は「ものグラミング・タイプ C」とする場合が多い。

4.5 ものグラミング Go

これまで述べた 4 種類の「ものグラミング」が接続形態の提案であるのに対し、「ものグラミング Go」管理方式の提案である。「ものグラミング」では POSIX 機単体（ものグラミング 1）か、選択と集中のコンセプトに基づいたマイコンと POSIX 機から構成されており、インターネット上のクラウドサービスと通信を行う場合だけでなく、会社や学校などのインターネットとの直接通信ができないネットワーク上であっても通信上のセキュリティを確保するためのセキュリティゲートウェイが必要である。通常は POSIX 機がその機能を担うが、「ものグラミング」方式の基づく IoT 機器が複数存在する場合、セキュリティゲートウェイのポリシーを一括して管理したり、遠隔地に設置した「ものグラミング」方式に基づく IoT 機器と相互連携する場合などには、VPN のような安全な仮想通信路を提供する必要がある。このような用途に適した IoT 機器向けのセキュリティゲートウェイとそのポリシーの管理方式の一つに大野らが開発を続けている Raspberry Gate (11) と Raspberry Guardian (12) がある。Raspberry Gate と Raspberry Guardian を「ものグラミング」方式で運用する IoT 機器群のために転用したのが「ものグラミング Go (Global Operations)」である。

4.6 K-IoT

これまで取り上げた 5 つが「ものグラミング」の主要な 5 つであるが、これとは別に「ものグラミング 2」から分岐する形で生まれたのが「K-IoT」である。

K-IoT とは、「ものグラミング」の考え方に基づく教育を、松浦が属する企業（USP 研究所）の社内講習として展開するにあたっての名称である。5. 節で記す活動は教育機関に向けたものであり、コンピュータリテラシー教育を主眼としている。一方 K-IoT は、営利企業の従業員が業務案件をこなせるようになるための実践教育を主眼としており、実際の業務で取り扱う具体的な製品の取り扱い、また、業務レベル品質での開発者を養成するための講義・実習内容を取り入れている。

K-IoT のもう一つの特徴は、USP 研究所が推進している業務システム開発フレームワークであるユニケーj開発手法 (13) と強く結びついた講習内容としている点である。ユニケーj開発手法は、UNIX 哲学 (14) の考え方をベースにし、業務システム開発の生産効率や費用対効果を上げることが主眼にまとめられたフレームワークであるが、そこで確立されたマネジメント手法やプログラミング技法、ソフトウェアライブラリ（UNIX コマンド）等を IoT 分野に応用し、「ものグラミング」の考え方との融合あるいは連携を図っている。

K-IoT の講習会を通し、受講者達は「ものグラミング」の考え方への理解が進んだ。その結果、市販されている電子機器が持つ汎用的な機能を UNIX コマンドとして作り置き開発がより簡単にできるという発想を持つに至っており、新たなコマンドの開発が進んでいる。

5. プログラミング教育への展開

5.1 「ものグラミング」の演習型講義への展開

メイカームーブメントは、電子回路を利用した電子工作を中心としたものづくりへの挑戦をしやすい環境を作った。一方で、これまでマイコンボードを用いた電子工作を完成させるために必須だったプログラミングが、インターネットへの接続機能などの付加により複雑さが増しており、この知識や技術の習得へのコストが挑戦への躊躇要因

となっている。これを解決するために提供する方法が「ものグラミング」であり、われわれは POSIX 環境下での「ものグラミング」によるプログラミング教育を作成し、演習型の講義として実施した。

このプログラミング教育の目的は、以下の 3 点に集約している。

1. センサやアクチュエータなどの簡単な操作方法の習得
2. 「ものグラミング」の考え方を踏まえた 1 行のシェルスクリプトを用いて、センサから取得したデータをクラウドへの送信したり、クラウドに送信されたデータをパソコンやスマートホンで受信したりする流れを MQTT を使って実現する方法の習得
3. 同様に、MQTT を使って、パソコンやスマートホンからクラウドを介してアクチュエータや表示器を制御する方法の習得

「ものグラミング」によるプログラミングを学ぶ講義では、シェルスクリプトを使用した演習を行うことが前提となる。そのため、学習者が講義中に使用するノートパソコンと、そのノートパソコン内に POSIX に準拠した UNIX 系 OS が使用可能な環境の構築を前提となる。学習者が準備したノートパソコンが、WindowsOS であれば WSL (Windows Subsystem for Linux) をインストールさせて POSIX 環境を確保し、macOS もしくは Linux であればそれ自体が POSIX 環境であるので最初から利用可能なターミナルを使用した。macOS のターミナルを使用する場合は、Homebrew (15) をインストールさせた。一方、WSL 上では Ubuntu を導入するのでコマンド管理には apt コマンドを用いることとし、apt-get コマンドは非推奨とした。シェルには sh, csh, bash, zsh などがあるが、対話的利用では bash を、シェルスクリプトでは sh を用いることを原則とした。bash を使用する場合は、必要に応じて、最近の macOS で採用されている zsh への読み替え方法などを提供する。ここまでの対応で、学習者は自身が持つパソコンで POSIX 環境下の CLI 端末を使用でき、パソコンの OS の種類によらず、シェル上の操作やシェルスクリプトプログラミングなどの作業を同じように実施可

能になる。

講義ではその後、CLI による操作方法、コマンドライン入力とは何か、コマンド入力の方法、記号の読み方と入力方法などの説明を行う。コマンドライン入力は、UNIX コマンドによる処理がファイルの処理であることから説明する。これは前述の UNIX 哲学に基づく処理であること、その中のシェルスクリプトのコマンド群は C 言語などによるプログラミングの結果の活用に限らないこと、シェルスクリプトのコマンドを使って、データ処理を行う場合、その多くは、データファイル内に書かれたプレーンテキストを扱うことになり、直観的な作業が可能になることを説明する。そして、1 コマンド毎の結果を確認しながら、コマンドとコマンドを「| (パイプ)」で繋ぐことで、段階を追った作業が可能となり、最終的にある特定のファイル処理を行うスクリプトが完成する。これは扱うデータの発生源や種類、規模が異なっても、同じような作業となる。ここまで行うことで、環境構築が完了する。

5.2 「ものグラミング」を応用した教材開発

「ものグラミング」をテーマとした数々の講義を実施する活動と並行して、これら講義で用いる教材としても役立てられる様々なソフトウェアやハードウェアの開発も行っている。

2019 年から、われわれは「タイミング管理コマンド」(16) と称する UNIX コマンド群を作成している。これは、UNIX の標準入出力を流れるデータのタイミングを自在に制御することで、データの値のみならず、それらの到来時刻にも情報的価値を持たせようとするものである。音楽データの通信規格である MIDI メッセージは、演奏における楽器の種類や音程等を値で表現している一方、リズムについてはデータの送出タイミングで表現しているが、これと同様の考え方である。タイミング管理コマンドの作成によって、「ものグラミング」におけるデバイスからの到来データにタイムスタンプを付けたり、あるいは付加したタイムスタンプに基づくタイミングに従って出力値をデバイスに送信することが容易になった。

タイミング管理コマンドによって、センサデバイスから報告される値の時刻を計測すること、それに基づくア

クチュエータデバイスへの出力値計算を、「ものグラミング」の考え方に則って実装することが容易になったため、それを応用した倒立振り子ロボットの開発にも成功した(17)(18)。この倒立振り子は三つのセンサ(加速度・ジャイロ・ロータリーエンコード)と同軸二輪のモータを搭載しており、それらセンサから逐次報告される計測値にタイムスタンプを付加し、独自開発したカルマンフィルタコマンドでノイズを除去した後、同様に開発した線形二次ガウシアン制御やPID制御コマンドに通して制御計算を行い、モータへの出力値を計算・送出している。これは、フィードバック制御になっており、データのループはUNIXの無名パイプおよび名前付きパイプという従来から存在する仕組みのみで実装されている。

また、タイミング管理コマンドを応用してバーサライタを製作することにも成功した(19)。バーサライタとは、LED等の点光源を直線状に並べ、それを回転または平行移動させている間に各点光源を高速に明滅させることで、残像として文字や図形を浮かび上がらせる装置であるが、人間の目の特性上、実用性を持たせるには1/100秒(10ミリ秒)オーダーで明滅させられる性能が求められる。しかし、文献(18)での検証から、Raspberry Pi 3B+程度の安価なPC、かつそこで非リアルタイムな通常のLinuxカーネルを用いていても、タイミング管理コマンドによってUNIXのパイプからバーサライタ一列分(30バイト程度)のデータが10ミリ秒オーダー精度で送出可能であることが確かめられたため、実際に製作し、文字のビットマップデータを送りながら装置を振るとその文字が浮かび上がることを確認した。

これらの成果は、「ものグラミング」学習促進のための教材としても活用する計画である。

6. 金沢大学内外での普及啓発活動

6.1 金沢大学などでの教育活動

われわれは、前節(5.1)で示した「ものグラミング」の普及啓発のための演習型講義として、金沢大学にて「シェルスクリプトを用いた「ものグラミング」演習(1単位全8回)」と「シェルスクリプトを用いた「ものグラミングと大規模データ処理」演習(2単位集中講義)」という演習型講

義を実施している。また、石川県内の高等教育機関が連携して組織している大学コンソーシアム石川で開講されているいしかわシティカレッジ(20)では、「クラウド時代のものグラミング概論(2単位全16回)」を実施している。実施時期などについては、図2にタイムラインを記した。特に、大学コンソーシアム石川いしかわシティカレッジ開講講義では、金沢大学以外の学生や石川県内外の市民まで履修できる講義である。

6.2 海外での教育活動

「ものグラミング」手法の普及啓発を意図した教育活動はすでに海外でも実施している。以下では地域別にこれまでの経緯を述べる。

6.2.1 インド

インドでは2018年にハイデラバード州のハイデラバード工科大学において、「ものグラミング1」をベースにしたワークショップを開催した。当時はまだ「ものグラミング2」手法が確立していない時期だったため、コマンドラインやシェルスクリプトを活用してRaspberry Pi単体でデジタル入出力を行う方法(すなわち「ものグラミング1」)を実践して見せた。同大学からは「いつでも再来訪歓迎」との連絡を受けている。

6.2.2 カナダ

カナダ最東端のノバスコシア州の州都ハリファクスには同州最大となる州立ダルハウジー大学がある。大野はこの大学のコンピュータ工学部に2018年にサバティカル研修で5ヶ月ほど滞在した。滞在中、訪問先の研究室で「ものグラミング1」手法を学部および大学院生に伝えたとともに、まだ完成はしていなかった「ものグラミング2」手法についても議論しその内容を発展させた。2018年9月に帰国した後も、同大学の同学部には2018年に1度、2019年に2度、2020年に1度訪問して「ものグラミングワークショップ」や関連レクチャーを開催している。滞在先の研究室とはほぼ毎週開催されている定例研究ミーティングに継続して参加しており(21)、こちらの現状を常に更新して対面でのワークショップを開催したい旨を伝えているので、いつでもワークショップを対面で開催できる準備は整っている。先方では「ものグラミング」の考え方を取り

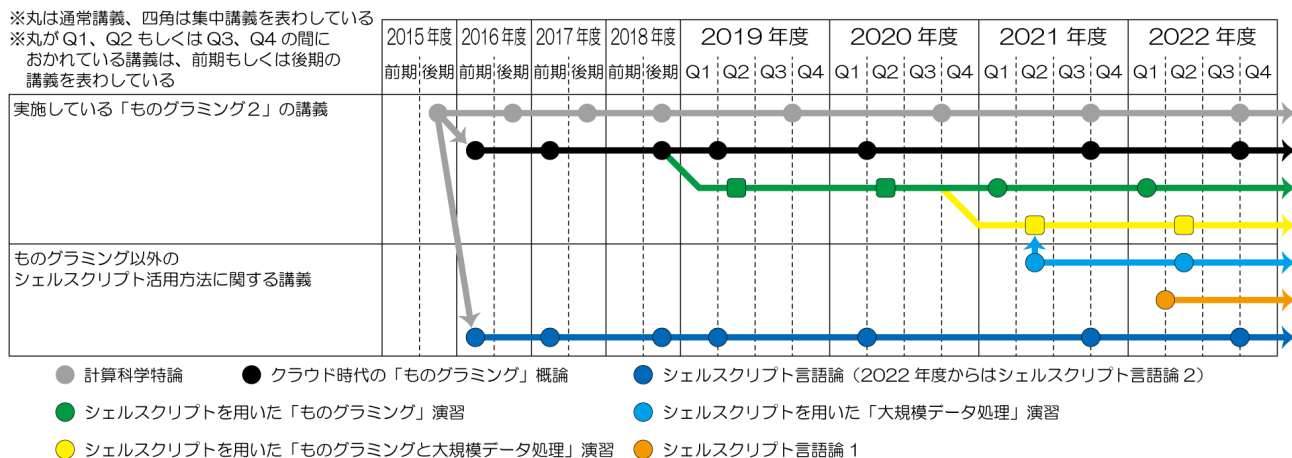


図2 これまでの教育実践による講義の流れ

入れた学部生や修士課程の学生が卒業論文や修士論文を書き上げており、「ものグラミング」は一定の知名度を得ている。

6.2.3 ポルトガル

ポルトガルのリスボンには松浦が所属するユニバーサル・シェル・プログラミング研究所のヨーロッパ拠点がある。同拠点から紹介を受け、同拠点技術者とともに2018年にリスボン大学工学部を訪問し、「ものグラミング1」について技術的説明を行い今後の連携について話し合いを行った。

6.2.4 タイ

大野と森が所属する金沢大学学術メディア創成センターには、2022年4月までタイから来日して国内で修士課程と博士課程を終えて学位を取得し、その後金沢大学に就職し、われわれの研究グループに合流した教員がおり、2022年5月にタイに帰国し現職（カセサート大学）に就いている。このためカセサート大学のコンピュータ工学部には「ものグラミング」を受け入れる人的環境が整っている。対面実施が望ましい実機を用いる「ものグラミング」ワークショップを、2023年度には実施する方向で調整している。

7. 考察

「ものグラミング1」ではPOSIX機単体でIoT機器の構築を目指し、「ものグラミング2」や「ものグラミング3」ではマイコンとPOSIX機を連携させている。いずれの方法でもマイコンのみでIoT機器を構築するようなことはしない。しかし、実際の現場ではESP-8266やESP-32

のような32bitマイコンとWi-Fi機能を組み合わせ、マイコン単体でインターネット上のクラウドサービスと連携させている事例が多い。われわれはこの方法にはいくつかのリスクがあると考えている。まず、単体のマイコンが搭載するTCP/IPやUDP/IPプロトコルスタックの品質が不明である。このためこれらのマイコンがインターネット側からWi-Fiを経由して攻撃を受けるリスクについて評価できない。また現在の実装はIPv4に限定されておりIPv6への対応については不明である。また対応しているIPv4についてもRFCに準拠したIPv4を完全にサポートしているのかそのサブセットなのかは不明である。仮にあるマイコンについてはIPv4の性能と安全性が確認されたとしても、他のマイコンについては別途確認しなければならない。一方、ものグラミング方式においては、マイコンは有線または無線接続でPOSIX機と通信を行う以上のことはせず、実際のインターネットとの通信はPOSIX機（たとえばRaspberry Pi）が行う。この場合POSIX機の通信機能は現用のサーバやルータなどのプロトコルスタックと同一である。それらはオープンソースなので安全性の確認が確実にでき、万一新たな脆弱性が見いだされた場合にはサーバやルータに対する脆弱性対策が速やかに公表されるのでそれをそのまま適用すればよい。この点は、マイコン単体ですべて行う方式に対する大きな利点である。

8. おわりに

本報告では、われわれが取り組んでいる「ものグラミング」によるIoT開発とその進展を述べ、プログラミング教

育への展開について述べた。

ものグラミング手法はそのいずれもが IoT 機器の開発を念頭に置いて開発され使われてきたが、IoT 機器開発を業務とせずとも、「シェルスクリプトを用いた電子工作向けプログラミング教育」として教育現場に投入できると考え実践してきたので本報告ではその現状について述べた。ものグラミング手法のプログラミング教育への展開は引き続き実施し、海外展開を視野に入れつつその内容を充実させたい。

謝辞

カナダ国ノバスコシア州立ダルハウジー大学コンピュータサイエンス学部教授の Prof. Sampalli および同教授の研究室の大学院生からは「ものグラミング」の有効性について検討する際に多くの示唆を得た。この経験が、RaspberryCom*PoTE の開発を後押しした。ここに記して感謝したい。

参 考 文 献

- (1) 内閣府-科学技術政策：科学技術基本計画，
<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html> (2022 年 10 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 10 月 5 日確認)。
- (3) Anderson, Chris : Makers: The New Industrial Revolution, Crown Business (2014)。
- (4) 松浦智之, 大野浩之, 當仲寛哲: “ソフトウェアの高い互換性と長い持続性を目指す POSIX 中心主義プログラミング”, デジタルプラクティス Vol.8, No.4, pp.352-360, (2017)。
- (5) What is POSIX?, The Open Group,
<https://collaboration.opengroup.org/external/pasc.org/plato/> (2022 年 10 月 5 日確認)。
- (6) MQTT - The Standard for IoT Messaging, OASIS,
<https://mqtt.org/> (2022 年 10 月 5 日確認)。
- (7) Anish, Athalye and Jon, Gjengset and Ortiz, Jose Javier Gonzalez : “The missing semester of your CS education (日本語版)”, <https://missing-semester-jp.github.io/> (2022 年 10 月 5 日確認)。
- (8) Arduino Foundation “Arduino”
<https://www.arduino.cc/> (2022 年 10 月 5 日確認)。
- (9) Raspberry Foundation, <https://www.raspberrypi.org/> (2022 年 10 月 5 日確認)。
- (10) Wiring Pi, “GPIO Interface library for the Raspberry Pi”, <http://wiringpi.com/> (2022 年 10 月 5 日確認)。
- (11) 大野浩之, 鈴木裕信, 北口善明, “Raspberry Gate の設計と実装：IoT 時代に資するセキュリティゲートウェイの構築”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.116, No.282, pp.21-26
- (12) Shuting Hu, Hironobu Suzuki, Yoshiaki Kitaguchi, Hiroyuki Ohno, Srinivas Sampalli : “Design, Implementation and Performance Measurement of Raspberry Gate in the IoT Field”, Proceedings of the 2019 4th International Conference on Cloud Computing and Internet of Things, pp.82–89 (2019)
- (13) 有限会社ユニバーサル・シェル・プログラミング研究所：“ユニケーj開発手法”, <https://www.usp-lab.com/methodology.html> (2022 年 10 月 5 日確認)。
- (14) Gancarz Mike : “UNIX という考え方: その設計思想と哲学”, 株式会社 オーム社 (2001)。
- (15) Howell, Max : Homebrew, https://brew.sh/index_ja (2022 年 10 月 5 日確認)。
- (16) Timing Management Commands in POSIX, USP NCNT プロジェクト, https://github.com/NCNT/TimingCmds_in_POSIX (2022 年 10 月 5 日確認)。
- (17) 柳戸新一, 松浦智之, 鈴木裕信, 大野浩之: “シェルスクリプトを用いた UNIX 哲学に基づくリアルタイム制御”, ソフトウェア・シンポジウム 2021, (2021) 。
- (18) 松浦智之, 柳戸新一, 大野浩之: “UNIX 機における IoT 機器制御のためのタイミング管理”, ソフトウェア・シンポジウム 2021, (2021) 。
- (19) 松浦智之: “シェルスクリプトによる入出力のタイミング制御”, シェルスクリプトマガジン, Vol.76, pp.84-88, USP 出版, (2022)。
- (20) 大学コンソーシアム石川：いしかわシティカレッジについて, <https://www.ucon-i.jp/newsite/city-college> (2022 年 10 月 5 日確認)。
- (21) Dalhousie University : Facing an “Internet of Things” future,
https://www.dal.ca/faculty/computerscience/news-events/news/2019/03/12/facing_an_internet_of_things_future.html
(2022 年 10 月 5 日確認)。

没入型 VR を利用した大量調理シミュレータの開発

中山 洋^{*1} 堀端 薫^{*2}

^{*1} 東京電機大学 理工学部 情報システムデザイン学系

^{*2} 女子栄養大学 栄養学部 栄養実践学科

Development of mass cooking simulator using immersive VR

Hiroshi NAKAYAMA^{*1}, Kaoru HORIBATA^{*2}

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

Kagawa Nutrition University ^{*2}, Department of Applied Nutrition ^{*2},

The purpose of this research is to develop a large-scale cooking simulator that enables the acquisition of sufficiently basic skills. In the preliminary research, we developed a mass cooking simulator using Virtual Reality (hereafter referred to as VR). Then, an experiment was conducted to examine the difference in movement between experts and beginners. However, no consideration was given to how the ingredients change color, the process of adding ingredients during cooking, or the cooking time. Therefore, in this study, we change the color of each side of the ingredients and let the subjects confirm the addition of the ingredients and the completion of cooking by the color change. Next, we conducted an experiment aimed at clarifying the difference between experts and beginners by comparing the cooking time and ingredients. As a result, by using this simulator, it was found that there is a difference in the cooking time and the state of the ingredients between the expert and the beginner. In addition, it was clarified that the cause was the difference in stirring technique between the expert and the beginner.

Keyword: 大量調理、シミュレータ、バーチャルリアリティ (VR)、

1. 背景

現在、栄養士資格を取得するには、厚生労働大臣の指定した栄養士養成施設において、法律で定められた栄養士資格必修項目をすべて履修し、卒業することが定められている。しかし、給食管理実習などの集団調理実習では、作業を分担して大量の調理を行うため、少ない実習実施回数の中で、1人の学生が関わることでできる調理が少なく、実習の全体像を把握できないという問題がある。また、大量の具材と大型の調理器具を扱うため多くの経費を必要とする。さらに、重労働となる実習の特質上、現状での女子大学や女子短大における栄養士養成施設での集団調理実習では、女性の実習環境として適切であると言えない。しかし、「給食の運営」は、法律で定められた科目であるにもかかわらず、実習による十分な理解と経験を得られる状況が整っていない。それらの問題を解決するために、

前提研究では、Virtual Reality(以下 VR)を用いた大量調理シミュレータを開発した。また、VRを用いた大量調理シミュレータには、上半身の動き以外の評価項目がないため、新たな評価基準を定めるために、スパテラと具材の動きから熟練者と初心者との差を検討することを目的とした実験を行った。その結果、熟練者と初心者でスパテラの動かし方に差が明らかになった。しかし、前提研究では想定される状況が限られており、具材の色の变化の仕方や調理中に具材を加えるという工程、調理時間が考慮されていなかった。

2. 目的

前提研究の課題を受けて、本研究では具材の面ごとに色を変化させて、色の变化から被験者に具材の追加と調理の終了をしてもらい、調理時間や具材の状態を比較す

ることによって具材の色の变化と具材を加える工程を追加したときの熟練者と初心者の差を検討する。

3. システム概要

本システムは、事前学習機能と測定機能の 2 つの機能で構成されている。

事前学習機能の様子を図1に示す。本システムでは肉、ピーマン、タケノコを使用し、前年と同じように具材の回転釜との接触時間で変化する値(以下接触値)によって見た目が変化するが、今年は二色で面ごとに色が変わるようになった。また、具材に熱伝導率を設定し、野菜は肉の2分の1の速度で色が変わるようにした。事前学習機能では、測定の仕方を説明している。



図 1 事前学習機能の様子

測定機能の様子を図2に示す。測定機能では被験者がスパテラを使用してVR上の回転釜に入っている肉をかき混ぜ、焼けた状態になったらピーマンとタケノコを同時に追加し、ピーマンが焼けた状態になったら調理を終了する。その際、調理時間と具材の接触値の2種類のデータを取得する



図 2 測定機能の様子

4. 実験概要

野菜を追加してから測定を終了するまでの時間を野菜の調理時間として、熟練者と初心者の平均値を図 3 に示す。図 3 より、野菜の調理時間の平均値は熟練者と初心者で大きな差が出た。

5. 結果

野菜を追加してから測定を終了するまでの時間を野菜の調理時間として、熟練者と初心者の平均値を図 3 に示す。図 3 より、野菜の調理時間の平均値は熟練者と初心者で大きな差が出た。

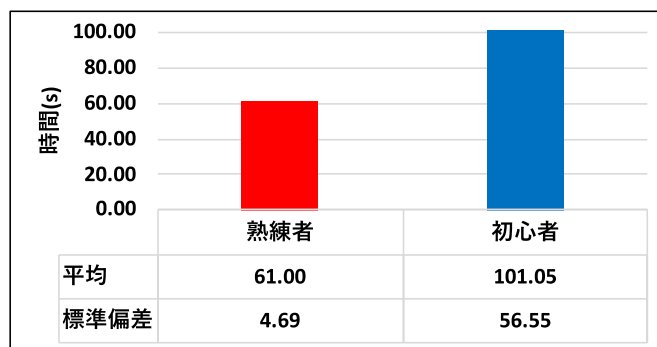


図 3 野菜の調理時間の平均

肉の調理時間ごとの接触値の変動係数の平均値を図 4 に示す。図 4 より、熟練者の方が初心者より変動係数の平均値が常に低い値であった。

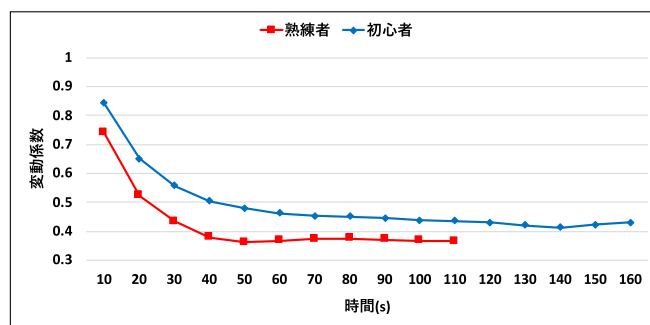


図 4 肉の調理時間ごとの接触値の変動係数の平均値

アンケートの結果を図 5 に示す。この結果から肉の色の变化は分かりやすく、ピーマンの色の变化は分かりにくかったということが分かった

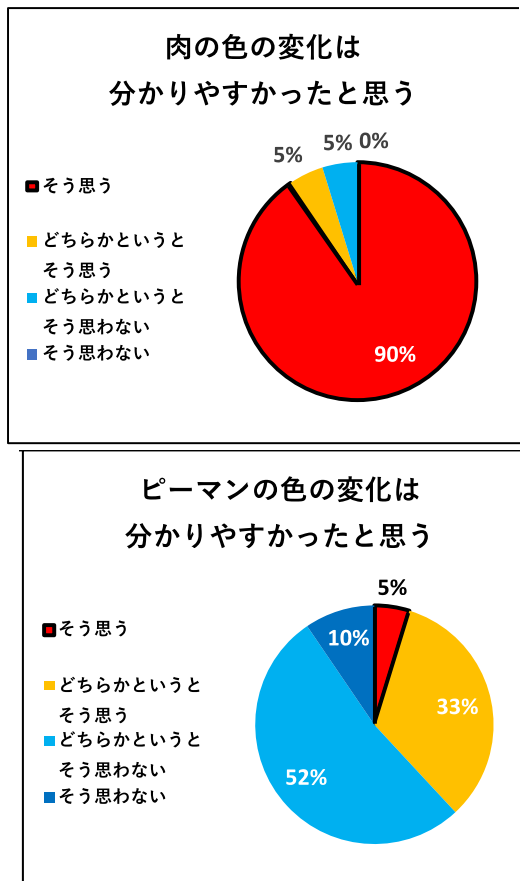


図5 アンケートの結果

6. 実験概要

本シミュレータ実験の内容、得られた実験結果に基づいて考察を行う。

① 熟練者と初心者の差違

結果から、野菜の調理時間の平均値が熟練者より初心者の方が高く、熟練者は初心者より接触値の変動係数の平均値が常に低かったことが分かった。このことから、熟練者は具材を焼けむらが少なく炒められるが、初心者は焼けむらが多くでてしまい、焼けむら無くそうとする分、調理時間が長くなってしまふと考えられる。

② アンケート結果

ピーマンの色の变化は分かりにくかったということから、ピーマンの色の変わり幅が小さく、色があまり変わらないため、適切な焼き加減（適切な色）になったかどうかの判断がしにくかったと考えられる。

7. まとめと今後の課題

前提研究をふまえ、具材の色の变化の仕方や調理中の具材の追加、調理時間の設定を行い、調理時間と具材の

状態から熟練者と初心者の差違を検討した。実験の結果、取得した調理時間と具材の接触値に熟練者と初心者で差があることが確認できた。また、その原因が攪拌技術の差であることが明らかになった。

今後の課題として、VRを用いた大量調理シミュレータをより実際の調理に近づけるために、具材の種類の拡充や、調理中に調味料を加えるといった調理工程の追加を検討している。

謝辞

本研究の実験にあたり協力をいただいた東京電機大学および女子栄養大学の被験者である学生に感謝する。

参考文献

- (1) 櫻井 皓太 (15RD081):VRを用いた大量調理シミュレータの開発 ny-2018-02 東京電機大学 平成 30 年度卒業論文
- (2) 秋月 乃行 (16RD002), 原田 直哉 (16RD146), 渡辺 崇 (16RD192):「没入型 VR を利用した大量調理シミュレータの開発-熟練者と初心者の動きの差違の検討-」 ny2019-01 東京電機大学平成 31 年度卒業論文
- (3) 食品の熱伝導度 (1/2)<http://ebw.engbook.com/pdfs/16994cdba81f4a280c41e82dc26c801e.pdf> (最終参照 2020-12-18)
- (4) Unity で片面ずつ焼ける肉をつくった話 <http://sasanon.hatenablog.jp/entry/2018/09/22/111311> (最終参照 2020-12-18)
- (5) 加藤史洋:「リアルタイム伝熱シミュレーションによる加熱調理のバーチャルリアリティ」, 東京工業大学, 2016

脳波・小テスト・アンケートを用いた 少人数授業における集中度と理解度の推移

塩尻(斎藤)亜希^{*1}, 上條浩一^{*1}, 鈴木圭^{*2}, 大関和夫^{*1}, 鈴木雅実^{*1}, 菅谷みどり^{*2}

^{*1} 東京国際工科専門職大学

^{*2} 芝浦工業大学

Changes in Concentration and Comprehension in a Small Class Using EEG, Test, and Questionnaires

Aki SHIOJIRI(SAITO)^{*1}, Koichi KAMIJO^{*1}, Kei SUZUKI^{*2},
Kazuo OHZEKI^{*1}, Masami SUZUKI^{*1}, Midori SUGAYA^{*2}

^{*1} International Professional University of Technology in Tokyo

^{*2} Shibaura Institute of Technology

The recent COVID-19 pandemic has increased the demand for education online. Aside from online classes, effective teacher behaviors in face-to-face classes are not always clear. Therefore, this study identifies teacher behaviors that enhance student concentration and proposes effective teaching methods. We taught a total of 90 students in face-to-face classes, where we analyzed brain wave fluctuations, changes in test scores before and after class, and post-class questionnaires. As a result, we found that there is a correlation between certain teacher behaviors and students' ability to concentrate. We also found a discrepancy between the students' concentration (EEG) and their own perception of concentration in the questionnaires.

キーワード: 脳波, 自己評価, 集中度, 授業アンケート, 高等教育

1. はじめに

昨今の新型コロナウイルスの流行に伴い、感染症対策の一環として教育現場にも遠隔教育の一形態であるオンライン授業が急速に取り入れられはじめている。オンライン授業は、歴史をたどればインターネットの普及に伴い、インターネットを介した教育手段として1990年代頃から大学でも広く採用され、最近では文部科学省から遠隔教育システムの効果的な活用に関する実証^①も報告されている。しかし、このような実証報告や先行研究における評価は、対面授業もしくはオンライン授業といった教育形態に関わらず、予測や推測で評価・議論されることが多い。また、定量評価方法も、学生が回答する授業アンケートを用いた数値化を手法とすることが一般的で、恣意的な意見を避けるこ

とが難しいことが懸念され、テキストマイニングを使った分析などが進められているものの、アンケート結果によっては、評価システムが教職員の意欲を奪っていると言われることもある^②。他方、テストの結果から教育効果を議論することも多々あるが、定量的かつ即効性を伴う理解度の把握に特化した教育効果の評価という点では有効であると考えられるものの、テストの難易度や今後の学修意欲など、中長期的教育効果まで鑑みれば、テストの結果のみで議論を繰り広げることにも必ずしも効果的であるとは言えない^③。

そこで本研究では、従来のアンケートや理解度確認テストを用いた教育効果ではなく、恣意的な操作などに極力左右されない客観的、かつ、中長期的視点で教育効果を評価するために、学生の脳波情報を用いて検証することを試みた。

2. 方法

2.1 授業実施方法

本研究では、東京国際工科専門職大学の工科学部情報工学科の「Python プログラミング(1 年次後期選択)」および「プログラミング概論(2 年次前期必須)」の講義・演習科目の補講として同学科に所属する 2 年次の学生(全 121 名)を対象に受講者を募った。補講の実施に当たり、事前に授業内容の詳細から当該研究の趣旨、及び倫理的配慮の記載された資料を作成し、説明の機会を対面にて設け 38 名の被験者を集め実施を行った。

2.1.1 授業実施時期

補講は 1 講義あたり 60 分とし、2022 年 6 月 28、7 月 5、12 日の全 3 回を行った。結果、延べ 90 名の被験者からデータを収取することができた。なお、プログラミングという授業の性質や、新型コロナウイルスといった昨今の情勢を加味し、1 回の授業に対し、午前の部(11:25~12:25)、午後の部(13:05~14:05)、夜の部(18:15~19:15)という 3 つのセッションを用意し被験者の分散を図ったため、全 9 回の授業の実施となっている(表 1)。なお、カッコ内は脳波測定器を装着し、有効データを取得できた学生の内数を記している。

表 1 講義内容と被験者数

講義内容	午前 (11 時)	午後 (13 時)	夜 (18 時)
第一回：制御構文基礎	8(1)	15(1)	12(0)
第二回：ライブラリ	6(2)	13(3)	13(1)
第三回：モジュール	5(0)	8(1)	10(3) ^{※1}

※1 第三回夕方 10 名の内、オンライン受講者 1 名を含む。

2.1.2 授業実施環境・構成

授業を実施する場所として被験者の学生が所属する同大学の教室を使用して実施した。座席は、ソーシャルディスタンスを考慮し、かつ、学生の脳波測定器の装着有無に応じて座席エリアを分離し、各座席エリアで学生が着席する座席を選択できるようにした。つまり、普段大学生が授業を受ける時に座席を選ぶという行為と極力相違がないように配慮した。授業構成は、学生の理解度を測るために、授業前に 5 分間のテストを実施し、その後講義を 40 分程度行い、そして理解度

を測る授業後テストを 5 分間、最後に時間無制限で授業アンケートを実施した。なお、全被験者とも授業アンケートの回答時間は 5 分以内であった。

2.2 脳波測定

脳波の測定には、Muse2 (InteraXon 社、図 1)、スマートフォン (Google Pixel 4a)、及び EEG raw データ取得アプリ (Mind Monitor) を使用した。Muse2 は、脳波センシング・ヘッドバンドであり、従来の生体センサのような電極ジェルなどが不要なため長時間の装着が可能である。また、国際 10-20 法に対応し、複数の電極 から 3 次元加速度、3 次元ジャイロ、 δ 波 (0.5-4Hz)、 θ 波 (4-8Hz)、 α 波 (8-12Hz)、 β 波 (12-35Hz)、及び γ 波 (35Hz 以上) の情報を取得可能である⁽⁴⁾。データ記録開始・終了は、Android スマートフォンに事前にダウンロードした Mind Monitor⁽⁵⁾ を使用し、授業開始直前から授業終了直後を計測した。なお、自発脳波のサンプリングは 300Hz で取得し 75Hz でリサンプリングした。さらに 5-40Hz 帯域幅をもつバンドパスフィルタを適用し、さらに標準偏差を電極毎に 4 秒間に記録されたデータを 1 秒間隔毎で算出し、値が 15 以上の電極をノイズとして除外した。ノイズ除去には EEGLAB⁽⁶⁾ を使用した。人間の脳は、様々な周波数からなる電気の振動を常に発しており、それらは周波数帯域ごとに名前がつけられ、それぞれ異なった生理学的な意義を有している(表 2)⁽⁷⁾。本研究では、学生の授業における集中度を測ることを目的としているため、 α 波、 β 波の計測結果と β/α の結果を使用することとした⁽⁸⁾。



図 1 Muse 2 の本体(左)⁽⁴⁾と
脳波センサ(右, TP9, TP10, AF7, AF8)⁽⁵⁾

表 2 脳波の特徴⁽⁷⁾

Frequency band	Frequency	State of brain
Gamma (γ)	>35 Hz	Concentrated
Beta (β)	12–35 Hz	Anxiety dominant, Active, External-attention state, Relaxed
Alpha (α)	8–12 Hz	Very relaxed, Passive-attention state
Theta (θ)	4–8 Hz	Deeply relaxed Inwardly focused
Delta (δ)	0.5–4 Hz	In sleep

2.3 テストを用いた理解度の数値化

学生の理解度を定量化するために、授業前後で 5 分間のテストを行った。テストは各回に関する基礎的な知識を問う内容で、全 6 問単一選択式で用意した。

2.4 アンケート

全授業後、授業アンケートを実施した。アンケート項目を表 3 に記す。アンケート項目は、学生による授業アンケートを分析する先行研究⁽⁹⁾などを参考に作成した。

表 3 授業アンケート項目

大項目	小項目	回答形式		
		単一	複数	記述
参加者情報	氏名 (フリガナ)			○
	学籍番号			○
測定環境	脳波測定器装着の有無	○		
	凡その着席位置	○		
学生について	受講理由		○	
	受講態度(授業前)	○		
	自己採点(授業前)	○		
	自己採点(授業後)	○		
教員について	熱意	○		
	説明の上手さ・発音の明瞭さ	○		
	視覚的情報伝達手段利用の上手さ	○		
	内容の理解	○		
教員の行動	集中できたと感じた時		○	
	集中できなかったと感じた時		○	
その他	授業の良かった点			○
	改善して欲しい点			○

3. 結果

3.1 アンケート・テスト結果による学生の理解度

授業前後のテストの結果を表 4 に記す。全体平均は授業前よりも授業後が高かった。ただし、講義別にみると第 3 回目の授業については若干の平均点の低下が認められた。

表 5 は表 2 の大項目「学生について」のアンケート結果である。自身の受講態度・熱意は 4.28 / 5 点と非常に高く、成績に関する自己評価も 4.46 / 10 点から 6.57 / 10 点に上昇していることから、学生は総じて真摯に授業を受けていたと言える。

3.2 アンケートによる学生の集中度

表 6 は表 2 の大項目「教員の行動」の内、「(複数回答可) 今日の授業で集中できたと感じたのはどんな時でしたか」(総回答数 275)、反対に表 7 は表 2 の大項目「教員の行動」の内、「(複数回答可) 今日の授業で集中できなかったと感じたのはどんな時でしたか」(総回答数 98)の回答結果である。

表 6 から学生が集中したと感じているのは主に「教員の呼びかけがあった時」、「授業最初のテストの時」、「授業最後のテストの時」、「自分が間違った問題の説明の時」の 4 つであることが分かった。また、「教員が授業で説明をしている時」と「教員が手を叩いたとき」も集中したと感じた学生が若干名いることが分かった。「その他」では「メモしているとき、例え話で説明した時、脳波を見て動いてなかったとき」という 3 つの回答がなされた。

一方、表 7 から学生が集中できなかったと感じているのは主に「教員が授業全般の説明をしているとき」

表 4 授業前後のテスト結果

講義内容	受講人数	平均点 (授業前)	平均点 (授業後)
第一回：制御構文基礎	35	2.06	4.94
第二回：ライブラリ	32	3.64	4.00
第三回：モジュール	23	4.61	4.48
全体平均	90	3.27	4.48

表 5 学生による自己採点結果

項目 (点)		この授業に対するあなたの受講態度（熱意）を評価してください。 [受講態度・熱意]	※※授業前※※ あなた自身が自分の成績をつけるか（10点満点）。 [自己採点]	※※授業後※※ あなた自身が自分の成績をつけるか（10点満点）。 [自己採点]
良い ⇕ 悪い	10		4	8
	9		2	9
	8		8	18
	7		9	15
	6		3	13
	5	36	13	9
	4	45	15	8
	3	7	12	7
	2	2	13	2
	1	0	11	1
	平均	4.28	4.46	6.57

表 6 集中度できたと感じる項目

選択肢（複数回答可）	該当数
教員の呼びかけがあった時	55
教員が手を叩いた時	17
教員が教室をうろうろしている時	4
授業最初のテストの時（教員が静かに待っているとき）	54
授業最後のテストの時（教員が静かに待っているとき）	55
教員が授業全般の説明をしている時	30
自分が間違った問題の説明の時	54
プログラミングしているとき	3
その他	3

表 7 集中できなかったと感じる項目

選択肢（複数回答可）	該当数
教員の呼びかけがあった時	3
教員が手を叩いた時	5
教員が教室をうろうろしている時	8
授業最初のテストの時（教員が静かに待っているとき）	10
授業最後のテストの時（教員が静かに待っているとき）	9
教員が授業全般の説明をしている時	33
自分が間違った問題の説明の時	2
プログラミングしているとき	3
その他	25

であるが「その他（フリーアンサー）」の回答も多く、全体的に意見が分散した。「その他」の回答は具体的に、「特になし、常に集中(14)」、「テストで正解できた、知っている内容が解説されている時(3)」、「脳波を見て動いていなかったとき(2)」、「眠かった」、「一つの説明が長い」、「不意打ちで物が落ちて音が出た時」、「お腹すいた」、「自分の作業と先生の解説スライドが違う時」、「過去に受けたことがあると言われた後の説明時」と多種多様に富んだ。（() 内は回答数）

3.3 生体情報（脳波）による学生の集中度

図 2 は脳波測定の結果である。授業ごとに α 波、 β 波のパワー平均値、集中度 (β/α または β/α 比) を授業開始前、授業前テスト中、講義中、授業後テスト、授業後にそれぞれ算出した。講義の授業が長いため、講義を 2 つのセクションに分けて集中度を算出した。結果、授業前後のテストより、教員による講義の間に集中度が高いことが確認された。さらに、テスト中の α 波振幅が低いことが観測されたが、これは α 波が記憶課題において、特に減少するという先行研究による報告に一致する⁽¹⁰⁾。しかし、集中時に変化することが報告されている β 波に比べて α 波の振幅レベルは相対的に低いため⁽¹¹⁾、 β 波の振幅が集中度の度合いをほぼ決定することになった。

4. まとめ、考察

4.1 学生の生体情報と自己分析による差異

改めて、今回の研究結果の要点をまとめる。

- A) 授業前後でテストの得点が向上したことから、テストの難易度について議論の余地があるが、Python プログラミングの理解度向上に対し、大半の学生に一定の教育効果があった。
- B) 授業後のアンケート結果から、学生が集中したと感じているのは主に「教員の呼びかけがあった時」、「授業最初のテストの時」、「授業最後のテストの時」、「自分が間違った問題の説明の時」の 4 つである。
- C) 授業後のアンケート結果から、学生があまり集中しなかったのは主に「教員が授業全般の説明をしているとき」であるが「その他（フリーアンサー）」の回答も多く、全体的に意見が分散した。
- D) 脳波計測の結果から、60 分間の授業において、学生は講義を受けている時間帯で集中度が高く、授業前後のテストでは集中度が低下する傾向が強い。

上記 A) ～ D) の実験結果はいくつかの傾向を示している。

A) の結果から、今回の実験において、テストの難易度に議論の余地を残すが、授業による一定の教育効果があり、前提条件となる授業による教育指導は正しく行われたと想定できる。よって、授業による教育効果は認められるものの、C) の結果をみると学生は特定の事柄以外、授業中集中できなかったと感じているため、必ずしも学生の集中度が理解度を促進すると言えない。

B) の結果から、学生が集中できたと感じるタイミングは、教員が学生個人を指名し質問した時、個々の学生が授業前にテストで間違った問題を解説している時といった、集団の中でもその学生に直接関与する事柄が列举されていることから、「少人数型の授業スタイルは集中度を高める」と学生に思わせるには効果的であろう。加えて、B) の結果では、授業前後のテストもほぼ同等数の学生が集中したと感じている。これは、

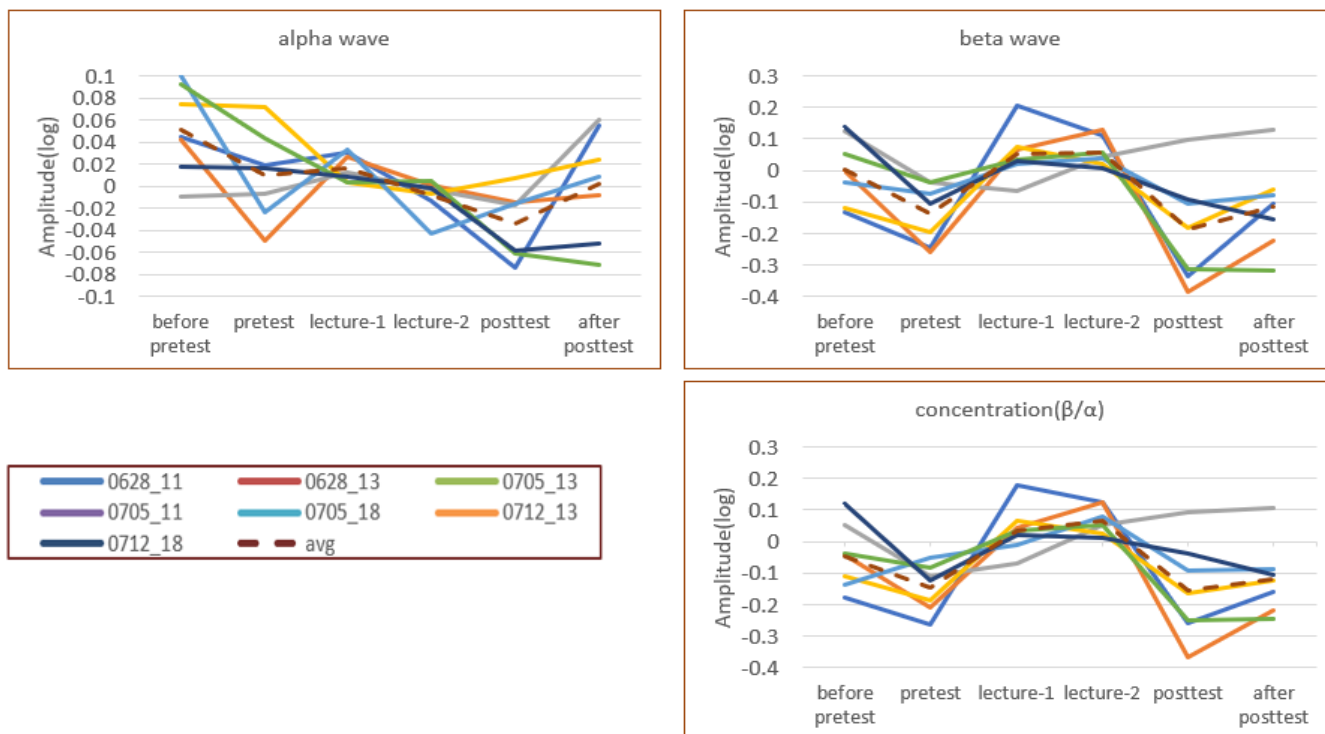


図 2 講義別、脳波のパワー変位 (α 波 (左上)、 β 波(右上)、集中(β/α)(右下))

11 は午前の 13 は昼の 18 は夜の講義セッションを示す

教員の直接的な講義がなくとも、学生に集中度が高まったと感じさせることができるという点は吟味すべきである。また、C) の結果にある、延べ 90 名中 14 名の学生は常時集中していたと答えているのも考察すべき点であるだろう。

そして、今回の研究結果から最も注目すべきと示唆されるのは、B)、C) と D) の実験結果の比較である。多数の学生はテストが最も集中し、授業全体は集中できなかったと答えている。逆に、脳波計測結果ではテスト時に集中度が下がっており、教員が講義をしている間は集中度が高まっている。

4.2 考察

4.2.1 集中したタイミングの相違

今回の研究から様々なことが示唆されたが、中でも最も考察すべきは、学生自身が感じている集中しているタイミングと学生の脳波による集中しているというタイミングが全く逆を示している点であろう。

脳波が大きく変化したのは、テスト中は授業と異なり学生それぞれのペースで回答を行うため、集中状態 (β 波) からリラックス状態 (α 波) に移行し、集中度が低下した可能性があるとし唆される。加えて、授業中の教員の講義は教員が話している事柄を聞き逃さ

ないためといった一種の緊張や、いつ、教員から指名され質問されるのかといった緊張状態 (high β) があるため、集中度が高まったのではないかと示唆する。

4.2.2 テストの得点低下と受講人数の減少

表 4 の結果から、第三回目の講義は平均点が授業後の方が低下しており、受講人数も著しく減少しているため、考察を深める必要がある。

得点の低下の原因は難易度の設定と学生の意欲と考えられる。授業前テストの平均点が 4.61 / 6 と高いため、難易度の設定に問題があった可能性がある。加えて、授業前テストの点数が徐々に向上していることから講義が進むにつれて学生の理解度が高まり、最終回のテストが簡単になってしまった可能性もあるだろう。どちらにしても理解度の計測について疑問を残した。また、数名の学生において回答時間が 2 分未満であったため、そもそもテストについて真摯に受験していない可能性もある。

受講人数の低下の原因は、学生が講義内容に興味がなく受講を拒んだ、および、この講義を行った 2022 年 7 月 12 日は新型コロナウイルスの流行が著しく増加した時期であり、全国の感染者数が 2022 年 3 月 3 日ぶりに 7 万人を超えた日でもあった⁽¹²⁾ため、受講人数

が減った可能性が考えられる。よって、今回の実験結果については受講人数の減少は止むを得なかった前提で、原因の切り分けが必要である。

4.2.3 集中度とアンケート総数の関係

表 6 と表 7 にある、集中の有無について質問したアンケート結果は、単純に回答総数だけで比較することが可能である。延べ 90 名の学生が、これまでの単一回答と違い、複数回答可のアンケートに答えると、集中したと挙げたのが 275 であったのに対し、集中できなかったと挙げたのが 93 であった。ただし、集中できなかったと回答した中には「特になし」などが含まれるため、実質集中できなかったと感じた総数は 79 とすれば、凡そ 3.4 倍も違うことになる。これは表 5 の結果にある通り、受講態度・熱意が平均で 4.28 / 5 点と高いことから、単純に学生が集中できたと思った事柄が多かった、もしくは集中できたと感じた時間帯が長かったためと推察するが、アンケート項目の並び順が「(複数回答可)今日の授業で集中できたと感じたのはどんな時でしたか」が先行し「(複数回答可)今日の授業で集中できなかったと感じたのはどんな時でしたか」が後になったため、アンケート回答にストレスを感じ、後者の質問で複数回答を列举することを諦めた可能性や、学生の深層真意から「集中できなかった」と答えること自体に拒絶反応を示した可能性もあると考える。

5. 今後の展望

今回の結果から、学生はテスト時が最も集中し、講義は集中できなかったと感じ、一方で、脳波ではテスト時に集中度が低下し、講義は集中度が高まっていることが分かった。よって、教育機関が学生に求めている従来の授業評価アンケートを直接教育方法の改善に用いることは、一概に良いとは限らないことが示唆できると考える。しかし、本来の目的である中長期的な教育効果を考えるのであれば、そもそも授業全てを集中して聞くことが教育効果を高めるのか、高い集中度の持続は身体的疲労を伴い、日々の教育指導という観点からは適さないのではないかと等、学生の体調に関するデータを追加で取得することも必要になると考えられる。

また、実験方法を中心にいくつか懸念点が発見できた。特に今回の実験において、授業時間は 60 分間と設定したが、多くの高等教育機関では 90 分以上の授業を実施している。よって、今回の実験において 60 分という講義時間が適しているのかは議論の余地を残す。さらに、学生の理解度を測るテストの難易度設定や学生の受験態度にも疑問が残ったため、今後は学習塾などでみられる受講学生の理解度を事前にチェックしてからテストの難易度を設定したり、テスト結果に応じて報酬があるといった手法を取ることも必要であろう。そして、複数回答可としたアンケートについて、回答総数に著しい差が生まれたことから、アンケートデザインについても先行研究を参考にし、検討が必要であろう。

今回は、脳波、授業前後のテストの結果、及び、授業アンケートの集中度に関する項目を主に用いて分析し議論を行った。しかし、表 3 にあるように、実際に使用した授業評価アンケートには、今回取り上げた項目の他に、教員の熱意や話し方など、教員に対する項目や、授業の良かったところや改善を望むところといった授業全般に対する記述式の項目があり、これらについて未だ分析・議論を行っていない。今後は未着手の実験データに関する分析、および、今回の結果から懸念となった項目を改善した追加実験を進めようと思う。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金(22K0286)の助成を受けたものである。

参 考 文 献

- (1) (令和 2 年度 文部科学省委託)株式会社内田洋行 教育総合研究所, “「遠隔教育システムの効果的な活用に関する実証」遠隔教育システム活用ガイドブック 第 3 版”, 文部科学省 (2021)
- (2) 杉浦健, “< 論文> 教員評価システムが教員に受け入れられない根本的な理由—感情分析とテキストマイニングを使った大阪府教職員の評価・育成システムに関するアンケート調査自由記述の分析から—”, 近畿大学教育論叢, 32(1), pp.45-74 (2020)

- (3) 大塚 雄作, 松下 佳代, 湯浅 太一, 荒木 光彦, “京都大学工学部における授業アンケートへの取組とその特徴”, 工学教育, 第 54 巻, 第 3 号, pp.142-148 (2006)
- (4) Muse 2, <https://choosemuse.com/muse-2/>, (Available: September 2022)
- (5) Mind Monitor, <https://mind-monitor.com/>, (Available: September 2022)
- (6) Delorme A & Makeig S, “EEGLAB: an open-source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics”, Journal of Neuroscience Methods 134:9-21 (2004)
- (7) Abhang, Priyanka A., Bharti W. Gawali, and Suresh C. Mehrotra, “Technological basics of EEG recording and operation of apparatus”, Introduction to EEG-and Speech-Based Emotion Recognition, pp.19–50 (2016)
- (8) Abhang, Priyanka A., Bharti W. Gawali, and Suresh C. Mehrotra, “Technological basics of EEG recording and operation of apparatus”, Introduction to EEG-and Speech-Based Emotion Recognition, pp. 19–50 (2016)
- (9) 松谷満, 平井松午, 佐竹昌之, 桑折 範彦, “全学共通教育の現状と課題 ―学生による授業評価アンケート調査の分析から―”, 大学教育研究ジャーナル大学教育研究ジャーナル第 2 号, pp.13-25 (2005)
- (10) R. L. Charles and J. Nixon, “Measuring mental workload using physiological measures: A systematic review”, Appl. Ergon., vol. 74, pp. 221–232 (2019)
- (11) J. Xu and B. Zhong, “Review on portable EEG technology in educational research”, Comput. Human Behav., vol. 81, pp. 340–349 (2018)
- (12) NHK NEWS WEB 【国内感染】新型コロナ 23 人死亡 7 万 6011 人感染 (12 日 18:45), <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20220712/k10013714091000.html>, (2022 年 10 月 8 日確認)

大学院のない大学での卒業論文の指導・支援方法に関する論考

酒井 浩二^{*1}, 阿部 一晴^{*1}

^{*1} 京都光華女子大学キャリア形成学部

A Discussion on Teaching and Support Methods for Graduation Theses at Universities without Graduate Schools

Koji Sakai^{*1}, Issei Abe^{*1}

^{*1} Faculty of Career Development, Kyoto Koka Women's University

At universities with graduate schools, fourth-year students can naturally learn how to write, and present academic papers from graduate students through seminars in laboratories. However, at a four-year education-oriented university without a graduate school, the teaching burden on teachers is heavy, and many students are unable to write graduation theses that reach a certain standard. This is a serious problem. We will discuss teaching methods to improve the degree of completion of graduation thesis in education-oriented universities and departments without graduate schools, and to reduce the burden of teaching by streamlining the teaching of teachers. We will discuss three measures to improve the degree of completion of graduation thesis: (1) common instruction policy within the seminar, (2) third- and fourth-year students' interaction with different grades, and (3) placement of learning advisors to support the graduation thesis.

キーワード: 卒業論文, 指導法, 学習アドバイザー, 異学年交流

1. はじめに

卒業論文の位置づけは、日本と海外の大学で大きく異なる。海外の多くの大学では、卒業論文は科目になる。一部の研究重視の大学が選択科目で、学士課程の学生に研究を経験させる Undergraduate Research を置いている⁽¹⁾⁽²⁾。アメリカの大学では、卒業研究は一般的ではなく、研究センターのエリート私立大学や小規模なリベラルアーツ・カレッジなどの少人数教育が可能な大学で実施されている。学士課程で研究体験科目を履修するのは、多めにみても全学生の10%にすぎない⁽¹⁾。

一方、日本の多くの大学は卒業論文を4年次の必修科目に置いている。文部科学省のデータでは、日本の2021年度の大学進学率は54.9%と過去最高である⁽³⁾。大学のユニバーサル化が進む中で、担当教員は卒業論文の指導において多様な工夫や改善に取り組んでいる。大学院を置く大学・学部の場合、研究室の大学院生が学部生の卒業論文の指導・支援を行うことが多い。

しかし、大学院を置かない大学・学部の場合、大学院生の指導・支援を見込まず、担当教員の指導負担が大きくなる。

大学設置基準の第25条の3で、「大学は、当該大学の授業の内容及び方法の改善を図るための組織的な研修及び研究を実施するものとする。」と定められている。大学は、学生の授業評価結果に基づく授業改善、教員相互の授業参観、研修会・講習会の開催など、ファカルティ・ディベロップメント (Faculty Development; FD) により授業改善している。しかし、卒業論文は、多くの専任教員が重視し担当しているにもかかわらず、FDの対象となりにくい。教育・指導は個々の担当教員に依存し、教育効果は検証されないことが多い。卒業論文は各教員が自分の方針を発揮できる場所であるため、専門分野の研究を学生にもやらせることが教育にもなると錯誤が生じやすい⁽⁴⁾。卒業論文の指導は担当教員任せとなり、教育の質保証のうえで議論・検証すべき重要な問題である。

本論は、大学院のない教育型の大学・学部での卒業論文の完成度を高め、かつ教員の指導を効率化して負担を軽減する指導法を論考する。本論では、卒業論文の完成度を高める方策として、①ゼミ内で共通指導方針、②3・4年生の異学年交流、③卒業論文を支援する学習アドバイザーの配置、の3つについて論考する。卒業論文は、4年次の必修科目において重視する大学が多い。卒業論文の指導の改善策の論考は、大学教育の質保証にも展開しうる。

2. 卒業論文の意義

2.1 卒業論文の設置率

日本の大学において、卒業論文の設置率はどの程度であろうか。各大学の学科長を対象に実施した2011年の調査⁽⁴⁾によると、卒業論文を必修として開設している学科は、国立で91.1%、私立で71.9%、国公立合計で74%であり、選択として開設も含めると98%超である。ただし、卒業論文を必修から選択に変更する大学も見られ、国立で8.6%、私立で7.9%である。私立大学で選択科目に変更した理由は、「学生の学力低下」「教員の多忙化」が多く、「資格取得や就職活動により力を入れる」「就職活動が長期化している」「入学生が多様化している」など就職活動による影響や、進学率上昇に伴う多様な学生の入学などがある。

この調査のように、日本の多くの大学は4年次に卒業論文を必修科目として置いて重要視している。

2.2 進路により異なる卒業論文の位置づけ

卒業後の活動内容との関連性を考えた場合、学習内容としての卒業論文のとらえ方は、卒業後に大学院に進学する学生と就職する学生で異なると考えられる。では、大学院への進学率はどの程度であろうか。文部科学省の2018年の調査では、大学院への進学率は、理学で最も高く42.3%、社会科学で最も低く2.3%、全体では10.9%である⁽⁵⁾。つまり、9割程の学生は卒業後に大学院に進学せずに就職等の進路形成を行う。

大学院に進学する学生は、進学後に修士論文を作成する。卒業論文は、その前段階の基盤の取組となり、大学院で研究に専念し、指導教員から研究指導を受けて修士論文へと進展する。修士論文は、大学院生の研究業績につながる。一方、就職する学生のほとんどは、

学術論文の作成に卒業後は取り組まない。少なくとも卒業直後の就職先で、学術論文の作成に取り組まない。そして、就職先で卒業論文は業績とならない。このように、卒業後の卒業論文の活用度は、大学院に進学する学生と就職する学生で大きく異なる。

2.3 就職する学生の卒業論文の意義

卒業論文は研究の位置づけであるが、研究職を指さない多くの学生に、学術研究である論文作成を社会に出てからビジネスや社会活動、日常生活に役立たせることが重要である⁽⁶⁾。

卒業論文の意義において、学習プロセスと研究成果のいずれを重視かの問題提起⁽⁷⁾がある。その中で、学士課程教育の一環として学習プロセスを重視する考え方、学習成果を重視する場合は研究成果を学会等で発表することを目指すことになる、など論じられている。同様の観点について、卒業論文は、学問を究めるための実践手段か、社会人教育の借用手段か、の問題提起⁽⁸⁾もある。

卒業論文への取組を通じて習得できる能力の1つとして、経済産業省が2006年に提唱した、社会人基礎力があると論じた研究⁽⁹⁾がある。指導教員とのコミュニケーション、進捗状況の報告、疑問点についての質問など活発にコミュニケーションが行われる。指導教員により繰り返される修正指示やダメ出しにも屈しないストレス耐性も身につく。卒業論文の作成は、社会で役に立つ能力を、自分が専門として学んできた分野の知識を教材として、実践的に学ぶことができる場であると論考されている⁽¹⁰⁾。

卒業論文の作成は、社会人基礎力を含むジェネリックスキルの習得に向けた学習ともみなせる。卒業研究の意義は、次の二点に集約できると論じた研究⁽¹¹⁾もある。①長期間にわたり、少人数を相手に丁寧な教育ができ、また成果発表までの一連の作業を訓練できるなど、高度な学問を教授できる。②学問にとどまらず人格形成の場でもあり、研究室への所属で身内意識ができ、卒業後まで人間関係を築く土台になる。

より高い完成度あるいは学術性を目指した卒業論文の作成に向けて、教員が学習プロセスを重視して長期間にわたり丁寧に個別指導することで、社会人基礎力、ジェネリックスキルを習得できると考えられる。

3. 卒業論文の取組と指導

3.1 卒業論文の取組

では、学生の卒業論文へ取組状況はどのようなものだろうか。大学4年生の1週間の授業外学修時間のデータ⁽⁸⁾によれば、理系で4割、文系で8割の学生は、卒業論文が課されていないか、あまり時間をかけて取り組んでいない。また、先行研究の調査⁽⁹⁾では、探究的課題や卒業論文の担当教員が授業実践上で抱える困難は、「活動および指導の充実」と「学生の能力・意欲の不足」に大別された。

卒業論文はレポート以上に、取組姿勢や成果物において学生間の差が大きい。先行研究の調査⁽¹⁰⁾によれば、卒業研究に積極的に取り組んでいるものは少なくないが、学生間に大きな違いがあった。また、先行研究⁽⁶⁾の論考でも、学生間による卒業論文の取組状況の違いが論じられている。興味深いテーマを選び、具体的な問題を提起し、独創的な仮説を提示し、丹念な情報収集と考察から見事に結論を導き出し、期日までに余裕を持って提出する学生もいる。一方で、自分の興味のあるテーマを設定することも難しく、問題提起、仮説提示、検証論証がうまく行かずに遅れ、何とか期日までに提出する学生もいる。

論文作成の取組手順を踏んで完成度の高い論文に仕上げる学生もいる一方で、取組意欲が低く主体的に卒業論文に取り組まない学生もいる。総じていえば、大学、担当教員が考えているほど、学生は卒業論文の作成、取組を重視していない。学生の卒業論文への取組意欲が低く、担当教員が指導に困難を抱えている。

3.2 卒業論文の困難点

卒業論文は、レポートの指導と異なる側面がいくつかある。表1は、レポートと卒業論文の違いである。レポートの場合、初年次教育科目で科目担当教員が集団で教授する。文部科学省の2016年の調査によれば、初年次教育の導入は97%で、うち「レポート・論文の書き方等の文章作法」の取組の導入は92%である⁽¹¹⁾。授業で学んだ技法を使ってレポート作成し、科目担当教員に添削してもらい、改善すべ点を学ぶ。一人でレポート作成に取り組めない場合、多くの大学で設置されている学習支援センター等で学習支援を受けられる。

2018年の調査で、日本の大学でのラーニングコモンズの設置率は76.2%である⁽¹²⁾。学習支援センターでは、教職員スタッフ、大学院生、先輩学生が配属され、学生は多様な科目での文献検索、レポート作成などの支援を受けられる。先行研究⁽¹³⁾で、個別相談型のライティング支援窓口で多い支援内容は、「構成・章立て」「文中引用」「文献リスト」の対応であった。

卒業論文の場合、初年次教育科目でのレポート作成指導のように、作成技法を科目の学生集団で学ばない。学生が独学のうえ、担当教員や大学院生に教わったりする。また、レポート課題と異なり、特に人文科学、社会科学系の学生は個別の卒業研究テーマで取り組むことが多く、担当教員が個別指導を行う。先行研究の調査⁽¹⁰⁾によれば、以下の2点の知見が得られている。①卒業論文の完成度は、学生の入学時の学力とその後の意欲・努力、教員の努力によるところが大きい傾向がある。②大多数の教員は精力的に卒業論文指導しているが、その努力は必ずしも卒業論文の成果につながっていない。

では、学生は卒業論文のどのような作成過程で困難をきたしているのだろうか。卒業論文の作成について、計画の立案、長期的な研究継続など「学習行動」9項目と、先行研究の引用、課題提起など「論文の内容」13項目の2つに分けてルーブリックを使って評価した調査⁽¹⁴⁾がある。分析の結果、2年次で専門分野の図書講読、3年次で専門分野の論文講読が主要な学びの1つであったが、文献の収集、読解の力が十分でない傾向であった。また、ゼミにより教員の専門分野や学習内容、学生の学習意欲などが異なり、評価結果も異なった。この調査・分析の結果、卒業論文に関して、学生の作成の困難性と担当教員の指導は、主には表2の3点である。一番目から順に、初歩的な困難性である。①取組プロセスを把握していない、していても実行できない。担当教員は、作成の各段階で次に何をすべきかを学生に指導する。②文献の検索方法と要点が分からない。担当教員は、関連文献を紹介し、文献の要点を説明する。③自分の主張を論理展開できない。担当教員は、論理展開の仕方を説明する。

表2の卒業論文の困難性は、4年次の卒業論文の1科目だけで解決しないことも多い。卒業論文は、情報収集、読解力、論証力など多くの技能を、卒業論文テ

ーマである専門分野で利活用する必要がある。これらの技能は、1年次からの積み重ねの部分もある。卒業論文の質的向上においては、カリキュラム全体の検討も重要となる⁽¹⁴⁾。

3.3 卒業論文の指導

表2の3つの困難性に対して、表1にも記載のように、担当教員の長期間の個別指導により作成される。担当教員は多くの指導時間を要し、個別指導の質を高めるために指導負担を考える必要がある。2011年度の日本の学科長を対象とした調査⁽⁴⁾によれば、学生数と専任教員数の比率（Student/Teacher 比）は、国立大学で11.6、私立大学で31.6である。つまり、私立大学は国立大学の約3倍の学生を指導している。私立大学は国公立大学に比べて、卒業論文を教育課程において重視することが難しい指導環境に置かれている。

では、担当教員は卒業論文をどのように学生指導しているのだろうか。大学院を置く大学の場合、ゼミ・講座の担当教員が研究室を持ち、大学院生が学部生を指導する機会が多い。また、3年生が4年生の卒業研究に触れる機会が多く、研究面の連携も強い。つまり、日本の教育の特徴である帰属組織モデル⁽⁸⁾による指導が多い。このモデルでは、特定の専門分野について教員、大学院生、学生からなる研究室などの小規模組織の単位で、授業およびインフォーマルな学術的指導が与えられる。多くの場合、教員の指導を受ける機会は少なく、小集団に属する他の学生や大学院生などの助言が補完する。しかし、学生の基礎的な学力が低下しつつあり、また大学院生は熾烈な競争に巻き込まれて学部生の卒業論文の指導に積極的でなくなっている⁽⁸⁾。

しかし、大学院を置かない大学・学部の場合、大学院生が学部4年生の卒業論文を指導・支援する帰属組織モデルの構築が難しい。2016年の文部科学省の調査では、大学院を置く大学の割合は、国立では86大学すべて大学院が置かれて100%、私立大学は603大学のうち467大学となり77.4%である⁽¹⁵⁾。大学院を置かない多くの「教育型」大学では、4年生が先輩である大学院生から、ロールモデルとして卒業論文について学ぶ機会がない。4年生は成果物としての過去の卒業論文を参照して、参考にして作成する。しかし、成果物の参照の場合、完成までの作成プロセスを把握でき

ない。大学院生が身近にいない4年生にとって、長期間にわたる卒業論文の取組過程について、作成プロセスの理解と動機の維持が難しい。

表 1 レポートと卒業論文の違い

	レポート	卒業論文
教授科目	初年次教育科目	4年次のゼミナール
教授体制	担当教員が受講生の集団に教授	担当教員が個別指導
引用文献数	少ない	多い
取組期間	2週間～1か月	半年～2年間
授業外の支援者	学習支援センター等の支援員	担当教員のみの場合が多い

表 2 学生の困難性と担当教員の指導

No	学生の困難性	担当教員の指導
1	卒業論文の進め方が分からない	作成の各段階で次に何をすべきかを指導
2	文献の検索方法と要点が分からない	関連文献を紹介し、文献の要点を説明
3	自分の主張を論理展開できない	論理展開の仕方を説明

4. 卒業論文の指導方法の工夫

大学院の有無により、学部4年生への卒業論文の指導体制が異なると考えられる。本章では、大学院を置かない大学・学部で、完成度の高い卒業論文の作成に向けた指導方法を論考する。その方法として、①ゼミ内での共通指導方針、②3・4年生の異学年交流、③卒業論文を支援する学習アドバイザーの配置、の3つについて論考する。

4.1 ゼミ内での共通指導方針

卒業論文の取組において、学生主導か教員主導かは重要な論点の一つになる。学生が自分の興味にそって研究を実施し、必要に応じて教員に助言を求める学生主導の過程は、研究という側面からは理想的な形態だが、多くの学士課程の学生にとっては容易ではない。一方、教員が計画したプロジェクトに学生が参加し、

教員の指導のもとに研究を遂行する教員主導の過程は円滑に進めやすいが、過度に教員主導で学生の研究体験が進められると、教員のプロジェクトの一部を担当しているにすぎないと学生はとらえる可能性もあると論考されている⁽⁷⁾。

3.3 節で述べたように、私立大学は国立大学に比べて教員1名あたりの担当学生数は多い。多岐にわたる研究テーマ、研究方法、論理展開について10名超のゼミ生を個別に指導すると、個別学生の卒業論文の進捗等を把握しにくくなる。また、指導負担も大きくなる。ゼミ内や学部内で指導の方向性を一定にして、その範囲内で学生が取り組むほうが、効率的に指導可能で完成度も高くなりやすいと考えられる。本節は、3つの統一化を論考する。

1つめの統一化は、卒業論文の論証プロセスの統一化である。論理組立シートを導入実践⁽¹⁶⁾では、①「A → B」(AならばB)、②「B → C」(BならばC)、③「A → C」(AならばC)により三段論法により帰結させ、結論づけが社会にいかに関与するか、を論じる。そして、学生が作成した成果物を全学生が参照しあう。テーマや研究対象は学生によりばらばらの中で、「ものの考え方」や「方法」などに共通点を作り出し、ゼミ生どうしで意見交換をする。導入実践の結果、研究対象やテーマが異なるゼミ内で「共通点」「統一された部分」を設けることができ、それがゼミ生と指導教員により効果をもたらした。ゼミ生どうしが論証プロセスを参考にしあえ、より深い論理展開の卒業論文になりやすいと考えられる。

2つめの統一化は、卒業論文の研究手法の統一化である。担当教員の指定する研究方法を必ず入れる指導方法である。たとえば、卒業論文に質的調査を行うことを要件に入れた先行研究⁽¹⁷⁾がある。この研究では、インタビュー方法、データ分析、フィールドへのアクセスへの援助など、研究方法の各プロセスについて習熟していない学生もいるため、指導上の難しい側面もある。しかし、同じ研究方法で全ゼミ生が取り組んでいるため、ゼミ内で参考にしあって自分の研究の促進につなげやすい。調査結果も、学生どうしの相互評価が高い結果であった。担当教員は自身が専門とする研究方法で指導でき、学術性の高い卒業論文になりやすいと考えられる。

3つめの統一化は、学部内での指導体制の統一化である。この場合、特定のゼミ内だけでなく、同学年のゼミ間の連携や合意が必要であり、1章で述べたFDの取組ともいえる。先行研究⁽¹⁸⁾では、卒業論文に関する指導方法の改善策を検討し、以下の①、②など6つを実践し、肯定的な結果を得た。①研究計画書の義務化：研究計画書フォーマットに卒業研究の研究目的、到達目標など記載した。その結果、教員が67%、学生は65%が教育効果に関して肯定回答率であった。②副査への月間報告：学生は、月に一度は副査の教員に卒業論文の進捗状況を報告した。その結果、教員の56%が肯定回答であった。否定回答の理由として、研究活動に前向きでない学生が少なからずいた、主査としての業務に追われ副査の業務まで十分な時間を確保することが困難、などあった。

卒業論文は、特定のテーマで、多くの先行研究を引用しながら、相当な分量で論理展開する。初めて卒業論文に取り組む4年生にとって、自由度が過度に高いとかえって取組が難しくなる。指導教員や所属学部の指導の方法や方針に基づいて卒業論文を進めることで、研究の進め方、論文としての論理展開の仕方などを習得していく側面も強いと考えられる。

4.2 3・4年生の異学年交流

異学年交流による学びは、初等・中等教育で多く実践され、その効果が検証されている。しかし、大学等の高等教育機関で実践は、特に高学年の3・4年生の交流に課する研究が少ない。多くの大学で、3・4年生ゼミは持ち上がりで担当教員が指導する。2年間の持ち上がりの指導体制を活かし、3・4年ゼミでのペア制度機能の有効性を検証した先行研究⁽¹⁹⁾がある。ペア制度は、4年生の先輩と3年生の後輩とが「ペア」になって、後輩のメンターにあたる先輩が卒業論文に向けた一連の指導を行う制度である。教員対学生という一対一の構図による指導だけではなく、学生同士のピア・サポートという構図を入れ、先輩後輩の関係による協同的な学びの形成を目指している。取組効果として、3年生は、4年生の先輩との合同発表や卒業論文の手伝いを通して、次年度にむけた作業に対する見通し、心構え、規範意識を形成した。また、4年生は先輩としての協同的な学びへの志向を有し、その形成

を行うようになった。

高等教育機関での異学年交流の先行研究として、基礎ゼミなどの初年次教育科目や、専門実習系科目で検証されている。先輩である2年生が後輩である新入生を支援する「エルダー活動」を、1年生の前期科目「基礎ゼミナール」で導入した研究⁽²⁰⁾がある。4回（大学生活への適応2回、グループワークの展開・発表の2回）の授業にエルダー（2年生）が参加した。導入の結果、1年生は1学年上のもっとも身近なロールモデルを得られた。エルダーの2年生は、既習した学習内容を1年生に伝えることで復習の効果があつた。また、教育・保育実習における1・2年生の異学年交流学習の効果を検証した研究⁽²¹⁾もある。2年生は、1年次と2年次に実習を経験済みで、1年生は9月からの初めての実習に向けて不安な状況であつた。そのため、異学年間の交流学习は8月に実施された。その結果、1年生は98.7%、2年生は71.7%が肯定的評価であつた。

看護学科で2年生が1年生に良い影響を与える検証結果から、1つ上の学年の上級生が1つ下の下級生を指導する仕組みが先行研究で提起されている⁽²⁰⁾。卒業生が4年生に対して、就職や国家試験の体験、あるいは新人看護師として勤務する体験を語る。4年生にとって、自分の将来を思い描く機会となる。また、4年生が3年生に対して、実際の技術演習や紙上事例を展開するためのサポートを行う。3年生後期から開始する領域別実習は長期間であり、3年生の期待と不安は非常に高まる。3年生にとって、実習中の生活の事情を把握できる貴重な機会となる。

ロールモデル研究において、進路選択などのキャリア形成で身近な先輩に接して就職活動の体験談を視聴することが有効となる。卒業論文も同様、卒業研究に取り組む4年生が3年生にとってのロールモデルとなる。4年生の卒業論文の取組過程を見て3年生が多くを学び、表2のNo.1の問題を解決できると考えられる。また、ゼミ内で面倒見の良い4年生が3年生を指導・支援する期待も見込める。3・4年生の連携・交流は、卒業論文の円滑な取組促進だけでなく、進路形成や在学時および卒業後の人間関係形成など、大学生生活全般に有効であると考えられる。ただし、時間割の制約があるため、3・4年生の連携・交流の機会創出に工夫を要する。

4.3 学習アドバイザの配置

筆者らは2014年～2019年の6年間、文部科学省の補助事業「大学教育再生加速プログラム」の一環で、本学の学習支援センター内で全学部・全学年の学生を対象に、コンピュータ操作、レポート作成、統計分析、アンケート調査手法、卒業論文作成などの学習支援を行った^{(23)～(26)}。多くの指導の時間を要したが、卒業論文の指導にも一定の支援・助言方法があつた。卒業論文の指導の支援方法を確立・共有し、卒業研究の質的向上に関する研究が重要と判断された。

1年次レポートのライティング個別指導は、学内の学習支援センター等が管轄のうえ支援している大学は多い。そのため、支援方法もある程度確立され、効果検証も研究されている⁽¹³⁾。一方、卒業論文を支援対象としている国内の大学の学習支援センターは、文献やウェブの調査に基づく限りでは非常に少ない。しかし、3.1節、3.2節で述べたように、4年生のほとんどが、卒業論文は初めて作成する論文であり、戸惑う学生は多い。先行研究の調査⁽²²⁾では、学内のライティングセンターの質問・相談の延べ件数は、4年生は384件中、卒業論文に関する内容が309件の78.4%と非常に高い割合である。全学的な学習支援センターで、卒業論文を支援する必要性は高いといえる。

学習支援センターでの業務の一環として、卒業論文の支援を行った事例研究がある⁽²⁷⁾。その中のうち、本節では以下の2つの事例を紹介する。1つめの事例は、何を書いてよいか考えが及ばない状況の学生である。支援スタッフが、面談を通じて学生の問題意識を浮かび上がらせる。支援スタッフが参考になる著書、論文と一緒に検索しながら問題となるテーマを浮上させる。学生は毎週、学習支援センターに来室し、課題の4000文字レポートを作成し終えた。事例からの内省は、問題意識がない学生に問いを醸成させる重要性和困難さである。学生は何度も学習支援センターを来訪し、課題完遂させた。1回来室するだけの学生が、いかに問いをスムーズに醸成させうるかは、学習支援における課題とされた。2つめの事例は、支援スタッフが取組に関する指示を与えると、指示内容の作業だけ行う学生の事例である。支援スタッフは、当初は作業内容の指示に学生が自分で考える余地を徐々に増やし、自分で考えさせるように意図して指導した。しかし、卒業

まで一貫して教員の指示事項をそのとおりにやる姿勢を崩さず、支援スタッフもその姿勢から自律した学習へ学生を導くことができなかった。事例の内省は、適切な距離をとり、支援スタッフの指示事項を中心とした学びから、学生が自律的に学習できる支援・指導の方法が課題とされた。こうした事例研究の積み重ねは、学習支援センター内での卒業論文の支援方法を確立するうえで重要となる。

図書館司書課程担当の学科教員と図書館職員の名が授業参画し、学科の卒業論文担当のゼミ教員7名と教職協同で卒業論文の作成支援を行った実践研究⁽²⁸⁾がある。学科教員（司書担当）と図書館職員は、学生の論文を読み、意見を聞き、対話を行い、方向性についてヒントを導き出すことに努めた。学生一人に30分程度の面接を要した。学生の所属する学科のゼミ教員とは毎回連絡を取り、対応内容等について報告し、テーマや執筆方向の確認を行った。支援を受けた学生の内省の例として、一番伝えたいこと「研究主題の核心」について、不明確だった点がより明確になったなどが得られた。学生と教職員スタッフとの議論内容は、ゼミ教員も指導の参考になりうると考えられる。

卒業論文の取組は学生間の差が大きい。指導教員のみで指導で完成の学生もいる。しかし、指導教員が担当する学生数は多く、指導教員の指導時間にも限度がある。日本の大学で、学習支援センターの設置率が高く、レポート作成の支援も行われている。学生の卒業論文の全プロセスを指導教員が指導・支援するのでなく、学習支援センターで卒業論文の取組を支援する環境を構築するのが効果的であると考えられる。実際、いくつかの大学で実践されている。たとえば、図書館の職員が卒業論文セミナーを開催し、有志の学生が参加する大学もある。また、ライティングアドバイザーが卒業論文・修士論文の文章チェックを一定期間のあいだ実施している大学もある。さらに、文書の体裁、文章の組み立て、文章表現の分かりやすさ、引用・注の体裁など、ライティングサポートの対象を限定し、専門的内容はゼミ担当教員に委ねるかたちで支援する大学もある。卒業論文の指導について、ゼミ担当教員とすみわけや連携を図り、学習支援センターが新たな教職員を雇用せずに卒業論文も支援できる環境をいかに構築するかは、今後の重要な検討課題となる。

5. まとめ

本論は、大学院を置かない教育型大学で卒業論文の指導が特に困難になっている現状を改善するための指導方法を論考した。論考において、卒業論文の指導に関連するデータと、大学での多様な実践的な先行研究を引用した。卒業論文の取組は、研究の成果物の創出だけでなく、取組過程を通じて人間性を高める、社会人基礎力を高めるなどの教育的意義が、特に大学院を置かない教育型大学において高い。また、卒業後に就職する学生の仕事や生活にも活かされる。

卒業論文の指導方法は、大学院を置く大学では帰属組織モデル⁽⁶⁾による指導が多い。しかし、大学院生の卒業論文への関与の低下、学生のユニバーサル化などにより、この帰属組織だけで卒業論文の水準維持と指導・支援は難しいと考えられる。指導教員、学部、大学などの取組単位は大学により異なるが、指導・支援の工夫・改善が大学教育の質保証において重要になる。国内の大学で学習支援センターの設置率は高い。ゼミ担当教員と連携、すみわけして、学習支援センター内で卒業論文を支援することで、卒業論文の質的向上や学生の社会人基礎力の向上につながると考えられる。

参 考 文 献

- (1) 和田正法: “日本の学士課程における教育の一環としての研究——卒業研究の特徴と課題”, 創価大学 学士課程教育機構研究誌, Vol.3, pp.117-132 (2014)
- (2) 中島夏子: “日本における卒業研究の実施状況とその課題 —Undergraduate Research の論点による先行研究と近年の動向の整理—”, 東北工業大学紀要 理工学編・人文社会学編, Vol.42, pp.57-65 (2022)
- (3) 文部科学省「学士課程修了者の進学率の推移(分野別)」
https://www.mext.go.jp/content/1423020_012.pdf
(2022年9月14日確認)
- (4) 篠田雅人, 日下田岳史: “人文科学系学科における卒業論文の意味するもの”, 大学経営政策研究, Vol.4, pp.55-71 (2014)
- (5) 文部科学省「大学院の基本データ」
https://www.mext.go.jp/content/1422060_009.pdf
(2022年9月14日確認)
- (6) 川岸克己: “卒業論文の意義と指導”, 安田女子大学紀要, Vol.49, pp.137-146 (2021)

- (7) 中井俊樹: “学士課程の学生に研究体験は必要か: 国際的動向と論点整理”, 名古屋高等教育研究, Vol.11, pp.171-190 (2011)
- (8) 金子元久: “大学教育の再構築”, 玉川大学出版社, 東京 (2013)
- (9) 伏木田稚子: “ゼミナールの実践上の困難と価値に対する自己評価の検討—人文学・社会科学・総合科学系学部の教員調査に基づいて—”, 日本教育工学会論文誌, Vol.45 (Suppl.), pp.213-216 (2021)
- (10) 黄梅英: “日本の教育型大学における卒業研究の教育実態: 東北の大学を中心に”, 尚絅学院大学紀要, Vol.76, pp.31-42 (2018)
- (11) 文部科学省「平成 30 年度の大学における教育内容等の改革状況について (概要)」
https://www.mext.go.jp/content/20201005-mxt_daigakuc03-000010276_1.pdf (2022 年 9 月 14 日確認)
- (12) 岩崎千晶, 川面きよ, 遠海友紀, 村上正行: “我が国の 4 年制大学におけるラーニングコモンズの学習支援に関する現状”, 日本教育工学会論文誌, Vol.45 (Suppl.), pp.197-200 (2021)
- (13) 玉田優花子, 伊藤愛莉, 縣拓充: “ライティング相談窓口利用者のレポート改善の傾向と改善につながる支援方法—窓口利用前後のレポートの比較から—”, 東北大学高度教養教育・学生支援機構紀要, Vol.7, pp.281-289 (2021)
- (14) 酒井浩二, 土居淳子, Carolyn Wright, 知念葉子, 吉田咲子, 高野拓樹, 佐滝剛弘: “卒業研究のルーブリック評価による卒業時の質保証の検証”, 日本教育工学会研究会報告集, JSET19-4, pp.175-182 (2019)
- (15) 文部科学省「令和 3 年度学校基本調査 (確定値) の公表について」
https://www.mext.go.jp/content/20211222-mxt_chousa01-000019664-1.pdf (2022 年 9 月 14 日確認)
- (16) 藤田岳久: “学生毎に研究対象が異なる卒業論文ゼミナールにおける統一的研究指導の試み”, 共立女子大学文芸学部紀要, Vol.68, pp.77-92 (2022)
- (17) 岡知史: “質的調査法の指導: 卒業論文およびゼミ論文指導の経験から”, 上智大学社会福祉研究, Vol.24, pp.17-30 (2000)
- (18) 小林郁典, 森本滋郎: “卒業研究の教育的改善策とその効果”, 大学教育研究ジャーナル, Vol.14, pp.69-76 (2017)
- (19) 山田嘉徳: “先輩後輩関係を指導単位とするゼミ制度の有効性に関する一考察: B&S 制度における協同的な学びに着目して”, 京都大学高等教育研究, Vol.17, pp.1-14 (2011)
- (20) 岸田泰子, 荒木亜紀, 西田志穂, ケニヨン充子: “先輩が後輩を支援する「エルダー活動」を基礎ゼミナールに導入した試み”, 共立女子大学看護学雑誌, Vol.9, pp.51-56 (2022)
- (21) 宮崎大樹, 浜田幸作, 池澤眞由美, 末田光一, 竹村正, 吉村斉, 寺尾康, 田村由香, 山本英作, Fabian, Paula D.: “短期大学における教育・保育実習に関する異学年交流学習の教育効果”, 高知学園短期大学紀要, Vol.49, pp.13-24 (2019)
- (22) 多田泰紘, 岩崎千晶, 中澤務: “アカデミック・ライティングについての学習支援体制の構築—関西大学ライティングラボの授業買い個別相談と正課教育の連携—”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.32, No.4, pp.3-4 (2017)
- (23) 酒井浩二, 阿部一晴, 藤田大雪, 中健太: “学習アドバイザの配置による自主的な情報活用課題の提出率の向上”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.30, No.5, pp.51-58 (2016)
- (24) 酒井浩二, 阿部一晴, 藤田大雪, 中健太: “学習行動促進と学習成果向上を目指した自主学習課題の設定と授業外学習支援”, 日本教育工学会研究会報告集, JSET16-5, pp.139-146 (2016)
- (25) Sakai, K., Abe, I., Fujita, D., & Naka, K.: “Raising student efforts through voluntary learning tasks in information literacy classes as outcome of deploying learning advisors”, Psychology Research, Vol.7, No.5, pp.253-263 (2017)
- (26) Sakai, K., Abe, I., Fujita, D., & Naka, K.: “Voluntary learning exercises and extracurricular learning support: Toward the improvement of learning behavior and learning outcomes”, Literacy Information and Computer Education Journal, Vol.8, No.2, pp.2578-2583 (2017)
- (27) 寺田未来, 池村優一, 柏原康人, 福嶋ゆい, 中川和亮, 中島梓: “学習支援センターにおける支援事例から自主学習支援のあり方を考える”, 大手前大学 CELL 教育論集, Vol.7, pp.37-46 (2017)
- (28) 玉岡兼治, 工藤彩, 遠山潤: “教職協働における卒業論文制作支援の授業開発事例: レファレンスインタビューとスタイルガイドに注目して”, 久留米大学文学部紀要. 情報社会学科編, Vol.17, pp.43-53 (2022)

ReBaLe における発想支援システムの開発

江口文耀^{*1}, 井上 明^{*2}

^{*1} 大阪工業大学大学院ロボティクス&デザイン工学研究科・^{*2} 大阪工業大学

Development of Idea Support System in ReBaLe

Fumiaki Eguchi^{*1}, Akira Inoue^{*2}

^{*1} Osaka Institute of Technology Graduate School of Robotics and Design

^{*2} Osaka Institute of Technology

In this research, we have developed an idea support system for ReBaLe, a problem-solving active learning method. word2vec and Neo4j were used to create a knowledge graph consisting of nodes and relations of similar words for arbitrary input words. By using this system, we were able to visually display the connection between any input word and similar words.

キーワード: アクティブ・ラーニング, ReBaLe, 発想支援, ネットワーク型データベース

1. はじめに

ReBaLe⁽¹⁾は、アイデア創出とその学習活動を体系化した社会課題解決型のアクティブ・ラーニング手法である。ReBaLeでは、「ばらす」「わかる」「まねぶ」「創る」のステップを行い、社会課題を解決するアイデア発想活動を通じて、課題解決力や発想力を獲得する。

アイデア創出活動の中では、発想を考える人が持っている基礎知識や発想活動の熟練度などによってアイデアの量や質に大きな差が生まれるという課題がある。ReBaLeでのアイデア発想活動を支援するシステムを

構築することで、自身の発想には無いような視点を取り入れることができアイデアの幅が広がる可能性が考えられる。また、アイデア創出活動がより軽減されることでアイデアの量の増加が期待できる。

2. 目的

本研究では、ReBaLeのアイデア創出を行う5つのステップの中で「ばらす」というステップについて発想を支援するシステム開発を目的とする。

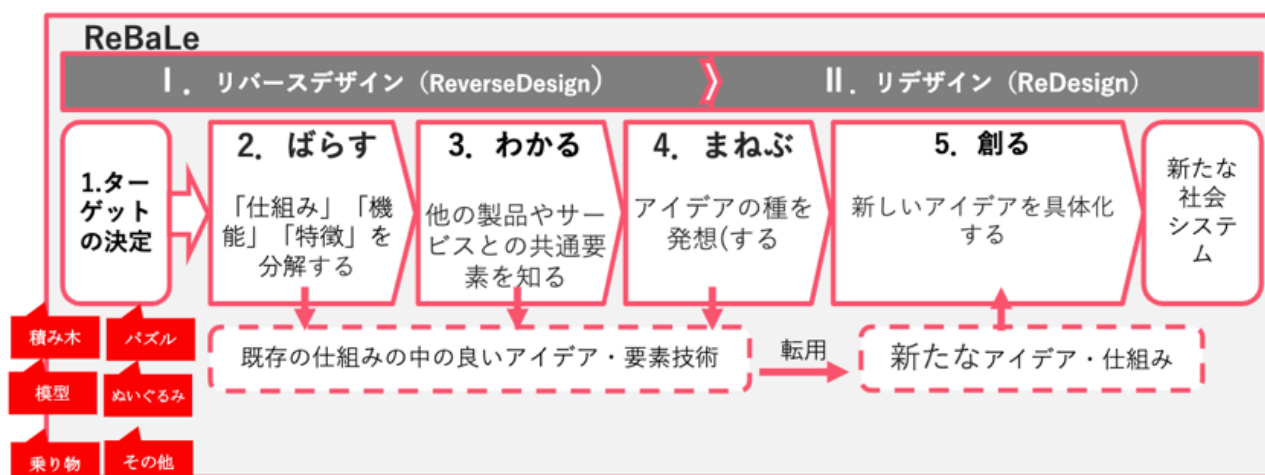


図1.ReBaLe 概要

3. ReBaLe

ReBaLe とはアイデア創出を体系的に行うための仕組みとその活動を通じて課題解決力や発想力を獲得する学習活動である。世の中にある「モノ」や「コト」に着目し、その機能や仕組みを分解する。次に、異なる「モノ」や「コト」との機能や仕組みの共通点を探り、発想を広げることで新しいアイデアの種(着眼点)を見つけ、アイデアを具体化する。

図 1 は ReBaLe の一連の流れを示したものである。ReBaLe に沿って実施したアイデア創出活動の一例を図 2 に示す。アイデア発想のターゲットのキーワードからアイデアを広げた結果である。図 3 は、グループワークで ReBaLe の活動を行っている様子である。



図 2. ReBaLe でのアイデア創出例



図 3. ReBaLe でのアイデア創出グループワークの様子

3.1 「ばらす」における発想のステップ

ReBaLe における発想支援のステップとして本研究では「ばらす」に注目した。このステップでは、定めたターゲットに対して、「モノ」と「コト」に分けてその事柄の持つ要素を明らかにしていく工程である。

「モノ」とは対象のもつ物理的な構成である。「コト」

とは対象が持つ機能や特徴である。例として「メガネ」というターゲットに対して「モノ」と「コト」に分解したものを図 4 に示す。

このように「ばらす」を行い、ここで明らかになった物理的構成や特徴のキーワードをトリガーとして、次の「わかる」のステップで、同じ機能や特徴を持っている他の製品やサービスを見つけ、アイデアを広げていく。



図 4. 「ばらす」での「モノ」、「コト」分解

4. システム構成

本システムは、ReBaLe における「ばらす」のステップでターゲットから「モノ」、「コト」を分ける要素抽出を行い、アイデア発想時の知識的な補助を目的とするシステムである。ターゲットとする任意のワードをシステム上で指定し、word2vec のコサイン類似度により、入力されたワードに対する類似のワードを抽出する。その後、Neo4j でナレッジグラフとしてターゲットと類似ワードとのつながりを視覚的に示すことで ReBaLe のアイデア創出活動を支援する。

4.1 コーパスの生成

キーワードから関連するモノ・コトを表示するための元データとなるコーパスの作成には、コマンドラインツールが充実しており、大量のテキストデータがある Wikipedia の文章データを使用した。また、Gensim, MeCab の Python モジュールを使用して学習し、文章間の類似度を Word2vec のコサイン類似度で算出する。

4.2 キーワードのグラフ構造化

コーパスから生成された「モノ」「コト」のキーワードをアイデアを考える際により使いやすいようグラフ構造で視覚的に表示する。抽出データのグラフ構造化には、グラフ構造のデータモデルを扱うデータベース管理システム(DBMS)である Neo4j を使用する。

5. 発想支援ナレッジグラフの開発

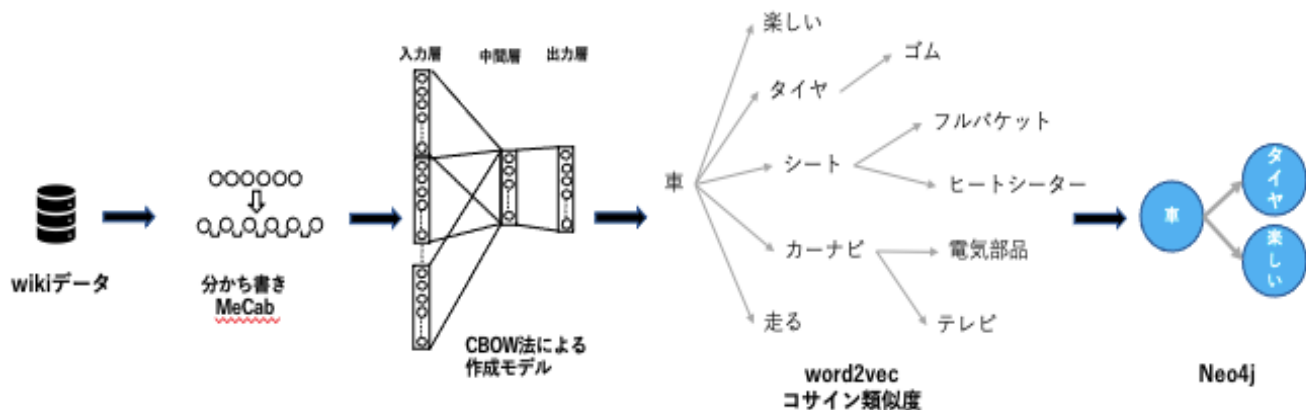


図 5. 発想支援ナレッジグラフのシステムフロー

本システムの処理の流れを図 5 に示す。Wikipedia のコーパスデータ (2022/7 月 23 日までの最新の文書データを使用) をダウンロードし、Python モジュールである WikiExtractor でダンプデータから記事本文の抽出を行う。文書データの分かち書きを行い、Word2vec のモデル作成をおこなった。分かち書きには MeCab を使用し、モデル作成には CNN の CBOW 法を使用した。

作成したモデルを使用して、任意のワードに対してコサイン類似度の算出を行なった。

コサイン類似度を用いた類似ワードの探索過程を図 6 に示す。図 6 の Step1 より、ターゲットとする任意のワードをコサイン類似度計算により類似度の高い順に 3 つ選択する。図 6 の Step2 より、出力された 3 つの類似ワードそれぞれに対して再度コサイン類似度による類似ワードの探索を行う。Step2 以降の出力されるワードの条件として、同じワードでないこと、次回類似ワードを探索するに際してのリレーションの数は 2 つを上限としている、の 2 点である。

出力された探索ワードを元に、Neo4j で表示するためのコードを Cypher を用いて作成した。

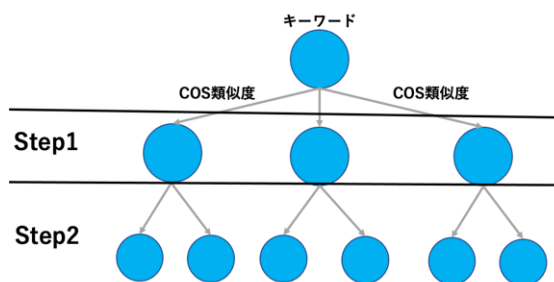


図 6. 類似単語探索の手法

6. 結果

任意のキーワードを「車」とし、作成したナレッジグラフの結果を図 7 に示す。このように任意のキーワードに対しての類似ワードの関係を視覚的に表示することが可能となった。今回の結果では、ターゲットとするキーワードを「車」とし、関連するノードとして「車体」「客車」「車両」のノードを生成し、さらに関連する言葉として「台車」や「新車」などのキーワードが表示されている。



図 7. ナレッジグラフ化されたキーワード

7. 考察

Wikipedia データ、Word2vec、Neo4j などから、アイデア発想を支援できるナレッジグラフを作成するこ

とができた。しかし、出力したワードは名詞のみになっており「ばらす」というステップにおいて状態を示す形容詞や動詞などの「コト」に関するキーワードの出力はできていない。

今回のシステムにおいて、「コト」に関するキーワードが表示されなかった原因としては、1)任意の入力単語が名詞であったため名詞に対しての類似度が高く算出された、2)今回の実験で使用した任意の入力単語に対して類似する単語に名詞の単語が多く含まれていた、などが考えられる。

これらの対策として、学習前のコーパスに対して品詞を分けるなどの前処理を施し、出力する品詞を指定することで「コト」も出力されると考える。また、親ノードから子ノードへのリレーション（エッジ）に関連性の意味を持たせることができておらず、子ノードに対してどのように類似しているのかが表現されていないといった課題がある。

8. おわりに

本研究で開発したシステムでは、任意のワードからナレッジグラフを作成することで、類似ワードとのつながりを視覚的に表示することができた。今後、システムの改善を実施し、本システムを利用した ReBaLe を行い、発想支援に貢献するかどうかの検証を行う。

システムの改善点として、1)コサイン類似度の数値的な扱いやナレッジグラフの表示方法、2)表示する品詞の拡大（「コト」の表示）、3)リレーションで表示するつながりの表示、4)word2vec の文書データ前処理、Neo4j で表示するノードの適正数の検討、5)手動で実施している箇所の自動化、などを予定している。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 20K03079 の助成を受けたものである。

参 考 文 献

- (1)井上明, 坂倉康平, 橋本尚志: “社会システムの分解と理解で学ぶ教育手法「ReBaLe」の提案”, 情報処理学会情報システム教育コンテスト,(2018)
- (2)畑慎也, 大川剛直, 薦田憲久: “仮説結合型発想支援方式

とその構造モデル化への適用”, 電気通信学会論文誌 C, Vol.113, No.11, pp996-1004(1993)

- (3)小柳智之, 上田一貴: “視覚的表象による想起プロセスを利用した発想支援システムの開発”, 日本機械学会論文誌, Vol.82, No.842, pp16-27(2016)
- (4)朴壽永, 安江紘幸, 中尾宏, “アイディア発想促し機能を備えたウェブ型 SWOT と TOWS 分析ツールの開発”, 農業情報研究, 第 27 巻, 1 号, pp.1-13(2018)
- (5)高橋昭公, 渡邊晃, “新規用途開発にアイデア発想支援プロセスの検討”, INFOPRO2013, 第 10 回プロフェッショナルシンポジウム予稿集, pp.99-104(2013)
- (6)野口尚孝, “発想支援研究の動向と今後の課題”, 日本デザイン学会, Vol.44 No.6, pp.45-52(1998)
- (7)濱田ひろか, 森裕一, 飯塚誠也, 本多啓介, “大学研究力評価のための書誌情報の分析”, 日本計算機統計学会, 第 30 回シンポジウム講演論文集, pp43-44(2016)
- (8)大崎理乃, 柴田淳司, “知識の階層図による理解度評価を目的とした Word2vec の試用”, 人工知能学会, 人工知能学会研究資料, SIG-ALST-B903-09, pp48-49(2020)

ノベルゲームを用いた語学学習環境の開発と効果の検証

永井 都月,ヨーク ジェームズ,中山洋
東京電機大学,明治大学

A comparison of linear and interactive fiction on vocabulary acquisition, reading comprehension and engagement

Tsuzuki Nagai, James York, Hiroshi Nakayama, Tokyo Denki University, Meiji University

インタラクティブ・フィクション (IF) が言語学習において認知的・感情的にどのような効果をもたらすのかを探究した研究はほとんどない。Neville(2009)にヒントを得て、大学 EFL のコンテキストにおいて、語彙習得・読解力・学習意欲の観点から、IF の効果を、非対話型の物語と比較した。参加者 (n = 88) を 2 つのグループに分けた。対照群は選択肢のない直線的な物語を読み、実験群は同じ物語で選択肢のあるものを読んだ。実験前と実験後に行われた語彙テストでは、物語から選ばれた 16 の語彙の習得状況を測定した。また、読解力を測定するために、物語中の登場人物の行動に基づくテストを実施した。最後に、実験後のアンケートで、直線的な物語と IF を使った学習に対する生徒の認識を測定した。本稿では、本研究の結果を以下のように紹介する。対照群 (直線的) と実験群 (IF) の間で、語彙習得や読解力のスコアに有意な差がないことがわかった。しかし、学習者のゲーム習熟度に基づいてデータの追加分析を行ったところ、ゲーム習熟度の高い学習者に比べて、ゲーム習熟度の低い学習者はインタラクティブ版のストーリーをコントロールすることが困難であることが明らかになった。このことから、学習者のゲームリテラシーのレベルが、システムに対する認識に影響を与えている可能性が示唆された。

キーワード: ゲームベースドラーニング,インタラクティブフィクション,リーディング

1. はじめに

第二言語・外国語教育において、ゲームを教材として使用することは目新しいことではないが (Dorry, 1996; Lee, 1979)、デジタルゲームは娯楽や文化的創作物としての人気が高まるにつれ、言語学習・教育のためのツールとして注目を集めている (Mawer & Stanley, 2011)。実際、最近の調査によると、ゲーム業界は音楽業界の約 10 倍、映画業界の約 2 倍の規模になっている (Richter, 2020)。つまり、学生たちは、たとえ言葉自体にピンとこなくても、少なくともカジュアルな「ゲーマー」である可能性が高いことが予測される。授業にゲームを導入することは、教育の一環として、学生がゲームによって

獲得した社会的・文化的資本を活用するための必須事項と言えるだろう。そこで、本研究は、デジタルゲームを用いた語学学習システムの開発及び検証を行った。

1.1. インタラクティブフィクションの歴史を振り返る

本研究では、「インタラクティブ・フィクション」と呼ばれるノベルゲームに焦点を当てている。これは、その名の通り、読者が自分の選択に基づいていくつかの方向に物語を進めていく、インタラクティブなフィクションの形態である。ここでは「選択」が重要な意味を持ち、「Choose Your Own Adventure」(Montgomery, 1982/2009)

と呼ばれる古典的なインタラクティブ・フィクション起させるかもしれない。これらの本では、1 ページ(あるいはそれ以上)のテキストを読んだ後、読者は自分の意思決定に基づいて他のページをめくる選択肢を与えられる。例えば、“洞窟に入るには 5 ページ目を見る”、“今の道を進むには 6 ページ目を見る”といったものがある。

このように、インタラクティブ・フィクションの原型は、読者が自分で選んだ特定のページをめくって物語を進めていくという、紙ベースのものだった。しかし、1970 年代後半に登場したテキストベースのアドベンチャーゲーム「Zork」(図 1)に代表されるように、この形態のエンターテインメントは、電子・デジタルゲームの中でも最も早い時期に実現されたものだった。このゲームでは、「GO」、「LOOK」、「OPEN」、「NORTH」、「PICK UP」などの簡単なテキストコマンドを入力してストーリーを進めるものだった(Lebling et al.1979)。

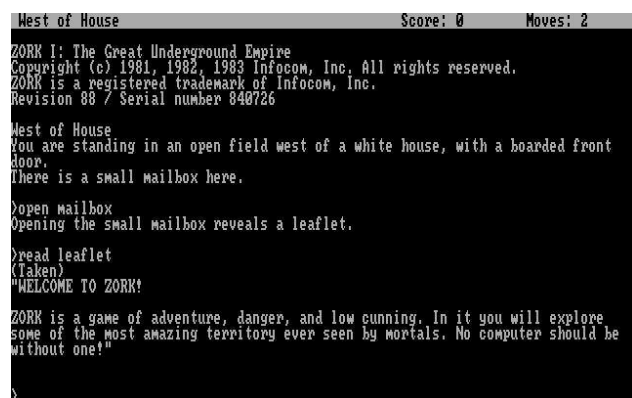


図 1.テキストアドベンチャーゲーム「Zork」の一場面

しかし、技術の進歩に伴い、テキストベースのアドベンチャーゲームは、1980 年代にルーカスフィルム・ゲームズが先駆けとなって、よりグラフィックを重視したゲームへと発展していった。その代表的な作品が「The Secret of Monkey Island」(Lucasfilm Games, 1990)である。グラフィックスが追加されたことで、文字入力が減り、代わりに「ポイント&クリック」方式が採用された。しかし、ダイアログによる選択肢は残ってい

ン・シリーズを想

ー

た(図 2 参照)。



図 2.アドベンチャーゲーム「The Secret of Monkey Island」のスクリーンショット

また、デジタル・インタラクティブ・フィクションの中には、物語を進めるためにユーザーがコマンドを入力する必要がなく、提示された選択肢の中から主人公が次に何をするかをクリックして選択するという、前身のアナログのものに近い形態のものも存在する。このようなデジタル・インタラクティブ・フィクションは、Twine や Renpy などの簡単に使えるインタラクティブ・フィクション作成ツールの登場によって人気を集めており、インタラクティブ・フィクションを作成する上での参入障壁が大幅に低くなっている。また、インタラクティブ・フィクションを作成するためのツールだけでなく、itch.io のように作成した作品を共有するためのサイトや、Archive of our Own のようなファンフィクション・コミュニティも存在する。

2. 先行研究

2.1. 言語学習の場におけるインタラクティブ・フィクション

Shelton (2007) は、理論的な観点からインタラクティブ・フィクションの教育的

価値を考察している。彼は、インタラクティブ・フィクションが、学習目標に合わせて作成したり、学習を効率的にするために物語と一緒に使用したりすることができるため、特に言語学習に適したメディアであると述べている（p.114）。前述のように、このメディアは従来の物語に似ているが、読者に選択肢を与えることで、他にはない能動的な読書体験を生み出す。このように、読者が物語の展開に積極的に参加するように、主な物語の視点は、対話が読者に直接語りかける二人称であることが多い（例：「あなたがドアを開けると、何か3つの物がテーブルに置いてありますが、入り口ではそれが何か確認できません。近づいてみると・・・」というように）。このように、インタラクティブ・フィクションは、授業の学習目標に沿った文化的・文脈的状况に読者・生徒を没入させることで、学習へのモチベーションを促進するのに有効であると考えられる。

IF に関する実証研究では、Neville ら（2009）が本研究の重要なインスピレーション源となっている。彼らの研究では、ドイツ語の語彙や文化を教えたり、読解力を向上させたりするために、スタンドアロン型の IF ゲームが作られた。ここで紹介されている IF ゲームは、テキストベースのアドベンチャーゲームに似ており、ストーリーを進めるためにはユーザーがキーワードを入力する必要がある。学生は実験的なコンピュータゲームに慣れていないため、ストーリーを進めていくためのチュートリアルが必要だった。生徒を2つのグループに分け、対照群はドイツ語の物語を読み、実験群はインタラクティブ・フィクション・ゲームをプレイさせた。どちらの群も、学習後、語彙テストと自分の言葉でストーリーを書き直す課題を行った。

この研究はわずか9人の学生を対象に行われ、その結果、対照群（読書群）は実験群（IF 群）に比べて、ドイツ語の語彙力を高めるためには、読書とそれに基づく宿題を行

うことが効果的であると考えていた。また、対照群は実験群に比べて、読書が自分の学習に繋がると考えており、読書活動が外国語の学習方法であるとする彼らの先入観とより一致していることを示している。最後に、対照群は実験群よりもドイツ語の習得に自信を持っていた。実験群の生徒は、対照群の生徒に比べて、語彙テストの成績が良く、ストーリーを書き直す宿題の負担が少ないと感じていたことから、実験群の生徒にはプラスの効果があった。これは、実験群と宿題の認知的要求の差が少なかったことを示唆しており、言い換えれば、ゲーム的なシステムを用いることで、学生がより難しい課題をこなすことを促進できる可能性があることを示唆している（Shibata & York, 2020）。最後に、実験群は、対照群よりも、ゲームで見つけた語彙をストーリーの再構成の中でより多く出していた。この研究の問題点は、1) サンプル数が少なく、語彙テストや学生のエッセイを厳密に統計的に分析することができなかったこと、2) 対照群と実験群のストーリーが同一ではなかったこと、である。実験群のストーリーは、対照群と似たシナリオと同じ語彙に基づいているだけだった。

3. 実験

3.1. システム

本実験では、インタラクティブ・フィクションを作成するために、オープンソースの IF 作成ツールである Twine を使用した。Twine は、インターネットブラウザ上で動作するほか、Windows、Mac OS、Linux などの OS 上でスタンドアロンのアプリケーションとしてダウンロードすることができる。シンプルな GUI で、ユーザーは物語を入力し、テキスト内に読者の選択肢を作ることができる。本実験では、読者が訪れる場所を選択することを中心とし

た介入性を実装した。また、対照群である教科書のような従来の読み進めるだけの物語も Twine で制作した。

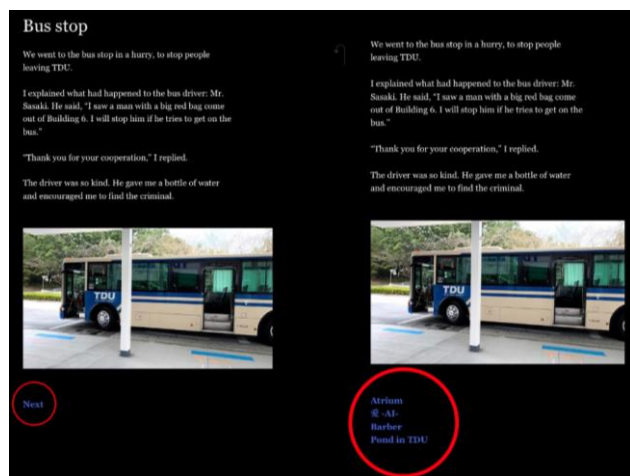


図 3. 左が教科書を模したシステム、右が IF システム

また、今回使用した物語は、被験者全員が通っている大学を舞台にしたストーリーを作成した。物語の内容は、大学内のさまざまな場所に関連したものになっている。これは、親近感を持たせると同時に、1 年生が知らない大学の場所を紹介するためのものである。この物語は今回実験を行った 2 つのシステムで同じ内容になるように設定した。

3.2. 実験方法

この研究は日本の私立大学で行われた。93 名の被験者がボランティアとして本研究に参加したが、欠損値や未回答を除く、88 名の被験者のデータのみを最終データとして使用した。なお、被験者は全員日本語を母国語としていた。また、被験者のうち、30 人は大学 2 年生、58 人は大学 1 年生であり参加費の支払いはなかった。

本実験では、被験者を対照群（教科書群）と実験群（IF 群）の 2 グループに無作為に振り分けた。なお実験はシステムごとに独立して測定し、被験者は対照群と実験群のいずれかのシステムのみを利用した。実験の流れを図 4 に示す。

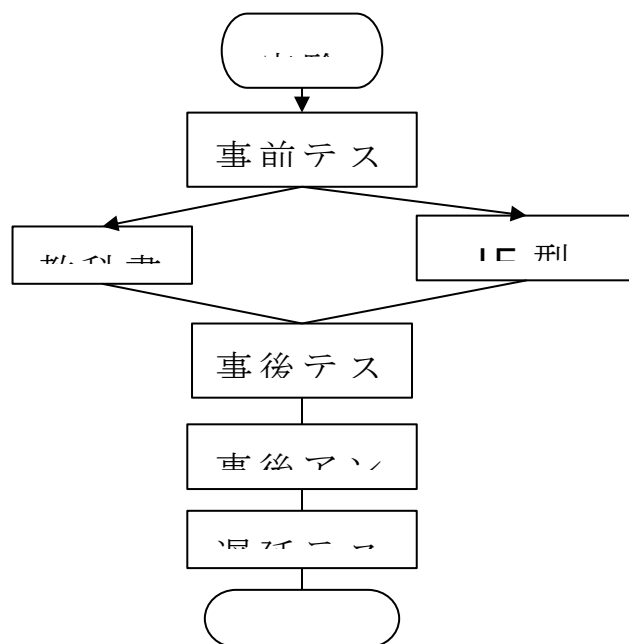


図 4. 実験フローチャート

まず、実験前に被験者全員が事前語彙テストを行った。テストが終わると、両群はそれぞれのシステムを使って物語を読んだ。物語を読んだ後、被験者全員が事前に行ったものと同じ語彙テスト、読解力テスト、システムアンケートを行った。最後に、両グループは実験の 1 週間後に遅延テストとして事後テストで行ったものと同じ語彙テストと読解力テストを行った。アンケートではシステムに関することと、ゲームの習熟度に関することについて尋ねた。なお、システムに関するアンケートの評価基準は各評価項目につき 1 から 10 までの 10 段階評価としている。

4. 実験結果と評価

4.1. 語彙力に関する効果

表 1 は、この尺度の記述統計を示したものである。両群の平均スコアは、読解前から読解後の段階で約 3 点上昇し、遅延タスクの段階では両グループともスコアはほぼ同じであった。

表 1: システム別の語彙スコアの記述統計

教育システム	スコア	Std. 偏差値
教科書型		
事前テスト	11.88	1.98
事後テスト	14.44	1.45
遅延テスト	14.63	1.51
IF 型		
事前テスト	11.87	2.13
事後テスト	14.57	1.38
遅延テスト	14.53	1.47

記述統計に続いて、データに対して反復測定分散分析を実施したが、有意な差はなかった ($p=.77$)。

4.2. 読解力に関する効果

理解度テストの平均スコアを表 2 に示す。2 つのグループの理解度テストの平均スコアにはほとんど差がなく、同様に標準偏差にも目立った差はなかった。

表 2: システム別の読解力テストの平均スコア

教育システム	スコア	Std. 偏差値
IF 型	12.41	2.18
教科書型	12.34	2.05

グループ間の理解度テストの平均スコアを比較するために、t 検定 (対応なし) を行った。その結果、平均スコアには有意な差がなかった ($p=.87$)。これは、実験システムのインタラクティブ性が、読解力の向上にはつながらなかったことを示唆している。

全体のまとめとして、今回のシステムのインタラクティブ性は学習者の語彙習得や読解力に統計的に有意な影響を与えなかったという結果が得られた。

4.3. システムごとの評価

また、2 つのシステムでの学習に対する被験者の意見の違いを調べるために、読解終了

後にアンケートを実施した。各指標の平均点と標準偏差を表 3 に示す。全体的な傾向として、2 つのシステム間での認識の違いはほとんどないと考えられる。t 検定を実施したところ、どの測定項目においても平均スコアに有意な差はなかった。

表 3: 読解終了後の評価に関するアンケートの平均点と標準偏差

質問事項	教科書型	SD	IF 型	SD
操作が難しかった	3.13	2.33	3.90	3.90
英語が読みやすかった	7.04	1.86	7.51	7.51
学習が楽しかった	7.47	1.82	7.73	1.66
紙の教科書よりも取り組みやすかった	7.69	1.98	7.41	7.41
ストーリーが面白かった	7.40	1.89	7.49	7.49
このシステムは効果的に学習できると思った	6.93	1.72	7.22	7.22

4.4. 被験者のゲーム習熟度が学習効果とシステム評価に与える影響

上記の、読解システムが学習効果に影響を与えるかどうかのテストに続いて、被験者のゲームやゲームへの親近感が学習効果やシステムの認知にどのような影響を与えるかを調査した。本研究では、ゲームの習熟度は、被験者に 1 日にどれくらいの時間ゲームをしているかを尋ねることで算出した。この調査により、全被験者の 1 日のゲームプレイ時間の平均は 126.65 分、標準偏差は 74.81 分だった。そこで、1 日のゲームプレイ時間に基づいて 3 つのグループを定義した。ゲームのプレイ時間が平均値よりも 1 標準偏差以下の人を「ゲーム能力が低い」グループとした。ゲーム習熟度が高いグループは、平均値よりも 1 標準偏差以上の時間ゲームをしている人たちと定義した。また、1 日のゲームプレイ時間が平均値から 1 標準偏差以内の学生を「ゲーム慣れ度中」とした。このようにして、3 つ

のグループを作った。この3つのグループは、実験で使ったシステムによってさらに分けられ、6つのグループになった（表4）。

表4: ゲームの習熟度別グループとシステム別の被験者数

被験者数	ロー	ミディアム	ハイ
IF 型	8	20	13
教科書型	11	29	7

そしてテストのスコアの比較とシステムごとの評価を比較したところ、システムの操作の難しさに関する質問のみ、システムやゲームの習熟度によって平均スコアに有意な差が見られた ($f(80)=3.54$, $p<0.05$)。表5に、この尺度の平均スコアを示す。このように、予想通り、ゲームの習熟度が低い学生は、インタラクティブ・システムの操作に苦労していることが明らかになった。しかし、上述したように、この苦手意識は、語彙力や理解力のテストのスコアには影響しなかった。

表5: システム及びゲームの習熟度別の操作難度の認識

	ロー	ミディアム	ハイ
IF 型	5.5	3.85	3.0
教科書型	2.0	3.41	2.86

5. 考察

本研究では、インタラクティブ・フィクションにおける双方向性、より具体的には選択肢が、学生の語彙習得と読解力に及ぼす影響を調査した。また、学生の認識についても調査した。その結果、両群ともに語彙テストのスコアが向上したものの、システムの違いやゲームの習熟度を考慮しても、平均値に統計的な有意差は見られなかった。同様に、読解力テストの平均点についても、システムの違いやゲームの習熟度を考慮しても、統計的に有意な差は見られなかった。

2つのシステムの間でテストスコアに明確

な違いがないことは、実験に意味がなかったということではない。むしろ、単純なストーリーに単純な選択肢を加えただけでは、学習に大きな影響を与えることはできないということを強調している。このことは、この分野の今後の研究のヒントになり得る。

今後の研究では、教科書型とIF型に加えて、第3のシステムを用意することを計画している。その3つ目のシステムとは、同じストーリーのARバージョンで、読者はストーリーの一部を解除するために大学の様々な場所に行くことを求められるというものだ。しかし、COVID-19によって遠隔地での授業を余儀なくされているため、この計画は現在中断している。この第3の手段を取り入れた理由は、言語学習のコンテキストにおけるロケーションベースの学習と身体性認知を調査した研究文献が比較的少ないことにある（例としては、Holden & Sykes, 2012; Sydorenko et al. など）今後の展望として、「野生での」身体化された経験としての読書が言語習得にどのように影響するかという点にある。

参考文献

- 1) Dorry, G. (1966). Games for second language learning. New York, McGraw Hill.
- 2) Lee, W. R. (1979). Language teaching games and contests. Oxford: Oxford University Press.
- 3) Mawer, K. & Stanley, G. (2011). Digital play. Delta Publishing
- 4) Shelton, B. E., & Wiley, D. A. (2007). The Design and Use of Simulation Computer Games in Education Richter, F. (2020, September 22). Infographic: Gaming: The Most Lucrative Entertainment Industry By Far. Statista Infographics.

<https://www.statista.com/chart/22392/global-revenue-of-selected-entertainment-industry-sectors/>.

5) Montgomery, R. (1982/2009). The Abominable Snowman (Choose Your Own Adventure# 1). Choose Your Own Adventure Series. Chooseco.

6) Neville, D. O., Shelton, B. E., & McInnis, B. (2009). Cybertext redux: using digital game-based learning to teach L2 vocabulary, reading, and culture. *Computer Assisted Language Learning*, 22(5), 409-424. <https://doi.org/10.1080/09588220903345168>
740.

7) Lucasfilm Games. (1990). The Secret of Monkey Island. San Fransisco, CA: Lucasfilm Games.

8) Shibata, K. & York, J. (2021). A comparison of the affective affordances of a static and interactive VR system on learner FLA and motivation. In E. Forsythe (Ed.), *Teaching with Tech. JALT CALL SIG*, Japan. <https://doi.org/10.37546/jaltsig.call2020.8> (pp.108-127).

9) Sydorenko, T., Hellermann, J., Thorne, S. L., & Howe, V. (2019). Mobile augmented reality and language-related episodes. *TESOL Quarterly*, 53(3), 712-

オンライン上でのロボットプログラミングの 協調学習を促進するエージェントシステムの研究

多田 遥香^{*1}, 田中 文英^{*2}

^{*1} 筑波大学 理工学群 工学システム学類

^{*2} 筑波大学 システム情報系 知能機能工学域

A Study of Agent Systems to Facilitate Online Collaborative Learning in Robot Programming

Haruka Tada^{*1}, Fumihide Tanaka^{*2}

^{*1} College of Engineering Systems, School of Science and Engineering, University of Tsukuba

^{*2} Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

協調学習を導入した授業は、様々な先行研究において教育的な効果が大きいと報告されている。しかし、現代社会では貧富の差による教育格差が問題となっており、協調学習のような質の高い教育を受けられる機会は平等に与えられていない。そこで本研究では、オンライン上でのロボットプログラミングの協調学習を促進するためのエージェントシステムとその評価方法を提案する。そして、教師の役割の一部を自動化してコストを削減することで問題の解決を目指す。

キーワード: エージェント, 協調学習, ロボットプログラミング教育, e-Learning, チャットボット

1. はじめに

1.1 協調学習の必要性

協調学習とは、同じもしくは異なるレベルの知識や経験をもった複数人がひとつの目標に向かって協調作業し、それぞれが新しい知識を獲得する過程を指す学習形態である⁽¹⁾。文部科学省の「学習指導要領の趣旨の実現に向けた個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実に関する参考資料」⁽²⁾によると、未来の社会を見据えて教育するには「個別最適な学び」と「協働的な学び」という観点から学習活動の充実の方向性を改めて捉え直し、主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善につなげていくことが重要であるという。ここにおける「協働的な学び」は上記の協調学習と同様の意味であると捉えられる。また、協調学習の効果は様々な先行研究において報告されている。例えば中山ら(2021)⁽³⁾は、ペアプログラミングを取り入れた協調学習の実施方法を提案し実践した。その結果、

児童は自分の役割を理解して課題に取り組むだけでなく、つまづいた際にも役割の交代やアドバイスを受けることを選択し、ねばり強く進めることができたという。以上より、協調学習は今後の教育において重要な役割を果たすと考えられる。

1.2 協調学習とロボットプログラミング教育

現在、プログラミング教育は小学校、中学校、高等学校において必修化されている。文部科学省の「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論の取りまとめ）」⁽⁴⁾によると、プログラミング教育によって身につく「プログラミング的思考」は、どのような進路、職業を選択するにあたって、これからの時代において共通に求められる力であるという。近年では、ロボットを活用したプログラミング教育であるロボットプログラミング教育が普及している。塩澤ら(2019)⁽⁵⁾によると、ロボットプログラミング教育は、ロボットが動くことで初心者にもプログラムの動

きが視覚的に理解しやすく、複数の学習者がプログラムの動作結果を目の前で共有できるという点で、協調学習に向いているという。以上より、ロボットプログラミング教育の協調学習を普及させることは、未来を担う子どもたちの人材育成に恩恵を与えるといえる。

1.3 教育の問題点と研究目的

ロボットプログラミング教育を提供するには知識や技術のある教師を雇うことや、ロボットプログラミング教材を確保することにより、環境を整備する必要がある。しかし、教育格差が広がる現状をみると普及は難しいといえる。世界では、貧富の差による教育格差が問題になっている。UNESCO(2019)⁽⁶⁾によると、2018年では2億5840万人の子ども、若者が学校に通っていない。この数字は子ども、若者の世界人口の6分の1を占めるという。また、日本では教師の多忙化による教育格差が問題となっている。大島(2020)⁽⁷⁾が行った小学校教員への調査によると、調査対象者のほとんどが超過勤務による多忙感を感じており、79名中67名がプログラミング教育を行うことに不安を抱いているという。

そこで、ロボットプログラミング教育における教師の役割の一部を自動化しコストを削減することが、教育格差をなくしてロボットプログラミング教育の協調学習を普及させることへの第一歩となるのではないかと考えた。本研究では、ロボットプログラミングのペア学習の場면을ターゲットとし、オンライン上での協調学習を促進するためのエージェントシステムを提案する。

2. 提案システム

我々は、ロボットプログラミング教育における教師の役割のうち、「授業中の言葉がけ」と「ペアのマッチング」に注目した。「授業中の言葉がけ」を自動化するe-Learningシステムと、「ペアのマッチング」を自動化するマッチングシステムを以下で提案する。

2.1 「授業中の言葉がけ」を自動化する e-Learning システムの提案

名取ら(2012)⁽⁸⁾によると、協調学習を促進するために教師がすべきことは、子どもの問いかけに対して答

えを伝えることではなく、さらに学びを深めていけるような言葉がけや疑問を投げかけることであるという。そこで、子どもが問いかけた際に、協調学習を促進するような言葉がけをするチャットボットを含んだ、e-Learningシステムを提案する。

提案する e-Learning システムは、図1のようにビデオ通話越しに子ども同士を繋げ、話し合いながらプログラミング学習を進めるための web サイトである。ビデオ通話は zoom などの既存のビデオ通話サービスを用い、ビデオ通話サービスと同時に e-Learning システムの web サイトを開くこととする。

図2は、実際に開発した e-Learning システムである。まず、ページの上部に表示されている「超音波センサーをマスターしよう！」が授業全体の目標であり、その下に表示されている「ミッション2：壁にぶつかる前に止まろう」が10分間で行うミッションである。目標の達成に必要な基礎知識は下の解説動画によって解説される。そして、解説動画の右側にあるのが教師の代わりに言葉がけをするチャットボットである。

このチャットボットは、Google の最新のディープラーニング技術でチャットボットが作成できるサービス Dialogflow⁽⁹⁾を用いて作成した。子どもは、授業中につまづいたときに、チャットボットに問いかけることができる。そして、チャットボットは子どもの問いかけから困惑内容を推定し、さらに学びを深めていけるよ



図1 e-Learning システムの概要図



図 2 開発した e-Learning システム

うな言葉がけを自動で返信する。例えば、子どもが「超音波センサーの動かし方がわからない」と入力すると、予め設定している「センサー」というキーワードを抽出する。そして、「センサーを動かすのに使うブロックは合っているかな？ペアの子に相談してみよう！」や「動画ではどのように動かしていたかな？ペアの子に聞いてみよう！」のように、ランダムでセンサーに関連する返答をする。キーワードは「ライト」や「繰り返す」など、目標を達成するのに疑問が生まれやすいと思われるワードを予め設定した。キーワードの抽出には Dialogflow の AI 技術が使われており、打ち間違いなどをフォローすることも可能である。また、返答は名取ら(2012)⁽⁸⁾の協調学習を実践した授業観察の、教師の発言を参考に作成した。

2.2 「ペアのマッチング」を自動化するマッチングシステムの提案

マッチングの指標については、様々な研究がなされている。例えば、大矢ら(2009)⁽¹⁰⁾によると、基礎学力、経験、興味、入力速度の順にマッチングの指標として有効であるという。また、内田(2016)⁽¹¹⁾によると、性別、基礎学力、パーソナリティ特性の3指標がペアワ

ークの効果を高めるために有効であるという。さらに、異性で基礎学力差が小さいペア編成が、ペアワークの効果向上に貢献するという。このように、これまでの先行研究では子どもへの事前アンケートやテストで得られるもののみをマッチングの指標としている。

それに対して、我々は事前アンケートやテストで得られる特性よりも、子どもの自然な言動から得られる曖昧な特性をマッチングの指標とする方が、より良い教育効果が得られるのではないかと考えた。提案するマッチングシステムでは、図3のように仮想エージェントとの事前学習での音声データを解析してマッチングの指標とする。図3の「仮想エージェントとの事前学習」を2.2.1項で、「音声データの解析」を2.2.2項で、「解析したデータをもとにマッチング」を2.2.3項で説明する。

2.2.1 仮想エージェントとの事前学習

事前学習で開く web ページは、2.1 節で提案した e-Learning システムに類似しているが、学習相手が仮想エージェントになっているという点とチャットボットがないという点で異なる。開発した仮想エージェントは、子どもと一緒に与えられたミッションに取り組み、実際の子どものように話しかけてきたり、わからない点を相談してきたりする。

実際の子どもではなく仮想エージェントにする理由は、実際の子どもを相手にすると、相手の特性によって発話内容が変わってしまうためである。たとえば、

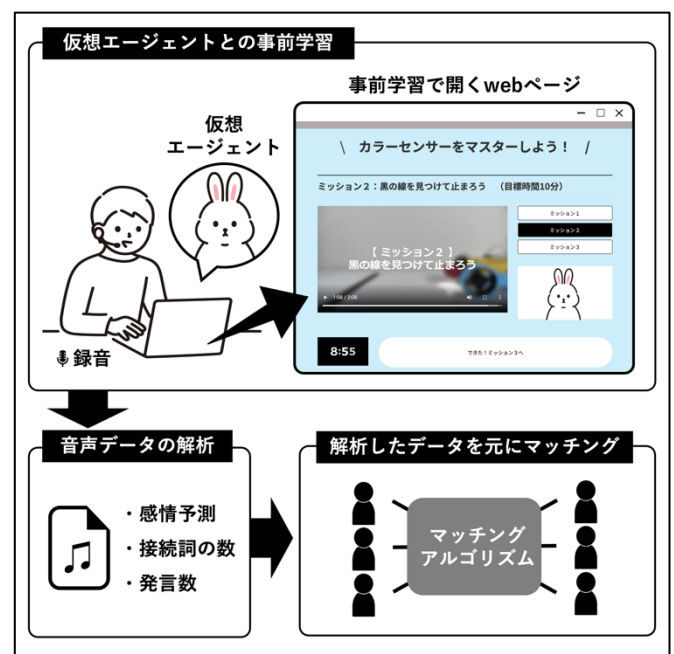


図 3 マッチングシステムの概要図

Aの特性を測るために実際の子どもである相手Bと学習をするとする。Bの発言数が多くたくさん話しかけてきた場合はAの発言数も多くなると予測できるため、Bの特性によってAの特性も変わってしまい、平等に特性を測ることができない。よって、相手の特性を固定するために仮想エージェントを用いることとした。

2.2.2 音声データの解析

図4のように、仮想エージェントとの事前学習で録音したデータを解析する。具体的には、子どもの特性に関係すると思われる「感情予測」「接続詞の数」「発言数」の3つをデータとして出力する。開発したシステムでは、録音した音声のうち、一定時間以上小音量が続く箇所や瞬間的に音が鳴っている箇所は発言していないと判定して、発言している部分の音声データのみを分割して抽出する。そしてそれぞれの音声データに対して、感情予測、接続詞の数、発言数を求める。求める方法は以下で説明する。

(1)感情予測の方法

感情予測モデルは、Kouhei(2018)⁽¹²⁾を参考に作成した。Kouheiは、感情—音声データセットを用いて感情解析を行っている。モデルの構造には時系列データを扱うことができるという点で音声解析に向いているLSTM (Long Short Term Memory)を、特徴量にはメル周波数ケプストラム係数を、データセットには研究

データリポジトリである Zenodo の「The Ryerson Audio-Visual Database of Emotional Speech and Song」⁽¹³⁾を用いている。このデータセットには、8つの感情 (neutral, calm, happy, sad, angry, fearful, disgust, surprised) を表した音声合計 1440 個収録されている。また、学習には Python の深層学習ライブラリ Keras⁽¹⁴⁾を用いている。

これらを参考にして感情予測モデルを作成したところ、訓練データ(training)・テストデータ(validation)の正解率を表したグラフは、図5のようになった。図5からわかるように、テストデータでの正解率が65%を超える感情予測モデルを作成することができた。作成した感情予測モデルを用いて、図4のように事前学習での音声データそれぞれの感情レベルの配列を求め、それを平均したものを事前学習全体での感情予測のデータとする。例えば、授業中に*n*回発言すると、*n*個の音声データが作成される。そのうち、*i*番目の音声データの neutral のレベルを*N(i)*, calm のレベルを*C(i)*, happy のレベルを*H(i)*, sad のレベルを*S(i)*, angry のレベルを*A(i)*, fearful のレベルを*F(i)*, disgust のレベルを*D(i)*, surprised のレベルを*U(i)*とする。すると、*i*番目の音声データの感情レベルの配列*emotion(i)*は、式(1)となる。そして、すべての音声データの感情レベルの配列を平均した事前学習全体での感情予測のデータ*emotion_s*は、式(2)のように算出する。

$$\begin{aligned} emotion(i) \\ = [N(i), C(i), H(i), S(i), A(i), F(i), D(i), U(i)] \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} emotion_s \\ = [\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N(i), \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C(i), \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H(i), \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S(i) \\ , \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A(i), \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F(i), \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D(i), \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U(i)] \quad (2) \end{aligned}$$

(2)接続詞の数を数える方法

はじめに、Google による AI の研究とテクノロジーを活用した API である Speech-to-Text⁽¹⁵⁾を用いて、事前学習での音声データそれぞれをテキストに変換する。そして、柴田(2017)⁽¹⁶⁾の CSJ での検索で用例数が100件以上確認された接続詞を参考に、「でも」や

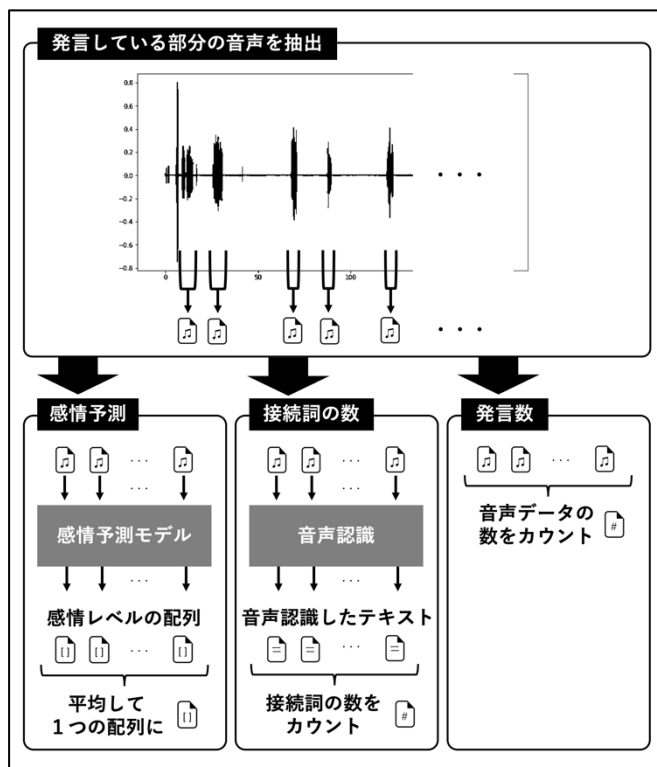


図4 音声解析の概要図

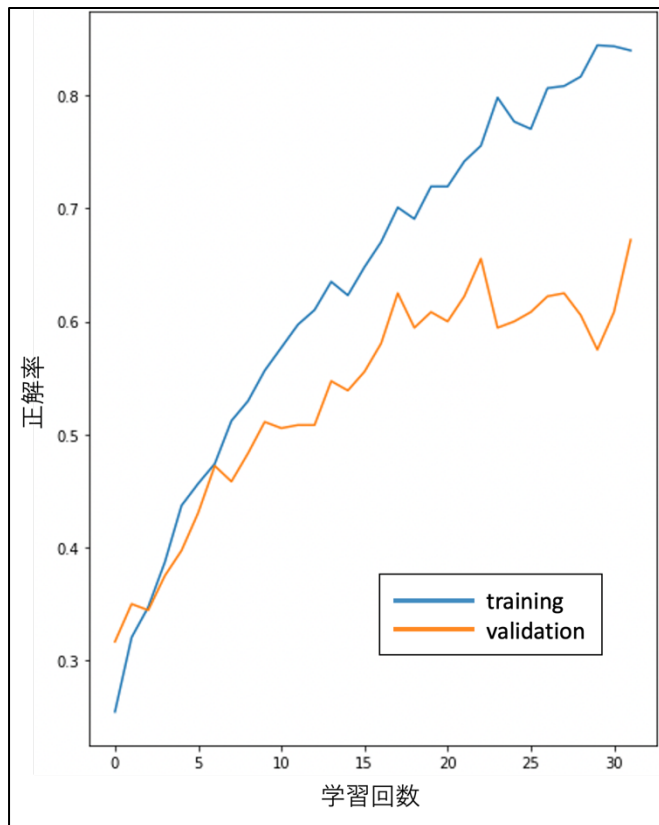


図 5 感情予測モデルの評価

「から」など、合計 44 種類の接続詞をカウントし、その数を事前学習全体での接続詞の数のデータとする。

(3) 発言数を数える方法

発言数は、抽出した音声データの数をカウントし、その数を事前学習全体での発言数のデータとする。

2.2.3 解析したデータを元にマッチング

仮想エージェントとの事前学習における「感情予測」「接続詞の数」「発言数」の 3 つのデータを指標とし、マッチングアルゴリズムを用いてマッチングを行う。マッチングアルゴリズムの作成は図 6 のように、実験 1 を通したデータを用いて行う。

実験 1 では大学生を 10 名程度集め、ランダムでペアを組んでいき、ペアでそれぞれ実験を行う。子どもではなく大学生を実験参加者とする理由は、この実験は e-Learning システムや仮想エージェントの問題点を発見するための予備的な役割を果たすためである。まずは大学生での実験を繰り返し、問題点を改善した後に子どもでの実験を行う。

まず実験 1-1 では、ペアはそれぞれ仮想エージェントと学習し、2.2.2 項の解析法でその際の音声データを解析する。次に実験 1-2 では、2.1 節で提案した e-Learning システムを用いてペア同士で学習し、内田

(2016)⁽¹¹⁾の「ペアワーク満足度」と「ペアワーク活性度」を用いて、ペアの相性を評価する。内田は、この 2 つに加えて「テストの成績上昇度」でも相性を評価している。内田の用いている「テストの成績上昇度」は、プログラミング教育において「プログラミング的思考の上昇度」と読み替えることができる。「プログラミング的思考の上昇度」は 1 回の授業で見えにくいことから、「テストの成績上昇度」は指標としないこととする。内田は、「ペアワーク満足度」を測るための子どもへのアンケートの評価項目として表 1 の項目を、その回答方法には 4 件法を用いている。また、「ペアワーク活性度」を測る指標として、発話数が用いられている。発話数は、発話のひとまとまりを発話単位としてカウントしている。

そして、全てのペアについて評価し終えた後、それぞれの解析データと相性の関係を考察し、その考察をもとにマッチングアルゴリズムを作成する。例えば、

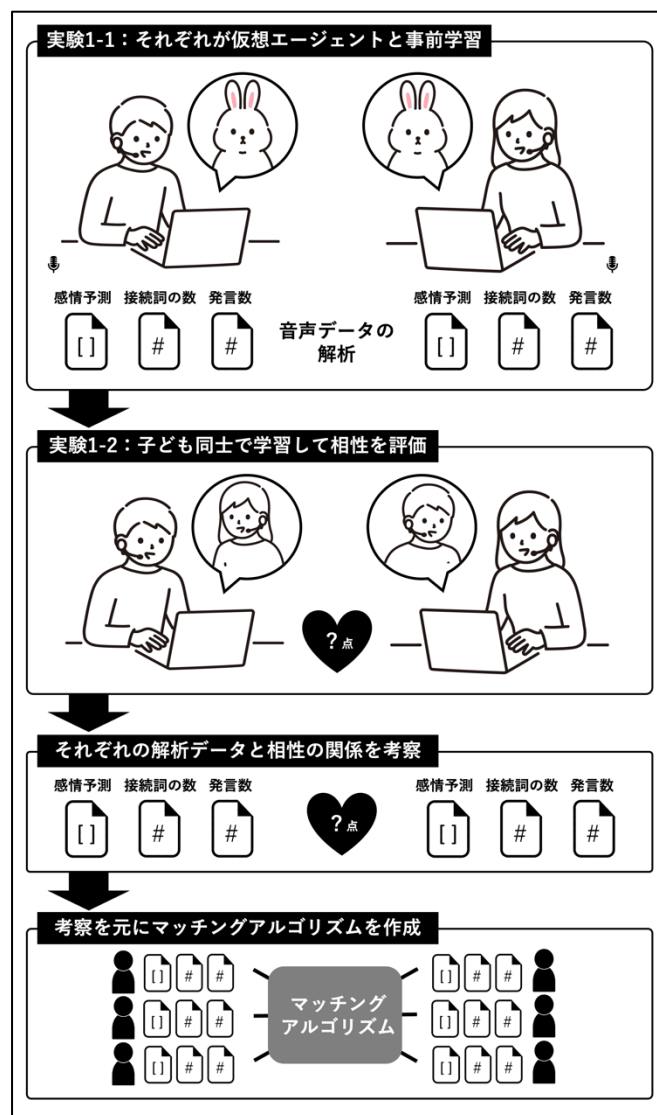


図 6 マッチングアルゴリズムの作成方法

発言数の多い実験参加者と発言数の少ない実験参加者が相性の良い傾向にあれば、発言数の差が大きい2人を優先的にペア編成するようなマッチングアルゴリズムを作成する。

3. システムの評価方法

3.1 e-Learning システムの評価

実験1-2では、e-Learning システムを使用する。よって、e-Learning システムの評価は実験1の実験参加者へのインタビューにより行う。インタビュー項目は表2に示す。

3.2 マッチングシステムの評価

マッチングシステムの評価は、内田(2016)⁽¹¹⁾によって効果が確認されている「性別と基礎学力を用いたペア編成方法」と比較することによって行う。内田は、性別と基礎学力に加えてパーソナリティスコアを用いたペア編成方法も提案している。しかし、この編成方法では成績上昇度が使用されており、2.2.3項で述べた理由より成績上昇度は見えにくいことから、この編成方法は用いないこととした。内田は、性別と基礎学力を用いたペア編成方法について、

- (1) 受講生を基礎学力のスコアに基づいて降順に、ソートする。
- (2) ソート結果の順番にペアを編成する。
- (3) (2) でペア編成が同性同士となった場合は、基礎学力のスコア差が小さい異性と入れ替える。ただし、基礎学力スコア差が2点超(20点満点)となる場合は、異性との入れ替えは行わず、同性ペアとする。⁽¹¹⁾

と説明している。本実験では、PC操作やプログラミングの経験を20点満点で評価することで、基礎学力スコアとする。以降、2.2節で提案したマッチングシステムに用いられているマッチングアルゴリズムをマッチングアルゴリズムA、内田の「性別と基礎学力を用いたペア編成方法」をマッチングアルゴリズムBと呼ぶ。マッチングシステムの評価は図7のように、実験2を通して行う。

表 1 ペアワーク満足度アンケート評価項目（内田(2016)⁽¹¹⁾を参考に作成）

1	ペアワークは楽しかったです
2	ペアワークでの相談が役立ちました
3	ペアワークはよい方法だと思います
4	ペアと個人では、ペアの方が回答しやすいと思います
5	ペアワークによって理解が深まりました

表 2 e-Learning システム満足度アンケート評価項目

1	スムーズに授業を進められることができましたか？
2	チャットボットの返信は問題の解決に良い影響を与えましたか？ また、その理由を教えてください。
3	チャットボットの返信は問題の解決に悪い影響を与えましたか？ また、その理由を教えてください。
4	チャットボットを使用してみて、改善点があれば教えてください。
5	今後もチャットボットを使用してみたいと思いますか？ また、その理由を教えてください。

実験2では大学生を10名程度集め、ランダムにグループ1とグループ2の半分に分けて実験を行う。子どもではなく大学生を実験参加者とする理由は、2.2.3項で述べた実験1での理由と同様である。

まず、図3で示したようにマッチングシステムを使用するためには、仮想エージェントとの事前学習が必要である。よって、実験2-1では全員が仮想エージェントと学習し、2.2.2項の解析法でその際の音声データを解析する。次に、実験2-2ではグループ1とグループ2の実験参加者を、実験2-1で解析したデータを指標として、マッチングアルゴリズムAに基づいてマッチングする。そして、それぞれマッチングした相手と2.1節で提案したe-Learningシステムを用いて学習する。最後に、内田の「ペアワーク満足度」と「ペアワーク活性度」を指標として、ペアの相性を評価する。実験2-3では、グループ1とグループ2の実験参

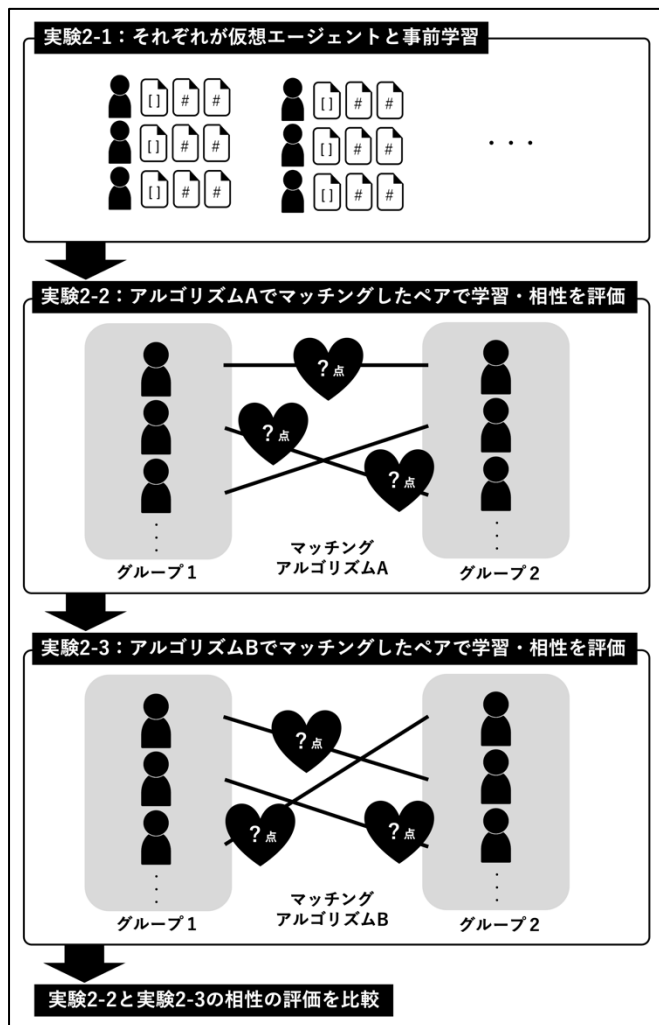


図 7 マッチングシステムの評価方法

加者をマッチングアルゴリズム B に基づいてマッチングし、実験 2-2 と同様に学習・評価する。最後に、実験 2-2 と実験 2-3 の評価を比較することによって、マッチングシステムの評価を行う。

4. まとめと今後の課題

本研究では、オンライン上でのロボットプログラミングの協調学習を促進するための「授業中の言葉がけ」と「ペアのマッチング」を自動化するエージェントシステムを提案した。

今後、マッチングアルゴリズムを作成するための実験、e-Learning システムとマッチングシステムを評価するための実験を行う。そして、システムの問題点や改善点を明らかにし、更なるシステムの向上を目指す。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 19H01112 の助成を受けて行われました。

参考文献

- (1) 森幹彦, 池田心, 萩原学, 嵯峨正規, 上原哲太郎, 喜多一: “ソーシャライズド・コンピュータと協調学習”, 人工知能学会全国大会論文集, 第 22 回 (2008)
- (2) 文部科学省初等中等教育局教育課程科: “学習指導要領の趣旨の実現に向けた個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実に関する参考資料”
https://www.mext.go.jp/content/210330-mxt_kyoiku01-000013731_09.pdf (2021) (最終アクセス 2022 年 9 月 9 日)
- (3) 中山舞祐, 森本康彦: “ペアプログラミングを取り入れた小学校プログラミング教育の実施方法の提案と評価”, 日本教育工学会論文誌, S44092 (2021)
- (4) 文部科学省: “小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について (議論の取りまとめ)”
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm (2016) (最終アクセス 2022 年 9 月 9 日)
- (5) 塩澤秀和, 松本祐依: “AR を用いたロボットプログラミング学習支援の提案”, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2019 論文集, 2019, pp.1125-1130 (2019)
- (6) UNESCO: “New methodology shows that 258 million children, adolescents and youth are out of school”
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000370721?posInSet=11&queryId=d1d425b0-3319-466d-8ab4-9012242321b6> (2019) (最終アクセス 2022 年 9 月 9 日)
- (7) 大島崇行, 齋藤博, 岡島佑介: “小学校教員の多忙化とプログラミング教育への意識・不安解消を目指す研修プログラムによる意識の変容”, 上越教育大学研究紀要, 40(1), pp.33-43 (2020)
- (8) 名取春香, 山内紀幸, 市川寛: “『学び合い』を促進する授業: A 小学校の「自然 (理科)」の授業観察から”, 山梨学院短期大学研究紀要, 32, pp.115-124 (2012)
- (9) Google Cloud: “Dialogflow”
<https://cloud.google.com/dialogflow/docs?hl=ja> (最終アクセス 2022 年 9 月 13 日)
- (10) 大矢芳彦, 内田君子: “情報基礎教育におけるペア学習の試みとその組み合わせ指標に関する基礎研究”, 名古屋外国語大学外国語学部紀要, 36, pp.223-241

(2009)

- (11) 内田君子 : “情報リテラシー教育におけるペアワークメンバー編成法に関する研究” (2016)
- (12) Kouhei Watanabe : “Colaboratory で感情-音声データセットを使った感情解析をやってみた”, GitHub
<https://gist.github.com/kou029w/02467375d5bfd2d3210735aac2de23ea> (2018) (最終アクセス 2022 年 9 月 13 日)
- (13) Zenodo : “The Ryerson Audio-Visual Database of Emotional Speech and Song”
<https://zenodo.org/record/1188976#.YyFOMuzP2Ak>
(最終アクセス 2022 年 9 月 14 日)
- (14) Keras Documentation : “Keras:Python の深層学習ライブラリ” <https://keras.io/ja/> (最終アクセス 2022 年 9 月 13 日)
- (15) Google Cloud : “Speech-to-Text”
<https://cloud.google.com/speech-to-text?hl=ja> (最終アクセス 2022 年 9 月 14 日)
- (16) 柴田好葉 : “話し言葉における接続詞の文体的特徴について”, 言語資源活用ワークショップ発表論文集, 2, pp.85-92 (2017)

インタラクティブロボット講義における 注意・理解リカバリとその評価

島崎俊介^{*1}, 柏原昭博^{*1}

^{*1} 電気通信大学 大学院情報理工学研究科 情報学専攻

Evaluating Recovery of Learners' Attention and Understanding in Interactive Robot Lecture

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

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

講義が長時間になると、学習者の講義に対する注意が外れ、理解の追従が困難になりやすいため、学習者の受講・理解状態に応じてリカバリーを施す必要がある。しかしながら、熟練の人間講師でもリカバリーは容易ではない。そこで、本研究では講義を代行するロボットが非言語動作を用いて受講中の学習者の注意をリカバーするとともに、チャットボットとして適応的なテスト問題を出題することで学習者の理解をリカバーするためのインタラクティブロボット講義システムについて述べる。特に、注意・理解リカバリアルゴリズムと講義シナリオ再構成方法を提案し、今後の評価実験についても述べる。

キーワード: ロボット講義, 学習支援ロボット, 状態推定, 注意・理解リカバリ, チャットボット

1. はじめに

講義では、通常長時間に及ぶほど講義に対する学習者の注意を制御すること（以下、注意制御）や、理解状態を把握しながら、インタラクティブに講義を進めることが重要となる。しかしながら、熟達した人間講師でもそれらを遂行することは容易ではない。

筆者らは、これまで人間講師の講義に関わる非言語動作（以下、講義動作）をロボットが再現するとともに、モデルベースに不十分な動作を再構成するロボット講義を提案した。そして、ロボットによって再構成された講義動作が、短時間の講義において再構成なしのロボット講義よりも学習者の注意や理解を促進することを実証した¹⁾。しかしながら、学習者の受講状態を考慮しないため、講義が長くなるほど学習者の注意が外れ、講義に追従できず理解できない可能性がある。

そこで学習者の受講状態を推定し、受講状態に応じて、講義動作やマルチメディアを用いたインタラクシ

ョンを制御することで、注意維持支援を行うインタラクティブロボット講義システムを開発した^{2,3,4,5)}。このシステムでは、SoftBank Robotics 社製のヒューマノイドロボットの NAO を用いており、学習者に近づくウォークが可能となっており、学習者の注意維持支援に効果的であることを確認している^{3,4,5)}。

一方、長時間の講義では、学習者の注意回復（以下、注意リカバリ）と、理解回復（以下、理解リカバリ）を行うことが必須であり、そのためには学習者の講義に対する理解状態を的確に把握することが必要である。しかしながら、これまでのインタラクティブロボット講義システムでは Kinect により学習者の受講状態を集中・非集中の2状態で推定しており、集中状態であっても学習者の理解がどの程度なのかの把握が困難であった。

本稿では、学習者の受講状態をよりの確に把握するために、Kinect による状態推定に加えて、講義内容の

重要な箇所や関係を問うチャットボット機能を装備したインタラクティブロボット講義システムの開発を目指す。本システムは、チャットボットからの問いかけに対する回答に応じて学習者の注意や理解をリカバーする。

以下、2章では、インタラクティブロボット講義システムに関する関連研究とモデル、本研究の位置づけ、システムの枠組みを述べ、3章では新たに試みる注意・理解リカバリアルゴリズムを示す。4章では、今後予定しているシステムを用いたケーススタディについて説明し、5章では今後の課題について述べる。

2. インタラクティブロボット講義システム

2.1 関連研究と本研究の位置づけ

近年、講義やプレゼンテーションを対象とした学習支援ロボットの関連研究が報告されている。前出ほか(2021)では、オンライン講義でロボットが参加者とインタラクションをするためのシステムを開発している⁶⁾。この研究では、60名程度の大学生を対象に講義することを前提とし、事前に用意したシナリオに基づいて講義を行い、受講者はロボットが出題するWebアプリ問題に回答する。小松原ほか(2015)は、理科室で授業の理解を支援するロボットシステムを提案している⁷⁾。この研究では、小学校の理科の授業において、コミュニケーションロボットとのクイズ形式の対話をインタラクションとして、一定時間以上システムを利用した子どもたちは特定の単位において理解度を有意に向上させる効果を示している。

これらの関連研究では、事前に用意されたシナリオに基づいて講義を実施するが、人間講師の講義動作を再現するためにシナリオを構成することは意図されておらず、また学習者の受講状態の推定やそれに基づく講義動作制御や学習者の注意・理解リカバリは意図されていない。

本研究では、人間講師の個性を活かし、講義動作やスタイルを反映する⁸⁾ことを意図して、ロボットが講義を代行する^{6,7)}。そのために、講師による講義を収録して、ロボットが再現するとともに不十分・不適切な講義動作をモデルベースに再構成する。そして、ロボ

ット講義に対する学習者の受講状態をリアルタイムで推定し、それに応じて学習者の注意・理解リカバリを行う。これらは、関連研究にはない本研究独自のアイデアである。また、学習支援メディアとしてロボットを用いるのは、ロボットが擬人化傾向と物理的身体性を有しており、人間に近い立ち振る舞いや存在感を与えることができ、講義における場・視線を学習者と共有しやすいためである⁸⁾。これらの利点は、学習者の講義に対するエンゲージメントを引き出す可能性を示唆するものである^{9,10)}。

2.2 講義動作モデル

講義動作は、講義意図に応じて実施される。講師は、講義準備する際、通常学習者の状態を仮定し、講義スライド毎に講義意図に基づいて学習者の注意・理解を促すにどのような講義動作を用いるか、講義スライドどうオーラルとして説明するのかを表すシナリオ（講義シナリオ）を組み立てる。図1に、本研究で想定している講義シナリオの構成要素を示す。しかしながら、講義意図に対してどのような講義動作が必要であるのかは情報学的にはこれまで明確にされていない⁹⁾。

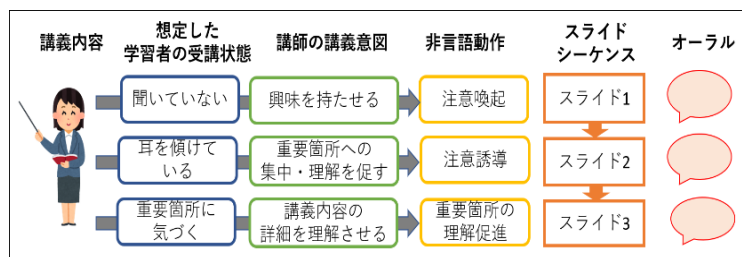


図1 講義シナリオ

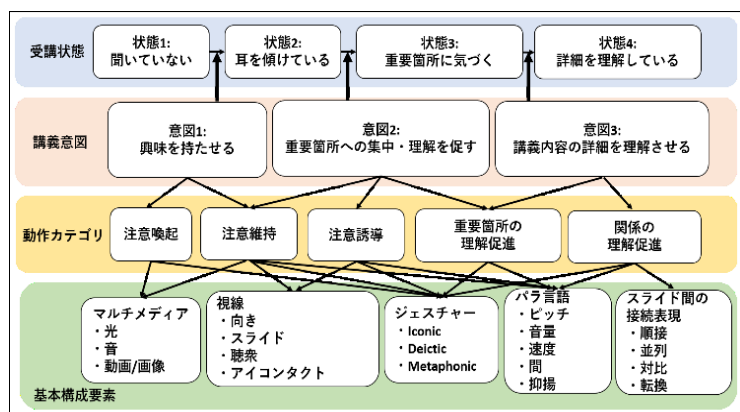


図2 講義動作モデル

そこで、筆者らは図2に示すように、講義意図から適切な非言語動作を導き出すための講義動作モデルをデザインした⁶⁾。このモデルは、受講状態、講義意図、動作カテゴリ、基本構成要素からなる4層構造で表現されている。また学習者の受講状態を図1に示す状態1から状態4で表現し、この状態を1から4へ遷移させることを講義意図として定義している。

例えば、講師が意図2として伝達内容の重要な箇所に関心を向けさせたい場合、モデルに基づくことで注意誘導の動作カテゴリから、スライドへの視線や指差し・パラ言語として重要箇所をゆっくり強く伝えるなどの非言語動作が導き出される。ロボット講義では、講義動作モデルに基づいて、人間講師の講義動作を診断し、不適切・不十分な動作を再構成するためにモデルを用いる。

2.3 シナリオ制御モデル

通常の講義では、講師が学習者の受講状態に応じて、講義スライドの説明順序を変更し、学習者の注意を回復する問いかけや、理解を回復するためのインタラクションを行う。特に、長時間の講義ほど、学習者に応じた講義シナリオの適応的な制御が必須である。ロボット講義でも、学習者の状態に応じた注意・理解リカバリを実現するために、シナリオ制御モデルをデザインした。

図3に、シナリオ制御モデルを示す。本モデルの目的は、講義スライドのシーケンスを制御することで、学習者のロボット講義受講に対する注意制御を行うことにある。そのために、学習者の受講状態、講師の講義意図の変化、講義スライドシーケンス制御、注意リカバリ動作カテゴリ、インタラクションのための非言語動作基本構成要素の5層からなっており、学習者の受講状態の推定をトリガーとして、講義シナリオの再構成を行う。受講状態は、講義動作モデルと同様に、講義動作モデルの状態1から4までの4状態に分けられている。講義意図の変化とは、事前に講義シナリオで想定した学習者の状態と、推定された学習者の受講状態が不一致であった場合に、現在の学習者の状態に対応するため講師が意図を変化させることである。

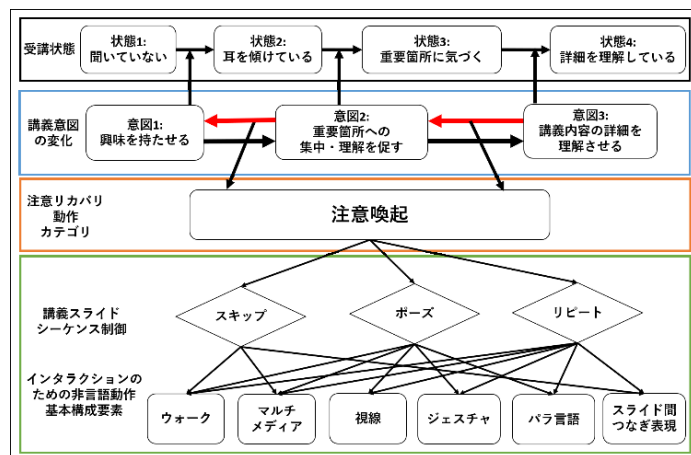


図3 シナリオ制御モデル ※文献 2,3,4,5)を一部改変

講義スライドシーケンス制御とは、図3に示すように、講義スライドの説明としてポーズ・スキップ・リピートを行う制御である。ポーズとは講義スライドの説明を中断することであり、スキップとは講義スライドの理解に応じて、講義スライドの説明を省略することである。また、リピートは講義スライドの説明をもう一度行う制御である。

注意リカバリ動作カテゴリとは、ロボットが学習者に対して注意リカバリを行う際の動作であり、講義を聞いていない学習者や講義への注意が外れた学習者に対して注意喚起動作を実施する。

インタラクションのための非言語動作の基本構成要素とは、ロボットが講義スライドのシーケンス制御と、学習者に注意リカバリ動作を行う際に、学習者に近づくことで注意喚起を行うウォーク、ロボットが目を光らことや音を再生して注意誘導を行うマルチメディア、学習者への顔向け、ジェスチャーやパラ言語などの要素を整理している。

例えば、学習者の注意を講義スライドに向けさせたい意図(意図2)があった際に、学習者はよそ見をしており、集中していない場合は、講義意図を意図2から意図1へ変化させ、学習者に注意喚起を行うためにシーケンス制御としてポーズを行い、講義スライドの説明を中断する。その後、ロボットがウォークで学習者に近づき、非言語動作としてジェスチャーを用いて講義を聞くよう注意喚起を行う。

また、学習者に講義スライド中の重要箇所に基づいてほしい講義意図(意図3)があった際、学習者が重

要箇所に気づかない場合は、講義意図を意図 3 から意図 2 へ変化させ、学習者に注意喚起を行うためにシーケンス制御のリピートを行い、学習者に講義スライドの説明をもう一度行うか問いかける。学習者は、リピートの有無を選択でき、もう一度説明を行う場合、ロボットは講義シナリオに基づき講義スライドを再度説明し、学習者に重要箇所の気づきを促す。

2.4 枠組み

図 4 にインタラクティブロボット講義システムの枠組みを示す。本システムは、講義シナリオを生成する講義収録部、講義スライド毎に学習者の状態推定と生成された講義シナリオを用いてロボットが講義と注意・理解リカバリを実施するロボット講義部、学習者の受講状態に応じて注意・理解リカバリのための講義動作やインタラクションを生成する講義シナリオ再構成部の 3 つから構成されている。講義シナリオ再構成部は、さらに講義スライド制御と注意リカバリ生成を行う講義スライド制御機能と、チャットボットによるテスト問題提示と理解リカバリを行うチャットボット機能で構成される。

まず、講義収録部は筆者らの先行研究と同様に、人間講師が行う講義を Microsoft 社の Kinect v2 で収録、もしくは既に収録された講義動画と、講義スライドを用いて講義シナリオを生成する⁷⁾。講義シナリオは、講師の講義意図、講師のスライドのジェスチャー（顔向け・指差し）、発話音声と発話内容のテキスト文章、パラ言語（声量・音程）の 3 つデータを含む。講義意

図は、予め人間講師がスライド内で強調したいなどの意図した箇所（オブジェクト）をマウスで選択し、リストから具体的な意図を選ぶことで入力する。また、講義意図の入力に併せて、講師が重要箇所を強調したスライドの文字の大きさや、スライドの文字色も取得する。発話内容は、音声認識機能として Google Speech To Text を用いて文字起こしを行う。講義スライドに対するジェスチャーは、講師の指差し、講義スライドの強調箇所、数の大きさのジェスチャーを対象としている。各ジェスチャーは、Microsoft 社の Visual Gesture Builder を用いてジェスチャー認識データベースを作成し、データベースに基づいて人間講師のジェスチャーを同定する。その後、抽出した座標データを NAO の駆動する間接座標に変換することで、ジェスチャーを再現する。パラ言語は、音声解析ソフトウェアの Praat を用いて、人間講師の発話のピッチや音量の周波数を抽出する。人間講師の発話中の強調箇所の同定は、事前に閾値を決めておき、しきい値を超えた音声を強調箇所とする。そして、NAO に強調音声で発話させる。顔向けは、NAO の画像認識機能を用いて学習者の目を追従することで実現する。

その後、講義動作モデルに基づき、生成された講義シナリオが意図した箇所に対してジェスチャー、パラ言語、顔向けなどの講義動作を含んでいるかを診断し、不十分・不適切な非言語動作はモデルベースに動作を再構成する。

次に、ロボット講義部では、Kinect で得られるトラッキングデータを用いて、学習者の姿勢や受講態度に

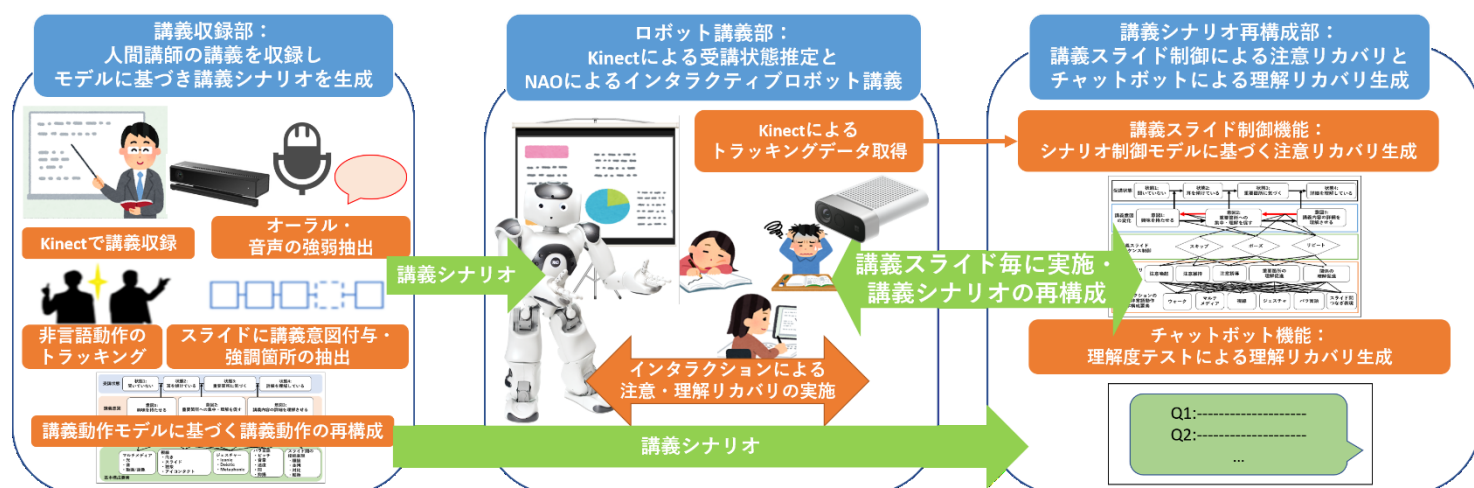


図 4 インタラクティブロボット講義システムの枠組み

基づく受講状態推定を行う。具体的には、顔（目・耳）、首、右腕、左腕のトラッキングデータを取得する。状態推定は、講義スライド毎に行い、状態推定のタイミングは、NAO が講義スライドを説明し、学習者が講義を聞いている時である。推定方法としては、学習者が横を見ている場合（片方の目・耳のトラッキングデータのみ取得できた場合）、学習者の視線が、講義スライドを見ていない場合（目のトラッキングデータが取得できない場合）を状態 1 と推定し、それ以外は状態 2 と推定する。これにより、学習者が講義への注意が外れた場合を推定できる。

また、NAO を用いて、スライド表示ブラウザと同期し、講義スライド毎に、講義シナリオに基づく講義を行う。もし、学習者の受講状態が、講師が予め想定した受講状態と異なる場合は、講義シナリオ再構成部から得られる講義シナリオに基づき講義を行う。

最後に、講義シナリオ再構成部では、講義スライド制御としてロボット講義部の Kinect のトラッキングデータに基づき、学習者の受講状態が想定された状態と異なる場合、講義スライドのシーケンス制御を行い、注意リカバリのためのインタラクションを生成する。生成された注意リカバリ動作は、ロボット講義部に渡され、NAO が注意リカバリのインタラクションを行う。

また、チャットボット機能では、講義スライド制御と同様に、Kinect のトラッキングデータに基づき、チャットボットによる学習者の受講状態推定と注意・理解リカバリ生成を行う。チャットボットは、HTML, JavaScript, Python を用いて実装され、まず講義内容に関するテスト問題を提示することで学習者の受講状態 2～状態 4 のどの状態にあるのかを推定する。チャットボットが提示するテスト問題は、スライドごとに予め人間講師が用意する。また、チャットボットが起動するタイミングは、次章で述べる注意・理解リカバリのフローチャートに基づく。次に、推定された学習者の受講状態に応じて、理解リカバリのためのインタラクションを生成する。生成された理解リカバリ動作は、ロボット講義部に渡され、NAO が理解リカバリのインタラクションを行う。

3. 注意・理解リカバリアルゴリズム

3.1 注意・理解リカバリのフローチャート

インタラクティブロボット講義における注意・理解リカバリは、図 5 のフローチャートに基づき実施される。なお、現時点では、学習者の受講状態を状態 2（耳を傾けている状態）、講義意図を意図 2（重要箇所への理解・集中を促す）に固定しており、本フローチャートではその前提で注意・理解リカバリを実施する。

まず、意図 2 のもとで、ロボットがスライドごとに説明を行うとともに、Kinect による受講状態推定が行われる。次に、受講状態が状態 1 か否かを推定し、状態 1 の場合は、3.2 節の注意リカバリのフローチャートへ遷移する。状態 1 でない場合は、3.3 節で述べる理解リカバリのフローチャートに遷移するまでは、受講状態を状態 2 と仮定して講義を進める。

理解リカバリ開始の判断は、人間講師の意図するタイミングまたはスライドセグメントごとに行う。スライドセグメントとは、事前に講師が定義した講義内容の区切りで、複数枚の講義スライドからなるスライド系列である。基本的には、セグメント内で注意リカバリが n 回 ($n > 0$) 行われた場合、そのリカバリ対象となったスライド（またはスライド間の系列）に対して理解リカバリを開始する。 n を何回目にするかは人間講師の考え方を反映する。 n が 2 回目以上の場合は、注意リカバリ対象となったスライドで挟まれた範囲（系列）に対して理解リカバリを施す。

例えば、人間講師が、 $n=2$ とした場合、状態 1 の受講状態推定結果が 2 回得られたタイミングを理解リカバリの起動条件と設定することで、1 回目に状態 1 が推定された講義スライドから 2 回目に状態 1 が推定された講義スライドの範囲で理解リカバリを行う。

最後に、同一セグメント内で注意リカバリが実施されなかった場合は、セグメント内の任意のスライド 2 枚または 3 枚を対象にテスト問題を出題する。

理解リカバリ実施後は、講義スライドの枚数が最後になるまで講義を繰り返し、適宜、注意リカバリと理解リカバリを行うことで、長時間における学習者の注意制御と理解推定を行う。全ての講義スライドの説明

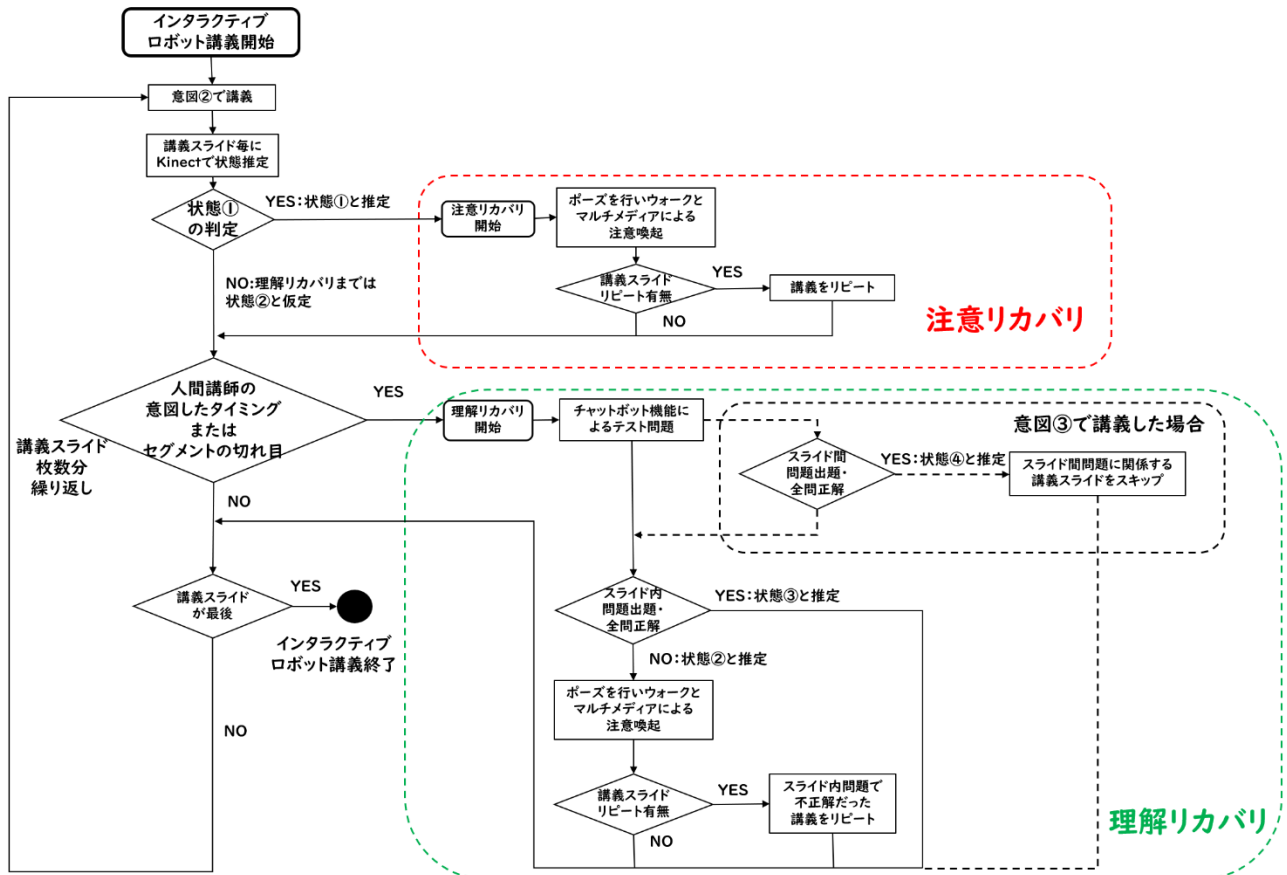


図5 注意・理解リカバリのフローチャート

後、インタラクティブロボット講義は終了する。

3.2 注意リカバリ

注意リカバリは、学習者の受講状態が状態 1:聞いていない場合をトリガーとして発動される。図 5 の赤枠の通り、シナリオ制御モデルに基づき、講義スライドの説明を中断し、学習者に近づくことで、講義への注意を向ける注意喚起を行う。

その後、ロボットは学習者に講義スライドをもう一度説明するかを問いかけ、学習者は説明の要否を選択できる。学習者が説明を要すると選択した場合、ロボットは 1 回に限定してもう一度説明を行う。注意喚起と講義スライドのリピートを行うことで、受講状態が初期状態の状態 2 に回復したとみなし、意図 2 での講義を再開することで、注意リカバリが完了する。

3.3 理解リカバリ

理解リカバリは、受講状態が状態 1 ではない、かつ、人間講師が事前に講義スライド作成時に人間講師の意図したタイミング、または、講義スライドのまとまり

であるセグメントの切れ目をトリガーとして、図 5 の緑枠の通り、チャットボット機能が起動される。チャットボット機能によるテスト問題は、スライド内問題とスライド間問題の 2 種類を用意する。

スライド内問題とは、特定のスライドにおける重要箇所を問う問題である。本研究では、状態 3(重要箇所に気づく)を推定するために用いており、スライド内問題を全問正解すると状態 3 と推定する。スライド内問題は、講義スライド毎に予め人間講師が作成すること前提としており、具体的には、各講義スライドで重要なキーワードを問う問題である。

スライド間問題とは、複数のスライドの関係性を問う問題である。本研究では、状態 4(詳細を理解する)を推定するために用い、スライド間問題を全問正解すると状態 4 と推定する。図 5 では、意図 2 での講義を前提にしているため、スライド間問題を提示することはないが、意図 3 での講義の場合は、スライド間問題を提示して、状態推定を行う。スライド間問題においても、予め人間講師が講義スライドのセグメント単位で

複数用意しており、具体的には、複数のスライドを理解することで回答できる問題である。

スライド内問題とスライド間問題を用いた、適応的なテスト問題の提示は、図 6 の通りである。例えば、注意リカバリの回数 $n=2$ で理解リカバリを起動する場合、1 回目の注意リカバリが起動されたスライド(始点)から、2 回目の注意リカバリが起動されたスライド(終点)までを範囲とし、その範囲内で終点から降順にスライド内問題を出題する。降順に出題する理由として、学習者が記憶を遡りながら、理解ができなくなったスライド範囲を同定しやすくするためである。

もし、セグメント内で一度も注意リカバリが発生しなかった場合は、セグメントについて人間講師が設定した理解リカバリ回数に応じて、理解リカバリが起動される。この場合の理解リカバリタイミングは、人間講師が定めた特定のスライドをトリガーに実施され、特定のスライド間を範囲としてテスト問題を提示して状態 4 かどうかの推定を行う。

受講状態が状態 4 と推定された場合は、学習者は出題したスライド間問題に関する講義スライドをスキップする。受講状態が状態 3 と推定された場合は、意図 2 で想定通りの受講状態に変化したと見なし、講義シナリオ通り次の講義を行う。受講状態が状態 2 と推定された場合は、ロボットは講義スライドの説明を中断するポーズとウォークのインタラクションを行い、もう一度スライドを説明するかを学習者に問う。学習者は講義スライドのリピートの可否を選択でき、学習者がリピートを希望する場合は、もう一度説明することで講義の理解を促す。

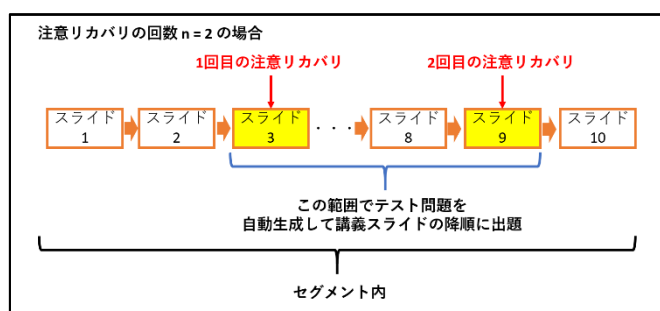


図 6 適応的なテスト問題の自動生成

4. ケーススタディ

4.1 目的と仮説

インタラクティブロボット講義が、注意・理解リカバリ支援に有効かどうかを検証するために、以下の仮説を検証するケーススタディを実施予定である。

H1: 講義スライドシーケンス制御による注意喚起のインタラクションは、長時間の講義における注意リカバリに有効である。

H2: チャットボットによる受講状態推定は、長時間の講義における理解リカバリに有効である。

H1 を検討する評価指標として、学習者とロボットとのインタラクション回数、学習者の講義受講中の視線を用いた客観的評価と、受講後アンケートによる主観的評価を行う。

H2 を検証する評価指標として、講義受講後のテスト問題、システムによる受講推定と学習者の自己評価による受講状態を比較した一致率を用いた客観的評価と、受講後アンケートによる主観的評価を行う。

4.2 実験計画

実験は、表 1 に示す被験者内実験で行う。被験者は、公立高校 1 年生 16 名程度を予定しており、講義は情報科を題材とし、高校教員による講義を予め収録した 30 分程度のコンテンツ(知的財産権とネットワークのしくみ)を用意する(図 7)。実験では、被験者を二群に分け、受講順序を考慮し、インタラクティブに注意・理解リカバリを行うインタラクティブロボット講義条件(IL 条件)と、ロボット講義条件(NL 条件)で実施する。被験者は受講後、スライド内問題とスライド間問題が含まれるテスト問題、7 段階リカード尺度による受講後アンケート、二者択一による全体アンケートに回答してもらう。

本研究は、JSPS 科研費 18K19836 と 20H04294 の助成を受けた。また埼玉県立川越高等学校村口将美教諭には、講義収録とケーススタディの協力を頂いた。

参 考 文 献

(1) Tatsuya Ishino, Mitsuhiro Goto, and Akihiro Kashihara: “Robot Lecture for Enhancing Presentation in Lecture” Journal of Research and Practice in Technology Enhanced Learning, pp.1-22, (2022)

(2) 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)

(3) Shimazaki, T., Sugawara, A., Goto, M., and Kashihara,,: An Interactive Robot Lecture System Embedding Lecture Behavior Model, HCII 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13329. Springer, Cham, (2022)

(4) 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)

(5) 島崎俊介, 菅原歩夢, 後藤充裕, 柏原昭博: “インタラクティブロボット講義における学習者状態推定と注意維持支援”, 教育システム情報学会 第47回全国大会, pp.155-156, (2022)

(6) 前出晃佑, 増田寛之, 本吉達郎, 澤井圭, 高木昇: “オンライン講義で参加者とインタラクションをするためのロボットシステム開発”, 第 37 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集 (FSS2021), pp.451-455, (2021)

(7) 小松原剛志, 塩見昌裕, 神田崇行, 石黒浩, 萩田紀博: “理科室で授業の理解を支援するロボットシステム”, 日本ロボット学会誌, Vol.33, No.10, pp.789-799, (2005)

(8) 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)

(9) 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)

(10) 柏原昭博, 島崎俊介: “ロボット講義におけるインタラクションデザイン”, 教育システム情報学会2022年度第2回研究会, pp.16-20, (2022)

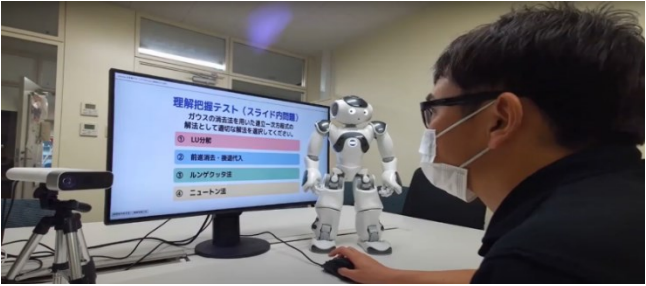


図 7 チャットボットによる理解リカバリの様子

表 1 グループとロボット講義の受講順序

グループ	ロボット講義の受講順序	
	知的財産権	ネットワークのしくみ
A(8 名)	IL 条件 (注意・理解リカバリ有)	NL 条件 (注意・理解リカバリ無)
B(8 名)	NL 条件 (注意・理解リカバリ無)	IL 条件 (注意・理解リカバリ有)

今回のケーススタディでは、予め高校教員の講義を収録し、図 5 のフローチャートに基づき、学習者の受講状態を状態 2、講師の講義意図を意図 2 に固定してロボット講義を用意する。またチャットボットを発動させるトリガーとして、講義スライド内のセグメントで注意リカバリの回数を $n=2$ とする。本ケーススタディでは、ロボット講義の意図を意図 2 に固定しているため、チャットボットによるテスト問題ではスライド内問題に全問正解すると状態 3 と推定し、それ以外は 状態 2 と推定する実験計画で行う予定だが、テスト問題にはスライド間問題も含めている。その理由として、意図 2 で講義を行った場合に、状態 4 に遷移する学習者が存在するかどうかを把握するためである。

5. おわりに

本研究では、講義における学習者の状態を推定し、注意・理解リカバリを行うインタラクティブロボット講義システムを開発した。現在、ケーススタディは実施中であり、結果と考察については今後、発表を予定している。ケーススタディ実施後は、評価指標を分析し、仮説を検証することでインタラクティブロボット講義の客観的評価を行い、注意・理解リカバリ支援に効果的であるかどうかを検証する。

発達障害を持つ児童生徒の「教える」勉強法による 学習効果の研究

丸井一輝^{*1}, 真嶋由貴恵^{*2}, 榊田聖子^{*2}

^{*1} 大阪府立大学 人間社会システム科学研究科

^{*2} 大阪公立大学 情報学研究科

A Study of the Effectiveness of "Teaching" Study Methods for Students with Developmental Disabilities Learning Effects of "Teaching" Study Methods

Kazuki Marui^{*1},

Yukie Majima^{*1,2}, Seiko Masuda^{*1,2}

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

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

6.5% of students enrolled in regular classes may have developmental disabilities, and the number of students diagnosed with developmental disabilities has been increasing in recent years. In response to this situation, there are still no practical examples of improving the learning efficiency of students with developmental disabilities. In this study, we will examine the effectiveness of "teaching learning," which is considered to have the highest learning retention rate, for children with developmental disabilities. In this presentation, we will report the difference in test results between reading and teaching.

キーワード: 発達障害、学習支援、教育機能

1. はじめに

近年、発達障害（主に、自閉症スペクトラム/注意欠陥多動性障害/学習障害 に分類される）と診断される児童生徒の数は増加傾向にあり、平成 24 年文部科学省の調査によると、全国の公立小中学校の通常学級に在籍する児童生徒のうち発達障害の可能性のある児童生徒は 6.5%であった⁽¹⁾。

各発達障害の特性は自閉症スペクトラム、注意欠陥多動性障害、学習障害がある⁽²⁾。以下、それぞれ特性の詳細を記載していく。

自閉症スペクトラム：相手の表情や態度などよりも、文字や図形、物の方に関心が強い。見通しの立たない状況では不安が強いが、見通しが立つときはきっちりしている。

注意欠陥多動性障害：次々と周囲のものに関心を持ち、周囲のペースよりもエネルギッシュに様々なことに取り組むことが多い。

学習障害：「話す」「理解」は普通にできるが、「読む」「書く」「計算する」ことが、努力しているのに極端に苦手である。

さらにこれらの特性をもつ子どもに多く見られる特徴として、情報を記憶しづらい事が挙げられる。

学習が定着しないまま授業を受けていくことで、それぞれの科目の基盤が形成されないまま次の単元に進んでいき、更に理解できていない状態で授業を受けなければならない恐れがある。

また、これらに共通する配慮のポイントは以下の通りである。

- ・興味をもたせる。
- ・肯定的・具体的・視覚的に伝える。
- ・スモールステップで進める。(手順を示す、モデルを見せる、体験させる など)

一般的な学習において「学習定着率」の高い方法の一つとして「他者に教える」学習がある。「他者に教える」学習法とは、何かを学ぶ際に、後で誰かに教えるつもりで学ばせ、実際に誰かに説明する機会を設ける方法である。この「後に人に教える」ということが、内容をしっかりと理解する必要性を生み、学習効率が高まるというものである。しかしこれは学習に障害を持たない人たちに対しての実践例である。

発達障害を持つ児童の学習支援に関して、セルフモニタリングによる自己制御スキルを伸ばす事例がある⁽³⁾。しかし、発達障害をもつ児童が「人に教える」ことによる学習効果を検証した実践例はない。

そこで本研究では、発達障害を持つ児童が様々な科目(英語、数学、理科、社会、国語)を学習していくにあたって、「他者に教える」学習法と一般的な「読んで学ぶ」場合での記憶力に違いがあるのかを明らかに検証することを目的とする。今回の被験者の特性として、記憶力が無いわけではなく、覚えることを意識せずに勉強してしまうことが見受けられ、結果的にテストにも反映されている。そこで今回、「他者に教える」学習が覚えることにつながり、学習効率の向上に寄与できるか否かを検証する。

2. 研究方法

本研究では対象者1名が2つの学習方法を行い、その学習の効果を比較する。その手順は図1の通り、①各学習(読む学習と教える学習)、②自由時間、③チェックテストの流れで行う。

本研究は大阪府立大学人間社会システム科学研究科倫理委員会の承認のもと実施した。

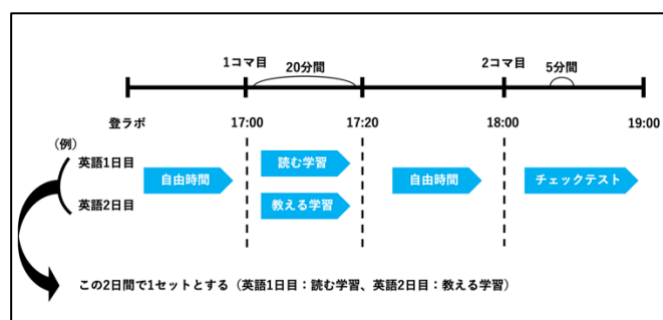


図1 研究の流れ

2.1 学習方法

「読む学習」と「教える学習」について述べる。

2.1.1 「読む学習」

一般的な学習で参考書や単語帳を読む学習方法である。この学習における時間は20分間で行う。例として英単語10語を覚える場合、その英単語を書く・読むなどして学習する方法である。基本的に学習者がいつも一人で行っている方法である。

2.1.2 「教える学習」

学ぶ際に、後で誰かに教えるつもりで学び、実際に誰かに説明する。この「後に人に教える」ということから、内容をしっかりと理解する必要性が生まれ、学習効率が高まる。例としては英単語10語を他者にホワイトボードや紙に書いて、綴り、読み方、意味を教えるといった方法である。理科・社会・国語についても同じで、単語・用語に対する意味を教える。数学では、解き方を覚えた後にその解き方を人にホワイトボードや紙を通して教える(図2、3、4、5、6)。この学習における時間も教える時間も込みで20分間とする。

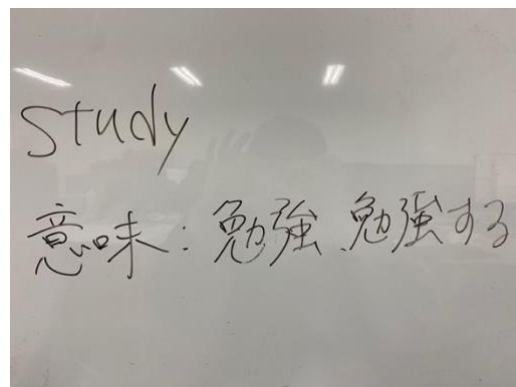


図2 英語

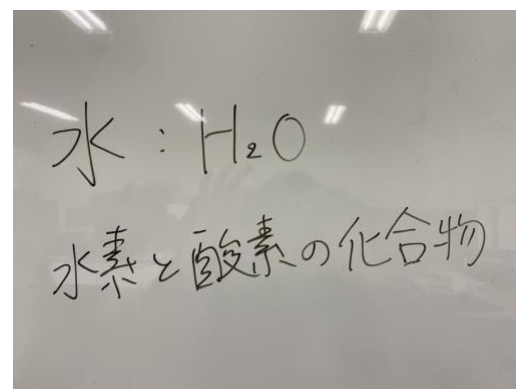


図3 理科

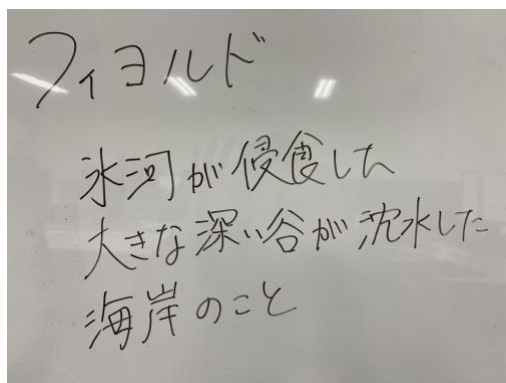


図4 社会

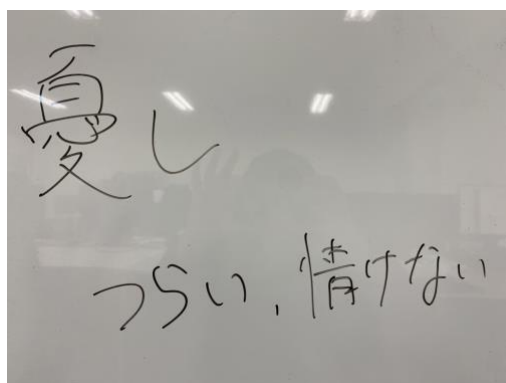


図5 国語

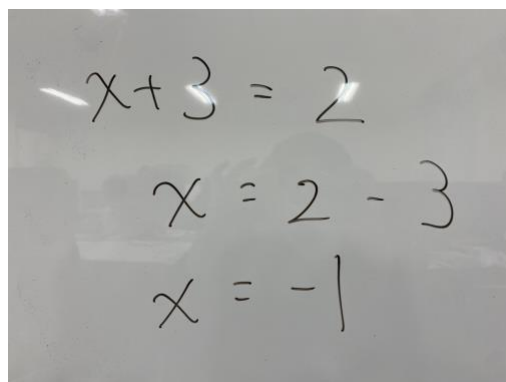


図6 数学

2.1.3 対象者

今回の実験対象者は1名で学習障害を持つ高校2年生、生徒役は発達障害を持っていない研究者(22)である。

現状の学習状況：1人で学習する場合は集中力に波があり、日によっては1分も持たず、立ち歩き学習をやめてしまう場合がある。

先生と一緒に学習を行う場合は「誰かと学習をしている」ことを意識していることから、集中力に波があるものの、席を立てて学習しなくなるというケースは殆ど起こらない。

この学習を行うにあたって、学習に対して興味をもたせる、または新しいことを実践させることが重要であり、「テストの点数上げよう」、「今日は〇〇くんが教えてみよう」ということを伝えることで、被験者のやる気を促すこととする。

教える学習において、生徒役をする人は、その教えに間違えがない場合は肯定的に聞き、発音など読み間違いがある場合、「〇〇君、～と読むんだよ」と優しく教える。

実験を行う場所である放課後デイ施設Aには1日に学習機会が2回あり、1回目(15時～18時)に約20分間、「他者に教える」学習法または「従来の学習」を行う。(表1)

表1：放課後デイ施設Aの時間割

時間割	学習時間
1 限目(学習時間)	15時～18時のうち20分間
自由時間	1 限目が終わってから18時までの間(約40分)
2 限目(チェックテスト)	18時～19時のうち5分間

2.1.4 「自由時間」

この実験を行う場所である被験者が通う放課後デイAの休憩時間に合わせる。1日に2回の学習(1回目の学習：15時～18時のうち20分間、2回目の学習：18時～19時のうち5分間)の間に設定されている「自由時間」は、常に一定ではなく、平均で40～50分ある

2.1.5 「チェックテスト」

自由時間後、その日に学習した範囲のチェックテスト(約10問)を行う(18時～)。制限時間は5分とする。

例として英語では、英単語10語をかけるかどうかのチェックテストを行う。

2.2 評価方法

評価は、チェックテストの得点と研究者の観察による対象者の「やる気」と「集中」度合の2つの指標で

やる気の度合いは、進んで学習に取り組もうとしているか否か、集中力の度合いは、全く集中できていないか、学習に没頭しているかの2段階で判断する。

具体的には、対象者の仕草や態度から以下の点を抽出する。

- 1) 集中していないとき：目を離すと勉強しなくなる、勉強したくないと頭を抱える
- 2) 集中しているとき：他の事に気が散らず今やっている課題に没頭している、先生がいなくても自分なりに考えて回答を出してくるなど

評価者である筆頭研究者は、普段から放課後デイAの指導員としてこの施設に出入りしており、被験者の属性と学習・生活レベルを把握している。

2.3 チェックテスト

チェックテストの例を図7に示す。

チェックテスト

次の単語の意味を答えなさい。

① have	_____
② give	_____
③ get	_____
④ go	_____
⑤ come	_____
⑥ question	_____
⑦ dictionary	_____
⑧ apple	_____
⑨ orange	_____
⑩ grape	_____

図7 チェックテスト

3. 実験結果

科目：英語の実験について、本来は10日ずつ実施するところを対象者本人の希望で、教える学習5回と読む学習4回の計9回実施した。結果を図8に示す。

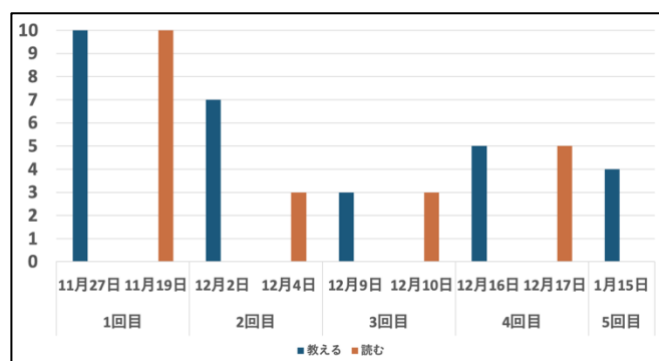


図8 学習法別チェックテストの結果（英語）

学習回数ごとに英単語の難易度を変え、1回目は中学レベル、2回目は高1レベル(4~5文字)、3回目以降は高1レベル(6文字以上)で行った。

また、学習方法によって、解答用紙の記述の違いを比較した(図9、10)。

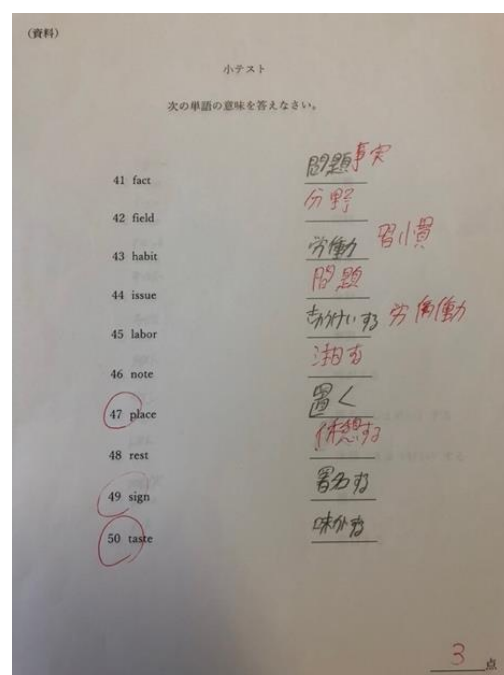


図9 読む学習2回目

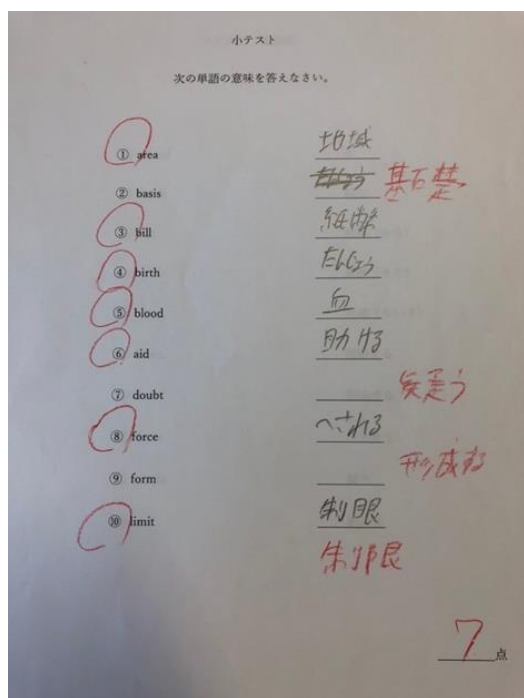


図 10 教える学習 2 回目

読む学習は 3 点と低い数字であったが、その 3 点以外全て空欄というわけではなく学習した和訳を正しい解答欄とは違う解答欄に記入していた。(例：読む学習の回答で 44 の issue の正解は「問題」であるが、41 の解答欄に「問題」と記入されていた)

解答用紙の特徴として、2 回目のテストに限ったことではなく、どの回もその学習で覚えた和訳をどこかの欄に埋めていた。

以上より、文字数が 6 文字以上では、「教える学習」と「読む学習」で大きな差は見られなかった。5 文字以下の英単語を覚えるためには、「教える学習」の方が効果的と見られた

4. 考察

文字数が 6 文字以上では、「教える学習」と「読む学習」で大きな差は見られなかった。5 文字以下の英単語を覚えるためには、「教える学習」の方が効果的と考えられた。その理由として、英単語と和訳までがセットで記憶されていたのではないかと考える。また、G・ミラーによる、短期記憶においては人間は 7 ± 2 個のチャンクしか一度に記憶できないというエビデンスが今回の発達障害を持つ被験者には適応されるのではないかと考えられる。

読む学習の英単語のテストでは英単語とその和訳を

セットで覚え、和訳と英単語を分けて記憶し、回答している可能性がある。そのため、他教科で考えた際に、漢字(国語)では英単語同様、漢字と意味を分けて理解してしまうため同じ結果が得られるのではないかと考える。理科・社会では、覚える教材が図やストーリーとして構成されているため、セットで覚えやすい性質から「教える学習」と「読む学習」に差が出る可能性があると考えられる。

5. まとめ

本研究では発達障害を持つ児童生徒に対して、「教える」学習法と従来の「読む学習」との記憶定着率の比較を行った。

結果として、5 文字以下の英単語を覚えるためには、「教える学習」の方が効果的と見られた。

今回の対象者は 1 名であり、本来実施する回数よりも早く実験中断の申し出があったことは、本来は自分よりも学習において知識のある「先生」である存在に教えていることに違和感を感じたのではないかと考える。

今後、この研究の効果検証のためには、より多くの被験者で多くのデータを集めることが必要だと考える。

そのため、生徒役も実際の児童生徒が行うなど、より児童生徒に負担のかかりづらい学習方法を考えていく必要がある。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、貴重なデータを賜った放課後デイ A には深く感謝申し上げます。

そして調査にご協力いただいた放課後デイ A の職員、生徒、その保護者の皆様に心から感謝いたします。

参考文献

- (1) 文部科学省：「通常の学級に在籍する発達障害の可能性のある特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査」 pp.3 (2012)
- (2) 厚生労働省：「発達障害 | こころの病気を知る | メンタルヘルス」
- (3) 竹内康二, 山本淳一：「発達障害児の教科学習を支えるセルフモニタリング」, 特殊教育学研究, vol.41 pp.513-520 (2004)

保育者の危険察知意識と危険防止スキルに関する一考察 —水遊び場面の動画を活用したシステムの運用を通じて—

大沢裕^{*1}, 立野貴之^{*2}, 野末晃秀^{*1}

^{*1} 松蔭大学 ^{*2} 玉川大学

A Study of Childcare Workers' Risk Sensing Awareness and Risk Prevention Skills -By Utilizing Videos Water Play Activities-

OSAWA, Hiroshi ^{*1}, TACHINO, Takashi^{*2}, Nozue, Akihide^{*1}

^{*1} Shoin University, ^{*2} Tamagawa University

保育者は、初任の段階から危険察知に関する高い意識とスキルを求められている。この危険察知に関して、養成段階から事故防止の姿勢を学ばせるために、これまでの著者らの一連の研究では、保育者の視線行動は重要な指標となること、学生にその視線行動を体験させることは教育効果が高いことを明らかにしてきた。本研究は、水遊びの場面における保育者の視線行動の特徴について、動画コンテンツを使い、学生と熟達者による違いがあるのかを検討し、保育の安全における専門的スキルに関する考察を行い、保育者養成の学生指導の在り方、学生指導に関して、評価する方法を考察するものである。

キーワード：学習支援、保育者養成、事故防止スキル、動画システム、幼児

1. はじめに

保育者は、初任の段階から単独で担任を任されることも多く、したがって一医師や看護師と同様に一時間の猶予なく、幼児の事故防止のための危険察知に関する高い意識とスキルを求められている。この危険察知に関して、養成段階から事故防止の姿勢を学ばせることが必要である。これまでの著者らの一連の研究では、保育者の視線行動は重要な指標となること、学生にその視線行動を体験させることは教育効果が高いことを明らかにしてきた。

2. 研究の背景と目的

2.1 研究の背景

保育者養成における大きな課題の一つは、重大なリスクに直面していない学生に対して、いかにして実感をもってそのリスクの重大さを体験させるか、ということである。すなわち重要なのは、単なる知識の積み重ねではなく、本人にとって重大と思われる経験を蓄積し、自身の行動を変えていく姿勢・動機を強化する

ことである。この観点から、幼児の行動を抽出して、教育効果の期待できる教材を精選した、より実体験に近い動画をもちいた学習システムは、養成の段階では、特に有効であると考えられる。すなわち、保育者の熟練度合いを、視線行動の特徴から分析し、その特徴が明らかになるよう、保育者養成教材に組み込み、その視線行動、その意味を、養成の段階から学習する必要がある。

2.2 先行研究

保育者の視線行動に関する研究としては、石橋らの研究がある。そこでは、経験の浅い保育者は、子どもの顔に視線が向きがちであり、それに対して熟練者は、より俯瞰的に視野を広げている、という興味深い研究結果を提示している。単純に考えても、もっぱら子どもの顔付近を注視する経験の浅い保育者よりも、より俯瞰的に視線を移動する保育者の方が、幼児の事故防止の姿勢として適しているという仮説は成り立ち得る。しかし、より俯瞰的に視線を移動するといっても、単に幼児から距離をおき監視するだけでは、保育活動は

成立しない。このため、あるときは子どもに近づき、あるときは全体を俯瞰するという臨機応変の視野をもつことが必要である。

この単純ではない視野をもつことを養成し、できる限り熟練者の危険察知意識、危険防止スキルに近づくためにも、養成段階から、よりリアルな保育場面での体験とそれへの考察の積み重ねが必要となるに違いない。

2.3 研究の目的

本研究は、水遊びの場面における保育者の視線行動の特徴について、動画コンテンツを使い、学生と熟達者による違いがあるのかを検討し、保育の安全における専門的技術に関する考察を行い、保育者養成の学生指導の在り方、学生指導に関して、評価する方法を考察するものである。

2.4 研究の方法

特に今回は、実際の幼児たちの水遊び場面の動画コンテンツを使ったシステムを利用することで、危険防止に関する意識がどれほど変化するものなのかを、システム利用者の事前と事後のアンケート調査によって確認することとした。まず利用者には動画コンテンツを使ったシステムの利用法について口頭で説明し、このシステムは何度でも繰り返し使用できること、過去の利用履歴も確認できることを伝え、まずは事前のアンケートに回答してもらい、システム利用後に、事後アンケートに回答してもらった。そしてこの事前事後のアンケート、また事後の自由記述回答を参考に、学習システムの有効性、またシステムの今後の改善点について考察していくこととした。

本研究では、動画視聴をしながら、保育現場の事故リスクを意識した「熟練知」を評価するために、直感的なインターフェイスを取り入れた支援システム（図1.）を準備している。

支援システム利用の手順は次のようである。1.教材を選択し、「試聴」を選択する。2.動画を再生し、「危険」と感じたら、赤色のバーをクリック。危険というほどではないが、危険に近い場面と感じたら、オレンジ色のバーをクリックする。3.クリックした時間（タイム）が右側に表示される。4.「危険察知」「ヒヤリハ

ット」と2つのカテゴリをタイムライン上で記録が残る。（タグ付け）

このインターフェイスの特徴としては、保育現場の対応の流れの中でリスクに対して「危険察知」「ヒヤリハット」と2つのカテゴリをタイムライン上で記録を残すことができる。クリックした情報は、どの時点に関連する指摘であるかを判別するために時刻を指摘情報として記録し、タイムライン上にタグ付けされる。タグ付けをタイムライン上で可視化し、リスクの情報のカテゴリを明確にする。タグ付けした映像の箇所はワンクリックで確認することが可能で、視聴終了後に、評価者のリスクを感じる意識の差について比較することができる。

3. 考察

3.1 考察

今回のアンケート調査では、保育者として配慮すべきことを把握するため、実際に学生自身が3歳児のクラス担任になったと仮定して、ケガ・事故を防ぐために心がけるべきことに関する20の質問項目を用意した。（表1）

事前事後のアンケートは、ともに、この20項目について、「全く重要ではない」から、「あまり重要ではない」「どちらともいえない」「少し重要である」「非常に重要である」まで、5段階から1つを必ず選択するものとした。また、アンケートの末尾には、「ケガと事故を防ぐために、特に重要だと思うこと」について、この20項目から、5つだけを選ぶ設問を設けた。また事後のアンケートには、これらの質問に加え、「水遊び」の動画システムを利用して、気づいたこと、感じたこと」を自由記述する項目を追加した。

アンケート調査は、グーグルフォームを使用し、個人が特定できない手法で回答を集計した。結果、システム利用者の全員36件の事前アンケート回答が得られたが、事後アンケートについては、時間差をもって何度も利用した利用者もいて、日をまたいで回答したこともあり、回答件数は25件にとどまった。

3.2 アンケート調査の比較検討

3.2.1 個々の質問項目の回答について

「1. 個々の子どもの氏名や性別をきちんと把握して

おくこと」については、「システム使用前と使用後の回答」（以下「使用前後の回答」と略称）で、ほとんど回答の差は見られなかった。ただし、システム使用後は「全く重要ではない」とした回答は見られなかった。

「2. 個々の子どもの行動上の特徴やクセを把握しておくこと」では、「非常に重要である」とする回答が、75%から88%に上昇した。

「3. 幼稚園教育要領や保育所保育指針を良く読んでおくこと」および「4. 製作などのとき、子どもたちを得意、不得意のグループに分け、不得意なグループに特に注意すること」の2項目では、「使用前後の回答」にほとんど差は見られなかった。

「5. 複数クラス合同での遊びの場合、自分のクラスの子どもたちがどこにいるかを絶えず把握しておくこと」では、「非常に重要である」とする回答が、61.1%から76%に上昇した。また「どちらともいえない」とする回答が減少した。

「6. なるべく子どもの目線に立って行動すること」では、「非常に重要である」が61.1%から68%と上昇し、「非常に重要である」と「少し重要である」を加えた差においては、88.9%から100%に上昇した。

「7. 子どもたちが自分の後ろにこないよう、立ち位置を考えること」でも、「非常に重要である」が58.3%から80%と上昇し、「非常に重要である」と「少し重要である」を加えた差においては、88.9%から96%に変化した。

「8. 他のクラスの子どもが入ってこないか、注意すること」は、「使用前後の回答」では、有意の差は認められなかった。

「9. 子どもたちがどんな言葉を交わしているかに注目すること」では、「非常に重要である」が52.8%から52%に僅かに減少したものの、「非常に重要である」と「少し重要である」を加えた差においては、88.9%から96%に増加した。

「10. 危険な設備・道具については、なぜ危険いかを繰り返し子どもに説明し、言葉がけをすること」では顕著な違いが見られ、システム使用前では、「非常に重要である」の回答が83.3%、「少し重要である」が16.7%であったものが、システム使用後は、「非常に重要である」が100%となった。

「11. 自分のクラスの子どもの特徴を他の保育者にも

知らせること」でも顕著な違いが見られ、システム使用前では、「非常に重要である」の回答が58.3%、「少し重要である」が27.6%であったものが、システム使用後は、「非常に重要である」が80%となり、「少し重要である」は27.8%から16%に減少したが、「非常に重要である」と「少し重要である」を加えた比較では、86.1%から96%に増加した。

「12. 初めて接する設備・道具については、知っている先生から、その情報を教えてもらうこと」では、システム使用前では、「非常に重要である」の回答が86.1%から92%に上昇した。「少し重要である」が11.1%であったものが、8%に減少したが、「非常に重要である」と「少し重要である」を加えた差においては、97.2%から100%に増加した。結果、システム使用前に見られた「どちらともいえない」という回答が無くなった。

「13. 屋外では、なるべく元気よく遊ぶよう子どもに声かけをすること」では、「使用前後の回答」で、ばらつきが見られ、例えば、システム使用前には、「どちらともいえない」が33.3%であったが、システム使用後は、24%と減少し、「少し重要である」との回答は、25%から40%に増加した。

「14. 子どもたちが遊んでいる位置に応じて、臨機応変に自分の立ち位置も変えること」では、システム使用前では、「非常に重要である」の回答が72.2%から92%に上昇した。「少し重要である」が27.8%であったものが、減少した。他方、「どちらともいえない」という回答が出現した。

「15. なるべく自分は一カ所にとどまり、子どもの様子を見守ること」では、回答が分散しているが、「全く重要ではない」と「あまり重要ではない」の合計では、50%から32%と減少した。

「16. 園の建学の精神や園の目的に忠実であるよう、絶えず配慮して言葉かけをすること」では、有意の差は、見られなかった。

「17. なるべく子どもには言葉がけはせず、自主性を尊重すべきこと」では、「非常に重要である」は、「使用前後の回答」で13.9%から12%と僅かに減少した。但し「少し重要である」との総計は、「使用前後の回答」での差は見られなかった。また「どちらともいえない」の回答は55.6%から44%に減少した。

「18. 子どもの活発な活動を促すよう、子どもを励ますこと」では、「使用前後の回答」での差について、「非常に重要である」の回答が 38.9.%から 44%に上昇した。「少し重要である」が 38.9%であったのものが、32%に減少した。他方、「どちらともいえない」という回答は、13.9%から 16%となった。

「19.自分のいる保育室の設備・道具の位置や特徴について、事前に把握しておくこと」の項目では、「非常に重要である」の回答が 75.0%から 96%に上昇した。「少し重要である」が 25%であったのものが、4%に減少した。

「20. 保護者に、その日の保育活動について事前に周知しておくこと」の項目では、「非常に重要である」の回答が 63.9%から 80%に上昇した。「少し重要である」が 22.2%であったのものが、16%に減少した。他方、「あまり重要ではない」と「全く重要ではない」の合計は、13.9%から 4%に減少した。

上記の回答状況からは、比較的抽象性の高い項目(設問 3.や 16.など)については、システム使用前と使用後とでは、有意な差は認められなかった。しかし保育現場の、まさに具体的な場面において求められる事故防止の観点として、システム利用を通じて、何を注視し、いかなる意識をもつべきなのか、利用者の問題意識・課題意識は、活発化したといえるだろう。

3.2.2 20 項目中 5 項目のみ選択する回答について

システム使用前では、設問の 10.19.1.11.15.が上位を占めた。すなわち、「10.危険な設備・道具については、なぜ危ないかを繰り返し子どもに説明し、言葉がけをすること。」(56%),「19.自分のいる保育室の設備・道具の位置や特徴について把握しておくこと。」(44%),「1.個々の子どもの氏名や性別をきちんと把握しておくこと。」(44%),「11.自分のクラスの子どもの特徴を他の保育者にも知らせること。」(40%),「15.なるべく自分は一カ所にとどまり、子どもの様子を見守ること。」(36%)となった。

システム使用後では、設問の 19.15.1.5.11.が上位を占めた。すなわち、「19.自分のいる保育室の設備・道具の位置や特徴について把握しておくこと。」(52.8%),「15.なるべく自分は一カ所にとどまり、子どもの様子を見守ること。」(47.2%),「1.個々の子どもの氏名や性

別をきちんと把握しておくこと。」(47.2%),「5.複数クラス合同での遊びの場合、自分のクラスの子どもたちがどこにいるかを絶えず把握しておくこと。」(38.9%),「11.自分のクラスの子どもの特徴を他の保育者にも知らせること。」(38.9%)が選択される割合が多かった。

この「20 項目から 5 項目を選択する」回答においては、選択された項目について、システム使用前と使用後とでは、数値の違いこそあれ、あまり大きな差異は見られなかった。すなわち、利用者にとって、ケガと事故を防ぐために特に重要と意識している事柄について、さほどの変化は認められなかった。ただ、システム使用後は、「19.自分のいる保育室の設備・道具の位置や特徴について把握しておくこと。」の割合が高くなっており、動画システムを利用することを通じて、子どもの置かれている物的状況について、予め把握しておく重要性について、改めて意識されるようになったということではできよう。

3.2.3 自由記述について

先に述べたように、事後アンケートの末尾には、「”水遊び”の動画のシステムを利用して、気づいたこと、感じたことを自由に記述して下さい。」と自由記述欄を設けた。回答は全部で 25 件あり、システムに関すること、学習して感じたこと、保育現場を臨場的に体験した印象など、興味深い回答が得られた。

これらは、1.保育者の動きや視野に関すること、2.システム利用から学んだこと、3.システム上の問題の 3 つの観点から整理することができる。

まず、「1.保育者の動きや視野に関すること」としては、「保育者が必ず子供と一緒に遊んでいるところが多い事.楽しむことを必ず忘れてないことを見て、周りの園児たちも楽しんでいるのが理解出来ました。」あるいは「先生側もムキになっちゃう時があるんだなと思った」といった素朴な印象の記述がある。他方、「先生同士が遊んでいて子どもがどこかいったのが気づいてないシーンがあった。危ないなと思った.」、あるいは「走ったりしたりしてると転んで怪我をしそうだったり、先生同士が水かけあいしてるのはダメだと思った。子どもが見えなくなってるのはダメだから子どもを自分の前でみるといいと思った.」「何人もいる中で 1 人 1 人をちゃんと見てないといけなのは大変

だと思った。水で濡れてるから走っても滑って転んだりしたら危なそうだなと思った。」といった、事故防止の観点からの気づきも見られた。

また「2.このシステム利用から学んだこと」としては、「先生と一緒に遊んでいる子は距離が近いので遠くを見れなくなってしまうのはわかるが、視野を広く持つことが大事と感じた。」「保育者が何人かいても、子どもに目が行き届かないことがある事がわかって、遊ぶ時には細心の注意を払って活動していく必要があるんだと感じた。子どもにここはダメだよと注意しても危険な場所に行ってしまったたりして、もし大きな事故が起こってしまったら怖いと思った。だから、保育者が子どもを守るために周りを見る目を持って接していくのが大切だと思った。」「客観視しなければわからない場面が多くあれだけたくさんの先生がいても見落とすことが多々あることがわかり気をつけるための視点の勉強になった」「この動画をみてもし自分が保育者だったら、この行動は間違っていたなと気付かされる部分が沢山あると思った。」「子どもたちが楽しく安全に水遊びできるように、先生たちは子どもの様子を1番に見ることが大切だと感じました。先生同士で水を掛け合い子どもたちの姿を見ていない所は危険だと思いました。動画の解答を見て、気づけていなかったところがあったのでもう少し注意深く周りを見ることが大切だと感じました。」といった回答があった。

さらに「3.システム上の問題」としては、「スマートフォンではヒヤリ、危険のボタンが反応しませんでした。」「全体的に見やすかったが、危険とヒヤリのボタンが反応してくれなかったところがあったです。」とあり、また動画の内容については、「危険だと思う箇所が分かりづらかった。」といった指摘もあった。

これらの記述からは、筆者らが使用している学習支援システムでは、利用者の機器とのマッチング、あるいは動画精選の課題なども見受けられる。しかし旧来の保育者養成校の教授法、すなわち、VTRなどを流し保育経験者、熟練者が一方的に事故防止の観点を教授する手法では得られない、ある種の能動的な学び、事故防止への注意、視点への気づきなど、学習支援システムとしての有効性、可能性への展望が示唆されたといえよう。

4. 今後の課題

いわば、今回の動画システム運用とアンケート調査は、今後の学習支援システム、学習教材の開発のための、試行に相当するものであった。システムを使用した人数、アンケート調査の回答数も僅かであることから、これらの調査結果は、あくまでも今後の方向性を定める参考に過ぎない。今後、質問項目の精査も含め、意識調査を継続し、より詳細な分析を行い、学習支援システムの改善に取り組むとともに、保育者養成教材として、より有効性のあるものに動画内容を精選し、ブラッシュアップしていく予定である。

5. 図表

5.1 図

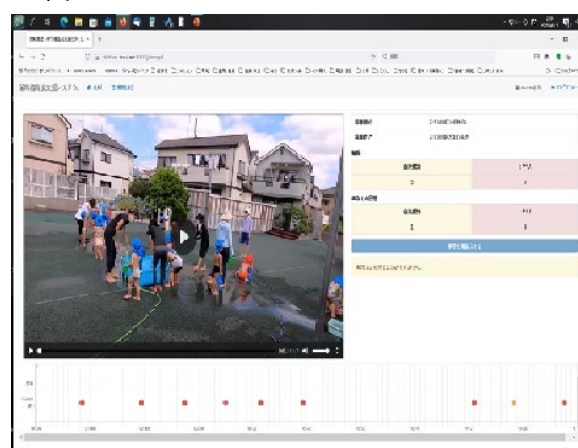


図 1.支援システムのインターフェイス

5.2 表

1. 個々の子どもの氏名や性別をきちんと把握しておくこと
2. 子どもたちがどんな言葉を交わしているかに注目すること
3. 幼稚園教育要領や保育所保育指針を良く読んでおくこと
4. 保育活動中は、子どもたちを得意、不得意のグループに分け、不得意なグループに特に注意すること
5. 複数クラス合同での遊びの場合、自分のクラスの子どもたちがどこにいるかを絶えず把握しておくこと
6. なるべく子どもの目線に立って行動すること
7. 子どもたちが自分の後ろにこないよう、立ち位置を考えること
8. 他のクラスの子どもが入ってこないか、注意すること
9. 子どもの活発な活動を促すよう、子どもを励ますこと
10. 園の設備・道具の位置や特徴について、事前に把握しておくこと

くこと

11. 危険な設備・道具については、なぜ危ないかを繰り返し子どもに説明し、言葉がけをすること
12. 自分のクラスの子どもの特徴を他の保育者にも知らせること
13. 初めて接する設備・道具については、知っている先生から、その情報を教えてもらうこと
14. 屋外では、なるべく元気よく遊ぶよう子どもに声かけをすること
15. 子どもたちが遊んでいる位置に応じて、臨機応変に自分の立ち位置も変えること
16. なるべく自分は一カ所にとどまり、子どもの様子を見守ること
17. 園の建学の精神や園の目的に忠実であるよう、絶えず配慮して言葉かけをすること
18. なるべく子どもには言葉がけはせず、自主性を尊重すべきこと
19. 個々の子どもの行動上の特徴やクセを把握しておくこと
20. 保護者に、その日の保育活動について事前に周知しておくこと

表 1 システム使用前・使用後アンケート質問項目

〈付記〉本研究は JSPS 科研費 20K03107 の助成を受けたものである。

参 考 文 献

参考文献

- (1) 石橋美香子, 高橋翠, 野澤祥子: “保育士の経験年数と視線行動の関連: ウェアラブル型アイトラッカーを用いた検討”, 認知科学第 27 巻第 4 号, pp.540-553 (2020)
- (2) 大沢裕, 立野貴之, 野末晃秀: “保育者の「見守り」場面における熟練知の評価 「熟練度合」のデータ収集”, 日本教育情報学会第 37 回年会講演論文集, pp.366-367 (2021)
- (3) 大沢裕, 立野貴之, 野末晃秀: “保育の安全における専門的技術に関する考察—水遊び場面におけるリスク察知の熟達差を通して—”, 日本教育情報学会第 38 回年会講演論文集, pp.378-379 (2022)
- (4) 楠見孝: “実践知の獲得 熟達化のメカニズム”金井壽宏・楠見孝(編著) 実践知: エキスパートの知性, 有斐閣 pp.33-57 (2012)

- (5) 平松美由紀: “我が国の幼児教育における「水遊び」に関する研究”, 大阪総合保育大学紀要第 16 号, pp.33-48 (2022)
- (6) Schön. D.A. : “The Reflective Practioner: How Professionals Think in Action”, Basic Book (1983)

潜在保育士の就職に向けたシステムの提案

-マッチングシステムへの教育機能追加-

崎山琴音^{*1}, 井上菫^{*1}, 三上滉史^{*1}, 高木優斗^{*2}, 真嶋由貴恵^{*2}, 榎田聖子^{*2}

^{*1} 大阪府立大学 人間社会システム科学研究科

^{*2} 大阪公立大学 情報学研究科

Proposal for a system to help

potential childcare workers find employment

- Addition of educational functions to the matching system-

Kotone Sakiyama^{*1}, Ayame Inoue^{*1}, Koji Mikami^{*1},

Yuto Takagi^{*2}, Yukie Majima^{*2}, Seiko Masuda^{*2}

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

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

The effective ratio of job offers for childcare workers is 2.18 times (the national average for all occupations is 1.10 times), and in recent years there has been a shortage of childcare workers in Japan. To control this situation, we hope that more potential childcare worker's work. Therefore, in this study, we propose a system to solve the existing problem of employment of childcare workers by clarifying the problems in finding and recruiting them. In this manuscript, we will provide an overview of the system and its educational function to resolve the concerns and issues they face.

キーワード: 潜在保育士、就職支援、マッチングシステム、教育機能

1. はじめに

近年の日本では少子化が進む一方で、女性就業率や共働き率の増加により、都市部の保育ニーズは高い状態にある⁽¹⁾。これにより保育の必要性の認定がされた子どもが保育施設へ利用の申し込みを行っているものの、利用できない「待機児童」が問題となっている。この問題の背景には保育士不足がある。全国全職種平均の有効求人倍率は1.10倍であるのに対し、保育士は2.18倍であり、特に東京都・大阪府の都市部では3.00倍を超えている⁽²⁾。

この保育士不足の要因の1つに、保育士資格を有しているが保育施設等で従事していない者（以下、潜在保育士）の割合が多いことが挙げられる。厚生労働省によると、2018年度時点の保育士登録者数は約154万

人であるが、従事者数は約59万人にとどまっており、潜在保育士は62%の約95万人存在しているとされている⁽²⁾。潜在保育士が保育士として働きやすいよう、地方自治体では賃金補助や就職支援金などの金銭面での支援、就職支援などが行われているが、保育士不足は解決していない。また、資格を取得してから時間が経っている潜在保育士は、保育に対する不安を持ちやすい。そのため潜在保育士への研修・教育へのニーズが高い⁽³⁾。

一方で、保育施設が求人を行う際は人材紹介・求人掲載システム等の利用が最も多い。しかし、これらの求人システムでは雇用した保育士の定着率が安定しないことが課題となっている⁽³⁾。

以上より、保育施設の保育士雇用には課題があり、

主な保育の担い手として潜在保育士の保育士就職（以下、就職）につながる新たな取り組みが求められている。

そこで本研究では、潜在保育士の就職における課題と保育士雇用における課題の双方を明らかにし、それらを解決するシステムの開発を目的とする。本稿では、システム要件を定義するに至った現状調査の結果と、研修・教育へのニーズに対応した教育機能を始めとするシステムの各機能について述べる。

2. 保育施設と働き手の現状調査

本研究では、現状の潜在保育士の就職と雇用における課題を明らかにするために、保育施設・潜在保育士・保育学生をそれぞれ対象とする調査を行った。以下では各調査結果について述べる。

各調査は大阪府立大学人間社会システム科学研究科倫理委員会の承認のもと実施した。

2.1 保育施設への調査

都市部の保育施設が抱える雇用の課題等を調査し、ペルソナ（仮想的な保育施設像）を作成した。

2.1.1 調査概要

調査期間：2020年2月19日～2020年3月19日

調査方法：インタビュー形式によるヒアリング調査

調査対象：A市内にある保育施設のうち事前調査で選定された13施設の代表者

調査対象は、A市から提供された保育施設データをもとに加工・分析し、特徴量が大きい保育施設から選定した。今回の選定で用いた特徴量は、駅からの距離、認定区分別園児数、1職員あたりの園児数、保育資格を有する従業員の割合等である。なお、認定区分別園児数とは、園児が施設利用時に市町村から受けた認定区分ごとの数を示す。一般的に1号認定子どもは、教育時間4時間程度、2・3号認定子どもは保育時間8～11時間程度の在園時間となっている。

2.1.2 ペルソナ保育施設

調査結果をもとに現在抱えている業務課題と施設規模をもとにペルソナを3施設作成した。

(1) ペルソナ①：1号認定子どもが多い大規模施設

1号認定子どもの割合が高く2・3号認定子どもの割合が少ない、園児数の多い大規模な保育施設である。

この保育施設は、1号認定子ども担当の職員の勤務が終わる15時以降が特に人手不足になることが分かっている。そのため、その時間は見守り保育の保育補助員のニーズが高いと考えられる。

(2) ペルソナ②：残業が多い中規模施設

2・3号認定子どもの割合が高く、都市部に位置しているため延長保育が多い中規模な保育施設である。この保育施設は、園児数も若干多く、経理・事務作業も多いため、職員の残業時間が長くなりやすいことが課題であることが分かった。そのため、経理・事務作業などを専門的に行う事務員のニーズが高いと考えられる。また、ペルソナ①と同様に、延長保育時間の見守りもニーズが高いと考えられる。

(3) ペルソナ③：

パートタイム勤務が多い中～大規模施設

「のびのび、自由」な保育が特徴的な中～大規模の保育施設である。積極的にパートタイム勤務などの柔軟な働き方を行っている。しかし主に勤務している主婦層は子育て中の方が多く、勤務不可能な時間が重なることが課題になっていることが分かった。そのため、早朝・夕方に勤務できる保育士のニーズが高いと考えられる。

2.2 潜在保育士への調査

次に、潜在保育士の離職理由や就職における課題、保育施設に求めていることを調べるため、都市部に在住の潜在保育士に対しアンケート調査を行った。

2.2.1 調査概要

調査期間：2021年12月1日～2021年12月31日

調査方法：紙面によるアンケート調査

調査対象：大阪府内在住の潜在保育士100名

2.2.2 調査結果

保育士・保育教諭として働く上で不安なこと・知りたい情報（自由記述）として多く挙げられていたのが以下6点である。

表1 働く上で不安なこと・知りたい情報

不安なこと	知りたい情報（自由記述）
保護者対応	親への対応に時間がとられることがあるため、一括した対応窓口があると助かる。対応方法が定められているか知りたい。

職員同士の人間関係	職員同士の関係が良好かどうかを事前に知りたい。
育児との関係	子供の急な体調不良時に休みがとりやすいか知りたい。
体力面	高齢でも体力的に勤務できるか知りたい。
残業や仕事の持ち帰り	サービス残業が当然な環境になっていないか知っておきたい。
報酬面	拘束時間が長いのに給料が安いと、少しでも給料が高いところがよい。

この結果から、上記 6 つの不安がぬぐえるようアプローチする必要があることが分かった。

次に保育士・保育教諭として働く上で必要な条件(複数選択可)として多く挙げられていたのが以下 3 点である。

表 2 保育士・保育教諭として働く上で必要な条件

家庭の状況(育児や介護等)が落ち着くこと	50%
保育のやりがいを感じられること	44%
保育施設の運営方針への共感	40%

この結果から、潜在保育士への働きかけとして保育のやりがい・施設の運営方針を伝えることが必要であると考えられる。

2.3 保育学生への調査

本調査では、保育士・幼稚園教諭の資格をとる予定の学生らを対象に保育施設で働くことについてインタビュー調査を行った。

2.3.1 調査概要

調査期間：2020 年 10 月 14 日～2021 年 1 月 30 日

調査方法：インタビュー形式によるヒアリング調査

調査対象：幼児保育や障害児保育について学んでいる学生、保育士・幼稚園教諭の資格を取るために勉強している学生、保育施設で働くことに興味がある学生 11 名

2.3.2 調査結果

調査結果の概要を示す。

○保育施設を選択する際に重視する条件

- ・立地が最も重視される。駅からの距離や自宅からの距離がなるべく近いところに行きたい。

- ・朝番・中番・遅番など、生活のリズムが崩れてしまうようなシフトではなくある程度自分で希望が言えるのか知りたい(遅番だけのシフトが可能なのかなど)。

- ・連絡帳が ICT 化されているか。

○保育士・幼稚園教諭にならない理由について

- ・障害児の分野に興味があるため。
- ・大学で専攻した自分の専門分野に関して活躍できる場を求めている。

2.4 調査結果まとめ

保育施設への調査では、早朝・15 時～保育終了までの時間帯に人手不足になりやすいことが分かった。その時間帯は見守り保育・保育補助・経理事務作業のニーズが高いとされている。

潜在保育士への調査では、人間関係への不安や仕事内容・給料への不安が多く挙げられていた。また潜在保育士は保育へのやりがいがあること、施設の運営方針に納得・共感ができることを重要視していることから、これらの情報が潜在保育士に伝わるシステムを構築することが必須であると考えられる。一方で、「どのような条件であっても今後保育士・幼稚園教諭として働くつもりはない」と回答している潜在保育士が 22%存在した。資格を持っているものの保育施設で働きたくないと感じている人が一定数いることから、保育学生時と保育士就職時で働くことに対するギャップが大きい可能性があると考えられる。

学生への調査では、主に保育施設で働く際に重視する条件と、保育施設で働く意欲があるかに焦点を当てた。重視する条件は潜在保育士への調査でもみられた項目が多かった。一方で、将来保育施設で保育士・幼稚園教諭として働くつもりがないと回答する学生が一定数存在した。

3. システム機能要件

調査結果により以下の機能が必要であると考えた。

① プロフィール機能

働き手・保育施設がお互いに提示する情報を公表する機能である。

働き手側のプロフィールでは、希望条件、アピールポイント、働く上で不安なことなどを提示できる。

保育施設側のプロフィールでは、一般的な求人情報に加え、人手不足が起こりやすい特定の時間帯、特定の曜日、特定の仕事を提示できる。

② チャット機能

働き手側のプロフィールを見て条件が合うと感じた場合、保育施設側とのチャットを開始することができる。チャットは主に面接や園見学の日程などをすり合わせするために用いられる。

③ 教育機能

働き手が働く上で不安に感じることを減らすための機能である。働き手の不安解消につながる教材コンテンツをシステム内で提供する。コンテンツ内容は、保育施設で行われていること（ピアノ・体操・絵本の読み聞かせなど）に対応することに加え、2.2 潜在保育士調査で見られた不安に対応すること（保護者対応の方法、現在と過去の保育方針の変化・子供の成長発達過程など）とした。

4. システム

3. で定義した機能要件を基に実装したシステムについて述べる。本システムはウェブアプリとして、ネットワークを用いたウェブブラウザ上で利用可能なシステムとなっている。

4.1 システム概要

主な機能としては、①働き手と保育施設がお互いに相手のプロフィールを見ることができる、②働き手と保育施設の間でチャットのやりとりができる、③働き手に教育コンテンツを提供する、の3点である。

① プロフィール

プロフィールの設定では、働き手と保育施設がそれぞれアピールポイントや、求める条件などを詳細に示すことができるよう、タグ制度と自由記述欄を設けた。タグとは、ここでは園や働き手の特徴を示すいくつかの“ラベル”のことを意味しており、このラベルを用いて働き手と保育施設が相互理解を深める。

タグ制度では、

<例：働き手>ピアノ演奏可、体操が得意、夕方以降希望、保育士資格保有

<例：保育施設>施設が綺麗、大規模保育園、年末年始休み、年齢層が広い

などの予め設定されたタグから、それぞれ自身に一致するものを選択する。上記のタグは、前述した調査から、働き手と保育施設の不マッチを減らし、マッチングを促す効果があると考えられるものを選択した。

また自由記述欄には、働き手の得意なことや保育施設の特徴などを記入してもらい、タグでは示しきれない細かな情報を補う狙いがある。

② チャット

チャットの中では、面接や保育施設見学の日程を決めることができる。お互いが忙しい中で、電話でのやりとりが難しい場合もあるため、効率的にチャットを活用する。また、面接を行う前に、あらかじめ働き手が気になっていることや保育施設が求める条件などのすり合わせを行うことができる。

③ 教育機能

この機能では、2.2・2.3 働き手への調査で示された不安を可能な限り解消し、就職までをサポートする教育コンテンツを提供する。調査では、多くの潜在保育士が不安に感じることで保護者対応、現在の保育方針に適応できるかななどを挙げ、学生はピアノなどの技術面に関する不安を挙げた。また、就職後に従事したい仕事内容としては、給食・遊び・昼寝の見守り、また、特別な配慮を要する園児の見守りなどが多いことがわかった。特別な配慮を要する園児の見守りについては、保育施設への調査でも、それらの知識を持つ働き手の需要が高まっていることが明らかになっている。よって、これらの課題に対するコンテンツを項目ごとに設け、学習したり情報を獲得したりしやすい環境を作る。この機能では、検索窓に利用者自身が持つ不安や悩みを入力することで、それに対応するおすすめのエデュコンテンツが抽出されるようになっている。以下では簡単に、コンテンツ例を示す。



図 1 教育コンテンツ検索画面(実装例)

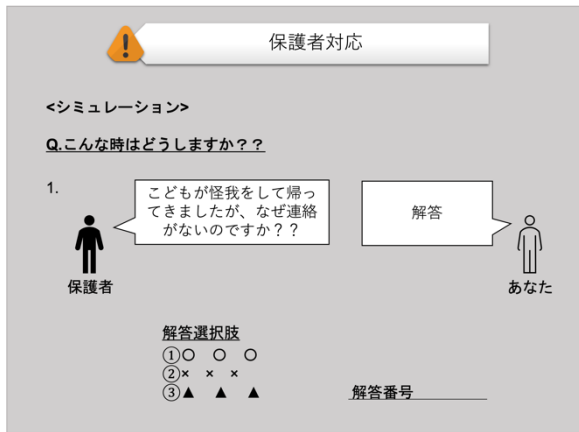


図 2 教育コンテンツ例

本機能については、今後実装予定であり、今回は提案のみを行っている。コンテンツについては、保育施設の協力を得て、現代の保育に即したものを作成する。また、筆者らが看護師向けに構築した教育システムなども参考にしながら、より効果的なものを構築する予定である。

4.2 使用方法

システムの具体的な使用方法について以下に示す。

4.2.1 システムへの登録

まず、指定の URL から新規登録を行う。登録時にはメールアドレスと各自が設定したパスワードを入力する。



図 3 新規登録画面

その後、登録したメールアドレスに確認メールが送信されてくる(図 3)。

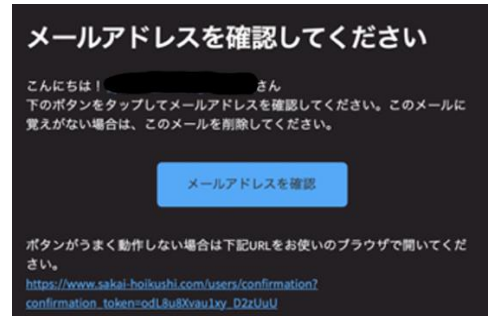


図 4 確認メール

4.2.2 プロフィールの作成

図 3 のメールに記載された“メールアドレスを確認”ボタンからプロフィール作成画面に移行する(図 4)。



図 5 プロフィール作成画面

保育施設の利用者と働き手の利用者は、それぞれ以下の画面からプロフィールの登録を行う。



図 6 プロフィール登録画面(保育施設)



図 7 プロフィール登録画面(働き手)

4.2.3 システムの利用

プロフィールの登録が完了すると、以下のシステム利用画面に移行する。

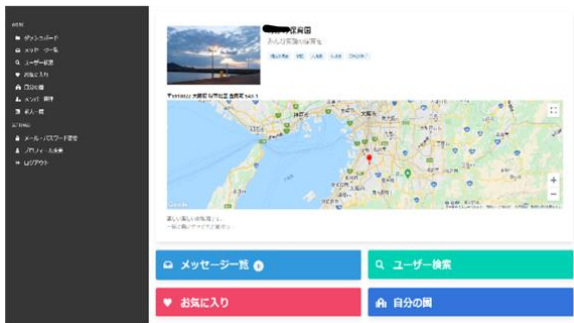


図 8 利用画面(保育施設)



図 9 利用画面(働き手)

この画面を通して、保育施設と働き手はお互いの検索をおこなったり、メッセージのやりとりをしたりすることができる。また、“お気に入り”機能では、保育施設は気になった働き手を、働き手は気になった保育施設を登録しておき、後に比較や検討がしやすいようになっている。また、プロフィールの修正も簡単に行うことができる。

5. システム評価実験

4 で実装したシステムに関して良い点や改善点を明らかにするため、システムの評価実験を行なった。以下では実験の概要と、実験で明らかになったシステムの問題点や改善点について述べる。

5.1 実験概要

実験期間：2022 年 2 月 21 日～2022 年 3 月 17 日

実験方法：

①システムの登録・利用

対象者はアプリの登録を行い、実験期間である約一ヶ月間、各自で自由にアプリを利用する。

②事後調査(アンケート)

システムの利用状況やシステムに対するフィードバックを得るために、対象者に google フォームによるアンケート調査を行う。

実験対象：A 市内にある保育施設のうち同意を得られ

た 2 施設、保育施設で働くことに興味を持つ大学生 6 名、潜在保育士 2 名

5.2 実験結果

5.2.1 システムの利用状況

システムに登録した保育施設(以下、園)と潜在保育士・大学生(以下、働き手)の利用状況を示す。

表 3 利用状況

利用者	平均ログイン回数(回)
園(N=2)	9.5
働き手(N=8)	2.25

5.2.2 利用特徴

○多用されたタグ

園は、2 園とも「施設のきれいさ」のタグを選択していた。他に「マイカー通勤」「給食あり」など、一般的なアプリではあまり見られないタグを選択する園もあった。

学生は、「パソコンが得意」など、自分の専門や得意なことにに関する項目を選択する人が見られた。

潜在保育士は、「幼稚園免許あり」といった基本情報に加えて、「工作が得意」などの具体的な業務に関する項目を選択する人もいた。

○プロフィール情報

園は、働き方や福利厚生について述べる園と、自身が目指す像やフィロソフィーのようなものを掲載する園に分かれていた。

学生は、希望する勤務時間帯・日数の詳細を述べたり、こどもが好きであるといったアピールをしたりしていた。

潜在保育士は、以前の現場からの経験や心配事を述べていた。

○園と働き手のやり取り

実際に園とメッセージのやり取りをしたのは一名であったが、その会話の中では、園側が求めている基本的な能力(Excel が使えるかなど)についての確認がされていた。

5.2.3 事後調査(アンケート)

調査結果の概要を示す。

<働き手>

○良かった点

- ・希望する項目を細かく選択できた。
- ・デザインが良かった。
- ・自分の希望(働き方、残業)などが自由に記述できる。
- ・お気に入り機能・タグ機能。

○改善してほしい点

- ・ログインの際、パスワードを間違えるとメールアドレスも消えてしまうこと。
- ・労働時間に関して短期や短時間の枠がほしい。
- ・給料は高い方が良いが、自身で好条件(高い報酬額)を選択しにくいいため、選択肢はあまり意味がない気がする。
- ・こちらから特定の仕事への応募ができれば嬉しい。

○本システムを使用した感想

- ・堅苦しい文面ではなく、会話をするように手軽に園の方と連絡が取れたのでよかった。
- ・色合いが綺麗。今の仕事では残業が多いが残業が出ないため、残業に関する記述が欲しい。
- ・UI が非常にシンプルかつ非常にわかりやすいデザインだった。
- ・チャット上のやり取りで採用・通勤が決まる、それ以外の不要な処理がない簡潔さは非常にわかりやすいと感じた。

○今後も本システムを使ってみたいと思うか

まあまあそう思う	2 名
どちらでもない	4 名

<園>

○良かった点

- ・ダイレクトに求職者の情報が閲覧できて非常に便利。
- ・メッセージのやり取りも簡単に出来そうだと感じたため、活用できそう。

○改善してほしい点

- ・登録作業に時間を要したため、メッセージのやり取りまでは至らなかった。

5.3 考察

5.2 の実験結果から、本システムの評価できる特徴や問題点をまとめる。

<働き手>

システム内のデザインは使用のしやすさ、システムへの信頼度に繋がると評価を受けた。

働き手はプロフィール欄にタグ以外の希望条件をしっかり示したいと考えられる。そのため、自由記述欄に、より詳細な希望条件が記入された際に、園側がマッチングする働き手を選びやすい仕組みが必要になってくる。

また、プロフィール作成時に高い希望給与額を選択すると、雇用されづらいと考える人がいるため、プロフィールには希望給与額タグを設けず、園とのメッセージのやり取りの中で希望のすり合わせを直接して頂く、もしくは園の求人情報に給与額を掲載する方針が適切と考えられる。特に、資格や経験、または働く時間帯によって給与額を変動させている園も多いため、その場合は前者の双方のすり合わせが重要になってくると考えられる。

<園>

働き手の持つ資格や希望する働き方の詳細が閲覧できるシステムは評価されたと言える。

一方で、実際にシステムを活用してもらうには、登録作業に対する補助や使い方の説明を行い、利用に対する壁を低くする必要がある。(園で働く人でPCの利用などに慣れていない人が多い場合、その問題点に対する解決策として、システムやPCの使い方に関する教育や講座を実施することも、長期的な観点で有効であると考えられる。)

*4 で述べたシステム概要のうち、③教育機能については今後実装予定であり、システム評価実験時には実装が完了していない。そのため考察では、教育機能に対する評価や問題点は示していない。

6. まとめ

本研究では、潜在保育士の就職における課題を3つの調査で明らし、既存の保育士雇用の課題を解決するシステムを提案した。

また、就職してからの定着率をあげるには、実際に働き出した時に直面する不安や悩みを、予めできる限り低減し、安心して就職できるよう支援する必要があると考える。そのため、今後はそれらの不安を解消す

るための教育機能を実装し、従来の求人サービスでの就職との定着率の比較を行うことで本システムの有用性も検証していきたい。

謝辞

本研究は、大阪府堺市 2019～2021 年度“保育士確保に向けた保育現場の新しい働き方モデルの調査・実証業務事業”の助成を受けました。

そして調査にご協力いただいた自治体、保育施設、潜在保育士、保育学生の皆様に心から感謝いたします。本当にありがとうございました。

参 考 文 献

- (1) 厚生労働省：“令和 3 年 4 月の待機児童数調査のポイント”，
<https://www.mhlw.go.jp/content/11922000/000840529.pdf>, (2022 年 9 月 26 日確認)
- (2) 厚生労働省 保育の現場・職業の魅力向上検討会（第 5 回）：“保育士の現状と主な取組 参考資料 1”，
<https://www.mhlw.go.jp/content/11907000/000661531.pdf> (2022 年 8 月 13 日確認)
- (3) 厚生労働省：“潜在保育士の実態について～全国潜在保育士調査結果～”，
https://www.mhlw.go.jp/bunya/kodomo/pdf/h120423_g_02.pdf (2022 年 9 月 24 日確認)
- (4) 厚生労働省職業安定局需給調整事業課：“令和 2 年 12 月保育分野における職業紹介事業に関するアンケート調査”，
<https://www.mhlw.go.jp/content/11650000/000726315.pdf>, pp7-14 (2022 年 8 月 13 日確認)
- (5) 濱名潔, 中坪史典：“新任保育者の離職と育成をめぐる研究の動向と課題”，幼年教育研究年報, vol. 41, pp61－74 (2019)
- (6) 劉楠：“潜在保育士の就業意向は、どのように高められるか—年代と就業の有無を中心に—”，山形大学紀要（社会科学） vol.47, pp19-33 (2016)

安全運転講習における意識・認知の向上支援

松浦健二^{*1}, 竹内寛典^{*1}, 柏原昭博^{*2}, 山崎健一^{*3}, 栗田弦太^{*3}

^{*1} 徳島大学, ^{*2} 電気通信大学, ^{*3} 三菱プレシジョン

Improvement of a driving simulator for better awareness and recognition of a driver as a learner

Kenji Matsuura^{*1}, Hironori Takeuchi^{*1}, Akihiro Kashihiro^{*2}, Kenichi Yamasaki^{*3}, Genta Kurita^{*3}

^{*1} Tokushima University, ^{*2}The University of Electro-Communications,

^{*3}Mitsubishi Precision Co., Ltd.

This work reports the design, development, and evaluation of reformed functionalities to assist automobile drivers on a driving simulator. In this study, we improved the existing system from two perspectives. The first device is the introduction of eye-gaze navigating function in this system from the recognition viewpoint. Another device is the function to control dynamically the training scenario in a course provided due to the estimation of the driver's behavior from the consciousness perspective. The evaluation results suggest the effectiveness of the proposal.

キーワード: 運転シミュレータ, 安全意識, シナリオ制御, 視線誘導

1. はじめに

交通事故総合分析センターの報告⁽¹⁾によれば, 直進における自動車運転事故($n=12,272$)では, その要因として前方不注意, 安全不確認がそれぞれ 38.4%と 45.6%であるのに対し, 右折($n=74,560$)においては, 14.1%と 82.6%となっている. 右折時の大部分は安全不確認であり, 直進においても割合は異なるが最多である. 事故に対しては漫然運転や脇見運転の改善が必要であり, 右折や横断歩道などの各状況に応じた安全確認行動を意識的に発生させる必要が論じられる.

多くの運転者が自動車教習所での訓練から数週間で免許取得まで達成するが, 交通事故はその直後からも発生する. すなわち, 自動車を制御するための基本的な運転技術習得に比して, 運転時の環境との安全相互作用に要する高次の認知スキル・意識に関してはその習得に時間がかかる⁽²⁾. Deery らは特に運転経験の長短で比較議論し, 若年ドライバは事故リスクを過少評価し, 事故リスクを受容する傾向がある一方で, 自ら

の運転技術を過大評価するとの調査を示している⁽²⁾.

運転技術に比して事故リスクへの意識づけが安全運転には重要である. このような若齢層の違反回数と交通事故の関係は国内でも調査報告がある⁽³⁾. 平成 17 年の事故者率調査では特に 18-24 歳においては, 事故以前に違反取締りを複数回受けた経験がある者が多く, 運転初期からの意識づけがやはり重要である. すなわち事故の重大さを早くから意識させる訓練シナリオの強化・構成が教育時に望まれる.

また意識づけされているかどうかの調査手段としては, 脳波等による研究もなされつつあるが, 運転時のデータ取得容易性により, 主に視線計測を利用した研究が盛んになっている. 例えば, 鉄道運転士に対する視線振り返りの提案があり, 研究結果として前方確認教育の必要性が示唆されている⁽⁴⁾. なお, 視線の軌跡に関する特徴は, チェス等のゲームにおいても熟練者と初学者とで異なることが知られている⁽⁵⁾.

以上の議論から, 本研究では, 違反運転者等を実施される安全運転講習(行政処分者講習)を前提として,

既存のドライブシミュレータ(以下 DS)を改良し、(1)受講者に対する訓練シナリオに柔軟性を持たせることで安全運転への意識づけ強化を図り、(2)その上で視線計測と誘導に着目し、認知面での学習支援を行う。本稿ではそれらの設計・開発および評価を述べる。

2. 意識・認知改善のための環境

2.1 意識改善のための安全運転訓練シナリオ制御

これまでの運転免許センターの行政処分者講習などにおける DS を用いた安全運転教育は、一度きりの運用が前提となっている。短期的にも長期的にもその運転者の学習面を考慮していないため、コース設定やシナリオ設定においては個々の運転者への適応性がない。

また、学習支援システム研究でのオーバーレイモデルに見られるような、学習目標がシステムに事前定義された環境において、学習者の診断によって、学習目標達成に向けてシステムとインタラクションするといったアプローチも適用しにくい。何故ならば、行政処分者講習の場合、免許取得のための運転教習と異なり、例えば個人を登録したり個人のプロフィール入力をしたうえでの一定期間でのシステムの継続的な利用とはならないからである。ただし、個人登録を要しない一回限りの運用を前提としても、システムの中で意図的な診断イベントがあれば、そこで条件分岐させて運転シナリオを変化させること実現可能と考えられる。本研究プロジェクトでは、事故リスクへの意識づけのために、なるべく運転者の運転行動に合わせて事故経験を疑似的に行わせる手法を設計してきた⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

斎藤ら⁽⁷⁾は、横断歩道周辺のコースに着目した精緻な制御モデルをネットワーク表現にて提案し、事故原因に対する配置オブジェクトとの関係を整理している。このような制御モデルを参考にしつつも、本稿のシステムでは、簡便化のため、難易度を A～E の 5 段階レベル(7 場面)で分岐無しの制御モデルで実現している。実装は、三菱プレジジョン社製の講習用シミュレータ DS-330/RS-7000 上であり、実験目的のためβ版として四輪車・二輪車それぞれ 4 テーマ、56 シナリオ場面を実現した。

表 1 難易度の高低レベル設定とそれらの名称

低 ←-----初回-----> 高						
A	B	C1	C2	D	E1	E2

シナリオ制御方針としては、初回に中位レベルで開始し、運転体験の成否結果により次回適用レベルを一段階ずつ上下いずれかにシフトする方式である。すなわち、最低以下または最高以上のレベルが適切な運転手の場合でも、最短で 2 回の遷移で適正レベルに到達できることになる。なお、講習の運用制約上、一回ごとに成否判定が行われる。

具体的なテーマを、四輪車・二輪車でそれぞれ以下に列挙する。危険オブジェクトの数や質が難易度に応じて事前定義され、レベルに応じてイベント発動する。

(四輪車シミュレータで実現したテーマ)

- ① 一時停止あり交差点の通過
- ② 駐停車禁止場所付近にある駐車車両の危険
- ③ あおり運転の危険
- ④ カーブ走行時の死角の危険

(二輪車シミュレータで実現したテーマ)

- ⑤ 出会頭／飛び出し(二輪)
- ⑥ 出会頭／飛び出し(原付)
- ⑦ 雨天走行(二輪)
- ⑧ 雨天走行(原付)

2.2 認知改善のための視線誘導

事故の発生しがちな状況における運転手の特徴については幾つかの情報取得方法やその分析手法が提案されている。文献⁽⁸⁾では、運転手頭部姿勢に着目し、画像処理と RSOMs 手法を採用している。これにより二つの交差点において、ヒヤリハットの有無があっても、効果形状グラフにおける概形類似性を示している。一方、交差点の環境に応じた確認行動の差や、注視対象の有無による行動時間の変化が生じる可能性を示唆している。環境や注視対象に対して、適切なタイミングで適切に注視することの必要性が考えられる。これに関しては、運転者の視線を直接的に検知することで注視箇所の特定制が正確になると考えられ、文献⁽⁹⁾のような視線誘導に関する研究も展開されている。

視覚等に関する知覚能力については、訓練によって向上する。しかし、実験的な調査⁽¹⁰⁾によれば、初期の学習に比して、学習が進むにつれて認知のレベルが下がる結果が出ている。このことは、学習曲線として一旦上がってから下がる傾向として、自動化仮説や運動スキルにおける自由度の開放による現象と同じ意味をもつわけではない。知覚・認知学習行動の維持には、精神的努力の継続が必要と結論づけられる⁽¹⁰⁾。注視行動には継続的な努力、すなわち訓練が有効である。

DS の環境として、様々な技術統合による環境提案もなされており、AR を導入した学習支援も研究されている⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。一方、本稿の環境における DS では、VR によるディスプレイ表示が行われ、VR 画面上の視点計測を行う。各コース運転中のどこに注視しているかの計測により、モデル視線データと比較することができるようになる。モデルとなる視線には、安全運転管理者、教習指導員、交通機動隊隊員等の安全運転プロフェッショナルを対象とすることが想定される。本稿の環境では、モデル視線描画による誘導と、講習を受ける学習者の観測データ取得を行う。対象コースの運転を複数回実施する際に、初回で視線計測し、振り返り時に視線誘導情報を提示し、その後同一コースを再度運転試行するというフローを提案する。

3. 実験的評価

3.1 実験構成および手順

前述の二つの機能を統合的に実装したシステムを実験的に評価する。評価に際しては、実践的な統合システムとしての有用性に着目する。

実験は、同一被験者が1週間を空けて二日間実施する。短期的な学習と一定期間経過後の記憶定着を確認するためである。初日にまず、実験説明を行い、データの取り扱いや情報提供説明、同意書の取得等を行う。事前アンケート(Que1)として、運転状況の基礎データ(所謂プロフィール系データ、一回だけ)を取得し、初日の運転学習の前後にアンケート2(Que2a, Que2b)を取得し、1週間後に再度アンケート2(Que2c)を実施する。これにより、DSでの運転学習による意識の短期的変化と定着具合を測定する。

DSによる実際の運転については、運転操作に慣れるための練習走行(DS0)のあとに実際にデータ取得を行う。練習走行時は、運転操作が自然とできる状態になればよいため、シナリオに応じた意図的なイベント発生がない走行である。アンケート同様に視線データ取得は3回実施するが、初日に学習の前後のデータ(DSa, DSb)を取得し、一週間後に再度データ(DSc)を取得する。データ収集時のコース設定として、概ね5分程度で終了できるコースを設けているが、ハードウェアが限られており、運転体験の場所や被験者の制約条件により、前章での四輪・二輪の8テーマの中から、

- ・「一時停止あり交差点の通過」
- ・「駐停車禁止場所付近にある駐車車両の危険」

を対象とした二場면을体験学習させることとした。

表 2 実験の流れ

No.	実験実施過程
【実験初日に実施】	
1	実験・情報取扱い説明
2	事前アンケート(Que1)
3	運転行動意識調査(Que2a)
4	練習走行(DS0)
5	安全運転傾向データ収集(DSa)
6	シミュレータ学習 1(DS1)
7	シミュレータ学習 2(DS2)
8	安全運転傾向データ収集(DSb)
9	運転行動意識調査(Que2b)
【実験初日の一週間後に実施】	
10	練習走行(DS0)
11	安全運転傾向データ収集(DSc)
12	運転行動意識調査(Que2c)

評価に際しては、実験群・統制群による対象比較を行うこととする(N=30, F検定による等分散性確認)。表2の流れの中で6,7番の学習において、実験群(DS-330)に導入した本稿提案の二つの機能を実装する前の機種(DS-320)を統制群は用いることとする。DS-320には提案のシナリオ制御も視線検知・誘導も実装されていない。

表 3 シミュレータ学習の構成

No.	学習過程（表 2 における DS1, DS2）
(1)	運転体験 1
	運転体験 2
	運転体験 3
(2)	運転の結果表示
(3)	運転プレイバック
(4)	学習テーマに合った解説ビデオ
(5)	再体験（運転）

ここで、シミュレータ学習 1 と 2 では、テーマごとの学習を行うが、その学習時の流れを表 3 に示す。(1) 番の過程では、実験群は難易度制御が行われ、統制群は予めセットされた従来場面に沿った体験が行われる。また、(3) 番のプレイバック時に、実験群は視線誘導が行われ、統制群は視線誘導のない既存の振り返り（記録された学習者の運転を再現）が行われる。

3.2 意識に関する主観評価検証

前節の二つのテーマでのシミュレーション学習による運転行動意識への影響を評価するために、実験群・統制群の被験者に対して、学習前後および一週間後の計 3 回にわたり、運転行動意識調査アンケートを実施した。アンケートは、表 4 に示すように全 9 項目からなり、各項目は複数の観点から構成され、運転における留意点を問う内容となっている。被験者には、各実施回においてそれぞれの設問に 7 段階（1 に向かって否定方向，7 に向かって肯定方向）で回答するように求めた。設問内容は以下の通りである。

表 4 運転行動意識調査アンケート設問

1. 発進時のあなたの運転についてお答えください
・安全確認は十分にできていますか
・タイミングのよい発進と加速ができていますか
2. 合流地点でのあなたの運転についてお答えください
・安全確認は十分にできていますか
・状況に合わせた速度で運転できていますか
3. あなたが運転している時の車間距離についてお答えください
・車間距離を十分保持して運転できていますか

・装甲車の動きに注意して運転できていますか
4. 安全な速度で運転ができていますか
・安全な走行位置で運転ができていますか
・安全確認は十分にできていますか
5. 安全な速度で運転ができていますか
・安全な走行位置で運転ができていますか
・安全確認は十分にできていますか
6. 見通しの悪い道路へ進入する時のあなたの運転についてお答えください
・安全な速度で運転ができていますか
・安全な走行位置で運転ができていますか
・安全確認は十分にできていますか
7. 横断歩道付近でのあなたの運転についてお答えください
・一時停止できていますか
・歩行者優先の運転ができていますか
8. あなたが運転している時の駐車車両への配慮についてお答えください
・進路変更時の合図はタイミングよく出せていますか
・進路変更時の後方確認はできていますか
・駐車車両との距離を確保して運転できていますか
・安全な速度で運転できていますか
・進路変更時の適切なハンドル操作はできていますか
9. 車線変更時のあなたの運転についてお答えください
・進路変更時の合図はタイミングよく出せていますか
・進路変更時の後方確認はできていますか
・他の車両への配慮はできていますか
・進路変更時の適切なハンドル操作はできていますか

これらは、安全運転意識の調査として一般的な内容を含み、本稿でのコース設定上は該当しない項目も含む。運転の場面に共通するような設問(例えば、1 番は発進時のため、運転始動時は共通して含まれる)や、特定状況時のみ該当する設問(例えば、4 番や 5 番)があり、したがって下位の判断項目にも重複等が含まれる。各設問は、選択した学習テーマとの対応したものも含まれ、設問 1, 5, 6 は「一時停止あり交差点の通過」に、また、設問 1, 7, 8 は「駐停車禁止場所付近にある駐車車両の危険」に対応した設問として提供される。

従前の実験仮説としては、実験群のシミュレーショ

ン学習では危険体験が適応的に実現されることから、運転者の自己評価が低下し、それによって過信を抑制できるとした。ただし、初日の中の前後比較に対し、1週間後もある程度維持されることを想定する。

3.3 認知に関する視線評価検証

認知面での運転技能改善に関しては、表 2、表 3 の構成により学習とその評価を行う。学習においては、実験群のみ表 3 の 3 番(運転プレイバック)で、視線誘導機能を提供する。学習の前後比較による評価は、初日の学習前後と 1 週間後のそれぞれにおける安全運転傾向データ収集過程(DSa,b,c)で実施する。DSa, DSb, DSc の実施時は、視線計測に加えて、アクセルやブレーキ、ハンドルといった操作系のデータも取得する。

このように実験を構成することで、意識と認知の双方の改善状況を観測する。一方、学習過程において、視線誘導機能の提供有無が含まれるため、意識・認知の相互作用と独立して評価しているとは言えないことに注意されたい。

3.4 意識面の主観評価結果

学習前の Que2a においては、群間での統計的有意さはなく、初期状態での安全運転意識は同程度とみなす。以降は、t 検定を実施し、その効果量(Cohen's d)を算出することとする。

Que2a と Que2b による学習前後比較では、アンケート設問 9 つのうち、1~7 において両群とも自己評価が低下した。特に、設問 1, 2, 3, 6, 7 では実験群の方が低くなっていた。中でも項目 2 では、 $p<0.10$, $d=0.69$ であり、設問 6, 7 においては $p\geq 0.10$, であった(図 1 参照, 1 は Que2a, 2 は Que2b)がそれぞれ $d=0.20, 0.34$ であり、小さいながら効果量が認められる。

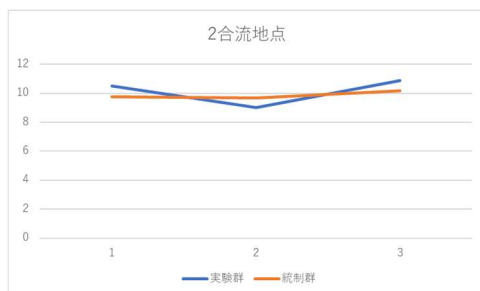


図 1 設問 2 の自己評価に関する推移

1 週間経過した際の Que2c を Que2b に比べると、全ての項目において、群を問わず自己評価が向上した。特に、設問 1「発車時」、2「合流地点」、3「車間距離」においては、実験群の方が有意に大きくなった(項目 1: $p<0.05$, $d=0.73$; 項目 2: $p<0.10$, $d=0.64$; 項目 3: $p<0.10$, $d=0.64$)。よって、初日の学習前後は仮説にやや沿った結果といえるが、1 週間の経過に対しての維持については検証されなかった。また、Que2a と Que2c を比較してみたところ、有意な差ではないが実験時の設問 2 以外で自己評価の向上が見られた。

3.5 認知面の客観評価結果



図 2 DS 画面と視線誘導

図 2 に、DS-330 における実験で用いた一場面とそこでの視線描画の様子を示している。アクセル、ブレーキ、ハンドルの出力グラフをコースの様態に合わせると一瞥で解釈できるようになるが、視線の軌跡データは X 座標系、Y 座標系によっても形状が異なり、個人差も出ることが分かる。個人差が生じた例としては、定期的かつ頻繁にバックミラーを見る者の場合は、Y 方向に特徴的なスパイクが出てくることになり、またカーブ等では、進行方向を重視する者とその反対方向も確認する者として X 方向に特徴として出てくる。

ここで、本実験では、2 コースそれぞれで、2 名の教師データをあらかじめ取得し、それらとの比較をそれぞれ行うこととした。比較時の評価関数としては、動的時間伸縮法(DTW: Dynamic Time Warping)を用いて、同一コースにおける教師データと、学習者としての運転者の観測データとの距離を計測した。DSb を DSa と比較することで、距離が小さくなれば、教師の視線に近づいたとみなす。また、DSc と DSa も比較を

行う。学習状態の維持という意味では、DScをDSbと比較することも考えられるが、本稿では初期状態からの改善が1週間経過しても依然として得られるか、との観点で調べることにした。

データの評価ケースとしては、コース1・2に対し、教師データA・教師データBの組合せ4パターンに対し、DSb-DSa、DSc-DSaの2比較で、8種類の比較を行う。その結果、コース1における1回目から2回目への視線変容における教師データAとの類似性のみが悪化(距離が大きくなった)していたが、他の7ケースでは全て距離が小さくなった結果が得られた(縦方向と横方向とでそれぞれ調べた結果では、16種類中15種類の比較において、実験群の方の平均的な改善がみられている)。Welch検定を行ったところ、コース1における教師Bとの間の2回目と1回目の観測比較(図3参照)および3回目と1回目の間においては、それぞれ $p<0.10$ ($d=0.68$), $p<0.05$ ($d=0.98$)が得られたが、他は有意とまではいえなかった。

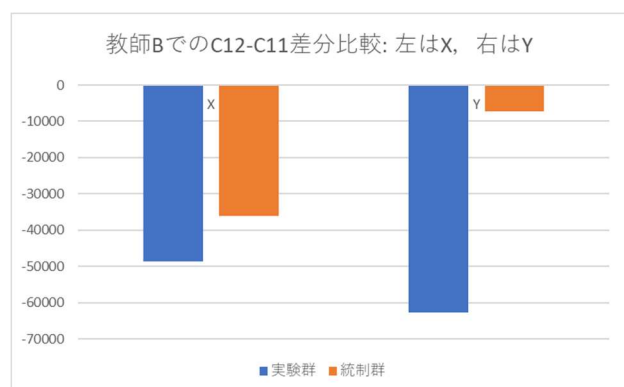


図 3 教師 B に対する初日の学習前後の差分比較

3.6 考察

安全運転に関する自己評価については、同一日の学習前後で、シミュレーション学習を行うことで自己評価が低下したが、テーマとして採択した「一時停止ありの交差点の通過」や「駐停車禁止場所付近にある駐車車両の危険」において、設問 2, 6, 7 が危険を留意する上でのポイントとなっていた可能性がある。

一方、設問 8「駐車車両への配慮」、項目 9「車線変更」は、学習テーマ「駐停車禁止場所付近にある駐車車両の危険」に関与するポイントと考えられるが、自己評価としては低下しなかった。これは、シミュレ

ーション学習中に、被験者は車線変更や駐車車両の危険に対して問題なく対処できたことを示唆していると考えられる。このことは、難易度の想定を初期には少し上げておくといった方向性と、もともと事故原因としての関与の度合いなどを調査しながら調整していくことが必要であろう。

1 週間後の調査では自己評価が概ね向上したが、私生活において車を運転する機会にシミュレーション学習で気づいたことを振り返ることができたなどのコメントが得られている。つまり安全運転行動が初日に助長されたことで、自己の中の基準が相対的に下がった可能性があり、意識の相対的な調査という課題も示唆される。

次に視線データの結果については、顔の位置とスクリーンがほぼ固定的な環境で行えたということと、コース設定が今回比較的直進の割合が大きかったことから、評価関数として DTW を採用して距離を計測した。一方、視線座標での評価というよりも、視線軌跡の形状変化を見た方が正しい場合は、極座標系での DDTW に評価関数を切り替えるなどの工夫が必要な場合もあるものと考えている。今回の結果では、16 ケース中 1 ケースを除き、全て改善傾向にあったことから、視線誘導の有用性が示唆される。

4. おわりに

本稿では、行政処分者講習を前提として、特に同一運転者に対して継続的实施が困難な講習状況を念頭に、動的なコースの難易度に関する簡易化された制御機構と、視線誘導による注視点への着目改善の支援機能を設計し、実システムでの評価を行った。

アンケート結果からは、初日において運転行動に対する気づきを与えることで、運転者の行動の見直しが行われる様子が示唆された。また、後日の結果から、自己評価が全て向上していたが、自身の評価基準の課題や、日々の運転の中での安全意識化のトリガについて継続的な研究が望まれる。また、視線データについては、教師データとの類似性の遷移を調査した結果、統計的な意味ではもう少し被験者を増やした実験を要するが、16 種のうちほとんどのデータにおいて、提案

機能による平均的な改善が見られており、肯定的な評価が可能である。

今後の展開として、上述のように被験者の増加はもとより、その際にも年齢や経験を説明変数に取り込んだ実験の実施や、コース・場面のケースを増やすなどが想定される。また、対象を自動車以外に拡張した場合の変化を調べることも学術的な意味があると考えている。さらに、自己の安全基準の変化要因に関する検討、視線軌跡に関する理論的モデルの検討なども必要であり、今後取り組むべき研究課題は多数あり、継続的な研究が望まれる。

謝辞

本研究実施に際し、研究打合せ時やシステム開発には多数の方にご参加いただいた。ここに謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) 交通事故総合分析センター: “ITARDA INFORMATION”, No.140 (2020) available <https://www.itarda.or.jp/contents/9370/info140.pdf> (last accessed 2022.09.06)
- (2) Deery, H.A.: “Hazard and risk perception among young novice drivers,” *Journal of Safety Research*, Vol.30, No. 4, pp. 225-236 (1999).
- (3) 矢野伸裕: “交通事故を起こした運転者の事故以前の交通違反歴”, 日本心理学会第 73 回大会発表論文集, pp.1336 (2009).
- (4) 鈴木大輔, 菊地史倫, 小池隆治, 片野博行: “鉄道運転シミュレータにおける視線データを用いた振り返り”, 日本人間工学会, 人間工学, Vol.56, Supplement, pp. 2F1-01 (2020).
- (5) Sheridan H. and Reingold E.M.: “Expert vs. novice differences in the detection of relevant information during a chess game: evidence from eye movements,” *Frontiers in Psychology*, vol.5, 6pgs (2014). (DOI=10.3389/fpsyg.2014.00941)
- (6) 齊藤玲, 柏原昭博, 内藤弘望, 松浦健二, 戸井健夫, 栗田弦太: “交通事故の疑似体験を適応的に引き起こすための運転シミュレーションのデザイン”, 教育システム情報学会第 45 回全国大会講演論文集, pp.263-264, (2020).
- (7) 齊藤玲, 柏原昭博, 内藤弘望, 松浦健二, 戸井健夫, 栗田弦太: “運転シミュレータのシナリオ制御モデルの評価”, 教育システム情報学会 2020 年度第 6 回研究会, pp.137-144 (2021).
- (8) 伊藤桃代, 佐藤和人, 伊藤伸一, 福見稔: “ドライバの姿勢変化に着目した安全確認行動の解析”, 日本機械学会第 25 回交通・物流部門大会, No.16-36, 5pgs (2016).
- (9) 内藤弘望, 松浦健二, 柏原昭博, 齊藤玲, 戸井健夫, 栗田弦太: “視線誘導を導入した自動車運転時の気づき支援環境”, 教育システム情報学会 2020 年度第 4 回研究会, Vol.35, No.4, pp.21-26 (2020).
- (10) Takeuchi T., Puntous T., Tuladhar A., Yoshimoto S. and Shirama A.: “Estimation of Mental Effort in Learning Visual Search by Measuring Pupil Response,” *Plos ONE*, Vol.6, No.7, 5pgs (2011). (doi:10.1371/journal.pone.0021973)
- (11) 山元翔, 講元淳, 荻原昭夫: “AR を用いたカーブの運転スキル学習支援システムの設計・開発”, 人工知能学会全国大会論文集第 30 回, 人工知能学会, 4pgs (2016).
- (12) 森島佑騎, 山元翔: “AR を用いたカーブの段階的運転練習支援システムのリフレクション機能の設計・開発”, 人工知能学会研究会, SIG-ALST-B509-12, pp.67-72 (2018).
- (13) Stana, S., Philip, C.: “Toward accurate dynamic time warping in linear time and space,” *Intelligent Data Analysis*, Vol. 11, No. 5, pp. 561-580 (2007).