

も く じ

■開催日時：2022年5月14日（土）

■テーマ：DX時代に向けた学習環境の変革／ヘルスケア分野のDX人材育成／一般

- 1) メンタルローテーション課題における視線移動と脳活動の探索的検討-----1
○近藤竜生(名古屋大学大学院)，岡本尚子(立命館大学)，黒田恭史(京都教育大学)，
田邊宏樹(名古屋大学大学院)
- 2) 振動刺激を用いた学習支援ロボットの安心感動作に対する学習者の意図推定の誘発-----9
○田和辻可昌(早稲田大学)，本野凜太郎(早稲田大学)，松居辰則(早稲田大学)
- 3) テキストと画像を入力とする学習者モデルの構築手法の提案-----17
○長谷川忍(北陸先端科学技術大学院大学)，Wan Hua(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)
- 4) 障害のある学生から見たオンライン授業とニーズ認識の欠如—LMSを改善するための研究②— -----21
○青木千帆子(早稲田大学)，上村碧(早稲田大学)，川崎弥生(早稲田大学)，石川奈保子(早稲田大学)
- 5) 大学教員から見たオンライン授業での困難および障害学生への対応—LMSを改善するための研究③— -----27
○石川奈保子(早稲田大学)，川崎弥生(早稲田大学)，上村碧(早稲田大学)，青木千帆子(早稲田大学)
- 6) オンライン活用による海外連携PBL実践から見えた課題と考察-----35
○澤崎敏文(仁愛女子短期大学)，野本尚美(仁愛女子短期大学)
- 7) 変革に適応するキャリア教育の設計：SELによるストレス対処力の変化 -----40
○田中洋一(仁愛女子短期大学，熊本大学教授システム学研究センター)，多川孝央(九州大学)，
山川修(福井県立大学)，合田美子(熊本大学教授システム学研究センター)
- 8) 人間の力量育成のための導入教育の設計と試行-----44
○村松慶一(早稲田大学)，松居辰則(早稲田大学)
- 9) STEAM教育への適用を意識した情報通信ネットワーク教材の開発 -----49
○向田一成(信州大学大学院)，香山瑞恵(信州大学)，永井孝(ものづくり大学)

メンタルローテーション課題における

視線移動と脳活動の探索的検討

近藤 竜生^{*1}, 岡本 尚子^{*2}, 黒田 恭史^{*3}, 田邊 宏樹^{*1}

^{*1} 名古屋大学情報学研究科, ^{*2} 立命館大学, ^{*3} 京都教育大学

Exploratory Study of Eye Movement and Brain Activity During Mental Rotation Tasks

Tatsuki Kondo^{*1}, Naoko Okamoto^{*2}, Yasufumi Kuroda^{*3}, Hiroki Tanabe^{*1}

^{*1} Graduate School of Informatics, Nagoya University, ^{*2} Ritsumeikan University, ^{*3} Kyoto University of Education

Recently, spatial cognition has been studied using biometric information such as eye movement and brain activity. To elucidate the characteristics of gaze and brain activity in spatial cognition, we conducted an eye-tracking and functional NIRS experiment using mental rotation task in which participants answer the difference between a left and right 3D object with different rotation angles. The results showed that the cognitive characteristics produced by the different rotation axes were expressed in the time required, the percentage of correct answers, and eye movement. In particular, the rotation axes with shorter reaction times and higher percentage of correct answers were associated with more eye movement between the same points on the left and right solids, while the rotation axes with longer reaction times and lower percentage of correct answers were associated with more eye movement between different points. On the other hand, no difference in brain activity was found.

キーワード: メンタルローテーション, 空間認識力, 視線移動, 脳活動, 生体情報

1. はじめに

空間図形の把握は, 児童・生徒にとって理解困難なものの一つである. 児童・生徒は, 図から立体や空間関係がイメージできない, 結果の予想や考えの見通しが立たない, 図がかけない, 持っている知識が使えない等, 多くの困難に出会い, 学年が進むにつれてこれらの傾向は顕著になる⁽¹⁾. よって, 空間図形の単元を指導するにあたり, 空間認知に関する能力を十分に育成する必要がある.

Linn ら⁽²⁾は, 空間認知に関する能力を空間認識力 (spatial perception), メンタルローテーション (mental rotation), 空間視覚化 (spatial visualization) に分類した. メンタルローテーション (以下, MR) 能力とは, 図形を頭の中で操作 (念頭操作) する能力のことであ

り, 空間認知に関する能力の中でも STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 領域と最も関連があることが分かっている⁽³⁾. よって本稿では, 空間認知に関する能力の中でも MR 能力に着目する.

MR 能力を測るために, 回転角度が異なる複合立体を複数個提示し, 指定された立体とそれらの立体の形の異同を答える MR 課題が用いられてきた. MR 課題は, 立体の回転角度の大きさと解答に要する時間の長さが比例関係にあること⁽⁴⁾から, 頭の中で物体を徐々に回転させることで一致するかどうかを確かめていると推察されている.

近年では, MR 課題時の視線移動や脳活動を計測した研究がなされている. これまでの視線の移動順序に着目した研究から, 高得点者は左右の立体を交互に見比べる動きをすることで課題を解いていることが明ら

となっている⁵⁾。また NIRS (near-infrared spectroscopy) を用いて脳活動を分析した研究では、二次元の MR 課題時の低得点者は高得点者に比べて前頭前野の OxyHb 値の減少が有意に少ないことが報告されている⁶⁾。このように MR 課題時の視線移動や脳活動を分析している研究はあるものの、同時計測を行っているものは非常に少ない。同時計測によって両者を関連付けたより精緻な分析が可能になると考えられる。

また、MR 課題の立体の回転においても、回転角度に着目した研究は多く行われているが、回転軸に着目した研究は少ない。三次元の MR 課題においては、立体図形の回転角度と回転軸(回転する方向)によって、立体図形の見え方が変化する。鎌田ら⁷⁾は、回転軸を傾けても課題の反応時間はほぼ同じ結果となり、人間の視覚認知において得手・不得手な合成回転軸は存在しないと結論づけているが、回転角度が同じでも、回転軸によって立体の見え方が異なるため、課題の難易度や解決方法は異なる可能性もある。

以上のことから、本稿では視線移動データと脳活動データの分析を通して MR 能力の特徴を解明することを目的とし、立体の回転軸の異なる MR 課題を用いた視線移動・脳活動同時計測実験を実施することとした。

2. 視線移動・脳活動同時計測実験

2.1 実験概要

実験概要は以下のとおりであった。実験で使用した視線計測装置はサングラス型、脳活動計測装置はハチマキ型であり、軽量かつ拘束性が低いため、自然な学習姿勢に近い状況で計測が可能であった。実験参加者は京都教育大学の研究倫理審査委員会において承認を受けた実験データ取得方法、実験データ活用などについて説明を受け、同意書に署名した後、実験が開始された。

実験期間：2020年10月～2021年1月、6月～7月

実験場所：京都教育大学 実験室

使用装置：視線移動計測は Tobii pro Glasses2 (Tobii AB, Danderyd, Sweden), 脳活動計測は Spectratech OEG-16 (スペクトラテック, 東京)を用いた。

実験参加者：京都教育大学生・大学院生 計 32 名(平

均年齢 21.3±1.7 歳, 男性 11 名, 女性 21 名)

2.2 実験課題

実験課題は、図 1 のように、左右の複合立体の異同を答える MR 課題であった。A3 用紙に印刷した課題を実験参加者に提示し、「同じ」「異なる」のどちらか片方を丸で囲むことで解答させた。左側の立体を基準としたとき、右側の立体は左側の立体を 180° 回転したものであった。ただし、課題の中には、左側の立体の鏡像を 180° 回転したものを右側に表示しているものがあり、この際の答えは「異なる」となる。

どの課題も立体の回転角度は 180° であったが、回転軸が異なっていた。図 2 は、課題に用いた回転軸を表した図である。回転軸は、原点(0,0,0)と、ある 1 点を通る直線とした。ある 1 点は、点(0,0,1), (0,1,0), (0,1,1), (1,0,0), (1,0,1), (1,1,0), (1,1,1)のいずれか一つの点とし、計 7 種類の回転軸を定めた。以降、原点と点(0,0,1)を通る直線でできた回転軸を回転軸(0,0,1)のように、「回転軸 (座標)」で表記する。

図 3 は、実験課題に用いた立体 A~H の 8 種類を表したものである。立体はどれも 10 個の立方体で構成されていた。立体 A はすべての回転軸の課題で用いたが、立体 B~H はある 1 つの回転軸でのみ扱った。

図 4 は実験手順を示したものである。課題は全部で 28 問(課題①~⑧)あり、実験参加者は 1 問ずつ解いていった。また、課題間には 30 秒間のレスト(閉眼安静状態)が取られた。各課題の制限時間は 30 秒で、実験参加者は、実験者の「はじめ」の合図で解答を開始し、解答が終了した時点で「できました」と口頭で解答終了を伝えた。30 秒以内に解答できなかった場合は、実験者が「やめてください」と合図をしてその課題を終了させた。

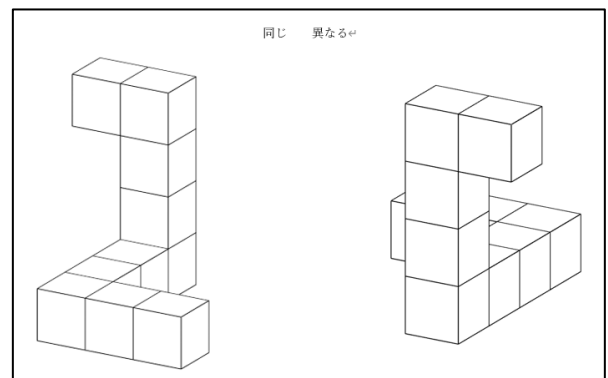


図 1 実験課題例

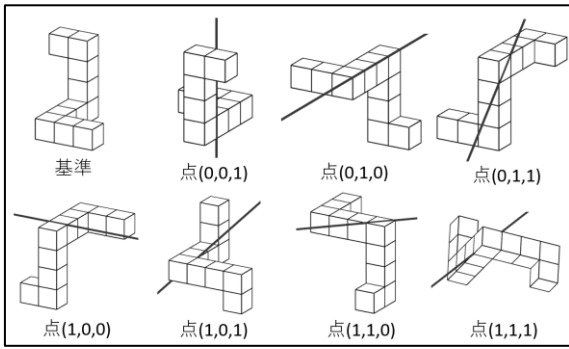


図2 課題で用いた7種類の回転軸

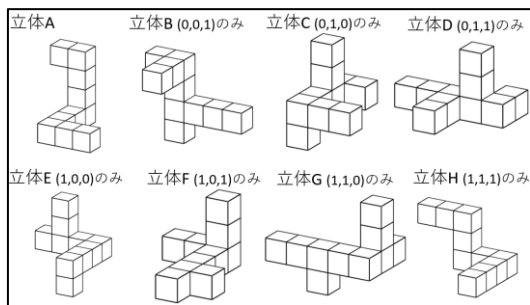


図3 課題で用いた8種類の立体

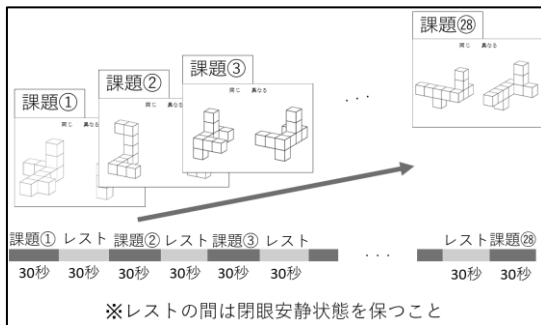


図4 実験の手順

3. 分析方法

3.1 代表値の選び方

課題は全部で28問あるが、各実験参加者が1問目に取り組んだ課題はデータの分析対象から除いた。これは、課題が始まって最初の1問目の脳活動計測値が安定しておらず、分析対象として不適合であると判断したためである。今回の実験では、課題を①から始めた実験参加者、⑩から始めた実験参加者、⑳から始めた実験参加者がいたため、課題①、⑩、⑳は他の課題に比べて分析対象となる問題数が少なくなった。この問題数のばらつきを補正するため、本分析では課題を回転軸ごとに分類して平均値を算出し、それを代表値とした。

図5は、ある実験参加者から各回転軸の所要時間の代表値(平均値)を選出した手順を表したものである。回転軸は全部で7種類あり、1つの回転軸につき課題は4問または3問ある。各課題のデータを回転軸ごとに分類したあと、平均値を算出したものを代表値として扱った。つまり、分析するデータは1名の実験参加者あたり7個となった。所要時間だけでなく、正答率、視線移動データ、脳活動データもすべて同様の方法を用いて代表値を選出し、それらを後に行う統計解析のデータとした。

出題順序	回転軸	所要時間(秒)	各課題の所要時間(秒)				代表値(平均値)
1	(0,0,1)	13.6	1番目は削除				
2	(0,1,0)	18.9					
3	(0,1,1)	30.0					
4	(0,0,1)	17.5	17.5	17.8	22.6	11.6	17.4
5	(0,1,0)	18.9	18.9	9.2	16.5	18.9	15.9
6	(0,1,1)	30.0	30.0	11.8	19.2	10.1	17.8
7	(1,0,0)	11.5	11.5	10.8	12.1	9.8	11.1
8	(1,0,1)	19.0	19.0	25.4	12.2		18.8
...
28	(1,1,0)	30.0	24.2	30.0	24.8	8.5	21.9
	(1,1,1)	13.3	30.0	30.0	18.7		23.0

図5 各回転軸の所要時間の平均値の選出方法

3.2 所要時間と正答率の分析方法

左右の立体の形が「同じ」か「異なる」か正しく判断できた場合を正答とし、正しく判断できていない場合や制限時間内に解答できなかった場合は誤答として正答率を算出した。なお、制限時間内に解答できなかった実験参加者の所要時間は30秒として扱う。各回転軸の制限時間を過ぎた課題の割合は、回転軸(0,0,1)は0.8%、回転軸(0,1,0)は4.7%、回転軸(0,1,1)は7.0%、回転軸(1,0,0)は2.3%、回転軸(1,0,1)は4.7%、回転軸(1,1,0)は5.5%、回転軸(1,1,1)は8.6%、全体で4.8%である。本分析では、制限時間を過ぎた解答の割合は低いと判断し、所要時間が正規分布に従うと判断したため、所要時間は一元配置の分散分析を用いて統計解析を行った。一方で、正答率は離散的な数値となっておりデータの正規性が仮定できないため、フリードマン検定を用いて統計解析を行った。

3.3 視線移動データの分析方法

図6は、Tobii Pro ラボを用いることで得られる視線移動データである。Tobii Pro ラボでは、眼球の速度が100°/s以下のとき、視線がその箇所停留したと判断している。本分析では実験参加者の視線がある位

置で停留した場合、その箇所を注視したと判断した。円の位置は実験参加者の視線の注視箇所、円の中の数字は何番目の注視箇所であることを示している。図6のような視線データを基に、視線の注視箇所がどこからどこへ移動したのかを分類し、集計した。

図7は、視線移動の分類パターンを表している。Lパターンは左の立体内部で視線が移動したパターン、Rパターンは右の立体内部で視線が移動したパターン、Sパターンは左右の立体の対応する同じ箇所間で視線が移動したパターン、Dパターンは左右の立体の異なる箇所間で視線が移動したパターンである。視線移動のパターンを大きく分けると、同一立体内の視線移動(L, Rパターン)と左右の立体間の視線移動(S, Dパターン)の2つに分けることができる。先行研究⁶⁾において、高得点者は左右の立体間の視線移動を上部から下部にかけて行っていることが明らかとなったが、このときの課題は回転軸が鉛直方向のみであり、左右の立体の対応する同じ箇所が同じ高さにあるため、左右の立体の同じ箇所を容易に特定できるものであった。一方、本稿の実験課題は回転軸が7種類存在するため、左右の立体の同じ箇所を容易に特定できない。よって、左右の立体間の視線移動を、左右の立体の同じ箇所間で移動するパターン(Sパターン)と異なる箇所間で移動するパターン(Dパターン)に細分することで、解決方略の特徴の差が表れると考えた。

視線移動データは離散的な数値となっておりデータの正規性が仮定できないため、フリードマン検定やウィルコクソンの符号付順位和検定を用いて統計解析を行った。

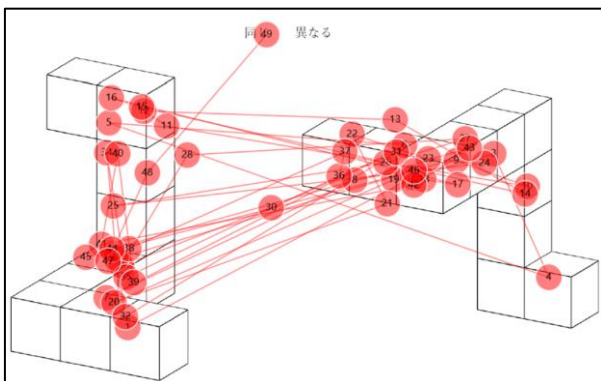


図6 視線移動データ

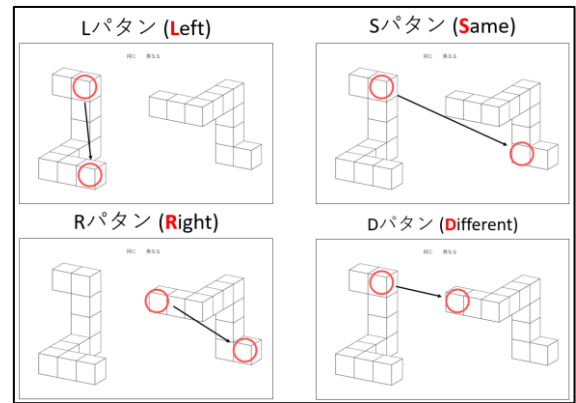


図7 視線移動の分類パターン

3.4 脳活動データの分析方法

Spectratech ORG-16を用い、図8のようにプローブを装着し、ch1~ch16の計16カ所でOxyHb値とDeoxyHb値を計測した。OxyHbとは酸素を含んだヘモグロビンで、DeoxyHbとは酸素を含んでいないヘモグロビンのことであり、その変動は局所の神経活動と関連があることが分かっている。ただし、装着の方法や実験参加者の頭部形状により、特にch1やch16といった端の測定点はうまく計測できない場合がある。そのため本稿では、すべての実験参加者でデータを取得できたch7とch10のデータに絞って分析をおこなうこととした。なお、ch7とch10はそれぞれ右半球、左半球の前頭前野(前頭極付近)の脳活動を強く反映すると考えられる。

脳活動計測で得られたデータは、図9のようにグラフで表示される。赤色の折れ線グラフはOxyHb値を、青色の折れ線グラフはDeoxyHb値をそれぞれ表している。先行研究でOxyHb値に統計的に有意な差が見られたことを報告していたため⁶⁾、それに倣い本稿でもOxyHb値に着目して分析することとした。

また、NIRSの計測対象であるOxyHbとDeoxyHbの生理学的特性から、局所の神経細胞の活動変化からOxyHbとDeoxyHbの局所部位の濃度変化が生じるまでには数秒以上のタイムラグが生じる。よって、脳活動の分析に際して、分析対象とする範囲を課題開始地点から課題終了後15秒までとした。つまり、ある課題が10秒で終わった場合は25秒間、30秒で終わった場合は45秒間の脳活動データを分析対象とした。課題終了後15秒とした理由は、ほとんどの実験参加者で、課題が終了してから15秒後までにはOxyHb値の

上昇が見られなくなり、実験参加者の脳活動が安静時へと戻ったと判断したためである。神経活動時には局所脳血流が上昇し、活動神経近傍の領域では OxyHb 値が増加するため⁽⁸⁾、本稿では、上記分析対象期間内の OxyHb 値の最大値と最大値を示した時間に着目して分析を行った。なお、OxyHb 値の最大値を OxyHb 最大値、最大値を観測した時点の時間を最大賦活時間と呼ぶこととする。OxyHb 最大値も最大賦活時間も、連続的な数値になっており、データが正規分布に従うと判断したため、一元配置の分散分析を用いて統計解析を行った。

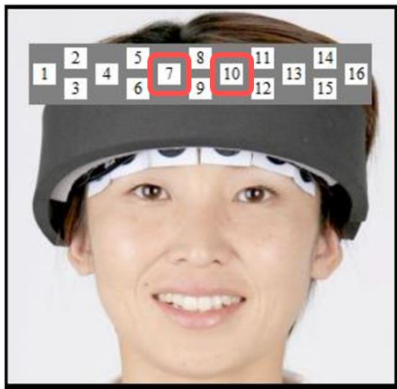


図 8 脳活動の計測チャンネル⁽⁹⁾

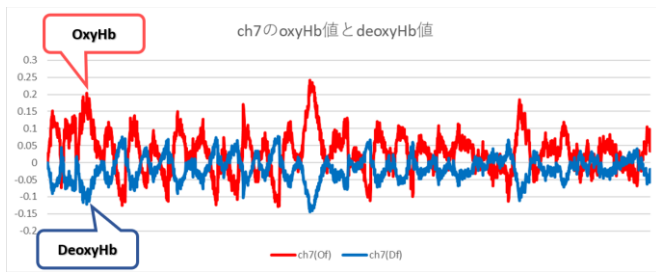


図 9 ch7 の OxyHb と DeoxyHb のグラフ

4. 結果

4.1 所要時間と正答率

表 1 は、課題を回転軸ごとに分類し、それぞれの回転軸の課題の平均所要時間と平均正答率、課題全体の平均所要時間、平均正答率を表したものである。回転軸の違いによって生じる平均所要時間や平均正答率の差を分析する。平均所要時間に対し、回転軸を要因とした一元配置の分散分析を行った結果、統計的に有意差が見られた($F(6,181) = 9.70, p < .001, \eta^2 = .08$)。多重比較を行った結果、回転軸(0,0,1)は回転軸(0,1,0)(0,1,1)(1,1,1)より平均所要時間が有意に短く($ps < .05$)、回転軸(0,1,1)は回転軸(0,0,1)(1,0,0)(1,0,1)

より平均所要時間が有意に長く($ps < .05$)、回転軸(1,1,1)は回転軸(0,0,1)(1,0,0)(1,0,1)(1,1,0)より有意に所要時間が長い($ps < .05$)ことが分かった。平均正答率に対し、回転軸を要因としたフリードマン検定を行った結果、こちらにも有意差が見られた($p < .05$)。多重比較を行った結果、特定の回転軸間では有意差が見られなかった。

表 1 回転軸ごとの平均所要時間と平均正答率 (N=32)

回転軸	平均所要時間	平均正答率
(0,0,1)	15.9 秒	86%
(0,1,0)	18.0 秒	80%
(0,1,1)	19.0 秒	81%
(1,0,0)	16.1 秒	91%
(1,0,1)	17.0 秒	76%
(1,1,0)	17.1 秒	88%
(1,1,1)	19.3 秒	77%
全体平均	17.5 秒	82%

4.2 視線移動データ

図 10 は、回転軸ごとの視線移動パタンの割合を表したグラフである。左から順に L パタン、R パタン、S パタン、D パタン、その他となっている。「その他」のほとんどは、答えを記入する際に「同じ」「異なる」のどちらかに視線が向いているものである。この分析では、L パタンと R パタンを同一立体内の視線移動、S パタンと D パタンを左右の立体間の視線移動とみなす。

回転軸の違いによって生じる各視線移動パターン割合の差を分析する。図 10 の L, R, S, D パタンの視線移動それぞれに対し、回転軸を要因としたフリードマン検定を行った結果、すべての条件において統計的な有意差が見られた(L: $df = 6, p < .01$, R: $df = 6, p < .001$, S: $df = 6, p < .001$, D: $df = 6, p < .05$)。多重比較を行った結果、回転軸(0,1,1)は回転軸(0,0,1)(1,0,0)よりも有意に L パタン割合が高く($ps < .05$)、回転軸(1,1,1)は回転軸(0,0,1)(0,1,0)(0,1,1)(1,0,0)(1,1,0)よりも有意に R パタン割合が高く($ps < .05$)、回転軸(0,1,0)は回転軸(0,0,1)(0,1,1)(1,0,0)(1,1,0)よりも有意に S パタン割合が低く($ps < .05$)、回転軸(1,1,1)は回転軸(0,0,1)(0,1,1)(1,0,0)(1,1,0)よりも有意に S パタン割合が低く($ps < .05$)、回転軸(0,1,0)は回転軸(1,1,0)よりも有意に D パタン割合が高かった($ps < .05$)。

次に、同じ回転軸内で、同一立体内の視線移動と左

右の立体間の視線移動に関して、ウィルコクソンの符号付順位和検定を行ったところ、回転軸(1,1,1)以外の回転軸で有意差が見られた($p < .05$)。また、S パタン割合と D パタン割合の差に関しても同様に検定を行ったところ、回転軸(0,0,1)(1,0,0)(1,1,0)は S パタン割合の方が D パタン割合より有意に高く、回転軸(0,1,0)は S パタン割合の方が D パタン割合より有意に低いことが分かった($p < .05$)。

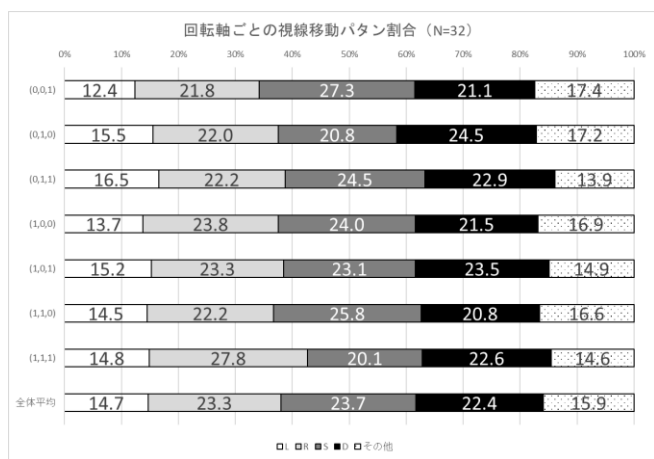


図 10 回転軸ごとの視線移動パターン割合 (N=32)

4.3 脳活動データ

まず、回転軸ごとの OxyHb 最大値について検討した。表 2 は、右前頭前野と左前頭前野の平均 OxyHb 最大値を回転軸ごとに示した表である。回転軸を要因として一元配置の分散分析を行った結果、右前頭前野の平均 OxyHb 最大値は有意傾向にあり ($F(6,181) = 2.06, p < .10, \eta^2 = .02$)、左前頭前野の平均 OxyHb 最大値には有意差が見られなかった ($F(6,181) = 0.97, p = .42, \eta^2 = .02$)。

次に、回転軸ごとの最大賦活時間について検討した。表 3 は、回転軸ごとの平均所要時間と右前頭前野と左前頭前野の平均最大賦活時間を示した表である。回転軸を要因として一元配置分散分析を行った結果、右前頭前野にも左前頭前野にも統計的な有意差は見られなかった (右前頭前野: $F(6,181) = 1.26, p = .28, \eta^2 = .03$, 左前頭前野: $F(6,181) = 1.66, p = .14, \eta^2 = .03$)。

表 2 右前頭前野と左前頭前野の平均 OxyHb 最大値

回転軸	右前頭前野の平均 OxyHb 最大値	左前頭前野の平均 OxyHb 最大値
(0,0,1)	0.0841	0.0808
(0,1,0)	0.1130	0.0772
(0,1,1)	0.1003	0.0787
(1,0,0)	0.0872	0.0617
(1,0,1)	0.1101	0.0795
(1,1,0)	0.1091	0.0861
(1,1,1)	0.1015	0.0807
全体平均	0.1008	0.0778

表 3 右前頭前野と左前頭前野の平均最大賦活時間

回転軸	右前頭前野の平均最大賦活時間	左前頭前野の平均最大賦活時間
(0,0,1)	15.6 秒	16.7 秒
(0,1,0)	16.3 秒	17.7 秒
(0,1,1)	16.1 秒	17.7 秒
(1,0,0)	15.8 秒	15.1 秒
(1,0,1)	15.3 秒	16.0 秒
(1,1,0)	17.9 秒	17.8 秒
(1,1,1)	18.6 秒	19.1 秒
全体平均	16.5 秒	17.1 秒

5. 考察

5.1 所要時間と正答率について

平均所要時間と平均正答率に関して、回転軸によって有意差が見られたことから、回転軸の違いによって生じる認知プロセスの差が、平均所要時間や平均正答率に表れることが示された。さらに、回転軸(1,0,1)を除く 7 個中 6 個の回転軸においては、平均所要時間が全体平均よりも短い回転軸は正答率が全体平均よりも高く、平均所要時間が全体平均よりも長い回転軸は正答率が全体平均よりも高かったことから、平均所要時間の特徴と平均正答率の特徴は相関が高いと考えられた。平均所要時間と平均正答率の関係から、回転軸(0,0,1)(1,0,0)(1,1,0)は難易度が低く、回転軸(0,1,0)(0,1,1)(1,1,1)は難易度が高いと考えられる。中でも、平均所要時間について多重比較を行った結果より、回転軸(0,0,1)は回転軸(0,1,0)(0,1,1)(1,1,1)よりも平均所要時間が有意に短いことから、回転軸(0,0,1)は

特に難易度が低いと推察される。同様に、回転軸(0,1,1)は回転軸(0,1,0)(1,0,0)(1,0,1)よりも平均所要時間が有意に長く、回転軸(1,1,1)は回転軸(0,0,1)(1,0,0)(1,0,1)(1,1,0)よりも平均所要時間が有意に長いことから、回転軸(0,1,1)(1,1,1)は特に難易度が高いと推察される。

5.2 視線移動データについて

本稿で分類した図7の視線移動パターンに関して、L, R, S, D パターン割合のすべてで条件間に有意差が見られたことから、回転軸の違いによって生じる認知プロセスの差が、視線移動パターン割合の特徴としても表れたと考えることができる。

椎名ら⁶⁾は、高得点者は左右の立体間の視線移動を行い、課題を解いていることを報告している。本稿でも回転軸(1,1,1)以外は、同一立体内の視線移動(L, R パターン)割合よりも左右の立体間の視線移動(S, D パターン)割合の方が有意に高かったことから、左右の立体間の視線移動が課題を解くうえで重要であることが示唆された。

左右の立体間の視線移動であるSパターンとDパターンに着目すると、回転軸(0,0,1)(1,0,0)(1,1,0)はSパターン割合の方がDパターン割合より有意に高く、平均所要時間は全体平均より短く、平均正答率は全体平均より高かった。また回転軸(0,1,0)はSパターン割合の方がDパターン割合より有意に低く、平均所要時間は全体平均より長く、平均正答率は全体平均より低かった。また統計的な有意差は見られなかったものの、同様の傾向が回転軸(1,0,1)(1,1,1)でも見られた。このことから、回転軸の違いによって生じるSパターン割合とDパターン割合の大小関係の特徴が、平均所要時間や平均正答率に反映していると考えられた。さらに、難易度が低いと想定される回転軸(0,0,1)(1,0,0)(1,1,0)はSパターン割合が高く、難易度が高いと想定される回転軸(0,1,0)(1,0,1)(1,1,1)はDパターン割合が高かったことから、左右の立体の同じ箇所間の視線移動が課題を早く正確に解くうえで重要である可能性が高い。

また難易度が高いと想定される回転軸(1,1,1)は、回転軸(0,0,1)(0,1,0)(0,1,1)(1,0,0)(1,1,0)よりRパターン割合が有意に高く、回転軸(0,0,1)(0,1,1)(1,0,0)(1,1,0)よりSパターン割合が有意に低いことから、左右の立体の

同じ箇所を見つけることができず、右側の立体の形状把握に手間取ってしまったことが推察される。

5.3 脳活動データについて

右前頭前野の平均OxyHb最大値は有意傾向にあったものの、OxyHb最大値、最大賦活時間ともに回転軸の違いによる統計的な有意差を見いだせなかったことから、回転軸の違いによって生じる特徴は、前頭前野の脳活動の特徴として表れない可能性が考えられる。本稿の結果は、前頭前野でOxyHb値に特徴が見られたとするDandanら⁶⁾の結果と一致しないが、その原因の一つとして両者の実験で用いたMR課題の違いが挙げられる。Dandanら⁶⁾のMR課題は二次元平面上のイラストを回転させたものをMR課題として扱っており、回転角度の違いによってのみ難易度に差が生じるため元々の難易度が低いのに対し、本実験で扱った三次元のMR課題は、回転角度は180°で固定されており、回転軸の違いによってのみ難易度に差が生じるため元々の課題の難易度が高いと推察される。よってDandanら⁶⁾のMR課題は回転角度の違いによって生じる難易度の差が表れやすいため脳活動の特徴としても差がみられたが、本実験で扱った三次元のMR課題では、元々の難易度が高かったため、難易度の差が生じにくく、脳活動の特徴としても差が見いだせなかったことが考えられる。

6. まとめ

本稿では、MR能力の特徴を解明することを目的に、視線移動・脳活動同時計測実験を実施した。課題を回転軸ごとに分類し、視線移動と前頭前野の脳活動を分析した結果をまとめると、次のようになる。

- (1) 回転軸の違いによって生じる認知と問題解決プロセスの差を、平均所要時間や平均正答率、視線移動の特徴として捉えることができたが、前頭前野の脳活動では捉えることができなかった。
- (2) Sパターン割合とDパターン割合に着目すると、Sパターン割合の方が高い回転軸は所要時間が短く正答率が高く、Dパターン割合の方が高い回転軸は所要時間が長く正答率が低い傾向にあった。
- (3) 視線移動の分析より、MR課題を解決する上では左右の立体間の視線移動が重要であり、中でも左右の

立体の同じ箇所間の視線移動が重要である。

通常は神経活動に伴い OxyHb 値が増加する⁽⁸⁾が、Dandan ら⁽⁶⁾は MR 課題の点数が高い実験参加者の前頭前野で OxyHb 値が有意に減少したとしている。よって今後は OxyHb 値が減少した箇所にも着目して分析を行う。また、正答・誤答によって生じる特徴を分析し、MR 能力のより精緻な特徴の解明を行っていきたい。

<https://www.spectratech.co.jp/download/OEG16SummaryInstructionManualSoftwareV1.1.pdf> (2022年4月11日確認)

参 考 文 献

- (1) 狭間節子: “空間思考の育成の視座からの図形・空間カリキュラム開発研究構想”, 大阪教育大学, 教科教育学論集, Vol.3, pp.67-70 (2003)
- (2) Linn, Marcia C., and Ann C. Peterson: ”Emergence and Characterization of Sex Difference in Spatial Ability: A Meta-Analysis.”, *Child Development* 56, no.6, pp.1479-1498 (1985)
- (3) Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S.: ”The Malleability of Spatial Skills: A Meta-Analysis of Training Studies.”, *Psychological Bulletin*. Advance online publication, pp.1-51 (2012)
- (4) Shepard RN, Metzler J: “Mental rotation of three-dimensional objects” , *Science* 171, pp.701-703 (1971).
- (5) 椎名久美子, 斎藤孝明, 鈴木賢次郎: “アイカメラによる MRT 問題解決過程の解析(2)—Shepard-Metzler 課題の解決過程—”, *図学研究* 29 卷 Supplement 号, pp.131-136 (1995)
- (6) Dandan wu, Jinfeng Yang, Sha Xie, Jiutong Luo, Chunqi Chang, Hui Li: “An fNIRS examination of the neural correlates of mental rotation in preschoolers”, *Human Behavioral and Brain* , vol.1(2), pp.37-42 (2020)
- (7) 鎌田光宣, 杉浦彰彦: “合成回転軸の変化とメンタルローテーション関数の関係”, *映像情報メディア学会誌*, Vol.53, No.9, pp.1325-1327 (1999)
- (8) Fox PT, Raichle ME. : “Focal physiological uncoupling of cerebral blood flow and oxidative metabolism during somatosensory stimulation in human subjects”. *Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America*, Vol.83, No.4, pp.1140-1144 (1986)
- (9) Spectratech Inc. Spectratech OEG-16 概要説明書 ソフトウェア編

振動刺激を用いた学習支援ロボットの安心感動作に対する 学習者の意図推定の誘発

田和辻可昌^{*1}, 本野凜太郎^{*1}, 松居辰則^{*1}

^{*1} 早稲田大学

The Effect of Vibrotactile Information on Learner's Attitude to Estimate Robot's Intentions

TAWATSUJI Yoshimasa^{*1}, MOTONO Rintaro^{*1}, MATSUI Tatsunori^{*1}

^{*1} Waseda University

In order to induce a sense of *anshin* by a learning support robot, it is necessary for the learner to actively interpret “the intention” of the robot (e.g. “this robot must help me to correct the answer”). In this study, we hypothesized that the use of vibrotactile information would facilitate the learner's active interpretation of the robot's intentions for the actions. Experimental results showed that the ability to read intentions from robot actions was differently affected according to patterns of vibrotactile information and robot actions. This effect was found to be that pleasant vibration tended to promote the reading of intentions, while unpleasant vibration tended to suppress.

キーワード: 学習支援ロボット, 安心感, 振動

1. はじめに

近年, 教育学習支援研究におけるロボットの役割が期待されている⁽¹⁾. 以降, 本研究ではこのようなロボットを学習支援ロボット (特に誤解の恐れがない場合は単にロボット) と呼ぶ. 学習支援ロボットには多様な役割 (“Tutor or teacher”, “Peer”, “Novice”) が期待されており⁽²⁾, 様々な場面に応じて適切に役割を与える設計ないし制御が求められる. 一方で, 我々は学習支援ロボットも IMS (Intelligent Mentoring System) ⁽³⁾のインターフェースとして重要であると考えている. “Mentor” (ただし, Tutor or teacher と共通の役割を担うことが多い) として利用する場合を考えたときは, ロボットが表出する動作からロボットの「意図」が適切に学習者に伝達する必要がある. しかし, 一般的にロボットの動作可動域や呈示可能な表現は人間とは異なるため, 人間と同様な意図の表示をロボットで行うことは容易ではなく, ときに設計者の意図しない解釈を成されることもしばしば存在する. 例

えば, 「やったね, 一緒に頑張ろう」という意図でロボットに動作をさせるときにハイタッチ動作を生成したとしても, 学習者にとっては「何か質問でもあるのだろうか」とか, 場合によっては「手を挙げて何をしているのだろうか」といった風に読み取られかねない. このように「意図の誤帰属」を避けることは重要な課題であるが, そのためにこれまでは発話による意図の明示が一般的であった.

ところが, 発話による意図の明示は必ずしも有効であるとは言えない. Chen らによれば, 看護ロボットの愛情的な意図の言語的伝達に基づく接触は, 道具的な意図の言語的伝達に基づく接触と比較するとネガティブ, 言い換えると継続的な接触に対して否定的であることが実験的に確認されている⁽⁴⁾. この研究の示唆することは, 明示的な意図の伝達はその意図が「真正な」ものであるかを評価する機構を誘発し, その受容を一旦忌避させる可能性がある点である (特に, 発現された意図が好意的な内容であればあるほどこの効果は顕著であると考えられる). このことは恐らく学習支援ロ

ロボットにおいても同様に発生すると考えられ、特に人間同士のやり取りを考えてみれば、信頼関係が構築されていないコミュニケーション初期の状況で起こりうることは想像に難くない。したがって、いかに言語情報に頼らず、学習者にとってその意図が適切に伝達できるかを検討することは重要な課題である。

本研究では発話による意図の伝達を行わない方法として、非言語情報である振動に着目する。触覚情報は多様な意図を伝達する⁽⁵⁾と考えられており、学習文脈における意図もまた表現可能であると考えられる。さらに、振動は直接ロボットが学習者に触れることによって受容されるその他の触覚情報と異なり、学習支援ロボット自体の開発とは独立して開発できる有用性がある。そこで、振動が意図伝達において有効であるかを確かめるためには、学習支援ロボットの意図伝達における振動の役割を明らかにする必要がある。以上から、本研究では学習支援ロボットの意図伝達において、振動によってロボットの動作意図の読み取りがどのような影響を受けるかを明らかにすることを目的とする。

本稿の構成は以下のとおりである。まず、第2章では関連研究を示し、この研究の位置づけを明確にする。第3章では、用いる振動刺激の心理学的特性の検証を行う。続く第4章では学習支援ロボットの動作に対する学習者の意図推定が振動によってどのような影響を受けるか、実験によって明らかにする。またこの影響が、ロボット動作に対して抱く安心感と関連があるかについて調査をする。本研究の貢献は、学習支援ロボットに快振動(あるいは不快振動)を付与することで、学習者の意図推定を誘発(あるいは抑制)する可能性を示唆したことである。

2. 関連研究

2.1 ロボットに対する意図推定

教育学習ドメインに限らず、ロボットに対する意図推定は Human-Agent Interaction (HAI) 分野において重要な課題である⁽⁶⁾。特に、Dennett が提案した三つのスタンス⁽⁷⁾は、HAI 研究の中で重要視されている。Dennett のスタンスとは、(HAI 分野においては) ロボットを含むエージェントの振る舞い動作に対する観察者の心的姿勢あり、(i)物理スタンス：動作主体の物

理的組成、物理的性質、物理法則に基づいて振舞いを予測、(ii)設計スタンス：動作主体がある設計意図のもとで作られており、その設計意図に基づいて振る舞いを予測、(iii)意図スタンス：動作主体が意図、信念、願望などに基づいて合理的に生成されている前提のもとで、振舞いの起源を心的状態に帰属したうえで振る舞いを予測、の三つからなる⁽⁷⁾⁽⁸⁾。学習支援ロボットが Mentor として機能するためには、学習者がそのロボットがそのように設計されている (i.e. 設計スタンス) と解釈するよりは、むしろその背後にある意図や信念 (e.g. 「学習者の学習を支援したい」) を認め、そこからその動作・振る舞いが解釈される (i.e. 意図スタンス) 必要がある。このような意図や信念に関わる内部状態を人間に伝達可能であるかは、例えばビープ音⁽⁹⁾や LED 明滅⁽¹⁰⁾では検討されているが、振動におけるその伝達可能性やスタンスに対する影響は HAI 分野においても著者らの知る範囲では明らかにされていない。

2.2 ロボットからの安心感の誘発

ロボットから意図・信念を感じ取り、肯定的に解釈 (e.g. 「ロボットは自分の学習を支援してくれている」) することができる学習支援ロボットの下での学習は、学習者から安心感を誘発することが期待される。ロボットに対する安心感は近年特に注目されており、日本を中心に様々な研究が進められている⁽¹¹⁾。一方で、学習支援ロボットと安心感に関する研究はまだまだ取り組みが少なく⁽¹²⁾、今後 Mentor としての役割をもつ学習支援ロボットを考える上では重要なテーマである。

3. 実験 1：振動刺激の心理学的特性

本章では本研究で用いる振動刺激の心理学的特性に関する実験的について述べる。

3.1 目的

以降の実験で学習支援ロボット動作と併せて呈示する振動刺激単体をもつ心理学的特性について明らかにする。ただし、本研究では振動に関する物理的パラメータと振動から認知される印象との間の心理学的に詳細な関係に関心があるわけではない。むしろ、用いる振動と心理学的特性との間の大域的な関係を把握することを目的とする。

3.2 振動刺激

心拍振動をもとに作成した4種類の振動刺激を作成した。心拍振動は20代男性の平常時の心拍(76bpm)を、聴診器(FOCAL スーパースコープ)にマイク(SONY: ECM-CS3)を当て録音した。録音機には、OLYMPUS リニア PCM レコーダーLS-11を使用した。録音機より得られた音は Audacity を用いて、ヒスノイズの除去、4.079dBの増幅を行った。さらにテンポを変更することで、再生速度-20%、0%(変化なし)、25%、150%のものを作成した。これらの再生速度については、-20%の心拍は鎮静効果⁽¹³⁾が、25%、150%の心拍鼓動音から生成した振動はそれぞれ幸福、怒りの印象を与えること⁽¹⁴⁾が示唆されており、多様な心的影響を調査する目的で採用した。

振動刺激は、先行研究⁽¹⁴⁾で採用された音声から振動を生成する振動生成装置を用いて、各振動子から実験参加者に提示した。図1に本実験で用いた振動生成装置と振動子を示す。以降、この装置によって生成された-20%、0%、25%、150%の音声に基づく振動刺激を、それぞれ振動A、振動B、振動C、振動Dと呼ぶ。



図1 実験で用いた振動生成装置と振動子。

3.3 印象評定尺度

各振動刺激に対して心理学的特性を評価するための印象評定語を表1に示す。これらの印象評定語として採用された形容詞対は、後にロボット動作による印象を踏まえ、振動特有の評定項目にならないように配慮して作成された。具体的には、対エージェント(人間/ロボット)とのコミュニケーションや動作、触覚刺

表2 実験で用いた印象評定語(49形容詞対)。

あたたかい—つめたい	近づきやすい—近付き難い
親しみやすい—親しみにくい	賑やか—寂しい
明るい—暗い	人間的な—機械的な
好きな—嫌いな	派手な—地味な
軽い—重い	能動的—受動的
賢い—愚かな	活発な—鈍い
気が利く—気が利かない	おもしろい—つまらない
敏感な—鈍感な	複雑な—単純な
幸せ—不幸	小さい—おおきい
安全な—危険な	快—不快
かわいい—醜い	思いやりのある—わがままな
穏やかな—動揺している	速い—遅い
誠実な—不誠実な	たくましい—弱々しい
強い—弱い	やさしい—こわい
感じの良い—感じの悪い	安心な—不安な
注意深い—不注意な	静かな—騒々しい
積極的な—消極的な	自然な—不自然な
人工的な—生物的な	無関心な—反応のある
無知な—物知りな	わかりやすい—わかりにくい
興味深い—退屈な	カッコ良い—カッコ悪い
粗い—細かい	規則正しい—不規則な
さわやか—うっとうしい	リラックスした—緊張した
落ち着いた—怒った	無防備な—警戒した
迫力がある—物足りない	躍動感がある—躍動感がない
印象深い—印象が薄い	

激に対して用いられている形容詞対を網羅的に調査^{(14)~(19)}・抽出し、それらの意味的類似性が認められるものは採用されている表現のうち最も多いもので単一化し作成した。各形容詞対に関して7段階のリッカート尺度(1は各評定項目の左側の形容詞対(e.g.あたたかい)に対して「強くそう思う」)で回答を求めた。

3.4 実験参加者と実験手続き

実験には早稲田大学学部生30名が参加した。実験ではまず質問紙による属性の回答およびパルスオキシメータによる実験参加者の心拍を計測した。次に、実験参加者に振動子を握ってもらい、各振動をランダムで5秒間3回提示した。これは49の形容詞対に対す

る評価のうち後半の評定項目では振動の印象が薄れている可能性を加味したためであり、1回目の提示で17対、2回目の提示で16対、続く3回目の提示で残りの16対の形容詞対について評価してもらった。すべての振動刺激の回答が終了したのち、再度パルスオキシメータを用いて実験参加者の心拍を計測した。

3.5 結果

振動に関する評定項目の評価値から振動間での相関があるかを検討した。図3(左)に各振動間の評定項目の相関行列をヒートマップで表したものを示す。色が濃いほど負の相関があり、色が白に近いほど正の相関があることを示している。

振動Aと振動B($r = .68$), 振動Cと振動D($r = .60$)にやや強い正の相関が、振動Aと振動D($r = -.28$), 振動Bと振動D($r = -.20$)の間に中程度の負の相関があることが認められた。このことから、振動刺激は印象語が表す心理空間において大きくA/B, C/Dの組に分かれることが示唆される。そこで、各刺激を最も広く説明する軸を得る目的で、各刺激に関する評定点がある軸に射影した際に得られる点の分散が最大になるものを求めた。これは主成分分析の第一主成分を得ることに等価である。第一主成分の主成分得点を表したグラフを図3(右)に示す。このことから、主成分得点が負のグループ(振動Aと振動B)と正のグループ(振動Cと振動D)に大きく分かれることが示唆された。また、主成分得点を第一主成分で寄与率0.66(第二主成分の寄与率は0.20)であり、第一主成分でデータの多くを説明していることが分かった。そこで、二つのグループA/B群, C/D群がどのような心理学的特徴を持つかを検討した。

各群の評定項目に関する合成変量を作成し、それら

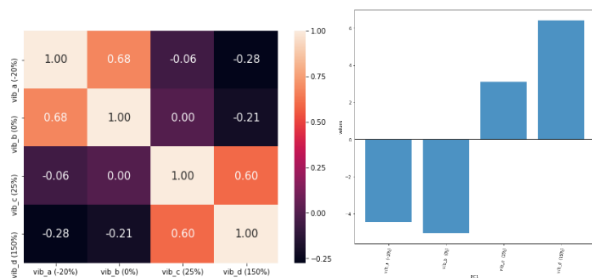


図3 各振動の相関行列と第一主成分の主成分得点。

の値と主成分ベクトルの値を比較した。具体的には、それぞれの振動 $\lambda \in \{A, B, C, D\}$ の評定項目*i*に対する実験参加者*j*の評定値を x_{ij}^λ とすると、A/B群, C/D群のそれぞれの合成変量を

$$z_{ij}^0 = \frac{1}{2}(x_{ij}^A + x_{ij}^B)$$

$$z_{ij}^1 = \frac{1}{2}(x_{ij}^C + x_{ij}^D)$$

でそれぞれ定義した。これらの実験参加者間での平均値と第一主成分の固有ベクトル(負荷量)の絶対値と符号はそれぞれ、絶対値が大きくなるほど各平均合成変量間の差が大きくなり、負荷量の符号はいずれの平均合成変量が大きいかと対応している(図4)。たとえば、正に値が大きい「近づきやすい—近付き難い」の項目では、平均合成変量について $\bar{z}_2^1 > \bar{z}_2^0$ (\bar{x} は算術平均を表す)が成り立ち、その値の差は大きくなる。今、負荷量の絶対値が0.15を大きくするものに各合成変量の差を説明するだけの説明力がある項目であり、さらに評定の中央値(=4)に関して $\bar{z}_i^0 < 4$ かつ $\bar{z}_i^1 > 4$, あるいは $\bar{z}_i^0 > 4$ かつ $\bar{z}_i^1 < 4$ となる評定項目*i*を抽出

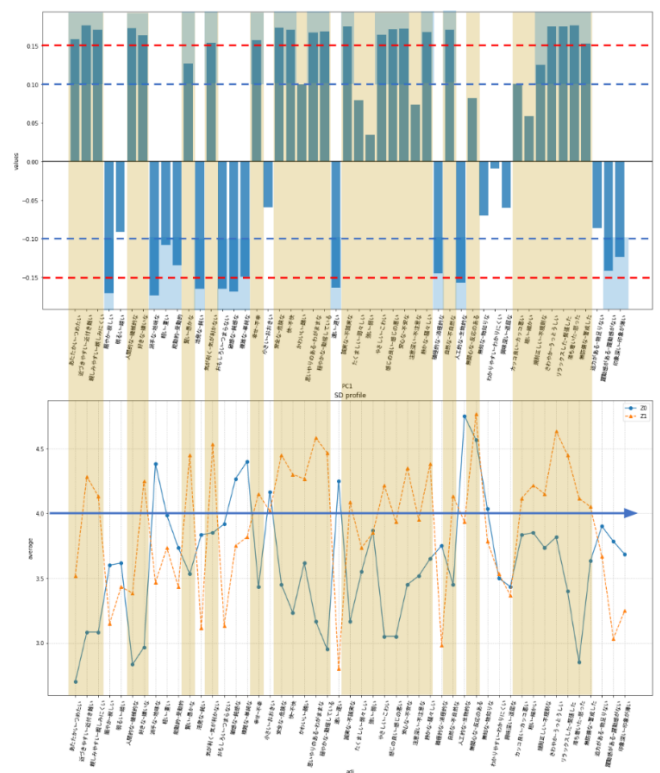


図4 (上) 主成分固有ベクトルの値。点線は絶対値が1.0, 1.5の個所でそれぞれ引いている。(下) 合成変量の各評定項目に関する値。実線矢印は評定項目の中央値である4(どちらでもない)に引いている。

表 2 振動刺激の各群の差を説明する形容詞対

プラスに寄与する項目 ($\bar{z}_i^0 < 4$ かつ $\bar{z}_i^1 > 4$)	
近づきやすい—近付き難い	親しみやすい—親しみにくい
好きな—嫌いな	幸せ—不幸
安全な—危険な	快—不快
思いやりのある—わがままな	穏やかな—動揺している
誠実な—不誠実な	やさしい—こわい
安心な—不安な	静かな—自然な
さわやかな—うっとうしい	リラックスした—緊張した
落ち着いた—怒った	無防備な—警戒した
マイナスに寄与する項目 ($\bar{z}_i^0 > 4$ かつ $\bar{z}_i^1 < 4$)	
派手な—地味な	敏感な—鈍感な
速い—遅い	人工的な—生物的な

すると、それぞれ表 2 の形容詞対が得られた。このことから、A/B 群は C/D 群と比較すると「近づきやすい」「親しみやすい」「好きな」「幸せ」「安全な」「快」「思いやりのある」「穏やかな」「誠実な」「やさしい」「安心な」「静かな」「さわやかな」「リラックスした」「落ち着いた」「無防備な」といった印象を感じさせる一方で、「地味な」「鈍感な」「遅い」「生物的な」といった印象を感じさせる振動群であることが分かった。

3.6 考察

振動 A/B 群に対する感情価 (Emotional Valence) は振動 C/D 群の感情価と比較すると、Positive valence を有する振動であることが分かる。振動 A/B 群はそれぞれ速度が安静時の心拍とそれを 20%遅くした心拍の音声情報から生成されており、この意味でも周波数成分としては C/D 群と比べても低空間周波数成分が多い。Hasegawa らによれば、振動の物理的特性においてエンベロープ (包絡線周波数) は Arousal について Positive に、Comfort (Preference や familiarity) について個々人には依存するものの Negative に寄与することが示唆されている⁽²⁰⁾。各振動刺激の違いは振動元の音声情報の速度を速めることに起因しており、これらはエンベロープの違いと対応しているため、A/B 群は Positive に評価されていると考えられる。また、Zheng らは、4 つの感情 (Joy, Anger, Sad, Relaxation) を表現する振動を実験参加者にそれぞれ

生成させ、それらを生成者本人あるいは他者が適切な感情カテゴリに帰属させることができるかという実験を行っている⁽²¹⁾。帰属がされやすかった Joy や Anger を表す振動は、一定のリズムを有している一方で、その周期幅の大きさに違いが見られた。Joy は比較的周期幅が小さいことから、本 A/B 群と同様の様相を有しており、本 A/B 群も Positive に評価されているものだと考えられる。以上から、振動 A/B は快振動、振動 C/D は不快振動をそれぞれ表していると言える。

4. 実験 2&3

本章では前章で作成した振動刺激を学習支援ロボットの動作と併せて呈示することで、ロボットの意図推定 (実験 2) および安心感構造 (実験 3) にどのような影響を与えるかを検証した。それぞれ採用した評価項目が異なるのみであるため、併せて本章で報告する。

4.1 実験目的

学習支援ロボットと学習するという環境において、ロボットの動作と振動を組み合わせることで、ロボットの意図推定および安心感構造にどのような影響を与えるかを明らかにする。

4.2 実験刺激：ロボット動作と振動刺激

実験ではロボットとして NAO (Softbank Robotics) を用いた。NAO は多くの学習支援研究で用いられており⁽²²⁾、自由度の高い手足を用いた動作を設計可能であり、本研究の目的に合致する。NAO の身体動作としては、安心できる動作である「ハイタッチ」「うなずき」「中腰」⁽²²⁾の 3 種を採用した。

振動刺激は実験 1 で作成した 4 つの振動を用いた。このことから、振動刺激に関する条件 5 種 (振動なし (N), A, B, C, D) と動作条件 3 種の計 15 パターンの実験刺激を採用した。

4.3 評価尺度：意図推定項目および安心感構造尺度

ロボット動作に対する評価尺度として、意図推定 (実験 2)、安心感構造尺度 (実験 3) をそれぞれ用いた。意図推定項目は、Dennett のスタンスに基づき、それぞれ出来る限り物理スタンス、設計スタンス、意図スタンスに基づく解釈になるように設定した (表 3)。

表 3 意図推定項目

動作	スタンス	項目
ハイタッチ	物理	腕が上がっている
	設計	ばんざいしている
	意図	あなたを褒めようとしている
		祈りをささげている
うなずき	物理	首が縦に動いている
	設計	うなずいている
	意図	強く確信している
		同意を示している
		理解を示している
中腰	物理	腰を曲げている
	設計	中腰の姿勢をとっている
	意図	親身な態度を示している
		礼儀正しさを表現している
		一緒に頑張ろうと伝えている

また、安心感構造尺度は、Kamide らによって提案された尺度であり、5 つの大項目（直接的安心感、親近感、信頼感、無害感、見守られ感）とそれぞれ 5 つの小項目からなる計 25 の尺度である⁽²²⁾⁽²³⁾。意図推定項目および安心感評定尺度それぞれ、7 段階のリッカート尺度で、「1.非常に同意できない」から「7.非常に同意できる」で評価を求めた。

4.4 実験参加者と実験手続き

実験 2、実験 3 とともに早稲田大学学生 10 名が参加した。まず、学習環境の設定を行うことを目的に「あなたは、自室でオンデマンドコンテンツで学習しています。その際に、ロボットがあなたの学習を支援してくれます。」と口頭で伝えた。この上で、実験参加者に 1 パターンの刺激を提示間隔を空けずに連続で 2 回呈示し、実験参加者に意図推定項目（安心感尺度）の回答を求めた。回答が終わると次の刺激パターンを呈示した。なお、呈示する刺激パターンは振動なし条件の動作 3 種を先に呈示し、その後振動あり条件の動作 12 パターンを呈示した。

4.5 実験結果

4.5.1 意図推定項目

振動なしを基準として、各振動における動作に対する意図推定項目に対する評価値の変化量を求めたところ、意図スタンスに関わる項目が影響を受けており、物理スタンス・設計スタンスに関する項目はほとんど影響を受けていないことが分かった。図 5 にうなずき動作を一例として示す。図は大きく左から N 条件における項目評定値と振動 A,B,C,D における項目評定値との変化量を表し、それぞれの区画の棒は左から物理、設計、意図スタンス各 3 種の項目における評価値の変化量を表す。定性的に評価の変化量が大きいものとして、変化量が 0.5 以上認められるものを抽出した結果を表 4 に示す。表の文字の赤色で示した項目は、基準となる振動なしに対して負の方向、すなわち評定値が減少した項目であり、青色で示した項目は正の方向、すなわち評定値が増加した項目である。

評定項目において振動条件間（N, A, B, C, D）で平均値に差があるかを確かめるために分散分析を行った。この結果、うなずき動作における項目「同意を示している」において有意水準 5%で仮説の棄却 ($p < .05$) が認められ、中腰動作における項目「中腰の姿勢をとっている」、項目「一緒に頑張ろうとしている」および項目「礼儀正しさを表現している」で有意傾向 ($p < .1$) が認められた。一方、上記項目において Tukey の多重比較を行ったが、いずれの組み合わせにおいても平均値に差は認められなかった。

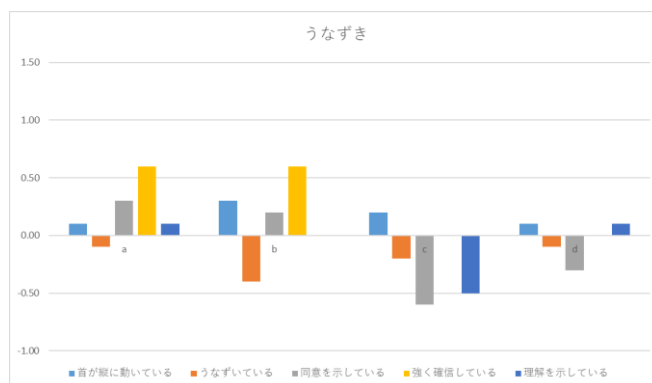


図 5 振動なしを規準とした各振動におけるうなずき動作に対する項目評定値の変化量。

4.5.1 安心感構造尺度

紙面の都合上、安心感構造尺度のうち振動付与によって意図推定項目に影響が認められたうなずき動作と

表 4 振動の付与によって振動なし条件よりも値が定性的に増加（青）・減少（赤）した項目。

	動作		
	ハイタッチ	うなずき	中腰
振動刺激A (-20%)		強く確信している（意図）	一緒に頑張ろうと伝えている（意図）
振動刺激B (0%)	祈りをささげている（意図）	強く確信している（意図）	一緒に頑張ろうと伝えている（意図）
振動刺激C (25%)		同意を示している（意図）	中腰の姿勢をとっている（設計） 礼儀正しさを表現している（意図）
振動刺激D (150%)	あなたを褒めようとしている（意図） 祈りをささげている（意図）		親身な態度を示している（意図） 礼儀正しさを表現している（意図）

中腰動作に関する結果を述べる．図 6 に，振動なし条件を基準とした振動条件での安心感構造尺度の得点の変化量を示す．なお，図で記されている「安心感」はすべての安心感構造尺度の平均値で定義している．

うなずき動作でも中腰動作でも振動を生成する音声情報の速さが速くなるにつれ，安心感の値が振動なし条件と比較して減少する傾向がある．うなずき動作では，振動 A 条件において振動なし条件からの変化量が 0 であることが分かる．また，振動 C/D 群の付与では安心感構造尺度に関する評価のうち，直接的安心感，親近感，信頼感が大きく減少している．これに対して，中腰動作では，振動 A,B 条件では安心感の変化量が

正の方向に寄与しており，振動 D 条件では安心感の変化量が負の方向に寄与していることが分かる．

4.6 考察

実験の結果より，定性的に各動作とも振動の付与によって，快振動は意図推定に対して促進的に，不快振動は意図推定に対して抑制的に寄与することが示唆された．これらの影響の受け方は，各動作の中でも項目ごとに異なることが明らかとなった．うなずき動作について言えば，ロボット自身の内部状態（確信度）の伝達が快振動によって促進されている．これは，HAI 分野における ASE (Artificial Subtle Expression) ⁽²⁴⁾，すなわちエージェントの内部状態をユーザに伝達するための非言語情報の一つの形態として振動が利用できることを示唆している．対して不快振動の付与では，ロボットの学習者に対する態度（同意）の伝達が阻害されている．特に不快振動の付与によって直接的安心感，親近感や信頼感が大きく下落していることから，ユーザに指向した親和的な意図に不快振動を付与すると，信頼感を損ないかねないことが示唆された．

一方，中腰動作では，快振動は直接的信頼感や親近感を高め，一緒に頑張ろうというユーザ指向の意図を強めた．快振動は Comfort に positive に寄与する⁽²⁰⁾ことが示唆されており，これは振動が齎した効果であるとも言えよう．このような振動が齎す心的状態によって，意図を肯定的に解釈した可能性がある．

5. まとめと今後の展望

本研究では，非言語情報である振動の付与が学習支援ロボット動作に対する意図推定に与える影響を検討した．実験の結果，快振動は意図推定を促進し，不快振動は意図推定を抑制していることが示唆された．一



図 6 振動なしを規準とした各振動におけるうなずき動作と中腰動作に対する項目評定値の変化量。

方で、これらの影響の受け方は動作によって異なる側面があることも示唆された。今後は、より実環境に近づけた学習場面对象にした実験の検討、多様な動作の検討、動作意図の設定の精緻化などを行う。

参 考 文 献

- (1) 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)
- (2) Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandran, A., et al.: “Social robots for education: A review”, *Science Robotics*, Vol.3, No.21 (2018)
- (3) 松居辰則: “生体情報を用いた学習者の心的状態推定と学習支援の試み”, 教育システム情報学会誌, Vol.36, No.2, pp.76-83 (2019)
- (4) Chen, T.L., King, C.H.A., Thomaz, A.L. et al.: An investigation of responses to robot-initiated touch in a nursing context, *International Journal of Social Robotics*, Vol.6, pp.141-161 (2014)
- (5) Sailer, U. and Leknes, S.: “Meaning makes touch affective”, *Current Opinion in Behavioral Sciences*, Vol.44 (2022)
- (6) 山田誠二, 寺田和憲, 小林一樹: 人を動かす HAI デザインの認知的アプローチ, 人工知能学会誌, Vol.28, No.2, pp.256-263 (2013)
- (7) Dennett, D.C.: “The intentional stance”, Cambridge Mass, Bradford Books/MIT Press (1987)
- (8) 寺田和憲, 岩瀬寛, 伊藤昭: “Dennett の論考による三つのスタンスの検証”, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol.J95-A, No.1, pp.117-127 (2012)
- (9) Komatsu, T. and Yamada, S.: “How do robotic agents’ appearance affect people’s interpretation of the agents’ attitude?”, In *Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, pp.123-126 (2007)
- (10) Funakoshi, K., Kobayashi, K. Nakano, M. et al.: “Smoothing human-robot speech interactions by using blinking-light as subtle expression”, In *Proceedings of the 10th International Conference on Multimodal Interface*, pp.293-296 (2008)
- (11) 上出寛子, 新井健生: “人間らしいロボットに対する心理的安心”, 科学技術社会論研究, Vol.16, pp.43-53 (2018)
- (12) 志村友, 田和辻可昌, 松居辰則: “学習支援ロボットの表情と身体動作が学習者に付与する「安心感」に関する実験的検討”, 第 87 回先進的学習科学と工学研究会 (2019)
- (13) Azevedo, R.T., Bennett, N., Bilicki, A. et al.: “The calming effect of a new wearable device during the anticipation of public speech”, *Scientific Reports*, Vol.7, No.2285 (2017)
- (14) 牧野圭佑: “ビデオ通話における話者同士の距離感を近づけるための振動付与アプリケーションの開発”, 早稲田大学人間科学部卒業論文 (2015)
- (15) 神田崇行, 石黒浩, 石田亨: “人間-ロボット間相互作用に関わる心理学的評価”, 日本ロボット学会誌, Vol.19, No.3, pp.362-371 (2001)
- (16) 神田崇行, 宮下敬宏, 長田拓ほか: “人ロボット相互作用における人型ロボットの外見の影響”, 日本ロボット学会誌, Vol.24, No.4 pp.497-505 (2006)
- (17) 野村達也: “Human-Agent Interaction (HAI) における人の主観評価”, 人工知能, Vol.32, No.2, pp.224-229 (2016)
- (18) 氏家良浩, 井上健司, 田窪朋仁ほか: “バーチャルリアリティを用いたヒューマノイドロボットの二足歩行動作に対する印象評価”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.11, No.2, pp.245-252 (2006)
- (19) 白神翔太, 木下雄一郎, 郷健太郎: “スマートフォンにおける振動の印象を考慮したフィードバックの設計”, 第 78 回情報処理学会全国大会, pp.291-292 (2016)
- (20) Hasegawa, H., Okamoto, S., Ito, K. et al.: “Affective vibrotactile stimuli: Relation between vibrotactile parameters and affective responses”, *International Journal of Affective Engineering*, Vol.18, No.4, pp.171-180 (2019)
- (21) Ju, Y., Zheng, D., Hynds, D., et al.: “Haptic empathy: Conveying emotional meaning through vibrotactile feedback”, In *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, No.225, pp.1-7 (2021)
- (22) 志村友: “非言語情報を伴う学習支援ロボットが創発する安心感と学習意欲に関する実験的検討”, 早稲田大学大学院人間科学研究科修士論文 (2019)
- (23) Kamide, H., Kawabe, K., Shigemi, S., et al.: “Anshin as a concept of subjective well-being between humans and robots in Japan”, *Advanced Robotics*, Vol.29, No.24, pp.1624-1636 (2015)
- (24) 小松孝徳, 山田誠二, 小林一樹ほか: “Artificial Subtle Expressions: エージェントの内部状態を直感的に伝達する手法の提案”, 人工知能学会論文誌, Vol.26, Vol.6, pp.733-741 (2010)

テキストと画像を入力とする学習者モデルの構築手法の提案

長谷川 忍^{*1}, Wan Hua^{*1}, 太田 光一^{*1}

^{*1} 北陸先端科学技術大学院大学

A Proposal for Building Learner Models using Text and Images

Shinobu Hasegawa^{*1}, Wan Hua^{*1}, Koichi Ota

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

The purpose of this research is to propose a method for constructing learner models from keywords and images of interest to individual learners in Web-based Learning by combining deep learning techniques. This makes it possible to represent learners' characteristics in self-directed learning in a vector representation. As a preliminary step, this article describes a method for generating common multimodal vector representations from text and images and confirms the characteristics of subjects' text-based and image-based preferences through preliminary experiments.

キーワード: Web-based Learning, 学習者モデル, テキスト, 画像

1. はじめに

Web-based Learning は膨大なリソースを持つ Web 空間において学習者が学習に役立つリソースを自由に選択し、主体的かつ網羅的に学習できる学習環境である⁽¹⁾。しかしながら、学習項目や順序があらかじめ示されているテキスト教材とは異なり、Web 空間そのものが Open-ended であり、学習者の自由度が高いため、学習者が持つ興味や関心を適切に捉えることが難しい⁽²⁾。

さらに、Web リソースはテキストだけでなく画像や映像など様々なメディアを通じて情報が提供されるため、学習過程を記録していたとしても個々の嗜好を反映した学習者モデルを構築することは困難である。

本研究では、テキストおよび画像に対する深層学習手法を組み合わせ、Web-based Learning 等において個々の学習者が興味を持っているキーワードや画像から学習者モデルを構築する手法を提案する。これにより、主体的学習過程における学習者の特性をベクトル表現で表すことが可能となる。本稿ではその前段階として、テキストおよび画像から共通するマルチモーダルなベクトル表現を生成する手法について述べるとともに、予備実験を通じて、被験者のテキストベースと画像ベースの嗜好性の特徴について検討する。

2. 関連研究

Ji らは、潜在因子モデル (LFM)、重み付き行列分解 (WMF)、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を組み合わせたラベル無しデータセットにおける最適な特徴表現モデルを提案し、個人向け写真推薦システムを提案している⁽³⁾。Savchenko らは、シーン理解、物体検出、顔認識に基づいて、ユーザの嗜好予測エンジンを開発しており、今後の課題として、テキスト認識技術が嗜好予測の信頼性を高めることを提案している⁽⁴⁾。Díez らは、個々のユーザがアップロードした写真からパーソナライズされた情報を抽出し、ユーザの主な嗜好を理解し、画像の同義性が将来的にユーザの嗜好と一致することに言及している⁽⁵⁾。Wang らは、ウェブ上のテキストデータの数値表現を検討し、画像とテキストを組み合わせたマルチモーダルなフレームワークを提案している⁽⁶⁾。Yao らは、テキストと視覚的特徴を利用して画像のモデリングと分類のタスクを行っている⁽⁷⁾。Chen らは、ローカルとグローバルな画像プールから関連画像を推薦するソーシャルメディアプラットフォームの新しいアプリケーションを紹介している⁽⁸⁾。このように、テキスト情報と画像情報を組み合わ

せ、近年急速に発展している深層学習技術を活用することで、画像分類や画像推薦を行う様々な研究が提案されている。しかしながら、これらの議論において、個々の対象者の嗜好を表現できるような、いわゆる「モデル化」を対象としたものはほとんど存在していない。

3. マルチモーダル嗜好性モデル

3.1 Text Preference Vector (TPV)

3.1.1 キーワードベクトルの生成

本研究では、学習者が選択または学習したキーワード群から学習者の嗜好性を表現するキーワードベクトルを生成することを目指す。具体的には、学習者が選択した各単語に対して、膨大な文書をコーパスとして収集し、word2vec や doc2vec のアルゴリズムを並列実装したオープンソースの自然言語処理ライブラリである Gensim⁽⁹⁾を用い、Wikipedia2014+Gigaword トークンを元に事前学習したベクトルサイズ 50 の glove-wiki-gigaword-50 と Google News のデータセットの一部を元に事前学習したベクトルサイズ 300 の word2vec-google-news-300 によるベクトル化について比較した。埋め込み出力はベクトルサイズが大きい後の方が忠実度や厳密性が高くなるが、時間的コストや計算の複雑さを考慮して、本研究では glove-wiki-gigaword-50 を選択することとした。

3.1.2 TPV の生成

各学習者の選択テキストに基づく嗜好性のモデルは、 n 個のキーワードに対して、 i 番目のキーワードに対するキーワードベクトルを $Embed(P_i)$ 、キーワードの出現頻度の総和が 1 となるように正規化したものを WT_i とするとき、式(1)により求められる。

$$TPV = \sum_{i=1}^n Embed(P_i) * WT_i \quad (1)$$

これにより、glove-wiki-gigaword-50 が持つ 50 次元の中で各学習者のテキスト嗜好性をモデルとして表現することができる。

3.2 Image Preference Vector (IPV)

3.2.1 画像分類モデルの構築

各学習者が選択した画像から学習者モデルを構築するために、本研究ではまず画像分類モデルを構築した。データセットとして、32*32 ピクセル、10 クラス各 6,000 枚の画像を含む Cifar-10 と 100 の一般クラスと 20 の抽象クラスを持ち、各一般クラスに 600 枚の画像を含む Cifar-100 データセットに対して、それぞれ入力層と隠れ層に ReLU 活性化関数、出力層に SoftMax を配し、25 エポック、32 バッチサイズで CNN (Convolutional Neural Network)をトレーニングした。その結果、Cifar-10 データセットに対しては検証精度 79% であったが、Cifar-100 データセットでは検証精度は 44%に留まった。これらの結果から、本研究では Cifar-10 による画像分類モデルを利用することとした。

3.2.2 IPV の生成

Cifar-10 には飛行機や自動車、鳥などの 10 個のテキストラベルが存在し、新たな画像を入力することで、各ラベルに画像が分類され、全ラベルに対する総和が 1 となる確率が出力される。そこで、本研究では、各学習者の選択画像に基づく嗜好性のモデルを式(2)の形で求める。

$$IPV = \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^{10} Embed(L_{ij}) * S_j \right) * WI_i \quad (2)$$

具体的には、各画像 i に対して、Cifar-10 の 10 個のキーワードラベルそれぞれについて、3.1.1 節の手法で求めたキーワードベクトル $Embed(L_{ij})$ と、3.2.1 節の画像分類モデルの出力である S_j を乗じて、その総和を取ったものに、画像の選択頻度の総和が 1 となるように正規化した WI_i を乗じて m 個の画像について総和を取ったものである。これにより、選択画像から抽出されたベクトル情報を、3.1 節のテキストに対するベクトル情報と同様な 50 次元で表現することができる。

3.3 ユークリッド距離

本稿で提案する TPV と IPV はいずれも 50 次元で構成されたベクトル表現となっているため、嗜好の類似性や違いはこれらのベクトルの距離で求めることがで

きる. 1例として, 「動物」「ゲーム」「スポーツ」がそれぞれ 0.7, 0.2, 0.1 の重みで表される TPV を持つ学習者を想定した場合, 図 1 に示す 2 種類の画像(32×32 ピクセルに変換したもの)に対する IPV ベクトルはそれぞれ図 2 のようになる. TPV に対する 2 種類の画像の IPV に対するユークリッド距離はそれぞれ $IPV(dog) = 3.23$ と $IPV(AI) = 4.42$ となり, テキスト情報から得られた嗜好ベクトルにより, 画像に対する嗜好を推定することが可能となる. また, 右図の AI の概念図は元々の Cifar-10 データセットのクラスには含まれていないクラスであるが, 3.2.1 節の画像分類モデルの出力により Cifar-10 の各クラスへの分類確率が出力されるため, 同様に取り扱うことができる.

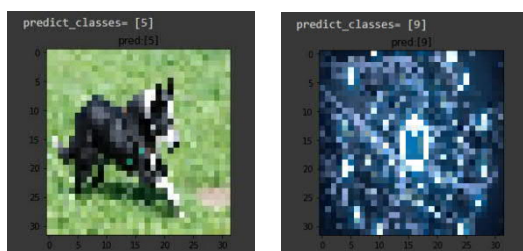


図 1. 入力画像(左 : dog, 右 : AI)

[0.079452	-0.18018584	-0.56749153	-0.14972119	0.52327824	0.48888397
-0.9144386	-0.35711497	1.0629215	-0.6874811	-0.00434914	0.3973705
0.58873284	0.1434996	0.33573982	-0.11327112	0.3529217	0.97037464
-1.3235319	-0.63535976	-0.47318769	-0.18532903	0.5084187	0.5450897
0.5029429	-1.5349712	-0.996383	0.36899236	0.2576209	-0.5483999
1.4407467	0.18684179	-0.43067747	0.70803463	0.05142963	0.2685303
0.04932332	-0.22032823	-0.02764383	-0.66956335	-0.24391721	0.02221985
-0.7188467	0.78386796	1.113106	-0.6324798	0.08880104	-1.0976168
0.65203065	0.06439348]				

[0.40721685	-0.30968162	0.8061926	0.20937891	0.2895352	0.5639808
-0.98706806	-0.06757575	0.8009534	-0.58428097	0.17275801	-0.4664548
-0.1561554	0.2376391	0.2733396	-0.2641144	-0.27900422	1.4549868
-0.6896564	-1.2935286	0.14471814	-0.22190216	-0.33108807	0.43710762
0.21466614	-1.1447489	-0.38195974	0.8836399	0.9627742	-0.34597522
1.5204972	-0.28706053	-0.29911384	0.7369812	0.80522346	0.21978685
0.10214268	-0.4735214	0.22229815	0.32472828	-0.39949733	-0.06418443
-0.04040132	-0.71077466	0.7472847	-0.26451674	-0.04642011	-0.65324557
0.7269966	-0.4535722]				

図 2. ICV(上 : dog, 下 : AI)

4. 予備実験

4.1 データセット

予備実験の画像データセットとして, 本稿では図 3 に示す 3 種類 10 枚ずつの画像を google イメージ検索により収集し, 全ての画像に対して 3.2 節に従って ICV を算出した. 最初の 10 枚 (グループ : Belong) は Cifar-10 データセットのクラスと一致した画像であり, 次の 10 枚 (グループ : Ambiguous) は Cifar-10 と同じクラスに分類されるものの, 複数の対象物が含まれていた

り, 実際と異なるキャラクターなど曖昧性の高いものである. 最後の 10 枚 (グループ : No Related) は, Cifar-10 のクラスとはまったく関係のないものを選定した.

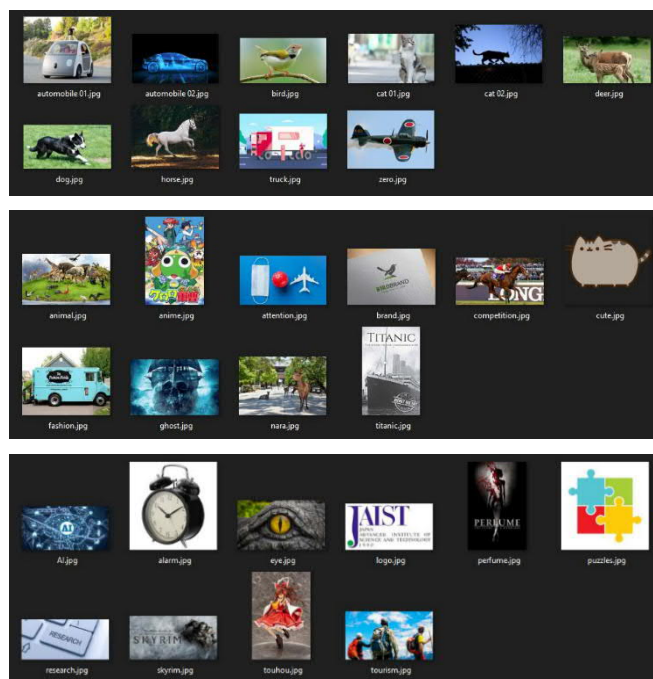


図 3. データセット

4.2 TPV と IPV による画像嗜好予測

4名の大学院生を被験者として, 画像と関連する 30 のキーワードから 3 つ選択し, 総和が 1 となるような嗜好度を設定してもらい, テキストによる仮想的な嗜好ベクトルを生成した. 次に, 図 3 のデータセットのそれぞれのグループから 1 枚ずつ選択した 3 つの画像に対して, 総和が 1 となるような嗜好度を設定してもらった. 被験者につき 10 セットの嗜好度設定を行った結果, 全部で 40 組のデータを得ることができた.

被験者による設定と TPV/IPV による嗜好予測の結果を比較したところ, 3 つの順序が全て一致したケースが 6 組, 一部の順序が一致したケースが 20 組, まったく一致しなかったケースが 14 組となった.

TPV と IPV の一致がうまく反映されなかった例として, ある被験者は「飛行機」「船」「タイタニック」をキーワードとして選択したにも関わらず, 「飛行機」や「船」に関連する画像を優先して選択しなかったことが挙げられる. キーワードは対象の概念そのものを表すが, 画像には (複数の) 対象物だけでなく色合いや

スタイル, 潜在的なメッセージなど多様なものが含まれるため, その点に関するギャップをいかに反映するかは今後の課題であると考えられる。

5. おわりに

本研究では, テキスト情報から生成される学習者の嗜好性ベクトル(TPV)と画像情報から生成される学習者の嗜好性ベクトル(IPV)の表現手法についての提案を通じて, Open-ended な Web-based Learning における学習者モデリングの手法について検討した。従来のテキストおよび画像のベクトル化手法が, 画像分類や推薦課題に対して行われてきたことと比較して, 個々の学習者の嗜好性の表現に利用できる可能性を示した。

本稿では, キーワードのベクトル化には単語埋め込み(GloVe)のみを適用したが, 段落や文章全体を埋め込む手法の適用などへの拡張は今後の課題の一つである。また, 画像に対しても, 分類モデルに基づくベクトル化の手法を提案したが, オブジェクト認識などのより発展した手法を組み合わせることも可能であろう。今後はこれらの手法をさらに検討しながら, Web-based Learning の学習履歴を対象とした学習者モデリングに向けて検討を進めていきたい。

参 考 文 献

- (1) Hasegawa, S., Kashihara, A., and Toyoda, J.: "A local Indexing for Learning Resources on WWW" *Systems and Computers in Japan*, 34(3), pp.1-9, (2003)
- (2) 柏原昭博, 坂本雅直, 長谷川忍, 豊田順一: "ハイパー空間における主体的学習プロセスのリフレクション支援" *人工知能学会誌*, 18(5), pp.245-256, (2003)
- (3) Ji, Z., Tang, J., Wu, G.: "Personalized Recommendation of Photography Based on Deep Learning". In: Kompatsiaris, I., Huet, B., Mezaris, V., Gurrin, C., Cheng, WH., Vrochidis, S. (eds) *MultiMedia Modeling. MMM 2019. Lecture Notes in Computer Science*, vol 11295. Springer, Cham, (2019) https://doi.org/10.1007/978-3-030-05710-7_18
- (4) Savchenko, A.V., Demochkin, K.V., Grechikhin, I.S.: "Preference prediction based on a photo gallery analysis with scene recognition and object detection". *Pattern Recognition* 121, (2022) <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2021.108248>
- (5) Díez, J. Pérez-Núñez, P., Luaces, O., Remeseiro, B.,

- Bahamonde, A.: "Towards explainable personalized recommendations by learning from users' photos" *Information Science*, 520, pp.416-430, (2020)
- (6) Wang, D., Mao, K., and Ng, G.: "Convolutional neural networks and multimodal fusion for text aided image classification" *20th International Conference on Information Fusion*, pp. 1-7, (2017), doi:10.23919/ICIF.2017.8009768.
- (7) Yao, Y., Yang, W., Huang, P., Wang, Q., Cai, Y., Tang, Z. : "Exploiting textual and visual features for image categorization", *Pattern Recognition Letters*, 117, pp.140-145, (2019).
- (8) Chen, T., Chen, Y., Guo, H., Luo, J.: "You Type a Few Words and We Do the Rest: Image Recommendation for Social Multimedia Posts" *IEEE International Conference on Big Data*, pp.2124-2133, (2018) doi:10.1109/BigData.2018.8622513.
- (9) Radim Řehůřek: GENSIM: topic modeling for humans, <https://radimrehurek.com/gensim/> (2022/4/12 アクセス)

障害のある学生から見たオンライン授業とニーズ認識の欠如 —LMS を改善するための研究②—

青木千帆子, 上村碧, 川崎弥生, 石川奈保子

早稲田大学

E-learning for students with disabilities and unawareness of their needs: Research for improving LMS #2

Chihoko Aoki, Naoko Ishikawa, Yayoi Kawasaki, Midori Uemura

Waseda University

2020年に大学の授業のオンライン化が急激に進んだことで、学習管理システム(LMS)が頻繁に利用されるようになった。その結果、障害のある学生がLMSにアクセスできない等、さまざまな課題が発生した。そこで本研究では、オンライン化に際して障害のある学生に対して必要な支援について検討することを目的として、障害のある学生を対象にオンライン授業とLMSの利用について尋ねるアンケート調査およびインタビュー調査を実施した。その結果、障害のある学生が経験する困難に関しては、ニーズが表明されず、課題も潜在化していることが明らかになった。

キーワード: オンライン授業, LMS, アクセシビリティ, 高等教育, 障害学生支援

1. 研究の背景と目的

2020年度、新型コロナウイルス感染症対策のため、全国の大学でオンライン授業が展開された。文部科学省によると、2020年度に83.9%の大学がオンライン形式で授業を実施した⁽¹⁾。このため多くの大学がオンライン会議ソフトに加え、eラーニングのプラットフォームとして発展してきた学習管理システム(Learning Management System: 以後、LMS)を活用した。

その結果、障害のある教員や学生がオンライン授業にアクセスできない事態が相次いだ。日本学生支援機構によると、発達障害、視覚障害、精神障害の順に多い割合で困難に直面した⁽²⁾。なぜならば、障害のある教員や学生がオンライン会議ソフトやLMSを利用するためには、一般の教員や学生が必要とするスキルや情報に加え、システムやデバイスのアクセシビリティ、教員・学生・支援者全員の支援技術(Assistive Technology: 以後、AT)に関するスキルや情報が必要だからである。そして、アクセスを試みる障害者にとって、どこに問題があるのかが分からない状況がある⁽³⁾。

このような状況を踏まえ、本研究ではオンライン授業のアクセシビリティに影響する複雑な要因の整理を目的に、LMSのアクセシビリティ検証作業を行った(調査1)。

また、早稲田大学に所属する障害のある学生と教員を対象にアンケート調査およびインタビュー調査を実施し、オンライン授業に関しどのような環境でどのような問題が生じているのかを整理した(調査2)。調査1についてはJSiSE2021年度第6回研究会にて報告した。本報告では、調査2の早稲田大学に所属する障害のある学生を対象とした調査について報告する。

2. アンケート調査

2.1 調査方法

アンケート調査は、早稲田大学に対し障害を理由とする配慮申請をしている学生131人を対象に、オンラインアンケート調査への協力依頼をメールにて行い、2021年8~9月の間の1か月間、回答を受け付けた。その結果、集まった回答は12人、回答率は9.6%であった。うち6人から追加インタビューへの応諾を受けた。

2.2 調査結果

アンケートに応じた学生の障害種別一覧を表1に示した。回答者12人のうち、8人が複数の障害属性を回答していた。障害者手帳を所持する学生が10人、手帳を所持していない学生が2人であった。

表1 対応者の障害種別（数字は人数）

	アンケート	インタビュー
肢体不自由（上肢機能障害）	5	1
肢体不自由（下肢機能障害）	4	0
肢体不自由（他の機能障害）	1	0
慢性疾患・内部障害	1	0
視覚障害（弱視）	2	1
視覚障害（盲）	1	0
聴覚障害（難聴）	4	1
発達障害（ASD：自閉症スペクトラム症）	2	2
発達障害（ADHD：注意欠如・多動症）	1	1
精神障害（不安障害，強迫性障害等の神経症性障害）	1	1
精神障害（うつ病，双極性感情障害などの気分障害）	1	1
精神障害（その他の精神障害）	1	0

オンライン授業に参加する環境について

使用している PC のオペレーティングシステムは、Windows8 人，Mac3 人，双方の使用が 1 人であった。オンライン授業にアクセスする際に使用しているブラウザは、Google Chrome が 8 人，Edge が 3 人，Safari が 3 人，Mozilla Firefox が 1 人であった。オンライン授業で教員がよく使用するツールについての回答は、Waseda Moodle が 5 人，zoom が 4 人，その他，BBS，collaborate，LINE オープンチャット，PDF，Slack がそれぞれ 1 人であった。オンライン授業で利用する AT については、12 人中 6 人から利用している製品名の回答があった。

授業のオンライン化のメリット・デメリットについて

オンライン化のメリットについては、全員が「ある」と回答した。一方、デメリットについては、12 人中 4 人が「ある」、8 人が「ない」と回答した。デメリットに関する回答を、AT 利用の有無と対比して示したものを表 2 に示した。ここからは、AT を利用していない場合よりも利用している方が、オンライン授業にデメリットを感じる傾向がやや高いことが見て取れる。

3. インタビュー調査

3.1 調査方法

アンケート調査の際に応諾を得た 6 人に対し、インタビュー調査への協力依頼をメールで行った。そのうち 5 人に対し 2021 年 11 月～2022 年 1 月にインタビューを

表 2 支援技術利用とオンライン化の関係（数字は人数）

	オンライン化の デメリットあり	オンライン化の デメリットなし
支援技術利用あり	3	3
支援技術利用なし	1	5
総計	4	8

実施した。インタビューは 1 人が対面，4 人がオンラインで行われた。インタビューに応じた学生の障害種別一覧を表 1 に示した。1 人の学生が複数の障害属性を回答していた。

3.2 調査結果

結果の分析は、修正版グラウンデッドセオリーアプローチ⁴⁾を参照し行った。手続きとしては、インタビュー内容を全て文字化した上で読み込み、「オンライン授業」「LMS」「AT」等のカテゴリーに分類した。その上で、カテゴリーごとに整理した記述を再度読み込み、概念を整理した。整理した概念の全体像を図 1 に示した。

オンライン授業について

オンライン授業の長所としては、学生の障害特性と関連した点が述べられていた。これに対し、対面授業の長所としては、友人知人に会えること等、障害の有無や種別に関わらない学生全般に共通した点が述べられていた。また、「オンラインの短所＝対面授業の長所」という構図ではなく、オンライン授業と対面授業、それぞれに一長一短であることが指摘されていた。

- ・ Zoom のほうが（障害があることが）絶対にばれないので気楽さはあるような気がします (Sb-60)
- ・ オンラインで資料を作成したりは、空いている時間に自分のペースで。人よりは少しタイピングが遅い自覚もあるので。(Sb-92)
- ・ 自分の参加の自由度というんですかね。支援者の方がついてしまうと、支援者を含めて自分という感じになってしまいますので、支援者の行動も自分の行動になってくるのが、自由度がちょっと狭まるという感じですかね。自分自身の判断をして動ける部分をちょっとだけ切って狭まる感じがあるのかなと。(Sc-68)
- ・ オンラインは同時に複数の人は話さない。必ず 1 人

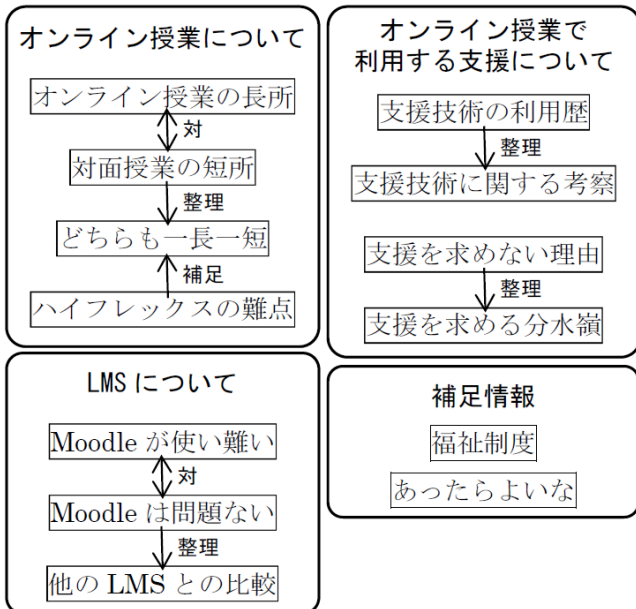


図1 整理した概念の全体像

しか話さない。(中略) 参加の仕方, 参加のルールというのが, 暗黙のルールというのが, 皆共通になるというのは助かる (Sc-170-172)

- ・ 僕は薬の副作用でアカシジアというのがあって, 静かに座ることが不能。(中略) カメラオフの授業だったら寝っ転がりながら受けられる。そこはオンラインの良さです (Se-136)
- ・ 強迫観念が出た際に, 僕は確認行為をするわけです。大丈夫だ, これこれこういう理由でこの不安は杞憂なんだという確認行為をするんですけど, それをせざるをえないときがあるんです。(中略) オンデマンドのほうが進められるので楽だとは思いますが (Se-259-263)
- ・ 博物館の説明とか (一般向けの学習の場) が一番参加しづらい, 気軽に行けない。聴覚障害者用のためのというふうには, 環境を設定してくれないと参加できない。(中略) 今までずっと, 憧れがありつつ参加できなかった。それもオンラインだからこそ, 自分で参加できるようになった (Sc-182)
- ・ (オンライン授業だと) 人脈が (作れ) ないので過去問を手に入れたり, そういうことに支障 (Sb-110)
- ・ オンラインから対面になったとき, それは私自身だけじゃないと思いますが, 多くの人が対面になったことを喜んでますよね。今まで交流が制限されていて, 会えるようになった状況。どれだけありがたいのか, うれしいのかというのは, みんな共通した

経験として思っている (Sc-86)

- ・ 講義型だったら対面のほうがいいなと思います。大教室ばかり使うので, 講義型でその場の臨場感で集中力を上げる (Se-124)

LMS について

オンライン授業で使用する LMS については, 早稲田大学が採用している Waseda Moodle について肯定的な意見が多く聞かれた。他の LMS と比較しても使い易いと評価する学生が多く, 高校や塾などで Moodle が活用されていることも, 背景にあることが推察された。

- ・ 基本的におおむね Moodle は使い勝手がいい。さっきのビデオを停止・再生する方法がわからないところ以外は, 今のところ不自由は感じていないです (Sa-163)
- ・ Moodle のほうが使いやすいです。高校のときから慣れ親しんでるものもあるし (Sd-180)。

ただし, Waseda Moodle が基本的なアクセシビリティが確保されている LMS であるものの, 一部の機能がアクセシビリティに対応しておらず, 視覚障害学生の利用の妨げとなっていることも指摘された。

- ・ 不便に感じるのは, 講義の動画視聴のところですよ。(中略) 速度を変える操作がキーボードで今できないんですよ。(中略) もう一つ徹底的に困るのが, いまだに動画の途中での停止や再開の操作の仕方がまったくわかりません。(Sa-73)
- ・ (サイドメニュー) ボタンを押してメニューを開いていなかったで, どこからたどっていけばいいかわからないときがありました (Sa-167)

また, 資料掲載期間や課題提出期間に関する情報が散在していることが, スケジュール管理の障壁となっていることが, 発達障害, 精神障害の学生から指摘された。

- ・ 教員によって (期限の) 表示のされ方が違ってて, そのあたり統一していただいたほうがありがたいかなというのはあります。(中略) スタートの日程と期限の日程両方書くという形で統一していただいたら

ありがたい (Sd-160)

- ・ 科目リストが出てきますよね. そのリストの一番下までいくと, もうすぐ締め切りの予定みたいなのが出てきます. 出てくるけど, すごく見づらいんです (Se-206)

ATについて

ATについては, インタビューに応じた 5 人中 3 人が利用していた. インタビューからは, 授業のオンライン化によって AT が使い易くなったり, そもそも AT を利用する必要が無くなったりしている様子が見えられた.

- ・ メリットのほうが大きいですね. まず, もちろん (人的) 支援をいただける, 的確に訳していただけるんですが, それと同時に, UD トークとかで音声を集めて拾って認識できるじゃないですか. だから参加しやすくなった (Sc-62)
- ・ captiOnline でも, 支援者だけとの連絡ができる欄があるじゃないですか. だから, かねてオンラインになったときのほうが, 支援者の人とのコミュニケーションはよく取れるようになった (Sc-72)
- ・ オンラインではそのままツール (音声認識) を使えばいい. (中略) しかもオンラインは同時に複数の人は話さない. 必ず 1 人しか話さない. 顔も一方向です (Sc-170)
- ・ オンラインなので, 講義の音が気になるときは音量を調整することはできるので, 自宅でオンラインで講義を受けているときは (AT を) 使わないようにはしています (Sd-48)

その一方で, 前項で述べたように, AT が LMS 上でうまく機能しない事例も報告されている. そもそも AT による情報は 100%の精度を保証するものではない. このことに関し, AT の性能に対する諦めとも期待とも受け止められる声が聞かれた.

- ・ (OCR ソフトで) 9 割方, 読めます. (図表が) あっても気づいていないか, ここに図表ありそうだと思うても本文が読めれば理解に支障がないので, 気にしないでいきます (Sa-99-103)
- ・ UD トーク使って, 本当に認識できているのかとい

うとそうでもないんですけど (中略) 面倒だなと思ったときは, もう諦めていますね (Sc-38)

また, 利用コストや周囲の反応等から使いたくて使っているわけではないことや, 使わずに済む環境ならばそれに越したことはないことが述べられた. また, AT があることで自由度が増す側面がある一方で, 技術により全ての問題が解決されると考えられることによる危機感も語られた.

- ・ お願いするとしたら, (OCR が必要な) 画像貼り付けのファイルじゃなくてテキストとしてもともと保存できるような PDF ファイルの作成をお願いしたい (Sa-105)
- ・ 周囲からの (目が) 気になっちゃうんですね. イヤホンでも見られたりするんですけど (Sd-54)
- ・ ツールがある, 使うとなると, 周りが安心してしまふ. あるから大丈夫だろう. でも完璧じゃないというのはわかってほしいというのがあって. (中略) この技術だって, もっと分解してみれば, 単独でこれで動いているわけではなく, ネットでサーバと連携しているじゃないですか. だから, ネットワークが不安定な場所ではまず使えないですよ. (中略) あるから使えると思ってしまふと, その技術の裏というのは, やっぱり人は理解しようとしなくていい. (中略) 技術があることによって, そこが分断されてしまうときがある (Sc-108-116)

AT の利用については, インタビューに応じた学生全員が独力で情報収集し, 購入・活用している様子が見えられた. その理由として, AT の利用しやすさに関する認識の個別性が高いことが挙げられている.

- ・ (AT を) 高いとおっしゃる方多いんですけど, 自分からしたらまったくパソコンを使えないところから使える, 0 から 1 にしてくれるソフトなので, 全然お値段以上だと思っています (Sa-19)
- ・ UD トークとかの場合は, 自分が相談できる人というのは, つくった人だとか, それを使っている人じゃないと相談できませんよね. ただ, 今のところ, 自分のそういった相談ができる人はいない.

(中略) 自分で調べるしかないと思っています
(Sc-122)

- ・ 聴覚過敏は人によっても症状が違ったりするので、ある人には適応した対処法がこの人には適応しないということがあるから、なかなか聴覚過敏のことを知っている、ある程度の知識がある方でも、一人ひとりのことはなかなかわからないんです (Sd-82)

相談することについて

ATの利用について独力で情報収集する背景には、支援の必要性が「ニーズ」として本人にも周囲にも認識されにくいことも指摘されている。

- ・ 当時は何を訴えていいのかわからない。そもそも自分の状況というのを客観的に把握できないので、ただ仕方がないもの。何かあったとしても、それは自分で対応しなければならぬものだと思って、誰かに助けを求めるといような考えはなかったですね (Sc-18)
- ・ 小学校のときはなかなか、相談させてもらったんですけど支援や理解は得られなかった (Sd-44)

ATの利用や相談をすることに関連して、過去に入学拒否を受けた経験を5人中3人の学生が語った。支援を求めた結果、同様の結果に至る可能性があることも、障害のある学生たちが独力で取り組みを続ける背景になっている。

- ・ 気を使ってるのかな。先生方にいろいろと追加で何か特別な対応を頼むと、やっぱり障害を持った学生さんは面倒だなと思われてしまうのかなというのもあるかと思います。(中略) なぜかというところ、早稲田大学を受ける前に別の大学を本当は受けようと思ったんですね。なんですけど、結局あそこは障害を持つ学生さんの受け入れを最終的には……ホームページ上では対処しますと言いつつながら、最終的に私の場合には受け入れてもらえなかったんです (Sa-123)
- ・ 「障害があっても大丈夫ですか？」という質問はどこの学校であってもしなきゃいけないという

か。幼稚園に入るときに、どうも「障害のある子はちょっと」と両親が言われたことがあるらしくて、そういう質問をするようにしてるんですけど (Sb-74)

- ・ 早稲田じゃなくて違うところ、(中略) そこで障害があるんですけど支援をしてもらえるんですかね?と聞いたら、前例がないと言われたんですよ。(中略) 将来支援してくれますか?と聞いたら、前例がございません。だから、ここちょっと受けられないなと思って (Sc-210)

その結果、障害のある学生たちは、支援を求める分水嶺について、次のように述べている。

- ・ 要求というのは、自分がこうしたいというのが中心になる。だからこうしたい、だからこれに乗っかってくれ。要望というのは、もうちょっと自分がどんな位置にいて、周りの人がどのくらいのことができてというのがあから、要するに付き合わせていく。私はこれをやりたいんだけど、ここまでやるからここまでやってくれないかという提案をして、そこに乗るか乗らないかの合意までつくるといのが要望かな。(中略) できれば要望でありたいと思います (Sc-28-30)
- ・ 音を一定に保つとか、雑音を消してしまう技術とあって、なかなか現実的にそこまで発達していないとかあるじゃないですか。レジュメだったら、送ってほしいですと言えば先生のほうから紙資料をつくっていただいて送ってもらうことは今の技術でできるじゃないですか。(中略) というところですかね。技術的に可能かどうかという (Sd-108)
- ・ 逆に言うと、何ができるんだろうと毎回相談してるんですけど、どこまで頼んでいいのか。合理的配慮でお願いできる限界はどこなんだろうと。(中略) 欲を言えば合理的配慮の範囲を広げてほしい。もうちょっと僕に親身になってほしい。僕には欲はありますけど、はたして社会正義の観点からしてそれは正しいことなの?と言われると、ぐうの音も出ない (Se-312-314)

なお、今回のインタビューでは、障害のある学生たちがオンライン授業で経験する困難について、学内外の社会資源に支援を求めていることに加え、一般的な福祉制度についても情報を持っておらず、あまり利用していない様子うかがわれた。

- ・ (支援機器導入に当たって利用した支援に関する問いに対し) 最初はしなかったんですけど、バージョンアップから市役所で日常生活用具の申請ですかね。9割方、金額を負担してくれる。自己負担が1割ですむという制度でバージョンアップしてきました。(Sa-20-21)
- ・ (白杖も) 最初は自分で買ったんですよ、ネットで。その後で、壊れて新しくするときには補装具として市に申請すればいただけるとわかって、新しいほうは市からいただいたんですけど(Sa-235)。
- ・ (福祉系の情報を得る窓口の存在をたずねたのに対し) あんまり気にしてないので、わかりませんですけど。(中略) 実は障害者手帳を取得したのが中学受験の後なので、13歳くらいだったと思うんです。生まれつきなんですけど、取れないと母が勘違いしてて(Sb-186-190)
- ・ 手帳の恩恵はちょっとしか知らないんですけど、自立支援医療で1割負担になる(中略)もしそれ以上のメリットがあるなら検討したいんですけど(Se-36)

4. 考察

以上のように、オンライン授業に関しどのような環境でどのような問題が生じているのかを整理することを目的に実施したアンケート調査・インタビュー調査から、授業がオンライン化されることにより、問題よりもメリットの方が多く生じていたことが明らかになった。障害のある学生にとって、参加のための環境を自力で整え易くなり、人的支援を要請する必要性が減ったことが、その背景にあることが推察される。

しかし、LMSに焦点を絞ってみると、ATを利用する学生にとっては、アクセシビリティに関する課題があることが明らかになった。また、発達障害・精神障害を有する学生にとっては、情報が散在することによりスケジュー

ール管理において困難を経験していることが明らかになった。以上の結果は、日本学生支援機構による調査結果²⁾とほぼ一致するものである。

加えて、本調査から明らかになったことは、障害のある学生が経験する困難は潜在化しやすいということである。とりわけ、ATを利用する学生の場合、自らのニーズの個性や、ATに関する情報、相談窓口、利用支援が少ないことから、相談することそのものに対するハードルがある。

また、奇しくも授業のオンライン化によって、支援を求めなくても授業に参加することができる環境の片鱗が見えたことにより、支援を求めずに済む環境ならばそれに越したことはないという学生の思いも強化されている。

さらに、障害のある学生が過去に経験した入学拒否の経験とも相まって、支援の必要性や環境改善の必要性を思うことがあっても、「要求」としては口にしない習慣が形成されている。このことから、障害のある学生が経験する困難に関するニーズが表明されず、課題も潜在化していることが、本調査から読み解かれる。

謝辞 ご協力いただきました皆様に、心より御礼申し上げます。なお、本研究は、2021年度早稲田大学人間総合研究センター研究プロジェクト(Cプロ)「アクセシビリティの観点から学習管理システム(LMS)を改善するための研究」による助成、および、早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」の承認(承認番号: 2021-068, 2021-137)を受けて実施されました。

参考文献

- (1) 文部科学省: "新型コロナウイルス感染症の状況を踏まえた大学等の授業の実施状況" (2020)
- (2) 日本学生支援機構: "新型コロナウイルス感染症予防対策に係る大学、短期大学及び高等専門学校における障害のある学生への取組事例について" (2020)
- (3) 中野泰志, 永井伸幸, 田中良広, 柏倉秀克, 青木千帆子, 南谷和範, 安田真之, 辻本実里, 氏間和仁, 北名美雨: "視覚障害者のテスト・アコモデーション(2)オンライン授業・試験のアクセシビリティの現状と課題", 日本特殊教育学会第58回大会論文集, 自主シンポジウム45 (2020)
- (4) 木下康仁: "ライブ講義 M-GTA 実践的質的研究法", 弘文堂 (2007)

大学教員から見たオンライン授業での困難および 障害学生への対応—LMS を改善するための研究③—

石川奈保子, 川崎弥生, 上村碧, 青木千帆子*1

*1 早稲田大学

Faculty Perspectives on Difficulties in Online Teaching and Accommodating Students with Disabilities Research for improving LMS #3

Naoko Ishikawa, Yayoi Kawasaki, Midori Uemura, Chihoko Aoki *1

*1 Waseda University

本研究では、大学教員を対象にオンライン授業への移行、障害学生への対応経験について尋ねるアンケート調査およびインタビュー調査を実施した。その結果、以下の2点が明らかになった。(1)オンライン授業化に対して教員は負担感が大きかったものの、それぞれの授業形態のメリットを見出し、担当科目に工夫を加えていった。(2)障害に対する配慮は一律にできるものではないが、障害に関する一般的な情報や、当該学生のこれまで必要としてきた配慮を教員に知らせることで学生への対応がよりよくなることが示唆された。

キーワード: オンライン授業, LMS, アクセシビリティ, 高等教育, 障害学生支援

1. はじめに

2020年春からのコロナ禍の影響で大学授業のオンライン化が急激に進んだことで、学習管理システム(learning management system; 以下、LMS)が頻繁に利用されるようになった。そのような中、障害学生がLMSにアクセスできなかつたり、ICTに不慣れた教員に多大な負荷がかかたりと、さまざまな課題が発生した。

2020年度の授業後の教員アンケート⁽¹⁾⁽²⁾では、オンライン授業の良かった点として、授業内容の充実やICTスキルアップの機会、通勤時間の短縮などを挙げられていた。一方で、教材作成と課題チェックに膨大な時間を要する点、学生とのコミュニケーションの取りにくさ、理解度の掴みにくさなどを、困ったこととして挙げられていた。また、オンライン授業に関する

知識について、授業担当経験年数30年以上の教員は、ICT知識、学習プロセス知識、オンラインアクティブラーニング力がほかの経験年数の教員に比べて低かった⁽³⁾。

オンライン授業における障害学生に合理的配慮を実施する際の教員の負担感を調査した研究では、情報のバリアフリー化、オンライン利用を前提とした教材の修正、学生の反応の見えなさについて指摘された⁽⁴⁾。

今後のウィズコロナ時代における大学授業において対面授業とオンライン授業は少なからず併存していくと考えられる。そのような中で教員はいかにオンライン授業を活用していくか、オンライン授業内で利用するオンラインツールのアクセシビリティに配慮しつつ障害学生に対してどのように対応していくか、また大学は教員にどのように支援をしていくかが課題になる。

そこで、本研究では、大学教員を対象にオンライン

授業への移行、障害学生への対応経験について尋ねるアンケート調査およびインタビュー調査を実施した。以下の2点を目的とした。

- (1) 急激なオンライン授業化の中、大学教員はどのようにオンライン授業を行い、順応していったか。
- (2) 教室・オンラインかかわらず、教員は授業内で障害学生に対してどのように対応しているか。

2. アンケート調査

2.1 方法

アンケート調査は、早稲田大学人間科学部の教員281人（専任教員，非常勤教員）を対象に，Webアンケート（Google フォーム）への協力依頼をメールで行った。調査期間は2021年8月6日から8月31日までの26日間であった。

質問項目は，(1)LMSの利用状況（8問），(2)障害学生への対応や授業でのアクセシビリティ（7問）についての合計15問であった。フェイスシート項目として年代を尋ねた。最後にインタビュー調査に協力してもらえるかを尋ねる項目を付け加えた。

2.2 結果

回答数は54人（回答率19.2%）であった。回答者の年齢層は，20代が1人，30代10人，40代17人，50代17人，60代9人であった。

2.2.1 オンラインツール

2019年度までのLMS利用経験は，「ない」11人，1～5年間22人，6～10年間5人，10年以上16人であった。

2020年度以降，早稲田大学内外で使用するICT環境に関して，オンライン授業でよく使用しているPCのオペレーティングシステムは，Windows33人，Mac18人，WindowsとMac双方3人，オンライン授業でよく使用しているブラウザ（複数回答）は，Google Chrome44人，Mozilla Firefox14人，Safari11人，Edge7人，Internet Explorer5人，その他2人であった。

授業実施時によく使用しているツールに関して，LMSの種類（複数回答）は，Waseda Moodle51人，

CourseN@vi14人，Google Classroom7人，manaba6人，Microsoft Teams4人，Blackboard，CANVAS，Course Power，Phollyは1人ずつであった。ミーティングツールの種類（複数回答）は，zoom52人，WebEx3人，Google Meet2人，Collaborate1人であった。

LMS等にコンテンツを掲載する際，気をつけていること（自由記述）は，「著作権の管理」について21人が言及していた。次いで，「時間や課題などに関する設定」7人，「個人情報の管理」6人，「教材の長さや課題の設定期間の適切性」5人であった。また，LMS等を使っていて困ったことや使いにくいと感じた経験の有無については，「ある」39人，「ない」15人であった。

LMSを利用しての困りごと（自由記述）については，早稲田大学で2020年度から本格的に利用が開始されたWaseda Moodleに関するものが最も多く（12人），操作が分かりにくい，データアップロードに時間を要する，教員と学生との双方向のやり取りをする際の操作の難しさ，課題採点時の一括操作ができないなどのコメントがあった。また，CourseN@viからWaseda Moodleへ移行したことによる困難（3人），複数の大学で教えている場合，複数のLMSを使いこなさなければならないことの負担感（4人）についての指摘が見られた。

2.2.2 障害学生対応とアクセシビリティ

障害を理由とした配慮申請を受けた経験の有無については，「ある」36人，「ない」18人，アクセシビリティについて困った経験については，「ある」25人，「ない」29人であった。

直面したアクセシビリティの問題の具体的な内容（自由記述）は，授業形態がオンラインと対面が定まらない中で，聴覚障害のある学生のPC通訳にどのように入ってもらうか，動画にどのように字幕を付けてもらうかという課題が生じたといった障害学生への配慮に関する記述が3件あった。しかし，全体としてみると，学生全体が置かれている環境に関する記述が多かった。たとえば，学生の通信環境が良くない，大学の端末室のPCの動作が遅い，特定の環境で動画が再生できない，大学によっては学生がスマートフォンしか持っていないといった記述が見られた。

対面の授業やオンライン授業で使用するツールや教材のアクセシビリティを確保する方法に関する情報を入手することができているかどうかについては、情報を入手できていると答えた教員が 38 人、できていないと答えた教員が 16 人であった。

受けた支援や研修がどのようなものだったかについては、提供主体という観点で分類し集計した、学内の FD 研修で情報保障の方法を学んだ (5 人)、Moodle 上の情報を参照した (3 人)、障害学生支援室のサポートを受けながら情報保障の方法を学んだ (3 人)、学外の研修を受講した (2 人)、情報管理室のサポート (1 人)、知人のサポート (1 人) であった。

2.3 考察

LMS の利用について、教員は多くの種類の LMS を利用していたことから、複数の大学等で授業を担当している教員は、急激なオンライン授業化において複数の LMS に習熟しなければならなかったことが示唆された。また、2020 年度はちょうど、早稲田大学では 2007 年度から利用されてきた CourseN@vi から Waseda Moodle に移行するタイミングであった。新システムは通常、利用開始から改善を重ねてより使いやすく変化している。「使い始め」であるからこそこの使いにくさも大きく教員の負担になっていたと考えられる。

また、コンテンツの著作権の扱いには戸惑うコメントが多く見られたことから、大学として扱い方を周知する必要があることが示唆された。

障害学生への対応について、配慮申請を受けた経験がない教員の半数は、アクセシビリティについて困った経験がなく、アクセシビリティに関する研修を受けた経験もないことが示された。実際に配慮申請を受けるまでは、アクセシビリティを意識することがなかったり情報を取得しようと考えたりすることが少ないことが示唆された。

3. インタビュー調査

3.1 方法

インタビュー調査は、半構造化面接法を採用した。対象者は、アンケート調査でインタビュー調査に受諾

した教員 9 人にメールで協力を依頼した。質問項目は、オンライン授業化と LMS の利用 (5 問)、障害学生への対応 (6 問) であった。

調査は、2021 年 11 月から 2022 年 2 月にかけて、オンライン会議システム zoom を用いて実施した。協力者には事前に研究の目的、倫理的配慮等について説明し、研究参加同意書への署名を得た。面接は第一著者および第二著者が担当した。

分析方法はグラウンデッド・セオリー・アプローチ (GTA) ^⑤を採用した。分析は、質的研究法の経験がある第一著者、第二著者が行った。分析の妥当性を確認するために、質的研究法の経験者を含む第四著者が発話データを読み、カテゴリを確認し、解釈が異なる点について検討した。

3.2 結果

インタビュー協力者は 5 人 (30 代 1 人, 40 代 1 人, 60 代 3 人, 専任 1 人, 非常勤 4 人) であった。インタビュー時間の平均は 70.2 分 (最短 45 分, 最長 88 分) であった。

オンライン授業化への対応、LMS の利用、障害学生への対応経験の 3 つのパラダイムに分け、カテゴリー関連図を示した。以下、《》はカテゴリー、【】はサブカテゴリー、〈〉はラベル名、「」はプロパティとディメンションを表す。

3.2.1 オンライン授業化についてのカテゴリー

状況では、4 カテゴリーが抽出された。《担当科目の特徴》カテゴリーには〈クラス規模〉〈教える内容〉

〈科目取りまとめ教員からの指示〉の 3 ラベル、《取り入れたい活動》カテゴリーには〈学生同士のインタラクション〉〈学生と教員のインタラクション〉〈現物資料の配付〉〈講読〉〈文献・情報検索〉〈課題へのフィードバック〉の 6 ラベル、《大学の ICT 環境整備》カテゴリーには〈大学による大きな差〉〈迅速だった海外の大学〉〈学生のオンライン環境整備状況〉の 3 ラベルが抽出された。

行為／相互行為では、4 カテゴリーが抽出された。《大学・他者からのサポート》カテゴリーには、〈TA からのフォロー〉〈学生からのフォロー〉〈大学サポー

ト部署の問い合わせ対応)〈大学主催の研修・資料提供〉
〈ほかの教員との情報交換〉〈大学が指定する利用ツールの自由度〉の6ラベル,《オンライン授業への順応》カテゴリーには,〈LMS 操作スキルの向上〉オンライン授業スキルの向上)〈オンライン授業化の負担感〉(教室からオンラインへのマインドの切換え)の4ラベルが抽出された。《困りごと》カテゴリーには4下位カテゴリーが抽出され,【オンライン全般での困りごと】には〈コンテンツの著作権の扱い〉(音声・映像教材の扱い)〈課題フィードバックの多さ〉(使用システムの多さ)〈コピーによる剽窃〉(学習効果の低下の懸念)〈難易度設定の難しさ〉(コミュニケーションの難しさ),〈ハイフレックス授業の負担感〉(ICT 機器操作スキルの不足),【リアルタイム授業での困りごと】には〈学生の理解度・進捗把握の難しさ〉(学生が声を出すことのハードルの高さ)〈受講形態が選べることによる煩雑さ〉(個別指導の不十分さ)〈オペレーションの多さ〉(会議システムのトラブル),【オンデマンド授業での困りごと】には〈ビデオ収録の負担感〉(学生とのやりとりのタイムラグ)〈学生・保護者の満足度の低さ〉,【LMS での困りごと】には〈LMS の知識不足〉(教員の設定ミス)〈学生の課題提出ミス〉(通信過負荷によるトラブル)が含まれた。

《メリット》カテゴリーには3下位カテゴリーが抽出された。【オンデマンド授業全般のメリット】には〈移動の手間のなさ〉(受講形態の柔軟性)〈授業内容の充実〉(課題管理の手軽さ)〈集中のしやすさ〉,【リアルタイム授業のメリット】には〈静かな環境での発話〉(チャットでのやりとり),【オンデマンド授業のメリット】には〈コンテンツの再利用〉が含まれた。

帰結には,2カテゴリーが抽出された。《ウィズコロナでの大学授業形態》には,〈オンラインに向いている科目〉(授業形態混在への期待)〈授業形態混在への懸念〉の3ラベル,《理想の支援》には〈コンテンツの著作権 FAQ〉(有料オンラインコンテンツの無料化契約)が含まれた(図1)。

3.2.2 LMS の利用についてのカテゴリー

状況では,3つのカテゴリーが抽出された。《コロナ禍前からの LMS 利用状況》カテゴリーには

CourseN@vi)〈manaba〉(他大学の Moodle)〈他大学の独自 LMS〉(使っていなかった)の5ラベル,《現在の LMS 利用状況》カテゴリーには〈Waseda Moodle〉(他大学の Moodle)〈他大学の独自 LMS〉(manaba)〈Google Classroom〉の5ラベル,《LMS 利用の負担感》カテゴリーには〈LMS 切換え時の負担感〉(複数 LMS 利用の負担感)〈LMS 操作スキルの習得〉の3ラベルが含まれた。

行為/相互行為では,2カテゴリーが抽出された。《学習目標到達に必要な活動》カテゴリーには,〈音声・動画の利用〉(コンテンツ・課題提示)〈課題へのフィードバック〉(学生への連絡)の4ラベル,《大学からの LMS 利用支援》カテゴリーには,〈利活用方法の案内〉(問い合わせへの対応)〈同僚との情報交換〉の3ラベルが含まれた。

帰結では,3カテゴリーが抽出された。《理想の支援》カテゴリーには〈スキルレベル別の支援〉(目的別の案内)〈便利な機能の案内〉の3ラベル,《学習目標到達に必要な機能》カテゴリーには〈送れるファイル容量の拡充〉(学習活動に必須なコンテンツの種類の充実)〈コンテンツ設定の自由度の高さ〉(学習コンテンツ同士の紐付け)〈課題評価・FB・管理のしやすさ〉(学生との連絡の取りやすさ)の6ラベル,《使いやすい LMS》カテゴリーには,〈操作の簡便さ〉(画面転移先の明確さ)〈一人あたりの稼働容量の多さ〉(用語のわかりやすさ)〈見た目のわかりやすさ〉(既存のコンテンツの再利用)の6ラベルが含まれた(図2)。

3.2.3 障害学生への対応経験についてのカテゴリー

状況では,1つのカテゴリーが抽出された。《配慮申請の内容》カテゴリーには〈配慮申請の種別〉(障がいの視認性)の2ラベルが含まれた。

行為/相互行為では,5カテゴリーが抽出された。《配慮申請の通知》カテゴリーには〈通知元〉(通知方法)〈通知時期〉(通知内容)の4ラベル,《配慮申請への教員の対応》カテゴリーには〈配慮することのメリット〉(配慮することのデメリット)〈実際の対応〉(配慮へのポリシー)の4ラベル,《学生の受講態度》カテゴリーには,〈学生の受講状態〉(学生の受講での工夫)の2ラベル,《教員の感想・疑問》カテゴリーには,〈配

慮する範囲)〈対応の難しさ〉(配慮申請はないが難しさを感じる学生への対応)の4ラベル,《大学から教員へのサポート》カテゴリーには,〈機能への疑問〉(情報提供の不足)〈ワンストップ窓口の有用性(他大学)〉の3ラベルが含まれた。

帰結では,2カテゴリーが抽出された。《配慮申請の通知の理想》カテゴリーには,〈通知元〉〈通知方法〉〈通知時期〉〈通知内容〉の4ラベルが,《配慮についての大学への要望》カテゴリーには〈個々の配慮申請への対応方法の指示〉〈配慮についての問い合わせ窓口設置〉〈web上での配慮についての情報提供〉〈ワンストップ窓口の設置〉の4ラベルが含まれた(図3)。

3.3 考察

3.3.1 オンライン授業化とLMSのストーリーライン

オンライン授業化についてのプロセス(図1)では,まず,教員が担当する《担当科目の特徴》があり,〈クラス規模〉〈教える内容〉〈科目取りまとめ教員からの指示〉によって,《取り入れたい活動》が定められていた。語学科目や研究法科目では〈学生同士のインタラクション〉〈学生と教員のインタラクション〉〈現物資料の配付〉〈講読〉〈課題へのフィードバック〉〈文献・情報検索〉が含まれた。

《大学のICT環境整備》は,日本では〈大学による大きな差〉が見られ,〈迅速だった海外の大学〉に比べると〈学生のオンライン環境整備状況〉が遅れている大学もある。たとえば,授業をPCではなくスマートフォンで受講しているといった状況があった。

《大学・他者からのサポート》は,授業運営においては〈TAからのフォロー〉,授業中に〈学生からのフォロー〉があることがあった。大学からは〈大学サポート部署の問い合わせ対応〉〈大学主催の研修・資料提供〉といったサポートがあり,〈ほかの教員との情報交換〉も疑問解消に役立っていた。また,〈大学が指定する利用ツールの自由度〉は自分が習熟しているツールを使うことができるため,負担減になっていた。

【オンライン全般での困りごと】では,〈コンテンツの著作権の扱い〉や〈音声・映像教材の扱い〉に明確な指針が求められていた。〈課題フィードバックの多

さ〉〈使用システムの多さ〉に時間と労力が取られていた。PC上では〈コピペによる剽窃〉が簡単にできることや,学生との〈コミュニケーションの難しさ〉から,〈学習効果の低下の懸念〉がされていた。その他,〈難易度設定の難しさ〉,〈ICT機器操作スキルの不足〉,〈ハイフレックス授業の負担感〉が挙げられた。

【リアルタイム授業での困りごと】では,授業中の〈オペレーションの多さ〉〈会議システムのトラブル〉〈学生の理解度・進捗把握の難しさ〉〈学生が声を出すことのハードルの高さ〉が挙げられた。〈受講形態が選べることによる煩雑さ〉では,リアルタイム授業を実施しても出席者が少なく,それを録画したオンデマンド授業を受ける学生が多かった。また,〈個別指導の不十分さ〉を感じていた。

【オンデマンド授業での困りごと】では,〈ビデオ収録の負担感〉が大きいこと,〈学生とのやりとりのタイムラグ〉により授業をしている実感が湧きにくいこと,苦勞の割に〈学生・保護者の満足度の低さ〉を感じていた。【LMSでの困りごと】には〈LMSの知識不足〉でやりたい授業ができないこと,〈教員の設定ミス〉〈学生の課題提出ミス〉によるトラブル,〈通信過負荷によるトラブル〉があった。

《困りごと》や《大学・他者からのサポート》を経るに従い,教員は少しずつ《オンライン授業への順応》していた。〈オンライン授業化の負担感〉が徐々に少なくなり,〈LMS操作スキルの向上〉〈オンライン授業スキルの向上〉のために学び,〈教室からオンラインへのマインドの切り替え〉がなされていた。

《メリット》では,【オンデマンド授業全般のメリット】として〈移動の手間のなさ〉〈受講形態の柔軟性〉〈授業内容の充実〉〈課題管理の手軽さ〉〈集中のしやすさ〉が,【リアルタイム授業のメリット】〈静かな環境での発話〉〈チャットでのやりとり〉が,【オンデマンド授業のメリット】〈コンテンツの再利用〉が挙げられ,《ウィズコロナでの大学授業形態》ではそれらのメリットが活かせる,〈オンラインに向いている科目〉はオンラインでの授業を継続したいと考えていた。〈授業形態混在への期待〉がある一方で,〈授業形態混在への懸念〉もあった。《理想の支援》には〈コンテンツの著

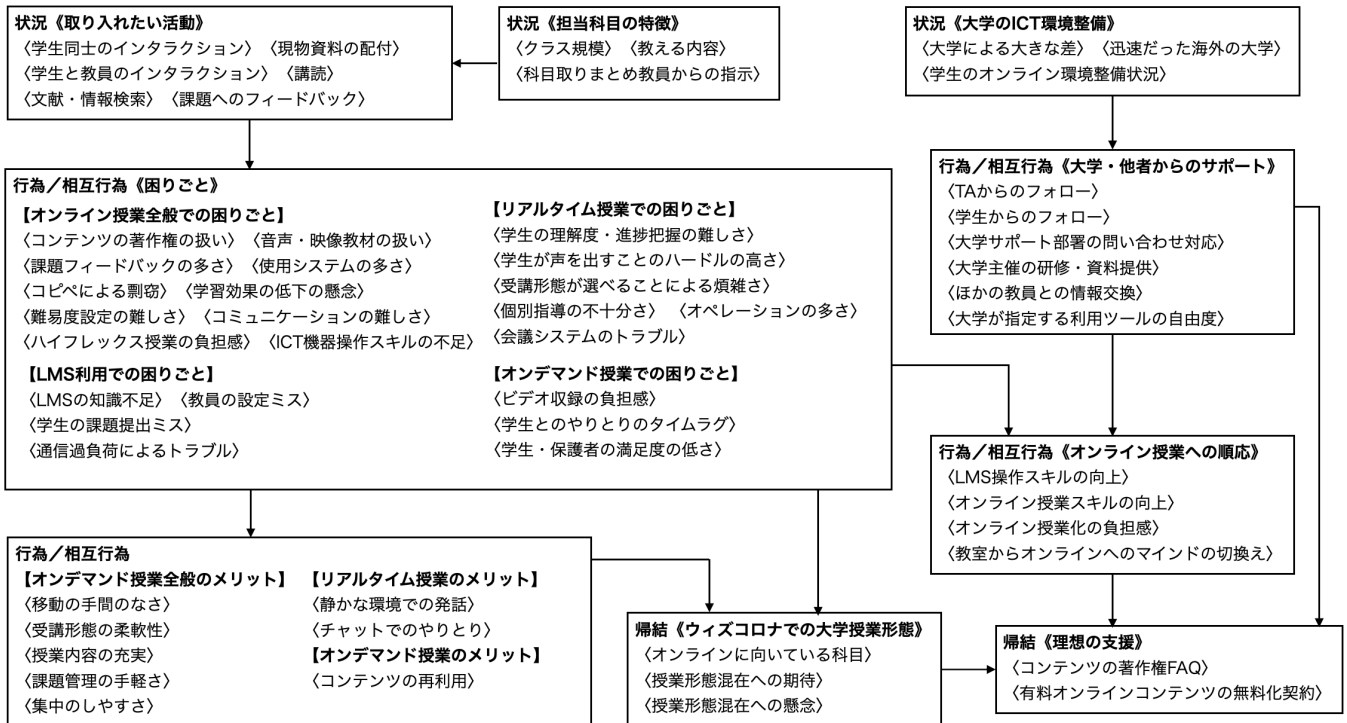


図 1 カテゴリー関連図（オンライン授業化）

※ 《》はカテゴリー，【】はサブカテゴリー，〈〉はラベル名を表す

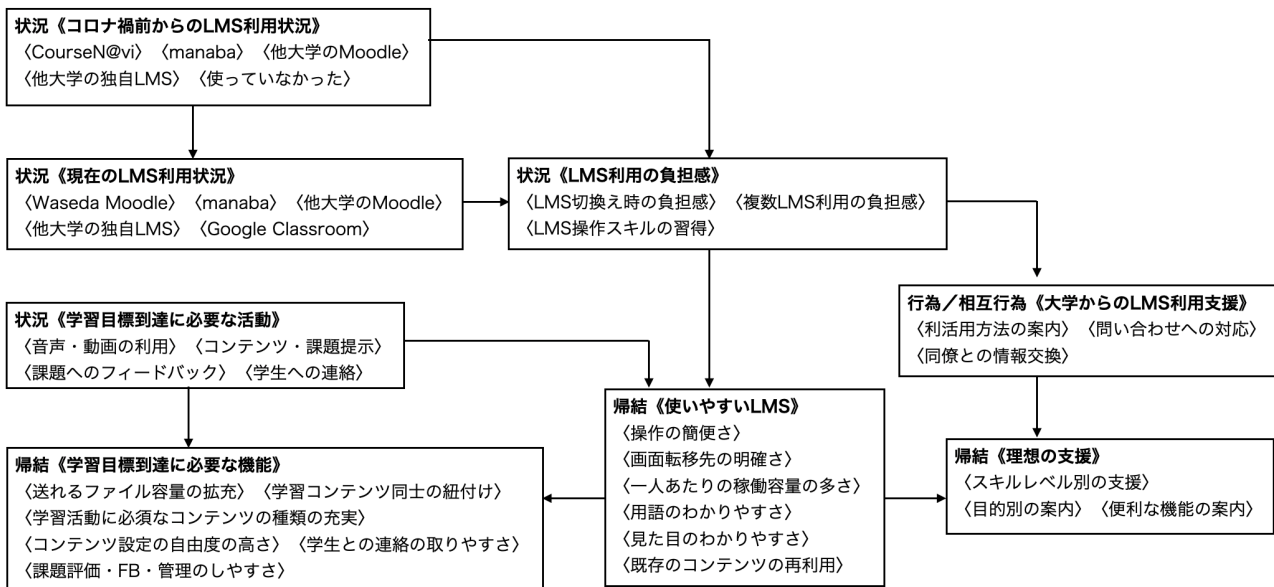


図 2 カテゴリー関連図（LMS の利用）

※ 《》はカテゴリー，【】はサブカテゴリー，〈〉はラベル名を表す

著作権 FAQ) があることで戸惑いなく資料作成したいこと、〈有料オンラインコンテンツの無料化契約〉で学生に負担なく文献利用をしてほしいことなどが考えられていた。

3.3.2 LMS 利用のストーリーライン

LMS 利用についてのプロセス (図 2) では、《コロナ禍前からの LMS 利用状況》として〈CourseN@vi〉〈manaba〉〈他大学の Moodle〉〈他大学の独自 LMS〉

などさまざまな LMS が利用されていた。一方、〈使っていない〉教員もいた。《現在の LMS 利用状況》では、〈Waseda Moodle〉〈Google Classroom〉が加わった。《LMS 利用の負担感》の〈LMS 切换え時の負担感〉〈複数 LMS 利用の負担感〉は、〈LMS 操作スキルの習得〉の必要性によるものであった。

《学習目標到達に必要な活動》として〈音声・動画の利用〉〈コンテンツ・課題提示〉〈課題へのフィードバック〉〈学生への連絡〉が挙げられていた。《大学からの LMS 利用支援》の状況は、〈利活用方法の案内〉〈問い合わせへの対応〉〈同僚との情報交換〉があり、活用できている教員とできていない教員がいた。そこで、《理想の支援》にはより具体的な〈スキルレベル別の支援〉〈目的別の案内〉〈便利な機能の案内〉が求められていた。《学習目標到達に必要な機能》として、〈送れるファイル容量の拡充〉〈学習活動に必須なコンテンツの種類充実〉〈コンテンツ設定の自由度の高さ〉〈学習コンテンツ同士の紐付け〉〈課題評価・FB・管理のしやすさ〉〈学生との連絡の取りやすさ〉、《使いやすい LMS》として、〈操作の簡便さ〉〈画面転移先の明確さ〉〈一人あたりの稼働容量の多さ〉〈用語のわかりやすさ〉〈見た目のわかりやすさ〉〈既存のコンテンツの再

利用〉が理想として挙げられた。

3.3.3 障害学生への対応経験のストーリーライン

障害学生への対応経験についてのプロセス（図 3）では、オンライン化する前に比べると障害学生に関する配慮申請を受けることが少なくなっている。そのため、障害学生への対応経験のほとんどがオンライン化する前のエピソードとなった。オンライン化する前も配慮申請はそれほど多くなく、通知方法もまちまちであった。大学に公認されているのに個人から通知が来たり大学から通知が来たりと通知方法は統一されていないこと、配慮対象となる障がいの種別は知らされても実際にどのようにどこまで配慮すべきかの目安が示されられないため、教員がその対応に不安を覚えることも少なくないことが分かった。

実際の対応においては、当該学生と教員が話し合っ
て対応を決めるケースが多く見られ、概してその対応はうまく機能することとなった。一般的な知識や前例は必ずしも当該学生にうまく機能するかどうかはわからないが、大学から情報の提供があると助かるという要望、当該学生が高校や大学に入ってからどのように対応してきたかの引継ぎがあると有用との要望が聞かれた。

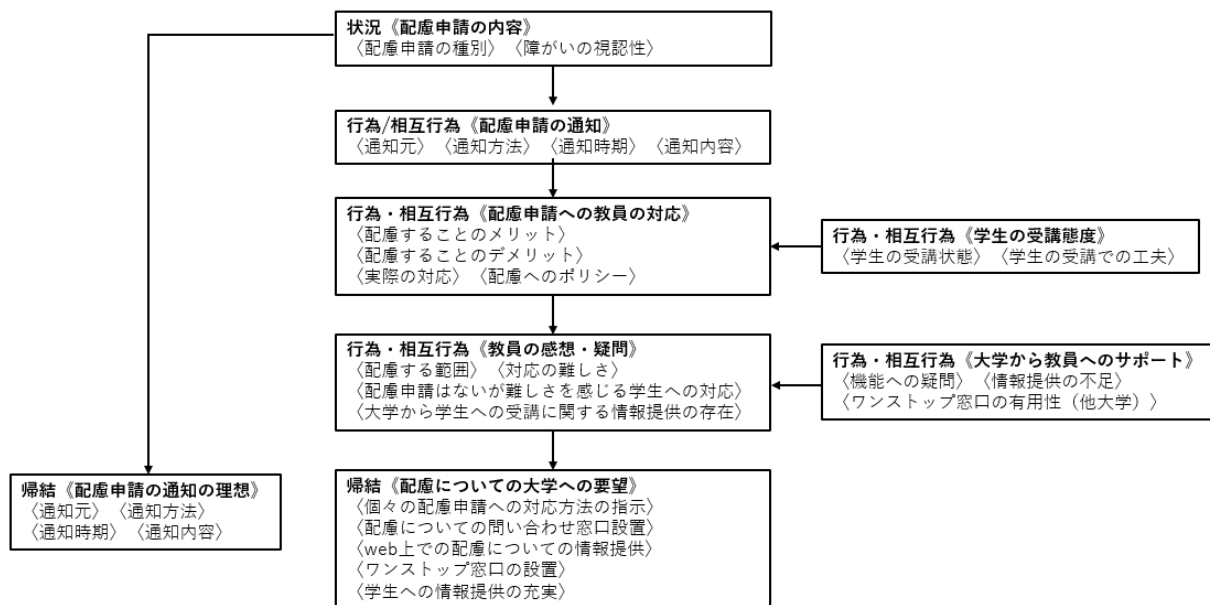


図 3 カテゴリー関連図（障害学生への対応）

※ 《》はカテゴリー、【】はサブカテゴリー、〈〉はラベル名を表す

4. 結論

本研究では、以下の2点が明らかになった、

(1)オンライン授業化に対して教員は負担感が大きかったものの、それぞれの授業形態のメリットを見出し、担当科目に工夫を加えていった。

(2)障害に対する配慮は一律にできるものではないが、障害に関する一般的な情報や、当該学生のこれまで必要としてきた配慮を教員に知らせることで学生への対応がよりよくなることが示唆された。

謝辞

ご協力いただきましたみなさまに、心より感謝申し上げます。なお、本研究は、2021年度早稲田大学人間総合研究センター研究プロジェクト(Cプロ)「アクセシビリティの観点から授業支援システム(LMS)を改善するための研究」による助成、および、早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」の承認(承認番号:2021-068, 2021-138)を受けて実施されました。

参 考 文 献

- (1) 西垣順子:“「遠隔授業環境における学生の学び」に関する教員アンケート結果報告”, 大阪市立大学 大学教育, Vol.18, No.2, pp.16-20 (2021)
- (2) 間瀬泰尚, 中植正剛, 酒井純:“新型コロナ禍で見直す授業の在り方ーオンライン授業に関する教員アンケートの結果からー”,神戸親和女子大学国際教育研究センター紀要, No.6, pp.19-28 (2020)
- (3) 阿部真由美, 香西佳美, 遠藤健, 蔣妍, 森田裕介:“大学教員のオンライン授業に関する知識の実態および授業の満足度と意欲に与える影響”, 日本教育工学会論文誌, Vol.46, No.1, pp.25-34 (2022)
- (4) 岸川加奈子, 大鷲賢二郎, 下中村武, 横田晋務, 田中真理:“合理的配慮実施に関する大学教員の負担感の変化ー授業のオンライン化に着目してー”, 九州大学基幹教育紀要, Vol.8, pp.1-16 (2022)
- (5) 戈木クレイグヒル滋子:“グラウンデッド・セオリー・アプローチー理論を生み出すまでー”, 新曜社, 東京 (2006)

オンライン活用による海外連携 PBL

実践から見た課題と考察

澤崎敏文*1, 野本尚美*1

*1 仁愛女子短期大学

A study on PBL Practice with Overseas Companies through Online Collaboration

SAWAZAKI Toshifumi*1, NOMOTO Naomi*1

*1 Jin-ai Women's College

Jin-ai Women's College has been practicing Project Based Learning classes in cooperation with local governments and companies. Meanwhile, due to the recent increase in the number of students wishing to engage in overseas activities, the College implemented PBL in collaboration with Taiwanese companies in 2019 with the aim of establishing new classes for overseas collaboration. In this paper, we will discuss the advantages and problems of online PBL and class design based on the practice of PBL in collaboration with companies in Japan and Thailand in 2021.

キーワード: PBL, アクティブラーニング, オンライン, 海外研修

1. はじめに

近年, 社会人基礎力が提唱され, 多くの大学等でアクティブラーニング型の授業設計を実践しているが, 本学でも, 企業・地域との連携による PBL 型の授業を積極的に取り入れてきた。また, 海外活動に興味を持つ学生も増加傾向にあるなか, 本学が位置する福井県の企業には海外, 特にアジア圏へ進出している中小企業が多く, 多様な人材育成の必要性が高まっており, 短期大学における実践的なキャリア教育の一環としての可能性も含めて, 近年, 海外での PBL 活動の可能性について調査・研究を行ったところである。

一方で, 世界的に流行した新型コロナウイルスの影響により, 国際系カリキュラムを持つ多くの大学同様, 海外渡航を伴う教育プログラムが実施困難になっているなか, 今後どのような形で授業を設計し, 正規カリキュラムとして取り入れていけばいいのか等の再検討が必要となってくる。例えば, 海外に渡航することが困難であれば, オンライン会議などの仕組みを活用することで, 距離的な制約がなくなり, 日程や費用的な

制約でプロジェクトに参加できなかった学生が参加可能となったり, さらに遠方の地域に連携先を広げたりなど地理的な制約から解放される可能性もある。このように, 授業設計における課題は, コロナ禍における学習環境の変化にも依存する。また, これまでの研究では, 評価指標の一つとして自己効力感の変化を用いてきたが, 今後は, 質的研究におけるインタビュー調査も踏まえて, 外部と連携した PBL 型授業の評価, 学習成果についての再定義も必要になると考える。

今回は, このような環境変化のなかで, オンラインを活用した国内・海外企業等との PBL 活動の可能性について, モデルケースの実践とその課題について考察を行った。

2. 当初想定した海外 PBL の利点等

これまでの研究課程から, PBL 型授業においては, 主に次の 3 点を考慮しながら授業設計を行ってきた。

(1) 学生がプロジェクトの目的を十分に理解し, 自発

的に行動できるような環境を整えること

(2) 教員側でPBL活動をデザインしすぎたり誘導しすぎたりしないこと

(3) プロジェクトの最終成果が具体的な形となって残ること

以上に加えて、海外でのPBL活動では、安全かつ継続的に実践できる環境についても配慮する必要がある。そこで、2018年度から2019年度にかけて台北市（台湾）で実施した海外候補地調査、ならびに、学生参加での実証を踏まえて、以下のような海外PBL授業モデルを設計してきた。

Step1：事前学習・準備等

連携する企業等から提示された課題に対する事前調査を実施。課題解決に向けた仮説等を検証しながら、現地での活動(Step2)に備える。

Step2：海外での演習活動

海外では、現地でのフィールドワーク等の探究活動、企業等との連携などの演習活動を実施。課題解決方法の提示、協働プロジェクト等を実施する。また、現地の文化や歴史等に触れる機会も設定する。

Step3：事後学習、報告会

帰国後、必要事項を調査・補足の上で、報告会等を開催。参加していない学生等への情報の共有を行う。

海外でのPBL活動を実践するメリット・デメリットについては、以下が検討された。

まず、メリットとして、非日常的な体験となることによる緊張感などから、学習意欲の向上などを期待することができる。また、物理的な距離・時間の制約から、プロジェクトにも厳格な期間・期限が設定されることで緊張感が高まり、学生らの事前準備等段取りする力が問われることとなる。総合的な実践活動を演習として学ぶことがPBLの主な目的であるとするれば、このような環境をリアルに体感できることは大きなメリットとなる。さらに、言葉や文化の違いなど、近年のグローバル化にも対応した学習環境となることも海外PBLのメリットとして想定される。

一方で、デメリットとしては、時間や費用等の理由により参加できる学生が限定的になりがちなことに加えて、物理的な距離や期間が限定されるがゆえに、調査不足、取り組み不足になりがちであり、プロジェク

トそのものが消化不良で終わってしまう可能性もある。PBLにおいては、失敗も学習活動の一つであると考えれば、リアルな環境を提供していると考えられることもできる。



図 1 台湾企業でのPBL活動の様子

3. オンラインPBLモデルケースの検討

これまでは、物理的な距離や時間的制約から、(Step1)事前学習、(Step2)現地での研修、(Step3)帰国後の事後報告等、といった明確な区切りをつけて授業設計を行ってきたが、すべての実践過程にオンラインの要素を組み込むことで、物理的かつ時間的な制約からある程度開放される。そこで、オンラインを活用した海外とのPBL活動の場合のメリット・デメリットについて以下のとおりまとめてみた。

3.1 オンライン化のメリット

オンラインを積極的に取り入れた場合、これまで想定していた事前学習、現地での演習といった物理的・時間的制約から解放されることで、その期間全体が1つのプロジェクトであるという意識が高まり、本来のPBLの目的に近づくのではないかと考えられる。また、海外の関係者と時間的な制約を気にせずコミュニケーションをとることが可能となるため、密度の高いプロジェクト活動が期待できる。さらに、プロジェクトにかかわる時間・頻度が向上することで、プロジェクトに対する責任感も高まり、いわゆるお客さんとしての参加ではなく、当事者としての関わりも期待できる。

3.2 オンライン化のデメリット

これまで海外だからこそあった緊張感や期待感の低下が懸念される。海外渡航することの特別感がなくなることで、非日常感もなくなり、「慣れ」によるプロジ

エクトの質の低下等もデメリットとして考えられる。よって、これら「慣れ」をいかに防ぐかという視点での環境設計が必要になると考えられる。

4. オンライン PBL のモデルケースの実践

以上のような検討を踏まえて、2021 年前期に福井大学大学院（産学官連携本部）、仁愛女子短期大学（以下「短大」と略す.）と国内・海外企業を連携させた PBL 型授業をモデルケースとして設計し、以下の流れで実践した。

4.1 対象となる授業と参加者、企業等

福井大学「技術経営のすすめ」 19 名
仁愛女子短期大学「専門演習」 3 名
中山商事株式会社（福井市）
アジア紙加工研究会（タイ・バンコク等）

4.2 授業・プロジェクトの主な流れ

2021 年 6 月 1 日、福井大学にて（短大はオンライン）、中山商事（紙加工）社長の講演にて、課題「紙の新商品開発」を提示して頂いた。その後、1 か月程度の期間で福井大学 5 グループ、短大 1 グループに分かれて海外展開も踏まえた紙の商品・サービスについて検討。途中、様々な制約により学生でのグループ活動も対面・オンラインを繰り返しながら議論を進めた。



図 2 オンライン意見交換会の様子

7 月 6 日には、タイ・バンコクから 5 社、東京、鳥取、広島から Zoom によるオンライン会議形式で集まり、商品企画に関する意見交換会を実施した。

下記は主なプロジェクト実行の流れである。

4 月 両大学での授業スタート（一部オンライン）
5 月 協力企業、参加者への打診、流れの説明

6 月 中山商事社長講演、テーマ発表

グループ検討、課題解決に向けた検討

7 月 海外企業参加による全体討論

8 月 企画の商品化に向けたプロトタイプ的设计

9 月 新商品（紙のタブレット）の試作



図 3 新商品（紙のタブレット PC）試作をする学生

5. 学生へのインタビュー調査

今回実施したモデルケースでは、これまで実施してきた参加学生の自己効力感の測定に替えて、質的研究の一環として、プロジェクトに参加した短大 2 回生 3 名を対象にインタビュー調査を行った。インタビュー開始時には本研究の目的を口頭で説明し、インタビュー内容の研究使用と、IC レコーダーによる音声記録の許可を得た。この調査では、あらかじめ質問内容についてある程度決めておき、状況に応じて質問を変更したり追加したりしながらデータを収集する半構造化インタビュー形式を採用し、2021 年 7 月 21 日に短大内において実施した。この意見交換会では 3 人 1 チームとして準備・発表を行ったため、個別面接ではなく 3 人に対するグループインタビューという形をとった。実施時間は 1 時間であった。音声データの文字起こし後、発言内容をテーマごとに分析した。

5.1 インタビューの発言内容とまとめ

以下は、学生の発言の抜粋である。発言内容は学生の語りのニュアンスを伝えるためそのまま記載した。なお、インタビューを行った短大の学生グループは、本体が紙でできたタブレット PC の開発について検討、発表しているため、それらを前提とした会話となっている。

5.1.1 複数の会社から意見をもらえたことが良かった
「1 人の人がその分野に詳しくな人に、何々さんどう思います？って話をし、そういう意見をもらえたのは、企業説明会とかって 1 社からとかしかないから、複数の会社から、回しながら話を聞けるのってなかなかないから、いい経験だったかなって。」

5.1.2 多くのアイデアを見ることができてよかった
「多くのアイデアが見られた。自分たちは紙のポットとタブレットだったけど、他のあれ見たら、チケットとか、いろいろ。」

「ペラッペラな薄い紙じゃん。実際にこちらがやったりとか、多くの人の意見を見てさ、紙ってこんな使い方あったんだねとか。改めて気付けたことって。」

5.1.3 自分たちのアイデアが受け入れられなかった
「提案したけど、すぐ駄目って言われたみたいな。」
「否定だけじゃなくて、それをどうするか、みたいな（ことも聞きたかった）。」

5.1.4 アイデアを形にすることの大切さを知った
「アイデア、実際、形にするのってさ。普通の授業とかやと、あんまないから、そういうね。言葉にできん。実際、作るのって結構、大切だなんていう感じは。」

「ただパソコンに向かって、机に向かってやってるんじゃないで、自分たちでやる、手を動かして。外行って、これ買ってきてとか言ってるのが、アイデアをつくってる、出してるって感じがした、みたいな。」

「実際、自分で考えてるだけじゃない、自分の頭の中のを形にしてるんだっていう実感がわいて。」

「タブレット、あれだよ。思い出にできるっていうのをコンセプトにしたら、結果、やったことによって、私たちもそれを思い出として、こんなことやったなって思えるようにできたから、商品のコンセプトに合ってたから、よかったみたいな。」

5.1.5 オンラインだと人見知りしない
「意外と、オンラインやと人見知りしない。」
「ある。(人見知り)しない。仮想空間にいるというか、アバターとして話しているというか、現実にいるんか、いないんか、ちょっとよく分からん感じだから(人見知りしないのかな)って思った。」

5.1.6 海外と交流しているという実感はなかった
「海外の人と関わってるっていうあれは、あまりなかったな」

「実感がない。」
「実際にしゃべる時間が少なかった。」
「だって、ここだって別にさ。珍しい空間じゃないから、いつもいる空間で、画面越しに見てて。日本人やし」

5.1.7 どういう人が参加しているのか見たかった
「福大生の人って発表する人しか顔出さなかったから、いるって感じがしない。空気みたいな。」

「できれば、全員の顔見たかった。どういふ人が参加してるのか知りたい。」

5.1.8 話し出しが難しかった
「しゃべりだしが難しい。」

「それ、めっちゃ分かる。Zoom むずい。」

「Zoom でグループワークすると、むずい。」

「誰がしゃべるみたいな感じだね。」

「これって(対面だと)お互いがしゃべりだすタイミングとか、何となく読めるけど、全然、知らん人やと、おろおろして、あつて言った瞬間にかぶって、ごめんなさいっていう。」

6. オンライン化した場合の課題と考察

一般に、国内外を問わず、外部と連携した PBL を実践する場合、以下のような課題に直面する。

① プロジェクトの継続性
協力していただく企業等のメリット等も含めた企業側の負担を考慮する必要がある。そのため、授業設計にあたっては、企業側に過度の負担とならない日程や内容を考慮する必要がある。

② 課題の設定の困難さ
海外 PBL であるが故の言葉の問題（日本企業の現地法人の場合には問題にならない）や、遠方であるが故の調査等の時間的制約があること。ただし、近年ではオンラインによる事前の情報収集が容易になっているため、短期滞在であることの制約は授業設計次第である程度解消できる。

③ 文化交流的側面への配慮
プロジェクトを通じた、または、それ以外での文化交流等の機会を設けるか否か。

上記 3 点に加えて、完全オンラインによる PBL 活

動となった場合、距離的な制約、時間的な制約を超えて、「比較的短時間で多種多様な人の意見を聞くことができる」、「画面上のみでのコミュニケーションであるため、人見知りをせずに気軽に参加できる」という前向きな意見があることがインタビュー調査で明らかになったが、同時に、これまで想定していた学習成果とのずれはないか、そもそもこれまで想定していた学習成果は適切だったのか等の疑問が生ずる。教室内の学び・知識を実践する場が PBL であるとするならば、それらがどの程度実践されていたかを評価する必要がある一方で、特に海外プログラムの場合、「参加」「滞在」することに評価の比重が偏るのではないかと。また、それらが正当な評価指標であるならば、海外に行く代替措置としての「オンライン」となった場合には、それら価値は代替不能な部分でもあり、その場合、現地で参加するという「リアリティ」のようなものをいかにプロジェクトとして担保していくべきかを考慮する必要も出てくる。実際に、今回の学生インタビューからも、「交流したという実感が乏しい」という意見があったように、このリアリティの欠如は、海外プログラムに限った話ではなく、これまで教室で行われてきた授業をオンライン化したときの「物足りなさ」が何に起因しているのか、という問題にも共通する部分になると考えられる。

PBL においては、その目的を参加学生と事前に十分理解し共有することがプログラムの成否の鍵になると考えられる。今後、海外と連携した PBL 型の授業を重ねていく中で、その問題点を明らかにしていきたいと考えている。

参 考 文 献

- (1) 澤崎敏文: “地元企業等との連携による PBL 型授業設計とその実践”, 日本教育工学会第 32 回全国大会講演論文集, pp.163-164 (2016)
- (2) 澤崎敏文, 野本尚美: “オンラインを活用した海外企業連携による PBL 型授業設計に関する考察”, 教育システム情報学会第 46 回全国大会講演論文集, pp.23-24 (2021)
- (3) 澤崎敏文, 野本尚美: “海外での企業連携による PBL 型授業設計と実践に関する考察”, 仁愛女子短期大学研究紀要第 53 号, pp.13-18 (2021)
- (4) 野本尚美, 澤崎敏文: “PBL としての海外実践活動と学

変革に適応するキャリア教育の設計：

SELによるストレス対処力の変化

田中洋一^{*1 *2}, 多川孝央^{*3}, 山川修^{*4}, 合田美子^{*2}

^{*1} 仁愛女子短期大学, ^{*2} 熊本大学教授システム学研究センター,

^{*3} 九州大学, ^{*4} 福井県立大学

Designing Career Education to Adapt to Change :

Changing in Stress Coping Skills with SEL

Yoichi TANAKA^{*1 *2}, Takahiro TAGAWA^{*3}, Osamu YAMAKAWA^{*4}, Yoshiko GODA^{*2}

^{*1} Jin-ai Women's College,

^{*2} The Research Center for Instructional Systems, Kumamoto University,

^{*3} Kyushu University, ^{*4} Fukui Prefectural University

Society5.0に対応する人材を育成するためにはSEL (Social and Emotional Learning) が大切だと考えている。オンラインのキャリア教育科目においてSELを設計したところ、主体的なキャリア形成に必要な進路選択自己効力が向上した。本稿では、本授業前後におけるストレス対処力SOCの変化について報告する。

キーワード: SEL (Social and Emotional Learning), ストレス対処力 SOC, 情動知能, キャリア教育

1. はじめに

仁愛女子短期大学（以下、本学と記す）の生活科学学科では、2021年度に生活情報専攻と生活デザイン専攻を統合し、生活情報デザイン専攻（以下、本専攻と記す）を新設した。本専攻の設置理由は、OECD ラーニング・コンパス 2030⁽¹⁾の「より良い未来の創造に向けた変革を起こす能力」を身につけ、Society5.0（新しい働きかたや新しい生活様式）に適応できる学生を養成することである。具体的には、経験学習サイクルを通して、3つの道具「プログラミング的思考、デザイン思考、アート思考」を身につけていく。ただし、そのベースには、SEL (Social and Emotional Learning) が重要だと考えている。SELとは、「社会性と情動の学習」のことであり、欧米で広く実践されている自尊感情や対人関係能力の育成を目的とした教育アプローチである。Collaborative for Academic, Social and Emotional Learning (CASEL)⁽²⁾は、SELにおいて重要な5つの能力（「Self-awareness: 自己理解」「Self-management: 自己マネジメント」「Social awareness:

社会や他者の理解」「Relationship Skill: 対人関係スキル」「Responsible Decision-Making: 責任ある意思決定」）をクラスルーム、学校、家庭や地域社会の中で育んでいくことを目的にしている。

日本におけるSELと同じような概念として、情動知能や非認知能力というキーワードがある。特に、GolemanがいうEQ（情動知能）の「5つの側面（自己認識、自己統制、意欲、共感、社会的能力）」⁽³⁾とSELは重なる点が多い。そのため、授業設計にSELを取り入れると、情動知能が向上すると考えている。田中（2022）によると、SELを設計したことにより、情動知能が向上し、キャリア教育の学修成果である進路選択自己効力⁽⁴⁾が1%有意で向上した⁽⁵⁾。本稿では、その授業前後におけるストレス対処力の変化について報告する。

2. SEL の設計

2.1 授業の概要

「キャリアプランニング」(以下、本科目と記す)は、

事務職に就く学生が多い生活情報専攻及び本専攻学生全員が履修する1年前期の選択科目である。生活情報専攻にて2020年度に開講した本科目の授業目的は、自分のアイデンティティを探り、自分の目標を設定、行動プランを作成し、実行することである。そのため、ジェネリックスキルテスト及びその振り返り、自己PRの作成、働く価値に関するカードを用いたワーク、マインドフルネスの実践、ピアメンタリング、ライフデザイン・ポートフォリオの作成を通して、自己理解及び自己目標の設定を行う。

本専攻にて2021年度に開講した本科目の授業目的は、SELを通して、自尊感情や対人関係能力を育成し、キャリアをデザインすることである。そのため、マインドフルネスやライフデザイン・ポートフォリオ作成等の実践により自己理解、質問ワークやプロセス・エデュケーションの実践により社会や他者の理解及び対人関係スキル、ジェネリックスキルテストや働く価値ワークショップ等の実践により自己マネジメント及び責任ある意思決定を育んでいく。

本科目の到達目標は下記の5つである。

- ① 客観的に自己や他者を観察できる。
- ② 経験を省察することにより、マイセオリーを作成できる。
- ③ 自分の経験から判断し、ライフデザイン・ポートフォリオを作成できる。
- ④ 自分の強みや経験にもとづき、他者に対して自己をPRできる。
- ⑤ 自分の強み・弱みを理解した上、自らの働く価値やキャリアを設計できる。

2.2 授業計画

2020年度及び2021年度の本科目は基本的に、オンライン会議アプリ Zoom を用いた同期型（リアルタイム配信）で実施した。ただし、レクチャー部分は、YouTube を活用したオンデマンド動画を LMS（学習管理システム）「仁短 Moodle」に配置した。

2020年度は、COVID-19 の対策として、急にオンライン授業へ変更したため、①自己紹介、②SEL（マインドフルネス、質問ワーク、ライフデザイン・ポートフォリオ）、③就職を見据えた行動計画（働く価値観、ライフプラン、PROG の振り返り等）と、結果的に理

想的な学び順になった。

2021年度は、①マインドフルネス、②プロセスエデュケーション、③ライフデザイン・ポートフォリオ、④ジェネリックスキル&ライフプランという学び順にリデザインした。特に、マインドフルネスの体験を前倒したことで、プロセスエデュケーションの内容を拡充したことが修正ポイントである。下記が15回の授業計画である。

(1) マインドフルネス入門

到達目標：幸福について考える、マインドフルネスを知る。

(2) マインドフルネス：ヨガ瞑想①

到達目標：ヨガ瞑想（座位）を実践してみる。Breathing（呼吸）エクササイズ&Isometric（等尺性）エクササイズの体験。

(3) マインドフルリスニング&ヨガ瞑想②

到達目標：マインドフルネスに慣れる。マインドフルリスニング（傾聴）&ヨガ瞑想（あおむけ）。

(4) プロセスエデュケーション

到達目標：名画鑑賞ワークの体験。幸福の4因子の理解。

(5) 質問ワーク「自分の課題」

到達目標：チームにおける質問の力を知る。問題の再定義の意義を知る。

(6) 合意形成ワーク

到達目標：各自の「モノの考え方」や「価値観」に注目して、お互いの理解を深める。少数意見を大切に、対話の過程を観察する。

(7) ジェネリックスキルテスト【非同期型】

到達目標：現時点での自分のジェネリックスキルを判定する。リテラシーテスト（学び方）&コンピテンシーテスト（態度）。

(8) 過去を想起する

到達目標：ピアメンタリングのコツを理解する。過去を想起して、可視化する。

(9) 過去回帰から理念を導く

到達目標：自分の理念について考える。

(10) 人生の核心をつかむ

到達目標：自分の理念及び人生の核心について考える。

(11) 核心に沿った目標を立てる

到達目標：短期目標&長期目標を立てる。ライフデザイン・ポートフォリオ（LDP）を作る。

(12) LDP 発表&ライフプラン【非同期型】

到達目標：変化への適応力を考える。自分のライフデザイン・ポートフォリオについて説明できる。自分のライフプランを作成する。

(13) 働く価値に関するワークショップ

到達目標：自分にとっての働く価値観を説明できる。

(14) ジェネリックスキルの振り返り

到達目標：ジェネリックスキルテストを振り返り、自分の強み&弱みを理解する。

(15) 自己 PR のプレゼンテーション

到達目標：自己 PR をプレゼンする。自分にとっての本授業の意義を考える。

2.3 振り返りシート

本科目では、毎回課題として「振り返りシート」を記述してもらう。内容は下記のとおり、Kolb の経験学習サイクル⁶⁾にもとづいている。

- ① 経験「やってみよう！」
今回の授業&課題で経験したことのうち、印象に残っているのは何ですか？ なるべく具体的に書きましょう。
- ② 振り返り「どうだった？」
先の経験から自分が気づいたことや分かったことは何ですか？
- ③ マイセオリー「次はこうしよう！」
先の振り返りをふまえて、今後、他の場面でも活用できるようなマイセオリー（仮説や教訓）は何ですか？
- ④ チャレンジ「試してみよう！」
今回の振り返りシートには書かなくていいですが、先のマイセオリーを実際に試してみよう！

SEL としても、この振り返りシートが重要だと考えている。本科目で実施した Zoom でのグループワーク（ブレイクアウトルーム）では、明確なインストラクションとタイトな時間制限をかけた上、全体メッセージによる各グループへの指示はしたが、各グループ自体は巡回しなかった。対面授業の場合、対話が活性化していないグループへは介入をしていたが、遠隔授業では放任しているため、振り返りシートでプロセスを確認し学生ごとへフィードバックしている。振り返りシートを分析した結果、筆者の授業設計どおり、学生

は学習していることが確認できた。

本科目 15 回終了後の授業評価アンケートにおける質問 4 つに対する平均（標準偏差）は下記のとおりである（4 件法，有効回答数 50 名）。「①あなたは、この授業に対して意欲的に取り組んだ」3.9 (0.35)，「②この授業において、教員の指示は適切だった」3.8 (0.40)，「③全体的に、この授業の内容は理解できた」3.7 (0.51)，「④総合的に判断すると、良い授業だった」3.8 (0.40)。すべての項目で、本専攻平均よりも高い値であった。これらのことから、授業実践は、教師の授業設計どおり機能していることがわかった。

3. ストレス対処力の分析

首尾一貫感覚（Sense of Coherence⁷⁾、以下 SOC と記す）とは、ストレスに柔軟に対応できる能力を示す。SOC は、自分の置かれている状況を予測・理解できる「把握可能感」（comprehensibility）、何とかやっつけられるという「処理可能感」（manageability）、日々の営みにやりがいや生きがいを感じられる「有意味感」（meaningfulness）の 3 つから構成される。SOC が強い人は健康が維持されやすいと言われる。今回用いた日本語版 SOC-13 尺度は、13 項目を 7 件法で回答する。本科目 1 回目終了時と 14 回目終了時の両方に回答した有効回答数は 89 名である。有意味感は無意味感低下した（表 1）。有意味感低下の要因としては、大きく値を下げた学生の影響が考えられる。

表 1. SOC の測定結果：平均（標準偏差）

	把握 可能感	処理 可能感	有意味感	SOC
1 回	19.8 (4.36)	17.9 (3.98)	19.0 (3.77)	56.7 (10.40)
14 回	20.3 (4.90)	18.3 (3.90)	17.9*** (3.99)	56.5 (11.06)

$n=89$, *** $p<0.001$

4. おわりに

田中（2022）によると、主体的なキャリア形成の指標になる進路選択自己効力は 1%有意で向上、情動知能の指標として用いた日本語版 WLEIS⁸⁾は「他者の情

動評価」カテゴリーのみ有意に向上した。また、本科目終了時における進路選択自己効力及び日本語版 WLEIS カテゴリーには弱い正の相関はあったため、SEL の意義はあると考えている。

本稿で分析したストレス対処力 SOC は、有意味感が有意に減少した。有意味感の値を大きく下げた学生個人に対して追加調査はしていない。2022 年度、もしも SOC を大きく下げた学生がいた場合は、インタビュー調査を実施し、理由を明らかにしたい。

2022 年度は、本科目を面接授業で実施する予定のため、授業方法の違いも含め、SEL の学習効果を心理尺度や半構造化インタビューで明らかにしたい。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP 19K03100, 20H01727, 21K18516 の助成を受けたものです。

参 考 文 献

- (1) OECD Learning Compass 2030,
<https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning-compass-2030/> (2022/4/10 閲覧)
- (2) CASEL, <https://casel.org> (2022/4/10 閲覧)
- (3) Goleman, D. : “Emotional Intelligence: Why it Can Matter More Than IQ?” (1995). (土屋京子訳, EQ : こころの知能指数, 講談社)
- (4) 浦上昌則: “学生の進路選択に対する自己効力に関する研究”, 名古屋大学教育学部紀要, Vol.42, pp.115-126 (1995)
- (5) 田中洋一ら: “変革に適応するキャリア教育の設計”, JSiSE Research Report vol.36, no.7, pp.19-22 (2022)
- (6) Kolb, D. A. : “Experiential learning: Experience as the source of learning and development”, Prentice Hall, Englewood Cliffs. (1984)
- (7) Antonovsky A. : “Unraveling the Mystery of Health: How People Manage Stress and Stay Well.”, San Francisco: Jossey-Bass. (1987)
(山崎喜比古, 吉井清子, 監訳. 健康の謎を解くーストレス対処と健康保持のメカニズム. 東京: 有信堂高文社. 2001)

- (8) 豊田弘司ら: “日本版 WLEIS (Wong and Law Emotional Intelligence Scale) の作成”, 奈良教育大学教育実践総合センター研究紀要, 20 巻, pp.7-12 (2011)

人間的力量育成のための導入教育の設計と試行

村松慶一^{*1}, 松居辰則^{*2}

^{*1} 早稲田大学グローバルエデュケーションセンター

^{*2} 早稲田大学人間科学学術院

Design and Trial of Introductory Education for Self-competence Development

Keiichi Muramatsu ^{*1}, Tatsunori Matsui^{*2}

^{*1} Global Education Center, Waseda University

^{*2} Faculty of Human Sciences, Waseda University

The Global Education Center of Waseda University offers an educational program for self-competence development as one of the academic skills that all students should acquire in common. In this educational area, students are required to select courses that form a cycle of theory and practice in accordance with their interests. In this presentation, we report on an introductory education course that was designed on a trial basis to help students clarify the purpose and reasons for training their own abilities in order to select the course. As a result, the learning goal that students reaffirm the purpose and reason for self-competence development was achieved. However, there was considerable room for improvement in learning activities that promote awareness of student's own assumptions.

キーワード: 人間的力量育成, 導入教育, 認知バイアス, 思い込み, ディベート

1. はじめに

世界のグローバル化により先進国では知識, 情報, サービスをめぐる絶え間ない創造が経済発展の基盤となっており, 知識や人材は国境を越えて移動し, 新たな知識は生み出され, 技術革新が加速度的に繰り返されている⁽¹⁾. また, フラットなヒエラルキーと自己管理が, 強いヒエラルキーと外部からの管理にとって代わり, 時間や空間に関する仕事の境界があいまいになってきた結果, 教科横断的で学際的なコミュニケーション能力, 協同や自己組織化や自己管理のための能力, 異文化間能力, 柔軟性, 機動性, 語学力, そして異なる生活圏を調整する能力が職業上の課題を遂行するための重要な前提条件となってきた⁽²⁾.

こうした社会的背景から, 早稲田大学グローバルエデュケーションセンター (以下, GEC) では, 全ての学生が共通に身に着けるべき学術的スキルのひとつとして, 人間的力量育成 (self-competence development)の教育プログラムを提供している. 早稲田大学の建学の理念のひとつである「模範国民の造就」は, グローバリゼーションが進展する現代においては豊かな人間性を持った「地球市民の育成」と言い換えることができ, その基盤を形成する取り組みのひとつが人間的力量育成であるといえる.

本報告では, 人間的力量育成のために試行的に設計した導入科目について述べる. 具体的には, 人間的力量の考え方を概説し, 当該授業の設計コンセプト, 教育プログラム化について説明した後に授業の実践と評

価についても述べる。

2. 人間的力量の考え方

人間的力量という概念は、早稲田大学の教育・研究ポリシーを表現する上で重要であり、次のように説明される：「早稲田大学の卒業生が地球上のどのような地域に行っても、そこに溶け込みサバイヴし、その地域社会の価値観を学んで、その結果として自分の故郷の地域社会でも、または行った先の地域社会や国に貢献する場合でもよし、または自分の国やその国の民間企業に貢献するのもよし、さらに国際機関・国際企業などを通して地球上の大きな地域（region）または国際社会に貢献すること、どの分野であっても、周囲の人々の幸福の実現を目指す強い意志をもち、多様な価値観や文化的背景をもった人々を一つにまとめ上げこれをリードする力量」⁽³⁾。

人間的力量には問題解決力、コミュニケーション力など、さまざまな能力が含まれていると考えられるが、冒頭の社会的背景を鑑みるに、self-competence が大きな位置を占めると考えられる。この self-competence とは、世間一般、仕事、自己に対する態度を指し、意欲、勤勉さ、正確さ、献身といった古典的な仕事上の美徳に加えて、自尊心、柔軟性、責任感といったより一般的な特性も含まれる⁽²⁾。早稲田大学第 17 代総長による、答えのない問題に挑戦する「たくましい知性」を鍛え、多様な価値観を持つ人々に敬意をもって接し理解する「しなやかな感性」を育む⁽⁴⁾という教育方針は、人間的力量を備えたグローバル・リーダーの態度を表現したものとも捉えることができよう。

3. 授業設計のコンセプト

GEC での「たくましい知性」と「しなやかな感性」を育成の取り組みは、正課の科目を起点として正課外の活動まで含めた理論と実践の往還を目指すものである。具体的には、正課の人間的力量科目としてキャリア形成、ダイバーシティ、ボランティア、地域連携、リーダーシップ、ビジネス創出の科目群が GEC によって提供されており、正課外の活動としては平山郁夫

記念ボランティアセンター、キャリアセンター、異文化交流センターが主管するワークショップ、インターンシップ、イベントなどが実践の場として用意されている。（注：当然ながら、人間的力量科目以外の正課の科目および公認サークルや体育局などの課外活動も理論と実践を学ぶ場ではあるが、本報告では人間的力量育成の教育プログラムに焦点を当てるためあえて言及していない。）

正課の科目と正課外の活動を円滑に接続し、理論と実践の往還を実現するためには、人間的力量科目の共通性や個別性について整理する必要がある。その上で、学生自身が伸ばしたい人間的力量ないし self-competence を自ら認識することも必要であると考えられる。これらを導入教育として実施することによって、修得の必要な正課の科目と正課外の活動を学生が自ら選択できるようになると考えられる。

先述のように self-competence は世間一般、仕事、自己に対する態度を指すものであるため、そういった態度に対する学生自身の認識あるいは再認識を促すことが導入教育の授業内容としてふさわしいと考えられる。特に、教科書や参考書に載っている問題ではなく、正解のない問題に取り組むことに慣れていない初年次の学生に向けて、世界に対する認識を捉え直す機会を作ることが重要である。従来からの世界に対する認識に誤りがあるかもしれないということに、学生自身が気づくことが授業設計のコンセプトである。

4. 教育プログラム化

前述の授業設計のコンセプトを踏まえ、「人間的力量ファンダメンタル」「人間的力量学基礎 1」「人間的力量学基礎 2」「人間的力量学応用 1」「人間的力量学応用 2」という 5 科目からなる教育プログラムを作成した。（ただし、「人間的力量学基礎 1」「人間的力量学基礎 2」「人間的力量学応用 1」「人間的力量学応用 2」については後に基礎と応用が統合され、「人間的力量学 1」「人間的力量学 2」となっている。）

「人間的力量ファンダメンタル」は人間的力量科目との接続性を志向して共通性や個別性について言及するものであり、「人間的力量学」は世界についての知識

を整理する方法について演習するものである。どちらも従来からの世界に対する認識に誤りがあるかもしれないということに、学生自身が気づくというコンセプトに基づいて授業が設計されているが、本報告では他の人間的力量科目との直接的な関係性から「人間的力量ファンダメンタル」について詳述する。

4.1 学習目標と学習評価

「人間的力量ファンダメンタル」では、人間的力量科目群に通底するマインドを学び、学生自身が「たくましい知性」と「しなやかな感性」を鍛える目的と理由を改めて確認することが学習目標として設定された。学生の成績は、学期末に出題されるレポートの考察の内容から、学習目標に対する到達度を評価（60%）し、毎回出題する小課題から、授業内容の理解度および取り組み態度を評価（40%）することとした。

4.2 学習活動

授業全体の構成は、初回到授業の狙いと構成を説明するイントロダクション、2回目から4回目までに関連トピックの解説、5回目から7回目までのディベート形式のディスカッション、最終回にまとめとして授業の振り返りを行うものである。

4.2.1 関連トピックの解説

世界に対する認識を捉え直す機会を作ることを念頭に、人間の認知能力に関するトピックを設定した。具体的には、人間のもつ原初的能力（2回目）、社会において求められる能力（3回目）、求められる能力のギャップ（4回目）である。人類が進化過程で獲得した認知能力を出発点とし、現代社会で求められている職務上の能力を引き合いに出すことで、それらの能力のギャップについて解説する流れである。能力のギャップとしては認知バイアスの話題を取り上げ、人類が獲得した認知能力の一部は現代社会の環境下では不都合を起し得ることの理解を通して、思い込みによって世界を誤って認識してしまうことについて学生の気づきを促す狙いがある。

人間のもつ原初的能力については書籍『サピエンス全史』^(5, 6)を参照し、言語体系の獲得や原始的信仰の

獲得を取り上げるとともに、感性の進化的起源に関する仮説を取り上げる。社会において求められる能力については、社会人基礎力について取り上げる。求められる能力のギャップについては、言語能力を発揮することによって記憶が阻害されたり思考が停滞したりする事例を紹介するとともに書籍『Factfulness』⁽⁷⁾で思い込みとして紹介される認知バイアスを取り上げる。

4.2.2 ディベート形式のディスカッション

身近な話題における思い込みを体験し気づきを得る目的で、それぞれの人間的力量科目に関連する論題を設定した。各科目とディベート論題を表1に示す。ただし、地域連携の科目については教員の都合により設定されていない。これらの論題は「正解のない問題」を念頭に各科目の担当教員との協議によって作成された。一般的な意見としては肯定とも否定ともつかないような論題とすることで、特定の文脈に依存した主張が出されやすくなることを意図している。これによって、ディスカッションの中で思い込みが生じやすくなっていると考えられる。

表 1 各科目に関連するディベート論題

科目	論題
キャリア形成	具体的なキャリア目標を持つべきか否か
ダイバーシティ	「みんなちがって、みんないい」という価値観は、競争社会において受容可能か否か
ボランティア	ボランティアは自己満足か、否か
リーダーシップ	リーダーシップをとるのは牽引力のある人(たち)だけであるべきか
ビジネス創出	ビジネス創出は大学や企業等のシーズに基づくべきか否か

学生は2名から4名のグループに分けられ、事前準備として各論題の肯定・否定の両者について、立論：論題に対する意見、反論：立論に対して想定される意見、主張：反論に対して反論した最終的な意見、の3

点を 30 分程度で作成する。その上で、肯定側および否定側の立論、質疑、反駁をそれぞれ 2 分ずつ行うフォーマットでディベートを実施する。

所定の論題についてディスカッションが終わった後に、各自でディスカッションの中で気づいた思い込みについてまとめ、小課題として提出することとする。

4.2.3 授業の振り返り

ディベート形式のディスカッションについては、各科目の担当教員が論題に対応する形で作成したビデオメッセージを視聴することで振り返りを行う。このビデオメッセージは、論題についての解説とともに各科目との接続性について説明する内容となっており、引き続き学生にそれらの科目の受講を促す意図がある。

また、各論題のディスカッションに想定される思い込みについて、書籍『Factfulness』⁽⁷⁾に紹介される認知バイアスに基づいて解説を行う。これにより、各科目を受講する中で直面する可能性のある self-competence の固有性を明確にする意図がある。例えば、キャリア形成科目では、何もしなくてもキャリアは続いていくという思い込みがあり、実際には“直線的な”キャリア進路はないかもしれないということが「直線本能」と呼ばれる認知バイアスとして説明される。さらに、人間の認知能力に関するトピックを振り返りながら、「自分自身の文脈で世界と関わっていく」態度が人間的な力量育成科目の共通性として説明される。これは、ディスカッションを通して特定の文脈に依存した主張とそれに対する思い込みを体験することと関連しているとともに、各科目で扱う課題を解決するために当事者意識が不可欠であることに由来している。

5. 実践と評価

2021 年度秋クォータおよび冬クォータに全学向けに「人間的な力量ファンダメンタル」を実施した。この科目は初年次向けを想定して設計されているが、受講に際して制限を設けなかったため、2017 年入学から 2021 年入学の学生が受講し、30 名が最終レポートを提出した。最終レポートの課題内容は次の通りであった：この講義で解説した内容やディスカッションでの気づきを通して、あなたが自分にとっての「たくまし

い知性」と「しなやかな感性」を鍛える目的と理由を説明しなさい。その際に、受講前と受講後の自身のマインドの変化について具体的に言及すること。

まず、「たくましい知性」と「しなやかな感性」を鍛える目的と理由については、例えば「現代社会が求める人材になるため」というような目的と、動機として理解される「現代社会が求める人材になりたい」というような理由が明確に分離されていない回答が多く見られた。そのため、ここでは両者とも目的として解釈することとした。その結果、明確に文意を読み取ることでできなかった 2 件を除いて、学生自身にとっての目的に関する回答が得られた。このうち、人間像に言及する回答がほとんどを占めていた。例えば「考える力とチームで働く力をもった、現代社会が求める人材になるため」「リーダーシップを発揮し、社会を引っ張っていく存在になりたいから」というように、社会人としての理想像を描くものである。一方で、少数ではあったが「自身で情報の取捨選択、価値判断ができるようになるため」のように具体的な能力について言及するものがみられた。

人間像についての言及が多かったことについては、社会人として求められる能力が複数あり、総合的な能力の学修が必要であると学生たちが考えているため、それらの能力を総合した人物像の表現が用いられたと推察される。学習目標である、学生自身が「たくましい知性」と「しなやかな感性」を鍛える目的と理由を改めて確認することは達成されていると考えられるが、抽象的な人間像だけではなく、より具体的な能力にも言及できるような授業の改善も検討する必要がある。

次に、受講前と受講後の自身のマインドの変化については、思い込みないし認知バイアスに気づいた旨の回答が約半数であった。例えば「私たちは様々な「思い込み」に縛られ生きているなど実感した」「“何で自分はそう考えたのか”と改めて考えたり“他の人はどうこの段階で違う考えになったのか”と考えていくようになりました」というように、ディベート形式のディスカッションを通して、自身の思い込みを自覚するようになったことがうかがえる。

その一方で、残りの半数は「正解のない問題」に対

して思考を続けることの重要性について、あるいは「たくましい知性」や「しなやかな感性」を鍛え、発揮することの重要性についての回答であった。ディベートの論題が「正解のない問題」を念頭に置いたものであったため、ディスカッションを通してそれらの認識を強めることになったものと推察される。授業設計のコンセプトである、従来からの世界に対する認識に誤りがあるかもしれないことに気づく、すなわち思い込み気づくという点については、より達成度を高めるべく学習活動を見直す必要があると考えられる。例えば、ディベート形式のディスカッションの事前準備であった、立論、反論、主張の作成は、セルフ・ディベートの方法のひとつであり、論題についての多面的な理解を深めるものである。この作業に重点を置き、作成された立論、反論、主張を発表し他者の意見と比較することで、自身の思い込みについての気づきを促すような学習活動の改善が考えられる。

6. おわりに

本報告では、人間的力量育成のために設計した導入科目の試行について述べた。早稲田大学の教育・研究ポリシーを表現する上で重要な人間的力量をある種の **self-competence** として捉え、従来からの世界に対する認識に誤りがあるかもしれないことに気づくことを授業設計のコンセプトとして教育プログラムを作成した。その一部である「人間的力量ファンダメンタル」の授業において、人間の認知能力に関する解説とディベート形式のディスカッションを実施した結果、学生自身が「たくましい知性」と「しなやかな感性」を鍛える目的と理由を改めて確認するという学習目標は達成されたが、授業設計のコンセプトの実践には改善の余地が見いだされた。

人間の認知能力に関する解説として、人類が進化の過程で獲得した認知能力を起点にしたものはユニークであるとともに学生にとってインパクト残すものであったと考えられる。今後はセルフ・ディベートの方法に重点を置いた学習活動を実施することで、授業設計のコンセプトについても十分な実践を目指す。また、本報告では言及しなかった、正課の科目と正課外の活

動を円滑に接続するという観点からも評価を行う予定である。それに際して、人間的力量に関する概念を整理するためのオントロジーを構築することで、正課と正課外の科目の概念レベルでの統合を計画している。その上に正課の科目群と正課外の活動群が有機的に結び付けられることで、理論と実践の往還が実現される。

謝辞

早稲田大学グローバルエデュケーションセンター 人間的力量教育部門の先生方には、授業の設計や進め方について有益な助言をいただきました。

参考文献

- (1) 松尾知明: “知識社会とコンピテンシー概念を考える— OECD 国際教育指標 (INES) 事業における理論的展開を中心に—”, 教育学研究, Vol.83, No.2, pp.154-166 (2016)
- (2) Schaeper, H.: “Development of competencies and teaching–learning arrangements in higher education: findings from Germany”, *Studies in Higher Education*, Vol.34, No.6, pp.677-697 (2009)
- (3) 所長挨拶 - 早稲田大学 平山郁夫記念ボランティアセンター,
<https://www.waseda.jp/inst/wavoc/about/message/>
(2022年4月13日確認)
- (4) 総長挨拶 - 早稲田大学 Waseda Vision 150
<https://www.waseda.jp/inst/vision150/about/message>
(2022年4月13日確認)
- (5) ユヴァル・ノア・ハラリ, 柴田裕之(訳): “サピエンス全史 (上) 文明の構造と人類の幸福”, 河出書房新社, 東京 (2016)
- (6) ユヴァル・ノア・ハラリ, 柴田裕之(訳): “サピエンス全史 (下) 文明の構造と人類の幸福”, 河出書房新社, 東京 (2016)
- (7) ハンス・ロスリング, オーラ・ロスリング, アンナ・ロスリング・ロンランド, 上杉周作(訳), 関美和(訳): “Factfulness: 10 の思い込みを乗り越え, データを基に世界を正しく見る習慣”, 日経 BP, 東京 (2019)

STEAM 教育への適用を意識した 情報通信ネットワーク教材の開発

向田一成^{*1}, 香山瑞恵^{*2}, 永井孝^{*3}

*1 信州大学大学院, *2 信州大学, *3 ものつくり大学

Development of Information Communication Network Learning Materials for Application to STEAM Education

Issei Mukoda^{*1}, Mizue Kayama^{*2}, Takashi Nagai^{*3}

*1 Graduate School of Science & Technology, Shinshu University

*2 Shinshu University, *3 Institute of Technologists

あらまし：本研究の目的は情報通信ネットワークの学習を主とした教材の開発である。提案教材では双方向性のあるコンテンツの作成を通して情報通信ネットワークの構成についての体験的な学習を可能とする。本稿では提案教材の機能について概観し、STEAM 教育へ適用した学習ユースケースを示す。また、教材の機能評価実験の結果と考察についても記述する。

キーワード：教材開発, 情報通信ネットワーク, プログラミング, STEAM 教育

1. はじめに

平成 29 年 3 月に小学校及び中学校, 平成 30 年 3 月に高等学校の新学習指導要領が公示された。その中では児童・生徒の発達段階を考慮して, 情報活用能力の育成に注力する必要があるとされている⁽¹⁾。小中高を通してプログラミング教育等の充実が図られている。その中でも中学校では双方向性のあるコンテンツのプログラミング, 高校ではプログラミングに加えて情報セキュリティを含むネットワークを学ぶとしている。

具体的には中学校技術科新学習指導要領⁽²⁾ (以下, 中学新要領) では「生活や社会における問題を, ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングによって解決する活動を通して, 情報通信ネットワークの構成と情報を利用するための基本的な仕組みの理解や安全・適切なプログラムの制作, 動作の確認及びデバッグ等ができるよう指導する」としている。高等学校情報科新学習指導要領⁽³⁾ (以下, 高校新要領) では、「情報通信ネットワークを介して流通するデータに着目し, 情報通信ネットワークや情報システムにより提供されるサービスを活用し, 問題を発見・

解決する活動を通して, 情報通信ネットワークの仕組みや構成要素等の知識や技能, 情報通信ネットワークにおける必要な構成要素を目的や状況に応じて選択するための思考力, 判断力, 表現力等を身に付けることができるよう指導する」としている。

本研究の目的は, 情報通信ネットワークの構成について学ぶ教材の提案である。この教材の特徴は, 中学校技術科で扱うネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングと, 高等学校情報科で扱う情報通信ネットワークの仕組みや構成要素に関する基礎的な事柄が一つの教材で学習できることである。ここでは双方向性のあるプログラミングや情報通信ネットワーク構築のためのプログラミングが容易な micro:bit を主たる制御デバイスとして利用する。

本稿では, 中学・高校新要領/解説における情報通信ネットワーク関連の学習項目を示した上で, 提案教材の設計と実装, ユースケースを説明する。また提案教材の機能評価を目的に行った実験の結果と考察についても記述する。

2. 情報通信ネットワーク関連の学習項目

2.1 双方向性のあるコンテンツのプログラミング

中学新要領解説では、「コンテンツとは、デジタル化された文字、音声、静止画、動画などを、人間にとって意味のある情報として表現した内容」を意味しており、「ネットワークを利用した双方向性とは、使用者の働きかけ（入力）によって、応答（出力）する機能であり、その一部の処理の過程にコンピュータ間の情報通信が含まれること」を意味するとしている。また、「利用するネットワークは、インターネットに限らず、例えば、校内 LAN、あるいは特定の場所だけで通信できるネットワーク環境でもよい」と記述されている。

中学校向け技術分野のある教科書では、制作する双方向性のあるコンテンツの例として Web ページとチャットシステムのプログラムを挙げている。ここで Web ページではコンテンツは静止画であり、人によるクリックを入力、画像の表示を出力とし、ネットワークはインターネット通信を想定している。またチャットシステムではコンテンツは文字であり、文字列メッセージの送信を入力、コンピュータ上での表示が出力とし、ネットワークは学内 LAN を想定している。

2.2 情報通信ネットワークの仕組みや構成要素

中学新要領解説では情報通信ネットワーク上で情報を利用する仕組みとして以下の学習項目を挙げている。

- i. コンピュータ同士を接続する方法
- ii. 情報通信ネットワークの構成
- iii. パケット通信や Web での情報の表現、記録や管理

例えば中学校向け技術分野のある教科書では、i として情報通信ネットワークには有線接続や無線接続があり、イントラネットやインターネットなどの種類があることを説明している。加えて機器を識別するために割り振られる IP アドレスと、IP アドレスとドメイン名の対応付け、通信プロトコルとしての TCP/IP について記述されている。また ii としてサーバやルータの役割の説明とそれらを介した双方向の情報のやり取りを説明している。iii についてはデータを分割して送るパケット通信の方法と、URL を構成している要素について記述されている。

また高校新要領解説では上記の中学校技術の学習内容を踏まえて以下の学習項目を挙げている。

- iv. 情報通信ネットワークの仕組み
- v. 情報システムの仕組み
- vi. データを蓄積、管理、提供する方法
- vii. データを収集、整理、分析する方法
- viii. 情報セキュリティを確保する方法

例えば高等学校向け情報科のある教科書では、iv についてネットワークの種類である LAN と WAN、ネットワークを利用したコンピュータのシステム形態である集中処理と分散処理について説明している。このとき分散処理ではサーバとクライアントのかかわりについても説明されている。また中学教科書と同様に TCP/IP プロトコルについて解説されており、さらにプロトコルの各階層の機能と処理について述べられている。そして IP アドレスとドメイン名を用いた名前解決、ルータを用いたルーティングについても記述されている。v については暮らしの中で利用される情報システムの例（POS システム、予約システム等）が挙げられている。vi ではデータを管理するデータベースの役割とビッグデータやオープンデータが蓄積される流れが説明されている。vii についてはデータの格納形式であるリレーショナルデータベースと格納されたデータに対して操作を加える SQL が説明されている。viii についてはパスワード管理とマルウェアや不正アクセスへの対策法の記述がある。また電子透かし、ブロックチェーン、暗号化などといった安全のための情報技術が挙げられている。

3. 提案教材の設計

提案教材では、情報通信ネットワークの構成を学習対象とするため、2.1 節と、2.2 節の i, ii, iv, v の項目を取り上げる。この教材で扱う情報通信ネットワークの種類はイントラネットとインターネットとする。

3.1 イン트라ネットでの教材利用

イントラネットでの教材利用（以下、イントラネット教材）の場合には双方向性のあるプログラミングを通して、2.2 節の i の無線通信と ii, iv に含まれるルータを用いたルーティングについて学ぶ。イントラネット教材は 2 人以上の 1 つのグループで利用する。学

習者はそれぞれの制御デバイス(コンピュータに相当)に対してネットワークを介したデータの送受信のプログラムを作成する。同じグループ内のコンピュータ同士がデータを送受信することで情報システムを構成する。この体験からvについて学ぶ。

イントラネット教材では双方向性のあるプログラミングとして、コンテンツは文字、送信先への文字列メッセージの送信を入力、出力として送信先のコンピュータの画面に文字列が表示される。無線通信の規格は近距離無線通信とする。イントラネット教材の構成を図1に示す。グループ内のコンピュータはデータを送受信する順番を決定し、ネットワークを形成する。最初のコンピュータから順にデータを送受信し、最後に受け取るコンピュータがルータ役となる。本研究ではデータを送信する際に交通整理を行うことをルータの役割として考える。ルータ役のコンピュータはデータを受け取ったら次の順のコンピュータではなく最初のコンピュータへデータを送信する。これらを通してネットワークの接続とルーティングについて学ぶ。

3.2 インターネットでの教材利用

インターネットでの教材利用(以下、インターネット教材)の場合には双方向性のあるプログラミングを通して、2.2節のiのIPアドレスを用いたコンピュータの識別、ii, ivに含まれるサーバとクライアントのかかわりについて学ぶ。インターネット教材は1人以上かつ2つ以上のグループで利用する。インターネット教材の概要を図2に示す。ここで自グループのクライアントはイントラネット教材を利用する。インターネット教材ではさらにサーバ用の機器を用いる。学習者はグループで1つのサーバに対して、自グループのクライアントとのデータの送受信に加えて、他グループ

のサーバとデータを送受信するプログラムを作成する。自グループのサーバは自グループのクライアントから受け取ったデータを他グループのサーバに対してインターネットを介して送信する。また、自グループのサーバは他グループのサーバからインターネットを介して受け取ったデータを自グループのクライアントに送信する。このような情報システムを構成することでvについて学ぶ。

サーバでは自グループの情報と送信先サーバの情報を設定する。ここで自グループの情報はIPアドレスに相当する。これらの情報は、他グループのサーバへデータを送信する際に利用する。また、他グループのサーバからデータを受信する際には自グループ宛ではないデータは受け取らないようにする。また、サーバはルータ役のクライアントからデータを受け取る。そしてサーバはクライアント内で最初にデータを送信するコンピュータへ他グループのサーバから受信したデータを送信する。これらを通してIPアドレスに相当する情報を用いたコンピュータの識別とサーバとクライアントのかかわりについて学ぶ。

4. 実装

4.1 イントラネット教材

イントラネット教材を構成するコンピュータにはmicro:bitを利用する。これらのコンピュータには個々に固有のIDを持たせる。ここでのIDはアルファベット記号とする。データの送受信はアルファベット順で行われる。そのためデータを最初に送信するコンピュータのIDは「a」となる。特にルータ役のコンピュータのIDには大文字のアルファベットを割り振る。例えば4台で情報通信ネットワークを構成する場合には

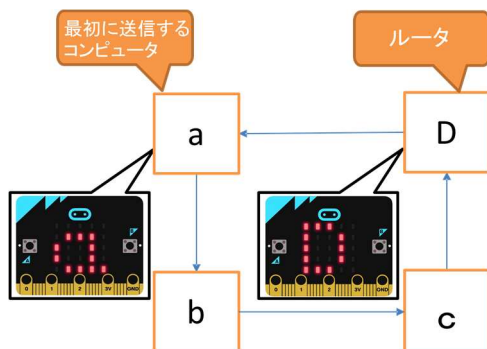


図1 イントラネットの構成

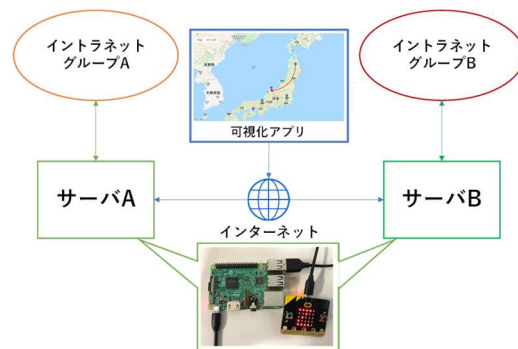


図2 インターネットの構成

ルータ役のコンピュータの ID は「D」となる。

この教材ではボタン回し課題を扱う。ボタンとなるデータは送信側コンピュータの ID の文字列を用いる。ルータ役のコンピュータがアンカーとなる。この課題では ID が「a」のコンピュータにアンカーはボタンを回す。これによりグループ内のコンピュータ間でボタンの送受信が実現する。次の順のコンピュータがいない場合にはボタン回しが途切れる。この体験により無線通信でのネットワークの接続とルーティングを学ぶ。

イントラネット教材で双方向性のあるプログラミングには Microsoft MakeCode を利用する。本研究では MakeCode に対して情報通信ネットワークの構成を学ぶためのブロック群 (PICAPICA グループ) を追加した。PICAPICA グループのブロック群を図 3 に示す。学習者はこれら 9 個のブロック (7 つの処理と 2 つの変数) を利用して無線通信でのネットワークの接続とルーティングを伴うプログラムを作成していく。ブロック A では無線通信をするグループの ID を指定する。グループの ID は数値 (0~255) とする。ブロック B とブロック C はコンピュータの ID を設定する際に利用する。ブロック D はルータ役 (アンカー) となるコンピュータを宣言する。ブロック E はコンピュータに設定された ID を micro:bit の LED 上に表示する。ブロック F はデータ (ボタン) を送信する。ブロック G では受信データがこのコンピュータの ID (以下, 自 ID) の 1 つ前のアルファベットか否か, すなわち自分宛のボタンかを判定する。自分宛の場合のみ LED 画面に受信データを表示する。また, ブロック H はこのコンピュータがデータを最初に送信するか否かを表す変数である。ブロック I は自分宛のボタンか否かを表す変数である。

図 3 に示したブロックで作成した micro:bit のプログラム例を図 4 に示す。これはアンカーも含めたすべての micro:bit で利用できる。このプログラムは 7 つのブロックのまとめ (図 4 中①~⑦) で構成されている。①ではブロック A を用いて無線通信をするグループの ID を 1 に指定している。これはプログラム起動時に 1 回だけ実行される。②, ③, ④, ⑤ではコンピュータの ID を設定する。②ではブロック E を用いて自 ID を表示する。自 ID は起動中継続的に表示される。③ではブロック B を用いて micro:bit の A ボタン



図 3 イントラネット教材のブロック

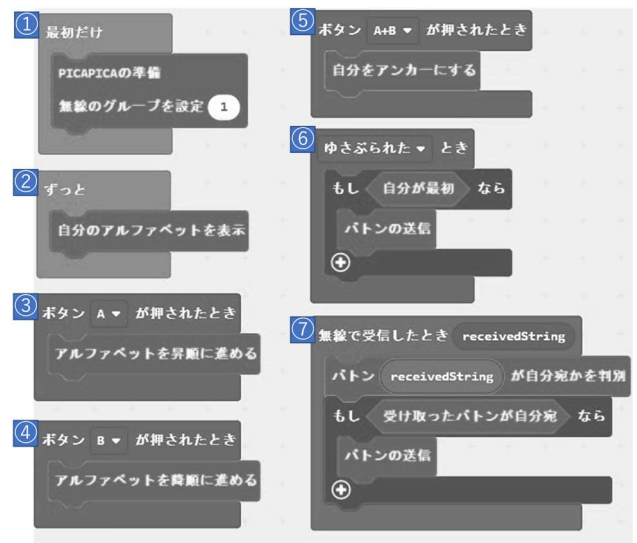


図 4 イントラネット教材のプログラム例

で昇順にコンピュータの ID を変更する。④ではブロック C を用いて B ボタンで降順に変更する。⑤ではブロック D を用いて A ボタンと B ボタンを同時に押すことでルータ役のコンピュータであることを宣言する。⑥ではブロック F と H を用いて自 ID が「a」の場合には micro:bit を揺さぶることでボタンを送信し, ボタン回しを開始する。⑦ではブロック E,G,I と micro:bit のラジオ機能の定数を用いてボタンを回す。もし受け取ったボタンが自分宛ではない場合には何もしない。

4.2 インターネット教材

インターネット教材は, イントラネット教材と micro:bit, Raspberry Pi, クラウド, 可視化アプリ (図 2 中上部中央) で構成される。これらで 1 グループとする。この教材でもボタン回し課題を行う。インターネット教材におけるイントラネット教材はクライアン



図5 ゲートウェイ用のブロック

ト機器となる．追加の micro:bit と Raspberry Pi はサーバ機器として利用する．このうち micro:bit はイントラネット教材とサーバ間でのデータの送受信とインターネット通信のための情報を設定する．イントラネット教材との通信に際しての自 ID は「Z」となり，イントラネット教材のアンカーからデータを受信する．また，インターネットからデータを受信したらイントラネット教材の ID 「a」のコンピュータへデータを送信する．一方，インターネット通信のための情報とは自グループの数値 ID とボタンを渡すグループの数値 ID である．数値 ID とはこの教材における IP アドレスに相当する情報である．Raspberry Pi はインターネットを介してデータを送受信する．この2つのサーバ機器は有線接続され，シリアル通信する．

クラウドでは各グループの Raspberry Pi への送受信情報を管理する．そのため，クラウドには各グループのノードが存在する．各ノードには数値 ID，データを送った回数，地名情報が保存される．可視化アプリは各グループを地図上に表示し，ボタン回しの様子を示す．各グループの位置はクラウドに登録された地名情報から計算される．ボタンの送信があった場合には送信元から受信元へと山なりの矢印をアニメーション表示する．これにより送信先グループへボタンが送られたことが視覚的に確認できる．この教材を利用することで，IP アドレスに相当する情報を利用したインターネットでのデータの送受信を体験できる．

本教材では MakeCode に対して追加ブロック群 (PICAPICA-Z グループ) を実装した．PICAPICA-Z グループのブロック群を図5に示す．学習者はこれら7個 (6つの処理と1つの変数) のブロックを利用

```
export function setData(t: Topic, n: string, s: number, e: number, r:number, p:string): void {
  // Add code here
  gettemp = ""
  getwords = ""
  destination = e
  mygroup = s
  id = n
  place = p
  radio.setGroup(r)
  topic = topics[t]
  NowState = 0
  serial.setBaudRate(BaudRate.BaudRate115200)
  serial.redirectToUSB()
  serial.setWriteLinePadding(0)
  ledOff()
  temp = ["0", "0", "0"]
  Words = ["A", "B", "C"]
  NowState = 0
  MyWord = "Z"
  NextWord = "a"
}
```

図6 ブロック K の内部コード

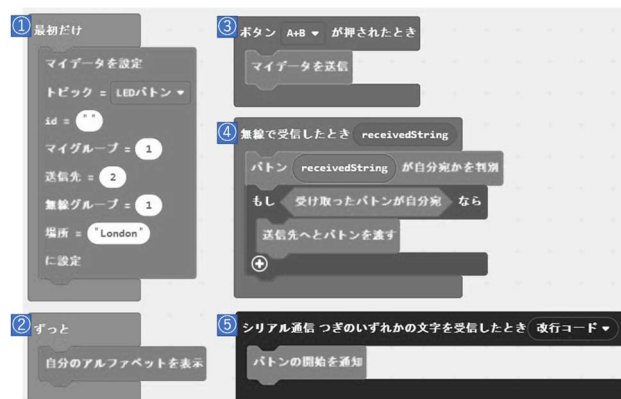


図7 サーバ用のプログラム

用して IP アドレスに相当する情報を用いたコンピュータの識別と，サーバとクライアントのかかわりを伴うプログラムを作成していく．ここで7個のブロックの内インターネット教材特有なのはブロック K,L,M,N である．ブロック K では自グループの数値 ID，ボタンを回すグループの数値 ID，クライアントと無線通信をするためのグループ ID，地名情報を設定する．ブロック L ではブロック K で設定した情報を Raspberry Pi に送信する．この際にクライアントのアンカーがボタンを送るコンピュータを「a」から「Z」に変える．ブロック M では Raspberry Pi に他グループへのボタンの送信を通知する．ブロック N ではクライアントへボタン回しの開始を通知する．

図6にブロック K の内部コードを示す．ブロック K を使用せずに該当するプログラムを記述する場合，変数の代入など 18 行の処理が必要となる．他のブロックも同様に情報通信ネットワークの構成に関する処理

を抽象化している。そのためこれらのブロックを利用することで最低限必要な情報を設定するだけで双方向性のあるプログラミングと情報通信ネットワークの構成を学ぶことができる。

図 7 にサーバ機器となる micro:bit 用のプログラム例を示す。このプログラムは 5 つのブロックのまとまり (図 7 中①～⑤) で構成されている。①ではブロック A を用いて以下の情報を設定している。

自グループ ID : 「1」,
送信先グループ ID : 「2」,
無線通信のグループ ID : 「1」,
場所 (地名情報) : “London”。

これはプログラム起動時に 1 回だけ実行される。②ではブロック E を用いて LED 画面に自 ID 「Z」を継続的に表示する。③ではブロック L を用いて micro:bit の A ボタンと B ボタンを同時に押すことで①で設定した情報を Raspberry Pi に送信する。④ではブロック G,I,M を用いてクライアント機器からボタンを受け取り、Raspberry Pi に対して他グループへのボタン送信を通知する。⑤ではブロック N を用いて他グループのサーバからのボタンを Raspberry Pi から受け取り (シリアル通信)、クライアント機器へボタン回しの開始を通知する (無線通信)。

インターネット教材のクラウドは Google Firebase を用いた。データストアは Firebase Realtime Database であり、教材のホスティングには Firebase Hosting を用いた。可視化アプリの実装には JavaScript フレームワークである React を用いた。地図表示には Google Maps JavaScript API を利用した。

5. 想定されるユースケース

この章では提案教材を技術科や情報科を含む STEAM 教育へ適用した学習ユースケースを示す。ここで STEAM 教育とは各教科等での学習を実社会での問題発見・解決に生かしていくための教科等横断的な学習である。この学習は文部科学省も推奨している⁽⁴⁾。

5.1 理科・数学・技術科の合科の例

micro:bit の温度センサを利用し、インターネット教材と組み合わせることで理科・数学・技術科の合科の学習教材とするユースケースである。理科として計測

温度への考察、数学として計測温度に対するデータ処理、技術科として双方向性のあるプログラミングと情報通信ネットワークを学ぶ。

グループ間でのボタン回し課題でのボタン情報に、各サーバ機器としての micro:bit で計測した温度データを付加する。クラウドには各サーバ機器で計測した温度が蓄積されていく。蓄積された温度データを可視化アプリ上でグラフ化して考察したり、各学習者の情報端末上で統計処理したりする。グループを温度環境が異なる複数地点に設けることで、温度と環境の特徴や関係を考察できる。

5.2 美術科・技術科／情報科との合科の例

提案教材と先行研究の PICAPICA プロジェクトを組みわせることで美術科と技術科／情報科の合科の学習教材とするユースケースである。美術科としてオブジェ制作や表現、技術科／情報科として電子工作やプログラミングを学ぶ。以下では PICAPICA プロジェクトを概説し、合科としての教材利用例を示す。

5.2.1 PICAPICA プロジェクト

PICAPICA プロジェクトは、電子工作等のものづくりとアート作品の制作を通して、プログラミングについて学ぶことを目的とした STEAM 教材である^(5,6)。この教材は、イルミネーション用 LED スtrings とそれを制御する電子基板で構成される。電子基板には LED スtrings 接続用端子が 3 つ備わり、制御デバイスとして micro:bit が接続可能である。イルミネーションのプログラミングには MakeCode 等を利用する。この教材での学習項目は以下の 3 種である。

- ・はんだ付けを含む電子工作 (技術科)
- ・イルミネーションを制御するプログラムの作成 (技術科・情報科)
- ・イルミネーションを含むオブジェの制作 (美術科)

5.2.2 提案教材と PICAPICA プロジェクトの組合せ

提案教材と PICAPICA プロジェクトを組合せることで 5.2.1 に示した 3 つの学習項目に加えて情報通信ネットワークに関しても総合的に学習できる。提案教材でのボタン回し課題において、ボタンを受け取り、次のコンピュータに回すまでの間に、各コンピュータがイルミネーションを点灯させる。イントラネット教材ではグループ内でのボタン回しがイルミネーション



図 8 ワークショップの様子

の点灯を順に回していく活動となる。インターネット教材では、グループ間でイルミネーションの点灯順を回していく活動となる。

このユースケースでは、発達段階や学習段階に応じた授業を行うために学習項目を取捨選択できる。例えば、電子工作と双方向性のあるプログラミングを省くことで、オブジェ制作とイルミネーションプログラミングのみが学習対象となる。この場合、情報通信ネットワークに関しては、自 ID と無線通信のグループ ID を学習者に指定させることとなる。

6. 機能評価実験

6.1 実験概要

2021 年 12 月に提案教材の機能評価を目的に被験者 12 名（内訳は、情報系大学生 10 名、中学生 1 名、中学校技術科教師 1 名）に対して試用実験を行った。この実験では 5.2.2 節のユースケース（美術科と技術科の合科）を適用した約 2 時間のワークショップを行った。このワークショップでの学習項目は、美術科としてのオブジェ制作と技術科としてのイルミネーションプログラミングとした。情報通信ネットワークについては、イルミネーションプログラミングにおいて、図 3 のブロック A を用いて自 ID と無線通信のグループ ID を被験者自身に指定させた。その他の通信関連プログラムは実験者が予め準備し、被験者による書き換えを不可とした。

6.2 ワークショップの内容

ワークショップの様子を図 8 に示す。ワークショップでは、参加者はまず MakeCode による micro:bit の

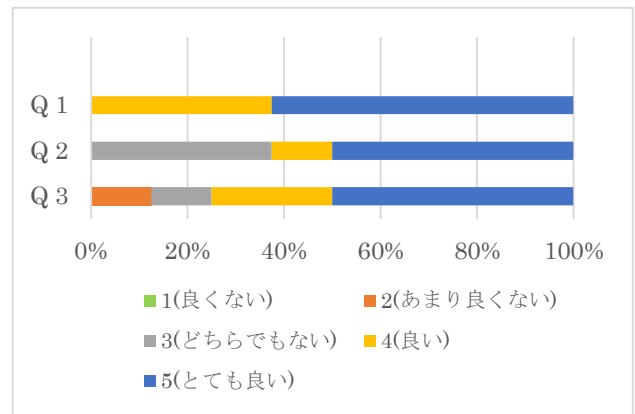


図 9 提案教材に関する調査結果

プログラミングを個々に体験した後、4 名で 1 組のグループ（計 3 グループ）に分かれ、イントラネット教材によるグループ内でのバトン回し課題に取り組んだ。その後、インターネット教材による 3 グループ間でのバトン回しの課題に取り組んだ。最後に、情報通信ネットワークによるバトン回しの仕組みについて実験者から解説を受けた。

6.3 教材評価の結果と考察

提案教材は、イントラネット利用とインターネット利用に際して設計通りのふるまいを示した。しかし、コンピュータの ID を正しく設定できていない被験者がいた。そのためそのグループでは当初バトン回しができていなかった。このことからバトン回しの前に ID が適切に設定されているかチェックすることや、ID の表示や変更方法をより分かり易く改良する必要があると考えた。また可視化アプリでは最新のバトン受信のみが表示される。そのためバトンが複数グループから特定のグループに送信された場合には最新の受信が表示される。そのためバトン回しの様子が分かりづらくなった。これより直近の複数回のバトン受信も表示するなど可視化アプリの表示方法の工夫が必要だと考えた。

ワークショップ後、全被験者に対して利用教材の機能に関する質問紙調査を実施した。調査は以下の 3 項目に対する 5 段階評価（1 が最も評価が低く、5 が最も高い）と自由記述である。

Q1: 可視化アプリ上のバトンの送受信はわかりやすかったか？

Q2: バトン回しの仕組みは理解できたか？

Q3: 「D 情報の技術」の学習への意欲は高まったか？

これらに対する回答を図9に示す。各項目の平均値はQ1:4.63, Q2:4.13, Q3:4.13であった。すべての項目で4以上であることから肯定的な評価が得られたと考える。

Q1については全ての回答が4(良い)以上であった。通常は視認できない通信の様子(この教材ではボタン回し)を視覚化する可視化アプリ機能の有効性が示唆された。一方、Q2は被験者の1/3以上となる3名が3(どちらでもない)と回答した。これはワークショップ最後の活動としての情報通信ネットワークによるボタン回しの仕組みの解説に対する評価となる。今回のワークショップではオブジェ制作やイルミネーションのプログラミングが主たる体験的な活動であった。この結果を改善するにはプログラム動作説明の時間を確保する必要があり、教材での体験と対応付けた解説が望まれる。ボタン回しの際、イルミネーションのプログラミングやボタン回しと情報技術とのかかわりに関心が向くような説明方法の工夫が求められる。また、Q3で2(あまり良くない)を選択した被験者が存在した。この被験者の自由記述では「時間がなく自分で考えることがあまりできなかつた」とあった。このことが学習意欲の非向上をもたらした可能性も示唆される。提案教材の利用に際しては、学習者による試行錯誤を誘発させるような問いかけ、熟考を伴うプログラム作成時間の確保、グループでの対話的な議論等が有益な学習体験を生じる可能性があると考えられる。

7. おわりに

本稿では、情報通信ネットワークシステムの構成について学習する教材の設計と実装、想定されるユースケース、機能評価実験の結果と考察について述べた。

今後は、今回受けた評価と合わせて授業実践に適した教材へと改善した上で、情報通信ネットワークの構成を学習する際の教育効果を検証する。教材の拡張としては、5.1に示したユースケースへの展開を試みる。STEAM場面での利用に即したプログラムブロックの開発や可視化アプリの拡張を図る。また、先行教材であるPICAPICAプロジェクトの拡張としてスピーカーやモータ、温度計測の実現が計画されている。本教材もそれに合わせたプログラムブロックを拡充し、

STEAM向けユースケースの多様化を図る。

謝辞 本研究の一部は科学研究費補助金(16H03074「情報科学の基礎概念理解向け“万人のための情報学”指向なIoT学習パッケージの開発」)に支援された。

参 考 文 献

- (1) 新学習指導要領のポイント(情報活用能力の育成・ICT活用),
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/05/21/1416331_001.pdf(2022年2月6日確認)
- (2) 【技術・家庭編】中学校学習指導要領(平成29年告示)解説,
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_009.pdf(2022年2月6日確認)
- (3) 高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 情報編 - 文部科学省,
https://www.mext.go.jp/content/1407073_11_1_2.pdf(2022年2月6日確認)
- (4) STEAM教育等の各教科等横断的な学習の推進 - 文部科学省,
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/mext_01592.html(2022年2月6日確認)
- (5) 永井 孝, 香山 瑞恵, 足助 武彦:イルミネーション作品の制作を通じた プログラミング学習教材: PICAPICAプロジェクトの提案, 第46回教育システム情報学会全国大会講演論文集, 147-148 (2021).
- (6) 足助武彦, 保科公幸, 森下孟他: STEAM型教育を実現した複合型の遠隔授業, 信州大学教育学部附属次世代型学び研究開発センター紀要, 19, 181-190 (2020).