

**CIEC**

# **春季カンファレンス論文集 Vol.17**

---

**Proceedings of the CIEC Spring Conference2026**

**開催日:2026年3月26日(木)**

**会 場:東京理科大学 森戸記念館**

**CIEC (コンピュータ利用教育学会)**

## CONTENTS

◎論文発表・ショートペーパー発表・U-18発表プログラム	3
◎論文(査読あり)	
WordNet 語義情報に基づく語彙間距離の算出と英語語彙表の比較分析	
- 語彙関係性の可視化とその教育的示唆 -	8
北見工業大学工学部地域国際系/公立千歳科学技術大学大学院理工学研究科 小野真嗣	
公立千歳科学技術大学大学院理工学研究科 金崎航平	
公立千歳科学技術大学大学院理工学研究科 曾我聡起	
名古屋工業大学大学院理工学研究科 菊地真人	
北海道大学情報基盤センター 田邊鉄	
AI音読評価ツール Reading Progress による音読速度と誤読の経時的変化	
- 英語教育における音読支援の可能性 -	16
西武文理大学サービス経営学部 長岡穂	
探究型教育の技能モデル「RACO」の定義と成長プロセスの検証	
- 大規模アンケート調査とインタビューから迫る -	24
立命館大学生命科学部生命情報学科 木村修平	
立命館大学薬学部薬学科 近藤雪絵	
◎速報論文(査読あり)	
スマートフォンによる全地球画像を利用した地方におけるデジタルアーカイブのVRツアーの制作と評価	
- VRゴーグルで閲覧したバーチャルJR小川郷駅の評価 -	33
福島工業高等専門学校一般教科情報 布施雅彦	
大学生の生成AI利用実態に基づくAI活用教育の検討	39
茨城大学人文社会科学部現代社会学科 石崎菜々美	
茨城大学学術研究院人文社会科学野 菅谷克行	
T高校における「情報I」四領域に関する学習行動と理解の関連性の検討	47
東大寺学園中学校・高等学校 吉田拓也	
中学生の空間図形問題の苦手についての一考察 - 図形の「操作」に着目した調査 -	53
北海道教育大学教職大学院 舘山慎介	
北海道教育大学教職大学院 三村瑠郁	
北海道教育大学教職大学院 福島耕平	
データサイエンス教育における生成AIを活用した主成分分析学習の一検討	59
神戸女子短期大学総合生活学科 堀桂太郎	
教材構造に基づく学習支援AIエージェントのプロトタイプ開発	64
東洋大学附属牛久高等学校 徳竹圭太郎	
◎資料(査読あり)	
ラッシュモデルを用いた日本人英語学習者の品詞理解能力の分析	72
獨協大学経済学部 中川純成	
獨協大学経済学部 李凱	
スペインバスク自治州におけるSTEAM教育戦略と3Dプリンターの活用事例に関する一考察	77
山形大学学術研究院 臼井昭子	
翻訳家 鈴木啓子	
山形大学大学院理工学研究科 古川英光	
4年制大学の新生向けデータ・サイエンス教育	85
流通科学大学商学部経営学科 来栖正利	
流通科学大学商学部経営学科 保田洋	

## ◎ショートペーパー（査読なし）

疑似ライブチャットは無意味 - ログイン無し共有チャットを講義中に横に置いてみたら - .....	94
専修大学経済学部国際経済学科 小川健	
小学校低学年の造形遊びを核とした STEAM 教育の単元開発及び実践 - 造形遊びでの 3D プリンタの効果検証 - .....	96
柏市立土小学校 井上昇 敬愛大学教育学部 阿部学	
教育活動における生成 AI 活用の可能性と制約 - 教育用アプリ作成をとおした教員による実践事例 - .....	99
公立はこだて未来大学システム情報科学部メタ学習センター 辻義人	
情報系授業の LLM 対話における技術語彙使用率と成績の関係および学習行動の分析 .....	103
学習院女子大学国際文化交流学部日本文化学科 清水将吾	
◎U-18（査読なし）	
手書き文字の読みやすさ評価システムの開発 .....	108
兵庫県立小野高等学校 山本景翔・井上壮典・小林柁貴	
SIR モデルを用いた地域における感染予測への活用 .....	110
北海道函館中部高等学校 三國茉日向・藤戸容・細田輝貴	
飲酒量の自己認識を促す多感覚フィードバック装置の開発 .....	112
聖徳学園高等学校 小町彩寧	
若者の自己肯定感向上に向けたアルゼンチンタンゴの効果 .....	114
聖徳学園高等学校 山崎小夏	
「多角的視点」を養うカードゲーム設計 - 1 つのことを様々な視点から考える力の育成のために - .....	116
聖徳学園高等学校 熊本悠亜	
超指向性スピーカーを用いた音の広がりの変化 .....	118
西大和学園高等学校 鈴木理紗・鈴木理代・福田優惺	
地域限定商品が訪問・購買行動に与える影響に関する探究 .....	120
聖徳学園高等学校 佐藤七海	
プラスチックスプーンの形状の改善 .....	122
富山県立高岡高等学校 西坂蒼純・金田崇志・奥亮徳・中西光琉	
夏の弁当における効率的な温度管理 .....	124
富山県立高岡高等学校 神島壮史・久保大河・堀田奏弥	
電車の揺れへの耐え方 .....	126
富山県立高岡高等学校 松木奏和・高橋颯音汰・林和香・大西ひな	
リフレミングの類型化とアプリ化への応用提案 .....	128
聖徳学園中学・高等学校 村上愛幸	
物理エンジン統合による動画生成 AI の物理的整合性の向上 .....	130
東洋大学附属牛久高等学校 田中伶旺	
3D キャラクタ制作における Blender 初心者の成長過程 .....	132
東洋大学附属牛久高等学校 添田苺央	
GPS および気圧情報を用いた屋内位置把握システムの開発 - 校内における実証結果から - .....	134
聖徳学園高等学校 武内龍義	
SNS における承認格差と自己承認の喪失 - 記念日 SNS による承認デザインの再構築 - .....	136
聖徳学園高等学校 北川達大	
・ CIEC 研究委員会 .....	138

## プログラム・会場1

開会式（開会挨拶、諸連絡）9:50～10:00

一般論文：口頭発表15分、質疑応答5分  
ショートペーパー・U-18：口頭発表10分、質疑応答5分

		セッション1：ショートペーパー	頁
大岩 幸太郎 シヨ ン1大 座分 長 大 学		■ショートペーパー（10:00～10:15） 疑似ライブチャットは無意味 - ログイン無し共有チャットを講義中に横に置いてみたら - 専修大学経済学部国際経済学科 小川健	94
		■ショートペーパー（10:15～10:30） 小学校低学年の造形遊びを核としたSTEAM教育の単元開発及び実践 - 造形遊びでの3Dプリンタの効果検証 - 柏市立土小学校 井上昇 敬愛大学教育学部 阿部学	96
		■ショートペーパー（10:30～10:45） 教育活動における生成AI活用の可能性と制約 - 教育用アプリ作成をとおした教員による実践事例 - 公立はこだて未来大学 辻義人	99
		■ショートペーパー（10:45～11:00） 情報系授業のLLM対話における技術語彙使用率と成績の関係および学習行動の分析 学習院女子大学国際文化交流学部日本文化学科 清水将吾	103
休憩（ 11:00～11:10 ）			
		セッション2：一般論文	頁
鳥居 降 司 シ ヨ ン2女 座学 長 大 学		■速報論文（11:10～11:30） スマートフォンによる全天球画像を利用した地方におけるデジタルアーカイブのVRツアーの制作と評価 - VRゴーグルで閲覧したバーチャルJR小川郷駅の評価 - 福島工業高等専門学校一般教科情報 布施雅彦	33
		■資料（11:30～11:50） ラッシュモデルを用いた日本人英語学習者の品詞理解能力の分析 獨協大学経済学部 中川純成 獨協大学経済学部 李凱	72
		■速報論文（11:50～12:10） 大学生の生成AI利用実態に基づくAI活用教育の検討 茨城大学人文社会科学部現代社会学科 石崎菜々美 茨城大学学術研究院人文社会科学野 菅谷克行	39
昼休み（ 12:10～13:20 ）			

		<b>セッション3：一般論文</b>	頁
李凱(獨協大学) セッション3座長	■論文 (13:20~13:40) WordNet語義情報に基づく語彙間距離の算出と英語語彙表の比較分析 - 語彙関係性の可視化とその教育的示唆 - 北見工業大学工学部地域国際系/公立千歳科学技術大学大学院理工学研究科 小野真嗣 公立千歳科学技術大学大学院理工学研究科 金崎航平 公立千歳科学技術大学大学院理工学研究科 曾我聡起 名古屋工業大学大学院理工学研究科 菊地真人 北海道大学情報基盤センター 田邊鉄		8
	■論文 (13:40~14:00) AI音読評価ツールReading Progressによる音読速度と誤読の経時的変化 - 英語教育における音読支援の可能性 - 西武文理大学サービス経営学部 長岡穂		16
	■論文 (14:00~14:20) 探究型教育の技能モデル「RACO」の定義と成長プロセスの検証 - 大規模アンケート調査とインタビューから迫る - 立命館大学生命科学部生命情報学科 木村修平 立命館大学薬学部薬学科 近藤雪絵		24
休憩 ( 14:20~14:30 )			
		<b>セッション4：一般論文</b>	頁
森夏節(酪農学園大学) セッション4座長	■速報論文 (14:30~14:50) T高校における「情報I」四領域に関する学習行動と理解の関連性の検討 東大寺学園中学校・高等学校 吉田拓也		47
	■資料 (14:50~15:10) スペインバスク自治州におけるSTEAM教育戦略と3Dプリンターの活用事例に関する一考察 山形大学学術研究院 白井昭子 翻訳家 鈴木啓子 山形大学大学院理工学研究科 古川英光		77
	■速報論文 (15:10~15:30) 中学生の空間図形問題の苦手についての一考察 - 図形の「操作」に着目した調査 - 北海道教育大学教職大学院 舘山慎介 北海道教育大学教職大学院 三村瑠郁 北海道教育大学教職大学院 福島耕平		53
休憩 ( 15:30~15:40 )			
		<b>セッション5：一般論文</b>	頁
落合純(新潟経営大学) セッション5座長	■速報論文 (15:40~16:00) データサイエンス教育における生成AIを活用した主成分分析学習の一検討 神戸女子短期大学総合生活学科 堀桂太郎		59
	■資料 (16:00~16:20) 4年制大学の新生向けデータ・サイエンス教育 流通科学大学商学部経営学科 来栖正利 流通科学大学商学部経営学科 保田洋		85
	■速報論文 (16:20~16:40) 教材構造に基づく学習支援AIエージェントのプロトタイプ開発 東洋大学附属牛久高等学校 徳竹圭太郎		64

閉会式  
表彰、閉会挨拶( 16:40~17:00 )

## プログラム・会場2

### セッション1 : U-18

橋 孝博 セッション1 座長 (早稲田大学)		頁
	■U-18 (10:15~10:30) 手書き文字の読みやすさ評価システムの開発 兵庫県立小野高等学校 山本景翔・井上壮典・小林柁貴	108
	■U-18 (10:30~10:45) SIRモデルを用いた地域における感染予測への活用 北海道函館中部高等学校 三國茉日向・藤戸容・細田輝貴	110
	■U-18 (10:45~11:00) 飲酒量の自己認識を促す多感覚フィードバック装置の開発 聖徳学園高等学校 小町彩寧	112

休憩 ( 11:00~11:10 )

### セッション2 : U-18

森 棟 隆一 セッション2 座長 (白百合学園 中学校 高等学校)		頁
	■U-18 (11:10~11:25) 若者の自己肯定感向上に向けたアルゼンチンタンゴの効果 聖徳学園高等学校 山崎小夏	114
	■U-18 (11:25~11:40) 「多角的視点」を養うカードゲーム設計 - 1つのことを様々な視点から考える力の育成のために - 聖徳学園高等学校 熊本悠丞	116
	■U-18 (11:40~11:55) 超指向性スピーカーを用いた音の広がりの変化 西大和学園高等学校 鈴木理紗・鈴木理代・福田優惺	118
	■U-18 (11:55~12:10) 地域限定商品が訪問・購買行動に与える影響に関する探究 聖徳学園高等学校 佐藤七海	120

昼休み ( 12:10~13:20 )

		<b>セッション3 : U-18</b>	頁
菅谷 セッション3 克行(茨城大学) 3座長	■U-18 (13:20~13:35) プラスチックスプーンの形状の改善 富山県立高岡高等学校 西坂蒼純・金田崇志・奥亮徳・中西光琉		122
	■U-18 (13:35~13:50) 夏の弁当における効率的な温度管理 富山県立高岡高等学校 神島壮史・久保大河・堀田奏弥		124
	■U-18 (13:50~14:05) 電車の揺れへの耐え方 富山県立高岡高等学校 松木奏和・高橋颯音汰・林和香・大西ひな		126
	■U-18 (14:05~14:20) リフレーミングの類型化とアプリ化への応用提案 聖徳学園中学・高等学校 村上愛幸		128
休憩 ( 14:20~14:30 )			
		<b>セッション4 : U-18</b>	頁
三浦 靖一 セッション4 徳山工業 4座長 専門学校	■U-18 (14:30~14:45) 物理エンジン統合による動画生成AIの物理的整合性の向上 東洋大学附属牛久高等学校 田中伶旺		130
	■U-18 (14:45~15:00) 3Dキャラクター制作におけるBlender初心者の成長過程 東洋大学附属牛久高等学校 添田莓央		132
	■U-18 (15:00~15:15) GPSおよび気圧情報を用いた屋内位置把握システムの開発 - 校内における実証結果から - 聖徳学園高等学校 武内龍義		134
	■U-18 (15:15~15:30) SNSにおける承認格差と自己承認の喪失 - 記念日化SNSによる承認デザインの再構築 - 聖徳学園高等学校 北川達大		136

一般論文  
(査読あり)

# WordNet 語義情報に基づく語彙間距離の算出と英語語彙表の比較分析 —語彙関係性の可視化とその教育的示唆—

Computing WordNet-Based Semantic Distances for English Vocabulary Lists and Their Comparative Analysis:  
Visualizing Lexical Relations and Exploring Educational Implications

小野 真嗣<sup>\*1,2</sup>・金崎 航平<sup>\*2</sup>・曾我 聡起<sup>\*2</sup>・菊地 真人<sup>\*3</sup>・田邊 鉄<sup>\*4</sup>

Email: onomasa@mail.kitami-it.ac.jp

- \*1: 北見工業大学 工学部 地域国際系
- \*2: 公立千歳科学技術大学 大学院理工学研究科
- \*3: 名古屋工業大学 大学院工学研究科
- \*4: 北海道大学 情報基盤センター

## 抄録

本研究は、WordNetの語義情報に基づいて語彙間距離を算出し、主要な英語語彙表（JACET8000、北海道大学英語語彙表、BNC語彙表）における語彙間距離の分布を比較することで、各語彙表の意味構造上の特徴を明らかにすることを目的とする。語彙表に収録された語を文埋め込みモデルによりベクトル化し、コサイン類似度に基づく語彙間距離を付加したうえで統計的検証を行った。その結果、上位語/下位語関係において語彙表間で異なる距離分布が確認され、語彙表の設計思想の違いが意味距離に反映されることが示された。なお、本研究における「可視化」とは、語彙間距離に基づく語彙ネットワーク図の生成を指す。本研究は、語彙表の構造的な特徴を意味距離の観点から捉えるための基礎的知見を提供し、語彙表分析や可視化への応用に向けた初期的な示唆を与えるものである。

◎Key Words 語彙表, WordNet, コサイン類似度, 語彙関係性の可視化, 語彙間距離

## 1. はじめに

語彙習得は英語教育の基盤であり、語彙力が不足すると四技能すべてに影響する。そのため教育現場では、学習語彙を体系化する指標として多様な語彙表が編纂されてきた。語彙表は、学習者の学習範囲の提示と教材設計の基盤として機能する。

日本における代表的な語彙表としては、大学英語教育学会が編纂したJACET8000<sup>(1)</sup>がある。これはコーパスに基づき抽出された8,000語を難易度別に8段階に区分したもので、段階的習得を可能にする定量的指標として広く活用されている。園田(1996)による北海道大学英語語彙表(北大語彙表)<sup>(2)</sup>は、中学必修から大学上級までの5段階で構成され、教育課程に沿ったカテゴリ設定を特徴とする。またKilgariff(1995)によるBNC語彙表<sup>(3)</sup>は、1億語規模のBritish National Corpusを基盤とし、頻度に基づいて語彙を抽出したものであり、母語話者の使用実態を反映している。

JACET8000は難易度、北大語彙表は教育課程、BNC語彙表は頻度に基づく設計思想を持つが、いずれも語彙間の意味関係を十分に扱っていない。語彙表が単なるリストとして提示される場合、学習者は語彙を孤立した項目として習得しがちであり、語彙の体系的な理解や語彙ネットワークの把握には限界が生じる。

語彙間の意味関係性は、学習者が語を使い分けたり言い換えたりする際の「代替可能性」を支える重要な情報である。特にコミュニケーション場面では、適切な語が瞬時に想起できない場合に、意味の近い語を選び直す能力が求められる。このような観点から、語と語がどの程度近い意味を共有しているかという“意味的な

近さ”を定量的に把握することは、語彙学習支援において大きな意義を持つ。

以上を踏まえ、本研究の目的は、WordNetに基づく語彙間距離を算出し、語彙表間の距離分布を比較して意味構造の特徴を明らかにすることである。語義定義文を文埋め込みモデルでベクトル化し、コサイン類似度に基づく語彙間距離を算出したうえで、JACET8000、北大語彙表、BNC語彙表の分布を統計的に比較した。これにより、語彙表の設計思想の違いが語彙間距離にどのように反映されるかを明らかにし、語彙表の構造的な理解に資する基礎的知見を得ることを目指した。

## 2. 先行研究からの問題点の整理

英語教育における語彙表は、学習者が習得すべき語彙の範囲を明示し、教育者にとって教材設計や学習評価の基盤となる重要な役割を担ってきた。また、北島ら(2023)<sup>(6)</sup>による学習者調査では、英語学習が嫌いなグループの82%が語彙学習を含む英語学習に対するモチベーションの低下を挫折理由に挙げており、語彙学習支援において動機づけの工夫が不可欠であることが示されている。本研究で提案する語彙関係性の可視化は、この課題に対する有効な方策となり得る。

本節では、日本における代表的な語彙表であるJACET8000、北海道大学英語語彙表、さらに英語母語話者の使用実態を反映したBNC語彙表を取り上げ、それぞれの特徴と課題を整理する。

### 2.1 JACET8000

大学英語教育学会が編纂したJACET8000<sup>(1)</sup>は、コーパ

スに基づいて抽出された 8,000 語を難易度別に 1,000 語ずつ、合計 8 段階に区分した語彙表である。レベル分けは、中学校英語教科書、高校初級、高等学校教科書、大学受験、難関大学受験、ビジネスコース、英語専門大学生、そして日本人英語学習者の最終目標を最上級レベルとする体系であり、定量的に設定された 8 段階を通じて学習者が段階的に語彙を習得できる指標を提供している。そのため、大学入試から大学教育に至るまで幅広く活用されている点に大きな意義がある。

しかし一方で、同義語や反意語、派生語といった語彙間関係が十分に反映されていないため、学習者が語彙を孤立した項目として習得する傾向を助長する可能性がある。また、多義語や品詞転換語に伴う学習負担の差異が考慮されていないこと、さらに教育的に重要なイディオムやコロケーション情報が十分に収録されていないことも課題として指摘できる。

## 2.2 北海道大学英語語彙表

園田(1996)による北海道大学英語語彙表<sup>2)</sup>は、中学必修、高校必修、大学入試、大学基本、大学上級の 5 段階に分類されている。これは教育課程に沿ったカテゴリ設定を重視した設計思想を反映しており、日本の教育制度に即した学習指標を提供している点に特徴がある。しかし、各レベルの収録語数は均等ではなく、初習レベルから順に 786 語、1,778 語、2,096 語、1,520 語、1,274 語と規模にばらつきがあるため、学習者にとって習得負担の偏りが生じる可能性がある。また、日本の教育制度に依拠した設計であるため、日本国外の英語を母語としない学習者 (EFL 学習者) など、より広い国際的な学習者層に対しては適用範囲が限定されるという課題もある。さらに、JACET8000 と同様に語彙間の意味的関係性が十分に反映されていない点も限界として挙げられる。

## 2.3 BNC 語彙表

Kilgarriff (1995)による BNC 語彙表<sup>3)</sup>はイギリス英語の 1 億語規模の British National Corpus を基盤とし、生起頻度 800 以上の語を抽出した結果に基づいて 6,318 語を収録している。本語彙表は頻度順位に応じて 1,000 語単位でレベル分けされており、レベル 1 は上位 1,000 語、レベル 2 は 1,001~2,000 位の語に相当する。頻度ベースの語彙表は、母語話者の語彙使用実態を反映している点で大きな意義を持ち、学習者が「どの語が日常的に使用されるか」を把握する上で有用である。しかし、教育的難易度を考慮しておらず、学習者にとっての習得負担を直接的に示すものではない。また、教育課程との対応が不十分であること、さらに頻度順位表であるため語彙間の意味的関係性が提示されていないことも課題として残されている。

## 2.4 総合的課題

以上の検討から、JACET8000 は「定量的な難易度区分」、北大語彙表は「教育課程に基づくカテゴリ設定」、BNC 語彙表は「頻度に基づく使用実態反映」という異なる設計思想を持つことが確認された。しかし、いずれ

の語彙表も語彙間の意味的関係性を十分に扱っておらず、先行研究として共通の構造的課題を抱えている。

この点を踏まえると、次世代の語彙表には、頻度・難易度に加えて語彙間関係を提示する仕組みが求められ、可視化はその有効な手法となり得る。

## 2.5 本研究の仮説

前節までに明らかになった語彙表の課題を踏まえ、本研究では、WordNet に基づく語彙間距離を用いて語彙ネットワーク構造を分析するにあたり、以下の仮説を設定した。

- 同義語は最も距離が近く、反意語は大きく離れる。
- 上位語/下位語は中間的な距離帯を形成する。
- 語彙表の設計思想 (頻度・教育課程・難易度) は距離分布に反映される。

これらの仮説に基づき、本研究では語彙間距離の算出と語彙表間の比較分析を行った。

## 3. 研究方法

本研究では、WordNet に基づく語彙情報を用いて語彙間距離を算出し、既存の主要な英語語彙表における語彙間距離の分布を比較することで、各語彙表の意味構造上の特徴を明らかにすることを目的とする。本節では、語彙情報の取得方法、文埋め込みモデルによるベクトル化、語彙間距離の算出手順、および分析対象の整理について述べる。

### 3.1 WordNet

WordNet<sup>4)5)</sup>は英語語彙を意味関係に基づいて体系化した電子辞書であり、同義語集合 (synset)、上位語・下位語 (hypernym/hyponym)、反意語 (antonym) などの語彙関係を網羅的に記述している。従来の語彙表が語彙を個別の項目として提示してきたのに対し、WordNet は語彙間の意味関係をネットワーク構造として整理している。この構造化された語彙情報は、語彙間の関係性を定量的に扱う上で有用であり、本研究における語彙間距離の算出に適した基盤を提供する。また、WordNet は機械可読形式で提供されているため、自然言語処理技術を用いて語彙情報を直接抽出・分析できる点に利点がある。加えて、WordNet が提供する語彙間の関係情報は、語彙ネットワークの構造を把握する際の基礎情報として利用可能であり、本研究の語彙間距離算出にも適している。

### 3.2 Universal Sentence Encoder

WordNet に収録されている各語の定義文 (gloss) は、語の意味を端的に記述したテキストである。本研究では、この定義文を Universal Sentence Encoder (USE) によりベクトル化し、語彙間の意味的關係を数値的に捉える方法を採用した。Cer et al. (2018)<sup>7)</sup>によれば、USE は高精度・効率性・導入の容易さを兼ね備えており、他の同類モデルと比較しても利用の利便性が高いことを示している。また Mahajan et al. (2023)<sup>8)</sup>は、標準ベンチマークにおいて USE を含む複数の文埋め込みモデルが安定した性能を示すことを報告している。これらの知見

を踏まえると、USE は教育・研究・実務において適切な選択肢であると考えられ、本研究においても、この優越性を根拠とし語彙間距離の算出に USE を採用した。

ベクトル化された定義文同士の類似度はコサイン類似度を用いて算出した。コサイン類似度は二つのベクトルの方向の近さを測る指標であり、値が 1 に近いほど意味的に類似していることを示す。本研究では、同義語や反意語に加え、上位語・下位語の関係についてもコサイン類似度により距離を算出し、語彙間の関係性を「距離」として表現することを試みた。これにより、語彙表に含まれる語の関係性を定量的に把握し、従来の頻度や難易度中心の語彙表に意味的構造を付与する基盤を整えることを目指した。

### 3.3 分析手順

本研究では、語彙間の関係性を距離として定量化し、各語彙表の特徴を比較するために、以下の手順で分析を行った。

- i) WordNet に収録された全 148,731 語を対象に、各語義ごとの定義文 (gloss) を抽出した。
- ii) JACET8000, 北大語彙表, BNC 語彙表に収録された語を検索キーとして、同義語, 反意語, 上位語・下位語の関係ペアを抽出した。
- iii) 抽出した定義文を USE によりベクトル化し、語義ごとの意味表現を高次元ベクトルへ整備した。
- iv) ベクトル間のコサイン類似度を算出し、語彙間の関係性を「距離」として定量化した。
- v) 得られた距離データを語彙表ごとのレベル別に整理し、統計的比較および可視化のためのデータセットを構築した。

以上の手順により、語彙表間の構造的差異を定量的に検証できる基盤を整えた。

### 3.4 分析対象

本研究の分析対象は、WordNet の全収録語 148,731 語から抽出した語義定義文に基づく関係ペアである。具体的には、synset レベルの定義文でベクトル化を行い、全 117,659 のベクトル数を用いて、同義語, 反意語, および上位語・下位語の三種の関係を対象とし、各語彙表に収録された語を検索キーとして対応するペアを抽出した。これらのペアに対して USE によるベクトル化を行い、コサイン類似度を算出することで語彙間距離を定量化した。抽出されたペア数は表 1 に示す通りであり、関係種別ごとの規模を確認することで、後続の統計的比較における基盤を整えることができる。

表 1 抽出したペア数

語彙集合	WordNet	JACET	北大	BNC
同義語	157,159	11,223	11,328	7,904
反意語	3,992	746	719	555
上位語/下位語	329,320	38,361	38,351	28,968

## 4. 分析結果

本研究の解析には JMP Pro を用い、同義語・反意語・上位語/下位語といった関係種別ごとの距離分布を統

計的に比較した。その結果、各関係における近接性の特徴が確認され、関係種別ごとの統計的傾向が明らかとなった。さらに、JACET8000, 北大語彙表, BNC 語彙表に収録された語を対象に比較を行ったところ、語彙間距離の分布に顕著な差異が認められ、語彙表ごとの構造的特徴を把握することができた。以下では、これらの結果を節ごとに整理し、詳細に検討する。

### 4.1 基本統計量の算出

表 1 に示した各ペアについてコサイン類似度を算出し、関係種別ごとの距離分布を統計的に比較した。その結果、同義語・反意語・上位語/下位語の各関係における基本統計量が得られた。表 2 に示した通り、同義語は平均値・中央値ともに 1.0 に近く、極めて高い近接性を示している。同義語が 1.0 に近いことは、未知語を既知語で代替できる可能性を示し、表現の柔軟性を支援する。例えば rapid を忘れても fast を用いて表現できる場合があるように、近接する同義語を理解することで学習者は限られた語彙でも豊かな表現を可能にする。

表 2 語彙関係種別によるコサイン類似度の基本統計量

語彙関係種別		平均値	中央値	標準偏差
WordNet	同義語	1.00000	1.00000	7.6841e-8
	上位語/下位語	0.58529	0.59350	0.13912
	反意語	0.71674	0.73369	0.17381
JACET	同義語	1.00000	1.00000	7.5499e-8
	上位語/下位語	0.53532	0.53759	0.13272
	反意語	0.72654	0.75009	0.16970
北大	同義語	1.00000	1.00000	7.5122e-8
	上位語/下位語	0.53085	0.53353	0.13299
	反意語	0.72012	0.74326	0.17500
BNC	同義語	1.00000	1.00000	7.5272e-8
	上位語/下位語	0.53286	0.53462	0.13251
	反意語	0.72530	0.74568	0.16970

これに対して、上位語/下位語は平均値が 0.53~0.59 程度に分布し、中程度の近接性を持つことが確認された。さらに反意語は平均値が 0.72 前後であり、上位語/下位語よりも高い近接性を示す傾向が見られた。例えば hot と cold のペアはコサイン類似度 0.88781 を示し、反意語でありながら上位語/下位語よりも高い数値を持つことが確認された。この点については、両語の定義文に共通する意味領域が影響している可能性があり、5 節でさらに詳しく検討する。

以上の分析から、同義語は最も強い近接性を持ち、反意語は意外にも上位語/下位語よりも近接性が高いことが明らかとなった。これらの結果は、本研究で設定した仮説 (2.5 節) と整合的である。特に、上位語/下位語の距離分布が中間的な帯域を形成した点は、語彙間の意味的関係が距離として定量化できるという本研究の前提を裏付けるものである。さらに、同義語・反意語・上位語/下位語がそれぞれ異なる距離分布を示したことは、語彙間距離が関係種別に応じて体系的に変動することを示しており、語彙間の関係性を距離として捉える本研究の枠組みの妥当性を支持する。

次節では、これらの距離特性が語彙表ごとにどのよ

うに異なる構造を形成するかを検討する。

#### 4.2 JACET8000 のコサイン類似度分析による特徴

表 2 に示した基本統計量の比較から、語彙表間における全体的な傾向はほぼ同一であり、顕著な差異は認められなかった。本節では、各語彙表に収録された語彙を対象に、難易度や頻度といった付随情報を手がかりとして特性を分析する。特に、語彙間距離が 0.5 前後に集中する「中間層」を形成する上位語/下位語に焦点を当て、その分布特性を明らかにする。

表 3 JACET8000 の上位語/下位語の難易度別コサイン類似度

組合せ	ペア数	平均値	標準偏差	%
Lv 1-1	5122	0.5181067	0.1318527	
Lv 1-2	4896	0.5272232	0.1302877	
Lv 1-3	2844	0.5371692	0.1279467	
Lv 1-4	2883	0.5296133	0.1361015	
Lv 1-5	2021	0.5326199	0.1320376	
Lv 1-6	1688	0.5305622	0.1326148	
Lv 1-7	1213	0.5350369	0.1340143	
Lv 1-8	994	0.5264453	0.1228884	77
Lv 2-2	1336	0.5395291	0.1325256	
Lv 2-3	1550	0.5479480	0.1286456	
Lv 2-4	1678	0.5382746	0.1329209	
Lv 2-5	1135	0.5463447	0.1329818	
Lv 2-6	974	0.5446607	0.1362525	
Lv 2-7	695	0.5490729	0.1298218	
Lv 2-8	635	0.5554827	0.1314793	
Lv 3-3	463	0.5473852	0.1361581	
Lv 3-4	896	0.5484272	0.1393235	
Lv 3-5	703	0.5444572	0.1298172	
Lv 3-6	597	0.5533234	0.1336057	
Lv 3-7	453	0.5490994	0.1361707	
Lv 3-8	351	0.5573670	0.1252541	
Lv 4-4	600	0.5530430	0.1366649	
Lv 4-5	762	0.5244392	0.1346311	
Lv 4-6	605	0.5451798	0.1370904	23
Lv 4-7	448	0.5284012	0.1413022	
Lv 4-8	355	0.5456092	0.1377679	
Lv 5-5	267	0.5465991	0.1343276	
Lv 5-6	479	0.5421194	0.1317905	
Lv 5-7	351	0.5443260	0.1306114	
Lv 5-8	272	0.5556526	0.1315459	
Lv 6-6	191	0.5323796	0.1380404	
Lv 6-7	283	0.5446765	0.1391438	
Lv 6-8	247	0.5632210	0.1352437	
Lv 7-7	111	0.5453960	0.1327270	
Lv 7-8	194	0.5514140	0.1291901	
Lv 8-8	69	0.5699278	0.1273072	

表 3 は、JACET8000 に収録された語彙について、難易度レベルごとの組合せに基づき算出した上位語/下位語のコサイン類似度を示している。表 3 から明らかなように、JACET8000 ではいずれの組合せにおいても語彙間距離はほぼ一定して 0.5 前後に分布している。すなわち、語彙の難易度にかかわらず、上位語/下位語の距離は同義語に比べておよそ半分程度の近接性を有していることが確認できる。

さらに分布を詳細に見ると、レベル 1 ないし 2 を含む組合せのペアが全体の約 77% を占めている。これは、JACET8000 が示す高校初級レベルまでの 2,000 語以内の語彙が高い確率で他の語との関係性を持ち、置換や代用が可能であることを示している。したがって、難易

度の高い語に遭遇した場合でも、2,000 語レベル以内の語を用いて代替できる可能性が高いといえる。

一方で、レベル 3 以上の語彙同士の組合せは全体の 4 分の 1 に満たず、ペア数も少ない。これは、多義的な語の割合が減少する傾向を示しており、高難易度語については一定の語彙間距離を持つ語が存在するものの、代用可能な語は限られることを意味する。すなわち、基礎的な 2,000 語を確実に習得することが、他の語への代用可能性を確保する上で重要であることが確認された。

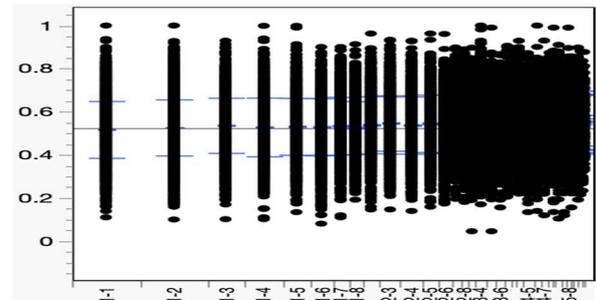


図 1 JACET8000 のコサイン類似度一元配置分析

図 1 は、JACET8000 の収録語彙に関するコサイン類似度分布を一元配置分析した結果である。各レベルは 1,000 語ずつの定量的区切りで構成されているが、レベル 1 ないし 2 を含む語彙ペアが大きな割合を占め、広い空間を形成していることが示されている。また、コサイン類似度は必ずしも 0.5 に集中しているわけではなく、0.1 から 0.9 の範囲に均等に分散していることも確認できる。

#### 4.3 北大語彙表のコサイン類似度分析による特徴

表 4 は、北海道大学英語語彙表に収録された語彙について、難易度レベルごとの組合せに基づき算出した上位語/下位語のコサイン類似度を示している。表 4 から明らかなように、北大語彙表における上位語/下位語の平均値は、いずれの組合せにおいてもほぼ一定して 0.5 前後に分布している。すなわち、同義語に比べて約半分程度の近接性を有している点は、JACET8000 と同様の傾向を示している。

表 4 北大語彙表の上位語/下位語の難易度別コサイン類似度

組合せ	ペア数	平均値	標準偏差	%
Lv 1-1	2712	0.5195445	0.1303212	
Lv 1-2	6650	0.5254827	0.1316988	
Lv 1-3	4084	0.5222756	0.1332845	
Lv 1-4	1663	0.5297314	0.1270348	
Lv 1-5	1202	0.5234448	0.1286061	84
Lv 2-2	4817	0.5355760	0.1308964	
Lv 2-3	6264	0.5350686	0.1351202	
Lv 2-4	2681	0.5440729	0.1312529	
Lv 2-5	1971	0.5391360	0.1322502	
Lv 3-3	2058	0.5329632	0.1379404	
Lv 3-4	1710	0.5320347	0.1358598	13
Lv 3-5	1352	0.5268924	0.1371503	
Lv 4-4	404	0.5635748	0.1290235	
Lv 4-5	526	0.5294771	0.1412894	3
Lv 5-5	257	0.5217237	0.1362990	

図2は、北大語彙表におけるコサイン類似度分布を一元配置分析した結果である。分布は0.5を中心に集中しているものの、語彙間距離の広がりも一定程度認められ、語彙間の階層的関係が学習段階に応じて整理されていることが読み取れる。

分布の特徴に目を向けると、図2に示す一元配置分析図から、コサイン類似度は0.5を中心に集中しており、分散に偏りが認められる。特に、レベル1(中学必修語)およびレベル2(高校必修語)が関わる語彙ペアが全体の8割を超え、さらにレベル3(大学入試語)を含めると9割強を占める。このことは、大学受験レベルまでの語彙を丁寧に習得することで、同義語に次ぐ代替可能性を持つ語として上位語/下位語を活用できる可能性が高いことを示している。

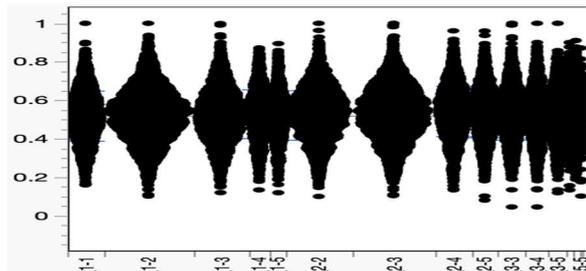


図2 北大語彙表のコサイン類似度一元配置分析

一方で、レベル4以上の大学以降で習得すべき語彙については、JACET8000の高難易度語と同様に、ペア数が少なく分布も限定的である。これは、専門用語や高度な学術用語が多く含まれるため、多義的な関係を持つ語が減少し、代用可能性が低下する傾向を示している。したがって、基礎的な語彙を十分に習得することが、上位語/下位語を通じた表現拡張の基盤となることが確認された。

#### 4.4 BNC 語彙表のコサイン類似度分析による特徴

表5は、BNC 語彙表に収録された語彙について、頻度情報に基づき算出した上位語/下位語のコサイン類似度を示している。表5から明らかのように、BNC 語彙表における上位語/下位語の平均値は、JACET8000や北大語彙表と同様にほぼ一定して0.5前後に分布している。すなわち、同義語に比べて約半分程度の近接性を有する点は共通している。

図3は、BNC 語彙表におけるコサイン類似度分布を一元配置分析した結果である。分布は0.5を中心に集中しているものの、0.1から0.9の範囲に広がりを持ち、頻度ベースで収録された語彙が多義性や語域の広がりを反映していることが読み取れる。

BNC 語彙表のレベルは頻度順位に基づき、1,000語ごとに区切られている。すなわち、レベル1は頻度上位1,000語、レベル2は上位2,000語に相当する。このレベル構造を踏まえて分布の特徴を見ると、難易度別の語彙表とは異なり、頻度ベースのBNC 語彙表では関係ペアの生起割合に大きな偏りは見られない。頻度順位を1,000語ごとに区切って分析した場合、上位から下位までほぼ一定して分布しており、上位2,000語レベルま

でに限定しても全体の44%にとどまり半分に満たない。これは、JACET8000や北大語彙表において低い難易度レベルの語彙が大半を占める傾向とは対照的である。

表5 BNC 語彙表の上位語/下位語の頻度別コサイン類似度

組合せ	ペア数	平均値	標準偏差	%
Lv 1-1	6618	0.5307160	0.1332337	
Lv 1-2	66	0.5424065	0.1382473	
Lv 1-3	40	0.5818477	0.1533235	
Lv 1-4	32	0.5261390	0.1423850	
Lv 1-5	18	0.5530769	0.1386531	
Lv 1-6	23	0.5477075	0.1263144	
Lv 1-7	3	0.4984600	0.1918692	44
Lv 2-2	5753	0.5278326	0.1320050	
Lv 2-3	47	0.5356788	0.1477764	
Lv 2-4	21	0.5533133	0.1284563	
Lv 2-5	18	0.5488481	0.1002274	
Lv 2-6	9	0.4890146	0.1122627	
Lv 2-7	3	0.5468849	0.0774810	
-----				
Lv 3-3	4652	0.5384086	0.1324977	
Lv 3-4	18	0.5101556	0.1209525	
Lv 3-5	30	0.5424380	0.1255420	
Lv 3-6	10	0.5098528	0.1690280	
Lv 3-7	2	0.6850592	0.0683505	30
Lv 4-4	3879	0.5362375	0.1308000	
Lv 4-5	12	0.5984465	0.1256190	
Lv 4-6	16	0.5374704	0.1140777	
Lv 4-7	1	0.6553948	-	
-----				
Lv 5-5	3313	0.5305591	0.1332240	
Lv 5-6	4	0.4998287	0.1311895	
Lv 5-7	0	-	-	26
Lv 6-6	3466	0.5347064	0.1318417	
Lv 6-7	2	0.5473175	0.1667819	
Lv 7-7	912	0.5342225	0.1352861	

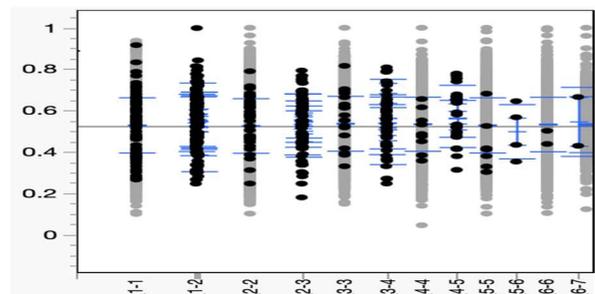


図3 BNC 語彙表のコサイン類似度一元配置分析

この分散傾向は、頻度表の上位に代名詞や前置詞、接続詞といった機能語が多く含まれることに起因すると考えられる。これらの語は意味的な階層関係を形成しにくいいため、特定の頻度帯に関係ペアが集中するのではなく、全体として均等な分布を示す結果となっている。すなわち、BNC 語彙表は頻度情報を基盤としながらも、語彙間距離の分布は難易度ベースの語彙表に比べてより広範に分散しており、頻度順位の高低にかかわらず一定の関係性が観察される点に特徴がある。

また顕著な特徴として、同順位に属する語彙ペアの組合せが非常に多く分布しており、他の頻度順位レベルにおける語彙関係性は数の上で相対的に少ないことが認められる。この要因については本研究のデータのみからは十分に説明できず、今後は個別の語彙ペアを言語学的に観察・分析することで、頻度順位と語彙関係

性との関連をより詳細に解明する必要がある。

#### 4.5 統計的検証による語彙表の構造的差異

語彙表間の構造的差異をより厳密に検証するため、本節では統計的手法を用いた分析を行う。これまでの基本統計量や分布傾向の比較に加え、統計的有意性を確認することで、語彙表の特異性を定量的に裏付けることが可能となる。本研究では、順位分布の差異を捉えるノンパラメトリック検定であるDunn検定と、平均値の差を評価するパラメトリック検定であるWelchのt検定を併用し、JACET8000、北大語彙表、BNC語彙表、WordNetの4集合を対象に群間比較を実施した。以下では、それぞれの検定結果を示し、語彙表間の構造的特性の違いを明らかにする。

##### 4.5.1 Dunn検定による群間比較分析

語彙表間の統計的差異を明らかにし、英語語彙表の特異性を定量的に検証するため、本研究ではDunn検定を用いて、JACET8000、北大語彙表、BNC語彙表、そしてWordNetの4集合を対象に、上位語/下位語の群間比較を行った。結果を表6に示す。

検定は全体のサンプルサイズに基づき、各群の平均値の差を標準誤差で除した統計量を算出し、両側検定によりp値を求めた。その結果、JACET8000、北大語彙表、およびBNC語彙表といった既存語彙表は、いずれもWordNetと統計的に有意な差を示すことが確認された。これは、既存語彙表が教育的便宜に基づいて編纂されている一方で、WordNetが意味関係を網羅的に収録していることに起因すると考えられる。

さらに語彙表間の比較に目を向けると、JACET8000は北大語彙表との間で有意差を示した。これは、JACET8000が定量的な難易度区分を基盤とするのに対し、北大語彙表が量的な統一性は図らず、教育課程に準拠したカテゴリ設定を採用していることに由来する可能性がある。一方、BNC語彙表とJACET8000、または北大語彙表との比較では有意水準に達せず、統計的に有意な差は認められなかった。

表6 上位語・下位語のDunn検定による群間比較分析

比較ペア	Z値	p値	有意差
BNC vs JACET	2.3469	0.1893	無
BNC vs 北大	-1.5195	1.0000	無
BNC vs WordNet	63.3452	<0.001*	有
JACET vs 北大	-4.1679	0.0003*	有
JACET vs WordNet	68.5721	<0.001*	有
WordNet vs 北大	-74.1421	<0.001*	有

##### 4.5.2 t検定による群間平均値比較分析

語彙表間の平均値の差を検証し、英語語彙表の特異性を定量的に確認するため、本研究ではWelchのt検定を用いて、JACET8000、北大語彙表、BNC語彙表、WordNetの4集合を対象に群間比較を行った。結果を表7に示す。

t検定では、各群の平均値と標準偏差に基づき、平均値の差を標準誤差で除した統計量を算出し、自由度を近似して両側検定によりp値を求めた。自由度(df)とは、

統計量の算出に利用可能な独立した情報の数を指し、t分布の形状を決定する重要な要素である。自由度が小さい場合には分布の裾が厚くなり推定の不確実性が増すが、自由度が大きくなるにつれてt分布は正規分布に近似する。本研究では、各群のサンプルサイズに基づきWelchの近似式を用いて自由度を算出し、p値の導出に利用した。

表7 上位語・下位語のt検定による群間平均値の比較分析

比較ペア	t値	df	p値	有意差
BNC vs JACET	-2.39	62,426	0.0169	無
BNC vs 北大	1.95	62,491	0.0513	無
BNC vs WordNet	-64.29	34,830	<0.0001*	有
JACET vs 北大	4.67	76,710	0.000003	有
JACET vs WordNet	-69.42	48,720	<0.0001*	有
WordNet vs 北大	75.50	48,659	<0.0001*	有

その結果、WordNetはJACET8000、北大語彙表、BNC語彙表のいずれとも統計的に有意な差を示した。また、JACET8000は北大語彙表との比較において有意差が認められた。一方、BNC語彙表とJACET8000、ならびにBNC語彙表と北大語彙表の差は有意水準に達せず、統計的に有意とは判断されなかった。

以上の結果をDunn検定と併せて解釈すると、両検定は補完的な役割を果たしていることが分かる。すなわち、パラメトリック検定であるt検定における有意差は語彙表間の平均値の差を示し、語彙表の平均的難易度指標が異なることを意味する。一方、ノンパラメトリック検定であるDunn検定における有意差は順位分布の差異を示し、語彙表の構造的特性が統計的に異質であることを定量的に裏付けるものである。したがって、両検定の結果を総合することで、語彙表は平均的な水準のみならず、分布構造の観点からも独立した特徴を有すると解釈できる。

なお、反意語に基づく4つの語彙集合については、いずれの組合せにおいても有意差が認められなかった。このことは、反意語の構造的特徴については語彙表間で共通の傾向が存在する可能性を示唆しており、さらなる詳細な分析が今後の課題となる。

## 5. 既存語彙表への情報拡張に関する評価

### 5.1 語彙間距離の統計的傾向と構造的特徴

本研究で構築した語彙間距離モデルにより、関係種別および語彙表間の構造的特徴が定量的に確認された。

まず、同義語集合(synset)はコサイン類似度が1.0を示し、完全な同義性が捉えられていることが明らかとなった。これはWordNetの定義文がsynsetレベルで極めて類似した記述を持つためであり、語彙間距離モデルが同義語関係を正確に反映していることを示す。

次に、上位語・下位語関係は平均0.5前後の類似度を示し、階層的な語彙構造を反映していることがわかった。上位語・下位語の距離が中程度であることは、抽象化や具体化を通じて語彙を拡張できることを示している。学習者は「poodle → dog → animal」のように階層的に語彙を整理することで、基礎語彙から専門語彙へ

と体系的に理解を広げることができる。これは、各語彙表に共通して見られる基礎語彙層（概ね 2,000 語規模）を確実に習得することが、より難易度の高い語彙への意味的ネットワークを広げる基盤となる可能性を示唆する。よって上位語・下位語関係は、同義語ほどではないが一定の近接性を持つことが確認された。

一方、反意語関係は平均 0.7 程度と、上位語・下位語よりも高い近接性を示した。これは当初の予想に反する結果であるが、反意語が同一の意味領域内で局所的な差異を表すため、距離としては近接する傾向を持つことを示している。反意語が予想以上に高い近接性を示すことは、学習者が意味領域の対立を理解する上で有効である。例えば hot - cold のようなペアは、同一の意味領域内で対立する概念を形成しており、学習者に「意味の範囲」を直感的に把握させる。これにより、語彙学習は単なる暗記から「意味空間の探索」へと発展し、学習者の自律性やモチベーションの維持に寄与する。実際 hot と cold のペアでは、コサイン類似度が 0.88781 と高い値を示しており、語義のベクトル化に用いた両者の gloss は以下の通りである。

hot: extended meanings; especially of psychological heat; marked by intensity or vehemence especially of passion or enthusiasm; "a hot temper"; "a hot topic"; "a hot new book"; "a hot love affair"; "a hot argument".

cold: extended meanings; especially of psychological coldness; without human warmth or emotion; "a cold unfriendly nod"; "a cold and unaffectionate person"; "a cold impersonal manner"; "cold logic"; "the concert left me cold".

注) 句読点など辞書記録データをそのまま表示

このように、認知的には対立概念であるにもかかわらず、定義文レベルでは同一の意味領域を共有しているため、語彙間距離としては近接する結果となった。

他方、語彙表間の比較では、JACET8000 が基礎語彙に集中する「密集型」、北大語彙表が段階的な収録に基づく「階層型」、BNC 語彙表が頻度基盤により広く分散する「拡散型」という構造的特徴を示したと言える。これらの違いは語彙表の設計思想（難易度区分、教育課程準拠、頻度基盤）が語彙間距離分布に直接的に反映されることを示している。教育的応用の観点からは、基礎語彙の習得を重視する戦略、課程に沿った段階的習得、頻度情報に基づく使用実態の理解といった異なる学習方針が導かれる可能性がある。

以上の結果から、語彙間距離モデルは関係種別ごとに異なる分布を示すとともに、語彙表の設計思想の違いを構造的に反映することが確認された。特に反意語については近接性の高さが構造的な特徴として現れており、識別精度を高めるためには低い類似度（0.2 程度）を示すペア群を再抽出し、追加調査を行う必要がある。

## 5.2 今後の分析課題

本研究では、既存語彙表に収録された語彙について語彙間距離を算出し、上位語/下位語関係を中心にその分布を比較することで、語彙表間の構造的な特徴を明

らかにした。同義語については、全語彙表でコサイン類似度が 1.0000 を示したため、本研究の範囲では追加的な分布分析の必要はないと判断した。一方、反意語については十分な検討には至っておらず、今後の課題として残されている。

反意語は平均的には比較的高い近接性を示すものの、低い類似度（0.2 程度）を示すペアも存在しており、その背景にある語義構造や定義文の特徴は未解明である。これらの語群を再抽出し、語義レベルでの追加分析を行うことで、反意語の意味的配置の特徴をより詳細に把握できる可能性がある。

また、本研究では難易度や頻度の観点から語彙間距離を比較したが、品詞情報や語用論的特徴など、別の観点からの再分析も重要である。金崎ら(2025a)<sup>9)</sup>では、WordNet に基づく語彙間距離が名詞領域における階層構造を反映することが示されており、こうした知見と組み合わせることで、語彙表の設計思想の違いが語彙間距離にどのように反映されるかをより精緻に検討できると考えられる。

今後は上位語/下位語以外の語彙関係や品詞別の距離傾向を含む多角的な分析を進めることで、語彙表の構造的な特徴をより包括的に理解することが課題となる。

## 6. 語彙間距離の可視化描写による教育的示唆

前節までに、コサイン類似度に基づく語彙間距離を既存語彙表に付加し、語彙表ごとの距離分布の特徴を整理した。本研究で得られた語彙間距離は、語彙間の近接性を定量的に把握するための新たな言語情報であり、今後の学習支援への応用可能性を検討する際の基礎的資料となる。

本研究における「可視化」とは、語彙間距離に基づき算出された語彙間の意味的近接性をネットワーク図として視覚的に提示することである。具体的には、語彙間距離のノード間の位置関係として反映し、中心語彙・周辺語彙・階層的連結領域などの構造を視覚的に把握できるようにしたものである。

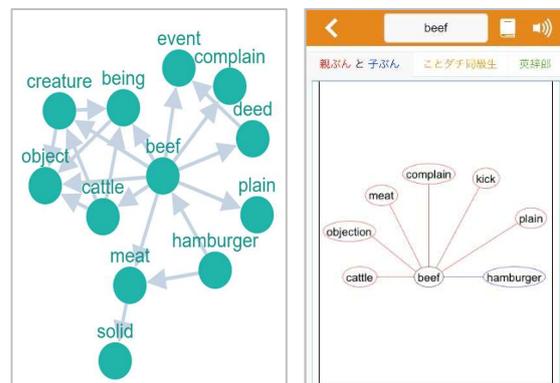


図 4(左) 語彙関係を線で出力描写した初期の例

図 5(右) 語彙間距離を反映させた改訂アプリ例 (beef という語を中心に放射状に配置)

小野ら(2024)<sup>10)</sup>は、図 4 に示す語彙関係の可視化システムを開発し、語彙表の難易度や頻度情報に加えて WordNet の語彙関係を描写することで、言い換え表現の

代替可能性を提示する試みを行った。しかし、操作性や提示方法には改善の余地があり、学習者にとって直感的に理解しやすい環境としては十分ではなかった。

本研究で導入した語彙間距離を可視化に組み込むことで、語彙間の近接性や語彙表間の構造的な違いを視覚的に把握しやすくなる可能性がある。図5はその一例として、スマートフォンアプリに語彙間距離を追加実装したものであり、語彙の意味的な配置を俯瞰的に確認できるよう改良を加えている。beef-complain や beef-kick のような一見関係が薄い語の接続は、beefに「不平を言う」という語義が存在し、WordNet上でcomplainやkickと同一synsetに分類されることに起因する。こうした接続はWordNetの語義構造を忠実に反映した結果であり、学習者が通常は気づきにくい語義間のつながりを可視化できる点で、本システムの利点の一つでもある。

このような放射状グラフによる語彙関係の提示は、語彙ネットワークの構造を語彙間距離も含めて理解する際の補助的手段として機能し得る。金崎ら(2025b)<sup>(11)</sup>による可視化アプリを用いた実験では、記憶保持に統計的有意差は認められなかったものの、学習満足度が向上したことが報告されており、語彙関係の可視化が学習者の主観的評価に一定の影響を与える可能性が示唆されている。

今回搭載した語彙間距離を可視化に組み込むことで、同義語が密集する領域や、上位語/下位語の階層的なまとまりなど語彙間の近接性を視覚的に把握しやすくなる。これにより、語彙の意味的な関連性を探索的に理解する手がかりを提供し、学習者が語彙ネットワークを参照しながら意味的つながりを捉える際の補助的手段として機能する可能性がある。

また、北島ら(2023)<sup>(6)</sup>が指摘する学習者のモチベーション低下という課題に対しても、可視化を通じて学習満足度の向上に寄与する可能性が示唆される。今後は、学習者を対象としたユーザビリティ調査を通じて、語彙間距離情報がどのように認知され、どのような学習行動につながるのかを検討することが課題となる。特に、語彙ネットワークの理解過程や近接性情報の活用方略を明らかにすることで、語彙学習支援システム的设计に向けた基礎的知見を蓄積できると考えられる。

## 7. おわりに

本研究では、WordNetに基づく語彙間距離を算出し、語彙表間の距離分布を比較することで、各語彙表の特徴を明らかにした。分析の結果、上位語/下位語の距離帯や反意語の高い近接性など、関係種別ごとの特徴的な分布が確認され、語彙表の設計思想が距離分布に反映されることが示唆された。

また、先行研究と照らし合わせることで、語彙間関係の可視化が語彙表理解を補助する可能性が確認された。本研究で得られた語彙間距離も、語彙ネットワーク構造を把握するための基礎情報として活用できる。

これらの成果は、語彙表の特徴付けに新たな視点を与えるとともに、語彙間関係を参照した学習支援の基礎資料となる。特に語彙間距離の可視化は、語彙ネット

ワークの把握を補助する手段として有効であり、アプリ実装例からも学習者にとって有用である可能性が示された。

今後の課題としては、低類似度ペアや品詞情報を含めた分析の拡張が挙げられる。また、Kikuchi et al.(2025)<sup>(12)</sup>によるCEFRレベル付与のWordNet語義を用い、国際的視点からの再分析も重要である。さらに、学習者を対象としたユーザビリティ調査を通じて、語彙間距離がどのように認知され、学習行動にどう影響するかを検討する必要がある。

## 謝辞

本研究はJSPS科研費JP22K02825の助成を受けたものである。本研究の遂行にあたり、在籍当時にご協力いただいた北島大夢氏、および細川大和氏に深く謝意を表す。

## 参考文献

- (1) JACET 基本語改訂委員会:『大学英語教育学会基本語リスト JACET8000』, pp.1-99. (2003).
- (2) 園田勝英(編):『大学生用英語語彙表のための基礎的研究』, 『北海道大学言語文化部研究叢書』, 7巻, 北海道大学言語文化部, p.200 (1996).
- (3) Kilgariff, A.: “BNC Database and Word Frequency Lists”, Available at <http://www.kilgariff.co.uk/bnc-readme.html>, (2025年12月1日閲覧).
- (4) Miller, G. A.: “WordNet: A Lexical Database for English”, *Communications of the ACM*, Vol.38, No.11, pp.39-41 (1995).
- (5) Fellbaum, C. (Ed.): *WordNet: An Electronic Lexical Database*, MIT Press, p.423 (1998).
- (6) 北島大夢, 曾我聡起, 小野真嗣:『概念辞書 WordNet を用いた語彙学習サービスの提案に向けた英語学習者ニーズ調査分析—挫折理由の把握による学習満足度の向上を目指して—』, 『PCカンファレンス北海道2023論文集』, コンピュータ利用教育学会北海道支部, pp.22-23 (2023).
- (7) Cer et al.: *Universal Sentence Encoder*, arXiv preprint arXiv:1803.11175, (2018).
- (8) Mahajan et al.: *The Daunting Dilemma with Sentence Encoders: Success on Standard Benchmarks, Failure in Capturing Basic Semantic Properties*, arXiv preprint arXiv:2309.03747, (2023).
- (9) 金崎航平, 小野真嗣, 曾我聡起:『WordNetにおけるコサイン類似度を用いた語彙間の分析と学習支援アプリへの応用』, 『PCカンファレンス北海道2025論文集』, コンピュータ利用教育学会北海道支部, pp.20-23 (2025a).
- (10) 小野真嗣, 曾我聡起, 菊地真人, 田邊鉄:『WordNet収録データの可視化による語彙学習サービスに向けた語彙関係表示システムの開発』, 『CIEC春季カンファレンス論文集』, Vol.15, コンピュータ利用教育学会, pp.41-46 (2024).
- (11) 金崎航平, 小野真嗣, 曾我聡起:『英語語彙間の語義繋がり可視化アプリ開発—学習者の語彙記憶保持を求めて—』, 『2025 PCカンファレンス論文集』, コンピュータ利用教育学会, pp.126-129 (2025b).
- (12) Kikuchi, M., Ono, M., Soga, T., Tanabe, T., and Ozono, T.: *CEFR-Annotated WordNet: LLM-Based Proficiency-Guided Semantic Database for Language Learning*, arXiv preprint arXiv:2510.18466, (2025).

(2025年12月1日 受付)

(2026年2月16日 採録)

# AI音読評価ツール Reading Progress による音読速度と誤読の経時的変化

## - 英語教育における音読支援の可能性 -

### Temporal Changes in Oral Reading Rate and Error Patterns Using the AI Reading Tool “Reading Progress”

長岡 穂\*<sup>1</sup>

Email:s-nagaoka@bunri-c.ac.jp

\*1:西武文理大学 サービス経営学部

#### 抄録

本稿では、AI音読評価ツール Reading Progress を通年必修英語科目（全30週）に導入し、大学生の音読速度および誤読行動の経時的変化を検証した。Reading Progress は音声認識技術に基づき音読を自動解析するツールであり、本研究では音読速度（語数/秒）と誤読率（Error Rate）、ならびに誤発音・挿入・省略といった誤読タイプに着目した。必修英語授業の受講者を対象に、初期・中期・後期の3時点で音読データを収集し、縦断的分析を行った。

反復測定分散分析の結果、音読速度には時点の主効果が認められ、中期に一度低下した後、後期にかけて大きく増加する非線形推移が確認された。一方、誤読率についても主効果は認められたものの、推移は中期での一時的変動を含む非線形パターンであり、学期を通じた一貫した改善または悪化は確認されなかった。さらに誤読タイプ別の分析では、誤発音・挿入・省略はいずれも中期に増加し後期に減少する共通傾向を示した。

以上より、Reading Progress の継続利用は音読速度の向上と誤読行動の変容に影響を及ぼすことが示された。また、総合的な誤読率のみでは学習過程を十分に捉えられず、誤読タイプ別の分析が音読行動の理解と指導において重要であることが示唆された。

◎Key Words Reading Progress, AI音読評価, 音読速度（語数/秒）, 誤読行動, 縦断的分析

## 1. はじめに

### 1.1 背景

英語教育における音読は、語彙認知の自動化や文構造の統合的処理を促進し、学習者の読解過程の効率化に寄与する重要な学習活動である。音読では、単語の音韻的処理と意味処理を同時に行うことが求められ、その処理が自動化されることで、認知的資源を意味理解により多く配分できるようになり、読解理解の向上につながると考えられている。

このような特性を踏まえると、音読パフォーマンスを評価する指標としては、音読速度および誤発音・挿入・省略といった誤読が代表的である。音読速度は語認知処理の自動化の程度を反映する一方、誤読はデコーディングや語彙処理の不安定性を示す指標であり、学習者の音読技能の発達段階を把握する上で基礎的かつ有効である<sup>(1)(2)</sup>。

しかし、従来の教育現場における音読評価は、主として教員の聴取と主観的判断に依存してきた。そのため、評価に要する時間的・労力的負担が大きく、評価基準の一貫性や客観性を確保しにくいという課題が指摘されている。こうした背景から、音読速度や誤読を効率的かつ客観的に測定できる

自動化ツールへの関心が高まりつつある<sup>(3)(4)</sup>。

音読流暢性に関する研究では、Rasinski が流暢性を「正確さ」「速度」「表現」の三要素から成る概念として整理し、音読流暢性が読解理解を支える重要な媒介変数であることを示している。また、Kuhn and Stahl も、流暢性を単なる読みの速さではなく、正確さと意味処理を伴う自動化の結果として捉える必要性を強調している<sup>(1)</sup>。これらの研究は、速度のみを重視し、誤読を考慮しない評価では、読解理解との関係を十分に説明できない可能性を示唆している。

以上の知見から、音読流暢性の評価においては、音読速度と誤読指標を併用し、正確さと速度の両側面から音読パフォーマンスを捉えることが理論的に妥当であると考えられる。このような多面的評価は、学習者の読解過程における処理の自動化の程度をより適切に反映し、読解理解との関連を検討する上でも有効な枠組みを提供する<sup>(1)(2)(5)</sup>。

### 1.2 AI音読評価ツールへの期待

近年、音声認識（Automatic Speech Recognition: ASR）技術の精度向上により、学習者の音読を自動的に解析する AI ツールが教育現

場に普及し始めている。ASR 技術は発話のテキスト化にとどまらず、語の読み誤りや発音の逸脱の検出にも応用されており、先行研究では、AI ツールが発音および読み誤りの評価において一定の有効性を有することが報告されている<sup>(3)</sup>。また、英語教育における評価領域においても、AI 技術はリアルタイムのフィードバック提供や客観的な発話評価、学習者の学習ログ分析といった点で利点があることが示されている<sup>(4)</sup>。特に、音声認識を活用したツールは、音読速度や読み誤りを自動的に計測できる点で、教室での反復練習や課外学習の支援に寄与するものとして注目されている<sup>(3)(4)</sup>。

一方で、ASR に基づく誤読検出は、認識モデルの構造や判定に用いられる閾値などの技術仕様が十分に開示されていないという特性を有する。そのため、AI 音読評価ツールが提示する誤発音・挿入・省略といった誤読分類は、音声信号と課題文テキストとの照合に基づく単語単位の処理によって行われると推察されるものの、個々の判定水準を利用者が厳密に把握することは難しい。

しかし、本研究で扱う誤発音・挿入・省略といった誤読カテゴリーは、ミスキュー分析や音読流暢性研究において従来から用いられてきた語レベルの誤読分類と概念的に一致している<sup>(2)(6)(7)(8)</sup>。

これらの枠組みでは、誤読を単なる誤りとしてではなく、読みの過程における処理特性として捉える理論的蓄積がある。

また、本研究は ASR による誤読検出の絶対的精度を検証するものではなく、同一ツール・同一条件下で収集された音読データを用いて、学習者の音読速度および誤読行動の経時的変化を縦断的に分析することを目的としている。したがって、測定条件が一貫している限り、時点間比較に基づく分析において比較可能性は担保されると考えられる<sup>(9)(10)</sup>。

### 1.3 Reading Progress の特徴と研究の位置づけ

本研究で用いた Reading Progress は Microsoft Teams for Education 上で提供される Learning Accelerators の一機能として実装された AI 音読評価ツールであり、音声認識 (Automatic Speech Recognition: ASR) 技術に基づいて学習者の音読を自動解析する点に特徴がある。学習者が提示された英文を音読し提出した録音データを入力として、音読速度 (Words Per Second)、正読率 (Accuracy)、および誤発音 (mispronunciation)、省略 (omission)、挿入 (insertion) などの誤読タイプを自動的に算出・提示する機能を備えている。

Reading Progress の大きな特徴は、音読課題の作成、録音、解析、およびフィードバック提示までが一貫してオンライン上で完結する点にある。課題文は Word や PDF 形式の教材から容易に作成でき、言語設定を指定することで ASR による

解析が行われる。学習者に対しては、音読結果が単語単位で色分け表示されるなど、視覚的に分かりやすいフィードバックが提供されるため、読みの正確性や誤り傾向を即時に把握することが可能である。また、教員側にとっても、大人数の音読データを効率的に収集・管理できる点で、従来の聴取評価に伴う時間的・労力的負担を大幅に軽減する利点を有する。

先行研究においては、Reading Progress を短期間 (約 6 週間) 使用した結果、音読速度の向上や一部の誤読 (誤発音・省略) の減少が報告されており、ASR に基づく自動フィードバックが音読パフォーマンスの改善に寄与する可能性が示されている (Nguyen, 2023)<sup>(9)</sup>。しかし、これらの研究は短期介入を中心としたものが多く、大学生を対象に通年規模で継続利用した際の音読行動の変化を縦断的に検証した研究は限られている。また、誤読を総合的な割合として扱う研究が多く、誤発音・挿入・省略といった誤読タイプ別の経時的推移を詳細に分析した研究は十分に行われていない。

以上を踏まえ、本研究は Reading Progress を大学英語教育の通年必修科目に導入し、音読速度および誤読行動の経時的変化を縦断的に検証する点に特徴を有する。特に、誤読率という総合指標に加えて、誤発音・挿入・省略といった誤読タイプ別の推移に着目することで、学習者の音読行動がどのように変容していくのかをより精緻に捉えることを目的とする。本研究は、AI 音読評価ツールを活用した継続的な音読実践が、大学英語教育における音読指導の在り方にどのような示唆を与えるのかを明らかにすることを目的とする。

## 2. 研究目的

本研究は、AI 音読評価ツール Reading Progress の継続利用が音読パフォーマンスに及ぼす影響を検討するものであるが、音読速度や誤読行動の変化には、通常の英語授業の内容や指導方法が影響する可能性がある。この点を踏まえ、本研究では、研究期間中に実施された授業内容および音読活動の運用条件を整理した。

研究期間中に実施された通年必修英語科目 (全 30 週) は、読む・聞く・話す・書くの 4 技能を統合的に育成することを目的としたアクティブラーニング型授業であった。授業では、語彙理解や文構造の把握、内容理解を基盤とし、本文読解、設問活動、リスニング、口頭表現、および書く活動を組み合わせた教材を使用した。主教材は各学年のシラバスに基づき選定されたテキストであり、副教材として TOEIC 対応の語彙・フレーズ集を併用した。

授業内外では、プレゼンテーションや音読発表などの口頭表現活動が体系的に実施され、学習者は英文を声に出して読む経験を一定程度積んでいた。ただし、これらの活動は主として内容理解や発信力の育成を目的とするものであり、音読速度

や誤読タイプを定量的に測定・記録することを目的としたものではなかった。一方、音読速度および誤読行動を継続的かつ定量的に記録する手段は、Reading Progress を用いた音読課題に限定されていた。

Reading Progress による音読課題は、主教材および副教材に含まれる英文・フレーズから出題され、学期を通じて毎週一定量(20フレーズ)を課した。課題形式、提出方法、評価指標(音読速度、誤読タイプ)は、全期間を通じて統一された。

以上より、本研究は、通年授業という教育的文脈の中で、AI音読評価ツールを継続的に用いた場合に生じる音読パフォーマンスの変化を、縦断的に記述・分析する研究である。

### 3. 研究方法

#### 3.1 対象者

西武文理大学サービス経営学部に所属する1・2年生のうち、3時点(初期・中期・後期)すべてのデータが揃っている35名を分析対象とした。1年次と2年次では主教材が異なるため、データ統合の妥当性を検証する目的で、プレテスト(初期)における音読速度および誤読率について群間比較を行った。その結果、いずれの指標でも学年間に有意差は認められず、両学年を統合したデータとして後続の分析を行うことが妥当であると判断した。

#### 3.2 音読課題

音読課題は毎週20フレーズを課し、Microsoft Teams の Learning Accelerators から音読課題を生成し配信した。

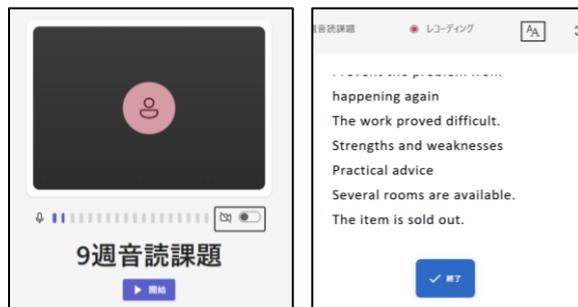


図1 Reading Progress による週次音読課題提示画面の例

図1は、Reading Progress による音読課題提示画面の一例である。録音画面の上部には学習者のカメラ映像が表示され、下部には入力音声のレベルメーターがリアルタイムで可視化される。画面下部の「開始」ボタンを押すと録音が開始され、学習者は音読を行った後、その録音データが自動的にファイルとして生成される。学習者は内容を確認のうえ送信操作を行うことで、課題提出が完了する。

図2が示す通り、録音データはAI音声認識エ

ンジンにより即時に解析され、1分あたりの正読単語数および正解率(Accuracy)が統計的指標として提示される。また、誤読の種類別内訳(Mispronunciation, Omission, Insertion, Repetitionなど)が項目ごとに集計され、量的データとして表示される。本文領域では、学習者の読み上げ結果が単語単位で色分けされたハイライトとして提示される。正読語、誤読語、読み飛ばし語、不要な挿入語がそれぞれ異なる色で示されることで、音読の正確さに関するフィードバックが視覚的に明確となる。

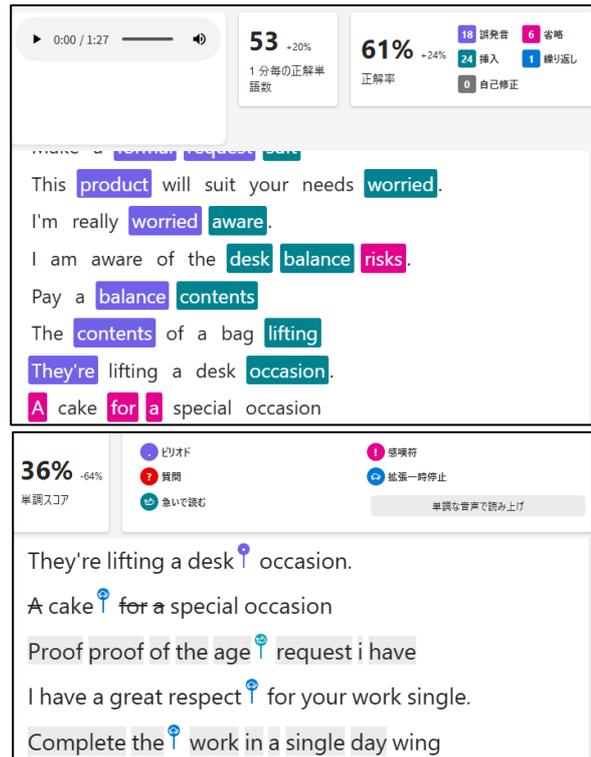


図2 Reading Progress による音読課題提出後の自動評価画面の一例

音読課題にあたって、教員から学習者に対しては、特定の側面(例:速度のみ、あるいは正確性のみ)を過度に重視するような指示は行わず、「内容を理解した上で、自然な英語として通じる読み方を意識すること」を基本方針として提示した。具体的には、極端に速く読もうとしないこと、意味の切れ目を意識して読むこと、不明語があっても立ち止まらず全体を読み切ること、明らかな読み間違いは避けるよう意識すること、といった一般的な音読上の留意点を事前に説明した。一方で、リズム、イントネーション、ストレス、アクセント、チャンキング、表現力などの個別要素について、評価基準として明示的に指導・強調することは行わなかった。

以上の指示方針は、音読速度・正確性・表現性のいずれか一側面に学習者の注意を過度に誘導しないことを意図したものであり、Reading Progress が自動算出する指標(音読速度、誤読タ

イブ) に対して、特定の方向性のバイアスが生じることを避けるための配慮であった。

このように Reading Progress は、音声認識技術に基づく自動分析を通じ、学習者の音読パフォーマンスを多面的に可視化する機能を備えており、音読指導における客観的評価を可能にしている。

### 3.3 実験デザイン

本研究では統制群を設けず、対象者を1群として扱う単群プレポストデザインを採用した。また、授業初期(第2週)・中期(第12週)・後期(第24週)における Reading Progress の音読データを収集し、縦断的变化を確認する経時データ分析を併用した。

## 4. 測定指標

AI音読評価ツール Reading Progress により自動生成される音声データのうち、音読パフォーマンスを構成する主要指標である音読速度と誤読率(Error Rate)を分析対象とした。正読率は誤読率と数学的に従属関係にあるため、統計的分析からは除外し、記述的指標として参照するにとどめた。

### 4.1 音読速度(Oral Reading Rate)

音読速度は、単位時間あたりに読み上げられた語数を示す読みの速度指標である。

$$\text{音読速度(Oral Reading Rate)} = \frac{\text{読み上げた語数}}{\text{所要時間(秒)}}$$

本研究では Reading Progress が出力する値をそのまま用い、1秒あたりの読語数(words per second)として分析を行った。なお、音読速度は一般にWPMとして報告されることが多いが、本研究ではすべて同一単位(語/秒)に基づいて比較を行っているため、縦断的比較の妥当性は保持されている。

### 4.2 誤読率(Error Rate)

誤読率は、音読過程における誤りの割合を示す正確性指標である。Reading Progress のAI誤読検出機能により分類される。Mispronunciation(誤発音)、Omission(省略)、Insertion(不要な挿入)の3種類の誤読タイプの合計を総語数で割り、以下の式により算出した。

$$\text{誤読率(\%)} = \frac{(\text{誤発音} + \text{省略} \cdot \text{削除} + \text{挿入})}{\text{総語数}} \times 100$$

Error Rate は、ASR(Automatic Speech Recognition)を用いた音読研究において標準的に採用される誤読指標であり、AIベースの自動評価

に適合している点から本研究の主要分析対象とした。Reading Progress では、上記に加えて Repetition(反復)も誤読タイプの一つとして自動検出・表示されるが、本研究では Repetition を誤読率の算出には含めなかった。これは、Repetition が必ずしも語の誤認識やデコーディングの失敗を示すものではなく、読み直しや自己調整的行動(self-monitoring)として生じる場合があるためである。先行研究においても、反復は誤発音や省略と異なり、読みの不安定さだけでなく、正確性を高めようとする過程的行動として解釈されることが指摘されている。また、ASRによる自動検出においては、音声の区切りや間の取り方によって反復が過剰に検出される可能性があり、正確性指標として誤読率に含めた場合、測定値の解釈が不明瞭になるおそれがある。この点を踏まえ、本研究では、語の置換・欠落・挿入といった、テキストと音声の不一致を直接的に反映する誤読タイプに限定して誤読率を算出した。

Reading Progress が表示する Accuracy(正読率)は、

$$\text{正読率(\%)} = 100 - \text{誤読率(\%)}$$

の関係にあり、誤読率と完全に従属する逆指標である。そのため、本稿では統計分析からは除外し、補助的指標として記述統計にとどめた。

### 4.3 統計分析

Reading Progress の継続利用による音読能力の変化を検証するため、音読速度、誤読率の変化を分析した。

初期(2週)・中期(12週)・後期(24週)の3時点における縦断的变化を検証するため、反復測定分散分析(repeated measures ANOVA)を用いた。要因は学習者内要因時点(3水準:初期・中期・後期)とし、従属変数には音読速度および誤読率を投入した。球面性の仮定については Mauchly の球面性検定により確認し、仮定が棄却された場合には Greenhouse-Geisser 補正を適用した。主効果が有意であった場合、多重比較には Bonferroni 法を用いて時点間比較を行った。

## 5. 結果

### 5.1 音読速度(語数/秒)の経時変化

3時点(初期・中期・後期)における音読速度(Oral Reading Rate)の推移を検証するため、反復測定分散分析を行った。まず球面性の前提を確認したところ、Mauchly の球面性検定において仮定の棄却が認められ( $\chi^2(2)=8.27, p=.016$ )、Greenhouse-Geisser による補正值を用いて分析を進めた( $\epsilon=.819$ )。

その結果、時点の主効果は有意であり  $F(1.64, 55.66)=9.19, p<.001, \eta^2=.213$ 、音読速度が学期を通じて統計的に有意な変化を示すことが明ら

かとなった。

続いて Bonferroni 法による事後比較を実施したところ、以下の結果が得られた。

1. 初期と中期の差：初期の音読速度は中期よりも有意傾向を示した ( $t(34) = 2.52, p = .050$ )。
2. 中期と後期の差：後期は中期を有意に上回った ( $t(34) = 5.06, p < .001$ )。
3. 初期と後期の差：初期と後期の間には有意差は認められなかった ( $t(34) = -1.66, p = .319$ )。

以上より、音読速度は中期に一度低下した後、後期にかけて顕著に回復・向上するパターンを示すことが確認された。主要な記述統計量を表 1 に、視覚的な推移を図 3 に示す。

表 1. 音読速度 (語/秒) の記述統計量 (N=35)

Time Point	N	Mean		SE	Coefficient of Variation
		Reading Rate (words/sec)	SD		
初期	35	0.665	0.425	0.072	0.639
中期	35	0.518	0.363	0.061	0.702
後期	35	0.794	0.521	0.088	0.656

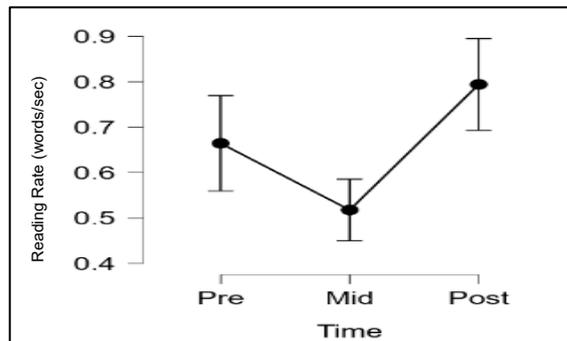


図 3 3 時点における音読速度の推移

併せて、音読速度の個人差の大きさを把握するため、変動係数 (Coefficient of Variation: CV) を算出した (表 1)。その結果、CV は初期 (0.639)、中期 (0.702)、後期 (0.656) と、いずれの時点においても比較的高い値を示した。特に中期において CV が最大となっており、学習者間の音読速度のばらつきが一時的に拡大したことが示唆される。

## 5.2 誤読率 (Error Rate) の経時的変化

誤読率 (Error Rate) について 3 時点 (初期・中期・後期) を要因とする反復測定分散分析を行った。Mauchly の球面性検定により球面性が満たされなかったため ( $p < .05$ )、Greenhouse-Geisser 補正を適用した。その結果、時点の主効果は有意

であった ( $F(1.63, 55.28) = 4.88, p = .016, \eta^2 = .126$ )。

しかしながら、各時点の平均値の推移を確認すると、誤読率は中期に一時的な変動を示したものの、初期から後期にかけて一貫した減少あるいは増加といった単調な変化は認められなかった。したがって、統計的には時点間で差が検出されたものの、誤読率という総合指標において、学期を通じた明確な改善または悪化が生じたとは解釈しにくい結果であった。

## 5.3 誤読タイプ別の統計分析結果

主要指標 (音読速度・誤読率) に加えて、誤読タイプ別の内訳 (Mispronunciation, Insertion, Omission) についても補助的分析を行った。これら 3 つの誤読タイプについて反復測定分散分析を実施したところ、いずれの指標においても時点 (初期・中期・後期) の主効果が有意であった ( $p < .05$ )。平均値の推移を確認した結果、いずれの誤読タイプも中期の時点で一度増加し、その後、後期において減少するという共通したパターンがみられた。これは、学期中盤の課題難度の上昇や学習負荷の影響を受けて誤読が一時的に増加した可能性を示すとともに、継続的な音読練習および AI による自動フィードバックを通して後半にかけて正確性が改善したことを示唆している。

以上の補助分析は、誤読率全体の変化に加えて個々の誤読タイプがどのように推移したかを明らかにするものであり、Reading Progress が誤読の性質に応じた改善を促す可能性を示す結果となった。

### 5.3.1 誤発音数 (Mispronunciation) の経時的変化

誤発音数の縦断的变化を検証するため、3 時点 (初期・中期・後期) を要因とする反復測定分散分析を実施した。Mauchly の球面性検定は有意であり ( $\chi^2(2) = 8.61, p = .014$ )、球面性が仮定されないため Greenhouse-Geisser 補正を適用した ( $\epsilon = .813$ )。その結果、時点の主効果が有意であった ( $F(1.63, 55.30) = 37.81, p < .001, \eta^2 = .527$ )。この結果は、学期を通じて誤発音数に大きな変化が生じたことを示している。各時点における誤発音数の記述統計量を表 2 に示す。

表 2. 誤発音の記述統計量 (N=35)

Time	N	Mean	SD
初期	35	9.17	5.52
中期	35	19.66	9.00
後期	35	13.86	5.53

**Note.** 値は Reading Progress により自動検出された誤発音 (Mispronunciation) の個数を示す

Bonferroni 補正による事後比較の結果、中期の誤発音数は初期より有意に多く ( $p < .001$ )、後期は中期より有意に少なかった ( $p < .001$ )。また、初期と後期の比較においても有意差が認められた ( $p < .001$ )。以下に、各時点におけるその経時的推移を図 4 に示す。

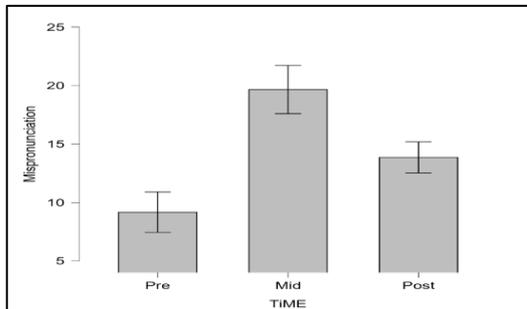


図 4. 3 時点における誤発音の推移

### 5.3.2 挿入 (Insertion) の経時的変化

3 時点における挿入誤り (Insertion) の変化を検証するため、反復測定分散分析を実施した。Mauchly の球面性検定の結果、球面性の仮定は棄却されなかった ( $\chi^2(2) = 4.73, p = .094$ )。したがって、球面性を仮定した検定結果を採用した。分析の結果、時点の主効果が有意であった ( $F(2, 68) = 6.39, p = .004, \eta^2 = .158$ )。これにより、挿入誤りの出現数が測定時点によって有意に変動することが示された。Bonferroni 法による事後比較の結果、以下のとおりであった。

1. 初期と中期の差については、有意な差が認められなかった。 ( $t(34) = -1.05, p = .903$ )。
2. 初期と後期の差についても、有意差は示されなかった。 ( $t(34) = 2.16, p = .113$ )。
3. 中期と後期の差では、後期は中期よりも挿入誤りが有意に少なかった。 ( $t(34) = 4.40, p < .001, d = 0.568$ )。

これらの結果は、挿入誤りは中期に増加する傾向を示しつつ、後期に減少に転じた可能性が示唆している。各時点における挿入誤り数の記述統計量を表 3 に、その経時的推移を図 5 に示す。

表 3. 挿入誤り数の記述統計量 (N=35)

Time	N	Mean	SD	SE
初期	35	17.14	13.59	2.30
中期	35	19.29	10.63	1.80
後期	35	12.66	10.54	1.78

**Note.** 数値は Microsoft Reading Progress により検出された挿入誤りの出現数を示す

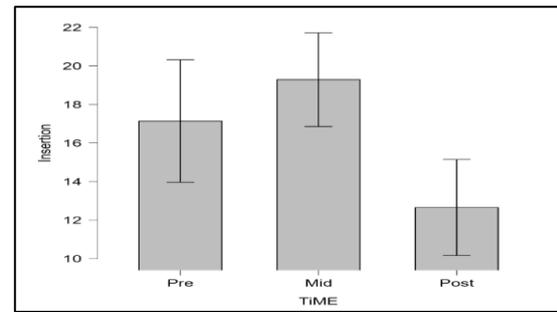


図 5. 3 時点における挿入の推移

### 5.3.3 省略 (Omission) ・削除 (Deletion) の経時的変化

3 時点における省略誤り (Omission) の変化を検証するため、反復測定分散分析を実施した。Mauchly の球面性検定の結果、球面性の仮定は棄却されなかった ( $\chi^2(2) = 5.55, p = .062$ )。したがって、球面性を仮定した検定結果を採用した。分析の結果、時点の主効果は有意傾向を示し ( $F(2, 68) = 3.16, p = .057, \eta^2 = .085$ )、省略誤りが時点によって変化する傾向が認められた。Bonferroni 補正による事後比較の結果は以下のとおりであった。

1. 初期と中期の差は有意ではなかった ( $t(34) = -1.57, p = .379$ )。
2. 初期と後期の差も有意ではなかった ( $t(34) = 0.59, p = 1.000$ )。
3. 中期と後期の差では、後期の省略誤りは中期よりも有意に少なかった ( $t(34) = 2.87, p = .021, d = 0.531$ )。

これらの結果は、中期時点で省略誤りが増加した後、後期において減少する変化がみられることを示している。各時点における省略誤り数の記述統計量を表 4 に、その経時的推移を図 6 に示す。

表 4. 省略・削除数の記述統計量

Time	N	Mean	SD	SE
初期	35	18.29	35.39	5.98
中期	35	33.03	44.74	7.56
後期	35	13.71	26.81	4.53

**Note.** 数値は Reading Progress により自動検出された省略 (Omission) 誤り数を示す

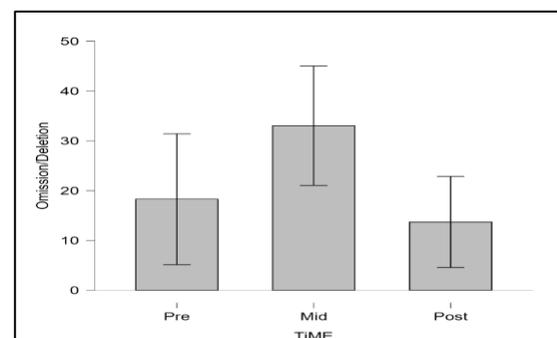


図 6. 3 時点における省略・削除の推移

表4に示した省略誤り数の記述統計量では、いずれの時点においても標準偏差が平均値を大きく上回っており、個人差が非常に大きいことが示唆される。このことから、一部の参加者において省略誤りが突出して多く生じた可能性が考えられ、分布の歪みや外れ値の影響を受けている可能性がある。

これらの結果から、誤発音・挿入・省略はいずれも「中期で一時的に増加し、後期で減少する」という共通した非線形の推移を示した一方、増加幅と分散は誤読タイプごとに大きく異なっていた。そのため、これらを合算した総合的な誤読率 (Error Rate) では、時点間の差を捉え得る反面、どの誤読タイプが変化に強く寄与しているのか (どの誤りが増減を主導しているのか) を指標単独からは判別しにくい。したがって、誤読行動の変容を適切に理解するためには、誤読率という総合指標に加えて、誤発音・挿入・省略といった誤りの質的特徴を区別して分析することの重要性が示された。なお、本節で扱った誤読タイプ別分析において、誤発音については時点の主効果が有意であり、効果量 (偏  $\eta^2$  二乗) が大きかった ( $\eta^2 = .527$ ) ため、効果量として偏  $\eta^2$  二乗 ( $\eta^2$ ) を用いて示し、挿入および省略については事後比較の結果に基づき Cohen's  $d$  を算出した。

以上より、誤読率という総合指標だけでは誤読行動の詳細を十分に捉えきれないことが示唆された。誤読行動の理解には、誤発音・挿入・省略といった誤りの質的特徴を区別して分析することの重要性が示された。なお、本節で扱った誤読タイプ別分析において、誤発音については時点の主効果が有意であり、効果量 (偏  $\eta^2$  二乗) が大きかった ( $\eta^2 = .527$ ) ため、効果量として偏  $\eta^2$  二乗 ( $\eta^2$ ) を用いて示し、挿入および省略については事後比較の結果に基づき Cohen's  $d$  を算出した。

## 6. 考察

本稿では、主要指標として音読速度 (Oral Reading Rate) と誤読率 (Error Rate) を採用し、加えて誤読タイプ別の補助分析 (Mispronunciation・Insertion・Omission) を行った。その結果、音読速度には学期を通じた有意な変化が認められ、中期に一時的な低下を伴う非線形の推移が確認された。誤読率 (Error Rate) についても時点の主効果が認められたが、平均値の推移は中期で一時的変動を含む非線形パターンであり、初期から後期にかけて単調な改善 (減少) または悪化 (増加) としては解釈しにくかった。本節では、これらの結果の解釈と教育的含意について考察する。

### 6.1 音読速度の非線形的変化について

音読速度は中期で有意に低下した後、後期にかけて大幅な改善を示した。この一時的低下については、学期中盤における学習状況の変化が影響した可能性が考えられるが、本研究では各回で用いられたテキストの語彙難度や文構造の複雑性を定量的に評価していないため、課題難度の影響を直接検証することはできない。Reading Progress の記録は毎回異なるテキストを対象とすることから、

テキスト特性の違いが読速に影響した可能性は否定できないが、これは推測の域を出ない。

一方で、後期に向けて音読速度が明確に回復した点は、反復的な音読経験と ASR による即時フィードバックが読み処理の自動化を促進したことを示唆している。先行研究 (Nguyen, 2025) (9) でも短期的な読速向上が報告されており、本研究は、その傾向が長期利用においても成立する可能性を示した。今後は、語彙頻度指標や可読性指標を用いてテキスト難度を統制または共変量として扱うことで、音読速度の変化要因をより精緻に検討する必要がある。

### 6.2 誤読率 (Error Rate) における時点差の解釈

誤発音・挿入・省略を合算した誤読率 (Error Rate) については時点の主効果が認められた。しかし、平均値の推移は中期で一時的変動を含む非線形パターンであり、初期から後期にかけて一貫して低下 (改善) あるいは上昇 (悪化) する単調な変化としては解釈しにくかった。加えて、誤読タイプ別に検討すると、いずれも中期で増加し後期に減少する共通した推移が確認された。このことは、誤読率という合算指標が、異なる誤読タイプの変動を単純に加算する構造を持つため、個々の誤読タイプにおける変化が必ずしも総合指標に反映されない可能性を示唆している。(1)(2)(11)

本研究では、誤読タイプ間の相関や共分散を直接検証していないため、実際にどの程度変動が相殺されたかを定量的に示すことはできない。しかし、誤発音は中期に大きく増加する一方、挿入・省略は比較的小幅な変動にとどまるなど、誤読タイプごとに変動幅や分散が異なっていたことから、誤読タイプごとに変動幅や分散が異なるため、合算値としての誤読率では変化の方向性や、どの誤読タイプが変化を主導したのかを解釈しにくい可能性がある。

以上より、誤読率という単一の総合指標のみでは、読みの正確性に関する変化の質的側面を十分に捉えきれないことが示唆された。誤読行動の理解には、誤発音・挿入・省略といった誤りの種類を区別した分析が不可欠である。今後は、誤読タイプ間の相関構造や共分散を検討した上で、多変量モデルや重みづけ指標を用いた分析を行うことで、合算指標の妥当性を検証する必要がある。

## 7. 結論

本研究は、AI 音読評価機能を大学英語教育の通年授業に導入し、学習者の音読速度および誤読行動が学期を通じてどのように変化するかを縦断的に検討した。音声認識技術を基盤とした音読自動解析は教育現場での活用が広がりつつあるが、長期的データに基づく研究は依然として限られており、本研究はその空白を補うものである。得られた知見は、AI を用いた音読評価が英語教育においてどの程度の教育的効果を持ち得るかを検討する

上で重要な示唆を提供する。

まず、主要指標である音読速度は学期全体で有意に向上した。特に、中期に一時的な低下がみられた後、後期にかけて顕著に回復・上昇するという非線形の推移が確認された。この結果は、学期中盤の課題負荷により一時的な停滞が生じつつも、継続的な音読練習と AI 音読評価機能による即時フィードバックを通じて読み処理の自動化が進み、最終的に高い読速を達成したことを示唆する。AI が提示する客観的な速度指標は、学習者の自己調整学習 (self-regulated learning) を促進する役割を果たしたと考えられる。

一方、誤発音・挿入・省略を合算した誤読率 (Error Rate) については時点の主効果が認められたが、推移は中期での一時的変動を含む非線形パターンであり、初期から後期にかけた単調な改善 (減少) または悪化 (増加) としては解釈しにくかった。これは、総合指標である誤読率のみでは、どの誤読タイプが変化を主導しているのか (寄与) を判別しにくく、誤読行動の変容過程を十分に説明しきれないことを示すものである。したがって、誤読タイプ別の詳細な分析が読みの改善過程を理解する上で不可欠である点は、本研究の重要な成果といえる。

以上の結果から、AI 音読評価機能の継続利用は学習者の音読速度の改善を促し、誤読行動の質的变化を捉えるための有用なデータを提供することが示された。特に、誤読タイプ別の可視化は学習者の弱点把握や個別指導の設計に有効であり、従来の手作業による音読評価では得られにくい精緻な情報を補完する。

さらに、AI 音読評価機能は課題配信・提出・自動解析・フィードバックがオンライン上で完結するため、大規模授業や遠隔授業にも適用しやすい。誤読の傾向や個々の学習状況を即時に可視化できる点は、教員の評価負担を軽減し、より効率的な授業運営と個別最適化指導を可能にする。

もっとも、本研究には統制群を欠く単群デザインであること、課題テキストの難易度が週ごとに一定ではない可能性、ASR による誤読検出に残存する誤判定の可能性など、いくつかの限界が存在する。今後は、統制群を含む研究デザインや難易度統制された課題の使用、人間評価との照合、さらに誤読改善に影響する個人差要因の検討が求められる。また、AI 音読評価機能が生成するログデータを活用した学習分析 (learning analytics) を通じて、個別最適化学習の可能性を検討することも今後の課題である。

総じて、本研究は AI 音読評価機能が大学英語教育における音読指導の効率化と質的向上に寄与し得ることを示した。音声認識技術の精度向上と AI 活用が進む中、今後は学習者一人ひとりに適応した音読支援を実現する基盤として、その教育的価値がさらに高まることが期待される。

## 参考文献

- (1) Kuhn, M. R., & Stahl, S. A.: "Fluency: A review of developmental and remedial practices", *Journal of Educational Psychology*, 95(1), pp.3–21 (2003) .
- (2) Rasinski, T. V.: "Speed does matter in reading", *The Reading Teacher*, 54(2), pp.146–151 (2000) .
- (3) Vančová, H.: "AI and AI-powered tools for pronunciation training", *Journal of Language and Cultural Education*, 11(3), pp.12–30 (2023) .
- (4) Alonzo, D., Abril, J. M. V., & Oo, C. Z.: "The use of artificial intelligence in English language assessment: Empirical evidence and future directions", *Cristal: Critical Studies in Teaching and Learning*, 13(2) (2025) .
- (5) Rasinski, T. V., & Hamman, P.: "Fluency instruction: Why and how?", *Reading Horizons*, 50(3), pp.1–13 (2010) .
- (6) Goodman, K. S.: "Reading: A psycholinguistic guessing game", *Journal of the Reading Specialist*, 6(4), pp.126–135 (1967) .
- (7) Goodman, K. S., Watson, D. J., & Burke, C. L.: *Reading miscue inventory: From evaluation to instruction*, 2nd ed., Richard C. Owen Publishers (2005) .
- (8) Rasinski, T. V.: *Assessing reading fluency*, Pacific Resources for Education and Learning (2004) .
- (9) Nguyen, T.: "Practical and ethical challenges of large language models in education: A systematic scoping review", *arXiv* (2023) .
- (10) Microsoft Support: "Getting started with Reading Progress in Teams" .  
<https://support.microsoft.com/en-us/topic/getting-started-with-reading-progress-in-teams-7617c11c-d685-4cb7-8b75-3917b297c407> (2025 年 10 月閲覧)
- (11) Rasinski, T. V.: "Why reading fluency should be hot!", *The Reading Teacher*, 65(8), pp.516–522 (2012) .

(2025 年 12 月 1 日 受付)

(2026 年 2 月 10 日 採録)

# 探究型教育の技能モデル「RACO」の定義と成長プロセスの検証 - 大規模アンケート調査とインタビューから迫る -

## The RACO Skill Model in Inquiry-Based Education: Definitions and Growth Processes

### Insights from Large-Scale Surveys and Student Interviews

木村 修平\*1・近藤 雪絵\*2

Email: syuhei@fc.ritsumei.ac.jp

\*1: 立命館大学 生命科学部 生命情報学科

\*2: 立命館大学 薬学部 薬学科

#### 抄録

本稿の目的は、大学における探究型教育が学生のどのような技能を伸ばしているのかを、具体的な技能セットの定義と成長プロセスのモデル化を通して明らかにすることである。大規模私立大学の複数学部で展開される PBL 型英語授業を事例とし、授業実践から抽出した「調べる (Research)」「まとめる (Authoring)」「交流する (Collaboration)」「発信する (Output)」から成る RACO モデルを提示した上で、2年にわたる大規模アンケート調査と4名の学習者インタビューを分析した。量的調査からは、RACO 全般に高い自己評価が示される中で、Authoring が他の技能と密接に結びつく中核的スキルとして機能しつつ、Research や Collaboration の一部が相対的に難しいと認識される領域であることが明らかになった。さらに、質的分析では、探究の起点と壁経験の組み合わせに応じて RACO の成長軌跡が多様に分岐することが示され、RACO の4技能が相互に駆動し合うネットワークとして技能の伸長を支えていることが確認された。本研究は、探究型教育における技能定義と評価の枠組み構築に向けた基礎的知見を提供するものである。

◎Key Words 探究型教育, プロジェクト型学習, 英語教育, RACO, インタビュー分析

## 1. はじめに

近年、日本の初等・中等教育から大学教育に至るまで、「探究」を冠した学習活動や教育実践が急速に広がりを見せている。その背景の一つとして、2022年度から高等学校の学習指導要領に「総合的な探究の時間」が組み込まれたことが挙げられる<sup>(1)</sup>。これにより、2025年度の大学新入生は、程度の差こそあれ探究型学習を経験してきた層となり、多くの大学にとって新世代の学習経験に対応した教育設計が急務となっている。

探究型教育では、学習者が主体的に課題を設定し、情報を収集し、他者と協働しながら成果物を構築することを基軸とする。前述の学習指導要領では図1としてこうした探究のサイクルが示されている。

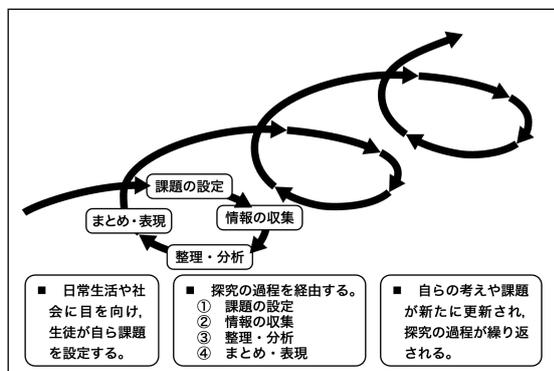


図1. 学習指導要領が示す探究学習の概念図<sup>(1)</sup>

この方向性は世界的な教育改革の潮流とも合致する

が(2.1)、その一方で、探究型教育が想定する技能や能力観にはばらつきがあり、さらに、それらがどのように形成・成長するかを示す一般化された指標や測定手法は確立されていないことが報告されている(2.2)。

本研究が焦点を当てるのは、大学における探究型教育の文脈において育まれる技能の定義とその成長プロセスをモデル化することである。具体的には、大規模私立大学の複数学部で展開されている正課必修のPBL(Project-Based Learning: プロジェクト型学習)型英語授業を事例とし(3.1)、授業内の活動から導き出された「Research」「Authoring」「Collaboration」「Output」という4つの技能を示す(3.2)。続いて、同プログラムにおいてこれらの技能がいかに育成されているのかを、2年にわたる大規模アンケート調査および学習者インタビューを用いて明らかにする(4章および5章)。これらを統合することで、探究型教育における技能の定義と評価の枠組み構築に向けた実践的・理論的知見を提供する(6章)。

## 2. 先行研究

### 2.1 世界的な探究型教育の潮流

探究型教育やPBLは、21世紀における教育改革の中核的概念として国際的に広がりを見せている。

OECDは、持続可能な社会を担う学習者に必要な能力を「キー・コンピテンシー」として位置づけ、知識活用・協働・自己調整などの複合的スキルを育成を重視してきた<sup>(2)</sup>。さらにOECD Education 2030<sup>(3)</sup>では、若者が社会の中で変革を生み出す主体(エージェンシー)として機

能するために3つのコンピテンシーを定義し、それぞれ「新たな価値を創造する力」「対立やジレンマを克服する力」「責任ある行動をとる力」と整理されている<sup>4)</sup>。また、米国教育省とマイクロソフト、シスコシステムズ、アップルなどのIT企業によって2002年に設立された非営利団体「P21」は、4つのC(Critical Thinking, Communication, Collaboration, Creativity)と3つのR(Reading, wRiting, aRithmetic)からなるフレームワーク(図2)を提示している<sup>5)</sup>。

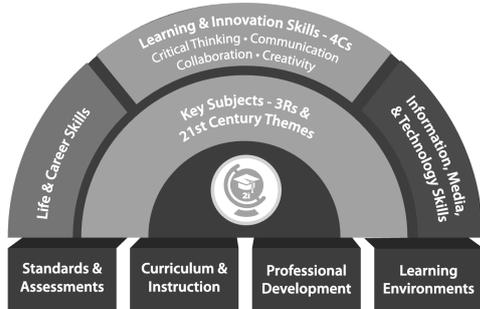


図 2. 4C と 3R から成る P21 のフレームワーク<sup>6)</sup>

さらに、世界銀行(World Bank)や UNESCO は、グローバル化した社会において必要とされる技能として、創造性、適応性、問題解決、協働、批判的思考などの汎用的技能の重要性を指摘している。世界銀行は、これらの技能は従来型の知識伝達中心の授業では十分に育成できず、プロジェクト型学習や高次技能を要する学習活動によってこそ適切に育まれると述べている<sup>7)</sup>。UNESCO も、SDGs(Sustainable Development Goals)達成に必要な技能として協働、批判的思考、自己主導的学習などを掲げ、探究的なアプローチを推奨している<sup>8)</sup>。

## 2.2 技能定義の多様性と概念的なばらつき

2.1 で示した技能群は「21世紀型スキル」と呼ばれ、創造性や批判的思考、ICTリテラシーといった汎用的技能を重視している点では概ね一致しているものの、細かな定義や構成要素については大きな相違がある。たとえば前掲のP21のフレームワークは4つのCと3つのRを中心とした簡潔な構成であるのに対し、OECD Education 2030のコンピテンシーモデルは「知識」「スキル」「態度及び価値観」が複合的に統合される複雑な概念として示されている(図3)。

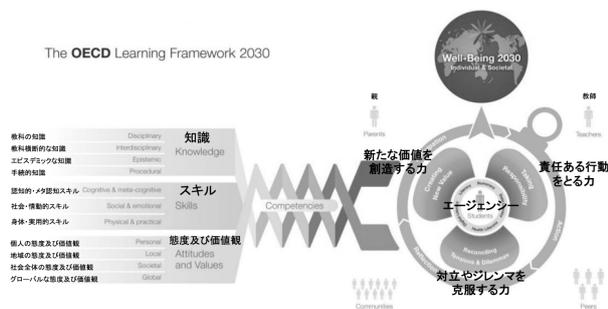


図 3. OECD Education 2030 のフレームワーク<sup>9)</sup>

また、世界銀行が重視する「幅広いスキル(breadth of

skills)」は、問題解決、適応性、創造性など多様な技能領域を包括するが、構造的にはP21やOECDのモデルとも異なる特徴を持つ。また、UNESCOも、協働、批判的思考、自己主導的学習など、持続可能な社会を構築するために必要な能力を提示しているものの、その分類体系はP21やOECDのものとは完全に一致しているわけではない。探究型教育に求められる技能について国際的に大枠の方向性は共有されているものの、具体的な構成要素や階層構造は統一されておらず、概念的なばらつきが大きい。

こうした定義のばらつきは、教授法および評価法の確立の困難さにも直結している。21世紀型スキルに関する枠組みが多数存在する一方で、それらを教授・評価できる一般的に合意された体系的モデルが確立されていないことは複数の先行研究で指摘されている<sup>10)11)</sup>。日本国内においても、探究型教育やPBLの必要性が広く認識されるようになってきたが、その成果をどのように捉え、学習者の成長をどのように可視化するかについて標準化された枠組みは十分に整備されていない。これらは、高等教育における探究型授業の設計や改善を考える上で大きな課題となっている。

以上のように、探究型教育のフレームワークは重複する要素が多い一方で、それぞれの技能の厳密な定義やその評価、測定に関しては未解決の課題が多い。本研究は、このギャップを埋める試みとして、大学における探究型PBLプログラムを対象に、技能群の定義と成長モデルの構築を行うものである。

## 3. PEPと新しい4技能モデル「RACO」

### 3.1 プロジェクト発信型英語プログラム(PEP)

立命館大学のプロジェクト発信型英語プログラム(Project-based English Program: PEP)は、2008年度の生命科学部および薬学部の開設と同時に導入され、その後スポーツ健康科学部・総合心理学部へと展開が進んだ正課必修のPBL型英語科目である。2026年度には新設されるデザイン・アート学部にも導入が予定されており、学部横断の探究型英語教育として発展しつつある。

PEPの中心にあるのは、学生が自らテーマを設定し、情報収集、分析、構成、発信という一連の探究プロセスを英語で遂行するという理念である。テーマは公序良俗に反しない限り学生が自由に設定でき、教員が指定しない点に特徴がある。学生は自身の興味・関心からプロジェクトを立ち上げ、調査結果をスライド・ポスター・動画などの多様な形式で表現することを通して、英語を「使いながら身につける(learn by doing)」学習環境が構築されている<sup>12)</sup>。

PEP導入学部では共通して、1回生春学期から2回生秋学期にかけて「プロジェクト英語1~4」(P1~P4)が配置されている。生命科学部・薬学部ではさらに、3回生春学期にJunior Project 1(JP1)が必修科目として、秋学期にJP2が選択科目として開講されており、各学期でプロジェクトのテーマやアウトプットの形式を変えながら探究活動を発展させていく設計となっている。生命科学部・薬学部のPEP授業の構成を、必修/選択の別および活動単位の別(個人ワーク/グループワーク)とともに

に表 1 に示す。

表 1. 生命科学部・薬学部の PEP 授業の構成

学年	学期	対応する授業, 必修/選択, 活動単位
1	春	プロジェクト英語 1(P1), 必修, 個人
	秋	プロジェクト英語 2(P2), 必修, 個人
2	春	プロジェクト英語 3(P3), 必修, グループ
	秋	プロジェクト英語 4(P4), 必修, 個人
3	春	Junior Project 1 (JP1), 必修, グループ
	秋	Junior Project 2 (JP2), 選択, 個人

また、PEP は BYOD (Bring Your Own Device) を前提とし、デバイスや各種 ICT リソースを積極的に活用している点にも特徴がある。学生はオンライン資料の探索、アンケートやインタビューの記録、クラウド上での共同編集、プレゼンテーション資料や動画の制作など、探究的学習に必要な一連のタスクをデジタル環境下で実施する。さらに、PEP ではニューラル機械翻訳や生成 AI アプリケーションを正式に導入しており、国内では最初期の大規模運用事例であると言える<sup>(13)</sup>。これらの取り組みから、PEP は、英語教育と ICT 活用を統合し、現代の学習環境に即した探究型英語教育のモデルケースとして位置づけられる<sup>1)</sup>。

### 3.2 探究型英語教育の新しい4技能「RACO」

語学教育では長らく4技能、すなわち「読む／書く／聴く／話す (Listening / Reading / Writing / Speaking)」が中心に据えられてきた。これらは対象言語の使用能力を4つの技能領域に区分する枠組みであり、評価指標として広く機能してきた。しかし、PEP のような探究型のプ

ロジェクト学習において学生が直面するのは、言語操作だけでは説明しきれない。プロジェクトの遂行にあたり、学生はテーマに関連する様々な文献やリソースを調べ、必要に応じてアンケートやインタビューといったデータ収集を行い、それらをスライドやペーパー、動画などに構造化し、さらに他者との議論や意見交換を通じてプロジェクトを発展させ、進捗や成果を発信する。この一連の活動は、「読む／書く／聴く／話す」が複合的に連動して生起し、相互に作用する学習活動であると言える。

こうした学習活動を把握し、成長のプロセスを捉えるために抽出されたのが、PEP が定義する「新しい4技能」である。新しい4技能は、「調べる／まとめる／交流する／発信する (Research / Authoring / Collaboration / Output)」をベースに4つの技能群として整理され<sup>(14)</sup>、それぞれの英字の頭文字を取って RACO と呼称する。RACO の詳細な概念図を図 4 に示す。

先行研究で示したとおり、21 世紀型スキルや探究能力に関するフレームワークは多数提案されているものの、その多くは概念的提示に留まり、具体的な技能構造や学習過程への適用可能性には課題が残る。一方、RACO は PEP という具体的教育実践に根ざして抽出された技能モデルであり、探究プロセスを構造的に可視化できる点において応用的価値が高い。

さらに RACO は、PEP に限らず、大学における PBL・探究型授業に共通して見られる基盤的な技能構造を示している可能性をもつ。本研究では、RACO を探究型教育における技能モデルとして再定義し、学生の成長をどこまで捉えられるのかを、2 年分の大規模アンケート調査および学習者インタビューの分析から検証する。

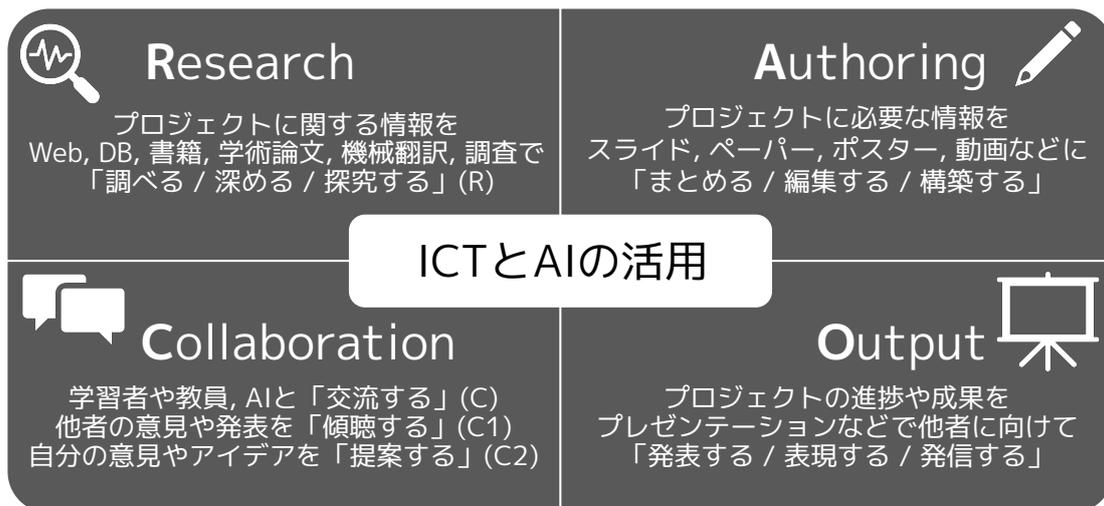


図 4. 探究型英語教育の新しい4技能モデル「RACO」

<sup>1)</sup> PEP について、詳しくは公式サイト ([peprg.jp](http://peprg.jp)) を参照。また、学生向けのリソースは PEP Navi として公開されている ([navi.peprg.jp](http://navi.peprg.jp))。

#### 4. アンケート調査結果

本章では、表 1 に示した PEP 科目のうち、3 回生春学期に開講される Junior Project 1(JP1)を対象として実施したアンケート調査の結果を概観する。JP1 は、それまでの P1～P4 で培ってきた探究経験を踏まえてグループ単位で共通のテーマについて掘り下げ、英語でポスター発表を行う授業である。本研究では、JP2 という選択科目を履修しない学生も含め、多くの学生にとって RACO がある程度立ち上がった段階での自己評価を把握する機会として、JP1 を位置づけた。

アンケート調査は、2024 年度・2025 年度の 2 年にわたり、いずれも学期末の授業時間内に実施した。学生は授業内で提示された Web フォームにアクセスし、RACO および ICT 活用に関して、入学時点と回答時を比べた複数の自己評価項目に 4 件法で回答した。質問項目および回答尺度は 2 年間を通じて共通であり、年度間の比較が可能のように設計されている(表 2)。いずれも 4 件法(とてもそう思う～全くそう思わない)で回答を求めた。

表 2. アンケートの共通設問

略号	質問項目
R	プロジェクトに必要な情報を Web や図書館で探し、集める能力が伸びた
A	集めた情報をスライドやドキュメントにまとめる能力が伸びた
C1(傾聴)	プロジェクトについて他の人(クラスメイト・教員など)からの意見を聴いて参考にできる能力が伸びた
C2(提案)	他の人のプロジェクトについて、よいところ、足りないところを評価したり指摘する能力が伸びた
O	プロジェクトの進捗や成果について、人前で発表する能力が伸びた
ICT	英語 P の授業を通じてノートパソコンを使う能力が向上した

協働を表す Collaboration の側面をより詳細に捉えるため、他者からフィードバックを受けとめる側の技能と、自らフィードバックを行う側の技能を区別して測定した。前者は「C1(傾聴)」として、他者からのコメントやフィードバックを聴き、自分のプロジェクトに取り入れて改善する力に関する項目であり、後者は「C2(提案)」として、クラスメイトやグループメンバーに対して建設的なコメントや自身の考えやアイデアを伝える力に関する項目である。プロジェクト型学習における協働場面では、他者の意見を受容し自身のアイデアに活かす受容的な側面と、他者の学びに働きかける発信的・支援的な側面がともに重要であるが、学習者にとっては後者の心理的負担がより大きく、要求され

る技能も異なることが想定される。そのため、本研究では C を C1(傾聴)と C2(提案)に分割し、それぞれの成長感を別個に把握することとした。

本章では、各年度の RACO 自己評価の傾向と相互の関連を示したうえで、2 年間を通して見られた共通点と特徴を整理する。

#### 4.1 2024 年度のアンケート結果

2024 年度の JP1 受講生(約 480 名)を対象に実施したアンケートの有効回答数は 428 名であった。6 項目(R/A/C1/C2/O/ICT)について、4 件法の回答を 1 点(全くそう思わない)～4 点(とてもそう思う)に得点化し、平均値・標準偏差および肯定的回答の割合(「とてもそう思う」「そう思う」と回答した者の割合)を表 3 に示す。

表 3. 2024 年度の JP1 アンケート結果(N=428)

項目	平均	標準偏差	肯定%
R	3.43	0.58	96.5
A	3.49	0.54	98.1
C1(傾聴)	3.46	0.53	98.4
C2(提案)	3.40	0.54	97.2
O	3.48	0.54	97.7
ICT	3.59	0.54	97.9

アンケート結果からは、いずれの項目も平均値 3.4～3.6、肯定率約 96～98%という高い自己評価が得られた。また、相関分析の結果(図 5)からは、R～ICT の各項目間に中程度から高い正の相関が認められ、とりわけ A が R、C1、C2、O とのあいだで比較的高い相関を示す主要技能として機能していることが示唆された。

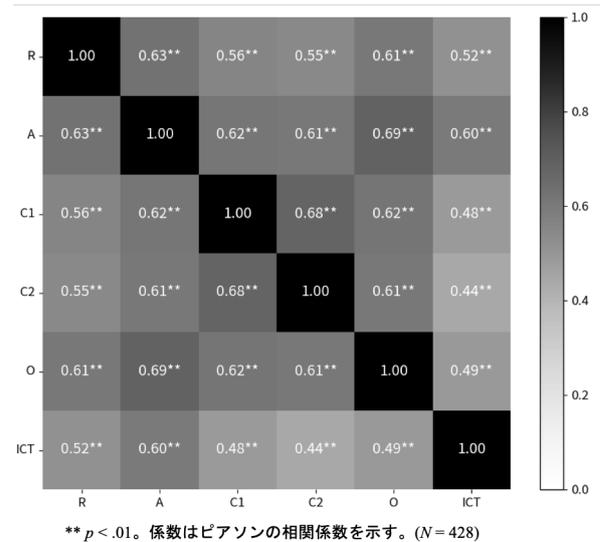


図 5. 2024 年度アンケートの相関行列

#### 4.2 2025 年度のアンケート結果

2025 年度春学期の JP1 受講生(約 480 名)を対象に実施したアンケートの有効回答数は 322 名であった。分

析対象とした6項目は前節と同一であり、回答尺度および得点化の方法も同様である。各項目の平均値・標準偏差および肯定的回答の割合を表4に示す。

表4. 2025年度のJP1アンケート結果(N=322)

項目	平均	標準偏差	肯定%
R	3.23	0.66	88.8
A	3.37	0.59	95.0
C1(傾聴)	3.39	0.58	96.6
C2(提案)	3.27	0.62	92.5
O	3.32	0.61	94.4
ICT	3.48	0.63	94.4

2025年度についても、6項目間の相関分析結果をヒートマップとして示した(図6)。相関係数は概ね $r=.45\sim.65$ の範囲に分布しており、いずれの項目も互いに中程度以上の正の相関を示すことから、RACOが相互に関連し合う一つの技能群として機能していることがうかがえる。なかでも、AとC1・C2は、他の項目との相関が相対的に高く、2024年度と同様に、プロジェクトをまとめる力やフィードバックを介した協働の力が、全体の学習経験をつなぐ要素として働いている可能性が示唆されている。

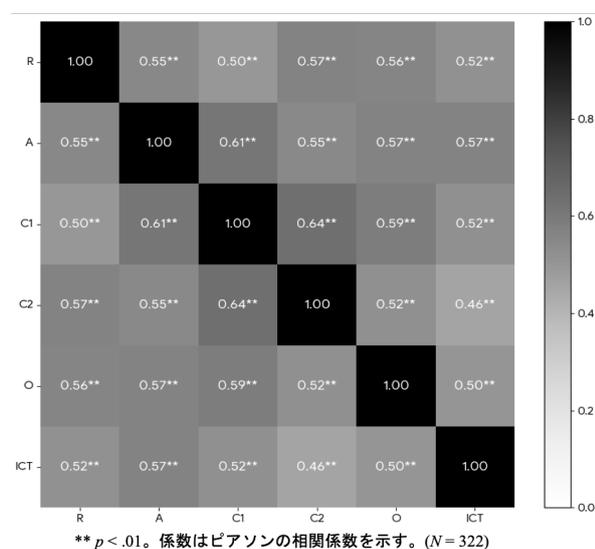


図6. 2025年度アンケートの相関行列

#### 4.3 両年度のRACO自己評価の比較

2024年度・2025年度のいずれにおいても、RACOの5項目(R/A/C1/C2/O)は平均値がおおむね3.2~3.6の範囲に収まり、肯定的回答もおおよそ9割以上であった。回答者集団は年度ごとに異なるものの、2年にわたって高い自己評価が得られたことから、JP1を中心とするPEPの学習経験が、探究型学習の基盤的技能となるRACOの成長実感として学生の多くに共有されている

ことが確認できる。

各項目に注目すると、両年度ともに、A・C1・Oが比較的高い平均値と肯定率を示し、RとC2が相対的に低い値となる傾向が見られた。とりわけRは、2025年度において5項目の中で最も平均値が低く、否定的回答の割合も他項目よりやや高い。これらの結果は、学生が「集めた情報をまとめる」「他者の意見を聴いて取り入れる」「成果を発表する」といった側面では成長を実感しやすい一方で、「適切な情報源を見つけて活用すること」や「建設的なコメントやアイデアを自ら提案すること」には難しさを感じやすいことを示唆している。

また、両年度の相関分析からは、R~Oの各項目間に中程度から高い正の相関が両年ともに認められた。特にAとC1・C2は、他の項目との相関が相対的に高く、いずれの年度においてもRACOを結びつける中核的技能として機能していることがうかがえる。すなわち、情報をまとめるプロセスと相互フィードバックを通じた協働経験が、情報収集や発表といった他の側面の成長実感を支えている可能性が示されたと言える。

### 5. インタビュー結果

前章では、2年間にわたる大規模アンケート調査にもとづき、RACOの各技能について学生自身の自己評価傾向とその関連性を概観した。しかし、量的データからは「どのような経験を通して」「どの順番で」「どの技能が立ち上がってくるのか」という側面は十分に把握しきれない。そこで本節では、PEPの授業を終えた4名の学生への半構造化インタビューのデータをもとに、RACOがどのように生成・変容していくのかをインタビュー内容に基づいて分析する。

#### 5.1 調査の概要

インタビューは、PEPの授業を2.5年以上履修してきた学部生3名(学生1/2/4)および大学院生1名(学生3)を対象に実施した(すべて日本人学生)。この4名はそれぞれ、筆者らおよび他のPEP教員から、RACOの観点から顕著な変化・成長が見られた学生として推薦を受けた者であり、PEPの一連の経験を通じて自身の学びを振り返ることができると判断された。

インタビューは2024年7月中旬にオンラインあるいは対面で行われた<sup>2</sup>。1人あたり約50~60分、日本語で実施され、主な質問項目は、(1)大学入学前の探究型学習・PBL教育などの経験の有無、(2)大学入学時のICTの活用度合い、(3)1回生授業(P1)~3回生授業(JP1)またはJP2)のプロジェクト内容および活動の振り返り、(4)PEP授業を振り返って思うことの4点である。

#### 5.2 分析の視点:「探究の起点」と「壁経験」

4名のインタビュー記録を質的に分析するにあたり、各学生がどのような契機や強みから探究活動に踏み出したのかを整理するために、「探究の起点」という概念を用いる。探究の起点とは、初期のプロジェクト経験を振り返る語りの中で、1.テーマ選定の手がかりとなった

<sup>2</sup> 本調査は「立命館大学における人を対象とする研究倫理審査委員会」の承認を受けたものである(衣笠人・2024・52)。

関心・経験, 2.最も時間やエネルギーを投入した活動, 3.自身や教員が「その学生らしさ」として繰り返し言及した側面, などとして浮かび上がる要素を指す。また, プロジェクトの遂行過程で学生が直面した困難や挫折の経験を「壁経験」と呼び, 探究の起点と壁経験の組み合わせに着目しながら, RACOの各相がどのように成長していくのかを検討する。

### 5.3 4事例の概要

4名の特徴は次のように要約できる。学年や所属などは2024年7月当時のものである。なお, RACOの各技能を文中ではそれぞれアルファベット1文字で記す。

#### 学生1(2021年度入学 / 生命科学部4回生)

高校時代に大きな探究・PBL経験はなく, PCも大学入学後に本格的に使い始めた。P1では縄跳びの三重跳び, P2では心拍数とパフォーマンス, P3では「マルチタスクに追われる大学生」, P4では厚底シューズ, JP1では, 学生2, 学生4と同じグループで日本の各地方に特有の食文化とその理由というプロジェクトに取り組んだ。スライド作成と発表に苦手意識が強く, 困りごとがあっても相談など他の人に頼ることが苦手だった。学年が進むにつれ, リサーチの深め方がわかり, スライドやポスターの見せ方, 抑揚をつけた発表といった表現面での成長を強く自覚した。

#### 学生2(2021年度入学 / 生命科学部4回生)

高校で総合学習やワープロ検定受験などのICT経験がある一方, PEP授業のテーマ設定の自由度の高さに戸惑った。そのため毎回プロジェクトのテーマ選定に時間がかかり, リサーチを十分深められないという苦手意識があった。P1ではジェンダーレス制服, P2では砂糖中毒の改善, P3ではマルチタスク, P4では空き家問題, JP1では学生1, 学生4と共に日本の各地方に特有の食文化とその理由, JP2では動物の体表模様とチューリングパターンを扱った。テーマ設定や深掘りの仕方ですべて行き詰まりながらも, 試行錯誤を通じてRとA, Oを大きく伸ばし, 最後のJP2では十分満足のいく成果を残すことができた。

#### 学生3(2019年度入学 / 生命科学研究科M2)

小中高で体系的な探究・PBL経験はほぼないが, 自由研究や確率の計算など, 趣味のポーカーを確率論的に考察するなど, 娯楽とアカデミックな視点と結びつける思考習慣をもっていた。従来型の英語教育には強い苦手意識があったが, PEPを「英語ではない授業」と捉え直すことでモチベーションを回復した。教員からプロジェクトの浅さを何度も指摘されたが, 期待を上回ったときのポジティブな反応が楽しみになり, P1・P2ではボクササイズと減量, P3ではコロナ政策, P4では片腕懸垂, JP1では共感覚醒をテーマに取り組み, 優秀ポスターに選出された。M2の時点で3回の国際学会での発表を経験した。

#### 学生4(2021年度入学 / 生命科学部4回生)

幼少期からPC操作に親しみ, スライドや文書のデザインが得意だった。高校でSDGsをテーマにした探究授業のポスター発表や英会話部の活動を経験し, Oにも自信があった。P1では猫の殺処分, P2ではSNS上の自己像と現実の自己像, P3では対面授業とオンライン授業の違い, P4では習慣の定着, JP1では学生1, 学生2と同じグループで日本の各地方に特有の食文化とその理由というプロジェクトに取り組んだ。発表やポスター作成がもともと得意であり, P3のグループワークでメンバー間の温度差に悩んだが, JP1ではPCスキルとデザイン感覚を活かしながら, グループの進行役としてCやAを伸ばしてきた。

### 5.4 壁経験を契機としたRACOの成長

前節で見たように, 4名はいずれも複数の壁経験をしながらRACOの各相を伸ばしていたが, そのプロセスは一律ではない。本節では, 各学生がどのような探究の起点から出発し, どのような壁経験をjてRACOを成長させていったのかに着目し, その特徴を4つのタイプとして整理する。

学生1は, P1・P2の段階で「スライド作成と発表がづらい」「全部自分でやらなければならない」という思い込みを抱えていた。P4で陸上競技の厚底シューズをテーマに選んだ際, 自身の10年にわたる競技経験を手がかりに, 中高時代の関係者へのアンケート調査など, 本格的なRに踏み出した。これにより, Rの質が大きく向上し, その成果をポスターとして整理する(A), グループメンバーに役割を任せる(C), 発表時の英語に抑揚をつけて伝えることを意識する(O)へと広がっている。

学生2は, ほぼ毎回の授業でテーマの深掘りの仕方(R)に悩み, P3のグループでの動画制作ではメンバー間の連携(C)に苦戦するなど, 壁に何度も直面した。こうした不本意な経験を踏まえ, JP2では準備段階から十分な文献調査・情報収集を行い(R), P3で身につけた動画編集技能(A)を活かして, 初めて「自分なりに納得のいく」発表(O)を実現している。このプロセスは, Rの精緻化がAとOの質的転換をもたらし, それが次のRへの動機づけとなる循環を示していると言える。

学生3は, P1・P2の段階から「先生から毎週コテンパンにフィードバックされる」経験を重ねていた。担当教員から, プレゼンテーション(O)だけでなく「プロジェクトの浅さ」(R)そのものを指摘されたことをきっかけに, 「どうすれば期待を上回って驚いてもらえるか」を真剣に考えるようになったと語る。以後, Rでは文献や専門家インタビューを通じて問いを深掘りし, Aでは構成や図表の工夫を重ね, Oでは聴衆とのやりとりを意識した発表スタイルを探究している。JP1で優秀ポスターに選出された経験は, RとA・Oの三者がスパイラル状に伸びてきたこと象徴的な出来事であったと言える。インタビューの終盤では, 「研究者として必要なことはPEPの授業の中に一通り含まれていると思う」と述べており, 自身の経験を, 授業内の達成にとどまらず, 将来の研究者としての成長につながるプロセスとして捉えていることがうかがえた。

学生4は、早くからPC操作に習熟していたためスライドや文書のデザイン(A)が得意で、P1・P2での個人プロジェクトは順調にプロジェクトを行った。しかし、対面授業とオンライン授業の違いを扱うP3でのグループプロジェクトにおいて、メンバーの温度差(C)に悩まされ、「自分だけが頑張っている」という感覚を抱いた。こうした壁経験を契機に、JP1では自ら進行役(C)を買って出て、メンバーそれぞれのRの成果を引き出しつつ、一枚のポスターに統合する(A)役割を担った。また、他のメンバーが得意分野を熱心に調べる様子に感心した。結果として、AとCに大きな自信を得ると同時に、客観的データに基づいて語る(R・O)ことの重要性を強く意識するようになったと述べている。

以上のように、4名のインタビュー内容はいずれも、プロジェクトに関する障害や困難といった壁経験がRACOのいずれかの相に負荷を与えると同時に、他の相の変容を促す契機となっていることを示している。

### 5.5 探究の起点に応じた成長タイプ

各事例の探究の起点と壁経験に着目すると、RACOの成長軌跡にはいくつかのタイプが見いだされる。

学生1は、他の人に相談することが苦手であるがゆえに自身の関心領域(陸上競技)をどんどん掘り下げていくR起点型であり、「関心のあるテーマの探究を足場に他の相を引き上げていくタイプ」と整理できる。好きなテーマでRが加速することでA・C・Oが後から引き上げられる構図が見られ、情意面のモチベーションがRACO成長のエンジンとして働いている。

学生2は、毎回のPEP授業でプロジェクトのテーマ決定に時間がかかりリサーチを十分深められないという壁にぶつかっており、その都度試行錯誤して次回に活かすという、「不本意な成果や失敗経験を次の探究の質的向上につなげていくタイプ」と整理される。不本意なOや不十分なRの経験が、次のサイクルでのRとAの質的向上を促すという意味で、失敗経験が成長の駆動力となっている事例である。

学生3は、教員からの厳しいフィードバックを契機に、期待を上回るためプロジェクト全体の質向上を図り、RとA、Oのすべてを一気に高めていく「フィードバックを契機としてRACO全体のレベルを同時に引き上げていくタイプ」である。期待を上回りたいという志向性が強く、RACOの各相が高いレベルで連動しながら加速するという特徴をもつ。

学生4は、スライドや文書の編集・デザイン、発表といったA・Oがもともと得意であり、グループワークでの温度差という壁体験もそれらを牽引力としてCの活性化に繋げ、Rも拡張していく、「既存の得意領域(A・O)を足場に他の相を徐々に広げていくタイプ」と位置づけられる。自身の強みを足場にしながら、他の相を広げていく非線形な成長軌跡が確認できる。

これら4タイプはいずれも、図1で見たような一方向のサイクルや順番の決まったプロセスではなく、学習者の起点と壁経験に応じてRACOが多方向に展開する複線的な成長モデルを示唆している。

## 6. 考察

本章では、これまでの量的・質的調査の結果と知見を統合し、RACOを手がかりにした探究型教育の効果をどのように捉え直せるのかを考察する。

### 6.1 量的・質的データから見たRACO全般の成長

2年間のアンケート結果からは、RACOのそれぞれについて肯定的な回答が多数を占めていた。特に、A(まとめる/編集する/構築する)とC(他者の意見や発表を傾聴する)については、両年度ともに高い肯定率が両年ともに見られた。あくまで自己評価であり、また回答した学生らはPEP以外の様々な授業でもこうした技能を育んでいると思われるが、PEP授業を通じてRACO全般に成長実感を得た可能性が示唆されたと言える。

第5章で検討した4名のインタビューの語りも、この傾向を質的に裏づけている。4名はいずれも、プロジェクトを通じて、1.テーマに関する情報収集や追究の仕方が変化したこと(R)、2.資料やデータを取捨選択して構造化する力が伸びたこと(A)、3.グループメンバーや教員とのやり取りを通じて自分の考えを更新していったこと(C)、4.最終発表や動画制作といったアウトプットの中で、従来よりも自信をもって表現できるようになったこと(O)を、それぞれの言葉で語っていた。つまり、量的データにおいて示された「RACO全般にわたる自己評価としての成長実感」は、個々の学生のインタビュー内容でも一定程度は確認できたと言える。

このように、本研究で用いたRACOの枠組みは、アンケート調査とインタビュー調査という異なる方法を通じて、探究型教育の成果を量的・質的の両面から捉えるための指標として、一定の妥当性を有していると考えられる。ただし、量的データからは「どの技能がどの程度伸びたか」という静的な輪郭は捉えられるものの、「どのような順序やプロセスを経て成長したのか」という動的な側面については十分に明らかにできない。

### 6.2 4事例に見るRACO成長プロセスの多様性

5.4で整理したとおり、学生1~4の語りからは、RACOの成長順序とプロセスが一樣ではないことが確認された。4名はいずれも、第4章で示したアンケート結果と同様にRACO全般の成長を肯定的に評価していたが、どの技能を起点として成長を自覚しているのか、どの段階で壁経験をしたのかといった点には違いが見られた。

学生1は、A(スライド作成)とO(人前での発表)に苦手意識があり、かつC(他の人に相談する)も低かったため、自身が続けてきた陸上競技をひたすら掘り下げる過程でまずRの伸長を強く自覚していた。その蓄積された情報を整理し、他者に伝わる形に再構成する必要に迫られる中でAが後追的に伸び、最終的にCやOにも広がっていった。

学生2は、ほぼ毎回の授業でテーマの決定と探究(R)に苦勞し、グループワークでの連携の困難さ(C)や動画編集の難しさ(A)という壁に直面しつつも、試行錯誤を何度も重ねる中で、やり直しと改善を通じて徐々に手応えを得て、最後は納得のいく発表(O)に到達した事例

であった。これは、AとOの肯定評価は高い平均値が示された一方でRやC2(提案)については相対的に低い数値にとどまったという、4節で示したアンケート結果の平均値と整合する。

学生3は、教員からの厳しいフィードバックを言わば燃料としてRを伸ばし、そうした研究者的な姿勢をAやOにも展開していく過程が特徴的であった。また、従来型の英語教育に対して強い苦手意識を持っていた学生3がPEPを「英語の授業ではない」と見なしたことがRの発火点となり、最終的にPEPを研究者育成のトレーニングの場と見なすに至った点も興味深い。

学生4は、もともとAが得意であり、Oにも自信があったことからそれらを活かすことが探究の起点となり、そこから逆算してRの方略を組み立てていた。アンケートでもOの成長が自己評価でとりわけ強く肯定されていた点は、Oが他の技能を駆動するエンジンとして機能していた学生4のインタビュー内容と一致する。

このように、RACOの成長は、R→A→C→Oという一方向の直線的な発達段階として捉えるよりも、各技能が相互に影響し合いながら、学生ごとに異なる経路で活性化していくネットワークとして理解する方が実態に近いと言える。

最後に、両年度のアンケートでノートパソコン活用に関する成長実感(項目ICT)が最も高い平均値を示したことは、RACOとICTの密接な関係性を示唆する興味深い結果であり、今後の検討課題としたい。

## 7. おわりに

最後に、本研究の課題と展望を述べる。

第一に、本研究の質的データは4名のインタビューに基づく限定的なものである。他の学生にも異なるRACOの成長プロセスが存在する可能性が高い。また、抽出した4名はいずれも教員の印象に残るエピソードや成果をもっていた学生であり、その背後には、教員が気づいていない静かな成長や、本人自身も十分に言語化できていない変化が数多く潜んでいると考えられる。

この課題への対応を考えるとき、探究型教育の評価基盤として、個人ポートフォリオに基づく個別評価の可能性が見えてくる。今回のアンケートは学期末の一時点での成長実感を自己評価させたものであったが、本来RACOは、複数学期・複数科目にわたって蓄積される学習履歴の中で立ち上がる技能群である。発表に用いたスライド、提出レポート、作成した動画などの成果物を分析可能な形で蓄積し、それらを振り返る仕組みを整えれば、顕在化した成功事例だけでなく、これまで可視化されてこなかった多様な成長プロセスを掬い上げるメタ認知的な枠組みとして機能しうる。

第二に、本研究で行った量的調査とインタビュー分析の結合は、教育現場における日常的な評価として実装するには負担が大きいことも事実である。インタビューを書き起こし、精読し、RACOの観点から意味づけを行う作業は時間と専門性を要し、評価モデルの標準化や大規模展開を阻む要因となる。本研究のアプローチを今後スケールさせるためには、生成AIを活用し

て書き起こしから分析までを半自動化する環境の構築が鍵となる。

最後に、本研究は、大学英語教育の役割を捉え直す視座を示している。多くの大学生にとって英語は既修言語であり、文法や語彙の習得だけを主目的とする段階は大学入学まで一通り終わっている。PEPのようなプログラムは、既修言語としての英語を、RACOで定義した汎用的な探究技能を育成する場として位置づけ直す試みであると言える。

## 謝辞

本研究は、科研費基盤研究(C)の支援を受けている(22K00750)。

## 参考文献

- (1) 文部科学省: 高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説「総合的な探究の時間」編 [https://www.mext.go.jp/content/1407196\\_21\\_1\\_2.pdf](https://www.mext.go.jp/content/1407196_21_1_2.pdf)(2025年11月26日閲覧)。
- (2) OECD: “The Definition and Selection of Key Competencies: Executive Summary”, OECD Publishing, (2005). [https://one.oecd.org/document/EDU/EDPC/ECEC/RD\(2010\)26/en/pdf](https://one.oecd.org/document/EDU/EDPC/ECEC/RD(2010)26/en/pdf)(2025年11月26日閲覧)。
- (3) OECD: “OECD Learning Compass 2030”, OECD Publishing, <https://www.oecd.org/en/data/tools/oecd-learning-compass-2030.html> (2019). (2025年11月26日閲覧)。
- (4) 文部科学省初等中等教育局教育課程課教育課程企画室: “OECD Education 2030 プロジェクトについて” [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/ja/publications/reports/2018/06/the-future-of-education-and-skills\\_5424dd26/1f4fe31d-ja.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/ja/publications/reports/2018/06/the-future-of-education-and-skills_5424dd26/1f4fe31d-ja.pdf)(2025年11月26日閲覧)。
- (5) P21 Framework Definitions: <https://eric.ed.gov/?id=ED519462> (2025年11月26日閲覧)。
- (6) Partnership for 21st Century Learning® Frameworks & Resources: <https://www.battelleforkids.org/insights/p21-resources/> (2025年11月26日閲覧)。
- (7) World Bank: “World Development Report 2018: Learning to Realize Education’s Promise”, World Bank Group, (2018). <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2018> (2025年11月26日閲覧)。
- (8) UNESCO: “Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives”, UNESCO Publishing, (2017). <https://www.unesco.org/en/articles/education-sustainable-development-goals-learning-objectives> (2025年11月26日閲覧)。
- (9) 中央教育審議会教育振興基本計画部会: “資料1”, p.12より [https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo17/siryo/mext\\_00004.html](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo17/siryo/mext_00004.html) (2025年11月26日閲覧)。
- (10) Kain, C., Koschmieder, C., Matischek-Jauk, M., & Bergner, S.: “Mapping the landscape: A scoping review of 21st century skills literature in secondary education”, *Teaching and teacher education*, 151, 104739. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2024.104739> (2024)。
- (11) Lamb, S., Maire, Q., & Doecke, E.: “Key skills for the 21st century: An evidence-based review”. <https://vuir.vu.edu.au/35865/1/Key-Skills-for-the-21st-Century-Analytical-Report.pdf> (2017)。
- (12) 山中司, 木村修平, 山下美明, 近藤雪絵: “プロジェクト発信型英語プログラム 自分軸を鍛える「教えない」教育”, 北大路書房 (2021)。
- (13) 山中司・編: “AI・機械翻訳と英語学習—教育実践から見えてきた未来”, 朝日出版社 (2024)。

- (14) 木村修平: AI 時代の英語教育を考えるー機械翻訳などを  
正課授業に導入してみてー, "e-Learning 教育研究", 18, pp.1-  
12. (2024).

(2025 年 12 月 1 日 受付)

(2026 年 2 月 13 日 採録)

# スマートフォンによる全天球画像を利用した 地方におけるデジタルアーカイブのVRツアーの制作と評価 - VR ゴーグルで閲覧したバーチャル JR 小川郷駅の評価 -

Development and Evaluation of a VR Tour for Local Digital Archives Utilizing Smartphone-Captured Spherical Panoramas

布施 雅彦\*1

Email: mfuse@fukushima-nct.ac.jp

\*1: 福島工業高等専門学校 一般教科 情報

## 抄録

360度カメラの普及により、360度カメラや360度アクションカメラの普及や動画配信サイトの発展により、一般の利用者にとっても360度全天球画像の撮影や活用が身近になった。一方で、従来360度全天球画像を利用したVRツアーの制作には、専用ソフトや制作時間、公開用のWebサイトなどが必要であり、費用面・技術面で地方では取り組みにくい状況があった。そこで本研究では、高校生でも日常的に所持している安価なスマートフォンを用い、地域で取り壊される身近な施設を360度全天球画像で撮影し、無料のクラウドサービスを利用してVRツアーを制作した。主な閲覧手段はPCやスマートフォンだが、今回はVRゴーグルを用いた視聴環境も準備し、両デバイスでの体験評価を行った。その結果、実際にVRツアーを利用した被験者からは、「楽しかった」、「撮影がスマホで驚いた」などで高い評価を得た。特にVRゴーグルによる探索は、没入感が高く驚きの体験であったと回答を得た。撮影・制作環境が安価であっても、条件を整えば十分に実用的なデジタルアーカイブが構築できることが示唆された。今後、地方では管理が行き届かず取り壊される施設が増え、貴重な学習機会が失われることが予想される。身近なスマートフォンとVRゴーグルを活用することで、有意義な地域デジタルアーカイブや学習コンテンツを低コストで制作できる可能性を確認した。

©Key Words デジタルアーカイブ, VR ツアー, スマートフォン, VR 学習

## 1. はじめに

筆者らは、パノラマ画像や360度全天球画像を利用した地域密着型コンテンツの制作を20年以上続けてきた<sup>(1)(2)(3)</sup>。東日本大震災後、多くの建物が被災し取り壊される様子を目の当たりにし、日常的なデジタル記録の重要性を痛感した。その経験から、福島高専の総合学習の科目の題材に2015-2016年の2年間、いわき市山間部で統廃合により廃校になる小中学校9校のVRツアーと、ドローン空撮影を含むデジタルアーカイブ制作に取り組んだ<sup>(4)</sup>。

当時は大型のデジタル一眼レフカメラと魚眼レンズ、専用雲台が必要で、撮影にも高度な技術と時間が要した。またVRツアー制作ソフトも高価であり、制作技術を習得するにも多くの時間と費用が必要であった。このようなことから誰もがより簡単に360度全天球画像を用いたデジタルアーカイブを制作できる方法の必要性を感じていた。さらに、VRゴーグルなどの最新視聴環境で、さらにリアルに体験できないかと考えていた。

布施(2024)は、従来の高価で専門的な制作環境からスマートフォンとクラウドサービスによる簡易なVRツアー制作への変遷を整理し、有効性を紹介した<sup>(5)</sup>。現在では高精度な3Dスキャンを用いた高品質VRも普及しつつある。

本研究は、取り壊しが決まったJR小川郷駅舎を題材に、従来方法とスマートフォンを用いた2種類のVRツアーを制作した。さらに、スマートフォン版VRツアーについて、PCおよびVRゴーグルを使用した閲覧評価を行った。

近年、地方では日常的な施設の取り壊しが進み、デジタルアーカイブの必要性が高まっている。こうした状況を踏まえ、「地域住民(教員・学生)が自ら記録し残せる」ことに重点を置き、身近なスマートフォンを中心としたVRツアー制作の手法と、その教育的・地域的価値を検討した。最終的に、スマートフォンとVRゴーグルを組み合わせた低コストな手法によって、誰もが「残したい」「伝えたい」地域アーカイブを制作できるかを検証する。

## 2. 旧 JR 小川郷駅舎について

### 2.1 旧 JR 小川郷駅舎の歴史

東北地方の福島県いわき市の小川地区に位置するJR磐越東線・JR小川郷駅の木造駅舎は、1915(大正4)年の開業以来108年間利用されてきたが、2023年6月にJR東日本より、解体の意向が伝えられ、同年8月に解体された。図1に当時の駅舎を示す。長年地域住民に親しまれ、モータリゼーション普及前の世代にとって、重要な交通拠点であった。現在も、同地区の高校生や地域住民が通勤通学に利用する非電化の地方のローカル線である。住民有志でつくる小川郷の会は、「駅舎を小川出身の詩人草野心平も利用していた、文学的にも価値が高い“地域の宝”」と、当時の地元紙で報道された<sup>(6)</sup>。

大正期には年間12万トンの貨物輸送を記録し、主に常磐炭田の石炭輸送を担うなど地域発展に寄与した歴史を持つ<sup>(7)</sup>。現在は無人駅でJR東日本のSuicaにも対応していない。福島県統計年鑑(2006)では、利用者数は年間98,000人、1日あたり約268人である<sup>(8)</sup>。そ

の後の統計年鑑には記録がない。図2は、現在の駅舎の様子である。



図1 旧JR小川郷駅舎(2023年7月撮影)



図2 新JR小川郷駅舎(2025年11月撮影)

## 2.2 旧JR小川郷駅舎の特徴

旧駅舎には、長年地域と深く結びついた以下のような特徴があった。

- ・待合室内に図書館、市民の手芸品や書の展示 (図3)
- ・小川地区の地域紹介
- ・地元の偉人(詩人:草野心平)の紹介
- ・駅舎内や地下道に幼稚園・保育園や小学校の美術作品の展示(図4)

しかし、現在展示物はすべて撤去され、地下通路は図5のように殺風景なものになっている。



図3 待合室の様子(2023年7月撮影)



図4 地下通路の様子(2023年7月撮影)



図5 地下通路の様子(2025年11月撮影)

## 3. バーチャルJR小川郷駅

### 3.1 制作の背景と方法について

地元紙のいわき民報の2023年6月13日に「磐越東線・小川郷駅に駅舎取り壊しの議論」の記事が報じられ、保存を望む地域住民と取り壊しを検討するJR東日本との議論が取り上げられた。また同紙に2023年6月23日には「小川郷駅JRが老朽化した駅舎の解体方針示すゆかりの品は撤去要請」と展示物の撤去を依頼するJR東日本の意向が掲載された。そこで、著者は360度全天球画像を用いたVRツアーのデジタルアーカイブ化を検討し、複数方法によるVRツアー制作を並行して実施した。

当時、著者はスマートフォンを用いたVRツアーの制作について検討を始めたばかりであり、制作経験が全くなかった。また、駅舎取り壊しまでの期間も短く、失敗するリスクも許容できなかった。そのため、表1のように実績のある撮影・制作方法と複数のスマートフォンを利用し、複数のバーチャルJR小川郷駅の制作を並行して進めた。

表1 バーチャルJR小川郷駅の制作方法

VR ツアー	カメラ	制作ソフト	公開 状況
A	Insta360Pro	VRTourMaker	公開
B	Insta360Pro	Pano2VR	公開
C	Google Pixel 6	Matterport	公開
D	Apple iPhone 12	Matterport	非公開

AとBは同一の360度全天球画像を用いて、VRTourMakerとPano2VRの2種類のソフトウェアを利用し制作した。スマートフォンでの撮影は、国

内で普及しているメーカーと機種を選び、iOS の Apple iPhone 12 と Android OS の Google Pixel 6 を選んだ。筆者らは、従来方式の VR ツアーの制作ソフトウェアである EasyPano VRTourMaker を 2018 年から利用実績があるが<sup>(9)</sup>、現在は価格が 163,900 円と高騰し導入しにくくなっている。そこで、今回は VRTourMaker と同機能を持ちアカデミック価格の 449Euro で導入可能な Garden Gnome Pano2VR を利用した<sup>(10)</sup>。また、スマートフォンでの VR ツアーの制作には、Matterport の無料ライセンスを利用した。筆者らは、Matterport アプリで比較的容易に VR ツアーが制作できること、VR ツアー内で LiDAR の有無での測距精度の検証し、VR 教材作成について便利なシステムであることを報告した。Matterport は、クラウドサービスのため WEB サイトを準備する必要もなく<sup>(11)</sup>、主に屋内撮影を得意としており、大半の工程が自動機能で撮影から VR ツアー化まで行えるため便利であるが、その特徴を理解して利用しないと失敗する場合もある。

### 3.2 VR ツアー制作方式と VR ゴーグルへの対応

表 1 の VR ツアー A と B の制作方法のカメラの性能により画質の向上が可能で、今回の Insta360Pro は 8K パノラマ画像を利用し、スマートフォンより画質はよい。また、VR ツアーの設定や画像の調整など手間が多くなるが、制作の自由度が高い。「小川郷の会」の方と相談時に、『駅長室内の片付けをするので、駅長室内の様子も追加してほしい。』と言われ、VR ツアー A と B では対応可能で VR ツアーに追加できた。しかし、VR ツアー C の方法では撮影段階で計画になく、

VR ツアーの導線から離れていた為、追加ができなかった。なお、VR ツアー A と B について制作方法の大きな差はなく、安価な方がよいと考える。

今回の研究の検証の目的の VR ゴーグルの対応は、VRTourMaker が安価な簡易 VR ゴーグルのみの対応、Pano2VR は有料の専用視聴アプリを利用することで、本格的な VR ゴーグルに対応している。Matterport は、基本機能で VR ゴーグルの閲覧に対応している。今回の検証には、この VR ツアー C を閲覧素材とした。

### 3.3 バーチャル JR 小川郷駅の公開

2023 年 7 月にバーチャル JR 小川郷駅として WEB サイト (<https://jrogawago.iwakicity.org>) を公開した<sup>(12)</sup>。表 1 の VR ツアー A および B の撮影ポイントは 35 地点で、VR ツアー C での撮影ポイントは 61 地点である。また、ホットリンクは 43 箇所 (画像 39 + 動画 4) とし、その画像と動画の大半はスマートフォンで撮影したものを利用した。図 5 に、スマートフォンで撮影制作した VR ツアー C のバーチャル JR 小川郷駅を示す。

## 4. バーチャル JR 小川郷の閲覧と評価

### 4.1 被験者とアンケート項目

2024 年 10-11 月に、小川地区の中学校出身で、旧駅舎を利用した経験のある福島高専学生 10 名に協力を得て調査を行った。内訳は表 2 のとおりである。学生 B のみ通学に鉄道を利用していなかった。利用年数は旧駅舎を利用して通学した期間である。また VR ゴーグルは PICO 社の PICO4 を利用した。

被験者による閲覧とアンケート評価の手順を以下に示す。

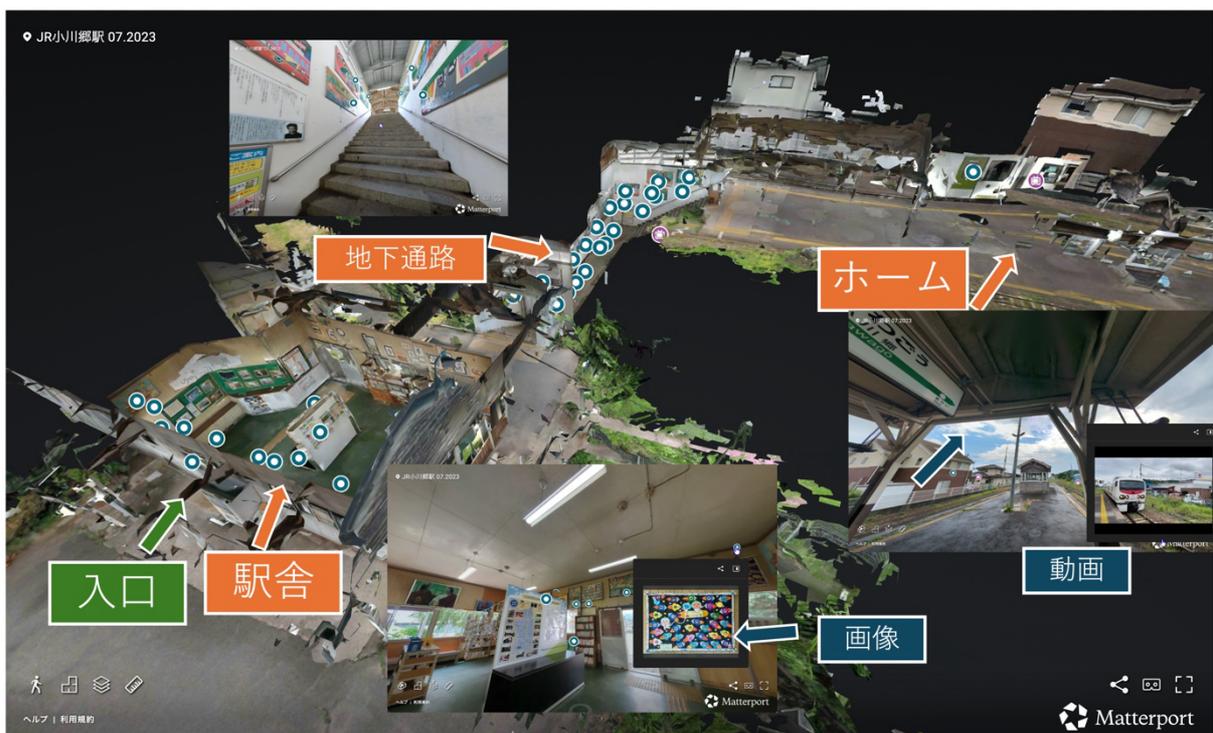


図 5 スマートフォンで撮影制作したバーチャル JR 小川郷駅

- (1) PCのWEBブラウザで、バーチャルJR小川郷駅にアクセスし、駅の入口からホームまで、自由に閲覧する。
- (2) PCのWEBブラウザでの閲覧後にアンケート(PC閲覧)に回答する。
- (3) VRゴーグルを装着して、バーチャルJR小川郷駅の駅の入口からホームまで自由に探索をする。
- (4) VRゴーグルでの閲覧後にアンケート(VRゴーグル閲覧)に回答する。

表2 バーチャルJR小川郷駅の閲覧者

学生	学年	性別	駅舎の利用有無	旧駅舎の利用年数
S1	1	女	有(通学)	
S2	1	男	10回以上	
S3	2	男	有(通学)	4ヶ月
S4	2	男	有(通学)	4ヶ月
S5	2	女	有(通学)	4ヶ月
S6	3	女	有(通学)	16ヶ月
S7	4	女	有(通学)	28ヶ月
S8	4	女	有(通学)	28ヶ月
S9	5	女	有(通学)	40ヶ月
S10	5	男	有(通学)	40ヶ月



図6 バーチャルJR小川郷駅を閲覧している様子



図7 VRゴーグルでバーチャルJR小川郷駅を閲覧している様子

被験者は、地元の高専生を中心の為、とても興味関心の高い10名であった。他地区の学生への調査協力の依頼は得られず、実現できなかった。また、小川地区の市の支所に、地域イベントなどで体験コーナーなどの企画に参加を依頼していたが、実現できず少人数の調査結果となった。

すべてのアンケートの項目を以下に示す。

1: 学年, 2: 学科, 3: 性別, 4: 氏名, 5: 旧JR小川郷駅(舎)を利用したことがありますか? 6: 具体的に利用した内容について, 7: あなたにとって, 旧JR小川郷駅(舎)等については, どのようなものでしたでしょうか? 8: 皆様のご両親や知人にとって, 旧JR小川郷駅(舎)等については, どのようなものでしたでしょうか?

PC閲覧でのVRツアーについて

9: パソコンでの360度画像を利用したVRコンテンツの視聴は, 初めてですか?

10: PC版バーチャルJR小川郷駅での操作について  
11: 戸惑った・苦手だった方への質問です。どのようなところで, そのように感じましたか?

12: PC版バーチャルJR小川郷駅での画質について

13: PC版バーチャルJR小川郷駅の表示について

14: PC版バーチャルJR小川郷駅で探索したところを教えてください。

15: PC版バーチャルJR小川郷駅で探索したところで, 1~3番良かったところを教えてください。

16: PC版バーチャルJR小川郷駅は, クリックする写真を拡大して見ることができます。拡大表示してみた画像はいくつありましたでしょうか?

17: PC版バーチャルJR小川郷駅は, クリックするYoutubeにリンクし動画見ることができます。視聴した動画はいくつありましたでしょうか?

18: PC版バーチャルJR小川郷駅を, 小川町の人々に, 今以上にお知らせした方が良いと思いますか?

19: PC版バーチャルJR小川郷駅は星いくつでしょうか?

20: PC版バーチャルJR小川郷駅の感想

VRゴーグル閲覧でのVRツアーについて

21: 本格的なVRゴーグルの利用は, 初めてですか?  
22: 簡易VRゴーグルなどは利用したことがありますか?

23: VRゴーグルでの操作について

24: 戸惑った・苦手だった方への質問です。どのようなところで, そのように感じましたか?

25: VRゴーグルでの画質について伺います。

26: VRゴーグルでのVRの表示について伺います。

27: バーチャルJR小川郷駅で探索したところを教えてください。

28: バーチャルJR小川郷駅で探索したところで, 1~3番印象に残ったのはどこですか?

29: VRゴーグルでのバーチャルの旧JR小川郷駅の探索はいかがでしたか?

30: 上記の「楽しい」・「つまらない」と感じる理由について, 教えてください。

31: VRゴーグルで視聴するバーチャルの旧JR小川郷駅は星いくつでしょうか?

32 : 小川町民にも、イベント等で機会があれば、VRゴーグルでのバーチャル JR 小川郷駅の視聴体験を勧めますか？

33: VR ゴーグルで他のコンテンツを視聴してみたいと思いますか？

34 : スマートフォンで制作されていると知って驚きましたか？

35 : スマートフォンで、できていると知って、自分でもバーチャルなコンテンツを作ってみたくありませんか？

36 : スマートフォンで制作する VR ツアーの公開講座などがあれば、参加したいと思いますか？

37 : 今回 VR 体験に参加して、良かったですか？星の数で教えてください。

38 : VR ゴーグル版バーチャル JR 小川郷駅の感想

表3 バーチャル JR 小川郷駅の PC 閲覧による評価

学生	経験	操作*	画質*	表示*	勧め度*	評価*	拡大画像の閲覧数	動画の閲覧数
S1	無	5	5	5	5	5	5	2
S2	無	4	4	4	4	4	4	1
S3	無	5	4	5	4	4	5	2
S4	無	4	5	4	4	5	5	
S5	無	5	5	4	4	5	7	
S6	5	4	4	4	5	5	5	2
S7	無	2	5	5	5	5	5	
S8	2	5	4	4	4	5	4	2
S9	無	5	5	5	5	5	5	1
S10	2	5	5	3	5	5	3	1
平均		4.4	4.6	4.3	4.5	4.8		

\*5 段階評価の項目

表4 バーチャル JR 小川郷駅の VR ゴーグル閲覧による評価

学生	経験	操作*	画質*	表示*	勧め度*	評価*	楽しかった*	撮影がスマホで驚いた	探索時間(分)
S1	無	5	4	5	5	5a	5	5	5
S2	無	4	4	4	5	4	5	5	4
S3	無	5	4	3	4	4	5	5	24
S4	無	5	4	4	4	5	5	5	●
S5	無	4	5	4	4	5	5	4	●
S6	無	4	4	3	4	5	5	5	12
S7	無	2	5	5	5	5	5	5	22
S8	無	5	4	4	4	5	5	4	●
S9	2	5	4	5	5	5	5	5	5
S10	無	4	5	4	5	5	5	5	2
平均		4.3	4.3	4.1	4.5	4.8	5.0	4.8	

\*5 段階評価の項目

#### 4.2 バーチャル JR 小川郷駅の体験評価

被験者 10 名によるバーチャル JR 小川郷駅の VR ツアー (表 1 VR ツアーC) の閲覧とアンケートによる体験評価の結果を、表 3 および表 4 に示す。ここで、表 3 は PC 閲覧、表 4 は VR ゴーグル閲覧の結果を示す。WEB ブラウザで閲覧する PC 版 VR と VR ゴーグルで閲覧するゴーグル版でのアンケート結果に大きな差は

なく、両方ともお勧め度・評価は非常に高い結果であった。画質・表示という面で、ゴーグル版が PC 版より低くなった。PC 版は有線接続であり高速描写が可能だが、ゴーグル版は Wi-Fi 接続のため通信速度が PC 版より遅く、より眼の前で映像を見るため粗さも目立ち、画質や表示においてゴーグル版の評価が低くなったと考えられる。また、評価点で言えばあまり差がないが、PC 版もゴーグル版の体験も、両方とも初の学生が多い、実際に VR ゴーグルの経験がないため、驚く様子・感激する声などのリアクションなどを観察することができた。VR ゴーグルの探索時間では、かなり長時間興味を持ち閲覧した学生もいた。最後にスマートフォンのカメラで撮影したことを明かすと、さらに「ええ」と声を上げながら驚く学生も多数いた。探索時間は、iPad で被験者を視聴する映像をモニターし録画し計測した。「●」で記録のない学生は、録画ボタンを押し忘れた、またはエラー等で記録がないことを表している。

#### 4.3 バーチャル JR 小川郷駅の体験の声

VR ゴーグルを利用して閲覧した時に、「楽しい」と感じる理由について、下記のようなコメントを得た。

- ・実際にいるような感じを味わうことができるから。
- ・新鮮で楽しかった。
- ・楽しいというより懐かしい。懐かしいが楽しいに変わる。
- ・初めての体験だったから
- ・駅舎の様子を体験できたから
- ・パソコン版よりリアルで、実際にその場にいるような気持ちでワクワクしました。
- ・天井や床、周りの風景までその場にいるように感じることがで、PC 版よりもより懐かしく感じました。
- ・PC 版と比較して、VR ゴーグルの閲覧は没入感がある。
- ・なかなかできない体験なので、楽しかった。
- ・小川郷駅の様子を残していただきうれしかった。

VR ゴーグルで体験できるコンテンツの制作がスマートフォンで作成できることについて下記のようなコメントを得た。

- ・スマホでできるというのがやはり一番驚いた。
- ・操作の面でみると高齢者には少しハードルが高いかもしれないと感じた。
- ・VR は様々な場面で使用可能ということが分かったため、PR だけでなく見学実習などにも応用されてほしいと思った。
- ・低予算で、昔の建物を実際にその場にいるような感覚を味わいながら体験できるところが凄い。
- ・スマホで作れることに驚いた。時間があれば作ってみるのもありかなと思った。
- ・スマホでもこのコンテンツを制作できることを初めて知り少し自分でも知ろうと思えた。
- ・知識や技術を身に着ければ簡単に作成できると知って驚いた。
- ・とても画期的なことだと思いました。短時間でできるならその技術を駆使し、何かができればよいと思

ました。

- ・旅行先の風景やお祭りの様子など、写真だけでなくVRでも思い出に残したい。
- ・想像よりも必要な費用や時間が少なく、知識を身につければ多くの人が制作できる可能性を感じた。
- ・地域の観光スポットのPRにも応用できそう。
- ・思ったよりお金をかけずに製作できると知り、驚いた。
- ・可能性の幅が広がると感じた。

また、制作に興味があるか？という質問に対して、10名中7名が、「時間があれば作ってみたい」と回答した。

## 5. まとめ

本研究では、スマートフォンで撮影した360度全天球画像を用い、地域の歴史的施設である旧JR小川郷駅舎をVRツアーとして記録・公開し、PC閲覧とVRゴーグル閲覧の比較評価を行い以下のことがわかった。

### (1) 安価な制作環境の有効性

高価な機材やソフトではなく、スマートフォンと無料のクラウドサービスを利用することで、地域の歴史的施設(旧JR小川郷駅舎)のVRツアーを短期間で制作できることが示された。これにより、多くの人が低予算で地域のデジタルアーカイブ制作に取り組む可能性が開けた。

### (2) 視聴デバイスによる体験評価

VRツアーをPC画面とVRゴーグルで比較体験してもらった結果、両デバイスで「操作性」「勧め度」「評価」の項目が平均4.3~4.8点(5段階評価)と非常に高い評価を得た。画質の点では、8K撮影が可能な従来手法の専用カメラに優位性が見られたが、スマートフォンでも十分に閲覧可能な品質が得られ、地域の記録としては実用に耐えることがわかった。

### (3) VRゴーグルの優位性

VRゴーグルでの体験は、「PC版よりリアルで、実際にその場にいるような気持ちでワクワクした」「没入感がある」といったコメントに代表されるように、高い臨場感と没入感を提供し、懐かしさや興味関心の向上に大きく寄与することが確認された。画質・表示面ではPC版より評価が若干低くなったものの、「楽しさ」についてはゴーグル版が満点(平均5.0点)を記録しており、スマートフォンで撮影したコンテンツであっても、視聴者に強い印象を与えられることが示された。

以上のことから従来型の高価な機材や専用ソフトを用いた制作と比較すると、機能の制約はあるものの、地域アーカイブとして十分実用可能であることが確認できた。

今後の可能性について、スマートフォンで制作したVRツアーは、地域観光スポットのPRや、見学実習など、教育・地域振興の様々な場面に応用できる可能性がある。閲覧者の多くが「自分でも制作してみたい」と回答しており、VRツアー制作が教育現場や地域活動において新たな学習・表現手段となる可能性を高めている。特に、学生が自ら地域を撮影し、VRとして編集・公開する活動は、情報活用能力の育成だけでなく、地域理解やまちづくり意識の醸成にもつながる。さら

に、観光PR、保存が困難な文化財の記録、防災教育など、多様な領域で応用可能であり、スマートフォンを用いたVR制作は、地方における持続可能なデジタル記録手法として期待できる。

## 参考文献

- (1) 布施雅彦, 大河原麗偉, 湊淳, 小澤哲, “発見・探求学習に利用できるヴァーチャルリアリティーとマルチメディアを使った資料館サイトの開発”, 第28回教育システム情報学会, 全国大会論文集, pp.122-123, (2003).
- (2) 布施雅彦, 大河原麗偉, 湊淳, 小澤哲: “eラーニングを利用した事前疑似体験学習が学習意欲に与える効果-VR資料館コンテンツ開発-”, コンピュータ&エデュケーション, Vol.18, pp.84-89, (2005).
- (3) 布施雅彦, 三浦靖一郎, “常磐炭田の由来を題材としたモバイル・仮想体験が可能なマルチメディア観光・学習システムの開発”, 2011PCカンファレンス, pp.92-95, (2011).
- (4) 布施雅彦: “全天球映像(VR)を活用したICT教材制作と教材化の試み”, 日本教育工学会第34回全国大会(2018).
- (5) 布施雅彦: “スマートフォンで開発する全周囲360度VR画像によるバーチャルツアーの試み”, CIEC春季カンファレンス論文集, Vol.15, pp.65-68, (2024).
- (6) 「ありがとう小川郷駅」住民有志が感謝のイベント開催 木造駅舎解体前に、いわき民報 <https://iwaki-minpo.co.jp/news/2023/07/282283/> (閲覧日: 2025.11.14).
- (7) 渡邊伸二: “特別展図録磐越東線最古小川郷駅舎展”, 東方文化堂ブック鉄道シリーズ④, No.4, p.26 (2024).
- (8) 第120回 福島県統計年鑑2006: <https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/11045b/23529.html>, (閲覧日: 2025.11.14).
- (9) Easypano: <https://www.easypano.com/jp/>, (閲覧日: 2025.11.19).
- (10) Garden Gnome: <https://ggnome.com/>, (閲覧日: 2025.11.19).
- (11) 布施雅彦: “スマートフォンで撮影した360度全天球画像のVRツアーにおける学習教材開発の可能性について”, CIEC春季カンファレンス論文集, Vol.16, pp.7-14, (2025).
- (12) バーチャルJR小川郷駅: <https://jrogawago.iwakicity.org/>, (閲覧日: 2023.7.1).

(2025年11月28日 受付)

(2026年1月27日 採録)

# 大学生の生成 AI 利用実態に基づく AI 活用教育の検討

## Examining AI Literacy Education Through Students' Use of Generative AI

石崎 菜々美\*1・菅谷 克行\*1\*2  
Email: 22110101@vc.ibaraki.ac.jp

\*1: 茨城大学 人文社会科学部 現代社会学科

\*2: 茨城大学 学術研究院 人文社会科学野

### 抄録

近年, ChatGPT をはじめとする生成 AI の普及が世界的に急速に進み, 大学生にとっても身近な存在となっている。レポート作成やプレゼン資料の準備, 授業内容の予習・復習など, さまざまな場面で生成 AI を利用する学生が増加しており, その使われ方や捉え方を明らかにすることは, 今後の教育における AI 活用の方向性を考えるうえで重要である。本研究では, 大学生を対象にアンケート調査を実施し, 生成 AI をどのような場面・目的で使用しているのか, また利用を通してどのような期待や不安を抱いているのかを明らかにした。その結果, 多くの学生がレポート作成やアイデア出しの補助として生成 AI を活用しており, 作業効率化や学習支援の面で肯定的な意見が多く見られた。一方で, 「使いすぎることが怖い」や「出力された情報が誤っていても気付かずに使用してしまう」といった不安感を訴える意見も存在した。これらの結果を踏まえ, 生成 AI を単なる答えを得るための道具としてではなく「考えるきっかけ」として位置づけ, 今後の AI 活用教育のあり方として, 学生が AI と適切に向き合い, 創造的思考を促進できるような教育的支援方法を設計する必要性があることを提案する。

◎Key Words 生成 AI, 教育活用, 大学教育, 学習支援, AI リテラシー

### 1. はじめに

近年, 生成 AI の普及が世界的に急速に進んでいる。AI に関して専門的な知識を持つ人だけでなく, 一般の人でもウェブサイトアクセスしたり, アプリをダウンロードしたりすることで, ChatGPT をはじめとする生成 AI を簡単に利用できるようになった。生成 AI が身近な存在となる中で, 教育現場でもその活用が注目されている。それを受け, 2023 年には文部科学省から「大学・高専における生成 AI の教学面の取扱いについて(周知)」という文書が公表された<sup>(1)</sup>。そこでは, 「各大学・高専において具体的にに行われている教育の実態に応じて対応を検討することが重要であり, 学生や教職員に向けて適切に指針を示すことが望ましい」ことや, 「技術の進展や指針の運用状況などに応じ, 対応を適宜見直していくことが重要である」等のことが明記されている。これを受けて, 各大学では学生に向けて生成 AI の利用に関するガイドラインや方針を公開するなどの取り組みが進められている。

しかし, 実際に大学生がどのような場面で生成 AI を利用しているのか, またその利用を通じて意識や態度, 学習満足度などどのような変化が生じているのかについては, 十分に明らかになっていないのが現状である。

そこで本研究では, 大学生を対象にアンケート調査を実施し, 生成 AI の利用実態や捉え方を把握するとともに, グループインタビュー形式の調査を実施して, より詳細な意見を収集した。これらの結果をもとに, 今後の大学教育において生成 AI を効果的かつ倫理的に活用するための方向性を示すことが目的である。

### 2. 生成 AI の実態と課題

#### 2.1 生成 AI と教育活用の実態

経済産業省の公正取引委員会によると, 生成 AI 市場は 2023 年には 1188 億円だったところが, 2030 年には 1 兆 7774 億円にまで拡大すると考えられている。また, 生成 AI が新たなビジネスの創出を促したり, 事業者の生産性の向上や多様なサービスの提供の便益をもたらしたりすることも挙げられている。しかし, 潜在的なリスクとして, 著作権を含む知的財産権等の侵害への懸念なども指摘されている<sup>(2)</sup>。

日本では近年, アプリをダウンロードしたり, サイトにアクセスしたりするだけで誰でも生成 AI を利用できる環境が整いつつある。そのような状況下で, 学生もレポートやプレゼンテーション資料の作成など, 学業の一部として生成 AI を活用する機会が増えている。

一方で, 生成 AI が作成した文章をそのまま課題として提出する事例や, AI に依存しすぎる学習姿勢などが問題視されるようになった<sup>(3)</sup>。

このような背景を受けて, 2023 年には各大学が「生成 AI の利用に関するガイドライン」や「大学における生成 AI 使用上のルール」を公開し, 教育現場での AI の扱いについて独自の方針を示すようになった<sup>(4)(5)</sup>。これらのルールは, 学生が生成 AI を学習の補助的なツールとして適切に活用することを目的としており, 単なる禁止や制限ではなく, AI の特性を理解したうえで主体的に学びを深める姿勢を促す内容となっている。

こうした動きから, 生成 AI の普及は単なる技術的進歩にとどまらず, 教育の在り方そのものに影響を与え始めているといえる。

## 2.2 生成AIを教育で利用する際の利点

生成AIを大学教育で活用する利点は、主に二点考えられる。

一点目は、学生が個別で学習できる環境を実現できる点である。生成AIは学習者の質問や回答に即座にフィードバックを返すことができるため、学習の効率化を図ることができる。特に英作文の添削や文章表現の改善など、本来であれば個別指導が必要とされる分野においても、生成AIを活用することで自律的な学習が可能になる。また、生成AIは利用者の理解度やペースに合わせて柔軟に対応できるため、自分のペースで学びやすい学習環境を構築することが可能である。

二点目は、思考の整理や深層化を促す点である。生成AIは、単に答えを提示するだけではなく、対話形式で利用者に質問を投げかけたり、異なる視点を提示したりすることができる。そのため、学習者は一つのテーマについて生成AIとの対話を通して思考を掘り下げ、自らの考えを再構築することが可能になる。これにより、個人でありながらもグループディスカッションのような学びを行うことができ、主体的かつ探究的な学習の促進につながると考えられる。

## 2.3 生成AIを教育で利用する際の課題点

生成AIの教育利用には多くの利点がある一方で課題点も挙げられる。本稿では、以下の三点について指摘したい。

一点目は、情報の信頼性である。生成AIは大量の情報をもとに文章を生成するが、その情報の正確性や根拠が必ずしも保証されていない。特にAIが幻覚を見ているかのように、事実に基づかない嘘の情報を生成する現象（ハルシネーション）が起こることがある。そのため、利用者が生成AIの回答をそのまま引用・活用した場合、誤情報を拡散させる危険性がある。

二点目は、著作権侵害等を含む倫理的な問題である。生成AIは既存の著作物や公開情報等から学習しているため、生成された文章や画像が他者の知的財産権を侵害する可能性がある。2024年には、実際に存在するキャラクターに酷似した画像を生成するサービスをした事業者が著作権侵害として、損害賠償と画像の生成防止を命じられた事例もある<sup>6)</sup>。

三点目は、生成AIの利用によって思考力や主体的な学習態度の低下が懸念されることである。生成AIは短時間で多くの情報や文章を提示してくれるため、一見すると効率的な学習支援ツールとして有用である。しかし、その利便性ゆえに、学生が自ら考え、情報を取捨選択しながら結論に至る過程を省略してしまう可能性がある。特に、試行錯誤を通じて得られる「なぜそうなるのか」を考える力や、論理的に思考を構築する力、さらには独自の視点や新たなアイデアを生み出す想像力の育成が阻害されるおそれがある。

また、生成AIはプロンプトを入力するだけで対話形式の応答を返すという特徴を持つため、利用者は人間と会話しているかのような感覚を抱きやすい。その結果、AIが提示する情報に対して批判的に検討する姿勢が弱まり、内容の正確性や根拠を十分に確認せずに受

け入れてしまう危険性がある。実際、Microsoftとカーネギーメロン大学の共同研究では、AIのタスク遂行能力に対する信頼度が高いほど、利用者の批判的思考に費やす努力が減少することが明らかにされている<sup>7)</sup>。このことは、AIへの過度な依存が学習者の思考過程そのものに影響を与える可能性を示唆している。

以上の点から、生成AIの出力内容をそのまま受け入れるのではなく、情報の信頼性や根拠を自ら確認しようとする態度の育成が不可欠である。また、著作権や情報倫理に関する理解不足も問題として挙げられるため、教育の中で倫理的視点や情報リテラシーを補完・強化する仕組みを整える必要がある。

## 2.4 生成AIの利用目的について

齋藤(2024)によると、大学生の生成AIの利用目的は「学業支援」、「個人的な探究心や学習」、「言語学習の補助」の順に割合が高いことが示されている<sup>8)</sup>。また、その他として「情報収集と分析」や「趣味や創作活動」などの多岐にわたる利用目的が確認されている。

しかしながら、その他の使用目的の割合を見てみると、「プログラミング支援」が全体の13.7%、「就職活動」が9.9%、「職務や仕事の効率化」が3.8%、「コンテンツ制作」が2.9%となっており、専門的な分野になるほどあまり利用されていない傾向にある。これらの比較的専門的な分野において、生成AIを教育に取り入れる余地があるのではないかと考える。

## 3. 生成AIの利用実態と今後の教育活用に関する意識調査

### 3.1 調査目的

本研究では、前章で述べた「大学生の生成AIの利用実態」について質問紙調査を実施して確認し、大学生目線による生成AI活用教育に対する期待や役割などを明らかにする。

### 3.2 調査概要

調査は、Google Formsを用いた無記名形式によるオンライン質問紙調査を行った。

調査期間は2025年7月～10月、調査対象は大学生であり、複数の大学から計206名の回答を得た。

質問項目は、生成AIに関する認知、利用実態、利用意図、利用後の評価、リスク認識、教育的活用に関する意見を把握することを目的として構成した。具体的には、生成AIの使用頻度や生成AIを使用した際の印象等を単一選択式で回答してもらった質問、生成AIを効果的に使用するために必要だと思うことや使用上のリスク等について複数選択可で回答してもらった質問、大学教育における生成AI利用に関する意見を求める自由記述式の質問を設定した。

また、回答者の属性情報として、性別、学年、所属学部に関する項目を設定した。一方で、本調査では生成AI個別のサービス名(ChatGPT, Gemini, Copilotなど)を特定することなく、生成AI全般の利用実態や意識に焦点を当てることを目的としたため、使用している生成AIの種類については取得しなかった。

なお、本調査における“生成 AI”は以下のように定義し、質問紙のフェイスページに記載することで、調査実施前に回答者に対して共有を行った。

- ・ 文章や画像などの新しいコンテンツを自動的に生成する AI 技術のこと
- ・ 画像生成も含めるが、今回は主に文章生成に関する利用について聞くこと

### 3.3 調査結果

まず、生成 AI の使用頻度に関する質問(単一選択式)について集計したところ、表 1 のような結果となった。

表 1 生成 AI の使用頻度

生成 AI の使用頻度	人数
ほぼ毎日使っている	59 人 (28.6%)
週に数回使う	83 人 (40.2%)
月に数回使う	34 人 (16.5%)
使ったことはあるが、最近使っていない	24 人 (11.6%)
使ったことがない	6 人 (2.9%)

(N=206 単一選択式)

表 1 より、生成 AI の利用経験があると答えた回答は全体の 96.9%を占めており、その中でもほぼ毎日使っている人、週に数回使っている高頻度群の人は 68.8%となっている。この結果から、本調査に参加した大学生は生成 AI を日常的によく利用していることが分かる。

先行研究<sup>9)</sup>では、38.6%が生成 AI の使用経験があり、61.4%が生成 AI の使用経験がないという結果が示されており、本調査結果とは異なるものであった。このような差異が生じた背景には、調査が行われた時期の違いが大きく影響していると考えられる。2023 年当時は、大学における生成 AI の利用に関するガイドラインや、レポート・課題での使用ルールが公開され始めた時期であった。そのため、学生が生成 AI を使用することに、現在よりも慎重な姿勢を取っていたのではないだろうか。現在は、徐々にガイドラインも浸透し、学生も上手く生成 AI を活用できるようになってきているため、以前よりも抵抗感なく使用するようになったのではないかと考えられる。

次に、AI 利用場面ごとの使用頻度(自身が経験したことのない場面については回答を求めている)について集計を行ったところ、表 2 のような結果となった。

表 2 より、生成 AI をほぼ毎日、または、週に数回使っている高頻度使用群は、「文章の添削」、「レポートのテーマ相談」、「情報収集」、「(文章生成や思考支援などの) アイデア出し」、「雑談・遊び」の場面で多く使用されていることが窺える。この 5 つの項目は、生成 AI に聞くとすぐに回答が返ってくることや、利用者が気軽に使用できる内容であるため、利用人数が多くなったのではないかと考えられる。

反対に、生成 AI が使用されていない場面は、「グループディスカッション」、「プログラミングの編集」、「語学学習」、「授業の予習・復習」、「コンテンツ制作」が挙げられた。これらの項目は、専門的・技術的な分野のた

め、生成 AI への適切なプロンプトを思い浮かべることができず、授業や課題の場面でも活用することが難しいため、利用人数が少なくなったと考えられる。これらの分野において、AI 活用に対する工夫の余地があると考え

表 2 生成 AI 利用場面ごとの使用頻度

	ほぼ毎日	週に数回	月に数回	使っていない
文章の添削	45 人	49 人	14 人	11 人
レポートの相談	35 人	48 人	14 人	5 人
レポートの作成	29 人	15 人	3 人	0 人
グループディスカッション	10 人	3 人	1 人	0 人
情報収集	36 人	49 人	19 人	7 人
プレゼン資料作成	17 人	11 人	4 人	1 人
プログラミングの編集	8 人	6 人	1 人	0 人
語学学習	9 人	8 人	2 人	1 人
アイデア出し	41 人	54 人	18 人	6 人
授業の予習・復習	6 人	9 人	0 人	1 人
ES 作成	18 人	16 人	4 人	1 人
メール作成	25 人	25 人	6 人	3 人
コンテンツ制作	7 人	8 人	3 人	2 人
雑談遊び	37 人	39 人	11 人	12 人

(N=200 場面ごと単一選択式)

次に、生成 AI を使用して感じたことについて質問をした(複数選択可)。結果は表 3 のようになった。

表 3 生成 AI を使用して感じたこと

感じたこと	人数
作業が早く終わった	130 人 (65.0%)
自分の考えが広がった	110 人 (55.0%)
意外な視点を得られた	102 人 (51.0%)
内容の正しさに不安を感じた	87 人 (43.5%)
使いすぎるのが怖いと感じた	73 人 (36.5%)
頼りすぎだと感じた	69 人 (34.5%)
特になし	6 人 (3.0%)

(N=200 複数選択可)

表 3 より、「作業が早く終わった」、「自分の考えが広がった」、「意外な視点を得られた」という利用者がポジティブに感じていることの方が人数が多いことが窺える。ポジティブなイメージが上位に来ていることから、学生は生成 AI を「思考を補助するツール」として肯定的に活用していることが窺える。反対に、「頼りすぎだと感じた」、「内容の正しさに不安を感じた」、「使いすぎるのが怖いと感じた」とネガティブに感じている人も

それぞれの項目で約4割いることが分かった。

これらの結果から、学生は生成AIを使用することにメリットを感じている一方で、生成AIが出す回答の信頼性に疑念を持つとともに、課題に取り組む際の自律性や思考プロセスが損なわれることへの懸念を抱いていることが示唆される。学生は、生成AIの便利さを認めながらも、正確性や依存のリスクに対して慎重な姿勢を持っているのではないかと考えられる。

また、「生成AIを使用したことで、使用する以前と比較して学習や作業の満足度はどう変化しましたか?」という設問(単一選択式)で調査したところ、図1のような結果になった。

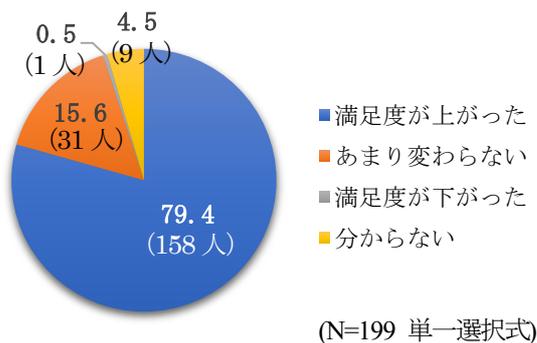


図1 生成AIを使用した際の学習満足度の割合 (%)

図1より、「満足度が上がった」と回答している人が79.4%、「あまり変わらない」と回答している人が15.6%、「満足度が下がった」と回答している人が0.5%、「わからない」と回答している人が4.5%だった。この結果から、学習をする際に生成AIを使用することで学習の満足度が上がったと感じた学生が多くいることが窺える。特に、表3から、生成AIを使用した際に「作業が早く終わった」「自分の考えが広がった」「意外な視点を得られた」といった肯定的な意見が上位にあるため、学習過程での効率性の向上や思考の拡張が満足度の上昇につながっていると解釈できる。ただし、この満足感が一時的な充足感を指しているのか、あるいは一定期間の学習活動全体を通じた累積的な変化なのかについては、本調査では判断できない点に留意が必要である。

また、「あまり変わらない」、「満足度が下がった」と回答している学生は少人数だったが、それは生成AIによる回答の信頼性に不安を感じている学生の影響が表れていると考える。そのような学生に向けて生成AIの使用法の教育を導入すれば、生成AIを活用しながら上手く学習を進めることができるようになり、学習の満足度も上がるのではないかと考えた。

次に、生成AI使用場面ごとの学習満足度の変化について調査した。設問では、自分自身が経験した場面について満足度の変化を4つの項目から選択してもらった(自身が経験したことのない場面については回答を求めている)。集計結果を表4に示す。

表4から、どの場面においても、学習満足度が上がったと答える人が多い結果となった。特に「満足度が上が

った」と回答した学生が多かった場面は、「アイデア出し」であり、次いで「文章の添削」、「情報収集」、「レポートなどのテーマ相談」、「雑談・遊び」であった。一方、「満足度が下がった」と回答した学生は、どの場面においても最大で1人に留まり、全体として学習満足度が下がった学生は極めて少なかった。

表4 生成AI使用場面ごとの学習満足度の変化

場面	満足度	上がった	変わらない	下がった	分からない
文章の添削	100人	15人	1人	3人	
レポートなどのテーマ相談	87人	13人	1人	1人	
グループディスカッション	11人	2人	0人	1人	
情報収集	92人	15人	1人	2人	
プレゼン資料作成	25人	7人	1人	0人	
プログラミングコード編集	15人	0人	0人	0人	
語学学習	17人	2人	0人	1人	
アイデア出し	108人	9人	1人	1人	
授業の予習・復習	15人	1人	0人	0人	
ES作成	37人	2人	0人	0人	
メール作成	51人	6人	1人	1人	
コンテンツ制作	17人	3人	0人	0人	
雑談・遊び	82人	10人	1人	0人	

(N=200 場面ごと単一選択式)

以上の結果から、学生の満足度は、生成AIを活用する場面の特性に強く影響されることが明らかとなった。まず、「アイデア出し」、「情報収集」など、思考の幅を広げたり、作業の質を高めたりする前段階の支援において満足度が上がっていた。これらの場面では、生成AIが多様な視点や改善案を短時間で提示できるため、学生の思考の広がりや学習の進めやすさが向上し、それが満足度を押し上げたと考えられる。また、「文章の添削」、「プレゼン資料作成」、「ES作成」のようにアウトプットの質が直接改善されるタスクでも満足度が高く、AIの支援が成果物に「見えるかたち」で反映される場面は高く評価されやすい傾向にあると言える。さらに、「プログラミングコードの編集」の場面で利用した学生は15人と多くはなかったものの、その全員が、満足度が上がったと回答していた。AIが利用者自身では気づけなかった視点や改善案を提示することで、新たな気づきや作業効率の向上につながり、それが生成AIの利用に対する満足度を高めた可能性がある。

総じて、生成AIは特に思考支援・情報整理・改善提案といった場面において、学生の学習満足度を向上させる効果が高いことが示された。今後は、こうした満足度の高い利用場面を教育に生かし、学生が生成AIと自身の思考とを適切に結びつけながら学べる環境づくり

が必要とされると考えた。

次に、これから生成 AI をより効果的に使用するために必要だと思うことについて調査したところ、表 5 のような結果になった。

表 5 生成 AI を効果的に使用するために必要なこと

必要なもの	人数
倫理やルールの説明	141 人 (69.1%)
使い方の講義や研修	131 人 (64.2%)
教員の見解やサポート	73 人 (35.8%)
他の学生の活用事例	68 人 (33.3%)
特になし	9 人 (4.4%)

(N=204 複数選択可)

表 5 より、「倫理やルールの説明」、「使い方の講義や研修」が上位に挙がっており、多くの学生が生成 AI を使ってもよい範囲や正しい使い方の基準を求めていることが読み取れる。表 3 の結果とともに表 5 の結果を読み取ると、正確性に対する不安や使いすぎの怖さといった懸念と関連しており、学生は生成 AI の利用に対して一定の迷いを抱えながら使用している様子が窺える。そして、3 割ほどの学生が教員や他の学生のサポートが必要だと答えている。教員からのサポートがあれば、基準が明確化され、安心して生成 AI を学習に取り入れることができるのではないかと考えた。また、他の学生の活用事例を見ることで新たな活用方法を発見し、より充実した学習をすることが可能になり、学習満足度の向上にもつながるのではないかと考えた。

生成 AI を使用する際のリスク（学習目的以外で使用する時も含む）についても調査を行い、表 6 のような結果になった。

表 6 生成 AI を使用する際のリスク

リスク	人数
出力された情報が不正確でも、そのまま使ってしまう	178 人 (86.8%)
著作権や引用ルールを知らずに違反する	158 人 (77.0%)
AI への過度な依存による学力低下	143 人 (69.8%)
入力した情報が企業に蓄積されることによるプライバシー侵害	61 人 (29.8%)
生成 AI の判断基準が不透明で、差別的な出力が出る可能性	44 人 (21.5%)

(N=205 複数選択可)

表 6 より、「出力された情報が不正確でも、そのまま使ってしまう」、「著作権や引用ルールを知らずに違反する」といったリスクが多く、多くの学生から回答されていることが分かる。この結果から、学生は生成 AI の回答内容の信頼性や法的な取扱いに対して懸念を抱えていることが分かる。また、「AI への過度な依存による学力低下」のような学力面に対する不安も見られた。

このようなリスク認識は、表 5 の回答と密接に関連

している。「倫理やルールの説明」や「使い方の講義や研修」が最も多く必要とされているのは、学生が生成 AI を適切に利用するための基準や判断指針を求めていることの表れである。特に表 6 の結果から、著作権や引用に関するリスクが多く回答されていたことから、学生は何が許容され、どこからが不適切なのかという明確なルール設定を必要としているのではないかと考えた。

また、表 5 の「教員の見解やサポート」や「他の学生の活用事例」が求められている点については、学生が生成 AI の利点とリスクを踏まえた上で、実際にどう活用すれば安全で効果的なのかを具体的に知りたいと感じていることを示唆している。そのため、生成 AI の長所・短所を体験的に理解し、適切な使用方法を身に付けられるような授業内での活用演習や、実践的な学びの機会の提供が必要だと考えられる。

以上の結果から、ルールの周知やガイドラインの設定をした上で、生成 AI を使用することに慣れていない教員・学生が学習場面に応じた具体的な活用方法を提示し、利用者である学生が自分の学習に合った安全で効果的な生成 AI の使い方を体験的に習得できるような実践型の AI リテラシー教育の充実化が求められているのではないかと考えた。

#### 4. 実践型 AI 活用教育の提案

質問紙調査では「大学の授業や課題で生成 AI をどのように使えるようになったら良いと思いますか？」という自由記述式の質問も行った。加えて、大学教育における生成 AI 活用（AI を大学教育でどのように使っていくか・使うべきか）について、より詳細な意見を収集するために、グループインタビューを実施した。これらの回答をもとに、今後の大学教育における AI 活用について考えていく。

##### 4.1 グループインタビューの概要

グループインタビューは対面形式とし、事前に調査協力への同意を得た上で、大学 3、4 年生 10 名（3 人×2 グループ、4 人×1 グループの構成）から意見を収集した。インタビュー冒頭では、研究の倫理的配慮として「参加は自由意思であり、不参加による不利益は一切ないこと」、「発言内容は研究目的以外には用いないこと」を口頭で説明した。また、本調査における「生成 AI」は、「ChatGPT 等の文章・画像などのコンテンツを自動生成する AI 技術」として扱うことも説明した。

質問は以下に示す 3 つを設定し、各グループとも 40 分程度でインタビューを終えた。各質問と回答の概要を以下に示す。

質問 1 「どのような場面で生成 AI を使用したことがありますか？学習場面を中心に具体的に教えてください」という質問に対して、以下の回答を得た。

- ・授業後に出すレポートや感想の文章添削をした
- ・目上の人などに送信するメールの添削をした
- ・自分のレポートで参考にできそうな文献を探した
- ・レポートのテーマ決めの補助をもらった
- ・課題の文章の要約に使用した
- ・分からない問題について解説をもらった

質問2「上記の活用場面の中で問題点や疑問点、リスクを感じたことはありますか?」という質問に対しては、以下の回答を得た。

- ・情報の正確性が不安
- ・個人情報が抜き取られそう
- ・自分の思考力が低下しそう
- ・プロンプト入力が難しい
- ・サービスダウンしてしまうと依存している人が困る
- ・相談すると、前の回答が影響される
- ・著作権違反してしまう

質問3「今後、生成AIを使用してどのようなことをしたいですか?または大学教育に求めますか?」という質問に対しては、以下の回答を得た。

- ・プロンプト入力の講義をしてほしい
- ・生成AIの規範を学びたい
- ・グループワークで書記をしてもらう
- ・個人の利用範囲内でのアイデア出し

## 4.2 学生が求める生成AIの使い方

質問紙調査における自由記述回答とグループインタビューで収集した意見を分析すると、学生が求める生成AIの使い方について以下の4つに分類できた。

### ① 思考支援・アイデア創出

- ・レポートのテーマや書き方に関するアイデアをもらいたい
- ・課題に取り組む際のヒントをもらう(授業の課題のみならず、就活の課題も含む)
- ・異性などの「普段持ちえない感性」の模倣
- ・他の解法を教えてほしい
- ・学生が出したアイデアの実現可能性のシミュレーション

### ② 学習・理解のサポート

- ・授業中の難しい単語の解説
- ・英文の添削
- ・英会話練習の相手
- ・作文、論文の添削や想定質問の準備
- ・グループディスカッションの内容の要約や整理

### ③ 能力強化・実践トレーニング

- ・人に教える経験のためにAIに説明してみる
- ・質疑応答の訓練

### ④ 利用環境・運用面への期待

- ・自由に使えるようにしてほしい
- ・教員がAI利用にもっと寛容になってほしい

①については、自分では思いつかない視点を補ったり議論を深めたりするための使い方である。②については、授業理解や基礎学習を強化するための使い方と言える。③については、学生自身のスキルアップにつながる使い方と言える。④については、AIの使い方そのものではなく、制度や環境を整えてほしいという意見である。

以上の結果から、生成AIを単なる作業の効率化を目的として利用しているという回答は少数にとどまり、多数の学生は「思考支援」や「学習・理解のサポート」「スキルアップ」を中心に生成AIの使用を望んでいることが明らかになった。

## 4.3 実践型AI活用教育の具体的場面

上記①～④の使い方について、ここでは具体的なAI活用場面を提案したい。

### ① 思考支援・アイデア創出

学生の回答から、生成AIは「視点の追加」、「発想の補助」として教育の諸場面で活用できる可能性があることが示唆された。そこで、大学教育では以下のような活用方法・場面が考えられる。

#### ・ブレインストーミング支援

グループで出た意見をAIに整理させたり、追加の視点を提案させたりすることで、議論の質を高めることができる。

#### ・レポート、プロジェクト構想時のアイデア創出補助

テーマ設定やアプローチをAIに複数提示させ、学生が自分に合った方向性を選ぶ支援として使う。

例えば、文部科学省から指定されたパイロット校である千葉県の市立中学校では、授業などで積極的に生成AIの活用を進めている。そこでは「3年生を送る会」のアイデア出しに活用したことが明記されている<sup>9)</sup>。中学校の活用事例ではあるが、大学教育でも、レポート課題や問題解決型授業におけるプロジェクト構想のアイデア出しなどに活用できるのではないかと考えられる。

### ② 学習・理解のサポート

学生の回答には「授業の補助」としてのAI利用を望む声が多かった。そのため、以下のような場面を考えることができる。

#### ・授業中に分からない単語・用語をAIで即時確認できる仕組み

分からない単語・用語を自身のスマートフォンやパソコンで調べるのもよいが、専用の端末を使用することで教員側から確認し、より重点的に教える必要がある箇所・分野が分かる仕組みを取り入れる。

#### ・英文添削、英会話のパーソナル補助

語学学習でAIをいつでも練習相手として利用できる環境を整える。

#### ・情報収集の指導付き活用

調べ学習の際に、AIの回答の信頼性を評価する方法も併せて指導する。

### ③ 能力強化・実践トレーニング

学生はAIを「練習相手にしたい」という回答をしていた。そのため、以下のような活用が考えられる。

#### ・質疑応答の模擬体験

自分のレポートや発表資料をAIに読ませ、「想定質問」を生成させて質疑応答の練習を行う。

#### ・説明力、考える力を鍛える活動

学生が特定の概念をAIに説明し、AIが理解できなかった部分をフィードバックする形式で「(他者に)説明

する・教える経験」を積む。

#### ・プログラミングコードや制作物の改善練習

プログラミングや作品制作で、AIから改善案を受け取り、比較検討するプロセスを授業に組み込む。

例えば、小学校の実践事例として、国語の授業でショートショートを作った際に、表現技法を評価してもらい、また考えて、評価してもらうということを繰り返し、もっと良くしたうえで提出させたという報告がある<sup>9)</sup>。この事例から、生成AIは、人間の作ったものを客観的に評価できる「先生」のような存在にもなり得ることが分かる。人間の先生が生徒全員分を評価するには多大な時間がかかってしまうが、生成AIを駆使することで、学習者自身が自分の成果物をすぐに評価してもらうことができるようになる。これは、大学生の授業や課題（プログラミングや作品の制作など）でも同様に活用できると考えられる。

#### ④ 利用環境・運用面への期待

学生からは、「自由に使いたい」や「教授側も寛容であってほしい」という声があった。そのため、教育機関としては以下の整備が考えられる。

##### ・AI活用の基本的な研修、講義の実践

プロンプトの書き方、AIの限界(誤情報、バイアス)、著作権、情報倫理について学ぶ授業を設け、誤用を防ぐ。

例えば、文部科学省が指定している生成AIのパイロット校では、小学生に生成AIの仕組みを学んだ上で、事前に作っていた自由詩を生成AIに添削してもらおうという授業実践が紹介されている。実践の結果、学習意欲、重要性の認識、活用の推進、発展への期待、利用意向、フィードバック有用性、フィードバック参考度のどの項目も肯定的な評価であったことが示されている<sup>10)</sup>。大学でも大学生に対して同じように実際に生成AIを使用しながら生成AIの仕組みや規範について学び、講義・課題内で実践できる形を取れば、生成AIと上手く付き合っていくことができるようになると思われる。

##### ・学習の際のAI活用方針を明確化する

「発想段階でのアイデア出しは良いが、文章の丸写しは禁止」など、科目や課題ごとにAI活用可能範囲を明確に示す。

これらを授業・教育に組み込むことで、学生は「考える」、「理解する」、「説明する」などの学習プロセスを全体的に進めやすくなると思われる。また、課題を1人で行う際でも、複数人と意見を交換しているような視野を持つことができるようになる。AIを使用しながら自分の思考を深められる「AI協同学習」の視点が、今後の教育における重要な方向性となるのではないかと考えている。

## 5. おわりに

本研究の調査結果から、大学生における生成AIの利用は「学習の効率化」や「アイデア創出」といった実用的な目的で広く浸透していることが明らかになった。特に、使用頻度が高い学生ほど、文章の添削/情報収集、レポートなどのテーマ相談といった場面で生成AIを積極的に活用する傾向が強くなり、学習の時間短縮や理解の

補助として肯定的に評価する傾向がみられた。一方で、使用頻度が低い学生においても一定の利点を感じていることが分かった。そのため、生成AIが学習支援として一定の役割を果たしていることが示唆された。

しかし、生成AIの利用に対して学生が抱く感情は必ずしも一面的ではない。効率化や新しい視点の獲得といったメリットが挙がる一方で、「内容の正しさに不安を感じた」、「使いすぎるのが怖いと感じた」など、質的なリスクに対する不安も存在していた。

学習満足度においては、「アイデア出し」や「文章添削」など、自分の思考を広げたり整理したりする場面でAIの効果を実感していた。一方で、満足度が下がった学生は、ごく少数ではあるものの存在した。こうした低い満足度は、AIの活用方法が十分に理解されていないことに起因している可能性がある。適切な使用方法の提示や、授業内での具体的な活用例の提示・実践を通して、生成AIの役割や使い方を明確にすれば、これらの学生の満足度も向上する可能性があると考えられる。

生成AIを効果的に使用するために必要なことについては、「倫理やルールの説明」や「使い方の講義・研修」が多く、学生に求められており、生成AIを適切に利用するための明確な基準を必要としていることが分かった。これは、AIによる出力結果の信頼性や使いすぎへの不安など、学生が抱える迷いと関連していると考えられる。さらに、「教員の見解やサポート」、「他の学生の活用事例」を求める声もあり、具体的な活用例や専門的な説明があることで、より安心してAIを利用できると感じていることが示唆された。

リスク認識については、学生は生成AIの信頼性や法的リスクに懸念を抱いていた。また、「AIへの過度な依存による学力低下」など、学習面の悪影響を心配する声も一定数見られた。これらは、学生が生成AIの長所を実感しつつも、適切な活用方法を模索しながら利用している現状を示していると考えた。

したがって、教育現場では、生成AIを使用禁止にしたり、批判ばかりするのではなく、AIとともに考える力を育てるための指導として、実践型AIリテラシー教育が必要とされていると考える。学生がAIの利便性とリスクを理解しながら、学生自身で主体的な学習を進められるような環境設計こそ、これからの大学教育において不可欠であると言える。

本研究では、仮説の検証を目的とするのではなく、今後のAI活用教育を検討するための基礎的な情報として、大学生における生成AI利用の傾向と実態を幅広く把握することを調査の目的とした。そのため、本稿では統計的な分析には踏み込んでいない。調査項目や収集データを統計処理が可能な水準まで拡充し、さらに分析を進めることを今後の課題とする。

## 参考文献

- (1) 文部科学省：令和3年「大学・高専における生成AIの教学面の取扱い」について(周知)、  
[https://www.mext.go.jp/content/20230714-mxt\\_senmon01-000030762\\_1.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20230714-mxt_senmon01-000030762_1.pdf)(2025.10.21 閲覧)
- (2) 公正取引委員会：令和7年「生成AIに関する実態調査報

- 告書 ver.1.0」,  
[https://www.meti.go.jp/policy/kyoso\\_seisaku/20250625\\_ai.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/kyoso_seisaku/20250625_ai.pdf)  
 (2025.11.27 閲覧)
- (3) 読売新聞オンライン：生成AI利用の学生、3割が「コピーペ」で課題提出…回答の確認方法は6割超が「知らない」  
<https://www.yomiuri.co.jp/kyoiku/kyoiku/news/20240815-OYT1T50207/> (2025.11.27 閲覧)
- (4) 愛媛大学：令和5年「教育活動における生成AIの利活用における留意事項について（第2報）～学習における生成AIの利活用について～」  
[https://www.ehime-u.ac.jp/tp\\_20231116\\_kyo/](https://www.ehime-u.ac.jp/tp_20231116_kyo/) (2025.11.27 日 閲覧)
- (5) 鳥取大学：令和5年「鳥取大学における生成AI系の利活用に関する基本方針と注意事項」  
<https://www.tottori-u.ac.jp/about/effort/ai/> (2025.11.27 閲覧)
- (6) 読売新聞オンライン：令和6年、「『ウルトラマン』に似た画像提供の生成AI事業者、中国の裁判所が著作権侵害で賠償命令」  
<https://www.yomiuri.co.jp/culture/subcul/20240415-OYT1T50069/> (2025.11.27 閲覧)
- (7) Hao-Ping (Hank) Lee, Advait Sarkar, Lev Tankelevitch, Ian Drosos, Sean Rintel, Richard Banks, Nicholas Wilson : The Impact of Generative AI on Critical Thinking: Self-Reported Reductions in Cognitive Effort and Confidence Effects From a Survey of Knowledge Workers, Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '25),  
[https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2025/01/lee\\_2025\\_ai\\_critical\\_thinking\\_survey.pdf](https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2025/01/lee_2025_ai_critical_thinking_survey.pdf) (2025.10.29 閲覧)
- (8) 齋藤渉：学生の生成AI利用とその利用目的に関する一考察 学生意識調査の結果から，第13回大学情報・機関調査研究集会 論文集, 13, p.119-125 (2024)
- (9) 教育新聞：【生成AIパイロット校①】生徒が語る「学びの現在地と未来」  
<https://www.kyobun.co.jp/article/2024031201> (2026.1.21 閲覧)
- (10) 保本正芳：小学校における生成AIリテラシー教育の実践，日本情報教育学会誌『情報教育』, Vol. 6, No.1, pp.14-18 (2025)

(2025年11月28日 受付)

(2026年2月3日 採録)

# T 高校における「情報 I」四領域に関する 学習行動と理解の関連性の検討

Exploring Student Learning Behaviors and Understanding in the Four Domains of  
“Informatics I” at T High School

\*1 吉田 拓也

Email: yoshida.takuya@tdj.ac.jp

\*1: 東大寺学園中学校・高等学校

## 抄録

2025 年 1 月から大学入学共通テストに科目「情報」が導入され、2022 年度 4 月より全国の高等学校で本格的に「情報 I」の授業が開始された。本考察では、T 高校 3 年生 200 名(有効回答 183 名)を対象にアンケート調査を実施し、「情報 I」における学習行動と理解の関連を探索的に検討した。その結果、多くの生徒が授業への取り組みや理解を肯定的に自己評価しており、特に「コンピュータとプログラミング」は得意、有用、得点しやすい領域として認識されていた。一方で、「情報通信ネットワークとデータの活用」は理解度にかかわらず苦手領域として挙げられ、理解度の低い生徒では得意領域や価値を見出しにくい傾向がみられた。自由記述では、演習や PC 実践による理解促進が示される一方、専門用語の多さ、抽象概念の理解困難、試験への見通し不足が課題として指摘された。これらを踏まえ、語彙・前提知識の段階的提示、演習機会の確保、評価形式の明確化を組み合わせた指導が有効である可能性が示唆された。

◎Key Words 情報 I, 学習行動, 理解度, 四領域, 自己評価アンケート

## 1. はじめに

2022 年 1 月、一般社団法人国立大学協会は、2025 年の大学入学共通テストから現行の 5 教科 7 科目に加えて新たな科目「情報」を原則として課す方針を発表した<sup>(1)</sup>。これに先立ち、2022 年 4 月より全国の高等学校では、2018 年告示(2022 年実施)の学習指導要領<sup>(2)</sup>に基づく「情報」の授業が開始され、生徒は 2 単位の必修を経て、2025 年 1 月には初めての大学入学共通テスト「情報 I」を受験することとなった。

初年度の受験動向について、赤澤ら(2025)<sup>(3)</sup>は、都道府県間で受験率(受験者/志願者数)に大きな差が見られることを報告している。具体的には、宮崎・長崎・大分では受験率が 90%を超える一方、東京・神奈川・千葉・埼玉では 30%台にとどまったとされる<sup>(3)</sup>。こうした地域差は、進学環境や入試制度の構造的な違いによって生じている可能性がある。特に都市部では私立大学の割合が高く、共通テストを必須としない入試方式が多様である点が受験率の低さと関連していると考えられる。今後、地域ごとの取り組みの変化と受験者数の推移を注視する必要がある。また、独立行政法人大学入試センターの公表によれば、本試験の受験者数は「情報 I」279,718 名、「旧情報」22,171 名、追試験では 594 名であり、平均得点は「情報 I」が 69.26 点、「旧情報」は 72.82 点であった<sup>(4)</sup>。問題構成は試験時間・設問構成・配点ともに 2022 年 11 月公表の試作問題と整合性があり、出題範囲も後述の四領域からであった。このことから、初年度の実施に際して高校生が過度に戸惑わないよう配慮がなされたと推察できる。

「情報 I」の学習内容は、「(1)情報社会の問題解決」、「(2)コミュニケーションと情報デザイン」、「(3)コンピュータとプログラミング」、「(4)情報通信ネットワーク

とデータの活用」の四領域で構成される。これは、2009 年告示(2013 年実施)の学習指導要領<sup>(5)</sup>における「社会と情報」と「情報の科学」を統合し、データ活用や問題解決の視点を強化したものであり、高等学校には領域横断的な情報活用能力の育成と共通テストへの対応の両立が求められる。

「情報 I」における授業実践の報告は、全国高等学校情報教育研究会による全国大会(以下、全高情研とする)を中心に蓄積が進んでおり、井手(2023)<sup>(6)</sup>は生成 AI を活用したプログラミング学習<sup>(6)</sup>を、小原(2023)<sup>(7)</sup>は問題解決の視点を重視したデータ活用の授業を報告している<sup>(7)</sup>。また、情報処理学会 コンピュータと教育研究会(以下、CE 研とする)では、稲垣(2023, 2024)<sup>(8,9)</sup>が試行授業を通じて、プログラミング領域およびデータ活用領域において、試作問題を解くために必要な学力の育成が可能かを検証している<sup>(8,9)</sup>。さらに、情報教育および教育工学の研究領域においても、プログラミング思考、データの活用、情報デザインなど、個別の領域に焦点を当てた研究が近年増加している<sup>(10)</sup>。

一方で、全高情研、CE 研や教育工学関連学会の近年の発表を確認した範囲では、四領域全体を対象とし、生徒の学習行動と理解を横断的に検証した研究は限定的である。特に、「情報 I」が 2 単位の必修科目であることを踏まえると、領域間の理解の偏りや生徒の学習方略の特徴を明らかにすることは、領域横断的な視点に基づいた授業設計を行う上で重要である。

加えて、高校現場で学習を進める生徒の理解状況や学習行動がどのように結びついているかを把握することは、制度的背景と教育実践をつなぐ上でも重要である。そこで、本考察では、具体的な学校現場の実態を明らかにし、四領域にわたる指導の重点化や生徒支援の

方向性について実践的な示唆を得ることを目指す。

以上を踏まえ、本研究では、T高校3年生200名を対象としたアンケート調査により、「情報」における生徒の学習行動と理解の関連を明らかにすることを目的とする。なお、本考察における学習行動とは、客観的な行動記録ではなく、生徒の自己評価に基づく主観的指標として、授業への取り組み姿勢および授業外における学習時間を指す。本調査では、アンケート項目1「授業への取り組み」および項目2「授業外学習時間」を、学習行動の指標として用いた。

## 2. 方法

### 2.1 対象

本考察の対象は、T高校(男子校)に在籍する高校3年生200名である。2024年12月に実施したアンケートのうち、有効回答183名を分析対象とした。

### 2.2 授業実践の概要

本考察で対象とした授業は、「情報」の学習内容を高校1年次と3年次に分割して履修する形態(各1単位、週1時間・年間35週)で実施されたものである。

1年次には、「(1)情報社会の問題解決」と「(4)情報通信ネットワークとデータの活用」を扱った。これらを先に学習した主な理由は、「情報社会の問題解決」に関する内容が「情報」の学習意義の理解に直接つながり、学習動機づけにも効果があると判断したためである。

3年次には「(3)コンピュータとプログラミング」と「(2)コミュニケーションと情報デザイン」を扱った。プログラミングを3年次に位置付けたのは、2022年度の段階では学習範囲や難易度が想定しにくいと感じたため、内容や問題形式の動向を見極めた上で実施することが妥当であると考えた。

授業は教科書と独自プリントを中心に構成し、スライドを提示しながら要点整理や関連事例の紹介を行った。2年次には授業がないため、1年次の終わりにプログラミング学習用Webアプリを紹介し、自主学習に充てさせた。3年次には独自の用語集を配布し、1年次の内容の再確認や苦手生徒への補助的支援を行った。また、共通テスト対策として、3年次1学期の最終授業で問題集を1冊配布した。プログラミングの実習ではPythonを用い、Google Colaboratoryを実行環境として統一した。授業は講義・演習・振り返りを基本構成とし、特にプログラミングでは例題演習とコードの構造理解を重視した。

### 2.3 アンケート設計

学習行動と理解度を測定するため、表1に示す7項目と自由記述から構成される生徒アンケートを実施した。評価は4段階尺度(単回答)とし、記名式で実施した。倫理的配慮として、回答内容は統計的に処理し、個人が特定されない形で分析した。なお、調査対象者には、予め調査の目的や内容、得られたデータの取り扱いや公表の仕方、回答内容が成績や評価に影響しないことを説明した後、同意が得られた者から回答を得ている。なお、アンケート項目3の学習時間とは、定期試験前や長

期休暇などを除く、通常授業時の1週間当たりの学習時間を指す。また、学習行動に関する設問は、四領域ごとに分けて尋ねる形式ではなく、授業全体を対象として実施した。これは、全般的な授業理解度を基盤に、学習行動や四領域に対する認識との関連を把握することを意図したためである。

## 2.4 分析方法

クロス集計を用いて、学習行動と理解度に関する探索的分析を行った。欠損値は除外し、全体の構造把握を目的とした分析を行った。

表1 アンケートの質問内容

質問内容	尺度
1.授業への取り組み	四件法
2.授業外学習時間	四件法
3.授業理解度	四件法
4.得意領域	領域選択・なし
5.苦手領域	領域選択・なし
6.最も役立つと感じる領域	領域選択・なし
7.最も得点しやすい領域	領域選択・なし
自由記述	

## 3. 結果と考察

本考察では、有効回答183名の生徒アンケートを基に、学習者の取り組みや学習行動と理解度の関係について探索的分析を行った。

### 3.1 学習者の取り組みと理解の概要

表2に示す生徒の授業への取り組みに関する自己評価では、「とても熱心に取り組めた」、「まあ熱心に取り組めた」という肯定的な回答が、80.0%で、多くの生徒にとって授業が主体的に参加できていたことを示唆する。その一方で、「あまり熱心に取り組めなかった」、「まったく取り組めなかった」という否定的な回答の20.0%については、学習動機や学習環境の支援の検討が、今後の課題として位置づけられる。

表2 授業への取り組み(n=183)

とても熱心に取り組めた	51(27.9%)
まあ熱心に取り組めた	95(51.9%)
あまり熱心に取り組めなかった	31(16.9%)
まったく取り組めなかった	6(3.3%)

表3に示す授業以外の勉強時間に関する自己評価については、「まったくしていない」と回答した生徒は61.7%と過半数を占め、「30分未満」を加えると全体の約90%に達した。その一方で、「30分以上」学習している生徒は9.3%にとどまり、授業外学習の実施率は極めて低い傾向が示された。この結果は、当該授業が生徒にとって授業内で学習を完結させる性格を持っていた可能性を示すことが窺える。

表3 授業以外の勉強時間(n=183)

0時間(まったくしていない)	113(61.7%)
30分未満	53(29.0%)
30分~1時間	10(5.5%)
1~2時間	7(3.8%)

表4に示す授業内容の理解度に関する自己評価については、「とてもよく理解できた」「まあ理解できた」という肯定的な回答した生徒は全体の80.7%を占め、多くの生徒が授業内容を肯定的に理解し、自己評価していることが示された。特に、「とてもよく理解できた」が26.9%であったことは、内容理解が十分に達成できた学習者が一定数存在することを示す。その一方で、「あまりわからなかった」、「まったくわからなかった」と回答した生徒も19.3%存在しており、授業内支援だけでは十分な理解に到達できない層が一定数存在することが確認された。この結果は、当該授業が全体として概ね学習目標を達成している一方、理解の個人差が顕在化していることが示唆されたともいえる。なお、後続項目に欠損が生じた関係で、該当分析の有効回答数は171名となった。

表4 授業内容の理解度(n=171)

とてもよく理解できた	46(26.9%)
まあ理解できた	92(53.8%)
あまりわからなかった	27(15.8%)
まったくわからなかった	6(3.5%)

以上の結果より、本授業は多数の生徒に対して一定の学習成果を示していたと評価できる。一方で、理解や学習意欲の個人差が確認されたことから、これらの学習者に対する指導上の配慮が今後の課題として挙げられる。さらに、本授業は高校3年次における限られた授業時数の基で実施されたため、十分な演習機会を確保し得なかった可能性も考えられる。なお、本考察で扱った学習状況は生徒の自己評価に基づくものであり、客観的到達度と一致しない可能性がある点に留意したい。

### 3.2 理解度と授業への取り組みの関係

次に、表4で示す理解度について、「とてもよく理解できた(26.9%)」と「まあ理解できた(53.8%)」と回答した138人を理解度(高)群とし、「あまりわからなかった27(15.8%)」、「まったくわからなかった6(3.5%)」と回答した33人を理解度(低)群として他項目とクロス集計していく。

理解度(高)群では、表5に示す「とても熱心に取り組めた」と回答した生徒は46名(33.3%)、「まあ熱心に取り組めた」は76名(55.1%)であり、両者を合わせると全体の88.4%が肯定的に自己評価していた。一方で、「あまり熱心に取り組めなかった」は15名(10.9%)、「まったく熱心に取り組めなかった」は1名(0.7%)にとどまった。

この結果から、理解度(高)群の多くは、授業に対して主体的に関与していたと自己認識しており、授業への

積極的な取り組みと内容理解との間に一定の関連がみられることが示唆される。ただし、理解度が高い生徒の中にも、必ずしも高い学習意欲を示さない者が少数ながら存在しており、理解の成立には授業外要因や個別の学習方略が影響している可能性も考えられる。

次に、表6に示す理解度(低)群33名では、「とても熱心に取り組めた」と回答した生徒は1名(3.0%)にとどまり、「まあ熱心に取り組めた」は14名(42.4%)であった。一方で、「あまり熱心に取り組めなかった」は13名(39.4%)、「まったく熱心に取り組めなかった」は5名(15.2%)であり、否定的な回答は全体の54.6%を占めた。

この結果から、理解度(低)群では、授業への取り組みに対する自己評価が相対的に低い生徒が多く、学習活動への関与の程度にばらつきがみられることが確認された。高理解度群と比較すると、授業への積極的な関与を示す割合が低く、授業中の取り組み方や学習態度が理解の形成に何らかの形で関係している可能性が示唆される。

表5 理解度(高)群の学習への取り組み(n=138)

とても熱心に取り組めた	46(33.3%)
まあ熱心に取り組めた	76(55.1%)
あまり熱心に取り組めなかった	15(10.9%)
まったく取り組めなかった	1(0.7%)

表6 理解度(低)群の学習への取り組み(n=33)

とても熱心に取り組めた	1(3.0%)
まあ熱心に取り組めた	14(42.4%)
あまり熱心に取り組めなかった	13(39.4%)
まったく取り組めなかった	5(15.2%)

### 3.3 理解度と学習時間の関係

理解度(高)群では、表7に示す「0時間」と回答した生徒が85名(61.6%)と最も多く、「30分未満」が38名(27.5%)であった。一方で、「30分から1時間」は10名(7.2%)、「1時間から2時間」は5名(3.6%)にとどまり、授業外で一定時間以上学習している生徒は少数であった。

この結果から、理解度(高)群においても、多くの生徒は授業外学習に多くの時間を割いているわけではなく、主として授業内での学習を通して内容理解に到達していた可能性が示唆される。すなわち、高い理解度は必ずしも長時間の授業外学習によって支えられているとは限らず、授業内での取り組み方や学習経験の質が一定の役割を果たしている可能性が考えられる。

次に、表8に示す理解度(低)群33名では、「0時間」と回答した生徒が24名(72.7%)と多数を占め、「30分未満」が8名(24.2%)であった。「30分から1時間」は0名(0.0%)であり、「1時間から2時間」は1名(3.0%)にとどまった。

この結果から、理解度(低)群では授業外学習がほとんど行われていない状況が示され、学習時間の確保という観点では支援の余地が大きいことがうかがえる。ただし、本考察の学習時間は自己申告に基づくものであ

るため、実際の学習行動との対応については慎重に解釈する必要がある。

表7 理解度(高)群の授業以外の勉強時間(n=183)

0時間(まったくしていない)	85(61.6%)
30分未満	38(27.5%)
30分～1時間	10(7.2%)
1～2時間	5(3.6%)

表8 理解度(低)群の授業以外の勉強時間(n=183)

0時間(まったくしていない)	24(72.7%)
30分未満	8(24.2%)
30分～1時間	0(0.0%)
1～2時間	1(3.0%)

### 3.4 理解度と得意領域の関係

理解度(高)群では、表9で示す「コンピュータとプログラミング」を得意領域として挙げた生徒が46.4%と最も多く、その他の領域を大きく上回った。その一方、表10で示す理解度(低)群では、同領域を得意とした生徒は21.2%にとどまり、「特になし」が36.4%と最も高い割合を示した。この結果は、プログラミング領域に対する得意意識が学習理解度と関連している可能性を示唆する。

とりわけ、理解度(高)群でプログラミング領域を得意とする生徒が多かったことは、この領域が情報科の学習において重要な役割を果たしている可能性を示している。プログラミングでは、実際の操作に加えて概念理解も必要となるため、この領域に自信を持っている生徒は、学習内容を結びつけながら理解を深めていると考えられる。その一方、理解度(低)群において「特になし」が高い割合を占めたことは、得意領域を見出せていない生徒が一定数存在し、学習動機や自己効力感の低下につながっている可能性を示す。こうした学習者に対しては、小さな成功体験を積み重ねる機会や段階的な課題設計を通じて、有能感の形成と学習意欲の喚起を図る必要がある。

表9 理解度(高)群の得意領域(n=138)

情報社会の問題解決	33(23.9%)
コミュニケーションと情報デザイン	11(8.0%)
コンピュータとプログラミング	64(46.4%)
情報通信ネットワークとデータの活用	12(8.7%)
特になし	18(13.0%)

表10 理解度(低)群の得意領域(n=33)

情報社会の問題解決	7(21.2%)
コミュニケーションと情報デザイン	3(9.1%)
コンピュータとプログラミング	7(21.2%)
情報通信ネットワークとデータの活用	4(12.1%)
特になし	12(36.4%)

### 3.5 理解度と苦手領域の関係

理解度(高)群では、表11で示す「コンピュータとプログラミング」(32.6%)と「情報通信ネットワークとデータの活用」(31.9%)を苦手領域とする生徒が一定数存在した。理解度(低)群でも、表12で示す同様の傾向がみられ、特に「コンピュータとプログラミング」は48.5%と最も高い割合を示した。このことから、両群において「コンピュータとプログラミング」と「情報通信ネットワークとデータの活用」に関する内容は、相対的に難易度が高く、生徒がつまずきやすい領域であることが示唆される。

とりわけ、理解度(低)群で「コンピュータとプログラミング」領域の苦手意識が顕著であった点は、この領域でのつまずきが学習全体の理解や意欲に影響を及ぼしている可能性を示す。前述でも述べた通り、プログラミングは手続き理解と概念理解の双方を必要とするため、初期段階での支援や段階的な課題設計が重要であると考えられる。その一方で、理解度(高)群でも一定数の生徒がこれらの領域に苦手意識を持っていたことは、理解が進んでいる学習者においても領域間で習熟度の差が生じていることを示す。したがって、学習到達度に応じた補充指導や、段階的な理解支援が全体的な学習改善に寄与すると考えられる。

また、両群において「特になし」と回答した生徒が一定数存在したことは、自己の弱点認識が十分でない学習者がいる可能性を示している。この点から、学習過程を振り返り、自らの理解状況を把握する機会を設定することが、学習の質を高める上で有効と考えられる。

表11 理解度(高)群の苦手領域(n=138)

情報社会の問題解決	15(10.9%)
コミュニケーションと情報デザイン	15(10.9%)
コンピュータとプログラミング	45(32.6%)
情報通信ネットワークとデータの活用	44(31.9%)
特になし	19(13.8%)

表12 理解度(低)群の苦手領域(n=33)

情報社会の問題解決	0(0.0%)
コミュニケーションと情報デザイン	2(6.1%)
コンピュータとプログラミング	16(48.5%)
情報通信ネットワークとデータの活用	10(30.3%)
特になし	5(15.2%)

### 3.6 理解度と有用感との関係

理解度(高)群では、表13で示す「コンピュータとプログラミング」を最も有用と捉える生徒が34.1%と多く、「情報通信ネットワークとデータの活用」26.1%、「情報社会の問題解決」21.7%が続いた。その一方、理解度(低)群では、表14で示す「情報社会の問題解決」が36.4%と最も高く、「特になし」が30.3%を占め、「情報通信ネットワークとデータの活用」15.2%と「コンピュータとプログラミング」12.1%は比較的低い結果となった。

これらの結果から、理解度(高)群はプログラミングや情報通信ネットワークなどの技術的領域に有用性を見

出しやすく、学習内容の成果や習得感が得られた経験が価値認識につながっていると考えられる。これらの領域では操作や演習を通じて学びが具体化されやすく、学習活動が直接的な成果として実感されることが有用感の形成を支えている可能性が高い。

その一方、理解度(低)群では社会的な内容に価値を見いだす傾向がみられ、日常生活や社会課題との結びつきから有用感を得やすいと考えられる。また、「特になし」と回答した割合が高かったことから、学習内容の価値を十分に見出せていない生徒が一定数存在することも示された。特に、技術的内容については、知識や操作の理解が十分でない段階では有用性を感じにくく、価値づけが形成されにくい状況にあると推察される。

以上より、学習の理解度によって有用感の形成に差異がみられ、技術領域の学習価値が十分に伝わっていない生徒には、授業内での達成経験や身近な応用例の提示など、価値の理解を促す支援が求められる。

表 13 理解度(高)群の有用感(n=138)

情報社会の問題解決	30(21.7%)
コミュニケーションと情報デザイン	10(7.2%)
コンピュータとプログラミング	47(34.1%)
情報通信ネットワークとデータの活用	36(26.1%)
特になし	15(10.9%)

表 14 理解度(低)群の有用感(n=33)

情報社会の問題解決	12(36.4%)
コミュニケーションと情報デザイン	2(6.1%)
コンピュータとプログラミング	4(12.1%)
情報通信ネットワークとデータの活用	5(15.2%)
特になし	10(30.3%)

### 3.7 理解度と得点しやすさとの関係

理解度(高)群では、表 15 で示す「コンピュータとプログラミング」を得点しやすいと回答した生徒が 48.6%と最も多く、「情報社会の問題解決」が 23.9%で続いた。その一方で、「コミュニケーションと情報デザイン」は 5.8%と低く、評価場面では技術領域に強みを持つ生徒が多いことが示された。これに対し、理解度(低)群では、表 16 で示す「コンピュータとプログラミング」が 30.3%と最も多かったものの、理解度(高)群より比率が低く、「コミュニケーションと情報デザイン」21.2%や「情報社会の問題解決」24.2%が、比較的高い割合を示した。さらに、「特になし」が 18.2%と理解度(高)群より高かったことから、評価場面での得意領域を把握できていない生徒が一定数存在していると考えられる。

以上の結果より、理解の深さによって「得点しやすい」と感じる内容が異なる傾向が確認された。理解度(高)群では「コンピュータとプログラミング」領域が得点につながりやすく、学習内容の定着が評価に反映されると解釈できる。プログラミングは段階的な演習や操作によって理解が強化される領域であるため、学習経験が得点感覚に直結しやすい点が影響していると考えられる。その一方、理解度(低)群では社会的な内容や情報

デザイン領域を得点しやすと感じており、日常的な文脈につなげて理解しやすい領域が、学習内容が十分に定着していない場合にも対応しやすくと捉えられる可能性がある。ただし、得点しやすい領域を特定できない生徒が一定割合存在することから、評価形式への不安や学習方略の不足が背景にあることも考えられる。

これらを踏まえると、学習支援においては、理解度に応じて評価場面での見通しを持てるよう、サンプル問題などを提示した問題形式や思考過程を可視化する解法の示例、練習機会の確保などを通じて「得点できる経験」を積み重ねることが必要である。

表 15 理解度(高)群の得点しやすさ(n=138)

情報社会の問題解決	33(23.9%)
コミュニケーションと情報デザイン	8(5.8%)
コンピュータとプログラミング	67(48.6%)
情報通信ネットワークとデータの活用	16(11.6%)
特になし	14(10.1%)

表 16 理解度(低)群の得点しやすさ(n=33)

情報社会の問題解決	8(24.2%)
コミュニケーションと情報デザイン	7(21.2%)
コンピュータとプログラミング	10(30.3%)
情報通信ネットワークとデータの活用	2(6.1%)
特になし	6(18.2%)

### 3.8 自由記述

自由記述の結果から、まず、演習機会の多さやPCを用いた実践により理解が深まり、誤答経験を通じて模試得点の向上を実感したという肯定的な意見がみられた。その一方で、専門用語や略語の多さ、前提知識の不足、授業スピードの速さにより、理解が追いつきにくい場面があったとの指摘も得られた。とりわけ抽象度の高い概念については「現実感を持ちにくい」との声があり、用語理解や概念把握におけるつまずきが示唆された。

また、共通テストに関しては、知識問題の比重や難易度の不透明さ、過去問が十分でないことなど、評価に対する見通しの持ちにくさが不安要因として挙げられた。さらに、教材や説明方法について、用語集の索引化や改行による読みやすさ向上、表記の共通テスト準拠、説明における曖昧性の排除など、具体的な改善提案が示された。加えて、プログラミング学習については、中学校段階からの体系的な実施が望ましいとの意見がみられ、学習開始時期に関する示唆も得られた。

以上を踏まえると、授業設計においては、語彙や前提知識の段階的提示、抽象概念の具体例による補助、学習ペースに応じた説明の調整に加え、評価の見通しを高める情報提供(出題形式の提示、表記の統一など)を組み合わせることが、理解支援と不安軽減の双方に役立つことが示唆される。

<p><b>授業で役に立ったところ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・いろいろな演習問題をくれたおかげで身になりやすかったです。</li> <li>・プログラミングを実際のPCで体験できたこと。</li> <li>・問題演習が適度にあった集中して取り組めた。</li> <li>・なんやかんやで模試の点数が上がっていった。プログラミングがほぼ0点からほぼ満点までいったところ。</li> <li>・あくまで共テ範囲内の情報だけど授業内だけでとても面白く学習することができました。</li> <li>・実際にパソコンでプログラミング問題を解いたことで間違いも記憶に残りやすく、はじめは苦手だったが気づけば得意になっていた。</li> <li>・ネットワークなどの細かい領域の単語を一連を通して勉強できた。</li> <li>・スクリーン授業が分かりやすく、説明もとても分かりやすく授業だけですべて理解できた。</li> </ul>
<p><b>授業で困ったところ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・単語を覚えるのが難しい。</li> <li>・単語をもう少し砕いていただければ理解できないことが多いです。</li> <li>・わからない用語をわからない言葉で説明されても我々にはわからない。</li> <li>・前提となる知識がなくて理解しにくいところがあった。</li> <li>・略語が多く出るのでそれを整理できないとついていくのが難しい。</li> <li>・授業スピードが早すぎて紙で追いつかない。</li> <li>・データ通信とかが概念過ぎて reality がない。</li> </ul>
<p><b>共通テストに向けて不安なところ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・知識問題が課題となるので詰めていきたい。</li> <li>・問題のレベルが読めない。</li> <li>・知識問題の比重が大きいのかが心配。</li> <li>・過去問がなく不安です。</li> <li>・模試と本番との差。</li> </ul>
<p><b>その他</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・用語集に索引が欲しい。</li> <li>・用語集は、各単語の間に改行があると読みやすくなると思いました。役立った。</li> <li>・授業の雰囲気がよく楽しかったです。</li> <li>・プログラミングは、中学のうちにちゃんとやっておいたほうがいい。</li> <li>・共テ言語表記だけをやってほしい。</li> <li>・多少正確性を排しても、説明で言い切っていた方がありがたかったです。</li> </ul>

用」における難所などが確認された。なお、本考察の限界として、自己評価による主観的データに依拠した点、単一校、3年次という時数制約が挙げられる。今後は、複数校の比較や客観的到達度データを活用するなどして、学習過程と成果の対応関係について分析したい。

#### 参考文献

- (1) 一般社団法人国立大学協会: [https://www.janu.jp/wp/wp-content/uploads/2022/01/20210128\\_news\\_001.pdf](https://www.janu.jp/wp/wp-content/uploads/2022/01/20210128_news_001.pdf), (2025年11月11日閲覧)。
- (2) 文部科学省:「高等学校学習指導要領(平成30年告示)」, 東山書房(2018年)。
- (3) 赤澤紀子, 赤池英夫, 角田博保, 中山泰一: 2025年度大学入学共通テスト「情報」の各都道府県の受験状況について, 情報処理学会研究報告, No.6 pp.3-4(2025年)。
- (4) 独立行政法人大学入試センター: [https://www.dnc.ac.jp/kyotsu/suii/R3\\_.html](https://www.dnc.ac.jp/kyotsu/suii/R3_.html), (2025年11月11日閲覧)。
- (5) 文部科学省:「高等学校学習指導要領(平成21年告示)」, 東山書房(2009年)。
- (6) 井手広康: 情報のプログラミング教育に生成AIを利用することの是非, [https://www.zenkojoken.jp/wp-content/uploads/2025/08/2025\\_D-2\\_ide.pdf](https://www.zenkojoken.jp/wp-content/uploads/2025/08/2025_D-2_ide.pdf), (2025年11月11日閲覧)。
- (7) 小原格:「データの活用」問題解決学習の実践と課題, [https://www.zenkojoken.jp/wp-content/uploads/2025/08/2025\\_A-9\\_ohara.pdf](https://www.zenkojoken.jp/wp-content/uploads/2025/08/2025_A-9_ohara.pdf), (2025年11月11日閲覧)。
- (8) 稲垣俊介: 大学入学共通テスト「情報」における「プログラミング」の分野に則した授業の検討, 情報教育シンポジウム論文集, pp.71-78(2024)。
- (9) 稲垣俊介: 大学入学共通テスト「情報」における「データの活用」の分野に則した授業の検討, 情報教育シンポジウム論文集, 情報教育シンポジウム論文集, pp.59-66(2023)。
- (10) 林宏樹, 渡辺博芳, 笹嶋宗彦: 情報I「データの活用」における複数校による授業実践に基づいた評価基準の提案, 情報教育シンポジウム論文集, pp.63-70(2024)。

(2025年11月11日 受付)  
(2026年2月9日 採録)

#### 4. おわりに

本考察は、T高校3年生を対象とする「情報」授業について、対象生徒による自己評価に基づくアンケートと自由記述を分析し、学習者の取り組み、理解と領域認識の関係を考察した。多数の生徒が授業内で一定の理解に到達し、とりわけ「コンピュータとプログラミング」では、「得意」、「有用」、「得点しやすい」との認識が高かった。その一方、語彙・前提知識・抽象概念に起因する理解困難や、「情報通信ネットワークとデータ活

# 中学生の空間図形問題の苦手についての一考察

## - 図形の「操作」に着目した調査 -

A Study on Junior High School Students' Difficulties with Spatial Geometry Problems:  
An Investigation Focusing on the "Manipulation" of Figures

館山慎介\*1・三村瑠郁\*1・福島耕平\*1

Email:shinsuke.tateyama01@gmail.com

\*1:北海道教育大学教職大学院

### 抄録

本研究では、中学生が苦手とする空間図形の操作の種類を明らかにすることを目的とし、空間図形の問題解決に必要な操作の分類項目の設定、及び分類に基づいて作成した調査試験と質問紙調査を実施した。調査試験の結果から、展開、切断・切除、構成の操作を必要とする問題の平均点が他の操作に比べて有意に低いことが明らかとなった。質問紙調査の結果からは、見取り図表現、切断・切除、構成の操作に対して苦手意識が高いことが明らかとなり、多くの生徒が空間図形を頭の中でイメージすることや、そのイメージを表現することに困難を抱えていることが示唆された。

◎Key Words 空間図形, 操作, 苦手意識, 分類, 中学校数学科

## 1. 研究の背景と目的

令和6年度の全国学力・学習状況調査<sup>(1)</sup>の結果によると、中学3年生における図形領域の問題の正答率は、数学科における他の領域と比較して低い結果となっている。その実態の調査や原因の考察、図形指導のあり方については古くから議論されている。

小野ら(2019)<sup>(2)</sup>は、空間図形の問題解決では、図形の特徴を捉えるために空間図形に対して、操作を行う必要があり、そこに困難を示す児童が多いことを指摘している。また、近藤ら(2019)<sup>(3)</sup>は、空間図形の問題解決において児童生徒が自ら空間図形の操作を施す機会をより充実させる必要があるとも指摘している。

このように、空間図形の問題解決において、図形の操作は必要不可欠なものであり、そこに困難を感じる生徒が多いことが示され、それぞれの操作に対する指導改善・授業実践は多く存在する。しかし、空間図形の具体的な操作の定義や、生徒が苦手とする操作の種類に偏りがあるかという視点での先行研究はあまり見られない。

熊倉ら(2000)<sup>(4)</sup>では、空間図形の理解の様相を捉えるための4つの観点と、そのうちの一つの「空間図形の操作能力」として、操作による分解と構成の2つを設定している。さらに、具体的な操作として、見取り図表現、展開、運動(回転、平行移動)、切断、投影が挙げられている。例えば切断では、空間図形を切断すること(分解)と、切断面から空間図形を想起すること(構成)の2つは異なる観点とされている。

この研究では、分解と構成という2つの操作能力の観点で苦手調査が実施されている。この分類では、切断の操作が得意で、展開の操作を苦手とする生徒を見分けることができない。そのため、本研究では分解と構成の2つの観点ではなく、見取り図表現や展開、切断などの具体的な操作別で中学生の苦手に偏りが見られるかを

分析するため、操作の分類項目を再設定する必要があると考えた。

本研究の目的は、空間図形の問題解決に必要な具体的な操作の種類を設定し、どの操作に中学生の苦手が集中しているかを明らかにすることである。

本研究は、熊倉ら(2000)<sup>(4)</sup>の設定した、空間図形の分解と構成という観点と5つの操作をもとに、問題解決に必要な操作に着目して8種類に分類した。また、その項目に基づいて作成した、調査試験および質問紙調査を通して、中学生が苦手とする操作に偏りがあるかを分析した。

## 2. 研究の方法

### 2.1 操作の分類

熊倉ら(2000)<sup>(4)</sup>は、空間図形の操作に対して、見取り図表現、展開、運動(回転、平行移動)、切断、投影の5つの操作を示しているが、面や辺の延長などに関しては、操作ではなく、直線や平面に関する理解としている。しかし、これは操作として捉えるべきと考え、「延長」の操作を追加した。

また、熊倉らのいう運動(回転、平行移動)には、対称移動などが含まれていないため、新たに「回転」と「移動」に分けた。

さらに、中学校1年で使用されている現行7社の教科書を調査したところ、複数の図形を合体させる問題も見られたため、「構成」を付け加えた。各操作の詳細は以下の通りである。

A 見取り図表現:主に空間図形を斜めから見下ろした様子を平面に表現した見取り図をもとに思考するという操作を指す。この分類には、見取り図内のある2点間を図形の表面を通して結ぶ最短距離を求める問題や、図形に含まれる頂点や辺の個数を数え上げる操作を含める。

B 展開：空間図形の情報をもとに、それを平面に切り開くという立体から平面の動きと、展開図を組み立てて空間図形として考えるという平面から立体の動きの両方を含めて、B 展開とした。

C 回転と D 移動：熊倉ら(2000)<sup>(4)</sup>は運動という操作を「平面図形を、ある直線の周りに回転したり、ある方向に平行に動かしたりして、空間図形を構成したり、逆に空間図形がどのように構成されているかを分析する能力である」と、回転と平行移動を同じ運動という操作にまとめて設定している。しかし、本研究では回転と平行移動を性質の違いから別の分類項目とした。ある直線を軸として対象の向きを変化させる操作を C 回転という独立した分類項目とし、向きを変化させずに位置を変化させる平行移動は、視点や対象の移動とともに D 移動として設定した。

E 切断：図形を1つの平面で2つの図形に切断するという操作に加え、対象の図形の一部を取り除く操作の切除を追加し、E 切断・切除とした。これは、単に図形を分割する切断だけでなく、空間図形から複数の立方体や三角錐を取り除いて新たな図形を生成する問題も扱うことができるようにするためである。元となる図形からその一部を切り離す操作を含む分類とした。

F 投影：ある空間図形に対して、その投影図がどのようになるかを思考する操作と、投影図からもとの空間図形を想起する操作の両方を含める。

G 延長：辺や平面をその長さや領域を追加する方向に伸ばす操作のことを指す。この操作は図形に隠れた関係や性質を見出す上で必要になるため、新たに独立した項目として設定した。辺と辺、辺と平面の位置関係に関する問題が代表的である。

H 構成：ある図形から新たな一つの図形を作り上げる操作とした。ここには、複数の図形を合体させて新たに一つの大きな図形として捉える操作と、図形内の頂点や辺などを結んで、新たな図形を作り出すものが含まれる。図形を切断し、分解するだけでなく、図形を新たに構成する能力もまた、空間図形の問題解決において重要である。

したがって、本研究における操作は、A 見取り図表現、B 展開、C 回転、D 移動、E 切断・切除、F 投影、G 延長、H 構成の8つ(以下「操作8種」とする。)を設定した。

## 2.2 対象者と実施時期

本研究では、中学1年生における単元「空間図形」を既習とする生徒を対象に調査を行うため、北海道内の公立中学校に在籍する2年生(150名)と3年生(164名)の合計314名を対象とした。2025年7月に通常の授業の時間で、調査試験(35分間)と質問紙調査(10分)を実施した。

なお、本研究は北海道教育大学の研究倫理審査(北教大研倫 2025071004)を受けて実施した。

## 2.3 調査方法

調査試験では、それぞれの操作を問題解決に使用する設問を1問ずつ出題した。空間図形の問題においては、見取り図を使用するほとんどの問題が、同時に他の

操作も必要としていることを考慮して、A 見取り図表現を除いたB~Hの7種類の操作を必要とする問題を出題した。

問題は中学1年生の数学の教科書<sup>(6)~(12)</sup>に掲載されているものから、それぞれ1問ずつ引用して、全7問(各10点、部分点なし)の試験とした。設問ごとの得点に対して、操作の種類を要因として参加者間一要因分散分析を行い、平均点に有意差があるかを検証した。分析にはExcel 統計分析ソフトのHADを使用した。

また、質問紙を用いて、中学生の空間図形問題に対する苦手意識を調査した。本研究で設定した操作8種のそれぞれに対する苦手意識を把握するために、質問項目は「空間図形の問題のうち、移動させるものが苦手だ」というように、各操作に対して具体的に設定した。回答方法は4件法(4点：よく当てはまる、3点：やや当てはまる、2点：やや当てはまらない、1点：全く当てはまらない)とした。

質問紙調査とともに、生徒の空間図形に対する具体的な苦手意識を知るために、操作8種に関する自由記述による回答も求めた。

## 3. 結果

### 3.1 調査試験

問題の正答率に差があるかを検証するために操作の種類を独立変数、試験の点数を従属変数とした参加者間一要因分散分析を行った。操作の種類の主効果が有意だったので( $F(6, 2191) = 68.97, p < .001$ )、Holm法による多重比較を行った。結果を表1、表2に示す。

表1 各問題のMeanとSD, F値

操作の種類	Mean	SD
B	1.98	3.99
C	6.31	4.83
D	6.75	4.69
E	1.69	3.75
F	5.96	4.92
G	6.43	4.80
H	4.65	5.00
F値	68.97**	

\*\* $p < .001$

n=314

表2 調査試験の得点の多重比較結果(Holm法)

水準の組み合わせ	調整p値	判定
B - C	.000	**
B - D	.000	**
B - E	<i>ns</i>	
B - F	.000	**
B - G	.000	**
B - H	.000	**
C - D	<i>ns</i>	
C - E	.000	**
C - F	<i>ns</i>	
C - G	<i>ns</i>	

C - H	.000	**
D - E	.000	**
D - F	<i>ns</i>	
D - G	<i>ns</i>	
D - H	.000	**
E - F	.000	**
E - G	.000	**
E - H	.000	**
F - G	<i>ns</i>	
F - H	.000	**
G - H	.000	**

n=314

Holm法による多重比較の結果、空間図形の操作は「C・D・F・G群」「H群」「B・E群」の3群に大別され、3群の間には1%水準での有意差が見られた。

## 3.2 質問紙調査

質問紙調査の得点に差があるかを検証するために操作の種類を独立変数、質問紙の回答を従属変数とした参加者間一要因分散分析を行った。結果を表3に示す。

表3 質問紙の結果のMeanとSD, F値

質問項目	Mean	SD
A	2.621	0.952
B	2.487	0.989
C	2.325	0.997
D	2.411	0.998
E	2.605	0.934
F	2.567	0.987
G	2.465	1.018
H	2.666	1.017
F値	4.371**	

\*\* $p < .001$ 

n=314

操作の種類の主効果が有意だったので ( $F(7, 2504) = 4.371, p < .001$ ), Holm法による多重比較を行った。Holm法による多重比較の結果、以下の通りの結果となった。

1%水準で有意差が見られた組み合わせ

- 水準A - C(調整 $p$ 値 = .005)
- 水準C - E(調整 $p$ 値 = .010)
- 水準C - H(調整 $p$ 値 = .000)

5%水準で有意差が見られた組み合わせ

- 水準D - H(調整 $p$ 値 = .031)

有意差が見られなかった組み合わせ

- その他全て

Holm法による多重比較の結果、質問紙調査の得点による群分けは困難であった。

## 3.3 自由記述

自由記述の回答を記述内容に沿ってカテゴリーに分類した。回答数が多かった3つのカテゴリーを以下に

示す。一部の回答例は、内容の意味が変わらないように、生徒の回答の誤字脱字等を第一著者が校閲したものである。また、生徒の回答には無回答やカテゴリーに含まれないものもあった。

### 3.3.1 カテゴリー1：イメージすることの困難さ

頭の中で空間図形を操作(回転、移動、切断など)することや、2次元の図と3次元の空間図形を相互に変換することに困難を感じる回答が最も多く見られた(回答数:152)。

回答例:

○頭の中でうまく図形をイメージすることができない。  
○図形が切断されている問題で、どこが切られているのかわからなくなる。○実際には回転させていないのに回転させるとどうなると問われても難しい。○どこに面があるのかをプリントを見ただけでイメージするのが難しい。

### 3.3.2 カテゴリー2：数学的知識・技能の不足

公式や用語を覚えていないことや誤用してしまうこと、問題解決過程を理解していないこと、計算間違いなどの、問題を解くために必要となる数学的な知識や技能が不足していることを指摘するものが多かった(回答数:53)。

回答例:

○頭の中でどの公式を使ったらいいかわからなくなる。  
○見取り図が何か分からなかった。○見取り図、投影図、展開図が何かと言われてすぐ答えられる程、記憶に定着していない。

### 3.3.3 カテゴリー3：作図・表現能力の課題

頭の中で空間図形の形をイメージできても、それを正確に紙面に描き起こす方法を知らない、もしくはできないことに困難を感じていた(回答数:15)。

回答例:

○図に書きおこそうとしてもわからなくなる○絵を描くのが苦手。○空間図形をイメージするところまではできるが、そこから展開図をかくのが苦手。

## 4. 考察

### 4.1 調査試験

多重比較の結果、空間図形の操作は「C・D・F・G群」「H群」「B・E群」の3群に大別され、3群の間には1%水準で有意差が見られた。

調査した7種の操作の中でH構成に関する問題の得点が低く、さらにB展開とE切断・切除に関する問題の得点がより低いことが明らかとなった。

H構成に関する問題の得点が低い理由の一つとして、図形の性質や公式の理解が不十分であるため、問題解決に必要な情報の収集が難しくなっていることが考えられる。今回の調査試験では、半球と円柱が合体している図形の体積を求める問題を出題した(図1)。

図1では半球の半径が3cmで、円柱の高さが4cmであることが提示されている。円柱部分の底面に半径の長さが示されていないため、柱体の体積は(底面積)×

(高さ)で求めるという公式のみを覚えている生徒にとっては、底面積を求めるための情報が不足しているように見える。そのため、問題解決に困難を覚えることが考えられる。柱体の上面と底面は合同であるという図形の性質を根拠に、円柱の底面の円の半径も3cmであることを判断する必要があり、図形に対する知識が不足していることが正答率の低さの原因の一つであると考えられる。

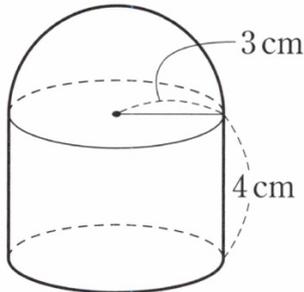


図1 H構成の操作に関する問題の図<sup>⑥</sup>

B展開の操作を必要とする問題として出題したものは、立方体の2つの頂点間を結ぶ表面上の最短経路を、展開図に書き込むものであった(図2)。立方体の点Dから点Fにかけて、辺BCを通るようにひもをつなげる。ひもが最も短くなる時の、ひもの通る線を展開図に書き込む問題である。見取り図と展開図の2つの対応を捉え、空間図形を切り開く、もしくは展開図を組み立てるというB展開の操作を必要とする。見取り図との対応関係を考え、展開図上の未記入の頂点に名称を記入して解答する生徒が多く見られた。

これは、本問において重要となる点B・C・D・Fの位置関係を正確に把握しようとしたためと考えられる。与えられた展開図が、どの辺で切り開いたものかを捉え、見取り図と見比べながら、その図形の開閉の動きをイメージすることで、見取り図に示された各頂点が展開図のどこに対応するかを判断することができる。

そこで、問題の正誤と図への正しい書き込みがあるか否かの関係を調査した(表4)。

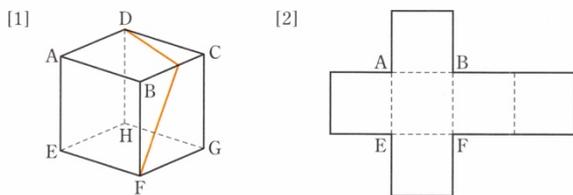


図2 B展開の操作に関する問題の図<sup>⑦</sup>

表4 問題の正誤と図への書き込みの関係(人)

		図への書き込み	
		あり	なし
正誤	○	56	6
	×	168	84

n=314

図への書き込みの「あり」「なし」については、正し

い書き込みをした生徒のみをカウントし、書き込みをしていても誤ったものは「なし」でカウントした。また、一部のみの書き込みであっても内容が正しいものであれば「あり」でカウントした。

問題に正解した生徒のうち、図への正しい書き込みがあった生徒の割合は90.3%であった。図への正しい書き込みがあった生徒のうち、問題に正解していた生徒の割合は25.0%であった。また、図への正しい書き込みがない生徒のうち、問題に不正解であった生徒の割合は93.3%という結果となった。

このことから、図への書き込みは正解するための十分条件ではないが、正解者の9割以上が書き込みを行っていることから、正解するための重要な前提条件であると考えられる。

対応する各頂点の名称を展開図にも記入することで、立方体の表面を通る線分が、展開図のどの正方形の中を通過しているかという位置関係を把握しやすくなり、問題の正解につながると言える。

一方で、不足している頂点や面の情報を正しく書き込んでいないにも関わらず、誤答している例として最も多かったのは、展開図上の点Dから点Fを直接結んだものであった。「ひもが辺BCを通る」という条件を見逃していたためだと考えられ、これは数学の問題を解く技能の不足であると推察される。

図への書き込みもなく、問題にも不正解であった生徒は、B展開の操作の動きが想像できていない可能性がある。B展開の操作には、空間図形を切り開いて展開図にする動きと、逆に展開図を閉じて空間図形を作るという動きの2種類のイメージがある。少なくとも一方の動きをイメージすることができれば、立方体と展開図の対応する頂点を探することができるため、今回の問題の図への書き込みができると考えられる。したがって、図への正しい書き込みがない生徒は、両方をイメージする能力が不足しており、B展開の操作が苦手であると推察される。

E切断・切除の操作を必要とする問題として出題したのは、球の中心Oを通る平面Pで切った半球があり、さらにOを通り平面Pに垂直な2つの平面で切り取って、図のような立体を作り、その表面積を求める問題であった。つまり、球を8等分に切断したときの表面積を求める問題である(図3)。

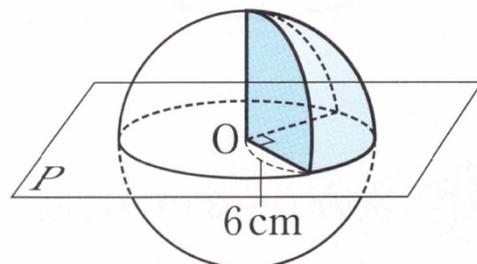


図3 E切断・切除の操作に関する問題の図<sup>⑧</sup>

本問題においては、断面となる扇形の面積を足し忘れることによる誤答が多く見られた。これは単なる計算過程での不注意とも解釈できるが、より本質的には、

切断という操作によってより高度な思考が求められることに起因していると考えられる。空間図形の体積の計算が、対象が占める空間的な大きさを求める比較的平易な操作であるのに対し、表面積の計算は、切断によって図形内部に生じた断面の面積を新たに計算し、加算しなければならない。元来、存在しなかった面を視覚化するだけでなく、その面積計算までもが追加で要求されるという点において、表面積を求めることは体積を求めることと比較して、より高度な処理能力を要すると考えられる。

このE切断・切除は、調査した7種の操作の中でも生徒の理解が最も難しい操作能力であり、この操作に対する指導が空間図形に対する苦手意識の軽減につながる可能性がある。

## 4.2 質問紙調査

Holm法による多重比較の結果、質問紙調査の得点による群分けは困難であったため、表3に示す結果に基づいて考察を行う。

質問紙の結果、回答の平均点が高いH構成、A見取り図表現、E切断・切除の操作を必要とする問題に対して、苦手意識を持つ生徒が多いことが明らかとなった。

H構成とE切断・切除の操作を必要とする問題は、主に応用問題や章末問題に登場している。この2種類の操作を必要とする問題は、問題解決に複数の図形に関する知識と、それらを同時に思考・計算する技能が必要であるため、比較的難易度が高い。そのため、苦手と感じている生徒が多いと考えられる。

注目すべきは、A見取り図表現の操作に対する質問の平均点が操作8種の中で2番目に高かったことだ。空間図形の問題は図形を扱う性質上、見取り図が提示される問題が多い。その見取り図に関する問題が苦手であると解答した生徒は、そもそも図形領域の問題が苦手であるという意識を持っている可能性がある。空間図形問題を解くために前提となる平面図形の知識や技能が十分に習得できていないことも、苦手意識を持っている原因の一つである可能性もある。

一方で、C回転の操作に対する質問項目の点数が最も低く、他の操作と比較して、苦手意識が少ない結果となった。空間図形の学習において、円柱や円錐などの回転体が多く登場するため、生徒は回転という操作に慣れている可能性がある。そのため、点数が低い結果となったと考えられる。

## 4.3 自由記述

### 4.3.1 カテゴリー1：イメージすることの困難さ

自由記述からは、多くの生徒が頭の中で空間図形をイメージすることに困難を抱えていることが明らかになった。3次元の空間図形は、教科書の紙面上に正確に表現することはできないという、2次元の平面図形とは大きく異なる性質を持つ。そのため、生徒が空間図形を自身の手で直接触れることができず、空間図形の形をイメージすることに困難を覚えているのではないかと考えられる。

実際の回答においては「イメージすることが苦手」と

いう記述が最も多く見られ、空間図形の視覚的・触覚的な情報の不足が、空間図形のイメージを苦手と感じる要因となっていることが推察される。

### 4.3.2 カテゴリー2：数学的知識・技能の不足

知識・技能の不足の原因の一つとして、空間図形の学習の期間が限られることが挙げられる。現行の学習指導要領<sup>6)</sup>に示されているカリキュラムでは、中学1年生における単元「空間図形」を終えると、その次に空間図形を扱うのは中学3年生における単元「図形の相似」のうち、「相似な図形の相似比と面積比及び体積比の関係」である。つまり、中学2年生において空間図形を扱う単元が存在していない。中学1年生で空間図形を学習してからの時間経過によって、図形分野に登場する用語や公式、計算の方法などを忘れてしまうのではないかと推察される。

### 4.3.3 カテゴリー3：作図・表現能力の課題

空間図形のイメージを頭の中でできた場合でも、それを自分の解答の中にどう表現したらいいのか分からずに問題に正解できない場合があることが示唆された。思い浮かんだ3次元のイメージを、2次元の図に対応させることができないことも苦手と感じる原因の一つにもなっていると捉えられる。

## 5. まとめ

本研究では、空間図形の操作の分類の設定と、その分類に基づいて実施した調査試験および質問紙調査の分析から、操作の種類によって生徒の苦手な偏りが見られるかを調査した。今回の成果として、以下の3点が挙げられる。

- 試験調査の分析から、B展開、E切断・切除、H構成の操作を必要とする問題の正答率が低いことが明らかになった。
- 質問紙調査によって、生徒はA見取り図表現、E切断・切除、H構成の操作に、苦手意識が高いことが示唆された。
- 自由記述の分析によって、頭の中で図形をイメージしたり、それを図に表現したりすることの困難さや、問題を解くための知識・技能の不足が、生徒の苦手意識の一因となっている可能性が示された。

しかし、本研究による分析のみで、空間図形の問題を苦手とする原因を、特定の操作によるものであると判断することには課題が残っている。

まず、調査試験でA見取り図表現の操作を必要とする問題が出題できていない。これは先述した通り、見取り図を使用するほとんどの問題に、同時に他の操作を必要とされているため、A見取り図表現の操作のみを必要とする問題を選定することが困難であったためである。

質問紙調査の結果から、A見取り図表現の操作に対する苦手意識を感じている生徒が多いことが確認されたため、今後はA見取り図表現という操作の設定の見直しと、生徒の正答率も含めた調査を実施したい。

また、今回は調査試験に使用する問題を2024年度時点で現行の検定済み教科書から引用したが、全7問の難易度が同等のものであるかの検証ができていない。問題の難易度の吟味を通して、より高い精度での調査を継続したい。

質問紙調査では「思い浮かんでも表現できない」という回答も一定数見られた。今後は、今回実施した調査試験の問題用紙や解答用紙から、式や計算の記述を分析し、解答過程の特徴を探る必要があると考える。

空間図形という3次元の図形は、教科書のみを使用して指導した場合は、生徒が理解するのは難しい単元である。生徒が空間図形に直接触れることは重要であるが、ICTを活用することで多角的に観察したり動かしたりする経験を授業の中で提供できると考える。

例えば、GeoGebraやAR(拡張現実)などの動的教材や3Dモデルを利用することである。空間図形を展開する・組み立てる動きや、空間図形を透過して断面や底面を観察することが容易になる。実際に空間図形の実物モデルの用意が難しい状況でも、生徒が学校内で使用できるICTを使うことで、生徒一人ひとりがより自由に、より多様な方法で図形に対して操作を行うことができる。このような経験は、中学生にとって空間図形への理解が深まる手段の1つであり、積極的に教材研究に励みたい分野である。

## 参考文献

- (1) 文部科学省：“令和6年度全国学力・学習状況調査報告書(中学校数学)”，p10，国立教育政策研究所(2024)。
- (2) 小野翔平，岡崎正和：“小学6年生の空間図形に対する論理的説明の様相に関する研究”，全国数学教育学会誌 数学教育学研究，25巻，2号，pp.37-53(2019)。
- (3) 近藤裕，熊倉啓之，國宗進，藤田太郎：“空間図形の理解に関する調査研究—小・中学生の見取図の理解に関して—”，奈良教育大学紀要，68巻，1号，pp.147-156(2019)。
- (4) 熊倉啓之，久保良宏，八田弘恵，國宗進：“空間図形の理解に関する研究”，数学教育論文発表会論文集，33巻，pp.319-324(2000)。
- (5) 文部科学省：“中学校学習指導要領(平成29年告示)解説：数学編”，pp.12-13，(2017)。
- (6) 池田敏和ほか47名：“中学校 数学1”，学校図書株式会社(2021)。
- (7) 岡本和夫ほか132名：“未来へひろがる数学1”，p209，啓林館株式会社(2021)。
- (8) 岡部恒治ほか41名：“日々の学びに数学的な見方・考え方をはたらかせる これからの数学1”，p222，p280，数研出版株式会社(2021)。
- (9) 藤井齊亮ほか95名：“新しい数学1”，東京書籍株式会社(2021)。
- (10) 相馬一彦ほか25名：“数学の世界1”，大日本図書株式会社(2021)。
- (11) 坂井裕ほか31名：“中学数学1”，教育出版株式会社(2021)。
- (12) 重松敬一ほか40名：“中学数学1”，日本文教出版株式会社(2021)。

(2025年11月29日 受付)

(2026年2月9日 採録)

# データサイエンス教育における生成 AI を活用した 主成分分析学習の一検討

## A Study on Learning Principal Component Analysis Using Generative AI in Data Science Education

堀 桂太郎\*1

Email: khori@kwjc.kobe-wu.ac.jp

\*1: 神戸女子短期大学 総合生活学科

## 抄録

本研究は、データサイエンス教育における主成分分析の初学者を対象とし、MS-Excel および生成 AI (ChatGPT) を用いた実践的学習方法を検討した。MS-Excel は、アドインソフトを活用することで比較的簡単に主成分分析の実行が可能だが、結果の解釈などには統計的知識と経験が求められる。そこで、生成 AI を用いた主成分分析の実行と結果の解釈によって学習をサポートする試みを報告する。また、生成 AI に対話的に質問することで、各主成分の意味づけや散布図の解釈、変数選択、因子負荷量と主成分得点の違いなどを学習者が学べることを確認した。対話的にやりとりすることで得られる生成 AI の回答は、分析過程や解釈の仕方を支援する点で有用であり、学習者が主体的に考察を深める助けとなるであろうことが確認できた。生成 AI の活用は、主成分分析のみならず、因子分析や数量化理論第 III 類など他の統計学習にも応用可能であるため、学習支援の有効性が期待できることを示した。

◎Key Words データサイエンス教育, 生成 AI, ChatGPT, 主成分分析, 多変量解析

### 1. はじめに

データサイエンス教育の重要性が認識され、例えば高校では、2003 年度から共通科目として教科「情報 A,B,C」が導入された。そして、2022 年度からは教科「情報 I」が必修となり、全ての生徒がプログラミングなどのデータサイエンスの基礎を学習することになった。2021 年度からは、高等専門学校や大学などを対象とした文部科学省による「数理・データサイエンス・AI 教育プログラム認定制度<sup>1)</sup>」が実施されている。また、生成 AI の教育利用に関する報告<sup>2)</sup>も活発になってきた。

データサイエンスとして扱う重要項目のひとつに、「データの分析」があり、各種の統計的手法について学習する。高校の「情報 I」<sup>3)</sup>では、各種の統計量、検定と区間推定、回帰分析などの基礎を学ぶ。さらに大学などでは、多変量解析として回帰分析<sup>4)</sup>や主成分分析<sup>5)</sup>を学ぶことが多い。多変量解析の理解には、データを用いた実習が有効である。例えば、広く使われている表計算ソフトウェアの MS-Excel (マイクロソフト社) には、重回帰分析を行う関数が用意されており、手軽に実習を行うことができる。しかし、MS-Excel には、主成分分析を実行する関数が備わっていない。主成分分析の実行に必要な固有値を求める関数もないため、MS-Excel で実習するためには工夫が必要となる。また、主成分分析の結果を考察し解釈するためには、分析者の知識や経験が必要となるため、初学者が単独で学習するのは容易でない。

本論では、MS-Excel を用いて主成分分析を学習する際の方法を整理する。また、生成 AI を用いた主成分分析の実行を試み、MS-Excel を用いた場合と比較する。

さらに、分析結果の考察や解釈の考え方について、生成 AI を活用し、学習者をサポートすることの有効性を検討する。

### 2. 多変量解析

多変量解析は、複数の変数を同時に扱い、それらの関係や構造を明らかにするための統計的手法である。データに含まれる多くの情報を効率よく整理し、要約・分類・予測などを行うことを目的とする。代表的な方法には、回帰分析、主成分分析、因子分析、判別分析、クラスター分析など<sup>6)</sup>がある。ここでは、データ関係の予測に用いる回帰分析及び、データ構造を把握する主成分分析について取り上げる。

#### 2.1 回帰分析の概要

回帰分析は、ある変数(目的変数)が他の変数(説明変数)とどのような関係にあるかを明らかにし、その関係式(回帰式)を求める手法である。つまり、データの中にある関係性をモデル化して、予測や要因分析を行う多変量解析である。説明変数が 1 つの場合を単回帰分析、2 つ以上の場合を重回帰分析という。MS-Excel には、単回帰分析の回帰式の係数を求める SLOPE 関数や回帰式の定数項を求める INTERCEPT 関数、直ちに単回帰分析を実行できる FORECAST.LINEAR 関数が備わっている。また、重回帰分析の回帰式の係数や定数項などを求める LIEST 関数、直ちに重回帰分析を実行できる TREND 関数が備わっている。さらに、マイクロソフト社が提供する標準のアドインソフトウェア「分析ツール」<sup>7)</sup>、「ソルバー」を用いれば、より便利に解析を実行できる。図 1 に、「分析ツール」のメニュー例を示す。

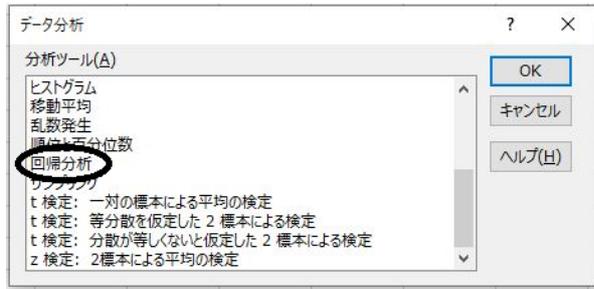


図1 MS-Excel「分析ツール」のメニュー例

## 2.2 主成分分析の概要

主成分分析は、多くの変量についての情報をなるべく損なわずに、少ない総合的指標（主成分）で代表させる手法であり、データの次元圧縮を意図した多変量解析である。主成分分析における主な計算は、固有値問題に帰着し、求めた係数ベクトルにより与えられる合成変量を大きな固有値に対応する順に、第1主成分、第2主成分、・・・とよぶ。異なる主成分の間に相関はなく、固有値の値は各合成変量の分散に対応する。また、いずれかの主成分を軸とした散布図を描き、データの特徴を考察し解釈することができる。しかし、この解釈については、正しく特性を見極められる定型的な方法があるとはいえず、分析者の力量・経験・扱うデータに関する知識などに依存することが大きいと考えられる。

## 2.3 主成分分析の計算

PCを用いて主成分分析を実行するには、下記のような方法がある。

### ①統計ソフトウェアを用いる方法

IBM SPSS Statistics<sup>7)</sup>などの専用ソフトウェアがある。高機能だが有料であることが多い。

### ②プログラミング言語を用いる方法

R言語の多変量解析系のオープンソースのパッケージなどを用いれば、フリーで実行できる。使用するプログラミング言語の知識などが必要になるため、プログラミングの初学者にはややハードルが高い。

### ③MS-Excelを用いる方法

一般にも広く使われている表計算ソフトウェアであり、初学者であっても使用しやすい。しかし、MS-Excelには、主成分分析を行う標準関数や標準アドインソフトウェアがない。2.1で述べた「分析ツール」にも、主成分分析は含まれていない。また、固有値を求める標準関数も備わっていないため、例えば以下の様な対応が必要となる。

- ・R言語やPython言語などで固有値と固有ベクトルを計算して、MS-Excelに取り込む。その後、標準関数を用いて、累積寄与率や因子負荷量などを計算する。難易度は上がるが、計算手順を学べる利点がある。

- ・MS-Excelに主成分分析が実行できるアドインソフトウェアを組み込んで使用する。初学者が手軽に利用しやすいのは、おそらくこの方法であると考えられる。ただし、アドインソフトウェアの著作権や使用条件には、十分に配慮する必要があることは言うまでもない。

## 3. 主成分分析の計算例

### 3.1 MS-Excelを用いた実行例

MS-Excelにアドインソフトウェアを組み込んで、主成分分析を実行した例を示す。アドインソフトウェアは、Mulcel2<sup>8)</sup>を使用した。また、分析に用いるデータは、松田稔樹ら監修の書籍「問題解決のためのデータサイエンス入門<sup>9)</sup>」において主成分分析の解説に使われている「カフェの特徴に関するデータ」とした。このデータは、表1に示すように、カフェ10店舗（A～J）の特徴を8項目について、1～5の5段階（5が最も高い当てはまりを示す）で評価している。

表1 カフェの特徴に関するデータ<sup>9)</sup>

店舗	繁華街にある	メニューが豊富である	店内照明は暗くしている	1名用の座席が多い	店内は静かである	ランチ時間は満席になる	テイクアウトするお客が多い	長時間滞在するお客が多い
A	5	5	4	5	4	5	5	2
B	2	5	5	3	5	3	2	5
C	3	5	4	4	3	5	4	3
D	5	4	1	5	3	5	5	2
E	1	2	3	1	3	2	1	4
F	3	4	1	3	2	4	4	2
G	2	1	1	1	1	1	4	1
H	2	3	3	2	2	4	3	4
I	4	3	4	4	3	5	4	3
J	2	3	5	3	4	3	3	4

表2に、8×8の相関行列を用いてMS-ExcelとMulcel2で固有値と累積寄与率を計算した結果を示す。表2は、引用した書籍<sup>9)</sup>の掲載値と一致した。この結果から、第2主成分までを用いれば、元のデータの88.1%の特徴を反映できることがわかる。さらに、因子負荷量を計算して、横軸を第1主成分、縦軸を第2主成分とした散布図を描くと図2のようになる。図2は、引用した書籍に記載されている散布図とほぼ一致しているが、

表2 カフェの特徴に関するデータの固有値など

主成分	固有値	累積寄与率(%)
1	4.03	50.4
2	3.02	88.1
3	0.39	93.0
4	0.31	96.8
5	0.19	99.2
6	0.04	99.8
7	0.02	100.0
8	0.00	100.0

若干のずれが生じている。これは、引用した書籍が因子負荷量を「固有ベクトル × 固有値の平方根」で計算しているのに対して、Mulcel2 では固有値の平方根を掛けずに「変数と主成分スコアの単純相関」を計算しているためだと考えられる。これらは、いずれもよく使用される計算法であるが、計算結果は一致しない。

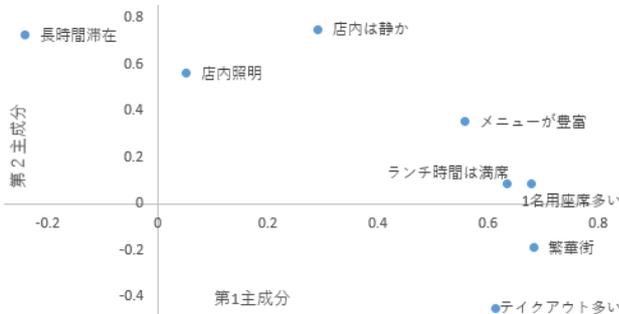


図2 カフェに関する主成分分析結果の散布図

### 3.2 生成 AI を用いた実行例

生成 AI (生成的人工知能) は、大量のデータを学習して新しい文章・画像・音声などを自動的に作り出す技術である。主な用途により、文章生成系、画像生成系、音声・動画生成系などに分類できる。文章生成系に分類される OpenAI 社が開発した ChatGPT<sup>(10)</sup> は、教育、ビジネス、プログラミング、研究、創作、カスタマーサポートなどの多様な分野で広く利用されている代表的な生成 AI ある。本論では、ChatGPT のバージョン 5 である ChatGPT5 を用いて主成分分析の実行などを試みた。

#### ①固有値、累積寄与率の算出

表 1 に示したカフェの特徴に関するデータを MS-Excel 形式のファイルで ChatGPT にアップロードし、プロンプトに「このデータの固有値と累積寄与率を教えてください。ただし、計算には相関行列を使ってください。」と入力すると、表 3 の回答があった。また、次の事柄が記されていた。

- ・第 1 主成分と第 2 主成分で全体の約 88.1% を説明できるため、2 次元での可視化・分析が有効です。
- ・第 3 主成分以降の寄与率は比較的小さく、情報量としては限定的です。

表 3 は、表 2 と一致している。ChatGPT には、固有値と累積寄与率を教えてくださいという指示だけであるが、主成分分析の導出過程と捉えて応答があったことは興味深い。その理由を質問したところ、相関行列を使うよう指示したことから、これが主成分分析の導出にかかわると判断したとの回答があった。

表 3 ChatGPT の回答 (固有値など)

主成分	固有値	寄与率	累積寄与率
第1主成分	4.0325	0.5041	0.5041
第2主成分	3.0152	0.3769	0.881
第3主成分	0.3932	0.0492	0.9301
第4主成分	0.3055	0.0382	0.9683
第5主成分	0.1894	0.0237	0.992

### ②散布図の作成

プロンプトに「この結果を用いて因子負荷量を計算し、横軸を第 1 主成分、縦軸を第 2 主成分とした散布図を描いてください。」と入力すると、散布図が表示されたが、項目名の日本語が四角形に文字化けしていた。「グラフの項目名が□になっていてわかりません。描きなおしてください。」と指示すると修正されたグラフが得られた。しかし、ChatGPT の計算環境は頻繁に変更されており、問い合わせのタイミングによっては、グラフに日本語を表示できないと回答されることがある。この場合は、英文字を用いるよう工夫するか、ChatGPT が出力してくれる日本語表示可能なグラフ描画用 Python ソースコードを利用するとよい。図 3 は、ChatGPT が出力した Python ソースコードを実行して描いた散布図であり、これは引用した書籍<sup>(9)</sup>に記載されている散布図と一致している。ChatGPT が因子負荷量を「固有ベクトル × 固有値の平方根」で計算していることが伺える。

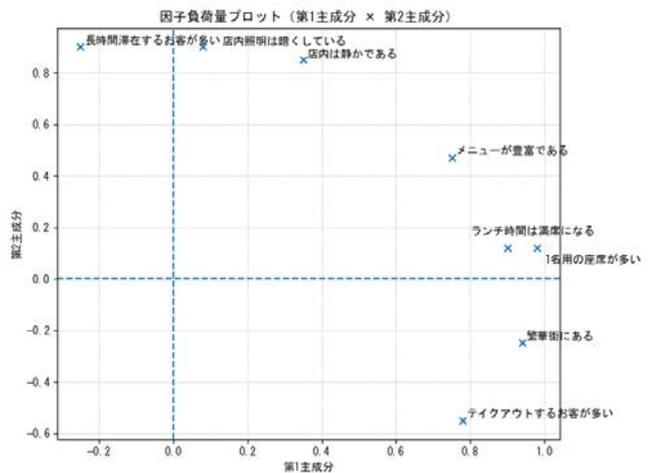


図3 ChatGPT の回答 (散布図)

## 4. 主成分分析結果の解釈

### 4.1 主成分分析結果の解釈例

主成分分析では、散布図を用いてデータの特徴を分析できる。この際、各主成分が元のデータのどのような特徴を反映しているのかを見極めることが重要になる。「問題解決のためのデータサイエンス入門<sup>(9)</sup>」では、図 2 に示したような散布図を元に「第 1 主成分は、繁華街にある、1 名の座席が多い、ランチ時間は満席になる、メニューが豊富である、テイクアウトする客が多い、の 5 項目の成分負荷量がプラスに高く、カフェの集客力に関する成分を表し、カフェの総合評価となる」と解釈している。また、「第 2 主成分は、長時間滞在するお客が多い、店内照明は暗くしている、店内は静かである、の 3 項目の成分負荷量がプラスに高く、カフェの居心地に関する成分だろうと解釈している。次に、第 1 主成分と第 2 主成分を用いて、10 店舗の散布図を描くと図 4 のようになる。図 4 は、Mulcel2 の計算結果を用いて MS-Excel で作成した。引用した書籍<sup>(9)</sup>では、図 2 の解釈を図 4 の散布図に対応

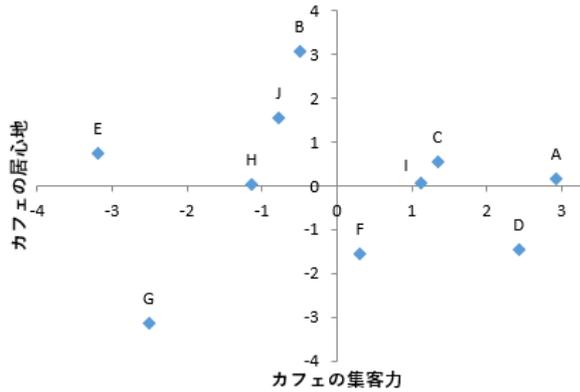


図4 店舗の散布図

させて、店舗Aはカフェの集客力が高く、お客の滞在時間は中間くらい、店舗Bはカフェの集客力の総合点は中間くらいだがカフェの居心地がよく、お客がゆっくりと過ごしている様子がわかる、と解釈している。

主成分分析を学ぶ初学者の場合は、例えばMS-Excelに組み込んだアドインソフトウェアでの処理結果、すなわち図2や図4を見ながら解釈を試みることになる。ただし、解釈の仕方は分析者に委ねられているため、主観や経験に依存するところが大きく、初学者が上述のような合理性のある解釈を見いだせるとは限らない。

#### 4.2 生成AIによる解釈例

ChatGPTから、表3の固有値と寄与率など及び、図3の散布図を得た後、プロンプトに「第1主成分と第2主成分はどのような指標を示していますか?」と入力すると、以下のような回答があった。

##### ・第1主成分 (約50.4%を説明)

「にぎやかさ・利便性」軸

因子負荷量からみると、次のような変数が大きな正の値を示している可能性があります。

「繁華街にある」、「メニューが豊富である」、「ランチ時間は満席になる」、「テイクアウトするお客が多い」これらはいずれも「人通りが多く、利用客の多いにぎやかな店舗環境」を表しており、第1主成分は「立地の良さ・にぎわい・商業性」を示す指標と考えられます。

##### ・第2主成分 (約37.7%を追加説明)

「静かさ・滞在性」軸

以下のような変数が高い値を持っていたと考えられます。

「店内は静かである」、「長時間滞在するお客が多い」、「店内照明は暗くしている」

これらは「落ち着いた雰囲気」や「長居できる快適さ」を表しており、第2主成分は「静けさ・リラックス度」を表す指標と解釈できます。

この回答を4.1で述べた解釈例と比較すると表4のようになる。これより、両者の解釈は概ね一致していると考えられる。

表4 解釈例とChatGPT回答

主成分	解釈例	ChatGPT
第1	集客力, 総合評価	立地の良さ, にぎわい, 商業性
第2	居心地	静けさ, リラックス度

プロンプトに「第1主成分と第2主成分を用いて、10店舗の散布図を描いてください。」と入力すると、図5の散布図が作成された。これは、MS-ExcelとMulcel2を用いて表示した図4とほぼ一致している。

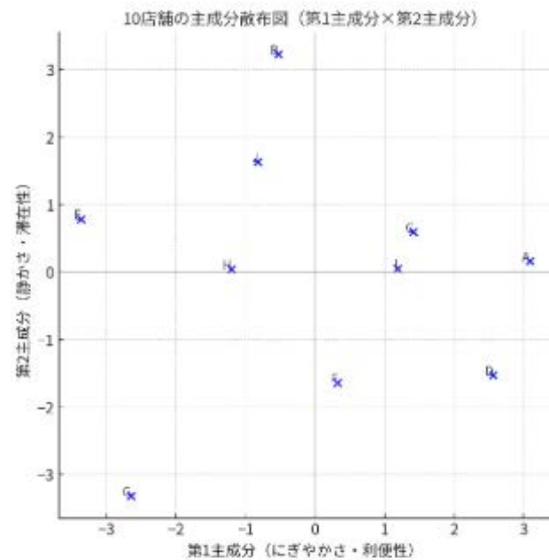


図5 店舗の散布図 (ChatGPT)

プロンプトに「この散布図から、店舗A、店舗Bはどのような特徴があると解釈できますか?」と入力すると、以下のような回答があった。

・店舗Aは「便利で人気がありながらも、落ち着いて過ごせるバランスの良い店」と考えられます。

たとえば、駅近くでアクセスがよく、明るい雰囲気だが騒がしくないカフェのようなタイプです。

・店舗Bは「立地的に不便で、にぎわいも少ない地味な店」という傾向が考えられます。たとえば、住宅地の中にあり、特定の常連だけが訪れるような小規模店舗のイメージです。

この解釈は4.1で述べた、「店舗Aはカフェの集客力が高く、お客滞在時間は中間くらい、店舗Bはカフェの集客力の総合点は中間くらいだがカフェの居心地がよく、お客がゆっくりと過ごしている様子がわかる。」と似ているが、ChatGPTの解釈にはより具体的な店舗のイメージが付加されている。

#### 4.3 初学者を想定した対話例

初学者が、散布図の解釈を行う場合を想定してChatGPTに質問を試みた。

<特徴項目の散布図(図4)の解釈>

・質問: 第1主成分は居心地のよさを示していると思

いますが、正しいですか？

・回答：はい、その解釈は妥当であり、正しい可能性が高いです。散布図で各店舗の特徴項目(変数)をプロットした際、第1主成分が「居心地のよさ」を示すと考えるのは、因子負荷量の内容からも統計的に裏づけられます。ただし、「長時間滞在するお客が多い」の値が低く、「テイクアウトするお客が多い」の値が高いなどがやや異なる傾向を持っている場合もあります。

表4に示した解釈例では「居心地のよさ」を第2主成分の指標と解釈しているが、ChatGPTは第1主成分を「居心地のよさ」とすることの妥当性を示している。

・質問：第2主成分はにぎわいの度合いを示していると思いますが、正しいですか？

・回答：第2主成分=にぎわいの度合いという解釈は、部分的には正しいですが、もう少し正確に言う次のように表すのが適切です。第2主成分に高い因子負荷量を持つ項目には、「店内は静かである」「長時間滞在するお客が多い」といった“静けさ・滞在のしやすさ”に関する変数が含まれていました。

・質問：店舗の特徴項目をプロットした散布図において、第3主成分はどのような指標だと解釈できますか？

・回答：第1主成分と第2主成分で全体の約88%の分散を説明しており、第3主成分はより細かい違い(残り約5%)を表していると考えられます。第3主成分は意味として店舗の利用形態・立地特性、説明される要素として、テイクアウト傾向・繁華街型かどうかと解釈できます。

<店舗の散布図(図5)の解釈>

・質問：店舗Gはどのような特徴を持っていると考えられますか？

・回答：店舗Gが左下(第1主成分・第2主成分ともに低い)にある場合として、「にぎやかで落ち着かず、短時間利用が中心の店」です。

・質問：各軸の中央付近にある店舗はどのような特徴を持っていると考えられますか？

・回答：「居心地・静けさ・人気度・にぎわい」など、どの面でも極端ではない、平均的でバランスの取れた一般的な店舗と考えられます。

<主成分分析に関する質問>

・質問：カフェの特徴に関するデータとして8項目を使用しましたが、削除したり追加したりした方がよい項目はありますか？

・回答：主成分分析の結果をどのように解釈するかは、使う変数の選び方に大きく影響します。削除候補(冗長な可能性がある項目)として、「店内照明は暗くしている」は「静かさ」とかなり相関があり、両方を入れると第2主成分に同じ影響を与えやすい。雰囲気照明でなく「BGMの有無」などで置き換えるのも一案。追加候補(より多面的な特徴を得たい場合)として、「Wi-Fi電源」「客層」「持ち帰り頻度」「スタッフの対応が丁寧」「価格が手ごろである」などを加える。

・質問：因子負荷量と主成分得点の違いを教えてください。

・回答：主成分分析を理解するうえで、因子負荷量と主成分得点の違いをしっかりと区別できると、結果の解釈

が格段に深まります。(途中省略)因子負荷量は、主成分を構成する変数の影響を表す。主成分得点は、各観測(店舗)の位置を表す。」

## 5. おわりに

MS-Excelを用いて主成分分析を学習する際の方法を整理し、生成AIを用いた主成分分析の実行を試みた。使い勝手のよいアドインソフトウェアを用いれば、MS-Excelを用いることで比較的簡単に主成分分析を実行できる。生成AIを用いた主成分分析の実行では、固有値や因子負荷量などを求める数学的な計算や散布図の描画などがとても簡単、かつ正確に実行できた。分析結果については、その解釈が一意に定まらないことが多いが、初学者であっても生成AIに質問をしながら対話的に考察を進められることを確認した。また、分析結果の解釈のみでなく、分析に用いたデータに関する考察や分析手法に関する質問についても、あたかも専門家にリアルタイムで指導を受けているような環境で学習することができると考えられる。AIの回答は、必ずしも正しいとは限らないことを認識した上で、AIをうまく活用すれば、主成分分析の初学者をサポートする有用なツールとして活用できる可能性が高いことを確認した。また、主成分分析だけでなく、いろいろな解釈ができる因子分析や数量化理論第III類<sup>11)</sup>などの他の統計手法などの学習サポートにも活用することが期待できる。

## 参考文献

- (1) 文部科学省：  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/suuri\\_datascience\\_ai/0001.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/suuri_datascience_ai/0001.htm), (2025.11.5).
- (2) 高橋麻衣子：“生成AI時代の教育の在り方を再考する”，CIEC コンピュータ&エデュケーション, Vol.55, pp.19-24 (2023).
- (3) 荻谷昌己：“高校情報I”，pp.104-118, 実教出版(2023).
- (4) 久米均, 飯塚悦功：“回帰分析”，pp.1-216, 岩波書店(1987).
- (5) 田中豊, 脇本和昌：“多変量統計解析法”，pp.53-99, 現代数学社(1983).
- (6) 柳井春夫, 高木廣文(編著者)：“多変量解析ハンドブック”，pp.126-242, 現代数学社(1986).
- (7) IBM SPSS Statistics：  
<https://www.samuraz.co.jp/spss/index.html>, (2025.11.5).
- (8) 柳井久江：“エクセル統計, 実用多変量解析編, 改訂第2版, 付属CD:Mulcel2”, pp.52-61, オーエムエス出版(2022).
- (9) 松田稔樹, 萩生田伸子(監修)：“問題解決のためのデータサイエンス入門”, pp.92-98, 実教出版(2021).
- (10) OpenAI：<https://openai.com/ja-JP/about/>, (2025.11.5).
- (11) 大村平：“評価と数量化のはなし”, pp.177-184, 日科技連(1983).

(2025年11月21日 受付)

(2026年1月15日 採録)

## 教材構造に基づく学習支援 AI エージェントのプロトタイプ開発

Title Development of a Prototype AI Learning Support Agent Based on Textbook Structure

徳竹 圭太郎\*<sup>1</sup>

Email: tokutake@toyo.jp

\*1: 東洋大学附属牛久高等学校

## 抄録

本研究では、教師が使用する教科書の内容構造に基づいて生徒の学習を支援する学習支援 AI エージェントのプロトタイプを開発した。本研究で開発したシステムの特徴は、①教材から概念・関係性およびパス構造を自動抽出し、ナレッジグラフとして構造化できること、②教師が抽出結果を容易に編集・調整できること、③構造化された教材内容に基づいた回答範囲の制約と、学習者の理解度に応じた段階的フィードバックを統合していること、④外部ツールから利用可能な API を備えることの 4 点である。開発したシステムの有用性を検討するため、教員による教材変換精度の評価と、生徒による使用感の評価、汎用 LLM との出力比較を実施した。その結果、教員評価からはナレッジグラフ生成において主要な概念・関係は教科書構造に沿って再現されること、生徒評価からは教材に基づく応答が学習支援として機能する可能性が示唆された。また、汎用 LLM との比較から、本研究で開発したシステムは学習者の部分的な正答を踏まえて不足点のみを補完するなど、足場かけ的な応答を生成することが確認された。

©Key Words 教材構造化, 生成 AI, 学習支援エージェント, システム開発

## 1. はじめに

文部科学省が示す学習指導要領<sup>(1)</sup>には、主体的・対話的で深い学びへの転換の必要性が示されている。こうした学びを実現するため、Branson (1990) は情報技術により実現された「エキスパートシステム」が提供する情報源に生徒自身がアクセスしながら理解を構成する学習形態を提案している<sup>(2)</sup>。近年では Chat GPT の登場を契機として、LLM (Large Language Model) をエキスパートシステムとして教育利用する研究が進みつつあり、Alfarwan (2025) は、小学校から高等学校を対象とした分析を通じて、LLM 活用が科学的説明文の構築力、批判的思考力、知識理解の向上に寄与したと報告している<sup>(3)</sup>。また、Lee ほか (2025) は、LLM を用いた学習が、学習者の自主性を向上させる可能性を指摘している<sup>(4)</sup>。

一方、2019 年の学習指導要領改定<sup>(5)</sup>および GIGA スクール構想<sup>(6)</sup>により、ICT を活用した個別最適な学びが推進されており、Su ほか (2023) は、個別最適な学習支援に対する LLM の有効性を示している<sup>(7)</sup>。しかし、LLM は広範な内部知識を有しており、教材の範囲を超えた情報を生成し、学習者の認知的負荷を高める懸念が指摘されている<sup>(4)</sup>。さらに、十分に調整されていない LLM は、学習文脈や生徒の理解度を考慮した応答が困難であるという課題も指摘されている<sup>(7)</sup>。

こうした問題を解消するためには、教師が学習活動の目的や学習者の特性に合わせて LLM を調整する必要がある。OpenAI の My GPT や Google の Gem では、教師がカスタムプロンプトを設定することで文脈調整を可能にしている。また、Cui ほか (2018) は、学習活動データから生徒の理解度を推定し、最適化されたフィードバックを生成する手法を報告している<sup>(8)</sup>。しかし、

これらのアプローチは機能が個別に存在しており、教材内容の範囲制御、理解度に応じた応答最適化、他ツールとの連携を包括的に実現する仕組みは十分に確立されていない。

これらの議論を踏まえ、教材構造に基づく回答範囲の制約と学習者理解に応じた適応的支援、さらに他システムとの連携性を併せ持つ学習支援 AI エージェントを構築することには一定の意義があると考えられる。

## 2. 先行研究

## 2.1 LLM の回答範囲の制約

Lewis ほか (2020) は、Retrieval-Augmented-Generation (以下、RAG) を提案し、外部コーパスから関連文章を検索して LLM に文書を生成させる枠組みを示している<sup>(9)</sup>。Li ほか (2025) は、教育領域における RAG 応用のレビューを行い、教材に基づく回答生成がハルシネーションの抑制に寄与することを指摘している<sup>(10)</sup>。また、Lang ほか (2025) は、RAG を用いたチャットボットを使用した学生の約 87% が学習体験に対して肯定的な評価をしており、教材ベースの回答が満足度・有用感を押し上げたと結論付けている<sup>(11)</sup>。

## 2.2 ナレッジグラフを用いた RAG の有用性

Dong ほか (2025) は、通常の RAG が概念関係の保持や文脈整合が不十分になりやすいという課題に対して、講義資料から概念関係を抽出して構造化されたナレッジグラフを併用した検索・生成により、応答の完全性・精度を維持するナレッジグラフ強化型 RAG を提案している<sup>(12)</sup>。

## 2.3 プロンプトの分類と内容理解度の関係性

徳竹ほか (2025) は、社会科歴史分野の授業において、LLM を用いてコンセプトマップを作成する学習活動の中で、生徒が LLM に入力したプロンプトを分類し、学

習内容の理解度との関係进行分析している<sup>(13)</sup>。その結果、理解度の高い生徒ほど単一事象の解説要求を多用し、理解度の低い生徒ほど自身の認識の確認要求を用いる傾向が示されており、プロンプトの特徴が理解段階を反映することが確認されている。

#### 2.4 認知的徒弟制に基づくフィードバック方略

認知的徒弟制は、Collins ほか (1989) が提唱した学習理論であり、熟達者の思考過程を可視化し、学習者がそれを観察・模倣しながら徐々に自立的に課題を遂行できるように支援する枠組みである<sup>(14)</sup>。認知的徒弟制を踏まえた学習支援システムとしては、Aleven ほか (2016) が開発した学習者の解答に応じて段階的にヒントを提示するスキヤフォールディング構造を実装した SMART Tutor<sup>(15)</sup>や、Graesser ほか (2005) が開発した自然言語対話を通じて概念理解を促し、学習者の応答に基づく即時フィードバックを行う Auto Tutor<sup>(16)</sup>などがある。これらは共通して学習者の理解をシステムが追跡し、その進捗に応じて、支援の方略や介入強度を調整する動的なフィードバック機構を備えている点で一致している。

### 3. システムの設計

#### 3.1 本研究の目的

本研究の目的は、教師が用意する教材の内容構造を基盤として、回答範囲の制約と学習者の理解度に応じた最適化を同時に実現する学習支援 AI エージェントのプロトタイプを開発することにある。これを実現するため、教材の内容構造を抽出・編集するシステムと、その構造に基づいて応答を生成する AI エージェントを構築し、教材変換の精度および生徒による主観的評価を通じてその有用性を検討する。

#### 3.2 本研究におけるシステムの設計要件

上記の先行研究を参考に、学習支援エージェント AI システムの要件を以下に示す。

##### <要件1>教材の内容構造に基づく回答範囲の制約

LLM が教材範囲を逸脱した情報を生成することは、学習者に過大な認知的負荷を与える可能性がある。そこで、教材から抽出した内容構造を基盤とし、LLM の回答を教材範囲に収める仕組みを設ける。これにより、教材と整合した信頼性の高い応答が可能となる。

##### <要件2>学習者の理解度に応じた回答最適化

LLM は学習者の理解度や状況に応じて最適化された回答を生成することができる可能性がある。そこで、生徒が入力したプロンプトをもとに理解度を推定し、段階的なフィードバックを行う仕組みを設ける。これにより、一律的な説明ではなく、生徒の学習段階に適合した支援を可能にする。

##### <要件3>教師による教材構造と応答内容の調整

教材依存型の回答生成では、教材構造化の精度が回答品質に直結する。そのため、教師が抽出結果を容易に修正・調整できる仕組みを設け、授業の意図や強調したい概念を教材構造に反映できるようにする。これにより、回答精度を教師の判断で統制可能とする。

##### <要件4>他システムの連携を可能にする設計

学校現場での AI 利用には、既存の学習支援ツールや授業システムとの連携が求められる。そこで、本研究では AI エージェント機能を外部から利用可能とする API を実装し、多様な学習活動への柔軟な統合を可能にする。

### 4. 開発したシステムの外観

本研究で開発した学習支援エージェントシステムの概観を図 1 に示す。また、図 1 には対応する設計要件および章番号を示す。

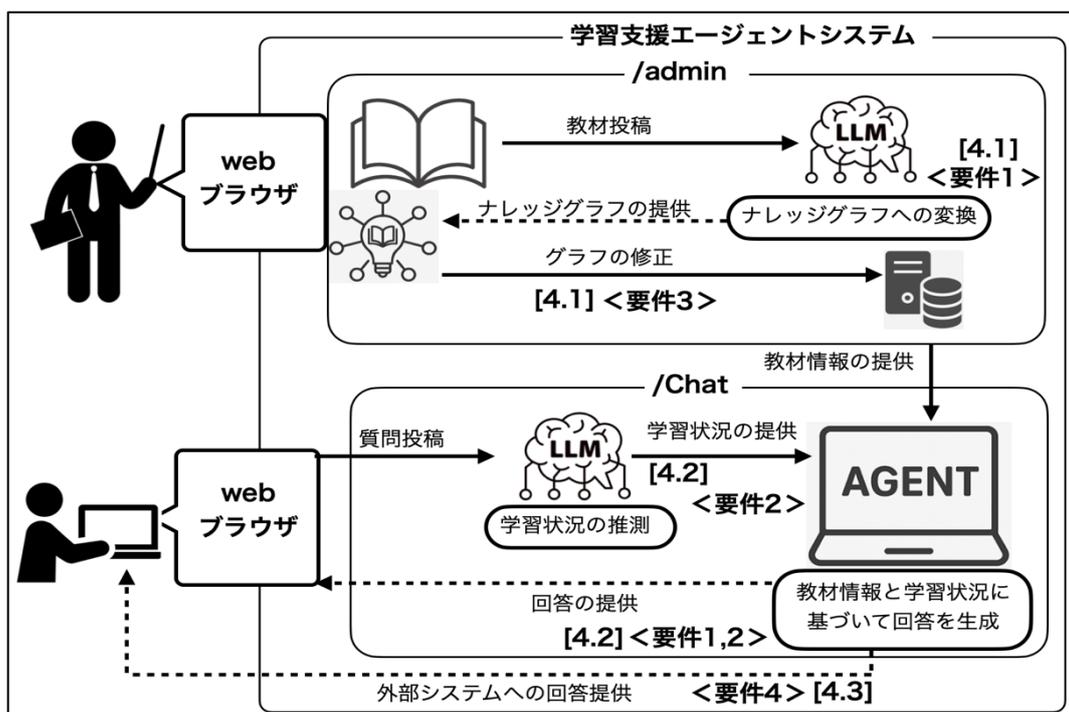


図 1 開発した学習支援エージェントシステムの概観

本研究では、システムを Web アプリとして実装し、LLM については教科書データなど著作権に関わる教材を外部に送信しないために、Google 社が提供する Gemma3 をローカル環境で動作させる構成を採用している。教師は Web 上のインターフェースから教材を投稿し、抽出された概念・関係を編集して教材のナレッジグラフを整備する。一方、生徒は Web 上のチャット画面を通じて、この教材構造に基づいた学習支援を受けることができる。

#### 4.1 教材のナレッジグラフの作成

ナレッジグラフ作成のため、教師は教材の PDF データをシステムに投稿する。投稿後、教材内容に基づいてノード候補となる用語が LLM により自動抽出される。LLM に入力するプロンプトは教科特性に応じて調整しているが、その基本構造は表 1 に示すとおり共通化している。

表 1 ノード抽出のためのプロンプト構造

構成要素	内容
役割の明示	教材分析の専門家として振る舞う
タスク指定	ノード (概念) 抽出を行う
正規化ルール	名詞句への統一、表記ゆれ補正
カテゴリ	ラベルをカテゴリ化
信頼度	ラベルが教材をどの程度反映しているか
出力形式	JSON スキーマでの構造化出力

表 1 に示す「正規化ルール」は、教材内の多様な記述をナレッジグラフのノードとして扱えるよう統一した表現に整形するための手続きである。本研究では、教材に記述される「幕府の権威が衰退した」のような述語文や「衰退した」といった動詞句を「幕府の権威の衰退」のような名詞句へ変換する正規化、「明治政府」と「新政府」のような表記ゆれの統一処理を行い、ノードの粒度と形式の一貫性を確保した。これにより、教材に依拠したノードを機械処理可能な形式で抽出し、後続の関係抽出や教師による修正を容易にしている。

「カテゴリ」は、教科の特性に応じてノードを構造化するための分類体系であり、例えば歴史科では event・state・process、理科では structure・function・process、公民科では system・policy・concept など、教材で扱われる内容の性質に合わせた枠組みを設定している。これにより、抽出されたノードを教材固有の構造に沿って整理でき、ナレッジグラフ全体の一貫性が担保される。

「信頼度」はノードが教材記述にどの程度依拠しているかを示す段階的なスコアである。本研究ではプロトタイプ段階の暫定的な設定として、教材に直接記述されるノードには 0.90-0.95、部分的に LLM の推論が介入するノードには 0.80-0.89、文脈依存の推論を伴うノードには 0.70-0.79 を割り当てた。この区分により、教師の修正判断を支援する。

「出力形式」は、抽出されたノードを unit\_id, label, category, mentions, normalized\_from, confidence の 6 項目から構成される JSON スキーマとして返す手続きである。label は名詞句正規化後のノード名を、category は

前述の分類体系に基づく種別を示している。confidence は教材依存度の段階スコアを保持し、ノードが教材由来か LLM の推論を含むかを判別する手がかりとなる。mentions はページ数など、ノードが教材内のどこに記載されていたかを示す位置情報であり、normalized\_from は正規化の際に統合された元表現を保持する。これにより、抽出されたノードを教材構造に基づいて体系的に管理でき、後続の関係抽出や教師による修正を容易にする。図 2 に教材の投稿、ノード抽出の実画面を示す。



図 2 教材投稿・概念抽出のシステム画面

本研究では、教科書と教員の独自教材を分けて投稿できるようにした。これは、学校現場で複数の教材を組み合わせて利用する場面を想定した設計である。抽出されたノードに対して、教師は編集・削除を行うことができ、label や category の変更が可能である。編集後は図 2 中の「meta 情報作成」ボタンを押下することでナレッジグラフが生成される。ナレッジグラフの生成にあたっては、上記で生成したノード群と教材を入力とし、LLM によりノード間の関係および関係パスを推定する。関係語彙やパスの形式は教科ごとに調整しているが、基本構造は表 2 のとおり共通化している。

表 2 ナレッジグラフ作成のためのプロンプト構造

構成要素	内容
役割の明示	教材内容の専門家として振る舞う
関係性タイプの推定	因果、条件、対比などで関係を整理
関係性生成ルール	State を起点とするなど、教科固有の生成規則を適用
パス生成ルール	単純路 (length ≤ 4) で主連鎖を作成
信頼度	ラベルが教材をどの程度反映しているか
出力形式	JSON スキーマでの構造化出力

「関係性タイプの推定」では、教科特性に基づき因果・条件・対比などの relation type を指定し、LLM がノード間の関係性を分類できるよう語彙を与える。

「関係性生成ルール」は、歴史科における state を因果の起点とする規則や、理科における構造→機能の流れなど、教科固有の論理構造を反映した生成規則であり、ノード間の接続を体系的に形成する役割を担う。

「パス生成ルール」は、推定された関係性にもとづき、

因果・構造・論理の主要なパスを単純路 ( $\text{length} \leq 4$ ) として構成する手続きである。過度に長いパスは推論誤差や可読性の低下を招くことから、短鎖構造に限定している。

「信頼度」は、関係性が教材記述にどの程度依拠しているかを示す段階スコアである。ノード抽出時と同様に、本研究ではプロトタイプ段階の暫定設定として、教材に明確に記述される関係性は 0.90-0.95、部分的推論を含む関係性は 0.80-0.89、文脈依存の補完を含むものは 0.70-0.79 を割り当てた。これにより、教師が生成されたノード間の関係性の信頼性を判断しやすくなる。

「出力形式」は、topics・relations・paths を含む統一的な JSON スキーマとしてナレッジグラフ構造を返す手続きである。relations には関係性タイプ・教材の該当ページ・信頼度を、paths には関係性パスおよびパスに関連する教材ページ情報を格納している。図 3 に生成された関係性の描画面面、図 4 に生成されたパスの描画面面を示す。

用語 (Topics)		関係 (Relations)		連鎖 (Paths)	
+ 関係追加					
From	To	Type	信頼度	操作	
江戸幕府の権威失墜	大政奉還と王政復古	cause	0.95	編集	削除
江戸幕府の権威失墜	尊皇攘夷運動の激化	enable	0.85	編集	削除
尊皇攘夷運動の激化	大政奉還と王政復古	trigger	0.80	編集	削除
大政奉還と王政復古	薩長土肥中心の新政府	result	0.95	編集	削除
薩長土肥中心の新政府	中央集権国家への移行	cause	0.90	編集	削除
中央集権国家への移行	廃藩置県による制度改革	cause	0.90	編集	削除
廃藩置県による制度改革	中央集権体制の基盤整備	cause	0.95	編集	削除
廃藩置県による制度改革	旧武士階級の不満増大	cause	0.95	編集	削除
中央集権体制の基盤整備	富国強兵政策の推進	enable	0.85	編集	削除

図 3 概念間の関係性の描画面のシステム画面

用語 (Topics)		関係 (Relations)		連鎖 (Paths)	
+ 連鎖追加					
シーケンス	関係タイプ	ページ	最小信頼度	操作	
江戸幕府の権威失墜 → 大政奉還と王政復古 → 薩長土肥中心の新政府 → 中央集権国家への移行	cause, result, cause	12, 13, 14	0.90	編集	削除
中央集権国家への移行 → 廃藩置県による制度改革 → 中央集権体制の基盤整備	cause, cause	14, 15	0.90	編集	削除
廃藩置県による制度改革 → 中央集権体制の基盤整備 → 富国強兵政策の推進	cause, enable	14, 15	0.85	編集	削除
中央集権国家への移行 → 廃藩置県による制度改革 → 旧武士階級の不満増大	cause, cause	14, 15	0.90	編集	削除

図 4 連鎖構造の描画面のシステム画面

生成されたノード間の関係性およびパスに対して、教師は編集・削除を行うことができる。編集後は、図 2 中の「システムプロンプトに反映」ボタンを押下することで、作成したナレッジグラフがシステムに登録される。ナレッジグラフが登録された後、編集画面においてシステムプロンプトを設定する。固定プロンプトとし

ては「登録された JSON にもとづいて回答を生成する」ことのみとし、使用する学習場面や回答上の留意点は教師が個別に設定できるように実装した。システムプロンプトの編集画面を図 5 に示す。

**固定プロンプト**

"Json"に基づいて回答を生成してください。

#学習スタイル  
\*どのような場面で生徒がAIを使うかを入力してください

#留意事項  
\*回答をするにあたり、留意する点を記載してください。

Apply

図 5 システムプロンプト編集画面

#### 4.2 教材情報と学習状況に基づく回答生成

学習支援 AI エージェントによる回答は、上述の教材構造に基づく情報と、質問者である生徒の学習状況に応じて生成される。徳竹ほか (2025) は、学習者が入力するプロンプトの種類と学習到達度には一定の対応関係があることを示している。このことから、学習者のプロンプトには質問内容に対する理解度が反映されていると考える。本システムでは、この知見を踏まえ、学習者のプロンプトを意図に基づいて分類し、その理解度を段階的に評価するアプローチを採用している。処理の流れを図 6 に示す。

図 6 に示すように、本システムは学習者の入力プロンプトを起点として、①質問意図の分類、②理解度判定、③フィードバック生成という 3 段階の処理を経て最終応答を生成する。以下、各段階の詳細を説明する。

##### <1. 質問意図の分類>

学習者からの入力プロンプトを、質問意図に基づいて次の 3 種類に分類する。

- (1) **verification (確認)**: 学習者が自分の理解や仮説を述べ、その妥当性を確かめようとする質問。「～だから～になった？」のように、自身の説明の正否を尋ねる場合もこれに含まれる。
- (2) **question (解説)**: 学習者が新しい情報、定義、理由、背景などの説明を求める質問。「なぜ～?」「どうして～?」「～とは？」など、推論を含まずに説明を要求する形式が該当する。
- (3) **other (その他)**: 挨拶、感謝、雑談、操作リクエストなど、学習内容の理解や確認を目的としない質問。

##### <2. 理解度判: verification 分岐>

プロンプトが「verification (確認)」に分類された場合、システムは学習者の理解度を判定する。この判定は、教材のナレッジグラフに記録されたノード間の関係性を参照して、以下の 3 段階に分類される。

- (1) **correct (正答)**: 教材および補助的に利用する LLM の内部知識に照らして事実関係・因果・手順が適合して

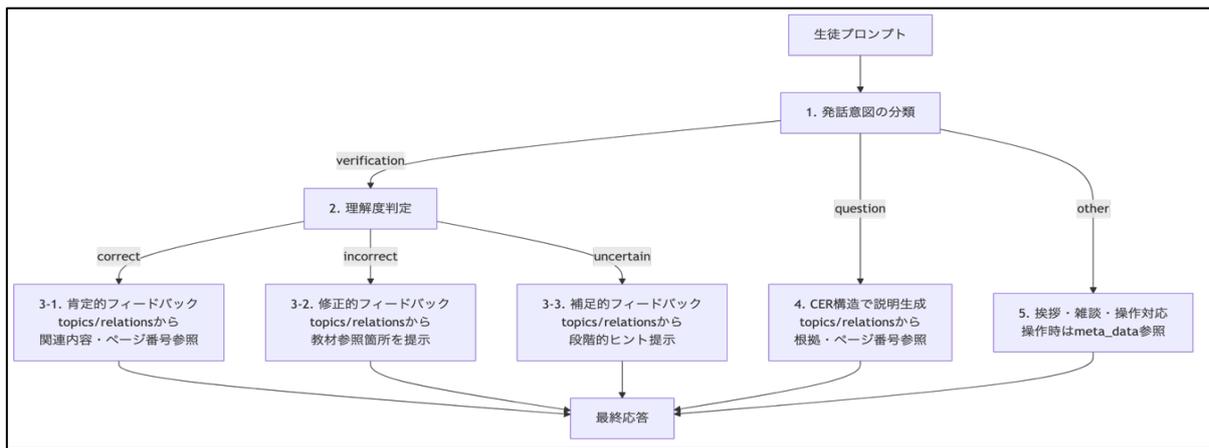


図6 プロンプト処理の流れ

いる場合。特に、A→Bの直接エッジが存在する場合に限る。パスの経路長が2以上の間接的な関係はcorrectとは判定されない。

- (2) **incorrect (誤答)** : 教材およびLLMの内部知識に照らして明確な誤り、逆因果、重要な欠落が含まれる場合。relationsにB→Aのエッジのみが存在する場合はincorrectと判定される。
- (3) **uncertain (不確定)** : 文脈が不足している、用語が曖昧である、あるいは部分的にしか判断できない場合。間接因果のみが確認できる場合や、媒介となるノードが明示されていない場合もuncertainとされる。

この判定方式により、学習者の理解が教材のナレッジグラフ上でどの程度正確に位置づけられるかを評価できる。

### <3. フィードバック生成>

理解度判定の結果に応じて、システムは3種類の異なるフィードバックを用いる。いずれの場合も、教材内容が記載されたJSONのtopicsとrelationsを参照し、教材のページ番号や関連内容を含んだ応答を生成する。

#### (1) correct の場合 : 肯定的フィードバック

学習者の理解が正しいことを肯定した上で、その理解が教材のどの部分に基づくものかを示す。その後、次に考えるべき視点を1~2文で促す。全体は2~4文で200~250字程度にまとめ、正解の繰り返しではなく、次の理解段階への誘導を重視する。

#### (2) incorrect の場合 : 修正的フィードバック

学習者の誤解に関連する中心的な内容や用語を指摘し、教材で確認すべき箇所を提示する。ただし、直接的な正解提示は避け、理解の手がかりとなるヒントを与える。その上で、どの点を見直すべきかを簡潔に指示する。全体は3~5文で300字以内にまとめ、自己修正を促すフィードバックを行う。

#### (3) uncertain の場合 : 補足的フィードバック

学習者の理解のうち正しい部分を認めつつ、不十分な箇所に対応する教材の参照部分を示す。その後、不足している観点を補う段階的なヒントと、学習者が次に取るべき次の行動を明示する。全体は3~5文で300字以内にまとめ、肯定→補足→ヒント→励ましの流れを意識した応答を行う。

### <4. 解説生成 : question 分岐>

プロンプトが「解説 (question)」に分類された場合、システムはClaim-Evidence-Reasoning (CER) フレームワークに基づいて説明を生成する。

- (1) **Claim (主張)** : 質問に対する中心的な答え (定義・本質・結論) を1文で述べる。
- (2) **Evidence (根拠)** : JSONに格納されたtopicとrelationsを参照し、教材に基づく具体的説明を行う。該当ページは括弧で提示する。
- (3) **Reasoning (論証)** : ClaimとEvidenceを結ぶ因果・手順・構造の流れを1~3文で説明する。回答全体は6文で400字以内にまとめ、教材内容を主軸としつつ、LLMの内部知識を補助的に用いる方針を採用している。

### <5. その他への応答 : other 分岐>

プロンプトが「その他 (other)」に分類された場合、意図を推定し、挨拶・感謝には短く丁寧に返答する。雑談や脱線には共感を示した上で学習へのリダイレクトを行う。「もう一度」、「次を教えてください」、「短くして」などの操作リクエストには、直近の会話を参照し、必要に応じてJSONを参照して応答する。

このように、本システムでは直接因果と間接因果を区別しつつ、学習者の理解度を多段階で評価することで、適切な足場かけを実現している。さらに、各フィードバック方略は文字数や文構成を明確に規定しており、学習者に過度な情報を与えることなく、自己調整的な学習を促進する設計となっている。正答者には発展的思考を促し、誤答者には自己修正の機会を提供し、不確定な理解には段階的な支援を行うという、理解度に応じた適応的なフィードバック生成が実現されている。図7に本システムのチャット画面を示す。

### 4.3 他システムとの連携

本システムは、教材構造化とLLMによる学習支援機能を外部システムから利用可能にするため、RESTful APIを提供している。この機能により、Webサービスや学習管理システムなど、多様なプラットフォームからTERASの理解度判定およびフィードバック生成機能を呼び出すことが可能となる。APIキーの発行画面を図8に示す。



図7 開発したシステムのチャット画面



図8 API キー発行画面

リクエスト形式とレスポンス形式は下記の通りである。

<リクエスト>

```
{
  "message": "学習者の入力文",
  "history": [
    {"role": "user", "content": "過去の入力"},
    {"role": "assistant", "content": "過去の応答"}
  ]
}
```

<レスポンス>

```
{
  "reply": "システムからのフィードバック文",
  "debug": [
    "classification -> verification",
    "verdict -> correct",
    "branch -> verification_correct"
  ]
}
```

debug フィールドには、質問意図の分類、理解度判定、フィードバックの分岐などの内部処理の経路が記録されている。

## 5. 開発したシステムの有用性の評価

本研究では、上記の一連の機能を備えた学習支援 AI エージェントを TERAS (Textual Evidence Retrieval & Answer System) と命名する。本章では、TERAS の有用性について検討する。

### 5.1 ナレッジグラフの生成の妥当性

本節では、TERAS が生成するナレッジグラフの妥当性を検討する。5 年以上の経験を有する歴史科および

生物科の高校教員各 1 名に内容妥当性評価を依頼した。歴史科は因果関係、生物科は構造・機能の階層構造というように知識の組み立て方が異なるため、複数教科を用いて精度の一般性を確認した。

評価者には、抽出されたノードおよび関係性を確認し、修正が必要な箇所を指摘してもらった。得られた指摘に基づき、各教科で抽出されたノードおよび関係性の過剰数・欠落数を集計し、総数に対する割合として修正率を算出した。表 3 に、妥当性評価の結果を示す。

表3 ナレッジグラフの妥当性評価の結果 (n=2)

		歴史	生物
ノード抽出	総ノード数	12	15
	過剰数	0	3
	欠落数	1	0
	修正率	8.3%	33.3%
関係性抽出	総関係数	11	14
	過剰数	2	0
	欠落数	0	0
	修正率	18%	0%

ノード抽出については、歴史では修正率 8.3%、生物では修正率 33.3%となった。生物の修正率が高くなった要因として、「細胞構造」「小器官」など階層的で抽象度の高い概念が多く、概念粒度の判断が歴史の因果構造より難しいことが影響したと考える。一方、関係性抽出では、いずれも主要な関係性を正しく抽出しており、特に生物では誤抽出は確認されなかった。

これらの結果から、TERAS は両教科において主要なノードとノード間の関係性の骨格を再現できている一方で、教材に含まれる概念粒度の違いに応じて抽出精度に差が生じることが明らかになった。今後は、教科特性に応じた概念粒度の調整や、抽出範囲の制御方法を再検討する必要がある。なお、関係性の連鎖であるパスは、抽出済みの関係性を連結したものであり、新規知識の生成を伴わないため、本研究では関係性抽出の妥当性をもってパス抽出の精度も担保されると判断し、個別の検証は行っていない。

### 5.2 生徒による使用感と受容性

本節では、TERAS を利用した生徒の主観評価に基づき、学習支援 AI エージェントとしての有用性を検討する。対象者は、高校 3 年生 5 名とし、歴史総合の範囲で、「大政奉還から幕府滅亡までの歴史的な経過を説明しなさい」という課題を提示した。生徒には教科書および TERAS を使用して回答するように指示し、課題に取り組む時間は 10 分間とした。TERAS については質問が可能であること以外、操作説明や利用回数の制限は与えなかった。

課題終了後、5 件法 (1=全くそう思わない~5=そう思う) の主観評価アンケートに回答させた。表 4 に生徒が TERAS に入力したプロンプトの分類別出現回数、表 5 にアンケート項目および回答値を示す。

表 4 を見ると、Verification に分類されるプロンプトが 13 件見られ、生徒が自身の理解の正否を TERAS に確認しながら学習を進めていたことが分かる。

表4 プロンプトの分類別出現頻度 (n=5)

プロンプト分類	出現回数
Verification/ correct	4
Verification/ incorrect	3
Verification/ uncertain	6
Question	3
Other	0

表5 TERA S に対する生徒の有用性評価 (n=5)

項目	平均
使いやすい	3.8
理解の助けになった	4.8
考えるポイントが明確になった	4.8
また利用したい	4

次に表5を見ると、「理解の助けになった」「考えるポイントが明確になった」の2項目が高い平均値を示している。これは、TERAS が学習者のプロンプト内容に応じて不足部分を補完し、教材に基づく観点を提示するという回答特性が、学習者の思考の整理や説明構築を支援した可能性を示していると考えられる。

一方で、「使いやすい」の平均値は他項目と比べて低く、可読性や操作性に課題がある可能性が示唆された。そこで、評価結果の理由を把握するために自由記述による使用感の調査を行った。その結果、「応答速度が遅い時があった」「段落に分けて説明してほしい」などの意見が得られた。応答速度に関しては、本研究で用いたLLMの推論処理をローカル環境で実行している点が影響したと考える。この点については、今後軽量のモデルの使用や内部処理の改善が必要であると考える。回答の提示形式に関する指摘は、TERAS が特に指定しない場合、段落区切りを行わずに一文で出力する傾向があったことに由来する。今後は、マークダウン形式による段落整形の自動適用や、チャット画面での表示最適化など、UI面での改善によって可読性向上を図る必要がある。

これらの課題はみられたものの、5名という小規模ながら、有用性に関する評価は一貫した傾向を示しており、TERAS が生徒の理解度に応じて支援を行う学習支援ツールとして有用である可能性が示唆された。

### 5.3 ベースモデルとの比較による支援品質の検証

TERAS の回答が教材構造に基づいて生成されていることを確認するため、Gemma3-27B をベースラインとして回答内容を比較した。本研究では歴史総合の単元を対象とし、TERAS には該当教科書を教材として投稿した。抽出されたノードと関係性、パスについては、歴史を専門とする高校教員と筆者の2名で妥当性を確認した。比較のため、どちらのLLMにも300字以内で回答するように指示した。表6に、Gemma3-27B とTERAS の出力結果を示す。

表6から、ベースモデルであるGemma3-27Bは、ユーザーの問いに対して出来事の経緯を網羅的に説明する「知識提示型」の応答を行っている。一方、本研究で開発したTERASは、学習者の部分的に正しい理解をま

表6 Gemma3-17B と TERA S の応答比較

プロンプト：大政奉還が戊辰戦争に繋がった？

<Gemma3-27B の回答>

大政奉還は戊辰戦争の直接的な原因ではありませんが、重要なきっかけとなりました。

1867年、徳川慶喜は朝廷に政権を返上しましたが、これは幕府の権力を完全に放棄したわけではなく政治的駆け引きの一環でした。

しかし朝廷は薩摩藩・長州藩など倒幕派の力を借りて王政復古の大号令を発令し、幕府の権限を剥奪。これに反発した幕府軍と新政府軍の武力衝突が勃発し、戊辰戦争へ発展しました。つまり、大政奉還は倒幕派の台頭と対立激化を招き、戊辰戦争を間接的に促したと言えます。

<TERAS の回答：verification/uncertain>

その考え方の方向性は合っていますね。大政奉還が戊辰戦争の大きなきっかけになったのは間違いありません。ただ、大政奉還から戦争に至るまでには、もう一つ重要なステップがありました。大政奉還の直後に出された「王政復古の大号令」(教科書p.66参照)が、旧幕府と薩長中心の新政府との対立を決定的にしたのです。なぜ大政奉還だけでは戦争にならず、その後の出来事が必要だったのかを考えてみましょう。①大政奉還の後、徳川家はどのような立場で政治に関わろうとしたのか、②それに対して新政府はどのような決定を下したのか、この2点を整理すると、戊辰戦争に至る流れがよりはっきりと理解できますよ。

ず肯定し、教材構造に基づく不足点のみを補足したうえで、「①当事者の立場」「②意思決定の違い」といった学習観点をヒントとして提示する「足場かけ型」の応答を生成しており、学習者が主体的に知識を理解・整理できるよう促す支援を行っていることが分かる。

これらの比較結果から、TERAS が教材構造に基づき理解を促進する学習支援ツールとして有用である可能性が示唆された。

## 6. まとめと今後の展望

本研究では、教材の内容構造に基づく回答範囲の制約と、学習者の理解度に応じた段階的なフィードバックを備えた学習支援AIエージェントTERASを構築した。教材から抽出した概念・関係性の編集機能、学習者のプロンプトをもとにした理解度判定とフィードバック生成、他システムから利用可能なAPIなど、一連の処理を統合した点に特徴がある。

評価の結果、主要な概念・関係性が再現されていたこと、生徒が理解の確認や観点整理のためにTERASを活用していたこと、およびベースモデルと比較して足場かけの応答を生成していたことが確認された。一方で、教科によって概念抽出精度に差が生じた点や、応答速度・提示形式に関する改善の余地も明らかとなった。

TERASは単に教材を参照して回答を生成するだけでなく、教材構造をもとに学習者の思考を段階的に支援する点に特徴を持つ。本研究の結果は、教材依拠型

LLMにより、学習者が自力で知識を整理するプロセスを支援できる可能性を示しており、教科横断的に応用可能な枠組みとなることが期待される。

今後の課題としては、以下の点が挙げられる。

- ① 評価対象者が教員2名・生徒5名と小規模であり、特定教科に限定されているため、参加者数や対象教科を拡大し、結果の再現性を検証すること。
- ② 概念抽出の精度に教科間で差が見られたことから、教材構造や記述形式の特徴をより詳細に検討し、概念粒度や正規化手続きの調整方法を改善すること。
- ③ 生徒から指摘された応答速度・段落構成などのUI/UX上の課題について、モデル構成およびインターフェースを改善し、実使用環境に適した応答形式を整備すること。
- ④ 主観評価だけでなく、学習成果や理解度の変化といった客観的指標を用いた効果検証を行うこと。
- ⑤ ベースモデルとの比較は限定された設問で行ったため、多様な問いに対してTERASが一貫して足場かけの応答を生成できるか体系的に検証すること。

#### 謝辞（投稿時は空白）

本研究の一部は、日本学術振興会、科学研究費助成事業の奨励研究（25H00147）の助成によるものである。

#### 参考文献

- (1) 文部科学省：“学習指導要領の考え方”，[https://www.mext.go.jp/content/1421692\\_6.pdf](https://www.mext.go.jp/content/1421692_6.pdf), (2025年11月20日閲覧)。
- (2) Branson, R.K. : “Issues in the Design of Schooling: Changing the Paradigm”, *Educational Technology*, Vol.30, No.4, pp.7-10 (1990) .
- (3) Alfarwan, A. : “Generative AI Use in K-12 Education: A Systematic Review”, *Frontiers in Education*, Vol.10, pp.1-12 (2025) .
- (4) Lee, S., Choe, H., Zou, D., Jeon, J.: “Generative AI (GenAI) in the Language Classroom: A Systematic Review”, *Interactive Learning Environments*, pp.1-25 (2025) .
- (5) 文部科学省：“育成を目指す資質・能力と個別最適な学び・協働的な学び”，[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/newcs/senseiyouen/mext\\_01488.html](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/newcs/senseiyouen/mext_01488.html), (2025年11月20日閲覧) .
- (6) 文部科学省：“教育の情報化・GIGAスクール構想の推進”，[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/index.html](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/index.html), (2025年11月20日閲覧) .
- (7) Su, J., Yang, W. : “Unlocking the Power of ChatGPT: A Framework for Applying Generative AI in Education”, *ECNU Review of Education*, pp.1-12 (2023) .
- (8) Cui, W., Xue, Z., Thai, K.-P. : “Performance Comparison of an AI-Based Adaptive Learning System in China”, *Proceedings of the 2018 Chinese Automation Congress*, pp.1-7 (2018) .
- (9) Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., Küttler, H., Lewis, M., Yih, W.-T., Rocktäschel, T., Riedel, S., Kiela, D. : “Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks”, *Advances in Neural Information Processing Systems* 33, pp.9459-9474 (2020) .
- (10) Li, Z., Wang, Z., Wang, W., Hung, K., Xie, H., Wang, F.L. : “Retrieval-Augmented Generation for Educational Application: A Systematic Survey”, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, Vol.8, 100417 (2025) .
- (11) Lang, G., Gürpınar, T. : “AI-Powered Learning Support: A Study of Retrieval-Augmented Generation (RAG) Chatbot Effectiveness in an Online Course”, *Information Systems Education Journal*, Vol.23, No.2, pp.4-13 (2025) .
- (12) Dong, C., Yuan, Y., Chen, K., Cheng, S., Wen, C. : “How to Build an Adaptive AI Tutor for Any Course Using Knowledge Graph-Enhanced Retrieval-Augmented Generation (KG-RAG)”, *Proceedings of the 14th International Conference on Educational and Information Technology*, pp.152-157 (2025) .
- (13) 徳竹圭太郎, 佐久間大, 室田真男: “コンセプトマップを用いた歴史学習における生成AIへのプロンプトの分類と構造的な理解度の関係”, *人工知能学会論文誌*, Vol.40, No.6, pp.C-P72\_1-5 (2025) .
- (14) Collins, A., Brown, J.S., Newman, S.E. : “Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing, and Mathematics”, *Knowing, Learning, and Instruction*, Routledge (1989) .
- (15) Alevin, V., Roll, I., McLaren, B.M., Koedinger, K.R. : “Help Helps, But Only So Much: Research on Help Seeking with Intelligent Tutoring Systems”, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol.26, No.1, pp.205-223 (2016) .
- (16) Graesser, A.C., Lu, S., Jackson, G.T., Mitchell, H.H., Ventura, M., Olney, A., Louwerse, M.M. : “AutoTutor: A Tutor with Dialogue in Natural Language”, *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, Vol.36, No.2, pp.180-192 (2004) .

(2025年11月29日 受付)

(2026年1月30日 採録)

# ラッシュモデルを用いた日本人英語学習者の 品詞理解能力の分析

An Analysis of Part-of-Speech Comprehension Ability among Japanese EFL Learners Using the RASCH Model

中川 純成\*1・李 凱\*1

Email: likai@dokkyo.ac.jp

\*1: 獨協大学 経済学部

## 抄録

本研究では、日本人英語学習者の品詞理解能力を検証することを目的として、2回の品詞識別テストを実施し、ラッシュモデル分析により各項目の困難度と受験者の能力を推定した。第1回テストでは比較的基本的な語彙を用い、第2回テストでは文脈依存度の高い項目を中心に構成した。分析の結果、学習者は「dog」(名詞)、「walked」(動詞)、「but」(接続詞)、「new」(形容詞)など、語彙の意味が明確な語に対しては品詞識別を容易に対応できる一方で、「has」(助動詞)、「she」(代名詞)、「like」(前置詞)、「before」(接続詞)といった語では正答率が低く、統語的機能や文脈に依存度が高い語の品詞識別の正確性が低下する傾向が確認された。この結果は、日本人英語学習者が語彙の意味に基づく品詞判断には慣れていないものの、語形変化や統語的役割に基づく品詞識別能力が不十分であることを示唆している。今後の英語教育においては、語彙の意味理解に加え、文型と品詞の対応関係、語形変化の規則性、および一語多品詞現象に関する明示的かつ体系的な指導が必要であると考えられる。

◎Key Words 英語教育, 文法, 品詞, 項目応答理論, ラッシュモデル

## 1. はじめに

品詞 (Parts-of-Speech) とは、単語を語形、機能、意味など文法的な性質によって分類したものである。一般的な英文法が品詞を名詞、代名詞、形容詞、動詞、副詞、前置詞、接続詞、間投詞などに分類されている<sup>(1)</sup>。日本の英語教育では、文部科学省が掲げた「読む・書く・聞く・話す」の四技能が重視され<sup>(2)</sup>、その成果は各種検定試験や入試、就職活動などで広く活用されている。しかし、その基盤となる語彙・文法の学習に比べて、品詞の理解や運用能力に焦点を当てた指導は十分とは言えない。神谷 (2020) は、中学校や高等学校の英語科の授業で指導の対象とされている文法項目を整理し、品詞の理解が必要不可欠であることを論じた<sup>(3)</sup>。中條 (2008) では、学習者は中学・高等学校である程度の語彙や文法知識を得ているものの、語彙の形式・意味・機能の総合的な理解には至っていないために、適切に応用して使えるレベルには達していないことがうかがえる。これらの知識を整理・統合するためには、品詞名を正確に言えるような言語能力育成のための指導が必要であることが確認された<sup>(4)</sup>。また、山科 (2018) によると、学習者の中には、文章を作るときに名詞と形容詞、あるいは副詞と形容詞を混同してしまうなど、品詞を正しく区別できていない者がいる。これは、英語を運用する上で、品詞が果たしている役割に対する理解が十分ではなく、結果として、文構造や意味の取り違えてしまう可能性があることを示している<sup>(5)</sup>。柳川 (2016) は大学生の五文型の理解度を検証した結果、学生は五文型をある程度は理解しているものの、熟語や構文を「丸暗記」する学習に偏り、品詞や文型の仕組みを意識して学ぶ機会が十分ではないと報告している<sup>(6)</sup>。小西 (2013) は、い

かなる指導法で学生を教授しようとも、品詞の概念は学習者にとって必要なはずであると指摘しており、品詞指導の体系化が急務であることを示唆している<sup>(7)</sup>。以上の先行研究から、日本人英語学習者が実際にどの程度品詞を正確に識別できるのかを、客観的なテスト結果を用いて検証する必要がある。

また、言語評価の分野では、古典的テスト理論は長らく標準的な枠組みとして用いられてきたが、その限界も指摘されてきた。特に、テスト項目の困難度は「標本依存」、また被験者の能力の決定は「テスト依存」という問題は、教育測定における重要な課題として認識されてきた (Hambleton & Jones, 1993) <sup>(8)</sup>。このような背景から、言語評価分野では現代測定理論、特に項目反応理論 (Item Response Theory: IRT) の適用が進んできた。ラッシュ測定モデル (Rasch Model) は、受験者の能力と項目の困難度を独立して推定し、同一の連続体上で比較することが可能になる (Rasch, 1980) <sup>(9)</sup>。松宮 (2022) は、英語力診断テスト問題の質的向上を実現するために、IRT分析で各項目の困難度や、テスト項目の取捨選択、テスト全体の構成を行うために必要な情報を得ることができた<sup>(10)</sup>。阿部 (2008) は、日本の大学レベルにおける英語学習者の熟達度を測定するのに適切であるかどうかに関して、ラッシュモデルでテスト項目の機能と困難度の点から統計的に分析した<sup>(11)</sup>。

以上の先行研究から、品詞理解が文法習得において基礎的役割を果たすことは認識されているものの、学習者の品詞理解能力を評価する研究は限られており、テスト項目の妥当性検証も十分になされていないことが明らかである。そこで本研究では、日本人英語学習者を対象に英語の品詞をどの程度正確に認識・区別でき

ているのかを測定するとともに、ラッシュモデルを用いてテスト項目の困難度を評価することを目的とする。

## 2. 研究の方法

### 2.1 テストの実施

本研究では、日本人英語学習者を対象に2回の品詞識別テストを実施した。第1回テストでは11項目を出題し、文脈に依存せずとも品詞が判断しやすい基本語彙を中心に構成した。第2回テストでは8項目を出題し、同一語彙が複数の品詞として機能する場合や、語形変化、文脈依存的な品詞判断が必要な項目を多く含めた。出題形式としてはGoogle Formsを利用し、9つの品詞分類(名詞、動詞、形容詞、副詞、接続詞、前置詞、間投詞、代名詞、助動詞)から正答を1つ選択する多肢選択式を採用した。各テストは学内の専用オープンチャットを通じてURLを配布し、主として学部生ならびに関係者から無記名で回答を得た。項目の提示順を固定し、時間制限を設けずに実施した。

第1回のテストは2025年7月から9月の間に実施し、日本国籍を持つ101名(10代18.8%,20代79.2%,30代以上2%)から回答を得た。第2回のテストは10月から11月の間に実施し、102名(10代8.8%,20代85.3%,30代以上5.9%)から回答を得た。本研究は無記名での回答収集を採用したため、参加者の所属学部、履修状況、英語習熟度といった詳細な個人属性は取得していない。さらに、両テスト間で同一参加者が含まれるか否かを個人単位で追跡できないことから、両テストは独立したサンプルとして扱った。

以上を踏まえ、本研究ではラッシュモデルに基づき、回答者の能力値推定および各項目の困難度推定を中心に分析を行った。得られた回答データは正答を1、誤答を0として二値化し、Rのmirt, WrightMap, tidyrパッケージを用いてラッシュモデル分析を実施した。

テスト1(11項目):

Q1: He quickly finished his homework.

Q2: Wow, that was amazing!

Q3: She is a good teacher.

Q4: The cat jumped onto the table.

Q5: I can speak three languages.

Q6: He bought a new car.

Q7: The dog barked loudly.

Q8: They were tired, but they kept walking.

Q9: We walked to school this morning.

Q10: She sings beautifully.

Q11: He has done it.

テスト2(8項目):

Q1: The company peoples the new office with skilled workers.

Q2: Turn off the light before you leave the room.

Q3: Recycling cans is important for the environment.

Q4: She is very friendly to everyone.

Q5: The project faces one big challenge, namely the lack of funding.

Q6: Can you name three countries in South America?

Q7: She sings like a professional singer.

Q8: This book is mine.

### 2.2 ラッシュモデル分析

ラッシュモデルは、回答データを基に受験者能力及び項目困難度を推定し、理論的モデルを構築する手法である。各受験者や各項目がモデルに適合しているかどうかは適合度(fit)によって評価される。適合度の許容範囲については諸説あるが、本研究ではWright & Linacre(1994)<sup>(12)</sup>に従い0.7~1.3とし、この範囲外の値をミスフィットとして扱った。具体的に、Infit MNSQ(Mean Square; 内部適合度)は受験者能力付近の項目に対する反応パターンの妥当性を、Outfit MNSQ(外部適合)は能力値から大きく離れた項目に対する反応の異常性を評価する指標である。

また、ラッシュモデルにおける困難度とは、各項目がどの程度難しいかを表す統計的なパラメータである。ラッシュモデルは「特異的客観性(specific objectivity)」の特性を有しており、同一項目に対して異なる能力値を持つ複数の回答者が回答した場合でも、その項目の困難度推定値は回答者集団に依存せず不変である。この不変性は項目の適合度(Item Fit)、回答者の適合度(Person Fit)など適合度検定によりモデル適合が許容範囲にあり、群間で有意なDIF(differential item functioning)が検出されないことが確認された範囲において、経験的に支持される。困難度の典型的な実用範囲は概ね-3から+3ロジット(logit)程度とされ、正の値は相対的に高い困難度を、負の値は相対的に低い困難度を示す。もっとも、推定値の分布は受験者集団の能力分布、項目数などに依存するため、実データにおいては当該範囲を逸脱した困難度が推定される場合がある。このような極端値は、項目が受験者の能力範囲を十分にカバーしていない可能性を示唆している。したがって、困難度推定値が実用範囲を逸脱した場合には、外れ値として単に扱うのではなく、高難度項目の不足、易しすぎる項目の偏在、および測定精度などの観点から、項目構成の妥当性を再検討する必要がある。

本研究では、テスト項目の困難度を中心に分析するため、各項目の平均正答率、項目困難度、Infit MNSQ、Outfit MNSQを算出し、それらの統計量に基づいて解釈を行う。

## 3. 分析結果

### 3.1 テスト項目適合度

第1回テストの項目適合度を算出した結果(表1)、Infit MNSQは0.75~1.46の範囲にあり、Outfit MNSQは0.27~1.84の範囲に分布していた。全項目の平均値はInfit MNSQ=0.936、Outfit MNSQ=0.892であった。Infitに関しては、Q11を除く全項目は0.7~1.3の許容範囲内に収まっており、各項目の内部一貫性は全体的に安定している。また、項目分離信頼性(Items Separation Reliability)=0.952、個人分離信頼性(Persons Separation Reliability)=0.711であることから、測定の信頼性はおおむね確保されていると判断される。

第2回テストについても同様にラッシュモデルによる項目適合度を算出した結果(表2)、Infit MNSQは0.81~1.25の範囲にあり、Outfit MNSQは0.67~1.64の範囲

表1 テスト1の項目別困難度、適合度

項目	正答率	困難度	S.E.	Infit	Outfit
Q1	0.67	-1.11	0.28	0.81	<b>0.58</b>
Q2	0.73	-1.59	0.30	0.93	<b>0.66</b>
Q3	0.50	0.15	0.26	1.26	1.27
Q4	0.68	-1.18	0.28	0.83	<b>0.66</b>
Q5	0.71	-1.42	0.29	0.88	<b>0.67</b>
Q6	0.85	-2.85	0.37	0.85	<b>0.57</b>
Q7	0.93	-4.24	0.49	0.77	<b>1.61</b>
Q8	0.89	-3.44	0.41	0.90	0.81
Q9	0.92	-4.02	0.47	0.75	<b>0.27</b>
Q10	0.54	-0.12	0.26	0.87	0.88
Q11	0.44	0.54	0.26	<b>1.46</b>	<b>1.84</b>

注：太字は許容範囲にミスフィットした値を示す

表2 テスト2の項目別困難度、適合度

項目	正答率	困難度	S.E.	Infit	Outfit
Q1	0.42	0.47	0.24	0.86	0.75
Q2	0.51	-0.05	0.24	0.98	0.93
Q3	0.78	-1.84	0.28	0.86	0.88
Q4	0.81	-2.10	0.30	1.04	1.25
Q5	0.56	-0.34	0.24	1.02	1.01
Q6	0.71	-1.26	0.26	0.81	<b>0.67</b>
Q7	0.39	0.65	0.24	1.11	<b>1.51</b>
Q8	0.70	-1.13	0.26	1.25	<b>1.64</b>

注：太字は許容範囲にミスフィットした値を示す

に分布していた。受験者の能力値と各項目の困難度との対応関係はおおむね良好であった。Q8は Infit MNSQ=1.25 および Outfit MNSQ=1.64 と相対的に高い値を示しており、軽微なミスフィット傾向が認められた。本テストでは一部の項目が Infit MNSQ および Outfit MNSQ の許容範囲 (0.7~1.3) を超過したものの、大多数の項目が許容範囲内に収まり、また、項目分離信頼性 (Items Separation Reliability)=0.938、個人分離信頼性 (Persons Separation Reliability)=0.585、ラッシュモデルへの適合がおおむね確認されたことから、本テストデータはラッシュモデル分析の対象として妥当であると判断された。

### 3.2 項目困難度

第1回テストのラッシュモデル分析により各項目の困難度、平均正答率を算出した結果、全項目の困難度の平均値は-1.753、標準偏差は1.668であり、総合的に見て困難度の低い項目から高い項目まで揃っているものの、テスト全体の困難度は比較的低いことが明らかとなった。具体的には、Q7の「dog」(名詞、困難度4.24)が最も低い困難度を示した。続いて、Q9の「walked」(動詞、困難度-4.02)、Q8「but」(接続詞、困難度-3.44)、Q6の「new」(形容詞、困難度-2.85)のいずれも低い困難度を示しており、高い正答率を記録した。これらの高正答率項目の共通する特徴として、単語の語彙の意味を理解していれば正答可能であることが挙げられる。

特に「dog」や「walked」のような内容語は、文中で明確な語彙の意味を持つため、単語の意味を把握していれば、品詞判断が容易であると考えられる。さらに、「but」のような等位接続詞も高い正答率を示したことから、回答者は「but」の意味および機能を十分に理解

していたと判断できる。一方、困難度が高かった項目としては、Q11「has」(助動詞、困難度+0.54)およびQ3「She」(代名詞、困難度+0.15)が挙げられる。これらの項目はいずれも機能語であり、単語それ自体の語彙的意味よりもむしろ、文法的機能の理解を必要とする。

「has」については、39.6%の回答者が動詞と誤答しており、助動詞との区別が十分に行えていないことが明らかとなった。また、「She」については、4割を超える回答者が名詞(女性)と誤答しており、代名詞という品詞概念の理解に課題があることが示された。これらの結果から、日本人英語学習者は英単語の語彙的意味に基づいて品詞を識別する傾向が強く、統語的機能に基づく品詞判断が相対的に弱いことが示唆される。

第2回テストにおいては、文脈依存度のより高い項目を中心として構成を行った。その結果、全体的な困難度は第1回テストと比較して上昇し、平均困難度は-0.699、標準偏差は1.034であった。比較的正答率が高かった項目はQ4の「friendly」(形容詞、困難度-2.10)であった。本項目は、-lyの接尾辞を持つ語が副詞であるという誤った認識を持つ受験者を識別する目的で採用したものであるが、ほとんどの回答者が形容詞を正しく選択していた。次に困難度が低かった項目はQ3「cans」(名詞、困難度-1.84)であった。他方、相対的に高い困難度を示した項目としては、Q7「like」(前置詞、困難度+0.65)、Q1「peoples」(動詞、困難度+0.47)、Q2「before」(接続詞、困難度-0.05)が確認された。なお、Q2「before」は負の値であるものの、第2回テストの平均困難度(-0.699)と比較すると平均より高い値であり、本テスト内では相対的に困難度が高い項目に位置づけられる。

具体的に、「like」は動詞・前置詞・接続詞・副詞・形容詞・名詞といった複数の品詞として機能する多義語であり、35.3%の回答者が動詞と誤答していた。これは動詞「like」(好き)との混同が顕著に見られたためと考えられる。「peoples」に関しては、誤答として名詞が多く選択された。回答者は「people」を「人々」を意味する名詞として認識している一方で、「peoples」が動詞として使用される用法については十分な習熟度に達していないことが示唆される。なお、名詞「people」に複数形語尾-sが付加される場合、「共同体」や「民族」といった意味を表す。このことから、学習者は単語の品詞判別を行う際に、三人称単数現在形の-sや複数形の-sといった語尾変化に対する注意が不十分である可能性が指摘される。「before」については、26.5%の学習者が前置詞と誤答しており、接続詞と前置詞の区別が困難であることが示された。Q5「namely」(副詞、困難度-0.34)については、同じく副詞を扱った第1回テストQ1「quickly」と比較して、正答率が約10ポイント低い結果となった。両項目ともに正答率が7割に達していないことから、副詞という品詞全般に対する日本人英語学習者の理解が不十分であることが明らかとなった。

### 3.3 項目-回答者マップ

項目-回答者マップ (Item-Person Map or Wright Map) は、項目困難度と回答者能力を同一軸上に視覚化する

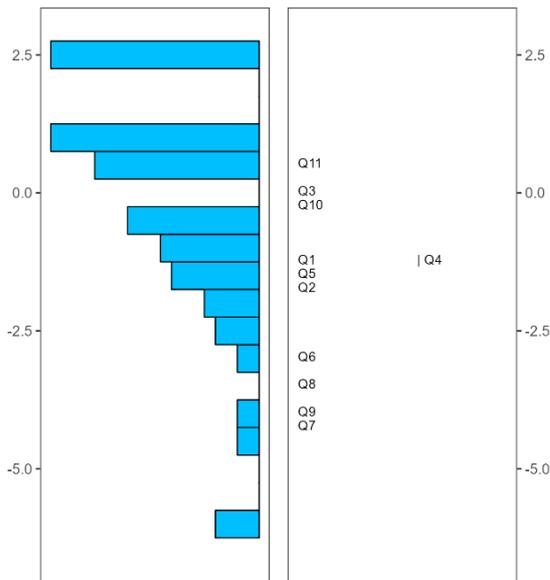


図1 テスト1の項目-回答者マップ

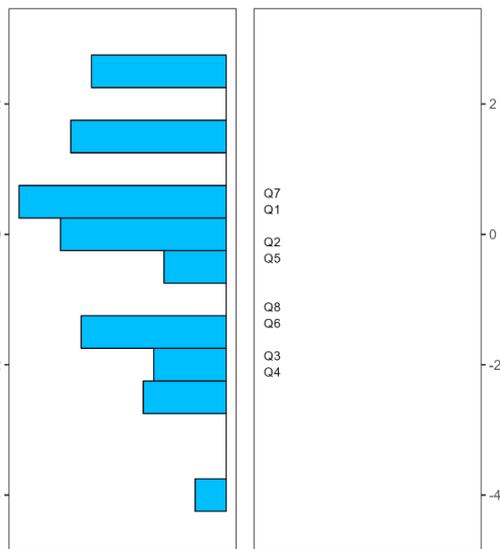


図2 テスト2の項目-回答者マップ

ことで、項目の適切性および受験者との適合度を直感的に把握することを可能にするグラフである。縦軸の数値はロジットスコアと呼ばれ、ゼロを平均とする間隔尺度で表される。左側には回答者、右側には項目に関する度数分布がそれぞれ横向きヒストグラムとして配置されている。上方に位置する回答者ほど能力値が高いことを示し、同様に上方に位置する項目ほど困難度が高い項目であることを示す。反対に、下方に位置する回答者ほど能力値が低く、下方に位置する項目ほど困難度が低いことを表している。

2回のテストにおける全体的な項目困難度の分布は負の方向に偏っており、低難度項目が多く、高難度項目が少ないことが確認された(図1, 図2)。また、受験者は10代から60代まで幅広い年齢層にわたり、英語能力においても多様性が見られた一方で、テスト項目は第1回11項目、第2回8項目と比較的に少なかった。

項目-回答者マップの分析結果から、以下の課題が明らかとなった。まず、受験者の最高能力値が最難問の困

難度を上回っており、天井効果が生じていることである。これは高難度項目が不足しているため、高能力受験者の能力を正確に推定できていないことが示唆された。また、項目の困難度範囲が受験者の能力値範囲を十分にカバーできていないことである。これらの結果から、今後は受験者層をより明確に限定するとともに、テスト項目数を増加させ、特に高難度項目を追加することで項目内容を改善する必要性が示唆された。

#### 4. おわりに

本研究では、日本人英語学習者の英語における品詞理解能力を測定するため、2回の品詞識別テストを実施した。また、ラッシュモデルを用いて各項目の困難度と受験者の能力を算出し、日本人学習者の品詞理解度を明らかにした。その結果、日本人英語学習者は単語それ自体の語彙的意味に基づいて品詞を大まかに識別することには比較的慣れている一方で、単語の統語的機能や文型上の役割、語形変化といった情報を意識して品詞を判断することを苦手としていると結論づけられる。この傾向は、五文型の理解において動詞の後に現れる語句の品詞が重要な手がかりとなることを指摘した柳川(2016)の知見とも整合的であり、日本人英語学習者における品詞理解の不十分さが実証された。ただし、本研究は学内のオープンチャットを通じて収集した無記名サンプルであり、参加者の履修状況や英語学習熟度を把握していないため、本結果を日本人英語学習者へ一般化することには限界がある。

以上を踏まえ、本研究は品詞判断を「意味に基づく推測」から「統語・形態に基づく確定」へ移行させる統合的指導枠組みとして、意味・形態・位置・機能という四つの手がかりを順序立てて用いる指導法を提案する。以下では、とりわけ誤分類が多かった語(「She」「has」「before」「like」)および誤概念が生じやすい語形(-ly)に焦点を当て、具体的な指導案を示す。

「She」を名詞(女性)として誤答する学習者が一定数に見られたことから、代名詞(she/he/they等)は、典型的に主語スロット(S位置)に出現し、その直後に有限動詞(V)が続くという文位置上の規則性を明示し、意味依存的判断を統語依存的判断へ転換する訓練を反復する。加えて、名詞「woman」などは意味的に近い場合であっても、冠詞(a/the)の共起や形容詞による修飾を受けるなど形態・統語上の制約が異なる点を対照的に提示し、学習者に両者の差異を意識化させることを重視する。

同様に、「has」を動詞として誤答する割合が高かったという結果は、hasの助動詞用法(完了)と本動詞用法(所有等)を統語的に区別する技能が十分に形成されていない可能性を示唆する。したがって、hasの品詞判定に際しては、当該語の直後に現れる要素の形を先行手がかりとして用いる方略を指導すべきである。具体的には、has+過去分詞(Vpp)は完了を表す助動詞用法(例: has eaten)に対応し、has+名詞句(NP)は所有等を表す本動詞用法(例: has a car)であるという分岐規則を提示し、学習者に「後統語の形(Vpp/NP)」を先に確認させた上で品詞判断を行わせる訓練を提案す

る。

さらに、-ly を「副詞マーカ―」として機械的に扱う誤概念を回避するためには、語形のみには依存しない判定手続きの習得が必要である。例えば、直後に名詞が続く名詞を修飾している場合には形容詞用法（例：a friendly teacher）が想定される一方、動詞を修飾している場合には副詞用法（例：speak politely）が想定される。このように、修飾先に基づく判断手続きを明示したうえで、-ly 語の例外を単なる暗記リストとして提示するのではなく、「修飾先で判定する」という方略を中心にカテゴリ化して整理し、誤概念の修正と運用的知識の形成を体系化する。

加えて、like や before のような多品詞語、ならびに前置詞と接続詞の混同が生じやすい語に対しては、直後に続く構造（句／節）を手がかりとする識別方略を指導する必要がある。例えば、before が前置詞として用いられる場合は before + 名詞句（NP）（例：before lunch）が基本であるのに対し、接続詞として用いられる場合は before + S + V（例：before I left）が後続する。このように、直後が NP か S + V かを先に判定させた上で品詞分類へ進む手順を体系化することで、文脈依存的な品詞識別能力の向上が期待される。

このような文型と品詞の対応関係を明示的に指導した上で、英文読解において文の構造分析を行う習慣を形成させることが重要である。学習者が単語の意味のみならず、文中で語形・位置・機能に基づいて品詞を判断できるようになることは、文構造の理解を深化させ、結果として英文読解力および作文力の向上にも寄与すると考えられる。

本研究の限界を踏まえ、今後は項目の質的改善と量的拡充が求められる。具体的には、項目内容の再検討、および全能力層、特に高能力受験者を適切に測定するための項目数増加と高難度項目の開発が必要である。さらに、本研究では項目間の困難度間隔の適切性（Wright & Linacre, 1994 が推奨する 0.25 ロジット間隔）<sup>(12)</sup>については分析の対象としなかった。今後、困難度が等間隔に分布する項目を体系的に配置することにより、受験者能力の推定精度を向上させることが期待される。

## 参考文献

- (1) 綿貫陽, 宮川幸久, 須貝猛敏, 高松尚弘: “徹底例解ロイヤル英文法 改訂新版”, p49, 旺文社 (2000) .
- (2) 文部科学省 学習指導要領「生きる力」: [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/gai.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/gai.htm), (2025年11月26日閲覧).
- (3) 神谷昇: “英語教育における品詞指導の重要性再考”, 千葉大学教育学部研究紀要, 第68巻, pp.323-331 (2020) .
- (4) 中條清美, 西垣知佳子, 内堀朝子: “データ駆動型学習による効果的な英語初級者向け文法指導の試み”, 日本大学生産工学部研究報告, B, 第41巻, pp.15-33 (2008) .
- (5) 山科美智子: “ライティング力向上のための品詞認識の重要性とその方法論—TOEIC L&R を使った取り組み—”, 埼玉女子短期大学研究紀要, 第37号, pp.101-111 (2018) .
- (6) 柳川浩三: “大学生は「五文型」を理解しているのか—共通項目によるラッシュモデル分析—”, 関東甲信越英語教育学会誌, 30巻, pp.15-28 (2016).
- (7) 小西瑛子: “品詞の理解状況—日本人大学生に見る—”, 外

国語教育研究, No.16, pp.105-120 (2013) .

- (8) Hambleton, R. K., & Jones, R. W.: “Comparison of classical test theory and item response theory and their applications to test development”, Educational Measurement: Issues and Practice, 12(3), pp.38-47 (1993).
- (9) Rasch, G.: “Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests”, University of Chicago Press (1980).
- (10) 松宮新吾: “項目分析と古典的テスト理論に基づく「OIDAI 英語力診断テスト」の研究開発”, 追手門学院大学国際教養学部紀要, 15, pp.1-21 (2022) .
- (11) 阿部真理子, Brian Wistner, 酒井英樹: “古典的項目分析とラッシュモデリングを用いた英語熟達度テストの分析”, 高崎経済大学論集, pp.125-134, (2008).
- (12) Wright, B. D., & Linacre, J. M.: “Reasonable mean-square fit values”, Rasch Measurement Transactions, 8(3), p.370 (1994).

(2025年12月1日 受付)

(2026年1月31日 採録)

# スペインバスク自治州における STEAM 教育戦略と 3D プリンターの活用事例に関する一考察

Examination of STEAM Education and 3D printer use cases in the Basque Country, Spain

臼井 昭子\*1・鈴木 啓子\*2・古川 英光\*3

Email: usui@yz.yamagata-u.ac.jp

\*1: 山形大学 学術研究院

\*2: 翻訳家

\*3: 山形大学 大学院 理工学研究科

## 抄録

世界的に推進される STEAM 教育の広がりの中で 3D プリンターの教育的な活用が進んでいる。日本では「高等学校 DX 加速化推進事業」において 3D プリンターが支援対象の一例として示されており、今後その導入・整備がより進むことが予想され、3D プリンターを活用した授業づくりのための知見と資料の充実が求められている。そこで本稿では、海外の先進的事例としてスペイン北部バスク自治州の STEAM 教育戦略である「STEAM Euskadi」に焦点を当て、①同戦略の概要を整理し、②STEAM Euskadi の一環として 3D プリンターを活用した授業を行う現地の中学校 2 校を訪問して授業観察と考察を行った。その結果、STEAM Euskadi は自治体が主導する教育施策であり、幼児教育から大学・職業教育までを対象としていること、優れた実践を表彰する制度を備えていること、3D プリンターの活用を推奨していることなどが明らかになった。また、観察した授業では、教員や学校の裁量によって多様な課題設定が行われ、社会的な問題を解決するシステムを構想しその一部を 3D プリンターで作製する活動が見られた。

◎Key Words スペイン, バスク, STEAM 教育, 3D プリンター, 造形教育

## 1. はじめに

STEAM 教育は、知識の習得とともに、創造性や批判的思考、協働的な問題解決力を育成する教育的取り組みとして、世界的に広がりを見せている。科学 (Science)、技術 (Technology)、工学 (Engineering)、芸術・リベラルアーツ (Arts)、数学 (Mathematics) を統合する教育とされるが、その定義についてはさまざまな議論がある。いずれも、複数の教科や分野をつなぎ、学習者が現実の課題に取り組む力を育てることを目的としている点は共通している。OECD や UNESCO などの国際機関も、STEAM 教育を「持続可能な社会を支える学び」として位置づけ、政策的な推進を支援している。<sup>(1)(2)</sup>

この STEAM 教育の実践を支えるツールのひとつとして、近年、3D プリンターが注目されている<sup>(3)(4)</sup>。3D プリンターは、コンピュータ上で設計された三次元モデルを層ごとに積層することで物理的に立体造形物を生成する技術であり、製造業や医療分野での活用のみならず、初等中等教育から高等教育に至るまで教育現場での応用が拡大している。

筆者らは、各教科や探究学習、STEAM 教育においてどのように 3D プリンターが学びを支援できるかについて検討をすすめてきた。教育における 3D プリンター活用の目的は、第一に抽象概念の具現化にある。たとえば数学における立体幾何、理科における分子構造、歴史における遺物復元など、従来は教科書や二次元画像によって理解していた概念を物理的な形として手に取ることで、認知的理解を深めることができる<sup>(5)</sup>。第二に、児童生徒らが設計から試作、評価、改良に至る一連のプロセスを経験できるため、学際的な課題解決やプロジ

ェクト型学習 (Project-Based Learning: PBL) において、3D プリンターは単なる出力機器ではなく、発想を具体化し、社会的価値を伴う製品や作品を生み出す媒介として機能することが期待されている<sup>(6)(7)</sup>。

海外の動向としては、台湾と米国、英国などで学校教育における 3D プリンターの活用が進んでいる。

台湾では、教育部 (日本の文部科学省に相当) が 2016 年から、自造者教育 (Maker Education) の推進に向けて大規模な予算を投入し、学校へのデジタルファブリケーション機器の整備を進めた。また、それらを活用できる教員の養成や研修にも力を入れている。具体的には、台湾北部の宜蘭自造者教育センターにおいて、「3D プリンター発明創造課程」など、実践的で創造的な問題解決を目的としたカリキュラムが提供されている<sup>(8)</sup>。

米国では、カリフォルニア州やニューヨーク州など多くの州で 3D プリンターを導入し、メイカースペース (Makerspace) を学校内に設置するなど、生徒が自由にデジタル工作を行っている。カリキュラム例には、K-12 教育 (小・中・高校) で 3D デザインとプリンティングを学ぶことや STEM プログラム (NASA との連携で宇宙関連の 3D モデルの作製) がある<sup>(9)</sup>。

英国では、2014 年に改訂された国家カリキュラムの中等教育段階の教科「Design and Technology (D&T)」において、3D プリンターなどのデジタルファブリケーション技術を活用する学習内容が正式に位置づけられた。初期の活用は、工学的なプロトタイプングや製品設計など、技術教育としての側面が強かったが、近年では STEAM 教育の文脈での導入が広がっている。これは、小型 3D プリンターの普及により導入の障壁が下がっ

たこと、さらにその特性が創造性、批判的思考、協働的問題解決力といった STEAM 教育の中心的な能力育成に適していることによると考えられる。現在では、D&Tにとどまらず、Art & Design、歴史、科学など多様な教科において、生徒が自らのアイデアを形にする手段として 3D プリンターが活用されている<sup>(10)</sup>。

日本では、3D プリンターを学校教育で活用する事例が 2014 年頃から報告されている<sup>(11)</sup>。2019 年には、中学校教材整備指針に 3D プリンターが追加された<sup>(12)</sup>。筆者らは、学習指導要領解説における 3D プリンターの記述を、小・中・高等学校の全教科について、旧版(平成 20・21 年告示)と新版(平成 29・30 年告示)で比較した。その結果、旧版では記載が見られなかったものの、新版では中学校の①技術・家庭科、高等学校の②美術科、③情報科、④工業科の 4 教科において新たに 3D プリンターの使用が明記されていた<sup>(13)</sup>。さらに、令和 6・7 年度の高専 DX 加速化推進事業(DX ハイスクール)では、支援対象例として 3D プリンターの整備が示されている<sup>(14)</sup>。これらの動向から、今後、学校教育における 3D プリンターの活用がより進むことが推察される。

日本の初等中等教育において 3D プリンターの導入が進みつつあるものの、日本における STEAM 教育の実践と 3D プリンターの活用には、いくつかの課題がある。第一に、教科横断的な授業モデルや教材資料の蓄積が十分ではないこと、第二に、機器の導入は進んでいるものの、運用体制や安全管理指針の整備、消耗品や保守費用の確保など、実務上の課題が多いこと、第三に、教員養成課程で 3D モデリングやデジタルファブリケーションに関する体系的な学びが行われておらず、授業づくりに不安を抱く教員が少なくないことがある。また、教育効果の検証や評価規準の開発も十分とは言えず、単発的な実践報告にとどまる傾向が見られる<sup>(11)</sup>。

こうした背景のもと、学校教育における STEAM 教育と 3D プリンターの活用については、今後の実践や研究を支える知見と資料を蓄積していくことが求められるよう。そこで、本稿では、スペインのバスク自治州(以下、バスク州)が展開する STEAM 教育戦略に着目した。バスク州の STEAM 教育に関する調査研究は、先進的な実践事例として貴重な資料的価値を有すると考えられるものの、国内でその資料は十分に蓄積されていない。日本における STEAM 教育の深化と 3D プリンター活用の高度化に向けた基礎的な資料となることが期待できる。

具体的には、(1)バスク州で実施されている STEAM 教育戦略「Estrategia de Educación STEAM Euskadi」の概要を整理し、(2)その一環として 3D プリンターを活用した授業事例を観察・考察した。国外における STEAM 教育および 3D プリンター活用の現状を把握し、日本の教育実践に資する基礎的な資料を得ることを目的とする。

なお、本稿では、スペイン在住の第二著者と現地調査を行った。第二著者は、バスク州に隣接するナバーラ州在住で、自身の子供らが現地の学校に通学・卒業したためスペインの初等中等教育に関する実地的な知見を備えている。日本語を母国語とし、スペイン語学科を卒業後、長年スペイン語の通訳・翻訳の仕事にも携わ

っている。バスク語はヨーロッパ言語共通参照枠(CEFR)における C1 取得者(現在 C2 取得中)であることから、その翻訳においては相応の信頼を得られると考える。

## 2. スペインバスク州の STEAM Euskadi

### 2.1 本章の目的

スペインバスク州で実践されている教育戦略「Estrategia de Educación STEAM Euskadi(以降、STEAM Euskadi)」について、その成立の背景や掲げられている目標などの概要を読み取り整理する。

### 2.2 方法

STEAM Euskadi のウェブサイト(図 1)(<https://steam.eus/es/>)から、著者らがその内容を日本語で整理した。ウェブサイトはスペイン語とバスク語で書かれており、翻訳機能では不確かな箇所は第二著者の確認をもとにまとめた。



図 1 ウェブサイト STEAM Euskadi のページ

### 2.3 結果

#### 2.3.1. 発足時の時期と背景

2018 年 6 月、バスク州政府(Eusko Jaurlaritza)の教育省(Departamento de Educación del Gobierno Vasco)が主導し、イノベーション機関(Innobasque)が専門的な支援を行う形で「バスク州 STEAM 教育戦略(Estrategia STEAM Euskadi)」が正式に発表された。これにより、STEAM 教育が州の正式な教育戦略として開始された。この戦略は、科学(Science)、技術(Technology)、工学(Engineering)、芸術(Arts)、数学(Mathematics)を統合的に扱う教育の推進を目的としており、教育、産業、研究の三領域を横断する枠組みとして策定されたものである。その背景には、バスク州政府の教育基盤整備計画である「Plan Heziberri 2020<sup>(15)</sup>」や「Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación 2020<sup>(16)</sup>」など、科学技術人材の育成を重視する既存の政策群がある。STEAM Euskadi はこれらの政策を継承しつつ、幼児教育から大学、職業教育(Formación Profesional)に至るまでの一貫した STEAM 学習体系を確立することを目的としている。

なお、Euskadi(エウスカディ)はバスク語で「バスク(州)」を意味する。

表1 STEAM Euskadi が掲げる目的と重点施策

目的 (OBJETIVOS)	重点施策 (LÍNEAS ESTRATÉGICAS)
目的1 (Objetivo 1) : すべての教育段階において科学技術教育を推進し、社会経済的主体との連携を強化する	L1- 初等教育から大学・職業教育まで、各教育段階におけるSTEM・STEAM教育の充実を図る
	L2- 各教育段階間 (例: 小・中・高・大学・職業教育) における接続と連携を強化する
	L3- STEAM教育の発展を支えるため、教員の専門性向上や養成を推進する
	L4- STEM分野の学生・卒業生とSTEAM教育とのつながりを深める
目的2 (Objetivo 2) : 特に女子生徒に焦点を当て、科学技術分野への志望形成を支援する	L5- STEM分野における教育的・職業的キャリア支援を強化し、ジェンダーの偏りを是正する
	L6- 教育機関・職業教育機関・社会経済団体の連携・協働を促進する仕組みを整備する
	L7- 若者がSTEM分野に関心を持ち、挑戦できるような特別なプログラムや取組を展開する
目的3 (Objetivo 3) : 科学文化と技術リテラシーを広く市民社会に普及させる	L8- 科学技術やSTEAMに関する普及啓発・広報活動を推進する
	L9- STEM関連の職業がもたらす可能性や魅力を社会に発信し、可視化する
L10- STEAM戦略の実施状況を把握し、継続的に改善を図るための調整・評価の仕組みを構築する	

\*Estrategia de Educación ([https://steam.eus/wp-content/uploads/2020/07/STEAM\\_Euskadi\\_aurkezpena\\_gazt.pdf](https://steam.eus/wp-content/uploads/2020/07/STEAM_Euskadi_aurkezpena_gazt.pdf)) に記載されている内容をもとに筆者らが日本語にて作成

### 2.3.2. 理念

STEAM Euskadi の理念は、科学技術と芸術・人文を相互に関連づけ、学際的な問題解決を通して学習者の能力を総合的に育成することにある。科学・技術・工学・数学の学問領域に芸術的・人文的視点を融合させ、現実社会における課題に創造的かつ責任ある態度で向き合う人材を育てることをねらいとする。この教育は、単に知識伝達を目指すのではなく、実験、探究、モデル構築、協働的対話を重視し、学習者が自らの仮説を立て、検証し、再構築する「探究 (Indagación)」を核としている。その理念は「科学技術への志向の喚起」「STEM能力の向上」「社会変革への主体的参加」によって構成されている。

### 2.3.3. 掲げている目的 (戦略)

STEAM Euskadi の目的は三つに整理され、第一に、すべての教育段階において科学技術教育を推進し、社会経済的主体との連携を強化すること、第二に、特に女子生徒に焦点を当て、科学技術分野への志望形成を支援すること、第三に、科学文化と技術リテラシーを広く市民社会に普及させることとされている。これらを実現するために十項目の重要施策 (戦略的行動方針) が設定されており、その内容は、教育段階間の接続強化、教員養成の拡充、産業界と教育機関の協働、女子の理系キャリア支援、科学文化の普及啓発、ならびに戦略モニタリング機構の整備など、多方面に及んでいる。表1に日本語で整理した。

### 2.3.4. 具体的なプログラム

戦略の実現に向けて、バスク州では複数のプログラムが企画・実施されている (図2)。主な取り組みは次のとおりである。

・STEAMWORLD: 実験、作製、プロトタイプングなどを通して STEAM 文化を体験的に学ぶことを

目的とした教育・職業教育空間の整備。学習者が「考える・創る・構築する・試す・実行する」プロセスを重視している。

・VIRTUAL STEAM: 職業教育において「A (Arts)」の要素を強化し、創造的思考力や生成的知性、価値観の教育 (Valores 4.0) の育成をねらいとする。Valores 4.0 は、職業教育 (Formación Profesional) において、技術的能力の習得に加え、連帯・包摂・責任・持続可能性などの社会的価値を育成する教育プログラムである。

・3Dira: 小学生に STEAM 教育をより身近なものにする取り組みとして、小学生が職業教育学校 (Centros de Formación Profesional) と連携し、3D プリンターの一連のプロセスを体験することを目指すプログラム。チームプロジェクトによる開発や技術リテラシーの向上など実践型学習を重視する。

・Iniciativa Global de Formación: 科学的・数学的能力を高めるためのモジュール型研修を公立学校教職員に提供し、すべての公立校が参加することを目指している。

・BERC Zientzia Zabalduz: 基礎科学研究センター (BERC) とバスク州大学 (UPV/EHU) が連携し、科学文化の普及を図る啓発プログラム。

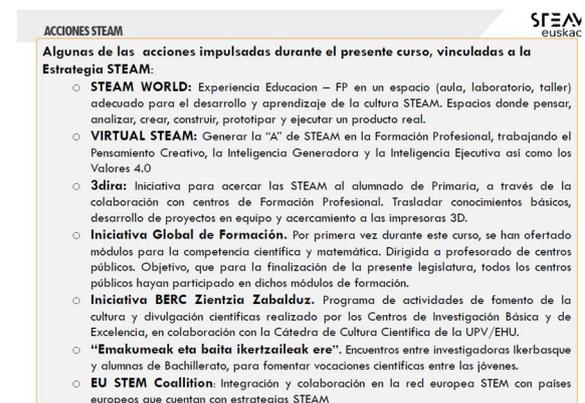


図2 STEAM Euskadi で進めるプログラム

- ・Emakumeak eta baita ikertzaileak ere : 女性研究者と女子高校生との交流を通じて、女子生徒の理系志向を促す取組。
- ・EU STEM Coalition : 欧州各国のSTEAM戦略との連携を目的とする国際ネットワークへの加盟。

### 2.3.5. 表彰制度, 認証制度, 支援制度

STEAM Euskadi では、優れた実践や連携活動を表彰する制度を設けている。代表的なものに「STEAM Euskadi Sariak (STEAM Euskadi 賞)」があり、これは教育機関(幼児教育から高等学校)、大学・職業教育機関、社会経済的主体の3つのカテゴリーを対象に、STEAM教育分野に優れた貢献を認定・表彰する制度となっている。表彰の構成は、カテゴリー毎に1位、2位、および「ジェンダー視点(Mención especial perspectiva de género)」の各賞が設けられている。賞金額は、最新の公募案内では「1位 € 3,000」「2位 € 2,000」「ジェンダー視点 € 1,000」と記されていた。

また、教育機関やプロジェクトに対し、STEAM Euskadi 戦略と合致した取り組みを認証する Sello という認証制度がある。この認証は、教育、職業教育、そして大学の代表者で構成される評価チームによって行われており、認証(Sello)を受けた取り組みや事例はウェブサイトで紹介されている。2025年10月末時点で318の団体が認証されている。

支援制度として、教育機関外の専門家・企業・研究機関等の協力ネットワーク(STEAM Euskadi Kide)、行政・教育機関・企業の三者連携によるプロジェクトを支援する制度(STEAM Euskadi Hiru Sare)、戦略の進捗と主要指標を継続的にモニタリングする観測機関(STEAM Euskadi Behatokia)の存在が記載されていたが、具体的にどのような活動で、どのような支援を行っているかについて詳細は得られていない。

### 2.3.6. まとめ

STEAM Euskadi は、バスク州政府が推進する科学・技術・工学・芸術・数学分野を統合した教育戦略であり、教育段階を超えたSTEAM人材育成を目的としている。幼児教育から大学・職業教育までを対象とし、学校教育の充実と社会との連携を重視する。

掲げている戦略に「女子生徒の科学技術分野への志望形成を支援すること」が明示されていることが特徴的であった。

行政、教育機関、企業、研究機関が協働し、実践共有や優れた取組を表彰する制度として「STEAM Euskadi Sariak (賞)」を設け、またSTEAM Euskadi 戦略と合致した取り組みを認証する制度があった。

教育機関外の専門家や企業による協力ネットワーク「STEAM Euskadi Kide」、三者連携プロジェクトを支援する「Hiru Sare」、進捗を継続的に評価する「Behatokia (観測所)」などの仕組みを整備している

が、その詳細についてはさらなる調査が必要である。

3Dプリンターの活用については、「3Dira」プログラムに示されるように、小学生にとってSTEAM教育をより身近なものとする取り組みとして位置づけられている。このプログラムでは、職業教育学校との連携のもと、小学生が3Dプリンターによる設計から出力までの一連のプロセスを体験することが目指されており、STEAM Euskadi が実践型学習を重視していることを示唆している。

## 3. バスク州の初等中等教育における3Dプリンターの活用事例

### 3.1 本章の目的

STEAM Euskadi の一環として3Dプリンターを導入している学校を訪問し、実際の授業を観察することで、STEAM Euskadi の実態の一端を解明する。

スペインの義務教育は、小学校(6年制)から中学校(4年制)までであり、カリキュラムは各州に委ねられている。学年度は9月第1週または第2週から始まり翌年6月の第3週頃に終わる。6月中旬から9月初旬までは夏季休暇となる。

なお、義務教育を修了すると、「Graduado en Educación Secundaria Obligatoria (修了証)」が授与され、主に以下の後期中等教育へ進学する。

- ・Bachillerato : 大学進学を目指すための2年間の課程(日本の高等学校に相当)。
- ・Formación Profesional de Grado Medio : 職業教育を目的とした課程。

### 3.2 方法

STEAM Euskadi に参加している団体組織である、ビルバオにある初等中等教育の学校を訪問し、授業を観察することにした。ビルバオに限定した理由はバスク州の最大都市であり、他の地域に比べ対象校が多いと推察したことに加え、限られた滞在期間においても複数校の訪問を試みるためであった。2025年3月末の時点で、STEAM Euskadi に参加している団体組織は約300あり、そのうちビルバオに所在する小学校、中学校、高等学校は約30校であった。

3Dプリンターを活用している学校の選出にあたっては、第二著者が州の教育省及びビルバオ市役所に電話とメールで問い合わせたものの、STEAM Euskadi において3Dプリンターを使用している学校の紹介について具体的な情報提供は得られなかった。そのため、学校に直接依頼をした。複数校に電話とメールで問い合わせたところ、2校から授業観察の受け入れの許可を得た。

許可を得た2校を訪問し、授業を観察した。いずれも2025年5月14日に第一著者と第二著者が訪問した。授業観察と指導教員への質問等から3Dプリンターを活用した授業の実態をとらえ考察した。

### 3.3 結果

#### 3.3.1. 事例1・A校

■場所：ビルバオ市内の中心部にある Moyua (モユア) 広場から徒歩約 10 分。

■A校の概要：イエズス会の準公立校でスペイン教育省の認可を受けた教育課程を準拠しつつ、その中で独自の教育方針 (キリスト教) に基づいたカリキュラムを実施している。小学校 (6 年制), 中学校 (4 年制), 高等学校 (2 年制), さらに Formación Profesional de Grado Medio (職業教育課程) を併設している。

#### ■観察した授業の概要

・中学校 4 年生 (16~17 歳), 生徒の数は約 30 名 (訪問日は教室変更にともない遅刻者や欠席者が多かったようだが細かく出欠を確認している様子は無かった)。図 3 に授業の様子を示す。

- ・授業時間は、午前 8 時 30 分~9 時 20 分だった。
- ・科目名「Teknologia (テクノロジー)」, 1 年間に 3 期に分け、訪問した 5 月はサーキット (電気回路) をテーマにした第 3 期にあたった。
- ・4 年生約 150 名中、約 30 名が受講する選択授業。
- ・課題は「ネームプレートのようなもの」の作製であった。

#### ■授業観察と担当教員への質問等で得た事柄

- ・担当教員は「本授業は STEAM Euskadi の一環で行っている」と説明した。
- ・この授業は週に 3 回設定されており、3D プリンターを使った本課題は 2 週目に入ったところだった。観察した授業は 4~5 回目の授業だった。

・授業では冒頭に教員からの指示や説明をする場面は特に設けられず、生徒各自の判断で、3D モデリングを進めたり、モデリングが完成した生徒は印刷を

教員に依頼したりするといった活動が見られた。

・昨年は教室に 3D プリンターが 1 台しかなかったが、現在は教室内に少なくとも 6 台の 3D プリンターと 1 台のレーザーカッターを常設していた (図 4)。そのうち複数台は職業教育課程から譲り受けた中古品とのことだった。

・昨年までは、生徒が作製した 3D データのうち代表的な作品 2~3 個を印刷するのみだったが、今年は台数が増えたため全員分を印刷する予定とのことだった。

・3D モデリングソフトウェアには Tinkercad を使用していた (図 5)。また、以前の課題でドラえもんをモチーフに 3D モデリングをした生徒がいたということでそのデータを見せてくれた (図 6)。

・生徒に 3D モデリングについて質問したところ、「Tinkercad の使い方を習得するのは簡単で、分からない時はビデオ見る」と答えた。

・生徒が作製した 3D データ (STL ファイル) は、メールに添付するなどして教員の PC に送付し、教員が 3D データをチップに移動して 3D プリンターに差し込み、印刷をする。教員の PC と 3D プリンター間では Wi-Fi を使いたかったものの上手くいかないことが多かったようだ。

・授業の中で生徒のデータで印刷を始めたが完了まで至っていなかった。

・教員は学校全体で 120 名程度、中学校には約 40~50 名おり (他の校種と兼任している教員もいる)、そのうち 3D プリンターの授業ができる教員は 4 名程度とのことだった。

・観察した授業を担当した教員はもともとテレコミュニケーションエンジニアリングの専門家であったが、STEAM Euskadi の戦略を受け、学校の判断で 3D



図 3 A校の授業の様子



図 4 壁側に 3D プリンターが並ぶ



図 5 Tinkercad で作製している画面

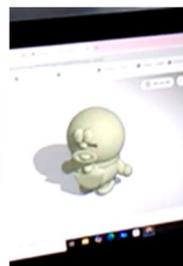


図 6 過去の作例



図 7 Classroom を開いている様子

プリンターの授業をすることになったようだ。

・授業の学習目標については、STEAM Euskadi が提示するおおまかな目標を参考にしつつ教員が設定しているとのことだった。本課題の評価は、印刷物ではなく、作製したイメージ (3D データ) を評価対象にしており、「今回は簡単な課題なので、しっかり作製して提出したかどうか、つまり、やったかやらないかで評価している」とのことだった (順位は付けられないと思われた)。

・3D プリンターを使用する教育的なメリットについて教員に尋ねたところ、「意欲がわく」「主体的に活動する」とのことだった。

・STEAM Euskadi に対応した授業は他にどのようなものがあるか尋ねたところ、「学校によって違うが、本校では中学3年から設けており、プログラミング、スクラッチ、ウェブデザインなどがある」とのことだった。

・授業ツールとして Google Classroom を使用していた (図7)。生徒に尋ねたところ、「ほとんどの教科で使用している」と答えていた。

・3D プリンターを利用したこのような授業はコロナ前の2020年頃から開始した。

### 3.3.2. 事例2・B校

■場所：ビルバオ市内の中心部にある Moyua 広場から徒歩約25分。

■B校の概要：ビスカヤ教区カトリック教育共同体に属するバスク語による教育を中心とした準公立校。スペイン教育省の認可を受けた教育課程を準拠しつつ、その中で独自の教育方針 (キリスト教、バスク語教育) に基づいたカリキュラムを実施している。幼児教育 (2~6歳)、小学校 (6年制)、中学校 (4年制) を併設し、授業は基本的にバスク語で行われる。

■観察した授業の概要

- ・中学校2年生 (14~15歳)、28名
- ・授業時間は、午前11時~11時50分だった。
- ・科目名は「テクノロジーとデジタル」、週に2~3時間設定されている。

・課題は「Murrizketa (削減)」をテーマに、汚染の削減など環境悪化に歯止めをかけるようなプロジェクトを考え、それを実行するためのシステムを考案し、その模型 (プロトタイプ) を作製する。過去には、健康、騒音、病気などのテーマがあった。

■授業観察と担当教員への質問等で得た事柄

- ・担当教員は「本授業はSTEAM Euskadi の一環で行っている」と説明した。



図8 教材室にある3Dプリンター



図9 左:チームAの模型 右:回路部分も検討していた

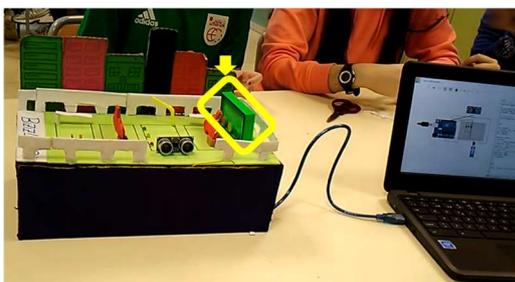


図10 チームBの模型

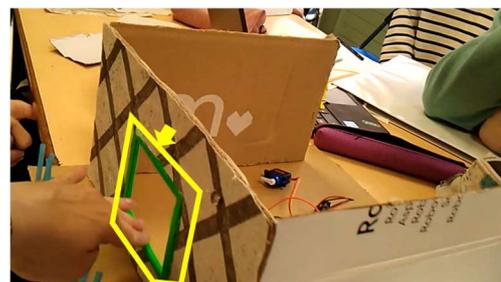


図11 チームCの模型



図12 左:チームDの模型 右:3Dプリンターで印刷した支柱



図13 チームEの模型

- ・本課題には約8時間の授業をあて、終盤(7時間目くらい)にあたる授業を観察した。
- ・教室にはガラスで仕切られた教材室が隣接しており、少なくとも2台の3Dプリンターが設置されていた(図8)。
- ・3DモデリングソフトウェアにはTinkercadを使用していた。
- ・ひとチーム5~6名の5チームに分かれ、各チームで課題に取り組んでいた。
- ・この課題では、はじめに、社会にはどんな環境問題があるか、どう解決できるのか、そのためにどのようなシステムが必要かといった議論に3時間程度かけた。

そのシステムのイメージを伝えるために各チームが作製した模型について説明する。

チームAは、排気ガスの排出基準を満たす車のみが町を通過できるシステムの模型を作製していた。図9左下の緑の部品は3Dプリンターで出力したもので、交差点に設置される噴水になるという。図9右に示す模型には、排気ガスの基準を満たすかどうかを判定するセンサーと、それを操作する回路を組み込む意図が見られたが、実際には作動していなかった。担当教員によれば、この学習活動では、精密な模型の完成を目的とはせず、あくまでアイデアや仕組みのイメージを共有・伝達することに重点を置いているという。3Dプリンターで作製した部分は各図で四角に囲って示した(以降同じ)。

チームBは、カード読み取りセンサーを使用し、自転車を効率よく駐輪するためのナビゲートシステムを作製していた。掲示板を3Dプリンターで印刷した(図10)。

チームCは、光センサーを用いて、日差しの強弱によって自動でカーテンが開閉するシステムを考案し、窓枠を3Dプリンターで印刷していた(図11)。

チームDは、食べすぎ防止のシステムを考案し、その模型では図12右に示したように、掲示板の支柱を3Dプリンターで印刷していた。

チームEは、温度センサーを用いて、気温が40度を超えたらスマートフォンにアラームを鳴らすシステムを提案した。スマートフォンの模型を3Dプリンターで印刷した(図13)。

図9から13のように、B校では、主にダンボールを用いて模型を作製し、模型の一部のみを3Dプリンターで印刷していた。

- ・評価方法は、生徒が付けた自己評価と教員が付けた成績を突き合わせることもあり、各教員に一任しているとのことだった。
- ・ここ4年間ほどSTEAM教育のための助成金を得ていると説明していた。
- ・Google Classroomを使用していた。  
なお、過去には以下の活動があった。
- ・B校は、「Neuronak mArtxan(ニューロン作動中)」

という課題で、2020年にSTEAM Euskadi Sariakを最初に受賞した。2.3.5.において、STEAM Euskadi Sariakには3つのカテゴリーと1位2位等の各賞があることを示したが、B校が受賞した2020年時点では賞の細分化はされていない。受賞者(校)は全部で4組あった。

・過去には模型を持って企業にプレゼンテーションに行ったことがあった。

・STEAM Euskadiの一環として、数学の授業では、通りに出てアンケートを取り、それをグラフにするような実践的な活動をしたことがあった。

### 3.4 考察

訪問した2校はいずれも中学校であり、活用事例1と2はともにSTEAM Euskadiに基づく授業であったが、授業づくりや成果物には違いが見られた。A校では、3Dモデリングを行うことと3Dプリンターで印刷すること自体が学習の目的となっていた。一方、B校では、環境問題の削減をテーマに課題を設定し、その解決策となるシステムを考案したうえで、そのイメージを共有するための模型を作製していた。模型の部品の一部に3Dプリンターが活用されていた。模型の一部のみであれば印刷時間の短縮にもなったと思われる。元中・高等学校教員である第一著者は、B校の授業は課題解決を思考するプロセスが設けられており、探究的かつ協働的な学びを伴っていた点で、STEAM教育として高く評価できると考えられる。加えて、第2章で述べたように、バスク州のSTEAM Euskadiは、「戦略構想—施策化—実施—評価(表彰・認証)—支援」という教育戦略のサイクルが整備されていたが、B校はSTEAM Euskadi Sariakを最初に受賞した学校であることから、評価・表彰制度がしっかりと機能していることがうかがえた。

ところで、日本の小学校高学年の図画工作科に、「ドリームプラン」という題材例<sup>(17)</sup>がある。その内容は、「みんなが楽しく幸せに暮らせるか、環境や安全・安心など社会の問題も考えて学校や街のプランを考えよう」というもので、社会課題の解決をめざして建築や街づくりのシステムを構想し、段ボールや粘土などを用いて模型を作製する活動である。B校の授業内容はこの題材と共通する点が多く、教科の枠を超えたSTEAM教育の授業モデルとして、日本においても教材開発やカリキュラム設計への応用が期待できる。

## 4. おわりに

スペインバスク州で実践されているSTEAM教育戦略「STEAM Euskadi」の概要を調査し、その一環として3Dプリンターを活用した授業を行っている2校を訪問し授業観察を行った結果、主に以下の事柄が確認された。

- ・STEAM Euskadiは、バスク州政府が主導・推進す

る教育戦略であり、幼児教育から大学・職業教育までを対象としていた。

・「女子生徒の科学技術分野への志望形成を支援すること」が明示されていた。

・表彰制度として「STEAM Euskadi Sariak (賞)」を設け、また、STEAM Euskadi 戦略と合致した取り組みを認証する制度があった。

・「3Dira」プログラムでは、職業教育学校と連携し、小学生が 3D プリンターによる設計から出力までの一連のプロセスを体験することを目指していた。

・授業観察した 2 校とも、3D モデリングは Tinkercad で作製し、授業ツールには Classroom を使用していた。

・A 校と B 校の比較から、3D プリンターの活用には、機器の操作や出力そのものを目的とする場合と、探究的な学びの一部として位置づける場合の違いがあり、その方針は学校や担当教員の裁量に委ねられていることが明らかになった。

・STEAM Euskadi Sariak を受賞した学校では、探究的な学習のなかで 3D プリンターを活用している事例が確認された。

本稿における現地教員への聞き取りは、授業進行の合間に限られた時間で実施されたものであり、探索的な調査の段階にとどまっている。また、本稿では主として 3D プリンターの活用に焦点を当てたため、バスク州における教育システムの構造や歴史の変遷、人種・宗教的背景を基盤とする公立・私立学校の成立などについて十分な検討を経て授業観察に臨んだものではなかった。そのため、本資料の示す範囲は限定的である。今後は、歴史・文化的背景や教育制度の成り立ちを踏まえつつ、STEAM Euskadi における、女子生徒支援の実態、「3Dira」プログラムで示されている 3D プリンター活用の実態などについてより深く調査を進めていく必要がある。

## 謝辞

Gure eskerrik beroenak adierazi nahi dizkiegu bi eskolei eta haien irakasleei, gure bisita onartzeagatik (私たちの訪問を受け入れてくださった両校と先生方に心より感謝申し上げます)。本稿は、「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第 3 期/バーチャルエコノミー拡大に向けた基盤技術・ルールの整備」(JPNP23025)、科学研究費補助金(課題番号 25K06142)の支援を受けた。

## 付記

観察した 2 校の使用言語は、A 校はバスク語を主に、時おりスペイン語を交えながら、B 校はバスク語のみで授業が行われていた。日本の方言と違い、スペイン語とバスク語は全く違う言語であるため、現地の授業観察は、両言語に精通した第二著者と協働することで成しえることができた。

## 参考文献

- (1) UNESCO: “Education for Sustainable Development”, A Roadmap. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, (2020).
- (2) OECD: “The Future of Education and Skills”, Education 2030 Position Paper. OECD Publishing, (2018).
- (3) Hunsicker, M. E., & Woytek, K. E.: “Laying the Groundwork for STEAM: Scaling and Supporting 3D Design and Printing in Higher Education”, *Frontiers in Education*, 6, (Article 763362) (2022).
- (4) Bicer, A., Nite, S., Lee, Y., & Lee, S.: “Moving from STEM to STEAM: The effects of informal STEM learning on students' creativity and problem-solving skills with 3D printing”, *Frontiers in Education*, 2, (Article 65) (2017).
- (5) Arslan, A. & Erdoğan, İ.: “Teachers' Views on the Use of 3D Printing in Education”, *International Journal of Progressive Education*, 17(3), pp. 111-129, (2021).
- (6) Stansell, Tyler-Wood & Morel: “Assessing Project based Learning with 3D Printing”, 8th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU), Vol. 2, CSEDU, pp.142-146, (2016)
- (7) 門田和雄: “門田先生の 3D プリンタ入門 何を作るのか、どう役立つのか”, 第 8 章, 講談社 (2015).
- (8) 門田和雄: “STEM 教育を重視した台湾北部の自造者教育”, 日本 STEM 教育学会 第 1 回年次大会 一般研究発表予稿, pp.44-47 (2018). <https://www.j-stem.jp/wp/wp-content/uploads/2018/10/R14.pdf>, (Referenced on Nov. 1, 2025).
- (9) [https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2019/it\\_7.html](https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2019/it_7.html), (Referenced on Nov. 1, 2025).
- (10) Design and Technology GCSE subject content, Department for Education, (2015).
- (11) 白井昭子, 登本洋子, 渡邊洋輔, 古川 英光: “3D プリンターを活用した学校教育における研究の傾向と児童を対象にした研究事例の考察”, コンピュータ利用教育学会 CIEC 春季カンファレンス論文集, Vol. 12, pp.80-85 (2021).
- (12) 文部科学省: 中学校教材整備指針, [https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/detail/\\_icsFiles/fieldfile/2019/08/06/1316723\\_4\\_2.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/fieldfile/2019/08/06/1316723_4_2.pdf), (Referenced on Nov. 1, 2025).
- (13) 白井 昭子, 登本 洋子: “学習指導要領解説における 3D プリンターの取扱いと記載内容の整理”, 日本教育工学会研究報告集, 2022 巻, 1 号, pp.143-146 (2022).
- (14) 高等学校 DX 加速化推進事業 (DX ハイスクール), [https://www.mext.go.jp/content/20250417\\_mxt\\_koukou01\\_000039718\\_0000.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20250417_mxt_koukou01_000039718_0000.pdf), (Referenced on Nov. 1, 2025).
- (15) Plan Heziberri 2020, [https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/inn\\_doc\\_sist\\_educativo/es\\_def/adjuntos/000009c\\_Pub\\_EJ\\_heziberri\\_2020\\_c.pdf](https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/inn_doc_sist_educativo/es_def/adjuntos/000009c_Pub_EJ_heziberri_2020_c.pdf), (Referenced on Nov. 1, 2025).
- (16) Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación 2020, <https://www.euskadi.eus/pcti-euskadi-2020/web01-a2lehpcet/es/>, (Referenced on Nov. 1, 2025).
- (17) 水島尚喜ほか: “見つめて広げて図画工作 5・6 下”, pp.44-45, 日本文教出版 (2018).

(2025 年 11 月 26 日 受付)

(2026 年 1 月 28 日 採録)

# 4年制大学の新生向けデータ・サイエンス教育

## Data Science Education Oriented toward Freshmen

来栖 正利\*1・保田 洋\*1

Email: Masatoshi\_Kurusu.red.umds.ac.jp

\*1: 流通科学大学 商学部 経営学科

### 抄録

4年制大学のデータ・サイエンス教育(以下、データ・サイエンス教育と略す)が学部学生(新生)に与える影響を本稿は議論する。これを、データ・サイエンス教育に含まれる入門科目を履修した学生の学習前と学習後における習得知識の活用度の調査結果の考察によって、行った。この考察は、習得知識の正確な理解を求め、既有知識との融合を図るデータ・サイエンス教育が必要であるという筆者の考えに基づいている。これらの議論を通じて、本稿は次の点を主張する。実質陶冶の利活用を主眼とするデータ・サイエンス教育の成否は学習者の思考の「質」に影響を与える形式陶冶の育成如何にかかっている。したがって、単なる知識の伝達に留まらず、一個人の一度しかない人生を思い描いたように過ごすことができる実現可能性を自力で高めるための「思考の基盤(行為規範)」を育成するデータ・サイエンス教育を高等教育機関は志向すべきである。

◎Key Words データ・サイエンス教育, 習得知識の活用度, 形式陶冶, 思考の基盤(行為規範)

## 1. はじめに

4年制大学のデータ・サイエンス教育が学部学生(新生)に与える影響を本稿は議論する。これを、データ・サイエンス教育に含まれる入門科目を履修した学生の学習前と学習後における履修者の習得知識の活用度の調査結果を組上に載せて、行う。ここで「習得知識の活用度」を、総務省統計局(2022)が提示している問題に対する履修者の解答状況に着目して、評価する<sup>(1)</sup>。

データ・サイエンス教育の一環としての入門科目(1年次配当)が開講された。当該科目の履修者の「習得知識の活用度」を高めるために、総務省統計局(2022)が提示した教育内容に依拠した独自教材を作成し、2022年度の講義を当該科目の教授者は行った。2022年度の履修者に実施した授業アンケートの内容も踏まえ、全面改訂版の教材を用い、2023年度と2024年度の当該科目を当該科目教授者は行った(詳細を後述する)。

独自教材の全面改訂方針を、当該科目教授者の教授力を無視して、述べよう。まず、概念説明や算定式を減らす一方、図表を多く採用し、履修者の視覚に訴える紙面作りを意識した。当該教材が履修者に与える影響に着目し、上述の議論を行うことが本稿の特徴である<sup>(2)</sup>。次に、2022-2024年度(3回分)の当該科目の履修者の「習得知識の活用度」の推移の議論も、データ・サイエンス教育改善のための検討材料として役立つと期待される。そして、「気づき」の多様性を育む「データの読み取り」に着目して「習得知識の活用度」の評価を行った。本稿は、社会科学系の高等教育機関が提供するデータ・サイエンス教育の充実を図るための参考になるだろう<sup>(3)</sup>。

AI(Artificial Intelligence: 人工知能)時代に対応できる人材育成を掲げる内閣府(2019)<sup>(4)</sup>に則って、文部科学省(2021)<sup>(5)</sup>は高等教育機関のデータ・サイエンス教育を推進している。これを受け、私立大学情報教育協会(2021)も指針を公表した<sup>(6)</sup>。これらの共通事項はデータ・サイエンス教育の「質」の継続的な拡充を高等教育機関すべ

てに要請していることである<sup>(6)</sup>。

とはいえ、データ・サイエンス教育に話を限定するにしても、高等教育機関はいくつかの課題を抱えている。例えば、(a)データ・サイエンス教育を先導できる専門教員の確保の困難さ<sup>(7)</sup>、(b)在校生の数字に対する苦手意識<sup>(8)</sup>の緩和/克服のための支援の不十分さ、そして(c)日本在住1年程度の留学生の日本語能力を主因とする学習の困難さ、等である<sup>(9)</sup>。

以上のような問題意識に基づく本稿の構成は次の通りである。まず、データ・サイエンス教育の入門科目の概要を述べる。次に、当該科目の講義運営が履修者に与える影響の評価方法を述べる。さらに、履修者への教育効果を紹介、考察し、本稿の限界とデータ・サイエンス教育に関する提言を行う。そして最後にまとめを行い、本稿を終える。

## 2. 方法論

### 2.1 講義構成

数理・データサイエンス・AI教育強化拠点コンソーシアム(2020)が提示したモデル・カリキュラムの大半を踏襲した講義計画(表1)を作成し、データ・サイエンス教育の入門科目(1年次半期2単位[必修科目])を教授者は運営した<sup>(10)</sup>。講義テーマを「導入」と称した第1回~第7回の講義運営において、教授者は履修者に多種多様なデータを容易に創出・利活用できる状況(日常生活)に履修者が既にあることの実感を期待した。「データ」という言葉が履修者に訴える直観的理解に関連/対応する(専門)用語を説明し、日常生活の至る所でデータに触れていることを再確認できる講義を教授者は行った。

第8回~第13回の講義のテーマを「基礎」とし、データの分類、分析、加工方法を履修者が実践する機会とした。なお、第9回~第13回の講義内容(表1の太線の囲み部分)を履修者の「習得知識」の対象とし、3で示す問題の解答状況に着目し、履修者の「習得知識の活用度」

を教授者は評価した。これは、第1回～第7回の講義内容を習得することで、更新された履修者の既有知識の実践力の程度を評価するために行う調査である。

第14回と第15回の講義を「心得」をテーマとした。最初に、各種データの取り扱い如何によって生じるトラブルの加害者または被害者になってしまうことを詳説した。その上で、トラブル発生を未然に防ぐための、マナーや関連する法律の理解も含む、倫理観を履修者が理解し遵守できる価値観形成の学びとした。

なお、表1に示した講義計画に部分的な修正を施し、シラバスとして教授者は採用した。つまり、当該講義計画とこの内容をおおむね踏襲し、教授者は履修者に教授した。これは①高等教育機関に入学するまでのデータ・サイエンス教育に関する履修者の「基礎学力」の習熟度を評価すること、②当該学力の定着度に改善の余地がある個所を的確に把握しておくこと、そして③課題等を含む教授法の臨機応変な修正が可能な教授法を確保しておくこと、等を意図した。

表1 講義計画

回数	概要
導入	1 社会の変化と活用されているデータ1
	2 データ・AI利活用のための技術1
	3 社会の変化と活用されているデータ2
	4 データ・AIの活用領域
	5 データ・AI利活用のための技術2
	6 データ・AI利活用の最新動向
	7 AIと人、仕事、社会
基礎	8 生活の中でのデータ活用と解析手法
	9 データの表現・可視化・説明
	10 データを読む(分散・標準偏差・相関)
	11 データを扱う(表形式のデータ・ソート)
	12 データを読む(標本調査・検定方法)
	13 データを読む(ベイズ統計の応用)
心得	14 留意事項(個人情報の保護とは)
	15 AI社会で求められる倫理観

出所：数理・データサイエンス・AI教育強化拠点コンソーシアム(2020)。

## 2.2 「習得知識の活用度」調査

2.1で示した講義計画に基づき、履修者の講義内容の総合評価として集約した「習得知識の活用度」調査を教授者は次の手順に基づいて行った。出題する問題を、総務省統計局(2022)が提示している「あなたの統計力」に収録されている初級と中級の問題から履修者の受講状況等と講義内容を勘案し、教授者は選択した。

実施回数を第1回と第15回の講義時間の数分間での実施完了を条件とし、Microsoft Formsに転写した同一問題(選択式の合計5問)の解答を履修者に求めた<sup>(1)</sup>。なお、長短文の記述(入力)ではなく、選択肢を選ぶ解答形態にした。これは履修者総数を考えると収集済みのデータ処理の容易さを教授者が優先させたことに起因する。

加えて、異なる実施時期に同一問題の解答を履修者に求めたことの意味は、履修者が享受した教育効果を

評価することにある。これは履修者の既有知識を駆使した解答能力と教授者が独自作成した教材を用いた講義運営が履修者の既有知識に追加的に加わった「習得知識」の影響(教育効果)の程度を教授者が評価したいということを意味する。

## 3. 調査結果

### 3.1 履修者の解答状況

テーマ「基礎」に分類されている第9回～第13回の講義内容に関する履修者の「習得知識の活用度」を評価した。問題と各年度の正解率を列挙、併記した(図1～図5)。正解率を示した諸項目を、表2の雛型に沿って、説明する。問Xの正解をZとする20XX年度の履修者合計(日本人学生と留学生の合計人数)をNとし、日本人履修者をJN、留学生のそれをFNとする( $N=JN+FN$ )。第1回の講義で解答を求めた問Xの日本人学生の正解率をA%とする( $[JN1 \div JN] \times 100$ )。

第1回の講義で解答を求めた問Xの留学生の正解率をB%( $[FN1 \div FN] \times 100$ )とする。そして履修者合計N名に占める正解者数の比率をC%とする。

第15回の講義で解答を求めた問Xの日本人学生の正解率をD%とする( $[JN2 \div JN] \times 100$ )。次に、第15回の講義で解答を求めた問Xの留学生の正解率をE%( $[FN2 \div FN] \times 100$ )とする。次に、履修者合計N名に占める正解者数の比率を全体正解率F%とする。次に、(A%に対してD%)、(B%に対してE%)、(C%に対してF%)の差が負/正であれば、それぞれ教育効果の「あり」「なし」とし、それぞれ+/-の符号で表記する。

表2 解答状況の雛型

		20XX年度			教育効果
		履修者合計N名	第1回	第15回	
問X 正解Z	日本人	JN	A%(JN1)	D%(JN2)	+/-
	留学生	FN	B%(FN1)	E%(FN2)	+/-
	全体正解率		C%	F%	+/-

総務省統計局(2022)から厳選した五問を通じた教授者の全般的な「ねらい(期待)」を述べておこう。履修者の既有知識を駆使して比較的容易に解答可能と想定する問題を教授者は選んだ。既有知識を縦横無尽に駆使できることは履修者の自己評価を高めると同時に、一度しかない人生を思い描いた通りに過ごすことができる可能性を高めることに役立つ。これを、自己研鑽によって実現するための手段の一つとして、教授者が提供する講義を主体的に活用してほしいという期待である。この「総論」に基づいて、下記の問題毎の具体的な「ねらい」を個別に触れることにしよう。

### 3.2 習得知識の活用度 1-データの可視化

第9回の講義(データの表現・可視化・説明)で扱った「習得知識の活用度」の評価に用いた問1と年度別の解答状況(日本人履修者、留学生履修者、そして履修者全体の各正解率)を図1に示した。問1の出題を通じて、データが持つ属性のどの部分に基づく分類が可能なか、つまり、多角的に思考できることへの意識的な気づ

きを履修者に教授者は期待した。

2022-2024 年度の解答状況全体から、2023 年度の日本人履修者の正解率の低下を除き、講義内容の学習が履修者の習得知識の活用度を改善していることを図 1 の年度別の別解答状況は示している。問 1 の内容は次の通りである。

出所: 総務省統計局(2022)

問 1 の年度別解答状況は次の通りである。

問1 正解 ③	2022年度				
	履修者合計303名	第1回	第15回	教育効果	
	日本人 257	94.7%(243)	98.5%(253)	+	
	留学生 46	75.7%(35)	78.4%(36)	+	
全体正解率	91.7%	95.4%	+		
2023年度					
履修者合計308名	第1回	第15回	教育効果		
日本人 211	99.5%(210)	97.6%(206)	-		
留学生 97	83.5%(81)	88.7%(86)	+		
全体正解率	94.5%	94.8%	+		
2024年度					
履修者合計264名	第1回	第15回	教育効果		
日本人 162	95.7%(155)	98.1%(159)	+		
留学生 102	82.4%(84)	89.5%(91)	+		
全体正解率	90.5%	94.7%	+		

図 1 問 1 と年度別の解答状況

### 3.3 習得知識の活用度 2-データの関連性

第 10 回の講義(分散・標準偏差・相関)で扱った「習得知識の活用度」の評価に用いた問 2 と年度別の解答状況は図 2 の通りである。問 2 の出題は視覚に訴えるデータ加工の巧拙が、この作成者の意図を当該データの利用者の理解に影響を与えることへの自覚を促すことにある。図 2 は 2022 年度から 2024 年度へと教授者が提供した講義内容の学習が履修者の習得知識の活用度の改善を、とりわけ、2022 年度の教育効果よりも 2023 年度と 2024 年度のそれが顕著であることを示している。

問 2 の内容は次の通りである。

出所: 総務省統計局(2022)

問 2 の年度別解答状況は次の通りである。

問2 正解 ①	2022年度				
	履修者合計303名	第1回	第15回	教育効果	
	日本人 257	86.9%(223)	86.4%(222)	-	
	留学生 46	78.4%(36)	67.6%(31)	-	
全体正解率	85.5%	85.3%	-		
2023年度					
履修者合計308名	第1回	第15回	教育効果		
日本人 211	90%(190)	89.6%(189)	-		
留学生 97	77%(75)	82.8%(80)	+		
全体正解率	86.0%	87.3%	+		
2024年度					
履修者合計264名	第1回	第15回	教育効果		
日本人 162	87.6%(142)	87.7%(142)	+		
留学生 102	74.7%(76)	86.3%(88)	+		
全体正解率	82.5%	87.1%	+		

図 2 問 2 と年度別の解答状況

### 3.4 習得知識の活用度 3-データの分類

第 11 回の講義(表形式のデータ・ソート)で扱った「習得知識の活用度」の評価に用いた問 3 と年度別の解答状況を図 3 に示した。複数のデータの組み合わせが新たなデータを生成する一方、この意味も併せて考えることの重要性を喚起するために問 3 の解答を教授者は求めた。教授者が提供した講義内容に関する履修者の習得知識の活用度が 2022 年度から 2024 年度へと改善されていることを図 3 は示している。問 3 の内容は次の通りである。

①AさんとBさん ②AさんとCさん ③BさんとCさん

出所: 総務省統計局(2022)

問 3 の年度別解答状況は次の通りである。

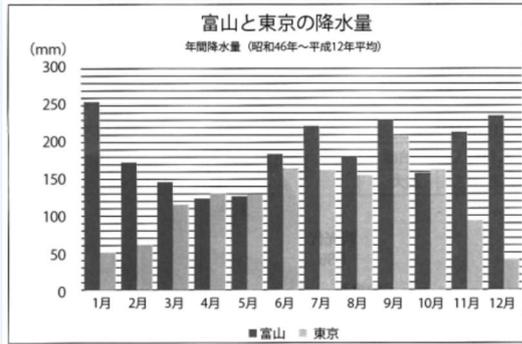
問3 正解 ②	2022年度				
	履修者合計303名	第1回	第15回	教育効果	
	日本人 257	31.6%(81)	44.7%(115)	+	
	留学生 46	35.1%(16)	54.1%(25)	+	
全体正解率	32.0%	46.2%	+		
2023年度					
履修者合計308名	第1回	第15回	教育効果		
日本人 211	33.2%(70)	58.8%(124)	+		
留学生 97	36.8%(36)	64.4%(62)	+		
全体正解率	34.4%	60.4%	+		
2024年度					
履修者合計264名	第1回	第15回	教育効果		
日本人 162	28%(45)	69.8%(113)	+		
留学生 102	32.4%(33)	70.5%(72)	+		
全体正解率	29.5%	70.1%	+		

図 3 問 3 の年度別の解答状況

### 3.5 習得知識の活用度 4-データの読み取り

第12回の講義(標本調査・検定方法)で扱った「習得知識の活用度」の評価に用いた問4と年度別の解答状況は図4の通りである。データの可視化がこの利用者を誤導する/できる可能性を秘めていることへの気づきを、問4の解答を通じて、期待した。図4は2022年度から2024年度へと教授者が提供した講義内容に関する履修者の習得知識の活用度の改善を示している。問4の内容は次の通りである。

次のグラフから、雨や雪がたくさん降った月と降らなかった月の差が大きいのは富山と東京のどちらですか。



出所:総務省統計局(2022)。

問4の年度別解答状況は次の通りである。

		2022年度				
		履修者合計303名	第1回	第15回	教育効果	
問4 正 解: 東 京	日本人	257	68.9%(177)	80.1%(206)	-	
	留学生	46	67.4%(31)	78.5%(36)	+	
	全体正解率		68.7%	79.9%	+	
			2023年度			
			履修者合計308名	第1回	第15回	教育効果
	日本人	211	63.5%(134)	72%(152)	+	
	留学生	97	55.7%(54)	70.1%(68)	+	
	全体正解率		61.0%	71.4%	+	
			2024年度			
			履修者合計264名	第1回	第15回	教育効果
	日本人	162	66.7%(108)	79.6%(126)	+	
	留学生	102	53.9%(55)	77.5%(79)	+	
全体正解率		61.7%	77.7%	+		

図4 問4と年度別の解答状況

### 3.6 習得知識の活用度 5-データ属性

第13回の講義(ベイズ統計の応用)で扱った「習得知識の活用度」の評価に用いた問5と年度別の解答状況は図5の通りである。あるデータを根拠とした意思決定が絶対ではないこと、つまり、新しい知識を取り入れて自分の考えを修正/改善していくこと、の有用性や必要性を期待して、問5の解答を教授者は求めた。

図5は次の二つを少なくとも示している。(A)教授者が提供した講義内容に関する履修者の習得知識の活用度の改善(黄色の囲み)を各年度とも示した。しかしながら、(B)日本人履修者が選択肢③を、他方、留学生履修者の選択肢①を選んでおり、それぞれの誤答率が改善しなかった(赤色の囲み)。問5の内容は次の通りである。

- 量的データを選びなさい
- ①一番好きな朝食のメニュー
  - ②携帯電話に毎月かかる額
  - ③統計の授業に関する評価(とても良い/良い/良くない)
  - ④車のナンバー
  - ⑤あなたが好きな車の作られた国
  - ⑥お気に入りのテレビ番組
  - ⑦あるレストランのサービスに対する満足度
- 1:非常に満足している
  - 2:満足している
  - 3:どちらとも言えない
  - 4:満足していない
  - 5:非常に満足していない

出所:総務省統計局(2022)。

問5の年度別解答状況は次の通りである。

		2022年度			
		履修者合計303名	第1回	第15回	教育効果
	日本人	257			
	①		15.6%(40)	14.8%(38)	+
	正解②		4.3%(11)	14%(36)	+
	③		17.9%(46)	19.1%(49)	-
	④		11.7%(30)	9%(25)	+
	⑤		17.12%(44)	14.4%(37)	+
	⑥		17.1%(44)	13.6%(35)	+
	⑦		16.3%(42)	14.4%(37)	+
	留学生	46	4.3%	14.0%	
	①		8.7%(4)	10.9%(5)	-
	正解②		8.7%(4)	15.2%(7)	+
	③		37%(17)	28.3%(13)	+
④		8.7%(4)	10.9%(5)	-	
⑤		4.4%(2)	4.4%(2)	-	
⑥		8.7%(4)	10.9%(5)	-	
⑦		23.9%(11)	19.6%(9)	+	
全体正解率		8.7%	15.2%	+	

		2023年度			
		履修者合計308名	第1回	第15回	教育効果
	日本人	211			
	①		14.7%(31)	14.2%(30)	+
	正解②		2.8%(6)	16.6%(35)	+
	③		17.5%(37)	20.4%(43)	-
	④		16.1%(34)	7.6%(16)	+
	⑤		16.6%(35)	14.1%(30)	+
	⑥		16.6%(35)	12.8%(27)	+
	⑦		15.6%(33)	14.2%(30)	+
	留学生	97	2.8%	16.6%	
	①		13.4%(13)	14.4%(14)	-
	正解②		9.3%(9)	32%(31)	+
	③		18.6%(18)	12.4%(12)	+
④		14.4%(14)	10.3%(10)	+	
⑤		13.4%(13)	10.3%(10)	+	
⑥		14.4%(14)	10.3%(10)	+	
⑦		16.5%(16)	10.3%(10)	+	
全体正解率		9.3%	32.0%	+	

		2024年度			
		履修者合計264名	第1回	第15回	教育効果
	日本人	162			
	①		16.7%(27)	15.4%(25)	+
	正解②		2.4%(4)	16.7%(27)	+
	③		19.8%(32)	26.5%(43)	-
	④		16.1%(26)	9.9%(16)	+
	⑤		13.6%(22)	9.9%(16)	+
	⑥		16.7%(27)	6.8%(11)	+
	⑦		14.8%(24)	14.8%(24)	-
	留学生	102	2.5%	16.7%	
	①		16.7%(17)	12.8%(13)	+
	正解②		2.9%(3)	34.3%(35)	+
	③		21.6%(22)	10.8%(11)	+
④		17.7%(18)	12.8%(13)	+	
⑤		11.8%(12)	10.8%(11)	+	
⑥		10.8%(11)	9.8%(10)	+	
⑦		18.6%(19)	8.8%(9)	+	
全体正解率		2.90%	34.30%	+	

図5 問5と年度別の解答状況

## 4. 考察

### 4.1 基本事項の熟知

2.2 と 3.1 で述べたように、履修者の既有知識を利活用すれば正解を得ることが比較的容易な問題を出題した。これによって、データ・サイエンス教育の入門科目の履修者の「習得知識の活用度」を教授者は評価した。この結果である正解率を出題した問題毎に 3.2~3.6 で示した。

問 5 の正解率(3.6 を参照)を除き、他の四問の正解率の高さを教授者は確認できた。とはいえ、第 15 回の出題に対する正解率が 100% でなかったことはデータ・サイエンス教育の行く末を考える有益な検討材料を教授者に提供した。特に、問 5 の正解率の低さと誤答のばらつきは教授者が抱いた考えを確信にまで高めた。

これは視覚に訴える教育実践が学習者に与える教育効果の限界を予め教授者が踏まえた上でデータ・サイエンス教育を考えることが必要であることを意味する。2022 年度に実施したデータ・サイエンス教育の入門科目に対する履修者の成績や意見等を踏まえて全面改訂を行った時の教授者の配慮事項に注目しよう。これは「概念説明や算定式を少なくし、図表を通じて履修者の視覚に訴える紙面作りを意識し、教材を全面改訂した」という冒頭の表記である。

教材の全面改訂にあたっては、「数理解理解から直感的理解への転換」を主眼に置き、以下の 3 点を改訂基準とした。

- ① 抽象度の低減: 抽象的な数式の定義を避け、具体的なデータ分布の形状や散布図による説明に置き換える。
- ② 計算プロセスのブラックボックス化の許容: 手計算による算出過程の解説を削り、ソフトウェア (Excel 等) の出力結果の読み取り方に重点を置く。
- ③ 認知的負荷の軽減: 1 ページあたりの文字数を 3 割削減し、情報の 50% 以上を図表・グラフで構成する。

履修者に視覚と直観に訴える理解を重視した全面改訂版の教材は、教授者の教授力を考えなければ、2023 年度と 2024 年度の五問の正解率を飛躍的に改善しなかったのである。この結果を得、視覚に訴える教育実践が履修者に提供できる教育効果に限界があると考え、習得知識の精確な理解を求め、既有知識との融合を図るデータ・サイエンス教育が有用であると筆者は考えた。これは実質陶冶の利活用能力の改善に主眼があるデータ・サイエンス教育の成否が学習者の思考/価値観に影響を与える形式陶冶の育成如何にかかっていることを示唆する<sup>(12)</sup>。

これは凡事徹底<sup>(13)</sup>できる思考の改善が、物事の取り組みに対する「完成度」や道義的に適切な評価・判断できる思考の維持強化に役立つことを意味する。ここで「凡事徹底」とは、何でもない当たり前のことを第三者の追従を許さない水準まで高めることができることである。この水準に至る過程で多くの学びを得、これを経験的に使っている知識として認知しているものの、言葉で表記することが困難な経験知/暗黙知<sup>(14)</sup>として凡事

徹底できる思考や価値観を洗練することに貢献する。

### 4.2 視覚化されたデータの功罪

3.3 に示した降雨量のグラフの読み取りを取り上げ、視角に訴えて理解を求める教育実践を議論する。「(三カ所の年間降雨量の相違は)見たら誰でもわかるだろ?」と単刀直入に主張してしまう可能性があった問 3 の正解率が 100% ではなかった。この結果は、少なくとも、誤答した履修者の解答能力の確認の必要性を筆者に想起させた。一つは、年間降雨量の図を見て、気づくべきことが何かを特定できるか否かを確かめること、つまり、問われていることの理解度の確認である。これは問の文章の理解度と正解誤答率との関連性を調べた上で判断すべきことだろう。この議論は日本語を母語としない留学生の誤答率の適切な解釈にも役立つだろう。

もう一つは、作題者の価値判断と合致する選択肢を選ばなければ、当該履修者の理解が間違いと判断されることである。「傾向が異なる」という表記の定義意味付けを一義的に特定できない。(6 月-10 月の降雨量の傾向が二カ所で類似(凹)し、一カ所だけ異なる(凸)と作題者が解答者に理解させたいのだろうと筆者は推測する)。

作題者の価値判断と異なる価値観をもつ履修者はこれらの「差」を相違と認識評価しない可能性がある。この場合、当該履修者は作題者の「決めた」選択肢を「当てる」ことができず、三カ所とも同じと判断し適当に解答した選択肢がないと解答したかもしれない。視覚化されたデータの理解が直観に訴えるが故に容易である(=わかりやすい)一方、解答者の理解度が作題者のそれと合致しているとは限らない。

### 4.3 生成派生情報の価値

複数データの組み合わせによって新たなデータを生成できる一方、この意味も考えることの重要性を喚起するための問 3 に対しても、4.2 で行った議論と同じ状況が生じる。作問者の価値判断と合致する選択肢を選ばなければ、当該履修者の理解が間違いと判断される。この場合、「少数派」と評価され履修者が持つ独創性の芽を摘んでしまう可能性を筆者は想起した。

現実性/実効性の有無を無視すれば、複数データの組み合わせによって生成できる新たなデータ(発見事項)が①現実に既に世の中に存在するの否か、②人間の手で実現/達成できるの否か、等の価値の有無は新たなデータに沿った試行や検証を経て判断できる。しかしながら、これを織り込まないことは履修者が培ってきた広義の独創性の育みを弱めてしまう可能性がある。

一般に、ある特定の目的を設定すれば、これを実現するための手段を複数導くことができる。複数手段の中からどの手段を選択、実行するのかに関する議論は、最適な手段を選択することだけではなく、この議論の参加者間で多種多様な共有事項を増やすことに役立つブレインストーミングになる。

以上を踏まえると、問 3 の正解率の相対的な低さを作問者の価値観に一致しない選択肢を履修者が選択したと筆者は考える。「誤答」の選択肢を選んだ履修者の選択根拠を共有することによって「正解」を選んだ履修

者が気づかなかった新たな知見を学ぶ機会になる可能性がある。

#### 4.4 データの読み取り能力の重要性

データの読み取り能力改善を学習者に求める履修科目を提供している高等教育機関の存在を少なくとも今まで筆者は見聞したことがない。高等教育機関はデータの読み取り能力の改善を行う必要がないほど所属する学部学生が当該知識と能力を備えていると考えているようである。とはいえ、問4の正解率(3.4参照)は高等教育機関の認識の再考が最善であると示唆している。

問4は初等教育の小学校4～6年生の算数で学習する「データの活用」という統計学の学習領域に含まれる。なお、雇用者は、高等教育機関の卒業予定者のうち当該雇用者への就職希望者のデータの利活用能力を評価する適性検査(SPI: Synthetic Personality Inventory)の一項目として出題することがある。これは高等教育機関を卒業する学習者に雇用者が一定水準以上のデータの利活用能力の保持を期待していることを示唆する。当該能力の改善機会を初等教育が既に提供していることを鑑み、問4の正解率の改善機会を高等教育機関が図ることが最善であると筆者は考える。

学習者のデータの読み取り能力の改善機会を高等教育機関が提供すべきと筆者が考える理由は当該能力を根底で支える学力が初等教育機関で学ぶ算数/数学(概念理解と計算問題の処理能力)と国語力(読解力)だからである<sup>(15)</sup>。これらの学力がデータの読み取りを適切に行うことができるために必要な学力である。これが不十分であると第三者が作成した資料(グラフや表等)を適切に読み取ることができない可能性が高くなる。

データの読み取り能力が脆弱な学習者が被るデメリットを二つ考えたい。一つは、当該資料を利用する場合、当該利用者が誤導される/誤解・曲解する可能性が相対的に高くなる<sup>(16)</sup>。これは当該資料の作成者の意図を正しく見抜く能力が弱いことも示唆する。もう一つは、当該学習者が、類似する資料の適切な作成が困難になることである。当該資料作成者の意図を適切に反映する資料作成が困難であることは当該資料を共有する第三者の適切な解釈を阻害し、ひいては第三者を誤導・誤解させてしまう可能性を相対的に高くするだろう。これは良好な人間関係の構築や維持強化を弱めてしまう。

#### 4.5 データの取り扱い

4.4で指摘した第二のデメリットは資料作成者に非がある場合を想定し、当該資料を共有する第三者(利用者)に非がある可能性を考えなかった。これを踏まえ、問5の正解率を考察(3.6を参照)、つまり、あるべきデータの読み取り能力を考えてみよう。資料作成者とこれを共有する第三者との間の当該資料を巡る認識/解釈に濃淡の発生が不可避であることを踏まえ、これを最小にするために必要なことを考えてみよう。

数量/数値化が困難/不可能という特徴や性質をもつ非数値データを定性情報と呼ぶ一方、計測、集計、または分析可能な数量/数値化が可能なデータを定量情報(量的データ)と称する。この加工済み(定量)情報を、一

定水準以上の客観性を保持しているとする意見に異論を唱えることはないだろう。

とはいえ、当該データを加工する過程で織り込まれることが不可避な多種多様なバイアスをどの程度踏まえておくべきかということを含め議論し相互理解を深めておくことは、そうでない場合よりも、有益だろう。ここで「バイアス(bias)」とは、人間の各種偏見(価値観の相違)や選択の偏りを意味する<sup>(17)</sup>。相互理解を深めておく目的は、データ作成者と利用者との間で発生する認識/解釈の過度な「ズレ」を適度に是正し、議題から外れない議論を行い有意義な結論を得るためである。

以上を踏まえ、2022年度～2024年度の間5の解答状況を考えてみよう。いずれの年度においても問5の正解率は改善している。と同時に、誤答として選択した選択肢の分布状況は、誤答率の改善が確認できるものの、類似のままである。とりわけ、日本人履修者が選択肢③を、他方、留学生履修者が選択肢①を正解として選択していることに注目してみよう。

作問者が正解と考える選択肢をそれぞれの履修者が「当てる」ことができなかったことを考えないことにすれば、それぞれの履修者の選択行為(選択肢①③を選んだ理由)を理解することが有用だろう。これは(a)定性情報と定量情報という概念の理解度を確認し、相互理解の度合いを改善することが議題から外れた議論を避け、有意義な結論を得るために必要である。

加えて、(b)選択肢に書かれた内容(定性情報)が示唆する「事実」のどの部分を定量情報に変換できると判断したのか、つまり、日常生活の一コマに対する履修者の準拠枠を理解、共有することも有益である。ここで「準拠枠(frame of reference)」とは、認識対象である「事実」等を理解する視点やアプローチのことである<sup>(18)</sup>。

上述のことを問5の選択肢②を用いて説明してみよう。選択肢②の内容は「携帯電話に毎月かかる額」である。この選択肢は(A)基本料金、(B)通話料、(C)通信料、(D)オプション料、(E)携帯電話にかけた装飾品の代金の月割額、等のどの項目を含んでいるのか。そもそも携帯電話を保持した、つまり、通信契約を交わした、ことがない履修者が選択肢②の内容(選択肢の意味)を特定できるのだろうか<sup>3</sup>。

選択肢①～⑦は日常生活のある一コマを意味する。日常生活のどの部分をどのように切り取るのか、切り取った観察可能な事実や事象をどのように定性情報に置き換えるのか、なぜそのような置き換えるのか、これら定性情報の属性を適切に反映する定量情報にどのように数量化す(読み替え)るのか、そしてなぜそうなのかといった点を理路整然と説明、論証、そして実証できる能力の維持強化を図るデータ・サイエンス教育を高等教育機関が志向すべきであると筆者は考える。

#### 4.6 議論の限界

2022年度の講義運営を踏まえて、全面改訂版の独自教材を用いた2023-2024年度の同一科目の教育効果が劇的にもいえる改善をみなかった。この事実は独自教材を全面改訂するさい、履修者の視角に訴え、履修者の認識負荷の軽減を図ることが履修者の理解度改善につ

ながると意識した教授者の期待の再検討が今後のデータ・サイエンス教育の拡充に資すると筆者に想起させた。これに基づいて4.2~4.5において問毎の正解率を組上に載せ、今後のデータ・サイエンス教育のありかたについて議論を行った。この議論をさらに有意義にするために役立つ今後の課題をいくつか指摘しておこう。

本稿は、履修者の習得知識の活用度に関する独自の調査結果に基づいており、評価論、尺度論、そしてテスト理論等の心理学分野における専門的な知見を十分に踏まえたものではないという限界を認識している。今後は、これらの分野で蓄積された研究成果(例えば、項目の識別力や難易度、尺度の信頼性や妥当性等)を適用し、用いた評価指標およびテストの計量的側面を厳密に検証する必要がある。これは学習前後の習得知識の活用度の変化が、教育効果を真に反映しているかどうかの客観的な裏付けを得ることに資するだろう。

独自教材の全面改訂が期待したほどの教育効果の改善をもたらさなかったという事実は、「履修者の認識負荷の軽減」が必ずしも理解度改善に直結しない、あるいは、軽減の試みが適切な方法でなされなかった可能性を示唆する。例えば、履修者が(1)教材のどの部分で滞留したのか、(2)誤答が集中したのか、等の学習ログデータを分析し、認知負荷理論(本質的負荷、外発的負荷、生成的負荷等)の枠組みを用いて、教材の構造と学習成果の関係を定量的に把握する必要がある。そのさい、履修者への個別またはグループ・インタビューの実施や記述式フィードバックを求め、これらの分析を通じ、教材の視覚的要素や説明の論理構造が履修者の思考の質に与えた影響を定性的に掘り下げることが求められる。

さらに、実質陶冶(データ利活用知識)の成否が、形式陶冶(思考の「質」の育成)に依存することを本稿は結論付けている。この両者の因果関係や相互作用メカニズムに対するさらなる実証的な検証は当該結論の説得力の程度の検証になるだろう。例えば、データ・サイエンス教育における演習課題の設計が、(i)批判的思考力や論理的思考力といった形式陶冶の要素をどの程度喚起するのか、(ii)その喚起された思考の質が、最終的なデータ分析スキルや問題解決スキルといった実質陶冶の習得にどのように媒介しているのか等を、多変量解析などの手法を用いてモデル化し、検証することが次なる課題となる。

これらの課題への取り組みは、高等教育機関が提供するデータ・サイエンス教育が、単なる知識の伝達に留まらず、学部学生に一度しかない人生を思い描いたように過ごすことができる実現可能性を自力で高めるための「思考の基盤(行為規範)」を育成する教育として、真に機能するための指針を与えるものになるだろう。

## 5. むすびにかえて

本稿は経営・商学系4年制大学のデータ・サイエンス教育が学部学生に与える影響を議論した。ビック・データに始まりChatGPTを始めとする生成AIの利活用が話題にならないほど日常生活のいたるところで見聞できるようになっている。これは我々の「生活の質」(QOL: Quality of Life)を劇的に改善していると同時に、何か失

われているものがあるように思われる。

「失われているもの」の一つとして、本稿は各種データを利活用する行為主体の行為規範に着目し、これを実質陶冶だけではなく形式陶冶の充実も併せて志向するデータ・サイエンス教育の必要性を議論した。「文明の利器」を賢明に利活用できる人材育成を大局的な思考に基づいて高等教育機関が志向してくれることを筆者は期待したい。

## 注

- 1 何らかの課題の解決手段として各種情報処理機器を駆使できる人材育成を志向することが、人文科学・社会科学系の高等教育機関が提供するデータ・サイエンス教育の主目標であると本稿は考えている。
- 2 データ・サイエンス教育の入門科目の調査結果をまとめるにあたり、当該科目の教授者の意向を尊重し、所属先や講義科目名等の具体的な事項を本稿に伏せている。
- 3 筆者は携帯電話(スマートフォン)の種類、通信容量の違いによる多様な契約形態があること、オプション契約の内容別料金等の諸事項をまったく理解できない。したがって、携帯電話の使い方も筆者はまったくわからない。

## 参考文献

- (1) 総務省統計局, 「データサイエンス・スクール」, (2022).  
<https://www.star.go.jp/dss/getting/index.html> [2025年9月1日閲覧]。
- (2) 視覚に訴える教育実践の功罪を、例えば、来栖(2022)は論じている。  
来栖正利, 「簿記習熟と論理的思考力-視覚に訴える教育実践の功罪-」, 『2022PCカンファレンス論文集』, pp.121-124, (2022)  
[https://conference.ciec.or.jp/pdf/2022pcc/2022PCC\\_ronbun.pdf](https://conference.ciec.or.jp/pdf/2022pcc/2022PCC_ronbun.pdf) [2025年9月1日取得済み]。
- (3) 内閣府, 『AI戦略2019』, (2019).  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/aistrategy2019.pdf> [2025年9月1日取得済み]。
- (4) 文部科学省, 「数理・データサイエンス・AI教育プログラム認定制度」, (2021).  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/suuri\\_datascience\\_ai/00001.htm#01](https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/suuri_datascience_ai/00001.htm#01) [2025年9月1日閲覧]。
- (5) 私立大学情報教育協会, 「社会で求められる情報活用能力育成のガイドライン(2021年版)」, (2021).  
<https://drive.google.com/file/d/1huix5WUUYV2J61Xth-p3DZoi5i0ZPRnz/view>CIEC: <https://www.ciec.or.jp/>, [2025年9月1日取得済み]。
- (6) 内田瑛, 「大学基礎教育として求められる数理・データサイエンス・AI分野の動向と課題」, 『中央学院大学現代教養論叢』, 第4巻第1号, pp.1-15, (2021)。
- (7) 日刊工業新聞 『「数理・データサイエンス・AI」教育に大きなうねり、教員不足にどう対応するか』, (2021).  
<https://newswitch.jp/p/26150> [2025年9月1日取得済み]。
- (8) 阿部真育, 「文系向けデータサイエンス教育の在り方も関する一考察」, 『山口県立大学学術情報: 国際文化学部紀要』, 第16号, pp.101-107, (2023).  
綿貫真也, 「マーケティング分野におけるデータサイエンス学修カリキュラムの検証-文系学部学生、文系学部出身社会人の『データサイエンスへの抵抗感』に配慮して-」, 『コンピュータ&エデュケーション』, Vol.50, pp.60-65, (2021)。
- (9) 保田洋・宇佐美美紀子, 「私立文系大学のデータサイエンス教育の円滑な導入に向けた学生の意識の変化についての分析」, 『情報知識学会誌』, 第34巻第2号, pp.223-227。

- (10) 数理・データサイエンス・AI 教育強化拠点コンソーシアム, 「数理・データサイエンス・AI(リテラシーレベル)モデルカリキュラム」, (2020).  
[https://www.mi.u-tokyo.ac.jp/consortium/pdf/model\\_literacy.pdf](https://www.mi.u-tokyo.ac.jp/consortium/pdf/model_literacy.pdf)  
 [2025年9月1日取得済み]。
- (11) <https://www.microsoft.com/ja-jp/microsoft-365/online-surveys-polls-quizzes>
- (12) データ・サイエンス教育を含む実学/実践教育が内包する課題の指摘は, 例えば, 来栖(2022, 2023)がある。  
 来栖正利, 「探究学習の考察」, 『流通科学大学高等教育推進センター紀要』, 第7号, pp.43-61, (2022)。  
 一、, 「高等教育機関における『学び』」, 『流通科学大学高等教育推進センター紀要』, 第8号, pp.91-110, (2023)。
- (13) 鍵山秀三郎, 『凡事徹底』, 到知出版社, (1999)。
- (14) マイケル・ポランニー(高橋勇夫訳), 『暗黙知の次元』, ちくま学芸文庫, (2003)。
- (15) 畑中敦子, 『畑中敦子の資料解釈 The Best 2022』, エクシア出版, (2021)。
- (16) 谷岡一郎, 『リサーチ・リテラシーのすすめ』, 文芸春秋, (2000)。  
 ダレル・ハフ(高木秀玄訳), 『統計でウソをつく法』, 講談社, (1968)。  
 トム・チヴァース, デイビット・チヴァース(北澤京子訳), 『ニュースの数字をどう読むか』, ちくま新書, (2022)。
- (17)[https://www.google.com/search?sca\\_esv=f7229d2783570495&xsrf=AE3TifPflrpa7cKqKhR-2G55luEGrIY5A:1764208244303&q=%E3%83%90%E3%82%A4%E3%82%A2%E3%82%B9+%E6%84%8F%E5%91%B3+%E4%B8%80%E8%A6%A7&sa=X&ved=2ahUKEwier9jtm5GRAxXNqFYBHexvA\\_gQ1QJ6BAhYEAE&biw=1527&bih=801&dpr=1.1](https://www.google.com/search?sca_esv=f7229d2783570495&xsrf=AE3TifPflrpa7cKqKhR-2G55luEGrIY5A:1764208244303&q=%E3%83%90%E3%82%A4%E3%82%A2%E3%82%B9+%E6%84%8F%E5%91%B3+%E4%B8%80%E8%A6%A7&sa=X&ved=2ahUKEwier9jtm5GRAxXNqFYBHexvA_gQ1QJ6BAhYEAE&biw=1527&bih=801&dpr=1.1) [2025年9月1日閲覧]。
- (18)<https://kotobank.jp/word/%E6%BA%96%E6%8B%A0%E6%9E%A0-78579> [2025年9月1日閲覧]

(2025年12月1日 受付)

(2026年2月2日 採録)

ショートペーパー  
(査読なし)

# 疑似ライブチャットは無意味

—ログイン無し共有チャットを講義中に横に置いてみたら—

小川健\*1

Email: taakeshi.ogawa.123@gmail.com

\*1: 専修大学経済学部国際経済学科

◎Key Words ライブチャット, 全画面共有, offcha, Meet 双方向授業

## 1. はじめに

講義・授業における質疑応答が難しい場合、受講生からするとその講義の分からない部分を質問しようとしなくなり、理解が追い付かないままの状況になる。担当教員からしてもその場で分かっているかどうかの確認をさせ難く、追加補足をその場で入れた方が良い場合でも入れるタイミングが遅れる、分かっているままの講義となって理解度・講義満足度が下がる等の影響が出ることになる。

本報告では offcha と呼ばれるスマホ利用向けの匿名可能なチャットを利用し、講義時間中にその offcha の画面を出し続けた事案を報告する。実際には講義内容に関する理解を助ける質問という形にはあまりならず、トラブル等に関して「誰か勇気を持って言えよ」状態で伝わってくる事案位しか講義時間中には出てこなかった。また、画面として出しているため、その質問に「気付かない場合を除いて」講義時間中に答えないというやり方は「教員が意図的に無視した」と扱われかねなく、現実的には質問し難さの解消に直接つながった訳では無かった。一方でトラブル時の状況把握には使える面もあり、他方で講義時間中に（そのときに話している内容ではなく）その回の「講義時間後に解くことを想定した」課題に関する質問が出て来る事案もあった。

## 2. 背景説明

質問困難を解消するにはその場で質問がし易い環境が求められるが、受講生からしても注目を集めたくない場合などはその場で質問し難い。また、その質問内容次第では時間の無駄として他の受講生から恨まれ、はじめの原因などにもなりかねない。担当教員からしても、声で質問が出る場合、（その質問が意味のあることなら有益だが）その質問を後回しにすることはその質問者を後に回すことに関し説得しなければならない部分があり、納得しなければ騒ぐなどそれだけ無駄な時間と労力が流れる危険性がある。そのため、質問内容を旧 Twitter（現 X）のような「その場で文字にて」確認できる方法が先行研究などでは紹介されている<sup>1)</sup>。中には旧 Twitter（現 X）の質問の呟きをニコニコ動画のように講義時間中に通知として流すなどの事案も知られているが、それなりのシステムか技術が必要になる。また、利用 SNS が普及している場合には使い難くなってしまふ。

一方で、SNS によるやり方は友達やフォロワー間な

どでもない限りは質問投稿が世間的にオープンになる可能性もあり、ハッシュタグなどで整理するにしてもそのハッシュタグが一時的に多すぎただけで悪用される危険性等も、情報処理学会の CE 研究会で実際に実例がある。そのため、URL 限定公開とか、内部用などのグループ内部での投稿に事実上なるものが必要になる。しかし、ログインが必要なものと無記名での質問が困難になる可能性もあり<sup>2)</sup>、それ以上にログインミスが原因で質問場所にアクセスできず、質問を諦めてしまう可能性もある。なお、無記名質問には異論の声もある<sup>3)</sup>。

また、オンプレミスな LMS のものを利用する場合、それが普段利用ならその方が望ましい場合も多いがログインが無記名での質問の難は残り、それ以上に混雑やサイトトラブルによるアクセス制限などが掛かった場合には、それが講義時間中だろうと使えなくなる。それを思うと、普段使っているものがある場合を除けば、offcha のようなログイン不要の URL 限定公開のものを利用する在り方が答えの 1 つとして考えられる。

更にコロナ禍で Zoom や Meet, Teams, WebEx 等の双方向が必要になった段階において、チャット欄を利用する先行研究もあるが<sup>4)</sup>、Google Meet でのチャット欄のように開いている時間内にしかアクセスできず、講義時間外の利用が出来ないビデオ会議の場合もある（なお Zoom 等には近年、URL を同じ種類の会議では使い回す繰り返し利用の場合に時間外のチャット欄が使える方法が存在するが、少なくとも Meet には無い）。加えて先の無記名での質問の可能性には本質的には対応できない（参加者名を都度変えて対応する方法は指摘できるが、参加者名を都度変えることが許されているとは限らない）。

関連して、文字による質問は耳の不自由な受講生が（全員ではなく）いる場合の質問の受け方として offcha の利用の例が知られている<sup>5)</sup>。これはコロナ禍等で実際にあった点だが、感染症などの面でマスクが付けられている場合には唇を読むなども困難になるため、文字による質問が出来る環境の重要性が指摘されている。

また、ビデオ会議の導入により声での質問にはその部分だけマイクを ON にして質問する、ということが可能にはなったが、現実的には気付かずに音声 ON になっていて講義の邪魔になる場合がある。都度そういう受講生をミュートにできる場合でさえも講義担当者の不備として苦情に繋がるだけでなく、他の人間が都

度ミュートにできない場合にはそのトラブルが（その受講生を追い出すとかでもない限り）継続することになる。そのため、大人数などでそういう理解のない受講生が出る場合は予めホスト・主催者側以外はミュートで、という制限をかける必要があり、質問し易さとは逆の形になってしまう。

### 3. 問題意識と実際の手法そして結果

さて、旧 Twitter（現 X）の内容をニコニコ動画のように通知で流すというのはそれなりの技術かシステムが必要なため、一般の利用者がそのまま使えるとは限らない。これらを含めての上記の総合的な方法の1つとして、無記名での質問を可能にする在り方で、講義時間中に画面を都度共有できる在り方だと質問がし易くなる可能性がある。そこで本報告では offcha と呼ばれるスマホ用（但し PC でも利用可）匿名利用可の URL でのチャットを利用した質疑応答の欄を都度講義時間中に出し続けておく取り組みを行った。その報告をする。

報告者は非常勤では Zoom を利用するが本務校では Meet がビデオ会議では推奨されているため基本的にはビデオ会議では Meet を利用しているが、Zoom のように Meet では複数の画面を同時選択した上で残りを非共有とは出来ない。そのため、旧式サイズ(4:3)での PowerPoint 作成の PDF スライドを中心に、offcha でのチャットルームを右端にできるだけ出し続けながら全画面共有で講義を続けた。新式サイズ(16:9)の場合より、やや横長のノート PC 画面の場合は旧式サイズのスライドをあまり小さくし過ぎず offcha(チャットルーム)の画面を出し続けることが可能だった。図1はその様子を出している例となる。録画している部分では顔カメラの部分があるため、やや小さくなる面もあった。

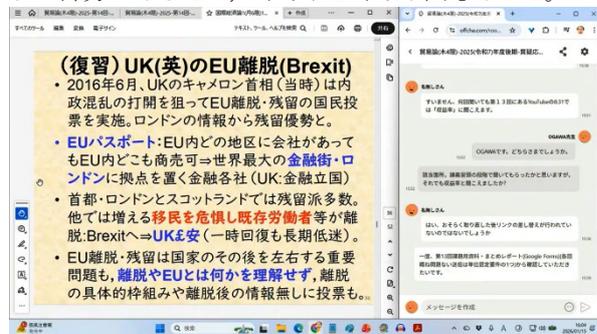


図1 offcha の画面を出しながら講義の例

全画面共有でのトラブルは他より起き易く、中には画面共有が切れていることに気付かない時間も一部あって、後から入ってきた受講生がいつもの違和感に気づき offcha に書き込んで（スライド4ページ位進んでいる状況から）事態を把握した事案があった。

現実的には講義内容に関する質問は offcha には殆ど書かれなかったため、画面共有しただけの疑似ライブチャットだけでは質問し易さへの解消とはならないことは分かった。しかし、トラブル時の状況が伝わった部分はあった。（図1では実際に講義担当者に由来するトラブルの部分が offcha には書かれていて、講義担当者はこの書き込みが出るまで状況を正確には把握していなかった。後から聞いてみて漸く全容が分かった。）

また、講義時間中に（そこで話している内容ではなく）後から解く想定課題内容の質問が出ることもあったが、ここに対応することで講義が止まる問題もあった。Zoom や Teams 等のチャット欄や、ニコニコ動画のように通知を流す形であれば「気付かなかった」という言い訳も可能になるが、全画面共有で画面を出し続けている場合には対応をしない状況は「気付いているのに無視している」疑いが強く出易くなるため、問題となる。しかし、offcha による画面共有を常に出していることで質問を「受け付けない姿勢ではない」という言い訳には使える点は言える。

加えて当該校では offcha は一般的に使われているシステムではないため、講義改善に関する提案の中には或る科目では質疑応答で offcha を使わないこと、と出る事案もあった。これは「慣れていないものとはにかく使いたくない」という特性に基づくもので、内部システムの利用となると無記名での質問が出来ないという点とのトレードオフとなる。ここについてはとにかく1度書き込んでみましょう、という部分を初回などに入れることで対処できるものと思われる。

### 4. おわりに

本稿ではスマホ利用向け無記名投稿可のログイン不要な offcha を利用したチャットルームを講義時間中に画面共有する疑似ライブチャットを行った。現実的には講義時間中に質問のし易さを解消する事にはこれだけではいかなかったが、トラブル確認など副次的な効果はあった。しかし全画面共有でのトラブルなどもあり、意味はあると断言できる状況ではまだない。

疑似ライブチャットと言うように「疑似」と入れたのには、本来のシステムではないからである。この offcha の URL はスライド冒頭に常に QR コードと共に載せ、Google Classroom にも（ほぼ毎回の投稿で）提示している。しかし、システムとして質問し易くしたから講義時間中に質問し易くなるという訳では無く、やはり講義における教員の特性と工夫に基づく部分は依然大きい。

### 参考文献

- (1) 大川茂樹:「講義における Twitter の利用」, (2013) <https://medium.com/@geckyokawa/twitter-7e9a6f506b01>, (2026年1月25日閲覧).
- (2) 小川健:「AI時代を生き抜くための経済学—思考力・技術・投資で「生きる意味」と未来を切り拓く」, LC Asset Design, (2026) <https://lc-holdings.co.jp/interview-ogawa/>, (2026年1月25日閲覧).
- (3) 佐倉統: (2022) [https://x.com/sakura\\_osamu/status/1528935155284422656?s=20](https://x.com/sakura_osamu/status/1528935155284422656?s=20), (2026年1月25日閲覧).
- (4) 社本陽太:「2022年度春学期ティーチングアワード 総長賞受賞 対象科目:基礎の数学 建築(1)」, 早稲田大学 大学総合センター (2023) <https://www.waseda.jp/inst/ches/news/2023/04/03/4939/>, (2026年1月25日閲覧).
- (5) 東智美: <https://www.facebook.com/groups/146940180042907/permalink/251636249573299/> (2026年1月25日閲覧).

# 小学校低学年の造形遊びを核とした STEAM 教育の単元開発及び実践 —造形遊びでの 3D プリンタの効果検証—

井上昇\*1・阿部学\*2

Email: inoue03@kashiwa.ed.jp

\*1: 柏市立土小学校

\*2: 敬愛大学教育学部

©Key Words STEAM 教育, 授業デザイン, 3D プリンタ, 造形遊び

## 1. はじめに

2020年・2021年の学習指導要領改訂や文部科学省のGIGAスクール構想による1人1台端末の導入に伴い、学習内容及び学習環境は大きく変化した。また、内閣府<sup>(1)</sup>「Society 5.0の実現に向けた教育・人材育成に関する政策パッケージ」にて、個人と社会のWell-beingを達成するためには、探究的な学び、STEAM教育、総合的な学習の時間が重要な鍵となるとされているように、STEAM教育は学校教育の中で広がりを見せている。実際に、辻ら<sup>(2)</sup>や三崎・山崎<sup>(3)</sup>のように小学校でも多くの実践が行われている。

しかし、その実践の多くは小学校高学年や中学校に偏っており、小学校低学年における具体的なSTEAM教育の実践研究は限られている。これからの未来を生きる子どもたちの教育に向け、低学年からのSTEAM教育の導入は重要であると言える。そこで本研究では、低学年におけるSTEAM教育の単元開発を試みる。

低学年でのSTEAM教育に関して、山中<sup>(4)</sup>は「STEAM教育の観点からも、遊びと学びを繋ぐ媒介として造形教育は大きな役割を担う可能性がある」と述べ、大人の役割として「遊びの場面と学習の場面を分断することなく、子どもが自ら多様な興味に向かう姿を見出すことが必要だ」としている。この点を踏まえ、本研究では遊びと学びを繋ぐ造形教育を核とした低学年でのSTEAM教育の単元を開発する。

また、技術の進歩に伴い、小学校での3Dプリンタの教育利用も広がりつつある(山本ら<sup>(5)</sup>、鈴木ら<sup>(6)</sup>)。一方で、臼井ら<sup>(7)</sup>の調査で「日本の初等中等教育において3Dプリンタが活発に活用されている現状とは言えない」と述べられているように、小学校現場では十分に活用しきれていないという指摘もある。

3Dプリンタを使い立体物を作成することには、平面的な思考から立体的な想像へと発展させたり、空間認識力やデジタル表現力が養われたりする可能性があると考えられる。本研究では、造形教育の中に3Dプリンタを取り入れ、作品を作る過程において、作品の形状や寸法の検討を充実させることや、出力物の構造的な理解を深めることなどをねらう。こうした試みが、低学年からのSTEAM教育に位置づけられると考え、単元開発を行う。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、3Dプリンタを活用した低学年の造形遊びの単元開発及び授業を行い、その授業が児童の活動にどのような影響を与えるのかを考察することである。

## 3. 研究の方法

### 3.1 調査対象および調査時期

調査対象：公立小学校2年生2クラス(計60名)

調査時期：2025年1月～2月(全7時間)

実践教科：図画工作

「目指せ!むぎゅっとモンスター

～自分たちのせかいのむぎゅモンをつくりだそう～」

使用機材：3Dプリンタ(CREALITY K1C)

スキャナ(REVOPOINT MetroX)

### 3.2 授業デザインの方針

本研究では、造形遊び3Dプリンタを取り入れることによる影響を検討することを目的とする。具体的には、2年生の図画工作の現行の単元の中に、3Dプリンタやスキャナを取り入れることとする。単元は、「こんにちは、むぎゅたん(開隆堂出版)」を取り上げることにした。一般的に、この単元では、児童が自分の考える「むぎゅたん」を粘土で作成することになっている。粘土で作成する場合は、粘土で作成→完成となるが、3Dプリンタやスキャナを取り入れることで、粘土で作成→スキャナ→3Dプリンタで出力という流れになり、自然と作品を見直す機会が生まれるのではないかと考えた。さらに、作品を見直す機会が生まれるため、作り直しの機会として、2回目の作品作りの時間を設けることとした。

また、子どもたちが熱中して遊び込めるように、課題設定を工夫した。まず、制作するキャラクターを「むぎゅたん」ではなく、「むぎゅモン」という学校に存在する架空のキャラクターという設定にした。この「むぎゅモン」は、学校のいたるところに住んでいるモンスターであり、性格や特性(児童には「タイプ」という言い方で伝えた。例えば、水道にいるなら水タイプであったり、理科室は電気タイプであったりする)がある、本実践でのオリジナルキャラクターである。こうした演出の工

夫をすることにより、子どもたちが活動に熱中し、「もっとよいキャラクターをつくりたい」と願うようになることを目指した。

以上の授業デザインの方針をもとに、学習計画を作成した(表1)。

表1 本研究における学習計画

時	学習内容
1	○学習の見通しを持つ。 ・「むぎゅモン」について知り、自分の「むぎゅモン」を考える。 ・3Dプリンタの機能について学び、作品を出力できることを知る。
2	○粘土で「むぎゅモン」を作る。
3	○3Dで出力し、プロトタイプを作る。
4	○プロトタイプから改善案を考える。
5	○改善案をもとに再制作をする。
6	・再びスキャンし、出力する。
7	○鑑賞会を行う。

### 3.3 分析方法

授業中の児童の観察を行い、3Dプリンタなどが児童にどのような影響を与えるのかを考察する。

また、3Dプリンタ使用後に作品の変化が顕著であった児童を抽出(本研究では3名の児童を対象とする。考察では、この3名を児童A, B, Cとする)し、半構造化インタビューを行う。その内容を大谷<sup>8)</sup>のSCAT(Steps for Coding and Theorization)の手法に従い、構成概念を抽出し、これらをもとにストーリーラインと理論を記述する手続きを行うこととする。この手法は、一つだけのケースのデータやアンケートの自由記述欄などの、比較的小規模の質的データの分析にも有効であるとされるため、本研究で取り入れることとした。

## 4. 授業の実際

「むぎゅモン」を粘土で作るという説明のあと、制作に入った。活動のプロセスは以下の通りである。

1. 紙に設計図を描く。
2. 粘土で立体化をする。その後、教員がスキャナで3Dデータ化する。
3. 3Dプリンタで教員が出力する。(図1)
4. 出力したものを観察し、改善案を考え、再制作する。



図1 児童が作成した「むぎゅモン」

この流れは、粘土の特性を活かした触覚的な制作と3Dプリンタによるデジタル造形の両方を体験させることで、児童が自分の作品を客観的に観察でき、多角的な改善点を得られるようになることをねらいとして設計した。

また、鈴木ら<sup>9)</sup>が「3D データを作成するモデリングソフトウェアの操作の習得が難しい」と指摘しているように、小学校低学年の児童が3D データを作成することは難しいと考えた。そこで、本単元では、粘土で作上げた作品を、スキャナを使い3D データ化することとした。また、低学年児童であるため、3D プリンタでの出力は難しいと考え、教員が行うこととした。



図2 3D スキャンの様子

## 5. 考察

SCATにより得られた3名のストーリーラインと理論記述を示す。また、ストーリーラインのアンダーラインはテーマ・構成概念を示す。

### 5.1 A児のストーリーラインと理論記述

#### (1) A児のストーリーライン

A児は3Dプリンタで自分の作品を出力したことにより、作品を回して見るなどの経験から多角的視点を獲得した。この多角的視点の獲得が、背面の見落としや粘土作品の強度不足の発見を促し、材質に応じた設計基準の更新へと繋がったと繋がるに至った。さらに、3Dプリンタで出力された作品の硬質化は、複雑な形への挑戦に繋がったと感じている。この他にも、コピーできるという複製可能性が再設計や再生成を当たり前化し、自分だけの作品から、他者利用の立場をとるようになった。

#### (2) A児の理論記述

- ・3Dプリンタでの出力をきっかけに、多角的視点での観察や見直しが促進される。
- ・3D出力物の性質が材質に応じた設計基準や複雑な作品への挑戦を促進させる。
- ・複製可能性が、再設計、再生成を促す。
- ・複製可能性が自分だけの作品、他者と共有できるもの、他者と遊ぶものへと思考を変化させる。

## 5.2 B児のストーリーラインと理論記述

### (1) B児のストーリーライン

B児は、3Dプリンタで出力された作品の硬質化により、何度も触れて観を行い、破損箇所と原因を特定するに至った。また、「目がうまく表現できない」などのイメージと実物との差異に対し、作品へのこだわりを持ち修正を行うに至った。また、かわいさを追求した部品追加を行うようになった。

### (2) B児の理論記述

- ・何度も触れても観察できる3Dプリンタ特性が、作品の見直しや作品へのこだわりを生んだ。

## 5.3 C児のストーリーラインと理論記述

### (1) C児のストーリーライン

C児は、3Dプリンタで出力した作品が予想以上に細くなるというイメージとの差異に驚き、作品を太くしようという作品の再設計を行うに至った。その見直しの中で、立つことを成功とする基準に置く、鑑賞者への視点を意識した作品づくりの必要性を感じていた。また、作品を見直す中で、帽子、リボン、肉球を追加しようと装飾の差異化を行うに至った。

### (2) C児の理論記述

- ・出力した作品のイメージとの差異が作品の再設計を促進させる。
- ・鑑賞者への視点の獲得が、作品の見やすさや装飾の差異化を促進させる。

## 5.4 総合考察

3名の児童の共通点は、3Dプリンタでの出力による、多角的視点からの観察やイメージとの差異を修正したいという改善意識の向上であった。従来の粘土による造形遊びでは、児童は正面や主要部分の造形に重点を置き、背面や細部は意識されにくかった。しかし、3D出力物は容易に持ち上げたり回転したりすることができるため、背面や細部を含めた全方位的な観察が可能となり、改善案の発見に繋がっていた。これは児童Aの「後ろもイメージして穴を開けないようにした」という発言とも繋がる。

また、授業中の様子において、粘土を持ち上げる児童は少なかったが、3D出力物の場合は作品を持ち上げて見たり、下から覗いて見たりするなど、多角的に観察する姿が見られた。これは、3D出力物の物理的特性である硬質化が観察行動を支えてのことだと考えられる。壊れやすい粘土に比べ、硬質な3D出力物は損傷の心配が少なく、児童は安心して触れ、多方向からの観察を繰り返した。児童Bが「固まっているから壊れないと思った」と述べていることからわかるように、「安全に扱える」という条件が観察量を増やし、結果として改善点の発見を促進したと言える。

他に、出力した作品のイメージとの差異が、作品の再設計や改善意欲を喚起したとも考えられる。児童Cが述べた(3D出力物が)「予想以上に細かった」という感想は、出力物が児童の意図と異なる場合に、その原因を分析し、次の制作に反映しようとする行動を生み出し

うるという意味だと解される。

総合的には、本実践では3Dプリンタの特性と造形遊びが往還していたと言える。そのプロセスの中で、自然と作品の形状や寸法の検討、出力物の構造的特性や材質への理解が促され、作品づくりへのこだわりや改善意欲が高まっていた。以上のことから、3Dプリンタを用いた本実践が低学年のSTEAM教育として一定の意味をもちうるものだと解釈することができる。

なお、本実践はプロトタイプからテストを繰り返し、完成版に向け作品をつくるというプロセスとなっている。このプロセスは、探究のサイクルと類似した流れであり、本実践が探究的な学びとしても有効なものであったと考えられる。

## 6. 結果

本研究では、低学年のSTEAM教育として、3Dプリンタを活用した造形遊びの単元開発及び授業を行うことを目的とした。その結果、低学年段階において、造形遊びに3Dプリンタの特性を活かした学習を行うことで、多角的視点での観察→差異への気づき→基準の修正→再設計の循環が生まれ、児童の作品づくりへのこだわりや改善意欲が喚起された。

本研究で示唆された効果や特性に着目しながら、より多様な仕方実践・分析を重ねていくことが今後の課題となる。

## 参考文献

- (1) 内閣府 Society 5.0 の実現に向けた教育・人材育成に関する政策パッケージ：[https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/kyouikujinzai/saishu\\_print.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/kyouikujinzai/saishu_print.pdf)(2025年8月16日閲覧)。
- (2) 辻宏子, 青山和裕, 手塚千尋, 江草遠平, 木村優里, 北澤武, 竹中真希子, 大谷忠, 森田裕介: “小学校低学年における教科横断的な教材の開発に関する研究”, 日本STEM教育学会2025年3月拡大研究会, pp.20-23(2025).
- (3) 三崎隆, 山崎慶太: “デザイン思考を促すSTEAM教育実践が示唆するこれからの教科の学び”, 日本科学教育学会研究会研究報告, 38(5), pp.13-16(2024).
- (4) 山中慶子: “幼小接続期における「造形行為を伴う遊び」の好みと教科学習への興味との関係”, 美術科教育学会誌, 45, pp.245-258(2024).
- (5) 山本利一, 細田悠介, 佐藤正直, 石故裕介, 沢田石秀昭: “小学校教育における3Dプリンタを活用したものづくり学習の提案”, 日本産業技術教育学会誌, 60(4), pp.31-38(2018).
- (6) 鈴木二正, 芳賀高洋, 大川恵子, 村井純: “小学校低学年における3Dプリンタ学習の可能性”, 情報処理学会論文誌, 2(2), pp.10-18(2016).
- (7) 白井昭子, 登本洋子, 櫻井佑真, 渡邊洋輔, 古川英光: “学校教育における3Dゲルプリンタを活用した立体造形の学習に関する一考察”, Conference on 4D and Functional Fabrication 2021, pp.67-70(2021).
- (8) 大谷尚: “SCAT:Steps for Coding and Theorization-明示的手続きで着しやすく小規模データに適用可能な質的データ分析手法”, 日本感性工学会, 10(3), pp.155-160(2011).

# 教育活動における生成AI活用の可能性と制約

—教育用アプリ作成をととした教員による実践事例—

辻 義人\*

Email: y-tsuji@fun.ac.jp

\*: 公立はこだて未来大学 システム情報科学部 メタ学習センター

◎Key Words 生成AI, 教育資源, 教育アプリ, 教材共有, 保守と運用

## 1. はじめに

生成AIの普及は、私たちの社会生活のあらゆる側面に大きな影響を及ぼしている。現時点において、生成AIの役割は、文章作成、翻訳、プログラミング作業の支援などの業務的な活動にとどまらず、世間話の相手、また、創造的思考の対話役など、対話的な活動にも拡大している。なかでも、ChatGPTは、2022年の公開以降、短時間で世界的に利用者を拡大し、一週間あたりの利用者は、数億人規模に達したと報告している<sup>1)</sup>。このように、生成AIは、すでに一部の専門家のみ限定された技術ではなく、教育を含め、多様な分野で利用することができるツールとして、社会に浸透している。

ここで、教育分野においても、生成AIの活用可能性に関する検討が行われている。総務省<sup>2)</sup>は、Society5.0社会に関して、学習者が一人一人に適した学びの実現について言及している。これに関して、文部科学省<sup>3)</sup>は、生成AIの教育利用に関するガイドラインを公表し、生成AIは答えを生成する装置ではなく、教員や学習者の思考を支援する補助的な役割を果たすものと位置づけた。これらの資料においては、教育分野における生成AIの利用に関して、利便性を追求すると同時に、生成AIに関する適切な理解に基づいた慎重な運用の必要性が強調されている。

一方で、生成AIに関する国内の教育実践の事例に注目すると、その多くは、授業場面における活用事例や、教材作成支援といった、活用実践の段階にとどまっている。教育現場においては、既存の教材やツール、アプリ等の活用事例の共有は実現している一方で、教員自身が生成AIを活用して教育資源を開発し、それを共有・発展させている事例は、現時点では多く見られない。この理由として、教育用アプリの開発に関しては、技術的な難しさだけではなく、アプリの配布や共有、また、継続的な保守と運用の側面において、高いハードルが存在しているためと考えられる。

このように、現在の教育場面における生成AIの活用可能性について、教育アプリを開発できる可能性は拡大しつつある一方で、その成果を教員間で共有し、蓄積させていく枠組みは、十分に整備されていないといえる。

本稿では、生成AIを活用した教育資源、特に、教育アプリの開発と配布に取り組んだ実践事例を紹介する。ここで、特に教育資源の開発と共有に際して問題とな

った課題について、(1) 開発、(2) 配布と共有、(3) 保守と運用、これらの三つの側面から問題点を整理することを目的とする。本稿は、生成AIの発展と普及により、教育アプリの開発が加速することが期待される一方で、教育資源の継続的な活用と共有、そして、コミュニティにおける修正と改善が実現するためには、依然として多くの課題が残されていることを示す。

## 2. 教育アプリの開発実践事例

本章では、生成AIを活用して教育アプリの開発に取り組んだ実践事例の概要を記載する。なお、本事例は、生成AIを利用したアプリ開発手法の有効性の検証や議論を目的としたものではなく、後述の教育アプリの開発と共有に向けた前提として記載する。

本来の問題意識は、教育・研究活動における適切な教育研究ツールが存在していない現状への対応の必要性であった。具体的には、対話研究や聞き取り調査を行う際に、自動的に対話録音データを、テキストデータに変換する文字起こしツールを利用することができる。しかし、その文字起こしの精度は必ずしも十分ではなかった。さらに、対話研究における個人情報の保護の観点から、対話データをネット上に公開することはできない。この場面において、生成AIを活用することで、個人情報の保護を最優先とした文字起こしツールの開発が可能と考え、プログラミング未経験者の立場から、実際に研究ツールの開発と配布を実現することができた。この研究ツールの開発経験に基づき、教育場面において利用可能な教育アプリの開発と普及の可能性に関する検討を開始した。ここでは、生成AIを利用し、iPhone上で動作する教育アプリの開発に着手した。本アプリは、教育場面に関わる教員や指導者が、直感的に利用することが可能となるように、操作性や視認性を重視した設計とした。

開発にあたって、筆者自身はプログラミング経験を有していなかったことから、生成AIを設計・実装の支援として活用した。具体的には、アプリの基本的な機能、画面構成を検討し、実際にプログラムコードの作成と修正を行わせる各段階において、生成AIとの対話をとおして作業を進行させた。その結果、一般的なユーザが所有するコンピュータ環境においても、教育アプリの試作と動作確認、また、実際に配布する段階まで作業を進めることが可能であることが確認された。

このように、プログラミング未経験の教員であっても、教育アプリの開発が可能であった成果が得られた一方で、教育アプリを教育資源として継続的に活用し、運用する状況とすることの間には、いくつかの課題が残されていることが示された。特に、教育アプリの配布、利用者への導入支援、また、アプリ公開後の保守や更新といった側面においては、教員個人が担うには大きな負担が生じることが示された。

以上のように、本事例では、生成AIの活用によって教育アプリの開発に関するハードルが低下したことを示す一方で、教育資源としての共有や継続的運用には、大きな課題が残っていることを示す。次章では、本実践を通して明らかになった課題について、(1) 開発に関する問題、(2) 配布と共有に関する問題、(3) 保守と運用に関する問題、これら三つの側面から整理する。

### 3. 学習教材開発と開発に向けた課題

本章では、前章で示した教育アプリ開発実践を通して明らかになった課題について整理する。特に、教育アプリを学習教材として位置づけ、教員間で共有し活用していくことを想定した場面の問題点として、開発に関する問題、配布と共有に関する問題、保守と運用の問題、これらの観点から検討する。

#### 3.1 開発に関する問題

生成AIを利用することによって、プログラミング経験を有しない教員であっても、教育活動を目的としたアプリの開発が可能であることが示された。この結果は、教育を目的としたアプリの開発は、特別な専門知識を有した専門家のみが行う活動ではなく、教員が個人的に取り組むことができるものとなりつつあることがいえる。また、アプリの開発に必要な環境についても、専用の高価な機材や特別な機材を用意する必要はなく、一般に市販されているコンピュータと、ネット上で無償配布されているツールのみで、目的を達成することができた。少なくとも、本実践の範囲においては、開発環境を整えることについては、大きな障壁となる可能性は低いものといえる。

その一方で、開発に関する問題点や難しさが残っている。生成AIを用いたアプリ開発において、アプリの仕様（利用目的や活用目的に沿った機能構成や操作方法など）を適切に表現する必要がある。また、実際に生成AIが作成したアプリの動作の正しさや、使い勝手を検証したうえで、より適切な判断を行う必要がある。これは、実際に教育活動に携わる教員の知識や経験を反映したうえで、適切な判断や指示が必要となる。また、アプリ開発に際して、想定外のエラーやトラブルが生じることは珍しくない。このとき、プログラミング経験を持たないユーザは、自身でプログラムの確認と検証ができない。そのため、ユーザは、生成AIとの対話を通じた試行錯誤的な問題解決を行う必要があり、この際の時間的・心理的な負担は決して小さなものではない。

しかしながら、上記の問題は、教育アプリ開発プロセスの全体においては、比較的、解決の見通しが立ちやすいものといえる。少なくとも、生成AIを適切かつ効率

的に活用することで、プログラム開発に関わる活動は、教員にとって取り組むことが可能な問題であるといえる。

#### 3.2 配布と共有に関する問題

教育アプリを学習教材として活用するには、開発したアプリを利用者に配布し、他の教員と共有する取り組みが不可欠である。しかし、本実践においては、この配布と共有の側面において、もっとも大きな問題が存在することが明らかになった。

教材開発と共有について、理想的な環境としては、誰でも容易に教材資料にアクセスが可能であり、必要に応じて改良や再利用が可能であること、また、関心がある教員どうしが協働的に修正を加え、発展させていくことが望ましい。しかし、実際の教育現場においては、ソフトウェアやアプリの導入に際して、管理者権限の取得、セキュリティ警告への対応、利用が可能な端末の確保、ネットワーク環境の制約への対応など、多くの障壁が存在している。特に、一般的なコンピュータのユーザ、また、学習者にとっては、提供者が不明なソフトウェアやアプリをリリースすることについて、制度的にも、心理的にも、抵抗感が感じられることが予想される。

教育アプリの配布と共有に関して、開発者を対象としたサービスやプラットフォームを利用することで、教育アプリ本体や、ソースコードを公開することは可能である。しかしながら、これらのサービスは、プログラミングやソフトウェアの開発について、一定の経験を持ったユーザを対象としているため、一般的な教員や学習者にとっては、利用に際しての心理的なハードルが高いといえる。このために、システム上では、配布と共有が可能ではあるが、その現実性・実現性については、十分な体制が用意されているとは考えにくい。

このような背景から、本実践では、できるだけ多くのユーザが利用できることを目的とし、Apple社公式ストアを通じたアプリ配布の方法を採用した。この配布方法を採用することによって、iPhoneユーザであれば、容易かつ安全に、教育アプリの導入が可能となった。しかしながら、公式ストアを利用した配布は、学習教材の協働的發展に関して、必ずしも最適な方法とはいえない。その理由として、公開された教育アプリは、基本的に配布者のみが可能であり、教員個人個人に合わせた改良や改変は制度的に行うことができない。関心がある教員どうしが協働し、修正や改良を加えていくことは、実質的に困難である。この点について、今回の実践では、公式ストアを利用することで、より多くのユーザへの提供を可能とした一方で、有志の教員による協働的な修正と改良の可能性が閉ざされてしまう結果となった。これは、教育アプリの協働的發展のあり方の実現に向けて、解決すべき問題であるといえる。また、公式ストアを用いたアプリ配布の方法に関して、開発者側における登録手続き、年間契約、審査対応など、経済的・時間的なコストも要求される。本来の目的として、教育アプリを公開し関心がある教員どうして継続的に検討と発展を試みる取り組みについては、依然として大きな壁が存在するといえる。

#### 3.3 保守と運用に関する問題

教育アプリの開発、また、配布と共有の問題に続いて、教育アプリの継続的な保守と運用に関する問題が挙げられる。本実践においても、アプリ公開後に軽微な修正を行う必要があった。また、今後、アプリのOSに合わせたプログラムの修正、動作不良への対応、利用環境（端末等）の変化への対応など、継続的な対応が求められる。これらの作業は、教育・研究活動と直接的に関連するものではないが、長期間にわたって安定的に教育アプリを提供するためには、欠かすことができないプロセスである。また、本実践では、多くのユーザが利用可能となるように、公式ストアを利用した配布方法を採用している。これにより、多くのユーザの利用が可能となる一方で、問い合わせやトラブル対処などの機会も増加することが考えられる。結果的に、教育アプリの保守と運用に際しては、ボランティア的な負担が求められることとなる。

教育アプリの保守と運用に関する負担は、多くの場合、開発者個人の責任において行われる。しかしながら、経済的・時間的な負担が継続的に発生する状況は、教員が個人で、長期的に負担するには限界があるものと思われる。もちろん、技術的な側面においては、生成AIによるアプリ開発と保守の技術支援を受けることができる。しかし、事務手続きや要望への対応については、個人が対応することは容易ではないことが予想される。このように、教育アプリを教育資源として捉え、継続的に活用・共有するためには、開発が完了したあとに、誰がどのように管理と運用を継続するのか、重要な課題として残されているといえる。

本章では、教育アプリの開発と配布の実践をとおして得られた課題について、(1)開発に関する問題、(2)配布と共有に関する問題、(3)保守と運用に関する問題、これらの三つの側面から整理した。その結果として、教育アプリの開発については、生成AIによる支援によって現実的なものとなりつつあることが示された。その一方で、配布と共有に関する問題、また、保守と運用に関する問題については、教員個人が負担するには、大きな課題が残されていることが示された。これらの課題を踏まえ、教育アプリを学習教材として共有し、継続的・協働的な改良を行うために必要な要素について、検討する必要がある。

#### 4. 総合考察

本実践は、プログラミング未経験の教員が、生成AIによる支援を受けて、教育アプリの開発と配布を行った経験にもとづき、教育資源としてのアプリ開発の可能性、また、教員によるコミュニティによる継続的な修正と改良の可能性について検討を行ったものである。

生成AIの普及によって、教育アプリの開発に関しては、従来と比較して、その難易度は大きく低下したといえる。本実践の成果として、プログラミング未経験者であっても、生成AIによる支援を受けながら、実践的かつ継続的な開発環境を整え、実際に公式ストアからの教育アプリのダウンロードを実現させている。この点については、生成AIの発展と普及は、教育資源の開発の側面において、新たな可能性を開いたものといえる。

しかしながら、教育アプリの教育資源活用に関して、「開発すること」と「教材として共有し継続的に活用すること」には、大きな隔りがある。特に、配布と共有の側面について、教育場面におけるソフトウェアやアプリなどの管理制度、また、利用者や学習者にとっての未認証ツールを導入することへの抵抗、さらに、開発者側における事務手続きや経済的コストの発生など、技術的な課題にとどまらず、複数の要因が関連していることが考えられる。今後、生成AIに対応した教育活動のあり方に関して、教材開発と運用に関する議論が必要と考えられる。

また、教育アプリの配布と共有に関して、学習教材の観点から捉えると、利用者にとっては、自身の教育活動に合わせた修正や改良を行いにくい形式となっている問題がある。一般的な学習教材の運用と公開においては、利用者が継続的に修正や改良を行い、その結果が、さらに広く教員間で共有されるサイクルが望ましい。しかしながら、教育アプリの公開は、開発者にとって、一定の公共性と責任がともなう活動となっている。本実践においては、開発者としての知識が必要となる開発者コミュニティでの配布と共有ではなく、公式ストアを通じた配布を選択した。その背景として、多くのユーザの導入負担を軽減する目的があった。公式ストアの利用を通して、この目的は達成した一方で、開発者側に継続的な対応責任、また、開発者契約費用が生じることが明らかになった。

このように、少なくとも現時点においては、教育資源としての教育アプリの開発と普及、そして有志コミュニティによる継続的な修正と改善の実現に関する制度は、十分に整備されていないといえる。生成AIの発展と普及は、確実に、教育アプリの開発に関するハードルを大きく下げる貢献を果たした。その一方で、教員間における共有と改良については、難しい問題が残されていると言える。特に、教育アプリの配布と共有、また、保守と運用、これらは、開発者に対して、継続的な責任として負いつづけることとなる。教育アプリを教育資源として発展させることを意図したとき、現在の、開発者個人にすべての責任が発生する現状は、継続性の観点から問題が残っているといえる。

ただし、本稿の目的としては、具体的な教育アプリ活用の制度設計や運用モデルを提示することではない。本稿は、教育アプリの開発、また、配布と共有、そして、保守と運用の各段階における課題を整理し、今後の生成AIが普及した環境で望まれる教育資源開発と共有のあり方について、今後の議論の観点を整理するものである。教育アプリの開発が、個人レベルで可能なりつつある現在において、その環境をどのように支え、共有し、誰が責任を担うのかという問いは、今後の教育実践および教育研究の両フィールドにおいて、さらに重要な論点となると予想される。

#### 5. 結論

本稿は、生成AIを活用した教育アプリの開発実践を事例として、教育アプリを学習教材と位置づけたときに生じる課題を整理したものである。特に、アプリの開

発、配布と共有、保守と運用、これらの三つの観点を設定したところ、すでに生成AIによる教育アプリの開発は、現実的なものとなりつつあることが示された。しかしながら、開発した教育アプリについて、教育資源として位置づけ、継続的に活用し共有するには、なお多くの課題が残されていることが示された。

本実践を通して示された結果として、教育アプリの開発と、それ以降の配布と共有、また、保守と運用、これらの間には、大きな隔りがある。生成AIは、教育アプリの開発を可能するものであり、プログラミング経験を持たない教員にとっての新たな教育活動展開の可能性を広げるものである。しかし、開発した教育アプリについて、教員間での修正や改良に向けた仕組みは、現在のところ十分に整備されていない。また、教育アプリの配布と共有、保守と運用に関して、開発者は継続的な負担が生じることが示された。結果として、現時点における教育アプリの公開と維持は、開発者個人の善意と努力に依存せざるをえない構造となっている。

今後、生成AIの発展と普及にともない、教育アプリをはじめとする教育資源の個人開発の実践は、さらに増加することが考えられる。その際、教材アプリを教育資源として位置づけ、教員間で修正と改良を継続するには、生成AIの技術的な側面にとどまらず、運用方針や制度の側面に注目した検討が必要である。本稿は、生成AI時代における教育資源開発、また、教員コミュニティにおける継続的な教育活動の発展に関して、検討に向けた出発点を示すものとする。

## 参考文献

- (1) OpenAI. 「ChatGPT の利用実態」. <https://openai.com/ja-JP/index/how-people-are-using-chatgpt/> (2026年2月8日閲覧).
- (2) 総務省内閣府. 「Society 5.0」. [https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/)(2026年2月8日閲覧).
- (3) 文部科学省. 「初等中等教育段階における生成AIの活用に関するガイドライン(暫定的な考え方)」, 2023.

# 情報系授業の LLM 対話における技術語彙使用率と成績の関係 および学習行動の分析

清水将吾<sup>\*1</sup>

Email: shogo.shimizu@gakushuin.ac.jp

\*1: 学習院女子大学国際文化交流学部日本文化学科

©Key Words StudyChat, 技術語彙, 学習分析, LLM 活用

## 1. はじめに

大規模言語モデル (Large Language Model: LLM) の発展に伴い、大学教育の現場でも、課題に関する質問対応やレポート執筆支援、プログラミング学習支援など、学習者が LLM と対話しながら学習を進める事例が増えている。これに伴い、学習者と LLM との対話ログを分析し、学習行動や理解度、学習成果との関係を捉えようとする研究も活発化している。

学習分析 (learning analytics) や教育データマイニング (educational data mining) の文脈では、従来から LMS ログやクリックストリーム、オンラインテストの履歴などを用いて、成績予測やドロップアウト予測を行う研究が多数報告されてきた<sup>(1)</sup>。一方で、学習者の言語に着目した研究としては、レポートや解答文の語彙の多様性や専門用語の使用を指標とし、学習成果や概念理解との関連を調べる試みがある<sup>(2)</sup>。また、質問行動に着目した研究では、質問のタイミングや内容が、自己調整学習やメタ認知、学習成果と関連することが示されている<sup>(3)</sup>。

しかし、これらの研究の多くは、人間の教員や TA に対する質問ログや、フォーラム投稿を対象としており、LLM を相手とした質問対話に特化した知見はまだ十分に蓄積されていない。特に、(1) 技術語彙の出現頻度、(2) 使用傾向の時間的変化、(3) 言語的特徴と成績との相関関係、といった点は十分に検討されていない。

本研究では、情報系授業における学生と LLM との対話ログコーパス StudyChat<sup>(4)</sup>を用いて、以下の3点を明らかにする。

- (1) 質問に含まれる技術語彙の平均使用率と成績との関係
- (2) 学期を通じた技術語彙使用率の増減と成績との関係
- (3) 技術語彙使用と時間的な利用パターンに基づく学生のクラスタリングおよび利用スタイルの記述

本稿における分析の設計方針としては、(a) LLM の利用量ではなく、その利用における言語的側面 (どのような語彙を用いているか) に焦点を当てること、(b) 教員が直感的に解釈可能な基礎的特徴量 (語彙率や時間間隔など) から出発し、将来的な学習支援へのフィードバックにつなげること、の2点を重視する。この方針に基づき、本分析は成績との直接的な相関分析を主軸としつつ、時間系特徴量とクラスタリングによる利用スタイルの記述を第二段階と位置づける。

## 2. データセットおよび分析対象

### 2.1 StudyChat データセットの概要

本研究では、学習者による LLM 活用の実態と学習成果との関連を検討するための具体的な対象として、プログラミング教育および人工知能 (AI) 教育の文脈で構築された公開データセットである StudyChat<sup>(4)</sup>を利用する。このデータセットは、米国 R1 大学の AI 導入コースにおいて、2024 年秋学期と 2025 年春学期の計 2 セメスターにわたり収集されたものである。収集対象となった発話は、学部高学年 (主に 3・4 年次) の学生が、専用の Web アプリケーションを通じて LLM (GPT-4o-mini) と交わした対話ログであり、総発話数は 16,851 件、対話セッション数は 2,214 件に及ぶ。

データの収集環境として構築された Web アプリケーションは、ChatGPT の標準的なユーザインターフェースを模しており、学生は授業内での演習のみならず、自宅学習等の授業外の時間帯においても、プログラミング課題の遂行を目的として LLM を無制限かつ自由に利用することが許可されていた。収集されたログには、匿名化されたユーザ ID、一連の会話を識別するセッション ID、発話ごとの詳細なタイムスタンプ、およびメッセージ本文が記録されている。さらに、先行研究により、各発話には「概念的質問」「コード生成依頼」「文脈の提示」といった対話行為 (Dialogue Act) ラベルが、階層的なスキーマに基づいて付与されている<sup>(4)(5)</sup>。なお、先行研究<sup>(4)</sup>では全発話に対して手動による対話行為のアノテーションが行われているが、膨大な対話ログに対して手動付与を継続することは運用コストの面で課題が残る。そこで本研究では、人手による主観的判断を介さず、一貫した基準に基づき自動抽出可能な技術語彙の使用特性に着目することで、よりスケーラビリティの高い分析アプローチを試みる。

### 2.2 授業の評価体系と分析対象の選定

対象授業の評価体系は、LLM の活用を前提とした遂行型評価と、学生個人の理解度を直接測る定着度評価の 2 つの評価軸で構成されている点が特徴である。本稿における成績との相関分析では、これら両方のデータが完備されている 2024 年度の記録のみを対象とした。具体的な評価項目は、学期間を通じて課される計 7 回の Python プログラミング課題 a1~a7 と、計 3 回の定期試験 e1~e3 から成る。プログラミング課題は、Jupyter Notebook を用いたチュートリアル形式や、検索アルゴ

リズム、ニューラルネットワークの実装といった実践的な内容を含んでおり、学生はLLMからの支援を自由に受けながらこれらに取り組むことが可能であった。一方、定期試験は対面形式で実施され、LLMを含む一切の外部リソースの参照が禁止されていた。本研究では、これら全評価項目の成績データを取得し、個別の課題における難易度の差を補正するため、すべてのスコアを0から1の範囲で正規化した上で、学習成果の指標として活用する。

分析対象となる学生の選定にあたっては、分析の信頼性を高めるため、以下の抽出基準を設けた。まず、全期間における7回の課題a1~a7および3回の試験e1~e3のすべての成績データが欠損なく記録されていることを必須条件とした。次に、学期間を通じてLLMを一定回数以上継続的に利用しており、対話ログからその学習スタイルを安定的に同定可能な学生を優先した。この基準に基づき、最終的に110名の学生を本研究の分析対象とした。これにより、単発的な利用や極端な少数利用によるノイズを排除し、概念理解を深めるためのLLM活用や、逆に過度な依存が長期的な学習到達度に及ぼす影響を、統計的に信頼性の高い形で分析することが可能となった。

### 3. 特徴量設計

#### 3.1 設計方針

本研究の特徴量設計は、次の3つの方針に基づいている。

- (1) 言語的特徴（技術語彙の使用）を主要な指標とする

LLMとの対話においては、質問の回数といった量的側面のみならず、発話の質的側面（語彙の専門性）が重要である。そこで、授業で扱う技術用語を含む語彙の使用率を定義し、学習者の知識活用レベルを明示的に指標化する。

- (2) 時間的推移（傾き）を学習プロセスの評価に組み込む

学期の進行に伴い、同一の学習者であっても質問の性質は変容しうる。技術語彙使用率の時間的な傾き（増減）を特徴量として導入することで、知識やスキルの習熟過程を定量的に評価する。

- (3) 利用パターンの類型化により学習行動の多様性を記述する

利用頻度、対話間隔、セッション長といった時間的特徴量を併せて定義し、「高頻度・短時間の利用」や「低頻度・長時間の集中利用」といった利用スタイルをクラスタリングにより類型化する。ただし、これらは主として記述的な分析に留め、成績予測の補助および学習行動の可視化を目的とする。以下では、具体的な定義を述べる。

#### 3.2 メッセージ単位の技術語彙使用率

学生*i*の*m*番目の質問メッセージのトークン列を

$$w_{i,m} = (w_{i,m,1}, w_{i,m,2}, \dots, w_{i,m,T_{i,m}})$$

とする。ここで、 $T_{i,m}$ はメッセージ*m*に含まれるトークン数である。

対象授業の課題で扱われる技術用語から構成される技術語彙集合を

$$V_{tech} = \{v_1, v_2, \dots, v_k\}$$

と定義する。なお、技術語彙集合 $V_{tech}$ は、選定の客観性を担保するため、対象授業の全課題文をLLMに入力し、そこに含まれる主要な専門用語を抽出させることで構築した（総語彙数：82語）。トークン $w$ が技術語に含まれるかどうかを示す指示関数 $\delta(w)$ を

$$\delta(w) = \begin{cases} 1 & (w \in V_{tech}) \\ 0 & (w \notin V_{tech}) \end{cases}$$

とする。このとき、学生*i*のメッセージ*m*における技術語彙使用率 $r_{i,m}$ を

$$r_{i,m} = \frac{\sum_{t=1}^{T_{i,m}} \delta(w_{i,m,t})}{T_{i,m}}$$

と定義する。これはメッセージ中のトークンのうち、技術語彙に属するトークンの割合に相当する。

#### 3.3 学生単位の技術語彙指標（平均と傾き）

学生*i*が送信した質問メッセージの総数を $M_i$ としたとき、学生単位の平均技術語彙使用率 $\bar{r}_i$ を次式のように定義する。

$$\bar{r}_i = \frac{1}{M_i} \sum_{m=1}^{M_i} r_{i,m}$$

本分析では、この値を特徴量 `avg_tech_ratio` として用いる。

さらに、学期を通じた技術語彙使用率の増減を捉えるため、各メッセージに対して授業期間内で0~1に正規化した時間インデックス $t_{i,m}$ を割り当て、次の単回帰モデルを当てはめる。

$$r_{i,m} = \beta_{i,0} + \beta_{i,1}t_{i,m} + \varepsilon_{i,m}$$

ここで、 $\beta_{i,0}$ は切片、 $\varepsilon_{i,m}$ は誤差項を表す。本分析では、傾き $\beta_{i,1}$ を特徴量 `tech_slope` として用いる。これは、学期全体を通じた大局的な増減傾向を一次近似するものである。値が正で大きいほど、学期の初期から後期にかけて技術語彙使用率を高めている学生と解釈できる。なお、個々の学習者のログには短期的な変動が含まれるが、本分析ではモデルの適合度 ( $R^2$ ) よりも、学期を通じた変容の方向性を捉えることを重視し、最小二乗法による一次近似の傾きを特徴量として採用した。

#### 3.4 時間的な利用パターンの特徴量

チャットログの時刻情報から、LLMの利用パターンを捉えるための時間系特徴量を算出した。まず、各セッション (`chatId`) 単位でメッセージの送信時刻を昇順に整列し、連続するメッセージ間の時間差 (分) を発話間隔 (`gap`) として算出した。24時間を超える `gap` や負の値はノイズとして除外した上で、ユーザ単位で以下の指標を求めた。

- `mean_gap_min` : メッセージ間隔の平均
- `median_gap_min` : メッセージ間隔の中央値
- `p25_gap_min, p75_gap_min` : メッセージ間隔の四分位点 (25%, 75%)
- `frac_short_gap` : メッセージ間隔が10分以下である割合

次に、セッションごとに開始時刻と終了時刻から継続時間を算出し、ユーザ単位で以下の指標を算出した。

- `mean_chat_dur_min` : チャットセッション継続時間の平均
- `median_chat_dur_min` : チャットセッション継続時間の中央値
- `mean_msgs_per_chat` : 1セッションあたりの平均メッセージ数

これらの時間特徴量に`avg_tech_ratio`および`tech_slope`を加えたものを、各学生の特徴量ベクトルとして用いた。クラスタリングでは、特徴量が欠損していない101名に対して、10次元の特徴量ベクトルを用いている。

#### 4. 分析方法と結果

本章では、分析手法とその主な結果について述べる。まず第一段階として技術語彙の使用と成績の相関分析を行い、続く第二段階では時間的特徴量と成績の関連、およびクラスタリングを用いた利用スタイルの類型化について分析を進める。

##### 4.1 平均技術語彙使用率と成績の相関

まず、学生単位の平均技術語彙使用率 `avg_tech_ratio` と、各成績指標である `a1`~`a7`, `e1`~`e3` との Pearson の積率相関係数を算出した。結果を表1に示す。

分析の結果、`avg_tech_ratio` は多くの成績指標と正の相関を示した。特に、中盤から後半の課題 `a3`, `a7` や、定期試験 `e1`, `e2` においては統計的に有意な正の相関 ( $p < 0.05$  または  $p < 0.01$ ) が確認され、第1回定期試験 `e1` では  $r = 0.346$  ( $p < 0.01$ ) と比較的強い相関が見られた。

これは、日常的に技術語彙を用いて LLM と対話を行う習慣が、課題の達成度や試験でのパフォーマンスと肯定的な関連を持つことを強く示唆している。

##### 4.2 技術語彙使用率の時間的推移と成績の相関

次に、学期を通じた技術語彙使用率の変化率 `tech_slope` と成績との相関を分析した (表1)。

分析の結果、平均使用率 `avg_tech_ratio` が正の相関を示したのに対し、推移の傾き `tech_slope` は、課題 `a4` や第1回定期試験 `e1` ( $r = -0.254$ ,  $p < 0.05$ ) において統計的に有意な負の相関を示した。

表1 技術語彙指標と成績との相関係数

成績指標	平均使用率 <code>avg_tech_ratio</code>	推移の傾き <code>tech_slope</code>
<code>a1</code>	0.127	-0.012
<code>a2</code>	0.040	-0.081
<code>a3</code>	0.204*	-0.004
<code>a4</code>	0.136	-0.225*
<code>a5</code>	0.088	0.048
<code>a6</code>	0.158	0.011
<code>a7</code>	0.199*	-0.016
<code>e1</code>	0.346**	-0.254*
<code>e2</code>	0.230*	-0.052
<code>e3</code>	0.124	-0.060

注:  $N = 110$ . \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$

平均使用率 `avg_tech_ratio` が正の相関を示す一方で、傾き `tech_slope` が負の相関を示したという結果は、成績上位層の学習行動によって説明できる。すなわち、成績上位層は学期初期から高い水準で技術語彙を活用しているため、学期を通じた増加幅 (傾き) は限定的となる。対照的に、初期の理解度が低かった学生ほど、学習後半にかけて語彙使用率が急増し、結果として傾きが大きくなる傾向が確認された。

この分析結果から、学習プロセスの中盤以降に語彙を増加させることよりも、早期から安定した技術語彙の使用習慣を確立していることの方が、高い学習成果に寄与していることが示唆される。

##### 4.3 時間的利用スタイルと成績の関係

技術語彙指標との比較のため、3.4節で定義した時間系特徴量 (メッセージ間隔の平均 `mean_gap_min` やチャット継続時間 `mean_chat_dur_min` 等) と成績との相関を確認した。

分析の結果、これらの時間的指標の多くは成績との相関係数が  $|r| < 0.15$  程度に留まり、統計的に有意な相関は確認されなかった。この結果は、総利用時間やアクセス頻度のような量的な指標よりも、前節で確認された技術語彙の使用という質的な側面の方が、学習成果に対してより直接的な関連を有することを示唆している。

加えて、この結果は LLM 特有の利用文脈を反映していると考えられる。従来の e ラーニング教材であれば、利用時間が学習量に比例するという前提が成立しやすいが、LLM との対話においては、長時間のセッションが深い思考だけでなく、意図が伝わらない試行錯誤や生成待ち時間を反映している場合がある。同様に、短時間の利用も単なる省力化だけでなく、的確なプロンプトによる効率的な課題解決を意味しうる。このように、時間指標が文脈によって相反する性質、すなわち効率化か放棄か、あるいは没頭か停滞かという異なる状態を指しうるため、成績との間に一貫した線形関係が見出されなかったと解釈できる。

##### 4.4 利用パターンに基づくクラスタリング

技術語彙使用と時間的利用スタイルを包括的に捉えるため、成績データを除いた10次元の特徴量を用いて k-means 法によるクラスタリングを行った。クラスタリングにあたっては、各特徴量を0から1の範囲に正規化して用いた。シルエット係数等に基づきクラスタ数を  $k = 3$  と設定した結果、以下の3つの典型的な利用スタイルが抽出された (図1上)。

- クラスタ0 ( $N = 47$ ): 標準的利用群。平均技術語彙使用率は0.07と比較的高く、セッションあたりのメッセージ数や継続時間も全体の中央値に近い、バランスの取れた利用を行っている。
- クラスタ1 ( $N = 47$ ): 短時間頻回・語彙発展群。平均技術語彙使用率は0.04と低いものの、その増加傾向 (`tech_slope`) は0.04と最も高く、学期中に語彙の使用が増えている。行動面ではメッセージ間隔が平均10.9分と極めて短く、短いセッション

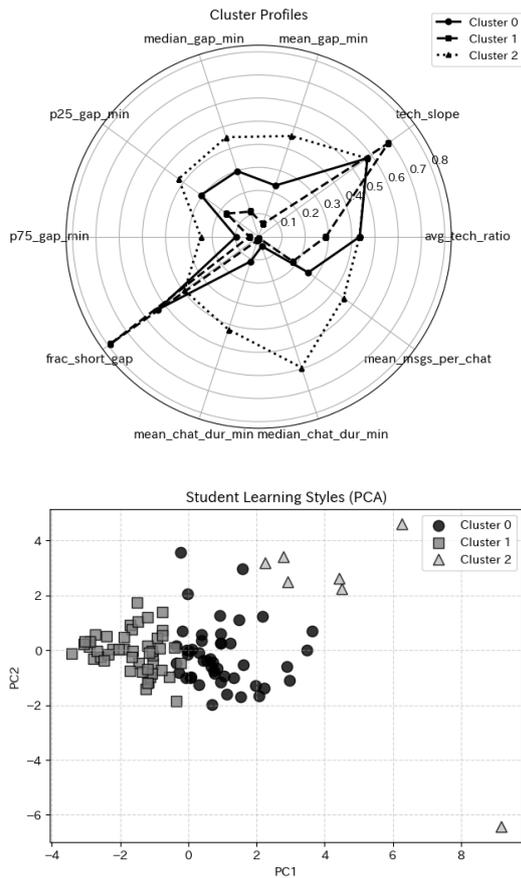


図1 学習行動のクラスプロフィール

正規化された特徴量のレーダーチャート(上)とPCAによる散布図(下)。クラス0はバランス型、クラス1は短時間頻回利用で語彙増加傾向が高い、クラス2は長時間利用型を示す。

を頻繁に繰り返すスタイルが見られる。

- クラス2 ( $N = 7$ ): 長時間没入群。技術語彙使用率は0.07とクラス0と同水準だが、1セッションあたりの平均継続時間が2,741分(約45時間)、メッセージ数が13.9回と突出して高い。ウィンドウを長時間開いたまま課題に取り組み、断続的に深い対話を行う少数のヘビーユーザー層であると考えられる。

これら3つのクラス間で成績指標e1~e3の平均値を比較したところ、クラス0とクラス2は概ね同水準の高い成績を示した。一方、クラス1は定期試験e1の平均スコアが0.794と、他クラス(0.837, 0.879)に比べてやや低い傾向が見られた。このことから、「もともと技術語彙を使える層(クラス0, 2)」は安定して成績が良いが、「短い質問を繰り返しながら徐々に語彙を身につけていく層(クラス1)」は、初期の試験では苦戦するものの、最終的な成績e3では差が縮まる(0.860と0.871)傾向にあることが読み取れる。

各クラスの分布と特徴を俯瞰するため、主成分分析(PCA)による次元圧縮を行い、第1主成分および第2主成分による散布図を作成した(図1下)。各主成分の負荷量を確認したところ、第1主成分はメッセージ間の時間間隔といった対話のペースに関する寄与が高

く、第2主成分はセッションあたりのメッセージ数や継続時間といった対話の量を強く反映していた。技術語彙使用率は第1主成分に対して正の負荷量(0.237)を示しており、語彙を多用する対話ほど、メッセージの間隔が長くなる傾向が示唆された。散布図上では、標準的利用群であるクラス0と、語彙使用率が低く利用量も少ないクラス1が明確に分離している。また、クラス2は第2主成分(対話の量)において極めて高い値を示す孤立した分布となっており、技術語彙の使用による質を維持しつつ膨大な試行錯誤を行う特異な層として可視化された。

## 5. 考察とまとめ

本研究では、対話ログコーパス StudyChat を対象に、質問文に含まれる技術語彙の使用特性と学習成果の関係を分析した。その結果、平均技術語彙使用率は成績と有意に相関し、特に学習初期の定着度がその後の成果に直結することが示された。成績上位層における語彙使用の増加率(傾き)の低さは、初期からの定着による天井効果と、下位層の後半におけるキャッチアップの結果と解釈できる。また、利用スタイルに関わらず語彙使用率の高い学生が好成績を収めたという事実は、成果が利用量ではなく、専門用語を用いて問いを立てる質的習慣に依存することを裏付けている。この結果は、従来の行動ログに基づく定量的な評価から、対話の質に着目した質的な評価へとモニタリングの焦点を移すべきことを示唆する。

教育実践への示唆として、まず学期初頭から語彙活用を促すプロンプト指導が重要である。また、語彙の急増を単なる適応ではなく初期のつまづきと捉えるモニタリングの視点や、質的基盤の上で学生ごとの多様な探究プロセスを許容する柔軟な指導設計が求められる。

本研究の限界として、分析対象が単一の授業科目かつ限定的なサンプルサイズに留まっていることが挙げられる。今後は、異なる学問領域での再現性検証や、自動抽出した語彙が文脈に即して正しく使用されているかといった対話内容の質的検証が必要である。加えて、学習ログのみでは捉えきれない学習者の学習動機や事前の知識レベルといった主観的要因を統合し、行動変容の背景を多角的に明らかにする必要がある。

## 参考文献

- (1) Romero, C. and Ventura, S.: "Educational data mining and learning analytics: An updated survey", Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, Vol. 10, No. 3, p. e1355 (2020).
- (2) Crossley, S. A.: "Linguistic features in writing quality and development: An overview", Journal of Writing Research, Vol. 11, No. 3, pp. 415-443 (2020).
- (3) Roll, I., et al.: "Improving students' help-seeking skills using metacognitive feedback in an intelligent tutoring system", Learning and Instruction, Vol. 21, No. 2, pp. 267-280 (2011).
- (4) McNichols, H., Ikram, F., & Lan, A. S.: "The StudyChat Dataset: Student Dialogue with ChatGPT in an Artificial Intelligence Course", arXiv preprint arXiv:2503.07928 (2025).
- (5) Wood, A., et al.: "Detecting speech act types in developer question/answer conversations during bug repair", Proc. 2018 26th ACM Joint Meeting on ESEC/FSE, pp. 491-502 (2018).

U-18 論文  
(査読なし)

# 手書き文字の読みやすさ評価システムの開発

山本 景翔<sup>\*1</sup>・井上 壮典<sup>\*1</sup>・小林 柁貴<sup>\*1</sup>  
指導教員：有塚 あすか<sup>\*1</sup>・今井 尚美<sup>\*1</sup>

\*1: 兵庫県立小野高等学校

◎Key Words AI, 回帰, 手書き文字, 読みやすさ

## 1. はじめに

近年、日本文化の影響で日本語学習者が増加している。しかし現在の日本語教育はボランティアに依存している状況である。そこで私たちは日本語教育の中の「書く」技能に注目し、文字の読みやすさを評価するシステムを提案する。このシステムの実装によりボランティアの方々に依存している状況を少しでも解決できると考えた。

## 2. 仮説と検証方法

### 2.1 仮説

私たちは文字の形状的特徴と人が感じる文字の読みやすさには相関があり、文字の形状的特徴を画像解析から求めることにより読みやすさを判断できるという仮説を立てた。

### 2.2 仮説の検証方法

まず特徴量を設定する。特徴量とは「対象の特徴を示すと考えられる属性をデータとしてあらわしたもの」であり、本研究においては、文字の形状的特徴を画像解析を用いて数値化したものである。私たちは「鑑沢 勇, 井上 正之 (1983) 文字形態から受ける印象を表わす物理測度の検討」<sup>(1)</sup>を参考にして、以下の①～⑤の特徴量を設定した。

#### ①縦横比

外接短径（輪郭を含むことのできるもっとも小さな長方形）を描写したときの縦／横

#### ②バランス

その文字の重心と外接短径の中心の差分

#### ③線の太さ

文字の面積／線の長さ

#### ④横線の傾き

横線らしい線（傾きが±30°以内）それぞれの角度の標準偏差

#### ⑤縦線の傾き

縦線らしい線（傾きが±30°以内）それぞれの角度の標準偏差

次に、手書き文字の画像データごとに読みやすさを数値化する。本研究では評価者が主観的に判定した1～10の評価点の平均値を文字の読みやすさと定義する。

そして5つの特徴量を説明変数、数値化した読みやすさを目的変数として、回帰分析を行い回帰係数を導く。回帰係数とは説明変数が1増加したときに目的変数がどのくらい増加するかを表す値である。そしてその回帰係数を用いた重回帰式を本研究では評価システムと呼び、評価システムをその説明力を示す $R^2$ （決定係数）を用いて精度を評価する。 $R^2$ は0から1の範囲で1に近づくほどシステムの説明力が高いことを表し、本研究では先行研究より $R^2$ が0.50以上になることを目指す。 $R^2$ は図1の(1)式で求められる。

$$R^2 = 1 - \frac{(\text{実際の値} - \text{予測値})^2 \text{の合計}}{(\text{実際の値} - \text{実際の平均})^2 \text{の合計}} \quad \dots (1)$$

図1  $R^2$ の算出方法

## 3. 実験1

### 3.1 実験方法

実際に仮説を検証していく。まず文字画像を21枚集める。今回は「正」の文字に絞って集めた。次に班の3人で文字の読みやすさを判定する。そして、画像解析を用いて設定した特徴量の値を導出する。測定した特徴量の値と読みやすさの値で回帰分析を行い、回帰係数を導く。今回は一次回帰とした。

### 3.2 結果・考察

図2～図6は各特徴量に対する読みやすさの散布図である。また、表1は各特徴量の回帰係数を示している。

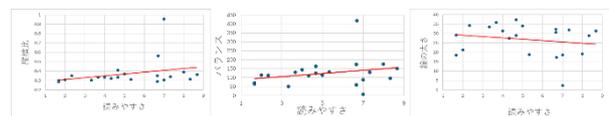


図2 縦横比

図3 バランス

図4 線の太さ

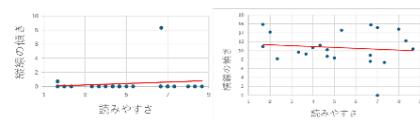


図5 縦線の傾き

図6 横線の傾き

表1 特徴量と回帰係数(実験1)

項目	特徴量	回帰係数
図2	縦横比	-9.17
図3	バランス	0.02
図4	線の太さ	-0.24
図5	縦線の傾き	0
図6	横線の傾き	-0.33

特徴量5つを合わせた $R^2$ は0.26となり、目標の0.50には届かなかった。要因として、データ数と評価者の不足が考えられる。また、5つの特徴量だけでは測り切れない要素もあると考えられる。以上の要因を改善し、実験2を行った。

## 4. 実験2

### 4.1 実験1との変更点

実験1と同様に特徴量と読みやすさの間の回帰係数を求める。その際、実験1の結果からいくつかの変更を行った。

文字の形状について考える中で、線と線が正確につながっていることも重要だと感じた。このことを分析するために、特徴量に交点密度(交点数÷文字面積)を追加した。また、特徴量は相互に影響し合っていると考えたため、交互作用項を式に導入した。これにより、例えば線が太いほど縦横比が読みやすさに与える影響が強まるといった関係が表せるようになった。以下に、変更点をまとめる。

#### ○変更点

- ・画像データの増加(21枚→35枚)
- ・評価者の増加(3名→約20名)
- ・特徴量の追加
- ・交互作用項の導入
- ・回帰の手法の変更(一次回帰→二次回帰)

### 4.2 結果

図7～図12は各特徴量に対する読みやすさの散布図である。また、表2は各特徴量の回帰係数、表3は交互作用項の回帰係数である。実験2では二次項と一次項、交互作用項でそれぞれ回帰係数の値が3種類出てきている。 $R^2$ は0.79となり、目標の0.50を超えた。

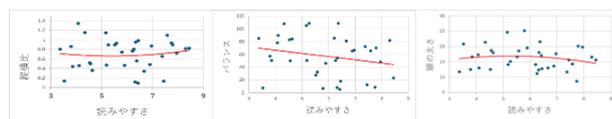


図7 縦横比

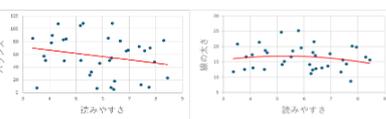


図8 バランス

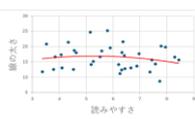


図9 線の太さ

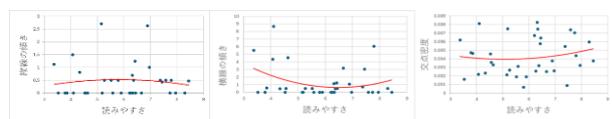


図10 縦線の傾き

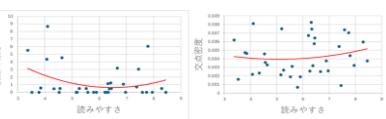


図11 横線の傾き

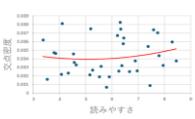


図12 交点密度

表2 特徴量と回帰係数(実験2)

図番号	特徴量	二次項係数	一次項係数
図7	縦横比	-0.54	2.19
図8	バランス	-0.32	0.8
図9	線の太さ	0.22	0.5
図10	縦線の傾き	6.55	-4.87
図11	横線の傾き	6.36	0.54
図12	交点密度	1.15	2.56

表3 交互作用項の回帰係数

特徴量の組み合わせ	交互作用項の値	特徴量の組み合わせ	交互作用項の値
縦横比*バランス	-0.21	バランス*交点密度	-0.81
縦横比*文字の太さ	-0.06	文字の太さ*縦線の傾き	-8.99
縦横比*縦線の傾き	1.97	文字の太さ*横線の傾き	9.97
縦横比*横線の傾き	1.03	文字の太さ*交点密度	0.63
縦横比*交点密度	0.87	縦線の傾き*横線の傾き	-13.48
バランス*文字の太さ	0.50	縦線の傾き*交点密度	-5.82
バランス*縦線の傾き	-3.54	横線の傾き*交点密度	9.97
バランス*横線の傾き	7.88		

### 4.3 考察

実験1と比較して $R^2$ の値が上昇した要因としては、回帰手法を改善したことが挙げられる。一次回帰は単調増加・減少する関係のデータを説明するのに適切な手法であるのに対し、本研究で扱う縦横比やバランスといった特徴量は非線形な関係を持つものであると考えられる。そのため、一次回帰ではうまく特徴を捉えられなかったのではないかと考えた。また、交互作用項を取り入れたことでより正確な読みやすさ評価ができるようになったことも要因として考えられる。

## 5. 結論

$R^2$ の値が0.50を超えたことにより、文字の形状的特徴と人が感じる文字の読みやすさには相関関係があると考えられる。

## 6. 今後の展望

今回は「正」の漢字のみで実験したため、今後は文字の種類を増やし、より多い文字を評価できるシステムを構築していきたい。また、今回の実験で現在のシステムはある程度の精度があるとわかったが、それをより高めるために特徴量の改善や評価者の増加を図っていく。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、兵庫県立大学大学院工学研究科電子情報工学科教授 日浦 慎作先生にご助言いただきました。この場をお借りして、お礼申し上げます。

## 参考文献

- (1) 鑑沢 勇, 井上 正之「文字形態から受ける印象を表わす物理測度の検討」テレビジョン学芸技術報告, 6巻37号, 25～32. (1983).
- (2) 北川 由紀彦, 山口 恵子, 社会調査の基礎放送大学, 放送大学教育振興会, (2019).

# SIR モデルを用いた地域における感染予測への活用

三國菜日向\*1・藤戸 容\*1・細田輝貴\*1  
 指導教員：山形 慶\*1・小林真奈美\*1  
 Email: manamikobayashi@hokkaido-c.ed.jp

\*1: 北海道函館中部高等学校

◎Key Words SIR モデル, 感染予測

## 1. はじめに

SIR モデルとは、全人口を今後感染する可能性のある未感染者 S(Susceptible)、今感染していて、かつ他の人に感染させる可能性のある感染者 I(Infectious)、免疫保持者や入院患者などの回復者 R(Recovered)に分類し、感染状況の時間的変化を常微分方程式を用いて表したものである。その常微分方程式により、Python などを用いて時間的な、感染者、回復者、未感染者の数を観測することができる。SIR モデルの微分方程式は次式のとおりである。

$$\begin{aligned}\frac{dS(t)}{dt} &= -\beta S(t)I(t) \\ \frac{dI(t)}{dt} &= \beta S(t)I(t) - \gamma I(t) \\ \frac{dR(t)}{dt} &= \gamma I(t)\end{aligned}$$

定数は「伝達係数」であり、 $=p \times c$  と定義され( $p$  は確率であり、一人の感染者が一人の未感染者数と接触したときに感染する確率を示し、Gregory and Alla(2020)により  $p=0.02$ 、 $c$  は接触人数であり、一人の感染者が一日に接触する未感染者数を示す)、一人の感染者が一日に未感染者を感染させる可能性がどの程度高いかを表す指標である。また、定数は「回復率」であり、 $\gamma=1/D$  と定義され( $D$  は 1 人あたりの感染期間であり、先行研究より 7 日間)、感染者が回復したり入院したりすることで、他人を感染させる可能性が消滅する確率を示す。

Iman et al., (2021)によると、オーストラリア、イギリス、イタリアでの大規模な範囲での SIR モデルによる分析の比較が行われており(例としてオーストラリアのモデルを図 1 に示す)、簡易モデルである SIR モデルでは、パラメータの最適化により、精度が大幅に上昇することが確認された。しかし、日本の都道府県のような狭い範囲での感染予測の比較はされていない。また、図 2 に示すように、日本国内における都道府県別に新規感染者数の推移を見たところ、増加時期や減少時期に差が見られた。

そこで本研究では、簡易 SIR モデルについて、日本国内の感染状況データを用いて精度について再検討し、各都道府県での感染者数の予測と実データの比較を試みることにした。感染症に対応したワクチン接種割合や日本国内における非常事態宣言など SIR モデルで考慮されていない点は複数あるが、人々の地域を超えた

人口移動は感染者の接触人数を大きく左右し、感染拡大の速度に影響を及ぼすため、従来の SIR モデルの予測精度を低下させている主な原因であると考えられることから、地域の特徴による感染者数への影響を調整した SIR モデルにより分析することで、今後の感染症拡大においてそれぞれの地域によって考慮すべき点などを提示できることを目的とする。

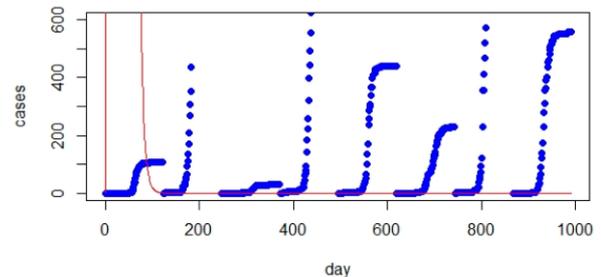


図 1 オーストラリアの実際の感染者と SIR モデルの予測の比較

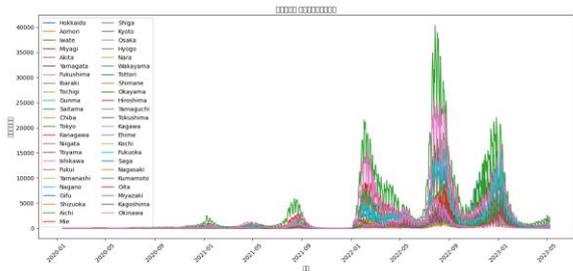


図 2 都道府県別の感染者数の推移

## 2. 研究方法と結果について

### 2.1 SIR モデルの設定

厚生労働省の新型コロナウイルス感染者のデータを用いて全国における実データを作成し、実データと最も平均二乗誤差が小さくなる最適接触人数を求めた。求めた接触人数を各都道府県の SIR モデルのプログラムにあてはめ、都道府県による SIR モデルの線形、平均二乗誤差、決定係数を算出した。これらのデータから CSV コードを作成し、Python にて実データのグラフを作成した。次に、Python にて過去のデータから、SIR モデルを用いて予測データを作成し、実データと重ね合わせた。予測の期間は半年に分け、それぞれの期間で平均二乗誤差、決定係数を用いて、最適接触人数を Python

により算出した。本研究では、それぞれの地方の代表的な都道府県に、全国の最適接触人数を設定し比較することで、各地域の特徴によるデータの違いを調べたところ、感染者数の低い2020/3/1~2021/8/31の期間の結果が実データと近い値が出た(図3)が、それ以外の期間では、平均二乗誤差がかなり大きく、決定係数が負の値であり、どの地域の予測においても実データとかけ離れた結果となり、各地域での予測の精度の比較をすることができなかった。

また、グラフの概形が直線や指数関数的なグラフの形となり、単調減少、単調増加の傾向しか見られず、SIRモデルの予測で見られる感染者のピークがあるような形が見られなかった。

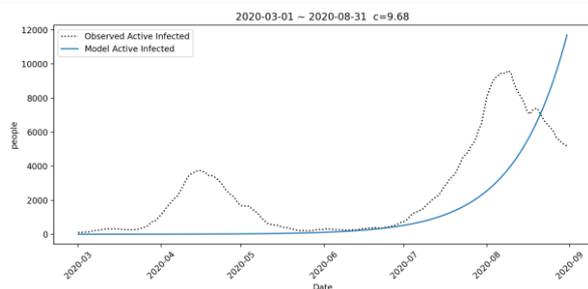


図3 全国のSIRモデル(2020/3/1~8/31)

## 2.2 パラメータ設定と比較対象条件の検討

2.1の結果を受けて、予測期間を短くする等、Pythonでのコードの問題点やパラメータの最適化を試みた。しかしこの方法では実用化の際、短期間の感染の傾向しか捉えることができないため、各ピーク別に期間を区切り、そのピークに合うようなパラメータ設定を行った。そのほか全国のうち人口の多い東京都、大阪府、愛知県と、それ以外の地域にグルーピングことで、それぞれの最適接触人数を求め、SIRモデルのパラメータに当てはめることによって、SIRモデルの精度の向上を試みたところ、図4・5に示す通り、2023/1/16~7/15の期間において、実データと線形の一致が見られた。感染期間の初期や終期など、実データが単調減少、単調増加する期間でSIRモデルは一致しやすい。一方、本研究で使用したのは平均二乗誤差を最小にするプログラムであるため、数値の山や谷が多くある期間では、SIRモデルが直線的になったり、x軸に張り付いたりすることがわかった。

グルーピングによって平均二乗誤差はほとんどの都道府県で悪化したのに対し、決定係数は愛媛を除くすべての都道府県で改善している。平均二乗誤差は誤差の絶対的な大きさを示すため、モデルに十分感染者数が大きくなってからの期間を設定したとき、線形は改善していても、実データのスケールが大きいため平均二乗誤差が大きくなった可能性がある。一方、決定係数は誤差の相対的な割合を示すため、期間変更による人口の増加に影響されずより正確に比較が可能であると言える。8都道府県中7都道府県で決定係数が改善したことから、グルーピングによって誤差の相対的な割合が減り、データの上昇・下降、ピーク・谷などの線形を

より再現できるようになったと考えることができる。

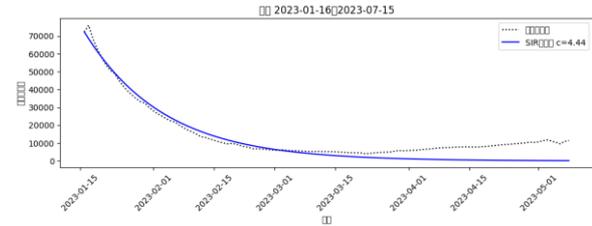


図4 東京都のSIRモデル(2023/1/16~7/15)

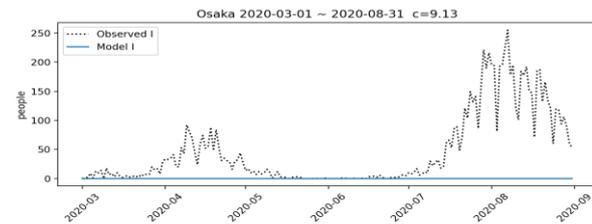


図5 大阪のSIRモデル(2020/3/1~9/1)

## 3. 今後の予定について

以上の結果を受けて、次のことを予定している。

- (1) 人口の規模を小さくして感染拡大のモデルを実行する。
- (2) 全国規模のモデルで初期の感染者数を調整する。つまり、十分に感染が拡大し、感染者数が大きくなった状態から始める。

(1)について、筆者らが住む地元である、函館市などの市区町村の感染者数実データを用いて実行することで、初期感染者数と感染拡大のバランスが取れる可能性がある。(2)については、初期の感染者数はどの都道府県においても1人または2人であるため、10人程度感染した状態を初日とし、モデルを実行することで、実データの感染拡大との一致が見込まれる。

## 4. 参考文献・引用文献

- (1) 「令和2年国勢調査 人口速報集計結果 結果の概要」 <https://www.mdpi.com/2078-2489/12/3/109?utm> (2025/06/05)
- (2) 「データからわかるー新型コロナウイルス感染症情報ー」 <https://covid19.mhlw.go.jp/> (2025/06/05)
- (3) Iman Rahimi, Amir H. Gandomi, Panagiotis G. Asteris, Fang Chen, “Analysis and Prediction of COVID-19 Using SIR, SEIQR, and Machine Learning Models: Australia, Italy, and UK Cases”, Information (MDPI), 12 巻, 3 号, 2021/03/03, 109 頁
- (4) 「高校数学で理解する感染症の数理」 <https://www.math.sci.chime-u.ac.jp/~matsuura/materials/sir.pdf> (2025/07/23)
- (5) Gregory Mashanov, Alla Mashanova, “The role of spatial structure in the infection spread models: population density map of England example”, medRxiv, 記載なし, 記載なし, 2020/04/29, 14 頁

# 飲酒量の自己認識を促す多感覚フィードバック装置の開発

小町 彩寧\*1

指導教員：白石 利夫\*2・ドウラゴ 英理花\*2・世古 直輝\*2

Email: 13391ayane\_komachi@gr.shotoku.ed.jp

\*1: 聖徳学園高等学校データサイエンスコース1年

\*2: 聖徳学園高等学校教員

◎Key Words 健康管理, アルコール, プログラミング

## 1. はじめに

過度な飲酒は、人々の健康に深刻な悪影響を及ぼす。米国臨床腫瘍学会 (ASCO) <sup>(1)</sup>の報告によれば、非飲酒者のがん罹患リスクを1とした場合、大量飲酒者における口腔・咽頭がんの発症リスクは約5倍に達するという。また、世界保健機関 (WHO) <sup>(2)(3)</sup>の調査では、アルコール依存症患者の平均寿命は約50歳と報告されている。日本人の平均寿命 (男性81.09歳, 女性87.14歳) や健康寿命 (男性72.57歳, 女性75.45歳) <sup>(4)</sup>と比較すると、アルコール摂取が生命予後やQOL (生活の質) に極めて大きな影響を与えることが示唆される。

## 2. 一日あたりの純アルコール量調査と大量飲酒の自覚

本稿では、未成年者151名を対象に「親の飲酒習慣 (酒類および飲酒量)」に関する調査を、また成人37名を対象に「自身の飲酒習慣」に関する調査をそれぞれ実施した。これらの回答に基づき、1日あたりの純アルコール摂取量を算出した (図1)。厚生労働省<sup>(5)(6)</sup>やアサヒビール株式会社<sup>(7)</sup>が推奨する1日の純アルコール摂取目安量は約20gである。しかし、本調査において、成人回答者の73.0%、未成年者が回答した親の52.3%が21g以上のアルコールを摂取している実態が明らかとなった。

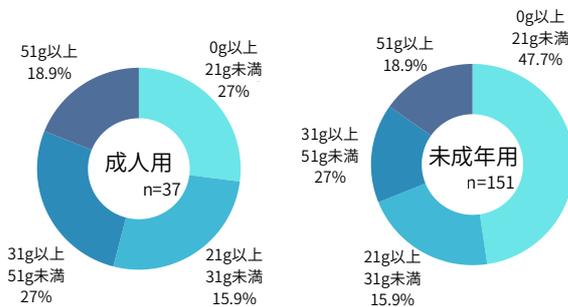


図1 一日あたりの純アルコール摂取量調査

さらに、成人回答者を対象に自身の飲酒量に関する意識調査を行ったところ、約75%が「自身の飲酒量は多くない」と回答した (図2)。すなわち、基準値を超過して飲酒している層の多くに、大量飲酒の自覚がないことが示唆される。このような過剰摂取の自覚の欠如

は、健康被害を予見せぬまま飲酒を継続させる要因となり、深刻な健康悪影響を招く恐れがある。そこで本稿では、アルコール過剰摂取の自己認識を促すための支援装置を開発した。

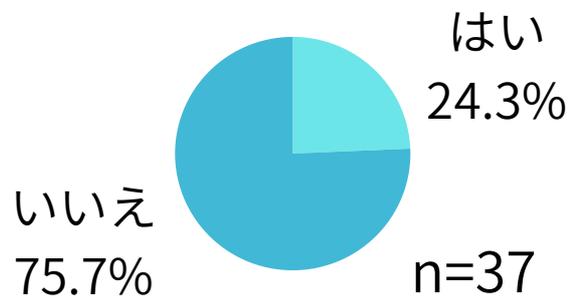
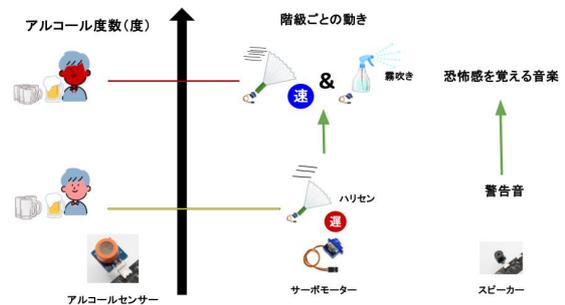


図2 自分の飲酒量が多いと思っているかの調査

## 3. 飲酒量の自己認識を促す多感覚フィードバック装置の開発

本装置は、アルコール摂取量が増加し基準値に達する際、視覚・聴覚・触覚に対して物理的な刺激を与えることで、飲酒者に自己認識を促すシステムである。構成デバイスには、スクリーミー<sup>(8)</sup>を利用し、アルコールセンサー、サーボモーター、スピーカー等を利用した。装置が作動する手順と、各段階における動作の詳細は以下の通りである (図3)。



まず、アルコールセンサーにより呼気中からアルコール成分をアナログ実測値として検知する。本システムでは、飲酒状態を2段階の閾値で判定する仕組みを構築した。第1段階では、アナログ実測値が800以上に達すると、サーボモーターに接続されたハリセンが低

速で飲酒者を叩き、同時にスピーカーから警告音を出力する。第2段階は、実測値が950以上に達した際に作動する。第2段階では、より強い注意喚起を行うため、ハリセンの打撃速度を加速させるとともに、警告音を心理的威圧感や恐怖心を喚起する音声へと切り替える。さらに、霧吹きを作動させ飲酒者に水を噴霧することで、強制的かつ多角的な警告を行う。

これらの閾値設定は、成人被験者の協力による実証実験に基づいて算出した。実験の結果、純アルコール摂取量が適正目安である20gを超過する際、アナログ実測値は950前後を示すことが判明した。この知見に基づき、注意喚起を行う第1段階を800、基準値到達を示す第2段階を950と定義した。デジタル実測値や呼気中・血中アルコール濃度では、本システムの制御に十分な精度を確保できなかったため、アナログ実測値を活用することとした。

#### 4. 装置の設置方法

次に、装置の設置方法を検討した。当初は酒器やその周辺への設置を想定したが、飲料自体のアルコール検知による誤作動や、配線の複雑化、センサーが口元から遠ざかることによる精度低下が課題となった。検証の結果、センサーは「酒源に近すぎず、呼気を確実に捉えられる距離」に配置すべきと判断し、ヘッドセットのマイク部分に搭載する手法を採用した。この形状は測定精度が極めて高く、配線が完結するため携行性にも優れている。

一方でデザイン面では、外出先での装着に抵抗があるとの指摘も受けた。このフィードバックに基づき、現在はネクタイピンやペンダントといったアクセサリ型や、カラオケマイクへの取付型など、使用シーンに応じて選択可能な多様な形状を検討している。

#### 5. まとめ・今後の展望と課題

大量飲酒は人々に深刻な健康被害をもたらすが、成人の多くは自身の過剰摂取を自覚せぬまま飲酒を継続している。この課題に対し、本稿では飲酒量の自己認識を促す「多感覚フィードバック装置」を提案した。本装置の普及により、複数の感覚への刺激を通じて大量飲酒を抑制する効果が期待できる。一方で、実用化に向けては現在、二つの課題が残されており、今後のさらなる改良が求められる。

第一に、ハードウェア構成上の電力供給問題である。現状では、霧吹き機構をメインのオレンジボードに統合すると正常に作動しない。プログラム自体は別基板であれば動作が確認できていることから、単一基板による電力不足が原因と推察される。また、基板上における霧吹きユニットの設置スペースの確保も課題である。今後は、複数の基板を連動させる、あるいは電源システムを強化することで、霧吹き機能の完全な統合を目指したい。

第二に、装着時の快適性と実用性の両立である。本装置は身体に装着する形態をとっているが、現状ではPCやモバイルバッテリーとの有線接続が必要であり、重量による負担が無視できない。また、飲酒中に常に口元

にセンサーが位置することは、本来の「快適な飲酒」を妨げる要因となる。しかし、センサーを可動式にすると、再装着の失念などにより測定の継続性が損なわれるリスクが生じる。利用者の健康を守るという目的を果たしつつ、飲酒の愉しみを阻害しない「快適なデバイス」へと昇華させるためには、さらなる小型軽量化と構造の最適化が必要である。

#### 謝辞

本研究を遂行するにあたり、多大なるご指導を賜りました白石利夫先生、ドウラゴ英理花先生、ならびに世古直輝先生に深く感謝申し上げます。また、白石利夫先生と世古直輝先生におかれましては、本装置の実証実験にも多大なるご協力をいただきました。貴重な助言とご支援を賜りましたこと、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- (1) Alcohol and Cancer: A Statement of the American Society of Clinical Oncology : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30674585/> (2026年1月21日閲覧)
- (2) Mortality and life expectancy of people with alcohol use disorder in Denmark, Finland and Sweden : <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4402015/> (2026年1月21日閲覧)
- (3) Global status report on alcohol and health 2018 : <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565639> (2026年1月21日閲覧)
- (4) 健康日本21アクション支援システム ～健康づくりサポートネット <https://kenet.mhlw.go.jp/information/information/hale/h-01-002> (2026年1月21日閲覧)
- (5) 厚生労働省: あなたの飲酒量はどのくらいでしょうか?, [https://kenet.mhlw.go.jp/tools/wp/wp-content/themes/targis\\_mhlw/pdf/leaf-alcohol-male.pdf](https://kenet.mhlw.go.jp/tools/wp/wp-content/themes/targis_mhlw/pdf/leaf-alcohol-male.pdf) (2026年1月21日閲覧),
- (6) アルコール | 厚生労働省 : [https://www.mhlw.go.jp/www1/topics/kenko21\\_11/b5.html](https://www.mhlw.go.jp/www1/topics/kenko21_11/b5.html) (2026年1月21日閲覧)
- (7) アサヒビール株式会社: “純アルコール量計算”, <https://www.asahibeer.co.jp/customer/alcohol/>, (2026年1月21日閲覧)
- (8) スクーミー: “スクーミースポットを活用した授業活用事例集”, <https://schoomy.com/2025/06/07/情報iでスクーミー/>, (2026年1月21日閲覧).

# 若者の自己肯定感向上に向けたアルゼンチンタンゴの効果

山崎 小夏\*

指導教員：ドウラゴ 英理花\*\*

Email: 12440konatsu\_yamazaki@gr.shotoku.ed.jp

\*1: 聖徳学園高等学校データサイエンスコース2年

\*2: 聖徳学園高等学校教員

## ◎Key Words 自己肯定感, 自己表現, 若者, アルゼンチンタンゴ

### 1. はじめに

本論では、現代日本における若者の心理的課題である「自己肯定感の低さ」に着目し、その解決に向けた新たな手段として、アルゼンチンタンゴを通じた自己表現を提案する。

本研究は、他者との非言語的コミュニケーションを基盤とするアルゼンチンタンゴが、心理面にどのような影響を与えるかを示す。これらの先行研究が示すアルゼンチンタンゴの心理的効果を整理するとともに、研究における対象や手法の限界を考察する。

### 2. 問題の所存

こども家庭庁<sup>(1)</sup>が実施した「我が国と諸外国のこどもと若者の意識に関する調査（令和5年度）」では、「自分自身に満足している」と回答した人は57.4%、「自分に長所がある」と感じている人は65.6%となり、この数字は諸外国と比較しても低い水準にある。（図1, 2）

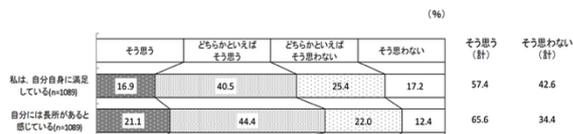
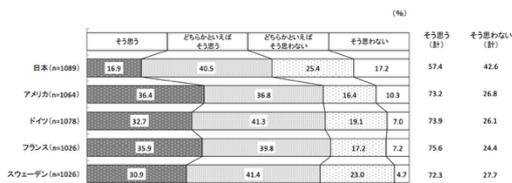


図1 日本における自己認識の調査<sup>(1)</sup>

【図別】

(a) 私は、自分自身に満足している



(b) 自分には長所があると感じている

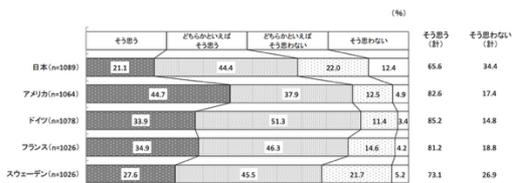


図2 自己認識の調査 国際比較<sup>(1)</sup>

また、NHK<sup>(2)</sup>の「中学生・高校生の生活と意識調査2022 単純集計結果」においても、「自分にとっても自信がある」「ある程度自信がある」と答えた割合は48.2%

であり、若者の約半数が自分に自信が持てず、自己肯定感に課題を抱えている現状が浮き彫りとなっている。（図3）

	全体	中学生	高校生	%
1. とても自信がある	9.6	9.7	8.6	
2. ある程度自信がある	38.6	41.4	36.0	
3. あまり自信がない	39.4	38.1	41.2	
4. まったく自信がない	12.1	10.6	14.0	
5. 無回答	0.3	0.2	0.2	

図3 自己認識の調査 自分に自信があるか<sup>(2)</sup>

こうした現状に対して先行研究では、文化活動やダンスが青少年のウェルビーイングに寄与することが報告されているが、その多くは成人を対象としたものや、「経験の有無」を問う大まかな分析に限定されている。特にアルゼンチンタンゴについては、若年層を対象とした自己表現の実感や感情変化を扱った知見は不足している。このような先行研究の到達点と課題をより詳細に特定するため、次章では既存の調査結果から、本研究が取り組むべき具体的な限界点を明確にする。

### 3. 先行研究の調査結果と限界

#### 3.1 文化活動が青少年に与える影響

Hansen, E.<sup>(3)</sup>の“Cultural activity participation and associations with self-perceived health, life-satisfaction and mental health”によると、文化活動が青少年に与える影響文化活動への参加頻度が高いほど、自尊心や生活満足度が向上し、不安や抑うつが低減する正の相関が示された。特に16~19歳の女子においてその傾向が顕著であった。

この結果は、学校外の活動が若者の心理的健康を支える基盤になることを示唆している。しかし、同研究では活動を「組織への参加」という広範な枠組みで捉えており、具体的な活動内容が、どのようなプロセスで心理的効果をもたらすかについては言及されていない。

#### 3.2 ダンス活動と身体的自己肯定感

次に、文化活動の中でも身体表現を伴う「ダンス」に焦点を絞り、その効果を確認する。Liu, X.<sup>(4)</sup>らのレビュー論文“Effect of dance on social physique anxiety and physical self-esteem among adults: a systematic review”では、16件の先行研究が精査されている。その結果によると、ララテンダンスやサルサ等の多様なジャンルにおいて、

身体的自己肯定感(PSE)や自信の向上に加え、自身の体型不安や他者からの否定的評価への懸念が有意に減少することが示された。これらの効果は、技能習得や他者との交流を通じ、個人の意識が「外見」から「身体の動きや表現」へと転換されることで生じると分析されている。

しかし、本レビューの対象は成人に限られており、心身の発達段階にある中高生を対象とした検証は皆無である。また、パートナーとの密接な連携を必要とするダンス形式が、若者の自己評価にどのように作用するかについては、依然として検討の余地がある。

### 3.3 アルゼンチンタンゴの心理・生理的効果

さらに、ダンスの中でもパートナーとの密接な相互作用を伴う「アルゼンチンタンゴ」に焦点を当てる。Murcia, C.<sup>(5)</sup>らによる“Emotional and Neurohumoral Responses to Dancing Tango Argentino: The Effects of Music and Partner”では、タンゴ体験が参加者の感情およびホルモン(コルチゾール、テストステロン)に及ぼす影響を分析している。

その結果、音楽に合わせパートナーと踊る通常のタンゴにおいて、ポジティブ感情の有意な増加と、ネガティブ感情およびストレスホルモン(コルチゾール)の減少が確認された(図4)。また、パートナーの存在がテストステロンの増加を促し、対人的な活力や自信を高める可能性も示唆されている。

これらの知見は、タンゴが心身の健康を促進する強力な「アンチストレス活動」になり得ることを証明している。しかし、同研究は少人数の成人を対象とした量的調査に留まっており、感情の変化が激しい思春期の若者が、タンゴという自己表現を通じてどのように「自己」を捉え直すかという質的な視点は依然として不足している。

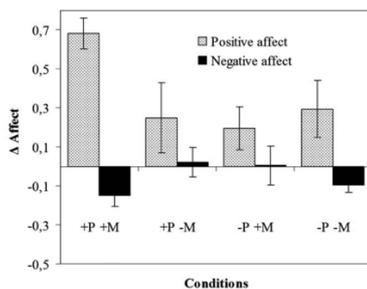


Figure 1. Positive and negative affect changes during the four experimental dance conditions. +P +M = with partner with music; +P -M = with partner without music; -P +M = without partner with music; -P -M = without partner without music.

図4 4つの実験的ダンス条件におけるポジティブ感情とネガティブ感情の変化<sup>(5)</sup>

## 4. 新たな調査デザイン

先行研究の課題に基づき、13~18歳の若年層を対象とした実証調査を計画している。本調査では、アルゼンチンタンゴ体験を通じた心理的変容を、量・質の両面から検証する。

具体的には、ICTツールを用いてローゼンバーグ自尊

感情尺度やPANAS(感情測定尺度)等の活用を検討しており、回答データの収集・集計および統計的な可視化を行う。また、インタビューによる質的分析を行い、数値化しにくい「自己の捉え直し」のプロセスを記述する。

このような分析により、タンゴが若者の自己肯定感向上に資する可能性を実証していく。

## 5. おわりに

本研究は、現代日本の若者が抱える自己肯定感の低さに対し、アルゼンチンタンゴを通じた自己表現の可能性を追求するものである。先行研究の分析を通じて身体活動の正の影響は確認されたが、若年層における実証データや質的分析は依然として不足している。

今後は本稿で提示したデザインに基づき、情報機器を活用したデータ収集・分析を行っていく。こうした多角的なアプローチを通じ、アルゼンチンタンゴが若者の自己肯定感向上に資する新たな心理的支援の手法として確立されることを目指していきたい。

## 謝辞

本研究の執筆にあたり、ご指導を賜りました、聖徳学園高等学校のドウラゴ英理花先生に、心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- (1) こども家庭庁(2023):「我が国と諸外国のこどもと若者の意識に関する調査(令和5年度)」, [https://www.cfa.go.jp/assets/contents/node/basic\\_page/field\\_ref\\_resources/d0d674d3-bf0a-4552-847c-e9af2c596d4e/3b48b9f7/20240620\\_policies\\_kodomo-research\\_02.pdf](https://www.cfa.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/d0d674d3-bf0a-4552-847c-e9af2c596d4e/3b48b9f7/20240620_policies_kodomo-research_02.pdf), (2026年1月21日閲覧).
- (2) NHK(2022):「中学生・高校生の生活と意識調査2022単純集計結果」, [https://www.nhk.or.jp/bunken/research/yoron/pdf/20221216\\_1.pdf](https://www.nhk.or.jp/bunken/research/yoron/pdf/20221216_1.pdf), (2026年1月21日閲覧).
- (3) Hansen, E., Sund, E., Knudsen, M. S., Krokstad, S., & Holmen, T. L.: “Cultural activity participation and associations with self-perceived health, life-satisfaction and mental health: the Young HUNT Study, Norway”, *BMC Public Health*, 15, 544, 2015年6月10日.
- (4) Liu, X., Soh, K. G., & Lu, Y.: “Effect of dance on social physique anxiety and physical self-esteem among adults: a systematic review”, *Frontiers in Psychology*, 16, 2025年6月4日.
- (5) Murcia, C. Q., Bongard, S., & Kreutz, G.: “Emotional and Neurohumoral Responses to Dancing Tango Argentino: The Effects of Music and Partner”, *Music and Medicine*, 1, 1, 2009年7月1日.

# 「多角的視点」を養うカードゲーム設計

## —1つのことを様々な視点から考える力の育成のために—

熊本 悠亜\*1

指導教員：白石 利夫\*2・ドウラゴ英理花\*2・世古 直樹\*2・木村 剛隆\*2

Email:13387yua\_kumamoto@gr.shotoku.ed.jp

\*1: 聖徳学園高等学校 データサイエンスコース 1年

\*2: 聖徳学園高等学校

◎Key Words 多角的視点, イエナプラン教育, 役割カード, 影響メーター

### 1. はじめに

「多面的・多角的な思考に根差した教育原理の考察 - イエナプラン教育事例をもとにした教育方法から -」<sup>(1)</sup>は、幸福度が高いオランダと幸福度が低い日本を比較し、その要因の一つとして、オランダで実施されている「イエナプラン教育」に注目している。イエナプラン教育とは、異なる年齢の児童生徒が同じ教室で学ぶ異年齢型学習形態であり、異年齢間の対話や協働的な活動を重視する点に特徴がある。この先行研究では、異なる年齢、すなわち異なる立場や役割をもつ他者と関わることによって、他者理解が促進され、多面的・多角的な思考が育まれる可能性が示唆されている。さらに、色々な立場の視点からの支援を得られることによる自己肯定感や幸福感の向上にもつながることが論じられている。一方で、イエナプラン教育のような複数の学年が共に学ぶ教育体制は、日本では十分に普及しているとは言い難い。私自身も小中学校において異年齢学習を学校で経験したことはなく、多くの生徒にとっても同様であると考えられる。そこで本研究では、異年齢学習そのものを導入することが難しい環境においても、多角的視点を用いる経験を得ることができる方法として、カードゲームの制作を行った。

### 2. 多角的視点とは

まず、「多角的視点」の定義を明確にするために、本研究では聖徳学園高等学校の教員を中心に、15人に対してGoogleフォームを配布し、「多角的視点」という言葉に対する認識について調査を行った。すると、回答者の9割以上が、「同じ問題を、立場や役割の異なる人の目線から考えること」が「多角的視点」に当てはまると思うと回答した。また、回答者全員が、この能力を身につけたいと回答した。

ここで示された「異なる人の目線」を、「立場や役割の違う人の目線」と捉えるならば、この認識は、作田・中山<sup>(1)</sup>が取り上げるイエナプラン教育に共通する点をもつと考えられる。また、情報分野においても、情報を複数の立場から分析することは重要である。以上のこ

とから、「多角的視点」とは、育成する意義のある能力であると言える。そこで本論文では、「多角的視点」を「同じ問題を、立場や役割の違う人の目線から考えること」と定義する。

「多角的視点」という言葉を聞いて、どんなことを...たの意見をお聞かせください。(複数回答可能) 15件の回答

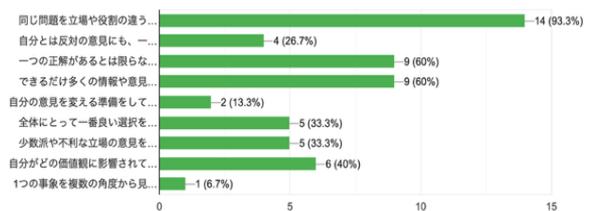


図1 「多角的視点」という言葉の捉え方 (筆者作成)

### 3. ゲームの概要

#### 3.1 ゲームの目的

本研究で私が考案したカードゲームについて説明する。本ゲームは、複数の立場をもつプレイヤーが、街に施設を建設するか否かを協議によって決定する構造をもち、多角的視点の体験的学習を目的として設計されている。

#### 3.2 使用するカードについて



図2: 試作したカード (左: 役割カード, 右: 施設カード) (筆者作成)

実際に制作したカードは、(図2)のようなものである。カードゲーム開始時、各プレイヤーにはランダムに一つの役割カードが配布される。役割とは、例えば「サラリーマン」や「農家」などであり、特殊能力などはない。役割の種類および各役割が重視する価値項目はあらかじめ定められており、各役割には二つまたは三つの価値項目(以下、影響メーター)が割り当てられている。各プレイヤーの役割は、他のプレイヤーには公開されない。ただし、それぞれの役割の影響メーターは公開されている。ゲームでは、施設名と影響メーターへの影響量(±5, ±10)が記載された施設カードを用いる。施設とは、例えば「交番」や「ライブ会場」などである。

### 3.3 ゲームの流れについて

先ほどの役割カードを全員に配布してゲームがスタートする。各ターン、山札から施設カードを一枚公開し、プレイヤー全員でその公開された施設カードに書かれた施設を「建てる」か「建てない」かについて話し合う。話し合いの際、プレイヤーは自由に意見を述べるができるが、自身の役割を明示することは禁止されている。「建てる」と決定した場合、施設カードに記載された数値に従い、街の影響メーターを更新し、「建てない」と決定された場合は数値の変動は生じない。この手続きを、山札の施設カードがなくなるまで繰り返す。

### 3.4 勝利条件について

すべての施設カードを処理した後、各プレイヤーは自身の影響メーターの最終値を合計し、その合計が0を超えているプレイヤーは勝利である。ただし、最終段階として推理フェーズを設け、他のプレイヤーから自身の役割を正しく推理された場合は、合計値が勝利条件を満たしていても負けとなる。

### 3.5 このゲームの特徴

プレイヤーそれぞれ役割が違うことから割り当てられた影響メーターも違う。それにより、一回の「建てる」「建てない」の決断で、負の影響を受けるプレイヤーもいれば、良い影響を受けるプレイヤーもいる。相手の役割を当てることも一つの重要なポイントであることから、施設を「建てる」「建てない」の協議の際に相手をよく観察し、どんな立場だったら今の状況でどう思うのかを理解しようとするのが重要になる。すなわち、「同じ問題を、立場や役割の違う人の目線から考えること」が本ゲームでは必要になるのだ。

## 4. まとめ

私はこのように、カードゲームという簡便な形で「多角的視点」を体験的に学習できるようにすることを目標に本ゲームを考案した。実際に高校生に試遊してもらってアンケートをとったところ、全員が、このゲームで「多角的視点」を養うことができると思うと回答した。今回の研究で、私の、多角的視点を養うカードゲームを作るという目標の達成に大きく近づいたと言えるだろう。

## 5. 今後の展望と課題

一方で、ゲームのボリュームやバランスに関する課題が指摘され、ゲームとしての改善点もあがってきた。また、イェナプラン教育が小学校段階で実施されている点を踏まえると、ルールを簡略化し、小学生向けにした方が良いという可能性も示唆される。さらに、本ゲームが教育的にどの程度の効果を持つのかについては、現時点では十分に検証されておらず、今後の課題として位置付けられる。

加えて、このゲームをやった全員が多角的視点を養えると思うというアンケート結果だったとはいえ、多角的視点の定義も現時点では曖昧である。今回は、先行研究を踏まえた私の考えと、私がとった調査に基づいて多角的視点の定義をして研究を進めたが、今後はより多くの先行研究に触れ、教育面だけでなく、心理学的視点なども盛り込んで、より具体的で鮮明な多角的視点の定義をしたい。それを踏まえて、どんなカードゲームが多角的視点を養うのに有効なのかを吟味する必要がある。

## 6. 謝辞

終始熱心なご指導を頂いた白石利夫先生、ドウラゴ英理花先生、世古直樹先生、木村剛隆先生に感謝の意を表します。このゲームの試遊、及び調査にあたっては、同じクラスの生徒のご協力を頂きました。そして、アンケートに回答して下さった聖徳学園高等学校の先生方には、感謝の念にたえません。本当にありがとうございました。

## 参考文献

- (1) 作田澄泰, 中山芳一: 「多面的・多角的な思考に根差した教育原理の考察—イェナプラン教育事例をもとにした教育方法から—」, 岡山大学教師教育開発センター紀要, 第10号, pp. 1-13 (2020) .

# 超指向性スピーカーを用いた音の広がりの変化

鈴木 理紗\*<sup>1</sup>・鈴木 理代\*<sup>1</sup>・福田 優惺\*<sup>1</sup>

指導教員：大石 匠海\*<sup>1</sup>・小松 賢市\*<sup>1</sup>

Email: 202103461@edu.nishiyamato.ed.jp

\*1: 西大和学園高等学校

◎Key Words 超指向性スピーカー, 非線形音響学, 音場制御, 超音波, 自己復調

## 1. はじめに

特定の対象のみに音を届ける方法として、超音波の高い直進性を利用した超指向性スピーカーが開発・研究されてきた<sup>(1,2)</sup>。超音波の性質を利用したパラメトリックアレイ方式では、強力な超音波を搬送波として可聴音を変調し、空気の非線形性による自己復調により可聴音を生成し、極めて狭い可聴領域を形成する<sup>(3)</sup>。反射面で生じた再生音も指向性を保ち、音場が反射位置に定位する等、通常のスピーカーとは異なる音響特性を示す。一方、一般的なスピーカーも振動板や前面構造の工夫による音の拡散特性の工夫が試みられており、湾曲振動板があるスピーカーは、音の可聴角度を制御可能である。これはスピーカーのカバーが音の指向性制御に有効な可能性を示唆している。本研究では、超指向性スピーカーにおいて、カバーの形状や構造が音の指向性に与える影響の検討を目的とする。構造的な工夫による指向性制御の有効性を検証し、限定的な空間や対象への音響提示技術の高度化に寄与することを目指す。

## 2. 材料と方法

### 2.1. パラメトリックスピーカー実験キット

超指向性音の生成にはパラメトリック・スピーカー実験キット(トライステート社, 日本)を用いた。本キットは入力音声信号を周波数変調し増幅した後、50個の超音波発振子(UT1007-Z325R, 中心周波数:40kHz±1kHz, SPL Industries Limited, 中国)から放射する。

### 2.2. 測定環境と軸の設定

音源に440Hzの正弦波を用い、組み立てた指向性スピーカーから連続的に出力した。音圧の測定にはデジタル騒音計(Digital Sound Level Meter AR814, SMART SENSOR社)を用い、騒音計の高さをスピーカー中心部と合わせるため、机上からの高さを9cmに統一した。反射

音の影響を抑えるため、スピーカーと測定器の設置高さを上げ、机面から十分な距離を確保し、スピーカー正面方向をX軸、水平左右方向をY軸とした(図1)。



図1 測定環境と軸の設定

### 2.3. カバーの作成

スピーカー前面に取り付けるカバーで指向性制御を検討するため、幅5cmの段ボール製直方体カバー1、幅を10cmに拡大したカバー2、カバー1に正方形の開口部を設けたカバー3を作製した。すべてのカバーはスピーカー前面に密着させるためテープで固定し、隙間が最小になるよう調整した。

### 2.4. 測定基準

#### 2.4.1. 基本条件における測定(初期条件)

X=30cm, 60cmとし、Y=0, 10, 20, 30, 40cmで音圧レベルの差を測定し、指向性の変化を評価した。各測定点についてカバーなし、カバー1の2条件で比較した。

#### 2.4.2. 拡張条件における測定(追加条件)

基本条件に、X=30, 60, 90, 120cm, Y=0, 10, 20, 30, 40, 50cmの各条件を追加した。各測定点で2回測定し平均値を採用した。比較は、カバーなし、カバー1、カバー2、カバー3とし、カバー形状による指向性変化を評価した。

### 3. 結果

#### 3.1. カバーの有無による指向性の比較

初期条件での測定結果を図2に示す。X=30 cm におけるY=0~40 cmの音圧変化量は、カバーなしで42.3 dB、カバーありで30.5 dBとなり、カバーなしの方が大きかった。一方、X=60 cmでは、カバーなしが18.7 dB、カバーありが24.7 dBとなり、カバーありで音圧差が大きかった。従って、本条件ではカバーの有無による指向性改善に一貫した傾向は認められなかった。

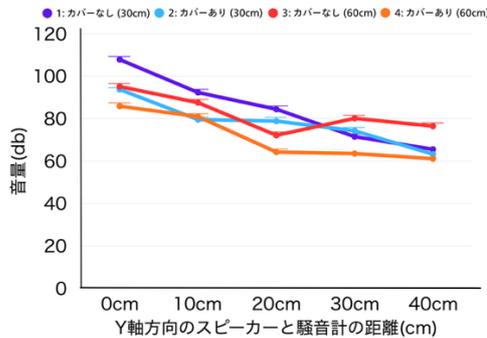


図2 カバーの有無による音圧レベルの変化

#### 3.2. カバー形状の違いによる指向性変化

追加条件で測定を行った結果を示す(図3)。測定値の一部で、Y軸方向の距離に対して音圧が不規則な変動を示した。カバー形状の比較で、複数のX条件(30, 60, 120 cm)下でカバー1が指向性を示す傾向が確認された。一方でカバー2、カバー3は内部空間が大きく、カバー内部で音波が乱反射し音圧が低下し、特にカバー3では出口を狭めたことで回折と減衰が増加傾向にあった。

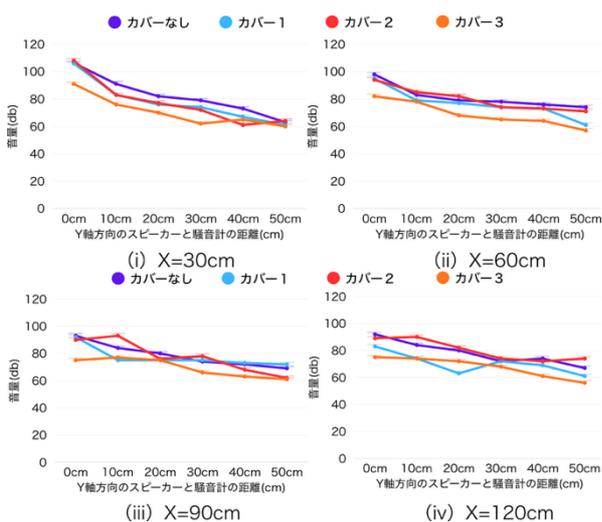


図3カバーの形状と距離による音圧レベルの変化

### 4. 考察

本研究では、超指向性スピーカー前面に取り付けるカバーの有無および形状が指向性に与える影響を検討した

が、カバーを装着することで音の放射特性が変化することは確認されたが、指向性の向上は測定条件や構造に依存し、一様な傾向は示さなかった。基本条件において指向性の向上が限定的であった要因として、カバーとスピーカー間の隙間や、室内での測定による反射音の影響が考えられる。距離条件およびカバー形状を拡張した測定では、カバーの大型化や開口部の縮小が必ずしも指向性の向上につながらないことが明らかとなった。幅の大きいカバーでは内部での音波の乱反射により音圧が低下した可能性があり、また開口部を狭めた場合には回折や音圧損失が増加したと考えられる。以上より、超指向性スピーカーの指向性制御には、カバーの装着を前提とした、寸法や形状、内部空間や反射の影響を含めた構造全体を考慮することが重要と考えられる。

### 5. おわりに

本研究では、超指向性スピーカー前面にカバーを装着することで音の放射特性が変化することを確認した。一方で、カバーの幅を大きくすることや音の出口を狭めることが、必ずしも指向性の向上に直結しないことが明らかとなった。これらの結果から、指向性の制御にはカバーの寸法や形状のみならず、材質や内部における音波の反射および干渉を含めた総合的な検討が必要であることが示唆された。今後は、カバーの材質や内部構造を工夫することで、より効果的な指向性制御条件を明らかにすることが課題である。

### 謝辞

本研究を遂行するにあたり、大和大学工学部山脇正雄教授、奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス研究科分子生物学専攻真木寿治特任教授、西大学園高等学校SSHの担当教員、TAの皆様にご指導、ご協力を賜りました。この場を借りて、御礼申し上げます。

### 参考文献

- (1) Jun Yang, Woon-Seng Gan, Khim-Sia Tan, Meng-Hwa Er: "Acoustic beamforming of a parametric speaker comprising ultrasonic transducers", *Sensors and Actuators A: Physical*, pp.91-99(2005).
- (2) Chuang Shi, Yoshinobu Kajikawa, Woon-Seng Gan: "An overview of directivity control methods of the parametric array loudspeaker", *APSIPA Transactions on Signal and Information Processing*, vol3, e20, pp1-12 (2014).
- (3) 鎌倉友男, 酒井新一: 「パラメトリックスピーカの実用化」, *日本音響学会誌*, 62巻, 11号, pp791-797 (2006).

# 地域限定商品が訪問・購買行動に与える影響に関する探究

佐藤 七海\*1

指導教員：白石 利夫\*2

Email: 12375nanami\_sato@gr.shotoku.ed.jp

\*1: 聖徳学園高等学校・データサイエンスコース2年

\*2: 聖徳学園高等学校教員

## ◎Key Words

地域復興, データサイエンス, 購買行動, SNS

### 1. はじめに

地域活性化を進めるためには、人々の訪問や消費といった行動を地域内で生み出すことが不可欠である。しかし日本では、地方人口の現象などにより、多くの地域で地域経済の停滞が続いている。実際、日本経済団体連合会(2023)によると、我が国の総人口は2020年の約1億2,600万人から、2070年には約3,700万人減少すると予測されており、9都府県は、2015年から2020年にかけて人口が増加した一方、それ以外の地域は人口減少が続いている。<sup>(1)</sup>そのため、地域の魅力をどのように発信し、実際の行動につなげるかが大きな課題となっている。

こうした課題への対応策として、これまで多くの地域で地域限定商品や特産品が開発されてきた。地域限定商品は、その土地の資源や文化を反映し、「その地域でしか手に入らない」という限定性を持つ点で、地域活性化に有効な手段とされてきた。しかし、商品自体の品質や評価が高いにもかかわらず他地域から人を呼び込む効果や継続的な購買行動につながらない事例も少なくない。

本研究では、このような地域限定商品の課題を「商品力」ではなく「伝え方」の問題として捉え、特にユーザー発信によって生まれるUGC (User Generated Content) に着目する。また、成功事例である「おじさんトレカ」を分析することで、UGCがどのように発生し、地域外へと広がっていくのかを明らかにすることを目的とする。

### 2. 問題の所存

現在、多くの自治体や事業者は、地域限定商品の認知向上を目的として、テレビCM、SNS、公式Webサイトなどを用いた情報発信を行っている。特にSNSの普及により、低コストで継続的な発信が可能となり、多くの地域施策においてSNSは主要な広報手段として位置づけられている。

しかし、その発信内容の多くは、自治体や事業者による公式アカウントからの一方向的な情報提供であり、商品

の特徴や完成報告、販売告知といった「説明」や「宣伝」にとどまっている場合が多い。

### 2.1 公式・企業の発信

消費者の情報行動に注目すると、公式な広告が必ずしも意思決定に影響を与えていないことが分かる。



出典：スマートシェア株式会社 (2023)

図1 購入時における情報源の重要性の調査

図1は、消費者が商品やサービスを購入する際に、SNS、広告、マスメディアなどの情報源をどの程度重視しているかを示している。商品・サービス購入時に重視される情報として、「SNS上の口コミ」や「Web上の口コミ」が約5割を占めている一方、「企業公式サイト」や「テレビCM」はそれより低い割合にとどまっている。<sup>(2)</sup>これらの結果から、地域限定商品の課題は商品自体の魅力ではなく、情報が消費者にどのように伝わるか、どの情報源を信頼するかにあることが示される。公式・企業主体の発信だけでは、消費者の行動を十分に後押しできていない可能性が高い。

### 2.2 失敗例：地域クラフトビール事業

地元農産物(米・果物・水)を使った地域限定クラフトビールを観光振興や地産地消の対象とするプロジェクトでは、自治体も補助金で援助した。クラフトビール自体は味や品質の評価は高く、完成度も高い商品であったが、SNSでの発信は「完成しました」「〇〇市の特産品です」といった情報発信にとどまり、ストーリー性や体

験を伝える要素は不足していた。

その結果、SNSを利用していても話題性は生まれず、消費者の共感や自発的な拡散はほとんど見られなかった。地域外からの訪問や購買行動につながらなかった。この事例は、商品力が高くて、公式発信中心のプロモーションでは消費者の行動を十分に引き出せないことを示している。

### 2.3 成功例：おじさんトレカ

一方、SNSも活用せず、地域特産品でもないにもかかわらず成功した事例として「おじさんトレカ」がある。2023年11月の販売開始以降、子どもたちの間で急速に普及し、カードの人気により、おじさんは子どもたちにとって象徴的存在となった。その結果、FNNプライムオンラインによると、「おじさんに会える」ことを目的に地域活動に参加する子どもが倍増した。<sup>(3)</sup>

また、PRESIDENT Onlineによると、2025年6月時点で、販売枚数は3000枚を超え、県外や海外からもカードを求めて訪問者が現れるなど、地域外からの関心も高まった。<sup>(4)</sup>

この事例は、ユーザー自身がカードを集め、遊ぶという体験を通して自然に広がった情報が、地域内外で注目を集める契機となったことを示している。地域活性化の施策においては、体験を中心に据えた取り組みが情報拡散や参加行動の喚起につながる可能性を示唆している。

## 3. UGCの定義と本研究の視点

地域限定商品のプロモーションにおいて、公式発信だけでは消費者の行動喚起に十分に結びつかない事例が見られることから、本研究ではUGC (User Generated Content) に着目する。

UGCとは一般のユーザーが自発的に作成・発信するコンテンツを指し、SNSやブログ、口コミサイトへの投稿、レビュー、写真や動画などの情報発信などが含まれる。UGCの特徴は、企業や自治体による公式情報ではなく、体験した個人が主体となって発信している点だ。

UGCは、実体験に基づく情報であるため、広告よりも信頼性が高いと消費者に認識されやすい。ニールセン(2012)の調査によると、世界の消費者の92%が広告よりも口コミや知人からの推薦を信頼していると回答している。<sup>(5)</sup>

このことから、地域限定商品の販売促進や訪問行動の喚起においては、UGCを意図的に活用・誘発することが重要であると考えられる。

### 3.1 UGCの分類と消費者行動

森竹アル(2023)は、UGCを消費者行動の段階別に整理している。



出典：森竹アル(2023)

図2 消費者行動ステップ別のUGC分類

図2は消費者の購買行動の段階ごとに、どのタイプのUGCが影響を与えるかを整理したものだ。無関心層の認知を広げる軽い反応のUGC、検討段階で判断材料となるレビュー型のUGC、利用後の体験談や物語性を通じて行動意欲を高める体験ストーリー型のUGC、そして投稿数は少ないものの新たな気づきを示すインサイト型のUGCがあると指摘している。このように、UGCは単なる口コミの集合ではなく、消費者行動を段階的に後押しする情報として理解することができる。

## 4. 今後の展望

今後は、UGCの種類や特性に応じた地域限定商品のプロモーション事例を作成・分析し、消費者の訪問や購買行動に最も影響する仕掛けを明らかにするとともに、実際の地域活性化に活用できる形でUGCを設計・実装していくことが求められる。

## 参考文献

- (1) 日本経済団体連合会:  
[https://www.keidanren.or.jp/policy/2023/083\\_honbun.html?utm\\_source](https://www.keidanren.or.jp/policy/2023/083_honbun.html?utm_source), (2026年1月21日閲覧).
  - (2) スマートシェア株式会社:  
<https://www.shanon.co.jp/blog/entry/ugc/>, (2026年1月21日閲覧).
  - (3) FNNプライムオンライン:  
<https://www.fnn.jp/articles/-/842101>, (2026年1月21日閲覧).
  - (4) PRESIDENT Online:  
[https://president.jp/articles/-/97338?page=1&utm\\_source](https://president.jp/articles/-/97338?page=1&utm_source), (2026年1月21日閲覧).
- Nielsen:
- “Global Trust in Advertising: 2012 Global Trust in Advertising and Brand Messages Report”,  
Global Trust in Advertising Survey(2012), (2026年1月21日閲覧).
- (5) 森竹アル: 「UGCは本当にビジネスに貢献するのか?」  
<https://markezine.jp/article/detail/42957>, (2026年1月21日閲覧).

# プラスチックスプーンの形状の改善

西坂蒼純\*1・金田崇志\*1・奥 亮徳\*1・中西 光琉\*1

指導教員：山田 啓志\*1

Email:r06521kj@takaoka-h.tym.ed.jp

\*1:富山県立高岡高等学校

◎Key Words プラスチック削減, トポロジー最適化, 3DCAD

## 1. はじめに

現在、コンビニ等で使い捨てプラスチックスプーンが使われているが、それに伴いプラスチックごみによる環境破壊が問題になっている。

そこで、我々はコンピュータ解析法の一つである「トポロジー最適化」を用いて、従来のスプーンの強度を維持し、使用するプラスチックの量を減らした新たな形状を考え、評価した。

## 2. FreeCAD を用いた研究方法の議論

### 2.1 解析の整合性の確認

今回の実験では、環境問題の対策として穴開きスプーンを導入しているファミリーマートのプラスチックスプーンを参考にして、3DCAD ソフトの「FreeCAD1.0.1」を用いてシミュレーション上のモデルを作成する。作成したモデルにシミュレーション上で力を加え、どの程度変形するかや、どの部分に大きな力が加わるかを検証する。

最初に、実物で測定した値と比較することで、シミュレーションの妥当性を評価する。まず、作成したモデルに材料の条件を設定する。今回はポリスチレンの値を用いた。ポリスチレンの引張強度は40MPaである<sup>(1)</sup>。引張強度とは材料が引っ張られてちぎれる直前の応力(単位面積あたりに加わる力)を示す値であり、最大主応力(物体の各断面における最大の主方向応力)がこの値を超えると材料は形状を保てなくなる。荷重の加え方は持ち手より後方(図1の柄の右側%)を固定する。その後、皿の面全体に対し、垂直方向に0.5Nの力を加える。物体を要素に分割し、要素単位で応力などを求める解析方法であるFEM解析を実行する。図1の上向きを正として、変形した距離であるZ軸方向の変位[mm](以下Z変位)と、応力[MPa]を求める。



図1 荷重の様子

### 2.2 結果

#### ・Z変位

スプーンの皿の部分がZ軸方向負の向きに変化した(図2)。変形した距離が最大である先端部分では力を加えた方向に約3.4mm曲がった。

#### ・最大主応力

最大主応力は5.6MPaで、持ち手のすぐ隣(図3矢印)が最大であった。持ち手の部分から皿との接続部分までに同じ程度の大きな応力がかかっていた。スプーンの皿の部分にはほぼ応力がかかっていなかった。

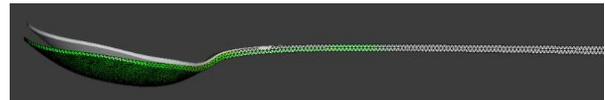


図2 荷重を加える前後の比較

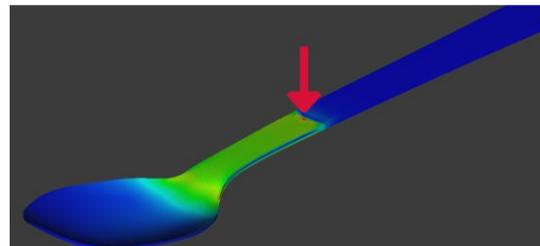


図3 荷重を加えた後の応力分布

### 2.3 FreeCAD を用いた解析の評価

シミュレーション上で変位は約3.4mmであったのに対し、実物のスプーンに50gの分銅を乗せたときの変位は約3.1mmであり、その誤差は9%程度であった。シミュレーションで得た変位と、実際に行った測定で得た値はかなり近く、シミュレーションで形状を模索するのは妥当であると解釈できる。

9%程度の誤差が生じた主な原因として次の3つが考えられる。1つ目は、作成したスプーンモデルはシンプルな形状であるが、実際のスプーンは筋があるなど複雑な形状であるという若干の形状の違いがあげられる。2つ目は、シミュレーションでは材料を純粋なポリスチレンに設定したが、実際は環境の配慮した素材など様々な素材が混ざっているという可能性が考えられる。3つ目

は、シミュレーションでは面に均等に荷重を加えた一方で、実際の測定ではおもりを 2 つのせているという荷重の加え方の違いが考えられる。

### 3. 最適化の実行

#### 3.1 実験方法

##### 〈実験 A〉

何%材料を削減しても強度が保証されるのかを確認するため、材料削減率

①10%、②20%、③30%、④40%、⑤50%でトポロジー最適化を実行し、新たな形状を生成する。今回は応力に注目するため、材料削減率は図 4 の矢印で示した部分に対しての比率である。その後、トポロジー最適化によって材料を削減したモデルに再び FEM 解析を実行し、強度について評価する。この時、メッシュの粗さは 1.00mm とする。



図 4 トポロジー最適化の適用範囲(矢印)

##### 〈実験 B〉

トポロジー最適化の結果がメッシュの粗さに依存していないことを確認する。メッシュの粗さを①1.50 mm、②1.25 mm、③1.00 mmとしてそれぞれトポロジー最適化を実行する。このとき材料削減率は 25%とする。

#### 3.2 実験結果

##### 〈実験 A〉

材料削減率を高くすればするほど、前方から後方に向かって順に消えていった。30%までは横幅の削れ方にほぼ差はなくメッシュの削除された範囲は柄に沿う向きに伸びていった。一方、40%以降からは横幅が広がっていった。Z 変位、最大主応力ともに材料削減率が大きくなるに従い増加した。

表 1 材料削減率による Z 変位、最大主応力の変化

削減率	①10%	②20%	③30%	④40%	⑤50%
モデル					
Z変位	5.09mm	5.84mm	6.16mm	7.09mm	7.89mm
最大主応力	10.3MPa	10.6MPa	13.6MPa	13.6MPa	14.7MPa

##### 〈実験 B〉

図 5 のようにメッシュの粗さを変更しても同様の形状が作成されたことから、シミュレーション結果はメッシュの粗さに依存しないと考える。

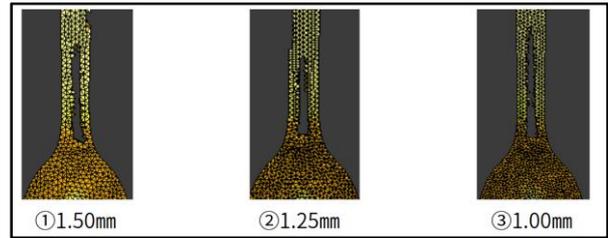


図 5 メッシュの粗さによる変化

#### 3.3 実験考察

図 4 の赤色に塗った部分の材料の体積を 50%まで削減しても、最大主応力は 14.7MPa であり、引張強度の 40MPa を超えない。よって、材料を削減後も使用できる程度の強度を保ったモデルを作成することができた。

物体の設計をする際に考慮すべき安全率を 3 に設定すると、安全に使用できる限界の最大主応力は  $40 \div 3 = 13.33 \dots \approx 13.3 \text{MPa}$  であり、実験で得られた最大主応力の値から、40%材料削減モデルが実用化を考える上での限界であると考えられる。

#### 4. おわりに

今後の展望として物体を載せて静止している状況のみを想定してモデルを作成したため、物体をすくう時など、動作を伴う状況については解析できていない。よって、今回想定していない状況についても考慮し、使用可能なモデルを考える必要がある。

#### 参考文献

- (1) aasri.jp: “典型的な材料の物性値”  
2018: <https://x.gd/PXexa>, (2025 年 07 月 20 日閲覧) .
- (2) コスモデザイン “FreeCAD FEM ワークベンチの構造解析と結果の分析方法を解説”  
2025: <https://cosmosdesign2021.com/fc019fem/>, (2025 年 09 月 06 日閲覧) .
- (3) XSim “FreeCAD 使い方メモ”  
2024: <https://www.xsim.info/articles/FreeCAD/How-to-use-FreeCAD.html>, (2025 年 08 月 19 日閲覧) .
- (4) 神戸高専機械工学科早稲田研究室  
FreeCAD(ver.1.0) を用いたトポロジー最適化マニュアル 2025: [https://www.kobe-kosen.ac.jp/~waseda/upgradeyourlife/m2/20250530-topology-FreeCAD1\\_0.pdf](https://www.kobe-kosen.ac.jp/~waseda/upgradeyourlife/m2/20250530-topology-FreeCAD1_0.pdf), (2025 年 10 月 23 日閲覧) .
- (5) 株式会社テクノソリューションズ “トポロジー最適化について初心者にもわかりやすく解説!!”: [https://www.t-sol.co.jp/tech/software/what\\_is\\_topology-optimization/](https://www.t-sol.co.jp/tech/software/what_is_topology-optimization/), (2025 年 12 月 11 日閲覧) .

## 夏の弁当における効率的な温度管理

神島 壮史・久保 大河・堀田 奏弥

指導教員：鎌倉 久一郎

Email: sea.bream111@icloud.com

富山県立高岡高等学校

◎Key Words 保冷, 温度管理, 熱対流, 熱伝導, 熱容量

## 1. はじめに

夏の気温上昇により、弁当が傷むリスクが高まるため、弁当が傷まない状態を長く保ちたいと考えた。細菌は20~50°Cで最も繁殖する<sup>(1)</sup>ため、弁当を安全に保つにはこの温度帯をいかに早く通過させるかが重要である。そこで、弁当箱内の温度を素早く20°C以下に下げ、その状態を長く保つ方法について研究する。

<sup>(1)</sup><https://pro.saraya.com/sanitation/guide/info/info10.html>

## 2. 実験 I 保冷剤の位置による弁当箱内の温度変化の違い

## 2.1 実験の動機

保冷剤の位置によって弁当箱内の冷やされ方に違いが生じるのではないかと考えた。冷房の風向きを上向きにしたほうが良いのと同じ理由で、上側に保冷剤を置いた場合、冷気が下降することでより早く、効率的に冷やされると予想した。

## 2.2 手順

- ・体積 1.1ℓの弁当箱にデータロガー温度計(INK BIRD)を入れる。
- ・弁当箱に保冷剤を設置し、固定する。
- ・弁当箱を保冷バッグに入れ、教室に設置する。

## 2.3 比較①

保冷剤を弁当箱の上側に置いた場合と、下側に置いた場合の温度変化を比較する。

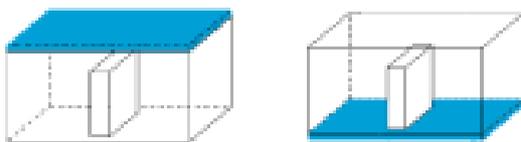


図1 左：保冷剤を上側に置いた場合  
右：保冷剤を下側に置いた場合  
※図中の内側の直方体はデータロガー温度計

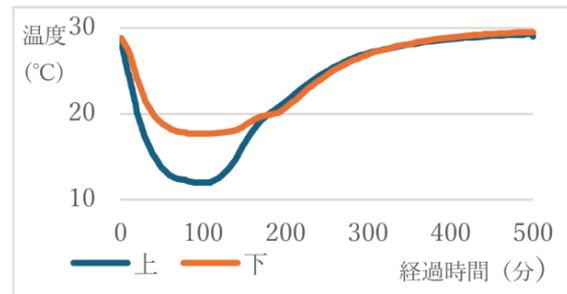


図2 比較①の結果

※「上」、「下」はそれぞれ保冷剤を弁当箱の上側に置いた場合と下側に置いた場合のことを指す

## 2.4 比較②

保冷剤を下側に置き、保冷剤の下に空間がある場合とない場合を比較した。空間があるほうが保冷効果は高いという結果になった。

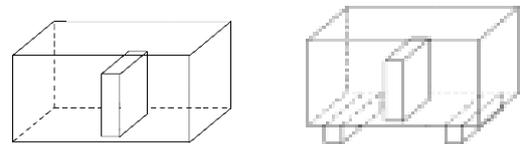


図3 左：空間がない場合  
右：空間がある場合

## 2.5 比較③

弁当箱と地面の間に空間を作り、保冷剤を上側に置いた場合と、下側に置いた場合を比較した。空間があるほうが保冷効果は高いという結果になった。

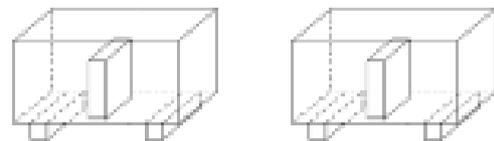


図4 左：保冷剤を弁当箱の上側に置いた場合  
右：保冷剤を弁当箱の下側に置いた場合  
※それぞれ地面との間に空間がある

## 2.6 考察

暖かい空気と冷たい空気の流れの影響により、保冷剤を上側に置いたほうが保冷効果は高くなる。また、保冷剤を下側に置いた場合は冷気が地面に逃げている。

### 3. 実験Ⅱ 弁当箱の素材による違い

#### 3.1 実験の動機

弁当箱に使われている素材によって弁当箱内の冷やされ方に違いが生じるのではないかと考えた。素材によって熱伝導率が異なるため、熱伝導率が高いほど冷気を効率よく伝えることができるため、より早く冷やされると予想した。

#### 3.2 手順

- 弁当箱の上側に3種類の素材(アルミ、ステンレス、ポリプロピレン)を設置しその上に保冷剤を置き、保冷剤を固定する。この実験で用いたアルミ、ステンレス、ポリプロピレンの熱容量はそれぞれ 56.916, 82.128, 113.200(単位はそれぞれ J/K)であった。
- 弁当箱を保冷バッグに入れ、教室に設置する。

#### 3.3 実験Ⅱの結果

実験Ⅱの結果は以下の通りである。

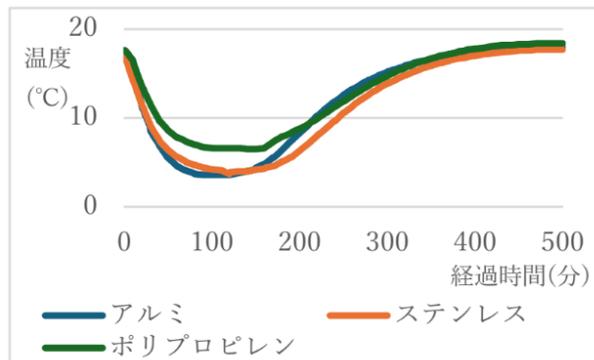


図5 実験Ⅱの結果

#### 3.4 考察

自由電子を多く持つ金属や合金は熱をより効率的に伝えやすくなる。そのため、アルミやステンレスを使ったほうがポリプロピレンを使うよりよく冷える。

### 4. 実験Ⅲ 弁当箱と保冷バッグの間にある空間の容積による違い

#### 4.1 研究の動機

弁当箱と保冷バッグにある空間が弁当箱の冷え方に関わっているのではないかと考えた。周りに空気がないほうがより弁当箱だけが冷やされ、効率よく保冷ができるかと予想した。

#### 4.2 手順

- 弁当箱を保冷バッグに入れ、弁当箱の上側に保冷剤を設置し、固定する。
- 保冷バッグの隙間に、8立方センチメートルの立方体の発泡スチロールを0個、60個、120個入れた3種類のものを用意する。
- 弁当箱を保冷バッグに入れ、教室に設置する。

### 4.3 実験Ⅲの結果

実験Ⅲの結果は以下の通りである。

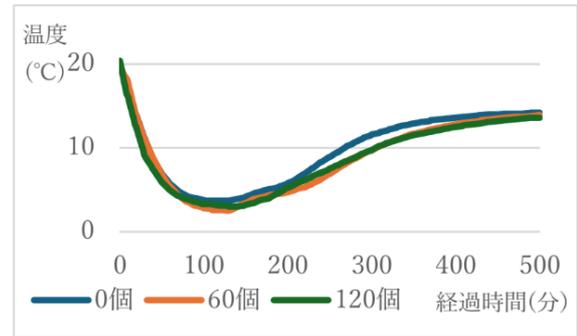


図6 実験Ⅲの結果

#### 4.4 考察

空気の量が少ないほど、冷やさなくてはならない空気の量が減るため、保冷剤がより効率的に働く。また、発泡スチロールを入れることによって空気の流れが起こりにくくなった。

### 5. おわりに

以上の実験から、保冷剤は上側に置き、弁当箱は金属や合金のような自由電子を多くもつような素材のものを使い、保冷バッグは弁当箱に近い形で、弁当箱に近い容積のものを用いるとよいと考えられる。

#### 参考文献

- (1) <https://pro.saraya.com/sanitation/guide/info/info10.html>, (2025年10月1日閲覧).

# 電車の揺れへの耐え方

松木 奏和\*<sup>1</sup>・高橋 颯音汰\*<sup>1</sup>・林 和香\*<sup>1</sup>・大西 ひな\*<sup>1</sup>

指導教員：木下 達也\*<sup>1</sup>

Email: R06532vi@takaoka-h.tym.ed.jp

\*1: 富山県立高岡高等学校

◎Key Words 振動, 電車, 股の角度, 足の角度, フーリエ解析

## 1. はじめに

電車に立ったまま乗るとき、電車の揺れでバランスを崩すといった経験は誰もがしたことがあるはずだ。私たちは通学で電車を利用しており、安定して立てる姿勢を明らかにしたいと考えた。人間での実験は個人差が大きいので、人間を模した模型を用いて、揺れに強い姿勢について検討した。

## 2. 実験方法

### 2.1 模型について

発泡スチロールを用いて人型模型を作成した。股の角度を0度、30度、60度の3種類とし、実験Ⅰでは、足底は地面に固定した(図1)。実験Ⅱ・Ⅲでは、足に見立てたレゴブロックを足底裏に取り付けた(図2)。後者の足先のX軸との角度は、実験Ⅱでは0度、実験Ⅲでは30度とした。なお、X軸、Y軸は図1(下)のように定義した。床に見立てた下敷きは揺れ発生装置に固定した。

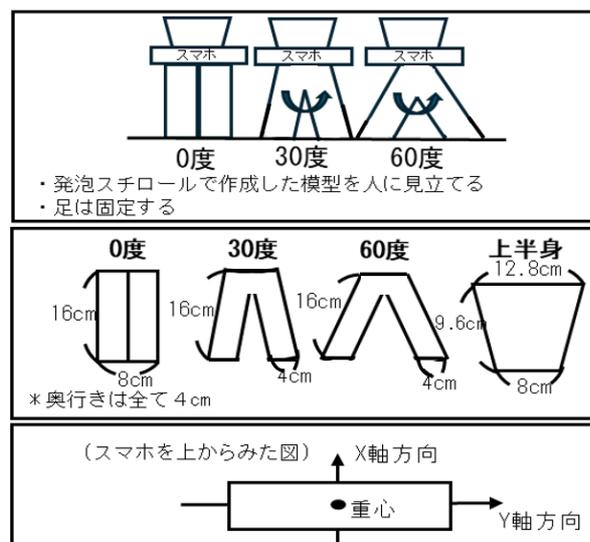


図1 作成した人型模型

股の角度とスマートフォンの位置関係(上)

模型のサイズ(中)

振動方向のX軸方向とY軸方向の定義(下)

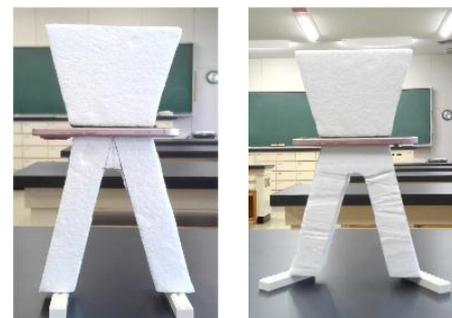


図2 使用した人型模型(実験Ⅱ・Ⅲ)

### 2.2 振動の発生・測定方法

円回転を行うボルテックスミキサーを用い、振動条件を一定(8~9Hz)にするため、光センサーとオシロスコープを使用した。ボルテックスミキサーの回転に合わせてレーザーが遮られるようにすることで光センサーの電圧が周期的に変化する。それをオシロスコープにより間接的にモニターし、振動数を調整した。また、スマートフォンアプリ“phyphox”(アーヘン工科大学作成)を用いて加速度を測定した。スマートフォンを模型の中心に取り付けることで、人の重心を再現した(図3)。

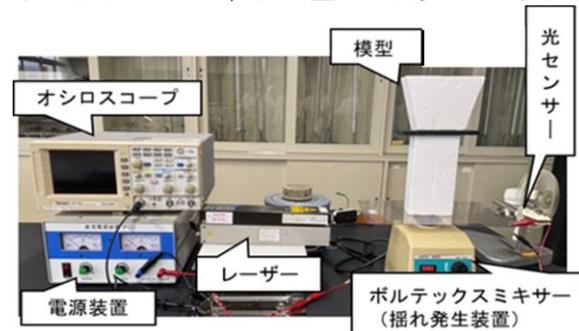


図3 実験装置の構成

### 2.3 解析方法

測定した加速度データをMicrosoft Excelの分析ツールよりフーリエ解析を行い、X軸(前後方向)およびY軸(左右方向)の、一定にした振動数成分での加速度の最大値を算出した。(図4)。

揺れ発生装置で発生させた揺れを単振動とみなすと、振動数がわかれば加速度から変位の振幅を算出できる<sup>(1)</sup>。この方法で求めた振幅を比較のための数値とした。

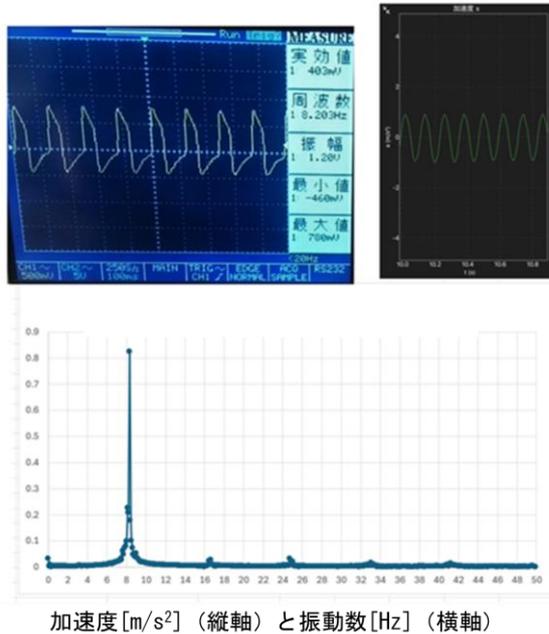


図 4 オシロスコープの波形（左上），“phyphox”でとれた波形（右上），フーリエ解析後のグラフ化（下）

### 3. 実験と結果

#### 3.1 実験 I

股の角度を 0 度、30 度、60 度に変化させて実験を行った。股を広げることで支持基底面が広がり、特に Y 軸方向の揺れが小さくなると仮説を立てた。結果として、X 軸方向の振幅は股の角度が大きくなるほど小さくなったが、Y 軸方向の振幅には大きな差は見られなかった（図 5）。Y 軸方向の揺れに差が見られなかったのは、模型の足が実際の人間に比べて太く、Y 軸方向の接地面が広がったためと考えられる。

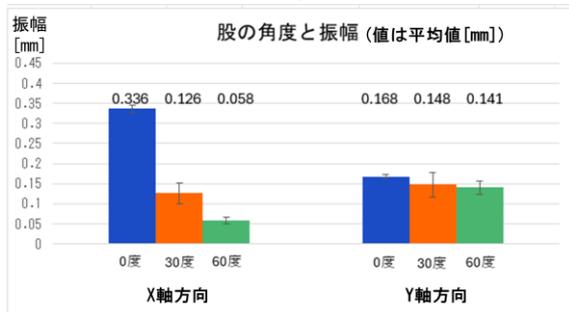


図 5 実験 1 の結果

#### 3.2 実験 II・III

次に、実験 I の反省から、足の接地面にレゴブロックを取り付けて足の形状を変え、同様の実験を行った。実験 II では足の角度を X 軸に対して 0 度、実験 III では 30 度とし、それぞれ股の角度を 0

度、30 度、60 度に変化させた。仮説として、足の形状や角度を変えても、股の角度を大きくした姿勢ほど揺れが小さくなると考えた。結果として、Y 軸方向の振幅は実験 II・III とともに股の角度が大きくなるほど小さくなった。X 軸方向の振幅は、実験 III においてすべての条件で実験 II より小さくなった。足の接地形状が変化することで、股の角度を大きくするほど揺れが抑えられた。特に実験 III で X 軸方向の揺れが大きく減少した（図 6）。足は固定されており、形状的に X 軸方向の揺れを受けやすいと考えられる。また、人は Y 軸方向より X 軸方向の方が、慣性モーメントが小さく、揺れやすい。足先を 30 度を開くことで揺れが斜め方向に分散され、慣性モーメントの大きい方向の影響を受けたため、X 軸方向の揺れが抑えられたと考えられる。

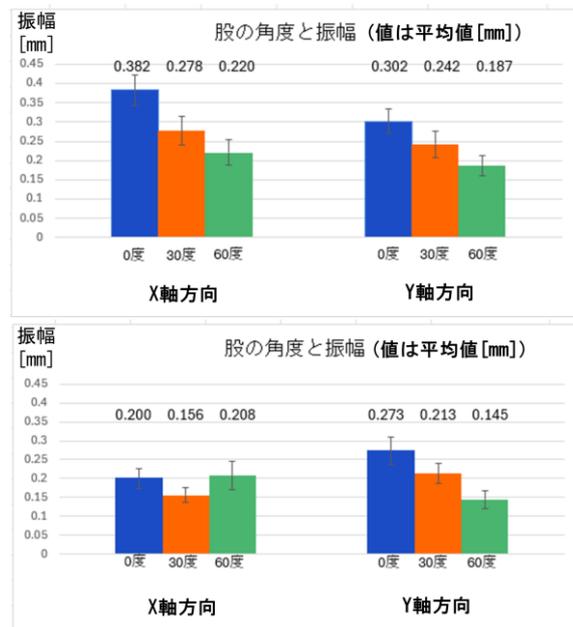


図 6 実験 II（上）と実験 III（下）の結果

### 4. おわりに

本研究では、電車に乗車する際の、揺れに強い姿勢について研究した。通学で利用する JR 氷見線では、水平方向成分としては、進行方向に対して垂直な方向の揺れが大きいことが分かったため、進行方向に対して横向きに立ち、股の角度を 60 度または 30 度を開き、足先を 30 度を開いた姿勢をとるとよいと考える。しかし、本研究と電車との振動数の違いや模型と人の違い、上下方向の影響という課題がある。

#### 参考文献

- (1) 國友正和：“総合物理 1 力と運動・熱”，数研出版株式会社（2022）
- (2) 戸田盛和：“物理入門コース 1 力学”，岩波書店（1995）
- (3) 大石進一：“理工系の数学入門コース フーリエ解析”，岩波書店（1989）

## リフレーミングの類型化とアプリ化への応用提案

村上 愛幸<sup>\*1</sup>指導教員：ドウラゴ 英理花<sup>\*2</sup>・世古 直輝<sup>\*3</sup>

Email: 12430aiko\_murakami@gr.shotoku.ed.jp

\*1: 聖徳学園中学・高等学校 データサイエンスコース 2年

\*2: 聖徳学園中学・高等学校

\*3: 聖徳学園中学・高等学校

◎Key Words データサイエンス, リフレーミング, 類型化, アプリケーション, メンタルヘルス

## 1. はじめに

近年、日本では多くの人が日常的にストレスや心理的負担を抱えている。一方で、心理的な悩みを感じている人の割合は高いとは言えない。その背景には、相談に対する心理的ハードルや抵抗感の存在があると指摘されている。

このような状況を踏まえ、専門家による支援を補完する、日常的に取り入れやすい心理的介入の在り方が求められている。その一つとして注目されるのが、物事の捉え方を変えることで心理的負担の軽減を目指す「リフレーミング」である。

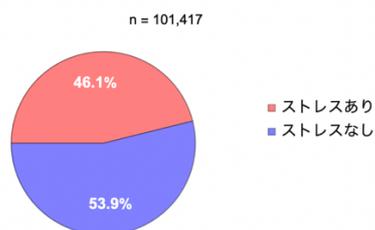
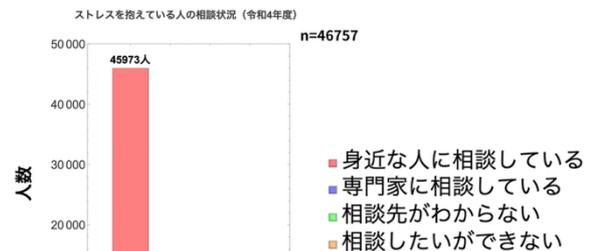
本稿では、リフレーミングに関する先行研究を対象とし、既存研究において用いられているリフレーミング手法を整理・類型化することを目的とする。特に、各手法がどのような心理的ニーズや効果と結びついているのかを明らかにし、その結果をもとにアプリケーションへの応用可能性について検討する。

## 2. 問題の所在

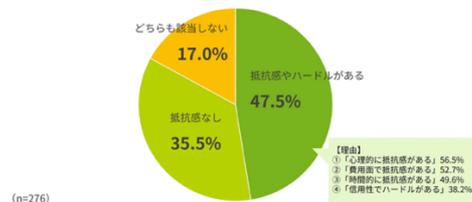
## 2.1 日本におけるストレス、相談状況の現状

図1, 2は総務省統計局のデータをもとに、ウルフラム言語によりグラフ化したものである。図1~3より、日本では12歳以上の多くの人がストレスを抱えている一方で、専門家への相談割合は低く、カウンセリングに対する心理的抵抗感が存在することが示される。これらの結果から、専門家による支援に加え、より身近で心理的負担の少ないメンタルケアの手段を検討する必要があると考えられる。

ストレスの有無 (令和4年度)

図1 ストレスの有無<sup>1)</sup>  
(出所：筆者作成)図2 ストレスを抱える人の相談状況<sup>2)</sup>  
(筆者作成)

Q.3 カウンセリングに対する感覚

図3 カウンセリングに対する感覚<sup>3)</sup>

## 2.2 リフレーミングの概要と5つの手法

リフレーミングとは、認知的再構築とも呼ばれ、物事の枠組みや意味づけを捉え直すことで心理的負担の軽減を図る手法である。

リチャード・バンドラーとジョン・グリーンダーは、リフレーミングを以下の5つに分類している。

言葉のリフレーミングは、言葉の意味や定義を再解釈することで思考の行き詰まりを打開する手法である。

Asif のリフレーミングは、「もし~だったら」と仮定することで発想の転換を促す手法である。

時間軸のリフレーミングは、過去・現在・未来といった時間的視点を用いて捉え直す手法である。

解体のリフレーミングは、物事の枠組み自体を分解し、新たな視点から再構成する手法である。

Want のリフレーミングは、「どうしたいか」という問いを通じて行動や感情の整理を促す手法である。

しかし、これらの手法がどのような心理的ニーズに対して有効であるのかについては、体系的な整理が十分に行われていない。そこで本研究では、既存の先行研究を対象として、各手法と心理的ニーズ・効果との対応関係を整理する。

### 2.3 類型化の結果

本研究では、日本語および英語で書かれたリフレーミングに関する実証研究15本を対象とし、論文内で用いられている介入手法を5つのリフレーミング手法に分類した。あわせて、各研究で測定された心理的効果および心理的ニーズを比較・整理することで類型化を行った。なお、紙幅の制約上、参考文献には本研究の枠組みの構築において特に重要であった研究を代表例として掲載している。

その結果、言葉のリフレーミングは最も多く用いられており、印象の向上、自尊感情の向上、ネガティブ感情の軽減など幅広いニーズに対応していた。As if のリフレーミングは、トラウマの軽減や抑うつ・不安の低下を目的とする研究が多く、反芻の抑制や自己非難の軽減といった効果が特徴的であった。時間軸のリフレーミングは、自己効力感や自己受容の向上に関連する効果が示されていた。なお、否定的感情の軽減および肯定的感情の増加は、いずれの手法においても共通して報告されていた。一方で、解体のリフレーミングおよびWant のリフレーミングに該当する実証研究は確認されなかった。

リフレーミング手法	主な心理的ニーズ	確認された主な効果	該当論文数
言葉のリフレーミング	印象の向上 自尊感情の向上 ネガティブ感情の軽減	否定的感情の軽減 肯定的感情の増加 自尊感情の向上	9
As if のリフレーミング	トラウマの軽減 抑うつ、不安の低下	否定的感情の軽減 肯定的感情の増加 反芻を抑える 出来に対する否定的感情 自己に対する非難の軽減	5
時間軸のリフレーミング	自己効力感の向上 自己受容の向上 抑うつ、不安の低下	否定的感情の軽減 肯定的感情の増加 自己効力感の向上 自己受容の向上	4
解体のリフレーミング	-	-	0
Want のリフレーミング	-	-	0

※一部の論文では複数のリフレーミング手法を同時に扱っているため、各手法に該当する論文数の合計は、分析対象論文数(15本)と一致しない。

図4 手法別のニーズとその効果<sup>(3)(5)</sup>  
(筆者作成)

### 3. アプリケーションへの応用

本研究の類型化結果を基盤とし、ユーザーの心理的ニーズに応じて適切なリフレーミング手法を提示するメンタルサポートアプリの構想を提案する。

本アプリケーションでは、ユーザーが入力した文章から心理的ニーズを推定し、本研究で整理した対応関係に基づいてリフレーミング手法を選択することを想定している。例えば、自尊感情の低さが読み取れる場合には言葉のリフレーミングを、反芻や自己非難が強い場合にはAs if のリフレーミングを提示するなど、ニーズに応じた手法選択を行う点に特徴がある。先行研究では、AIへの相談は対面相談より心理的ハードルが低いことも示されており、本アプリケーションは専門家による支援を補完する手段としての可能性を持つと考えられる。なお現在、Swiftを用いてリフレーミングを支

援するアプリケーションを試作しており、ChatGPTのAPIを導入することでユーザーとの対話を可能としている。今後は、本研究の類型化結果を踏まえ、心理的ニーズに応じて提示するリフレーミング手法を自動的に切り替える仕組みの実装を目指す。

### 3.1 おわりに

本稿では、日本において専門家への相談が進んでいない現状を背景に、リフレーミングに着目し、先行研究をもとに手法の類型化を行った。その結果、各リフレーミング手法は共通して感情調整に効果を持つ一方で、対応する心理的ニーズや効果の特徴には違いがあることが示された。

また、本研究では、類型化結果を活用したアプリケーションへの応用可能性についても検討した。一方で、本研究は文献調査に基づくものであり、解体のリフレーミングやWantのリフレーミングについて十分な実証研究を確認できなかったという限界がある。今後は、これらの手法に関する実証的検討や、提案したアプリケーションの実装および効果検証が課題として挙げられる。

### 参考文献

- (1) 総務省統計局: "国民生活基礎調査 令和4年国民生活基礎調査 健康", <https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0002040959>, (2026年1月12日閲覧)。
- (2) 総務省統計局: 国民生活基礎調査 令和4年国民生活基礎調査 健康, [https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00450061&tstat=000001206248&cycle=7&tclassi=000001206254&stat\\_infid=000040071886&tclass2val=0&metadata=1&data=1](https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00450061&tstat=000001206248&cycle=7&tclassi=000001206254&stat_infid=000040071886&tclass2val=0&metadata=1&data=1), (2026年1月12日閲覧)。
- (3) 松本良平: 働く人の7割以上が悩みや不安を抱えている。20~30代で高まるカウンセリング意識、依然高い心理的・費用・時間の壁【メンタルヘルスとカウンセリング実態調査】、(2024), 出典: マイルシエバ <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000019.000073210.html>, (2026年1月12日閲覧)。
- (4) 山本真利子, : "カウンセラーとクライアントにおけるリフレーミングが感情効果に及ぼす実験的研究", Kurume University Psychological Research 2008, No. 7, 29-34, (2018), <https://kurume.repo.nii.ac.jp/records/528> (2026年1月12日閲覧)。
- (5) Sophie Leuteritzl, Werner Greve, Stephanie Böhme, Andreas Mühlberger, : "Are reframing strategies more effective than empathy in processing trauma reports? A pilot study", BRIEF RESEARCH REPORT article, (2023), <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2023.1150475/full> (2026年1月12日閲覧)。
- (6) 鈴木深央里, 及川 恵: "再評価が感情の変化に与える影響-下位方略に着目して-", 東京学芸大学紀要総合教育学系 I 69:225-230, 2018, (2017), <https://cir.nii.ac.jp/crid/1050288469019092352> (2026年1月12日閲覧)。

# 物理エンジン統合による動画生成 AI の物理的整合性の向上

田中 侘旺\*

指導教員：徳竹 圭太郎\*

Email: tj21032bmw@toyo-ushiku.jp

\*1: 東洋大学附属牛久高等学校

©Key Words 生成 AI, 物理エンジン, 物理法則, 教育利用

## 1. はじめに

近年生成 AI は著しい進化を遂げている。その中でも動画生成 AI の生成した動画を日常で見かける機会はあるものの、その動画では物体が空中をゆっくり落下していたり、壁と衝突したはずなのに急に運動が停止したりと、不自然な挙動を見せるものがある<sup>(1,2)</sup>。

この物理法則を無視した生成の原因は、AI が物理法則を計算せず、統計的特徴を基に「視覚的に自然である」と認識される映像を生成するためであると考えられる。

この不自然な生成が教育利用の際に問題となる。特に物理では数値的な正確さが必須である一方、動画生成 AI を利用することで視覚的理解を得やすい利点がある。

そこで本研究では、生成 AI を事前に物理エンジンで制御することで数値的に正しい運動を行う動画の生成が可能になると考え、生成 AI と物理エンジン統合の研究を行った。生成 AI だけでなく物理エンジンを併用することで、より視覚的理解を得やすく、第三者への説明に適していると言える。

## 2. 提案手法

### 2.1 生成対象と実行環境

反発係数 0.8 のゴム球を水平方向に投射し、壁に衝突後に反射する運動を対象とした。動画は 30FPS とし、150 フレームの静止画を生成して連結することで作成した。

実行環境は google colab, 使用する AI は画像生成 AI の stable diffusion, 物理エンジンは Pybullet を使用した。

### 2.2 基本方針

フレームごとに生成 AI へ直接「動画」を作らせると、背景や物体の外観がフレーム間で変化し、一貫性が崩れやすい。そこで本研究では、背景と球体を画像として一度だけ生成して固定し、球の位置だけを物理エンジンの結果に従って合成する方式を採用した。これにより、生成 AI の得意な質感表現を活かしつつ、運動は物理計算で保証できる。

### 2.3 背景生成

背景は Python で「奥壁・右壁・床」の 3 領域を持つベース画像を作成し、Stable Diffusion の inpainting で素材感を付与した。作成した画像を図 1 に示す。

ベース画像側で領域を明確に分けることで、生成時に「不要な物体が出る」「壁に余計な模様が増える」などの逸脱を抑制し、背景の安定化を図った。

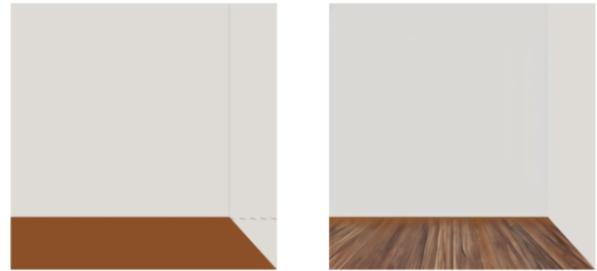


図 1 ベース画像 (左) と素材付与画像 (右)

### 2.4 球体生成と補正

球体は Stable Diffusion でブルーバック上に生成し、HSV しきい値によるクロマキーで背景を除去して RGBA 化した。さらに、マスクの形状を整えるために形態学的処理と最大連結成分の抽出を行い、合成時の縁の破綻を減らした。

切り抜き後の球は、背景と合成した際に貼り付け感が出やすい。そこで球のアルファ形状から球面法線を近似し、拡散反射と鏡面反射の簡易モデルで明暗を付与した。これにより、球の立体感を増やし背景への馴染みを改善した。生成した球体を図 2 に示す。



図 2 生成した球体

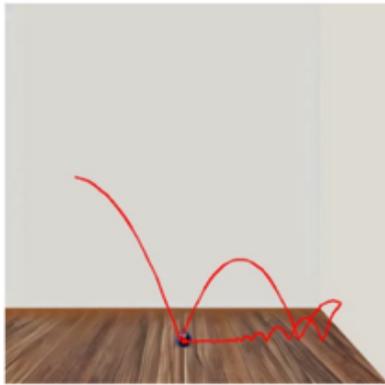
### 2.5 物理シミュレーション

運動は PyBullet で数値計算した。床は平面 ( $z=0$ ), 壁は箱形状の剛体として配置し、球は剛体球として生成した。反発係数は 0.8 に設定し、シミュレーションは細かいタイムステップで行って接触計算の安定性を確保した。各フレームにおける球の位置 (world 座標) を記録し、これを後段の合成に利用した。

### 2.6 生成した画像の合成と動画化

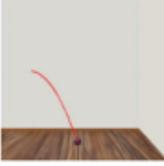
PyBullet の world 座標を画像の画素座標へ線形変換し、背景画像へ球画像を貼り付けた。さらに床面に楕円影を描画してぼかしを適用し、接地感を補った。生成したフレーム列は ffmpeg で 30FPS の動画に連結した。

## 1. 軌道を算出する



## 2. 1フレームごとに球の存在する座標に合成する

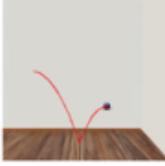
17フレーム目



53フレーム目



29フレーム目



150フレーム目



## 3. 全てのフレームを繋ぐ



図3 画像合成とフレームの結合

本手法の処理の流れを表1, 実装パラメータを表2にまとめる。また, 処理の具体例を図3に示す。

表1 提案手法の処理の流れ

1. ベース背景をプログラムで描画
2. inpainting で背景素材を付与し, 背景を固定化
3. ブルーバック上で球を生成し, 縁を整形
4. PyBullet で球の運動を計算し, 各フレームの位置を保存
5. 球を各フレームへ合成 (影を付与)
6. 生成フレーム列を動画へ変換

表2 本研究における実装パラメータ

画像サイズ: 背景 1024×1024  
 動画: 30FPS, 150 フレーム (5 秒)  
 物理: 重力  $-9.8\text{m/s}^2$ , 反発係数 0.8  
 球: 半径 0.08m, 初速度 (水平) 1.2m/s (例)  
 合成: 床影, 球の簡易ライティング

## 3. 結果と考察

提案手法により, 球の運動は物理エンジンが計算するため, 衝突後の反射や重力下の運動が不自然に破綻しにくい動画が得られた。また背景と球を画像資産として固定し, 合成で動画化する方式により, フレーム間で背景の見た目が変化する問題を抑制できた。

本研究における提案手法の利点を下記に示す。

- ①物理的整合性の担保: 運動は PyBullet が統制するため, 生成 AI 特有の運動破綻を回避しやすい。
- ②見た目の一貫性: 背景・球を固定資産化し, フレームごとの外観揺れを抑制する。
- ③教育利用への適性: 衝突や反発を, リアルな見目で説明しやすい。

一方, 本研究の手法の限界として下記の3点がある。

- ① 本方式はカメラ固定・2D 合成が前提であり, 動的なカメラワークには対応が困難である。
- ② 生成 AI による素材生成はプロンプト依存で, 意図しない模様などを完全には排除できない。

## 4. おわりに

物理エンジンで軌道を数値計算したことにより, 見た目の違和感もなく物理的な正確性を保ちつつ, 生成 AI の持ち味であるリアルな見た目の両立が可能であった。

生成 AI と物理エンジンの統合は, 数値的な正確さと視覚的理解を得やすい美しい見た目の両立が特徴である。この第三者への説明が得意な点を活かし, 主に物理現象の説明に利用することができる。また, 自動運転のような他の AI の学習データ用に動画を生成し, 学習サンプルとして活用することも可能だと考えられる。今後は動的なカメラワークへの対応について検討する。

## 参考文献

- (1) Lin, Minghui, Xiang Wang, Yishan Wang, Shu Wang, Fengqi Dai, Pengxiang Ding, Cunxiang Wang, Zhengrong Zuo, Nong Sang, Siteng Huang, Donglin Wang: "Exploring the Evolution of Physics Cognition in Video Generation: A Survey", <https://arxiv.org/abs/2503.21765> (2026年1月17日閲覧)。
- (2) Guo, Xuyang, Jiayan Huo, Zhenmei Shi, Zhao Song, Jiahao Zhang, Jiale Zhao: "T2VPhysBench: A First-Principles Benchmark for Physical Consistency in Text-to-Video Generation", <https://arxiv.org/abs/2505.00337> (2026年1月18日閲覧)。

# 3D キャラクター制作における Blender 初心者の成長過程

添田 苺央\*<sup>1</sup>

指導教員：徳竹 圭太郎\*<sup>1</sup>

Email: tj21048xjz@toyo-ushiku.jp

\*1: 東洋大学附属牛久高等学校

©Key Words Blender, CG, 3D モデル

## 1. はじめに

Fab Lab は、3D プリンタやレーザーカッターなどのデジタル工作機器を備え、個人の制作や学習を支える拠点である。世界では数百以上の拠点が存在するのに対し、日本で国際ネットワークに公式登録されている Fab Lab は 20 拠点前後である<sup>(1,2)</sup>。このため、日本国内では利用機会が限られ、誰もが容易にデジタルものづくりに取り組める環境とは言い難い。さらに、日本の STEM 教育運営事務局は、STEM 教育を実施する上での課題として指導者が少ないことを報告している<sup>(3)</sup>。指導者が不足している状況では、学習者が自ら考え、試行錯誤しながら学ぶ自律的学習の重要性が高まる。しかし、上達の道筋を示す成長モデルが明確でなければ、学習の進め方が分かりにくく、教育現場への導入も困難となる。

そこで本研究では、Blender を用いた 3D モデル作成における成長過程を整理し、可視化することを目的とした。

## 2. 研究方法

### 2.1 3D モデル制作過程の記録

2024 年 6 月から 2025 年 12 月までの約 1 年半にわたり、Blender を用いた 3D モデル作成の学習記録を作成した。記録は各回の活動終了後に文章で記述し、作業内容、活動中に生じた課題、その際に感じた感情、気付き等をまとめた。

### 2.2 分析記録文のラベル化と出現頻度の算出

上記の記録文章を分析対象とし、記述内容の変化を把握するため、活動段階の違いに基づいて期間を区分した。区分した各期間を分析単位として P1～P4 のラベルを付与し、期間ごとに技術語の出現数を集計した。P1 期の制作物を図 1、P4 期の制作物を図 2 に示す。



図 1 P1 期の制作物



図 2 P4 期の制作物

あわせて、感情語（ポジティブ語・ネガティブ語）の出現割合を算出した。本研究で用いた技術語および感情語の具体例を表 1 に示す。

表 1 項目別のフォント指定

技術語	ポジティブ語	ネガティブ語
ミラー	楽しい	難しい
モディファイア	うまく	分からない
UV	きれいに	おかしく
テクスチャ	できた	疲れた
シーム	わかった	めんどくさい

## 3. 分析結果と考察

作業内容に基づく各時期における技術語の平均出現数を図 3 に示す。

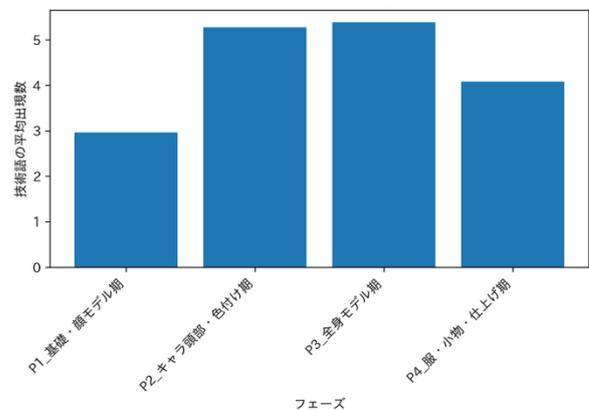


図 3 フェーズごとの技術語の平均出現数の推移

図 3 を見ると、Blender を始めたばかりの P1（基礎・顔モデル期）では平均約 3 語であったのに対し、P2（キ

キャラクター頭部・色付け期) およびP3(全身モデル期)では5語前後まで増加した。一方で、P4(服・小物・仕上げ期)では4語前後へ減少したことが読み取れる。

P1からP2にかけて技術語の出現数が増加した要因として、操作に慣れたことで作業内容を機能名や手順として言語化できるようになったことが考えられる。

P2以降ではミラーやモディファイア、UV、テクスチャ等、作業を説明するために固有の語彙が必要になる。したがって、技術語の増加は、単に知識量が増えたというよりも、作業を分解して捉え、それを言葉で整理する能力が発達したことを示す指標になり得る。

またP2およびP3で技術語が高い値を示した背景として、動画視聴中にショートカットキーや設定項目をメモし、それを参照しながら記録を作成するようになった点が挙げられる。このことは、学習方法が「試行錯誤中心」から「情報収集・試行・記録による整理」という形へ変化したことを示唆する。すなわち、技術語の増加は技能の伸長だけでなく、必要な情報を集め、作業を改善する学び方の成立とも関係すると考えられる。

一方、P4で技術語が減少したことは、技能が低下したことを直接意味するとは限らない。P4は服や小物の追加、仕上げの微調整が中心となり、新しい機能を学ぶ場面よりも、既に獲得した操作を組み合わせて繰り返す場面が増える。この段階では、操作が手続きとして定着しているため、記録中で技術語を書かなくても作業を説明でき、結果として出現数が低下した可能性がある。本研究の指標は記録の書き方やメモの有無に影響されるため、技術語出現数は「学習内容の新規性」や「記録の詳細さ」も含めた指標として解釈する必要がある。

同様に、各時期におけるポジティブ感情語およびネガティブ感情語の出現割合を図4に示す。

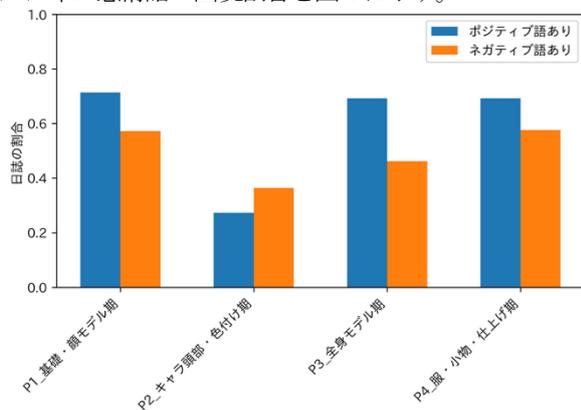


図4 フェーズごとの感情語の平均出現割合の推移

図4を見ると、P1、P3、P4ではポジティブ語の割合が約0.7であり、ネガティブ語の割合も約0.5~0.6であった。ポジティブ語とネガティブ語は同一の日記に同時に含まれる場合があるため、両者の割合の合計は1にならない。この結果は、制作活動において「楽しい」「できた」といった達成感と、「難しい」「おかしい」といった課題認識が同時に生じ得ることを示している。特にP1では、新しい作業への興味や楽しさがある一方で、操作に慣れていないことによる混乱も起こりやすく、感情が揺れやすい時期であると考えられる。

一方でP2では、ネガティブ語の割合がポジティブ語の割合を上回り、かつ両者の割合が他期より低い値を示した。P2は頭部の形状調整に加え、色付け、マテリアル設定、テクスチャ等、形状編集とは性質の異なる要素が加わる時期である。扱う概念と操作の種類が増えることで試行錯誤が増え、つまずきが顕在化しやすく、ネガティブ語が相対的に増加したと考えられる。加えて、この時期は技術語を用いた作業記述に重点が移り、感情を言葉として書き残す量自体が減ったため、感情語が含まれる日記の割合が下がった可能性がある。すなわちP2は、学習が深まり記録が「感想」から「作業ログ」へ移行する一方で、困難さも強く現れる段階である。

P3では、技術語が高い水準を保ちながらポジティブ語の割合が回復している。これは、P2で増えた知識や操作を全身モデル制作で反復し、成功体験が増えたことを反映している可能性がある。さらにP4ではポジティブ語が高い水準を維持しつつネガティブ語も高い値であった。仕上げ段階では細部の調整が多く、理想との差が見えやすい。上達に伴って自己評価の基準が上がることで、完成度が高まっても「まだおかしい」と感じやすくなる点も、ネガティブ語が一定程度出現する理由として考えられる。

以上より、図1の技術語出現数と図2の感情語出現割合を時期ごとに追うことで、「語彙獲得の進行」「つまずきが生じやすい時期」「技能定着と仕上げ段階の特徴」を含む成長過程を段階的に可視化できたといえる。特にP2は、技術語が増える一方でネガティブ語が優勢となる特徴を示しており、指導者が不足する環境で自律的学習を支援する際には、確認項目のチェックリスト化、よくある失敗例の提示、最小手順のテンプレート化等の支援を行うことが有効であると考えられる。

#### 4. おわりに

本研究ではBlenderを用いて3Dモデル作成の成長過程の可視化を行った。今後は技術語および感情語の語彙の拡充、複数の学習者への適用、成果物の評価や作業時間等の客観指標との比較を行い、教育現場で利用可能な成長モデルとして整理する必要がある。

#### 参考文献

- (1) ファブラボとは:<https://fablabtakeo.com/what-is-a-fablab/>(2026年1月12日閲覧).
- (2) Fablabs:<https://www.fablabs.io/>(2026年1月12日閲覧).
- (3) 日本STEM教育運営事務局:[https://www.stem-labo.com/page3.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.stem-labo.com/page3.html?utm_source=chatgpt.com)(2026年1月11日閲覧).

# GPS および気圧情報を用いた屋内位置把握システムの開発 - 校内における実証結果から -

武内 龍義<sup>\*1</sup>

指導教員：白石 利夫<sup>\*2</sup>・ドウラゴ 英理花<sup>\*2</sup>

Email: 13277ryugi\_takeuchi@gr.shotoku.ed.jp

\*1: 聖徳学園高等学校 データサイエンスコース 第1学年

\*2: 聖徳学園高等学校

◎Key Words GPS, 気圧センサー, プログラミング, IoT, 相対高度

## 1. はじめに

人や物の所在不明による探索時間の発生は、業務効率の低下やストレス増大を招く深刻な課題である。特に、多層階構造においては、この課題が顕著に現れている。本校で実施したアンケート(図1)においても、約9割の生徒・教員が「先生の居場所が分からず困った経験がある」と回答しており、学校現場においてもこの「所在の不確かさ」が切実な課題となっていることが明らかになった。しかし、既存の位置情報サービス(AirTagやWhooなど)は、主に平面情報の取得にとどまり、何階にいるかなど高さの情報がないため、屋内で位置を特定することが難しい。

学校内で先生が見つからず困った経験はありますか？

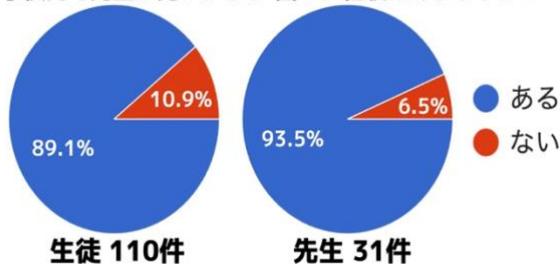


図1 聖徳学園内で実施したアンケート (筆者作成)

## 2. 研究の概要

そこで本研究では、この課題を解決するため、GPSと気圧センサーを組み合わせた位置情報取得システムを構築した。小型IoTデバイス「スクーミー<sup>0)</sup>」を用いて取得した緯度・経度・標高をインターネット経由で送信し、GoogleマップおよびGoogleサイト上で階数を含む位置情報を可視化する仕組みを作成した。また、システムの有効性を確認するため、学校内での実証実験を行った。

## 3. システム構築

本システムは、スクーミー、各センサー、Googleスプレッドシート、Googleマップ等で構成される。

### 3.1 デバイスと通信

実証実験にはスクーミーのブルーボードにGPS・気圧センサーを接続し、緯度・経度・標高データを取得する。

ブルーボードを扱うことにより、データを一定間隔でスプレッドシートへ送信・蓄積することが可能となる。また、付加機能として、送信停止用のトグルスイッチと、簡易メッセージ表示用7SEGディスプレイ(簡易メッセージ表示用)を実装した。

### 3.2 センサーデータの送信および蓄積

気圧センサーとGPSセンサーから取得したデータは、一定間隔(1分や10分など時間が設定可能)でGoogleスプレッドシートに送信・記録される。スプレッドシートには、緯度、経度、標高の各データが時系列で蓄積される。気圧センサーについては、標高を測定するモードを使用し、建物内での高さ情報の取得を行った。また、気圧変動の影響を排除するため、基準地点(屋上等)の標高データを管理するシートと、移動するデバイスのデータを管理するシートの2つを用意した。これらをGoogle Apps Scriptを用いて計算用シートへ統合し、リアルタイムで解析を行う仕組みを構築した。

### 3.3 階数推定方法

気圧センサーの標高値は気圧データをもとに計算されるため、時間が経てば、環境要因によって数値差を生む。この課題に対し、本研究では相対高度を用いて誤差を補正するため、以下の手法を考案した。

- 相対高度による誤差補正**: 屋上(最上階)の基準値と現在地の標高の差分を常に算出することで、常に発生し続ける気圧変化によるノイズを相殺し、建物内の純粋な移動距離を抽出した。
- 階高判定テーブルの構築**: 一律の計算ではなく、各階の実際の高さ(地上からの距離)を定義した「判定表」を作成した。これにより、例えば「1階ロビーは天井高が高い」といった、異なる高さの階が存在する場合でも、表の数値を調整するだけで正確に判定できる汎用性を持たせた。
- VLOOKUP関数による数値の安定化**: 気圧センサーは非常に敏感なため、同じ場所においても数値が微細な揺れ(±0.1m等)を生むため、近似一致機能を用いて規定の標高に数値を固定化させる処理を行った。

### 3.4 位置情報の可視化

Google スプレッドシートに蓄積されたデータをもとに、Google マップ上で位置情報を表示する Google サイトを作成した。また、位置の更新回数などの情報を併せて表示する Google サイトを構築し、ブラウザ上で現在位置を確認可能とした。(図2)

### 3.5 運用を支える付加機能

本システムには、実運用時の利便性を高めるための2つの機能を実装した。

- **プライバシー保護のためのトグルスイッチ**: スプレッドシートへのデータ送信のオン・オフを手元で切り替え可能とし、対象者の心理的抵抗の軽減とプライバシー保護を図った。
- **7SEG による逆方向の通信**: スイッチがオフの際や、緊急で連絡を取りたい場合に備え、探索者が専用のスプレッドシートに特定の番号を書き込むと、デバイス上にその番号が表示される。番号ごとに「1:課題提出」「2:急用」などの意味を定義することで、位置不明時でも簡易的な意思疎通を可能にした。



図2 実際の Google スプレッドシート・Google サイト  
(左: データ収集・計算シート) (右: 閲覧サイト)  
(筆者制作)



図3 実際のデバイス (左: 携帯用) (右: 基準値用)  
(筆者撮影)

## 4. 実証実験

### 4.1 実験環境

本システムの有効性を確認するため、私の学校である聖徳学園を対象として実証実験を行った。聖徳学園は4階建ての校舎であり、棟が複数存在し、敷地も広い。実験では、スクーミーを携帯した人物(先生)が校内を移動し、GPS および気圧センサーによる位置情報を取得・送信することで、位置および階数が正しく表示されるかを確認した。

開発段階での検証において、GPS センサー自体が持

つ高度データを測定したのだが、誤差の範囲が不規則でばらつきが大きく、階数を特定するための信頼性に欠けることが判明した。対して、気圧センサーは環境による変動はあるものの、計測時の数値の揺れは大きくても $\pm 0.3\text{m}$ 程度と非常に小さく、安定していることが確認できた。この特性に着目し、「屋上との相対高度算出」を用いることで、GPS 単独では不可能な正確な階数判定を実現できた。

### 4.2 実験結果

実証の結果、スクーミーに接続した GPS センサーおよび気圧センサーはいずれも正常に動作し、緯度・経度・標高データを継続的に取得・送信できることを確認した。また、Google マップおよび Google サイト上において、位置情報が更新回数とともに表示され、利用者が現在位置を視覚的に把握できることを確認した。気圧センサーの標高値には時間帯や環境による変動が見られたが、あらかじめ設定した建物の基準値および現在の階高を用いることで、階数の推定が可能であることが分かった。

## 5. まとめ

本研究の最大の成果は、GPS と気圧センサーの特性を理解し、適切に組み合わせることで実用的な精度を実現した点である。実証実験でも、平面位置は GPS、高さは気圧センサーという役割分担を行うことで、スムーズに校内での移動を追跡することができた。なお、トグルスイッチや 7SEG による通信機能については、実験中も問題なく機能し、プライバシー保護と利便性を両立させる実用的な機能であることが確認できた。

## 6. 課題と今後の展望

実際に運用するにあたり、「デバイスの携帯性」という課題が見えた。今回の実験機は横幅があり、ポケットに入れるにはサイズが大きく、常時携帯するには不便さを感じる場面があった。今後は、専用のポーチごと支給して身につけやすくするなど、先生(利用者)の負担にならないウェアラブルデバイスとしての形状や運用方法の改良が必要であると考えられる。

本システムの最大の強みは、導入障壁の低さにある。大規模な工事や高価な専用設備は一切不要であり、『インターネット環境』と『基準となる高さ(基準点)の設置』さえ整えば、どのような建物でも即座に運用が可能である。そのため、学校現場のみならず、病院や物流倉庫など、多層階構造を持つあらゆる施設に対し、低コストかつ手軽に解決策を提供できる可能性を持っている。

今後は、複数台での同時稼働や異なる建物環境での検証を進めつつ、特に利用者からのフィードバックに基づいたシステムの改良に注力し、本システムの汎用性と実用性を高めていきたい。

### 参考文献

- (1) スクーミー: “スクーミースポットを活用した授業活用事例集”, <https://スクーミー.com/2025/06/07/情報i> でスクーミー-, (2025), (2026年1月21日閲覧).

# SNS における承認格差と自己承認の喪失

## - 記念日化 SNS による承認デザインの再構築 -

北川達大<sup>\*1</sup>

指導教員：世古直輝<sup>\*2</sup>・白石利夫<sup>\*2</sup>・ドウラゴ英理花<sup>\*2</sup>

Email: 13379tatsuki\_kitagawa@gr.shotoku.ed.jp

\*1: 聖徳学園高等学校データサイエンスコース1年

\*2: 聖徳学園高等学校

◎Key Words SNS, 自己承認, 他者承認, 内省, 遅延設計, グループ共有

### 1. はじめに

現代の SNS は、「いいね」やコメント等の即時的な反応を中心に設計され、若者の承認欲求が他者承認に偏りやすい構造を持つ。正木<sup>(1)</sup>及び、新井<sup>(2)</sup>によると、反応数が可視化されることで他者との比較が生じやすく、出来事の価値が外部評価に回収されると、体験を落ち着いて振り返り、自分自身の言葉で意味づける内省が起りにくくなるという課題が指摘されている。

本研究は、SNS 的な記録体験に内在する「即時性」と「比較」を意図的に弱めることで、自己承認(自分自身の体験を自分の言葉で肯定すること)につながる振り返りを促す設計の可能性を検討する。

### 2. 問題の所在

写真記録は本来、「出来事を残す」だけでなく、「後から思い出し、意味づけ直す」ことで個人の経験として定着する。しかし SNS 的環境では、撮影直後の確認や投稿後の反応確認が前提となり、記録行為が外部評価と強く結びつきやすい。このとき、次の二点が振り返りを阻害すると考えられる。

#### 2.1 即時確認による出来栄評価の優位

撮影直後に画像を確認できる環境では、「良く撮れたか」という評価が先行し、体験そのものの意味づけが後景化しやすい。

#### 2.2 比較可能性による外部評価への偏り

反応数や他者の投稿が同時に可視化されると、比較が容易になり、「自分の出来事の価値」が他者の評価軸に回収されやすい。

以上より、自己承認を育てるためには、記録の設計段階で「即時性」と「比較」を弱め、体験の意味づけを本人の言葉に回収する仕掛けが必要である。

### 3. 提案アプリ (Later) と仕掛け

#### 3.1 本研究における Later の意義と必要性

現代の SNS は即時的反応と評価の可視化を前提とするため、記録行為が他者承認に偏りやすく、体験を落ち着いて振り返り、自分の言葉で意味づける内省が起りにくいという課題がある。そこで本研究は、即時性と比較構造を弱めた記録環境を設計し、その影響を検討可能な形で提示することに意義があると位置づける。Later は、その検証用プロトタイプとして、承認の偏りを生み出す設計要素を再構成した具体的実装例である。

#### 3.2 本研究が求める設計要件

本研究の目的(振り返り行動の促進と自己承認的記録の増加)を達成するため、記録アプリは次の要件を満たす必要があると考えた。

- (要件1) 撮影直後に評価や比較が発生しないこと：出来栄確認や他者比較が可能だと、体験より外部評価が優先されやすい。
- (要件2) 意味づけの言語化が先行すること：画像や反応より先に言葉で記録することで、自分の視点から捉え直す内省が生じやすい。
- (要件3) 振り返りを生む時間構造があること：記録と振り返りの間に時間差を設けることで、後から再解釈する契機が生まれる。
- (要件4) 「何を残すか」を選ぶ状況があること：無制限記録では価値づけが薄れやすく、選択が体験の意味づけを強める。

#### 3.3 Later の設計方針と要件対応

Later は Xcode を用いて実装した iOS 上の検証用プロトタイプであり、次の設計要素により上記要件を満たす。

本研究の目的（振り返り行動の促進と自己承認的記録の増加）を達成するため、記録アプリには次の要件が必要である。第一に、撮影直後に評価や比較が発生しないこと。第二に、意味づけの言語化が視覚情報に先行すること。第三に、記録と振り返りを分離する時間構造があること。第四に、無制限ではなく「何を残すか」を選択させる制約があること。

Later は、これらを満たす検証用プロトタイプとして、(1) 即時確認の禁止、(2) 写真非表示下での1行キャプション確定（言語先行）、(3) ロック/解禁による時間差、(4) グループ共有枠（枚数制限）を中核要素として実装した。以上により Later は、評価獲得中心の記録から距離を取り、比較の抑制と言語化の先行、時間差による再解釈、選択による価値づけを同時に成立させる設計である。

### 3.4 期待される効果

Later の設計により、次の効果が期待される。

- 即時確認の禁止により、出来栄え評価や他者比較が弱まり、記録が外部評価から切り離される。
- 言語先行により、体験が言葉として保持され、解禁時に想起と内省が促進される。
- 共有枠により、「何を残すか」の選択が生まれ、体験の価値づけと共同的な物語化が進む。
- ロック/解禁により、振り返りの契機が儀式化され、自己承認の再確認につながる。



図 1 解禁前(左)と解禁後(右)の画面



図 2 実際に利用している様子

## 4. まとめ・今後の展望

本研究では、写真の即時確認を制限し、言語先行と解禁遅延を導入することで、出来栄え評価や他者比較

を弱め、振り返り行動を促す記録環境を提案した。この設計は、外部評価に回収されやすい SNS 的記録から距離を取り、体験を自分の言葉で意味づける契機を作る点で有効である。一方で、自己承認をより強く高めるためには、振り返りの機会を用意するだけでなく、利用者が自分で設定した目標に対して達成感を得られる構造が重要である可能性がある。

この課題を踏まえ、今後の改善案として「撮影枚数の目標設定」を Later に組み込むことを検討する。具体的には、前日に各メンバーが翌日に撮りたい枚数（2～5枚）を宣言し、その合計をグループの撮影枠として共有する。翌日はその枠をメンバー全員で取り合いながら撮影し、目標枚数に到達した場合にのみ写真が解禁される設計とする。これにより、いいね数や再生数といった外部指標ではなく、「自分たちで決めた基準を達成できたか」によって承認体験が成立し、自己承認の基盤となる達成感が生まれやすくなると思われる。

今後は、この仕組みが振り返りの質や自己承認感に与える影響に加え、未達成時の失望や負担感、枠の取り合いによる不公平感などの副作用も検討する必要がある。目標枚数の設定範囲（2～5枚）やグループ目標の大きさ、解禁条件の厳しさを調整し、達成感と継続可能性の両立を図ることが次の課題である。

### 謝辞

本研究を進めるにあたり、研究の方向性や構成について多くのご助言をいただいた世古直輝先生に深く感謝申し上げます。本研究は、今後の実証および継続的な検討を通してさらに発展させていく予定です。

### 参考文献

- 正木大貴, 「承認欲求についての心理学的考察」  
[https://repo.kyotowu.ac.jp/dspace/bitstream/11173/2640/1/0140\\_012\\_002.pdf](https://repo.kyotowu.ac.jp/dspace/bitstream/11173/2640/1/0140_012_002.pdf) (2026年1月7日閲覧)
- 新井学, 「Instagram 利用と社会的比較・承認に関する検討」 (2022)  
<https://www.seijo.ac.jp/education/faeco/academic-journals/jtmo42000001iji-att/235-8arai.pdf> (2026年1月7日閲覧)

CIEC 研究委員会

委員長：布施 雅彦（福島工業高等専門学校）

副委員長：李 凱（獨協大学）

委員：

大岩 幸太郎（大分大学）

鳥居 隆司（椋山女学園大学）

興治 文子（東京理科大学）

橋本 諭（産業能率大学）

落合 純（新潟経営大学）

三浦 靖一郎（徳山工業高等専門学校）

菅谷 克行（茨城大学）

森 夏節（酪農学園大学）

橘 孝博（早稲田大学）

森棟 隆一（白百合学園中学高等学校）

CIEC 春季カンファレンス論文集 Vol.17 Proceedings of the CIEC Spring Conference 2026

編集：CIEC 春季カンファレンス論文集編集委員会

発行：CIEC 研究委員会

〒166-8532 東京都杉並区和田 3-30-22 大学生協会館内 一般社団法人 CIEC 事務局

出版年月日：2026 年 3 月 26 日

※この論文誌に掲載された著作物の複写，転載，翻訳などの許諾につきましては，CIEC のホームページ <https://www.ciec.or.jp/activity/regulation/copyright.html> 「著作権に関する規定」に準じます。