

CIEC

春季カンファレンス論文集 Vol.12

Proceedings of the CIEC Spring Conference2021

開催日：2021年3月20日（土）／21日（日）

オンライン開催

CIEC（コンピュータ利用教育学会）研究委員会

CONTENTS

◎論文発表・ポスター発表プログラム.....	5
◎論文	
ソーシャルリスニングのフレームワーク SGUR（サグール）の提案と実践.....	9
文教大学情報学部メディア表現学科 白土由佳	
グラフィックレコーディングを用いた情報整理 - ノートテイキング教育への GR 活用に向けて -	17
茨城大学人文社会科学部現代社会学科 中川舞柚 茨城大学人文社会科学部現代社会学科 菅谷克行	
初等中等教育における「人工知能に関する教育」の分類 - 教育の目的・方法を踏まえて -	25
東京福祉大学教育学部教育学科 中園長新	
◎速報論文	
大学生の基盤能力開発とテキストマイニングによる理解度評価.....	33
立命館大学理工学部環境都市工学科 笹谷康之	
実験レポートの分析から探る探究活動における課題と ICT 活用 - 物理チャレンジ 2019 を対象として -	39
東京理科大学理学研究科科学教育専攻 尾崎龍之介 東京理科大学理学研究科科学教育専攻 松岡広海 東京理科大学理学研究科科学教育専攻 興治文子	
「ZOOM+ α 相談会」が作る新しい学びの場 - 「わかる」・「できる」を共有するオンラインワークショップ -	45
大阪府立渋谷高等学校教諭 山岡正和 大阪大学サイバーメディアセンター 大前智美 大阪大学サイバーメディアセンター 岩居弘樹	
単振動のシミュレーション教材による学習者のグラフ理解の有用性とその課題.....	51
東京理科大学理学研究科科学教育専攻 松岡広海 東京理科大学理学研究科科学教育専攻 尾崎龍之介 東京工業大学附属科学技術高等学校 長谷川大和 東京理科大学理学研究科科学教育専攻 興治文子	
視覚的読書と聴覚的読書の差異 - コンテンツに合った読書方法の探求 -	57
茨城大学人文社会科学部現代社会学科 阿部加奈 茨城大学人文社会科学部現代社会学科 菅谷克行	
高等学校における情報科教育の実施状況 - 日本大学文理学部入学生の事例 -	63
日本大学文理学部 田中絵里子 日本大学文理学部 大川内隆朗 日本大学文理学部 小林貴之	
初等教育のコンピュータサイエンス教育プログラムの動向調査 - シンガポール・エストニア・イタリアに着目して -	68
東北大学大学院情報科学研究科人間社会情報科学専攻 小田理代 桐蔭学園高等学校 登本洋子 東北大学大学院情報科学研究科 堀田龍也	
遠隔授業での講義動画仕様の違いに対する学びへの影響の調査と改善提案.....	74
公立千歳科学技術大学理工学部情報システム工学科 山川広人	

◎資料

3D プリンタ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.....	80
山形大学 学術研究院 白井昭子 桐蔭学園高等学校 登本洋子 山形大学大学院理工学研究科 渡邊洋輔 山形大学大学院理工学研究科 古川英光	
高校生のための国際科学フェア開催に向けた汎用的オンラインプラットフォームの構築	86
株式会社ロングハウススタジオ 家長大輔 立命館大学 田中博 立命館中学校・高等学校 武田菜々子 立命館中学校・高等学校 笠巻奈月	
リモートによる古民家再生と e ラーニング教材の開発.....	93
人間文化研究機構総合地球環境学研究所 松本多恵	
大学が実施する高校生対象のプログラミングを題材にした教育プログラム.....	97
電気通信大学 教育研究技師部 笹倉理子	

◎U-18 発表論文 (3 月 20 日)

OSS ライセンス違反防止のための npm パッケージ開発 - ALL YOU NEED TO DO IS WRITTEN HERE -	104
兵庫県立小野高等学校 小林麟太郎	
R 言語におけるデータセットのカテゴリ化	106
兵庫県立小野高等学校 長田悠生	
機械学習による楽器の音の識別.....	108
東京学芸大学附属高等学校 青野心平・高塚早瀬・西山弘毅	
四次元物体の表体積効率.....	110
東京学芸大学附属高等学校 石丸徳	
オンライン授業を印象に残す方法 - 「誤例」を用いた教え方は理にかなっているのか -	112
栃木県立栃木高等学校 長島大起	
オンラインでつなぐ国際協働研究の実現 - マレーシアの高校生とジェンダー問題解決に向けて -	114
栃木県立佐野高等学校 山崎彩加・飯塚莉子・岸愛梨	
家紋から『美しさ』を客観化する.....	116
東京学芸大学附属高等学校 松尾朋香	
コミヤマスマイレの謎を追う - スマイレ属全体の分類の見直しへ -	118
兵庫県立小野高等学校 山口夏巳・池邊智也・西村悠生	

◎U-18 発表論文 (3 月 21 日)

Arduino を用いた自作機器による反発係数の精密測定	120
長崎県立大村高等学校 永尾知晴・本村かんな	
Arduino を用いたばね振り子の周期の精密測定	122
長崎県立大村高等学校 粒崎光大・松山達紀	
二酸化炭素センサーを用いた換気システム.....	124
静岡県西遠女子学園高等学校 河西こころ	
食品ロスを軽減するためのマッチングサービス - SQL を用いた商品管理データベースの構築 -	126
東京工業大学附属科学技術高等学校 大塚淳平	

自分実験 - 書きに困難がある小学生が iPad で学習したらどうなるのか -	128
東広島市立川上小学校 出口優人	
火災時における最適な避難経路 -	130
島根県立益田高等学校 伏谷健太郎・小川晃輝・佐々田遼斗	
遅れが発生しにくい路線バス運行経路の検討	132
長崎県立長崎南高等学校 江頭翔・福田紬杏・小川碧・島内結和	
ディープラーニングの精度とデータ量の関係 -	134
徳島県立脇町高等学校 土井将太・益田拓実・森川智哉	
Watson によるチャットボットの学習方法 - 質問の導入方法 -	136
早稲田大学高等学院中学部 岩村陸・岡田浩毅	
・ CIEC 研究委員会	138

3月20日 プログラム			
開会式 開会挨拶、諸連絡(10:00~10:10)			
鳥居 セ 隆 シ ョ ン 1 女 学 園 大 学 長	U-18セッション1		頁
	■U-18 (10:10~10:25) OSSライセンス違反防止のためのnpmパッケージ開発 - ALL YOU NEED TO DO IS WRITTEN HERE - 兵庫県立小野高等学校 小林 麟太郎		104
	■U-18 (10:25~10:40) R言語におけるデータセットのカテゴリ化 兵庫県立小野高等学校 長田 悠生		106
	■U-18 (10:40~10:55) 機械学習による楽器の音の識別 東京学芸大学附属高等学校 青野 心平, 高塚 早瀬, 西山 弘毅		108
	■U-18 (10:55~11:10) 四次元物体の表体積効率 東京学芸大学附属高等学校 石丸 徳		110
休憩 (11 : 10~11 : 20)			
森 セ 夏 節 シ ョ ン 2 座 学 園 大 学 長	■U-18 (11:20~11:35) オンライン授業を印象に残す方法 - 「誤例」を用いた教え方は理にかなっているのか - 栃木県立栃木高等学校 長島 大起		112
	■U-18 (11:35~11:50) オンラインでつなぐ国際協働研究の実現 - マレーシアの高校生とジェンダー問題解決に向けて - 栃木県立佐野高等学校 山崎 彩加, 飯塚 莉子, 岸 愛梨		114
	■U-18 (11:50~12:05) 家紋から『美しさ』を客観化する 東京学芸大学附属高等学校 松尾 朋香		116
	■U-18 (12:05~12:20) コミヤマスマレの謎を追う - スマレ属全体の分類の見直しへ - 兵庫県立小野高等学校 山口 夏巳, 池邊 智也, 西村 悠生		118
昼休み (12 : 20~13 : 20)			
小 野 田 セ ツ シ ョ ン 3 座 学 園 大 学 長	一般セッション1 <学習支援・評価>		
	■資料 (13:20~13:40) 高校生のための国際科学フェア開催に向けた汎用的オンラインプラットフォームの構築 株式会社ロングハウススタジオ 家長 大輔 立命館大学 田中 博 立命館中学校・高等学校 武田 菜々子, 笠巻 奈月		86
	■速報論文 (13:40~14:00) 視覚的読書と聴覚的読書の差異 - コンテンツに合った読書方法の探求 - 茨城大学 人文社会科学部 現代社会学科 阿部 加奈, 菅谷 克行		57
	■論文 (14:00~14:20) グラフィックレコーディングを用いた情報整理 - ノートテイキング教育へのGR活用に向けて - 茨城大学 人文社会科学部 現代社会学科 中川 舞柚, 菅谷 克行		17
	■論文 (14:20~14:40) ソーシャルリスニングのフレームワークSGUR (サグール) の提案と実践 文教大学 情報学部 メディア表現学科 白土 由佳		9
	■速報論文 (14:40~15:00) 大学生の基盤能力開発とテキストマイニングによる理解度評価 立命館大学 理工学部 環境都市工学科 笹谷 康之		33
休憩 (15 : 00~15 : 20)			

一般セッション2 <遠隔授業・ICT活用>		
落 合 セ ッ 純 シ ヨ ン 4 座 長 新 潟 経 営 大 学	■速報論文 (15:20~15:40) 遠隔授業での講義動画仕様の違いに対する学びへの影響の調査と改善提案 公立千歳科学技術大学 理工学部 情報システム工学科 山川 広人	74
	■資料 (15:40~16:00) リモートによる古民家再生とeラーニング教材の開発 人間文化研究機構 総合地球環境学研究所 松本 多恵	93
	■速報論文 (16:00~16:20) 「ZOOM+α相談会」が作る新しい学びの場 - 「わかる」・「できる」を共有するオンラインワーク ショップ - 大阪府立渋谷高等学校 山岡 正和 大阪大学サイバーメディアセンター 大前 智美, 岩居 弘樹	45
	■速報論文 (16:20~16:40) 実験レポートの分析から探る探究活動における課題とICT活用 - 物理チャレンジ2019を対象として - 東京理科大学 理学研究科 科学教育専攻 尾崎 龍之介, 松岡 広海, 興治 文子	39
	■速報論文 (16:40~17:00) 単振動のシミュレーション教材による学習者のグラフ理解の有用性とその課題 ■東京理科大学 理学研究科 科学教育専攻 松岡 広海, 尾崎 龍之介 ■東京工業大学附属科学技術高等学校 長谷川 大和 ■東京理科大学 理学研究科 科学教育専攻 興治 文子	51

3月21日 プログラム

		U-18セッション2	頁
李 凱 （獨協大 学） 5座長	■U-18 (10:05~10:20)	Arduinoを用いた自作機器による反発係数の精密測定 長崎県立大村高等学校 永尾 知晴, 本村 かな	120
	■U-18 (10:20~10:35)	Arduinoを用いたばね振り子の周期の精密測定 長崎県立大村高等学校 粒崎 光大, 松山 達紀	122
	■U-18 (10:35~10:50)	二酸化炭素センサーを用いた換気システム 静岡県西遠女子学園高等学校 河西 ころこ	124
	■U-18 (10:50~11:05)	食品ロスを軽減するためのマッチングサービス - SQLを用いた商品管理データベースの構築 - 東京工業大学附属科学技術高等学校 大塚 惇平	126
休憩 (11 : 05 ~ 11 : 15)			
立 田 （獨協大 学） 6座長	■U-18 (11:15~11:30)	自分実験 - 書きに困難がある小学生が iPadで学習したらどうなるのか - 東広島市立川上小学校 出口 優人	128
	■U-18 (11:30~11:45)	火災時における最適な避難経路 島根県立益田高等学校 伏谷 健太郎, 小川 晃輝, 佐々田 遼斗	130
	■U-18 (11:45~12:00)	遅れが発生しにくい路線バス運行経路の検討 長崎県立長崎南高等学校 江頭 翔, 福田 紬杏, 小川 碧, 島内 結和	132
	■U-18 (12:00~12:15)	ディープラーニングの精度とデータ量の関係 徳島県立脇町高等学校 土井 将太, 益田 拓実, 森川 智哉	134
	■U-18 (12:15~12:30)	Watson によるチャットボットの学習方法 - 質問の導入方法 - 早稲田大学高等学院中学部 岩村 陸, 岡田 浩毅	136
昼休み (12 : 30 ~ 13 : 30)			
		一般セッション3 <カリキュラム>	
鈴 木 大 助 （北陸大 学） 7座長	■速報論文 (13:30~13:50)	高等学校における情報科教育の実施状況 - 日本大学文理学部入学生の事例 - 日本大学 文理学部 田中 絵里子, 大川内 隆朗, 小林 貴之	63
	■速報論文 (13:50~14:10)	初等教育のコンピュータサイエンス教育プログラムの動向調査 - シンガポール・エストニア・イタ リアに着目して - 東北大学大学院 情報科学研究科 人間社会情報科学専攻 小田 理代 桐蔭学園高等学校 登本 洋子 東北大学大学院 情報科学研究科 堀田 龍也	68
	■論文 (14:10~14:30)	初等中等教育における「人工知能に関する教育」の分類 - 教育の目的・方法を踏まえて - 東京福祉大学 教育学部 教育学科 中園 長新	25
	■資料 (14:30~14:50)	大学が実施する高校生対象のプログラミングを題材にした教育プログラム 電気通信大学 教育研究技師部 笹倉 理子	97
	■資料 (14:50~15:10)	3Dプリンタ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 山形大学 学術研究院 臼井 昭子 桐蔭学園高等学校 登本 洋子 山形大学 大学院 理工学研究科 渡邊 洋輔, 古川 英光	80
	閉会式 表彰、閉会挨拶 (15:10~15:30)		

講演論文

(査読付き)

ソーシャルリスニングのフレームワーク SGUR（サグール）の 提案と実践

A Social Listening Framework “SGUR” and Practices

白土 由佳*1

Email: yuka@bunkyo.ac.jp

*1: 文教大学 情報学部 メディア表現学科

抄録

本稿では、ソーシャルリスニングの実践プロセスに関するフレームワーク“SGUR（サグール）”を提案し、“SGUR”を活用した実践プロセスを検討する。ソーシャルリスニングとは、ソーシャルメディア上の会話を分析・活用することであり、ソーシャルメディア利用を前提とした現代社会に生きる人々の理解に欠かすことができないアプローチである。提案する“SGUR”は、取得データの決定(Set)、データ取得(Get)、データを分析し理解する(Understand)、以上を繰り返す(Repeat)の4段階から成る。繰り返し(Repeat)をフレームワークに組み込むことで、探索的にデータ分析に取り組み、データの解釈に取り組み姿勢を育む。本稿では、5つの実践例を通じ、“SGUR”の一部を改善するとともに、実践においてデータ分析手法をいつ学ぶべきか、という課題を明らかにした。

◎Key Words ソーシャルリスニング, ソーシャルメディア, 探索的データ分析

1. はじめに

ソーシャルメディアの浸透によって、ソーシャルメディアを通じたコミュニケーションの蓄積を活用することにも注目が集まっている。このように、ソーシャルメディアのデータを様々な活用することをソーシャルリスニングと呼ぶ。ソーシャルリスニングは、ソーシャルメディア利用を前提とした現代社会に生きる人々の理解に欠かすことができないアプローチである。人々が自由に発信するソーシャルメディア上の投稿をデータとして捉えることは、情報社会における問題発見のための手段の一つと言えるだろう。

このような情報社会における問題発見のアプローチは、文部科学省によって提言された学士力にも関連する。学士課程教育の分野横断的な共通指針である学士力のうち、汎用的技能の「情報リテラシー」は、ICTを用いて、多様な情報を収集・分析して適正に判断・活用する技能を培うことを目指す。ソーシャルメディア上に発信される多様な情報を収集・分析するソーシャルリスニングは、まさに情報リテラシーの一つの方向性だと考えられる。

このように、今日の社会において欠かすことのできない情報リテラシーの深化の一つの方向性であるソーシャルリスニングだが、実践しようとする、そのプロセス全体の理解に困難を感じるものが少なくない。なぜなら、いくつかの段階から構成されるソーシャルリスニングは、それぞれで求められるスキルが異なるだけでなく、何度も行きつ戻りつしながら取り組むことが求められるため、プロセス全体が入り組んで感じられてしまうのである。例えば、データ取得についてはWeb API (Application Programming Interface) の知識やプログラミングスキルが求められ、データ分析ではテキストマイニングやデータマイニングスキルが求められる。さらに、ソーシャルメディアデータ特有のデー

タクレンジングを行い、分析を繰り返し、時にはデータ取得から取り組み直すこともある。このようなプロセスが求められるのは、ソーシャルメディアという人々が勝手気ままに発信するメディアのデータを分析対象とする宿命である。

本稿では、特に取り組みの繰り返しに重きを置いたソーシャルリスニングの実践プロセスに関するフレームワークを提案する。筆者、および筆者の所属する情報学部における実践例を紹介し、実用性と学びの効果を検討する。本研究を通じて、ソーシャルリスニングの方法論発展の一助を目指す。

2. ソーシャルリスニングの意義と課題

ソーシャルリスニングとは、ソーシャルメディア上の会話に対するリスニングを指す。リスニングとは、「誘導の有無にかかわらず、自然に発生した人々の会話・行動・シグナルを研究し、人々の生活に基づいた意見^①」を読み取ることである。

ソーシャルリスニングは、工学、社会心理学、社会学、マーケティングといった分野を中心に発展してきた。工学の分野においては、情報拡散のモデル化^②やトピック抽出手法の研究^③など、モデル化やそれを通じた提案が数多く行われてきた。社会心理学の分野では、震災時における情報伝播と感情^④のように、ソーシャルメディアを通じた人々の行動と心理状況などが扱われてきた。社会学の分野では、ソーシャルメディアを活用したマスメディア報道の検討^⑤や身体意識と社会の関わりについての検討など、社会の理解を目指して研究が蓄積されてきた。マーケティングにおいては、ニーズの発見^⑥やインバウンド調査など、より実用的な取り組みが際立つ。

ソーシャルリスニングのメリットは、調査の柔軟性、事後の調査が可能である点、仮説探索的分析を可能と

する点にある。日単位・週単位で調査を行うことが可能であり、調査の結果に応じて、方向性を柔軟に軌道修正することができる¹⁾。加えて、ソーシャルメディアによって発信される情報は蓄積され続けるため、過去に遡ってデータを収集・分析でき、調査内容の追加ややり直しといった事後の調査が可能である。さらに、人々が自由に行う会話をデータとするため、調査者の想像の圏外にある回答を得られ、調査者の想定を超えて探索的に分析を進めることができる。すなわち、調査項目を被験者に委ねる社会調査あるいは市場調査としての役割も期待できる。

一方で、デメリットとして、データのノイズと信頼性が挙げられる。フィルタのかかっている人々の生の会話を分析する機会が得られるが、そのようなデータには多くのノイズも含まれている。また、データの信頼性は投稿内容によって異なる可能性も示唆されている²⁾。このようなデメリットに対しては、後述するデータクレンジングで対応する必要がある。

3. 提案するフレームワーク

3.1 全体像の説明

本稿で提案するソーシャルリスニングの実践プロセスフレームワークを、プロセスの頭文字をとってSGUR (サグール)と呼ぶ。SGURは、取得データの決定(Set)、データ取得(Get)、データを分析し理解する(Understand)、以上を繰り返す(Repeat)の4段階から成る(図1)。

データを決定し、取得、分析・解釈するというプロセスはデータ分析全般にあてはまる。SGURは、ソーシャルメディアという多様で雑多なデータを対象に探索的にリスニングを進める際、欠かすことのできない繰り返し(Repeat)を組み込んだ点が重要なポイントとなる。

ソーシャルリスニング実践プロセスフレームワーク“SGUR”

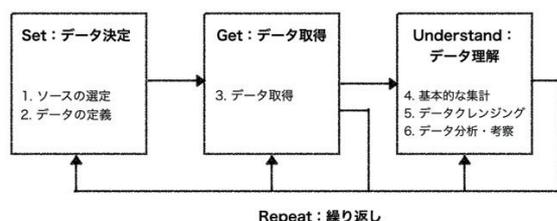


図1 提案するフレームワーク

3.2 第1段階: Set

ソーシャルリスニングの第1段階は、取得データの決定(Set)である。テーマに応じてどのようなデータが必要か1. 情報ソースの選定を行い、具体的に情報ソースのどの部分を取得するか2. データを定義する。

1. 情報ソースの選定の際は、論点性・集中度・現在性・権威性を考慮する必要がある³⁾。単に流行しているからという理由でソーシャルメディアのサービスを選んではいならない。論点性とはテーマに関連する情報が十分含まれているか、集中度とはテーマに関連する情報の密度が高いか、現在性とは情報がタイムリーか、

権威性とは情報が信頼できるかである⁴⁾。以上の4点に基づき、複数のサービスを比較検討し、情報ソースを選定する。

情報ソースを選定した後、2. データを定義する。ここでは、情報ソースのどの部分を取得するかを決める。グルメのクチコミデータを例に考えると、レビューのテキスト、評価の星の数、利用時間帯など、どの部分を取得したいかを目的に応じて決定する。

3.3 第2段階: Get

ソーシャルリスニングの第2段階は、データの取得(Get)である。第1段階で決定した内容の実行である。ソーシャルリスニングにおけるデータ取得には、下記のように様々な方法がある。

最もプリミティブには、手動でデータを取得することができる。しかし、ソーシャルリスニングを行う多くの場合、大量のデータを対象に分析を行う必要があるため、最初段階に試行として行う以外にはあまり推奨できない方法である。

続いてWeb APIの利用という方法がある。Web APIとはウェブサービスをプログラミングから操作するための方法で、例えばTwitterではデベロッパー申請を通じてAPIを使用することが可能となる。

さらに、ウェブスクレイピングという方法もある。スクレイピングとはウェブページから必要な情報を抜き出す作業を意味しており、プログラミングを通じてスクレイピングを行うことで、データ取得を自動化することが可能となる。ただし、公式に提供されているWeb APIとは異なり、サービスのサーバに負荷をかけない配慮が求められる。

最後に、提供を受けるという方法がある。例えばYahoo!知恵袋や楽天市場のレビュー、ニコニコ動画のコメントなどは、国立情報学研究所を通じて研究者が利用することが可能である。

以上のように、データの取得には様々な方法がある。第1段階で検討した内容に基づき、適切な方法を選んでいく必要がある。

3.4 第3段階: Understand

ソーシャルリスニングの第3段階は、データの理解(Understand)である。具体的には第2段階で取得したデータの分析を行うが、従来型のアンケート調査と比較すると、分析の前に基本的な集計とデータクレンジングというプロセスが必要となる。

基本的な集計では、データの件数やカテゴリごとの集計、テキストデータであれば頻出語などを確認する。Twitterの投稿を例に挙げると、収集した投稿の件数、いいね/リツイート数の分布、1投稿あたりの文字数の分布、投稿が行われた日時の集計、投稿の頻出語などを確かめる。これらを通じて、分析の目的を達成するためのデータが取得できているかを確認するとともに、取得したデータの特性を把握する。

続いてデータクレンジングを行う。ソーシャルリスニングにおいてデータクレンジングとは、無関係なデータを除外することを指す。例えば、Twitterで一般の

人々の素朴な意見を抽出したい際に含まれる広告の投稿を除外することなどである。データクレンジングは、目的に応じて基準と根拠を明示して行なっていく。

その後、データ分析と考察に取り組む。ソーシャルリスニングは仮説探索的なアプローチであることから、データの特性や分析の目的に応じて探索的データ分析の手法を活用する。例えば、グルメのクチコミデータについて評価によって内容を比較したい場合は、利用金額や評価の星の数でクラスタリングを行い、クラスターごとにクチコミのテキストマイニングを実施する。分析と考察はプロセスとして分けて説明されることも少なくないが、SGURは後述する繰り返し(Repeat)を重視しており、考察という「分析が終わりのような印象を受ける段階」を取って独立させないことで、どの段階からどの段階へも繰り返し戻りやすいよう、極力プロセスの少ないフレームワークとして提案している。

3.5 第4段階: Repeat

ソーシャルリスニングの第4段階は、繰り返し(Repeat)である。繰り返しは、図1に示す通り、どの段階からの繰り返しもあり、また、繰り返しの回数に上限はない。

実際にソーシャルリスニングに取り組むと、最初の試行で目的に敵う分析結果までたどり着けるということはほぼない。仮説探索的に進めていき、第3段階(Understand)の分析まで終えてみて、ようやく第1段階(Set)の再検討ができる、ということが起こり得るためだ。そのため、ソーシャルリスニングでは、常に各プロセスを繰り返しながら進めること自体がフレームワークに組み込まれている必要がある。一見後退かのように感じられるこの繰り返し(Repeat)こそが、多種多様なソーシャルメディアのデータに対峙する際に求められる態度である。

4. フレームワーク SGUR の実践例

以降では、SGURを活用してソーシャルリスニングに取り組んだ5つの実践例について、成果とプロセスの両側面を示す。本章を通じて、SGUR実践のプロセスを詳細に説明し、具体的な取り組みの様子を伝えたい。さらに、4.6節にて繰り返し(Repeat)に基づくプロセスの類型化を試みる。

1つ目は筆者自身の実践であり、2つ目から5つ目は筆者の指導するゼミナールに所属する3年生によるグループワークの実践である。ゼミナール生の実践における学びの観点では、ソーシャルリスニングを通じて、学士力における情報リテラシーの向上、所属学部のディプロマポリシーの達成水準「情報化社会について問題を発見し、解決できるレベル」における問題発見の力を養うことを目指した。

4.1 当事者のブログに見る不妊治療を内包する生活の特徴

今日、不妊治療に対する支援は広がりを見せる一方で、個人のキャリア継続という観点においては治療による就業継続が阻まれることも少なくなく⁽⁸⁾、支援のあ

り方には議論の余地がある。日常生活とともにある不妊治療の多様な実態を、当事者のリアリティという観点から明らかにするため、当事者によって記されるブログを対象に分析を行った⁽⁹⁾。

データの決定 (Set)

ソースの選定として、不妊治療をテーマに書かれたブログ、TwitterおよびInstagramで不妊治療に関連したハッシュタグがつけられた投稿を比較し、日常生活について詳しく記述されているブログを選んだ。データの定義では、ブログの記事内容を類型化し詳細を検討するために、記事タイトル、記事に付与されたハッシュタグ、本文テキストを取得することとした。ハッシュタグとは記事内容のトピックを表し、ユーザが自由に付与することができるカテゴリのようなもので、例えば「#妊活お休み」のように使用される。

データの取得 (Get)

選定したブログをスクレイピングし、記事タイトル、記事に付与されたハッシュタグ、本文テキストを取得した。取得したデータは、不妊治療をテーマに書かれた997ブログに含まれる総計263,540件の記事(ベビ待ち¹・不妊治療・妊活ジャンル総合ランキング | Ameba公式ジャンル, 2019年3月2日時点)である。

データの理解 (Understand) 1回目

1回目のデータ分析の試行として、記事の本文テキストを形態素解析し類型化することを試みたが、分析対象データの特性として、記事に毎回定型文²が挿入されることが少なくなく、記事のメインコンテンツよりも挨拶としての役割が強い定型文が強く影響してしまうことがわかった。

データの理解 (Understand) 2回目

1回目の試行結果を参考に、定型文のみを本文テキストから除外するデータクレンジングに取り組んだ。しかし、例えば「不妊治療歴〇年、人工授精〇回、体外受精〇回…」のように定型文は記事ごとに回数等が一部変化している場合が多く、単純なパターンマッチングでは対応できないことがわかった。

データの理解 (Understand) 3回目

そこで、定型文の除外は次の研究課題とし、まずは分析対象データを大まかに理解すること、すなわちどのようなトピックがあり、そこでどのような日常のリアリティが記されているかを大局的に把握することを新たな目的に定めた。

新たな目的達成のため、まず、データクレンジングを行った。ハッシュタグが付与されていない記事は分析対象外とし、ハッシュタグが最低1つ以上付与されている123,918件の記事を分析対象とした。分析対象の記事に登場したハッシュタグは110,167種類と膨大で、その内容を見ていくと、「#基礎体温」「#卵巣チェック」のように広く認知されるキーワードを用いることで他ユーザとの交流や情報発信に活用する例もあれば、ニックネーム等を組み込んだ独自のハッシュタグを使用するという例もあった。

¹ 妊娠を待っている状態の通俗的表現。

² 記事冒頭に自己紹介として治療歴等を記載するなど。

続いてハッシュタグに基づき記事の類型化を行った。出現頻度の高いハッシュタグを対象に、クラスタリング手法は非階層クラスタリング手法の k-means 法を用いた。その結果、記事のトピックは、不妊治療というテーマそのものの表明、具体的な治療プロセスに関する内容、治療と生活に関する内容、ブログ上での交流に関する内容として大別されることが明らかとなった。

さらに、各クラスターに分類された記事の内容を分析するため、KH Coder³を用いて本文テキストの共起ネットワーク分析を行った。図 2 は、「#タイミング法」「#妊活ブログ」「#高温期」「#ベビ待ち」といった、一般的に不妊治療の前段階と捉えられることの多いハッシュタグで構成されるクラスターの記事本文の分析例である。

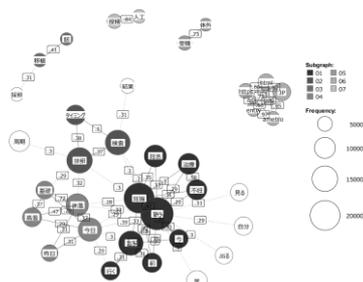


図 2 ブログ記事本文の共起ネットワーク例

繰り返し (Repeat)

本研究は、図 3 のようなプロセスでソーシャルリスニングを行った。データの決定 (Set) およびデータの取得 (Get) を経て、データの理解 (Understand) では 3 回の繰り返し (Repeat) を行った。1 回目は本文テキストを用いた類型化であり、これを通じて記事の定型文に対するデータクレンジングという課題が浮き彫りになった。2 回目の繰り返しとして定型文のデータクレンジングに取り組んだが、これに関しては次の研究課題として切り分け、まずは大局的な視点で全体像を捉えるという新たな目的を設定した。この新たな目的に向かって、3 回目の繰り返しとしてハッシュタグの類型化と解釈に取り組んだ。

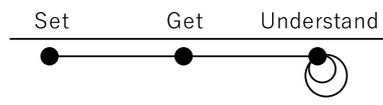


図 3 「当事者のブログに見る不妊治療を内包する生活の特徴」のソーシャルリスニングプロセス

4.2 「#あな番考察」に見る視聴率と Twitter の盛り上げりの関係

Twitter では、テレビ番組を試聴しながら投稿を行う行為が一般化している。さらに、テレビ番組名で Twitter 検索を行い、視聴者の反応等を見て楽しむという行為も散見される。このような情報行動を前提として、SNS 上における盛り上がり検出の研究や、Twitter でもサービス上にトレンドと呼ばれる機能が実装されている。

³ KH Coder: 計量テキスト分析・テキストマイニングのためのフリーソフトウェア : <https://khcoder.net/>

本研究では、視聴率と Twitter への投稿内容の関係を明らかにする。

データの決定 (Set)

研究テーマの特性上、ソースの選定として Twitter を選ぶことは決めていた。さらに、具体的にどのような番組を分析するかを検討し、2019 年に広く話題となった日本テレビ系ミステリードラマ『あなたの番です』の考察に関するハッシュタグ「#あな番考察」を含む投稿を対象とした。

データの定義では、投稿日時、本文テキスト、リツイート、いいねの取得を決めた。

データの取得 (Get)

本研究では、Twitter で提供されている API を利用しデータを取得した。取得したデータは、ドラマが放送された 2019 年 4 月 14 日から 9 月 15 日までに「#あな番考察」を含んで投稿された 9,929 件である。

データの理解 (Understand) 1 回目

基本的な集計として、各話が放送された週の Twitter への投稿数をグラフ化した。グラフに基づき、図 4 のようにドラマ放映中の期間のうち 4 つの特徴的なフェーズを抽出し、それぞれの時期の分析を行った。視聴率は、投稿数の少ない第 2 フェーズまでは 6~8% を推移しており、第 3 フェーズからは概ね投稿数と同じ推移を描く。

まず、各フェーズの違いを明らかにするため、対応分析を行った。その後、各フェーズの特徴を深掘りするために共起ネットワークとして可視化した。すると、データクレンジングの必要性が出てきたため、再度分析をし直すことにした。

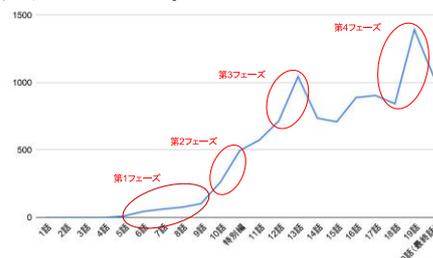


図 4 Twitter 投稿数に基づく『あなたの番です』放映期間のフェーズ抽出

データの理解 (Understand) 2 回目

データクレンジングとして、不要語の削除、および辞書登録を行った。辞書登録は、ドラマに登場するタレント名および役名、その他「オランウータンタイム」等のドラマ内でのみ使用される特徴語である。これらのデータクレンジングの後、再度対応分析と共起ネットワーク分析を行った。その結果、じわじわと盛り上がり始める第 1 フェーズでは予想に関する投稿が大部分を占め、第 2 フェーズではタレント・役名への言及へと関心が推移し、第 3 フェーズでは犯人を見つけるためのヒントや伏線に関する話題が増えるもののその解釈は多様な状態、第 4 フェーズでは犯人は誰か、という直接的な予想が占める、という差異が見て取れた。

繰り返し (Repeat)

本研究は、図 5 のようなプロセスでソーシャルリス

ニングを行った。データの決定 (Set), データの取得 (Get), データの理解 (Understand) 1 回目を経て, データクレンジングの必要性が明らかとなり, データの理解 (Understand) 2 回目に取り組んだ。投稿される内容を把握して初めて辞書登録等が可能となるため, データの理解 (Understand) 2 回目は確実に必要なプロセスだと言える。

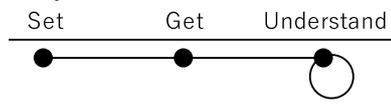


図5 「#あな番考察」に見る視聴率と Twitter の盛り上がりとの関係のソーシャルリスニングプロセス

4.3 コロナ禍における「#自粛警察」の実態

2020年1月に初めて報告された新型コロナウイルスは, 国内では2月にダイヤモンドプリンセス号での集団感染を確認, さらに同月13日には日本人初の死亡者が確認された。政府によるイベント開催の自粛要請や緊急事態宣言といった社会状況を経て, 自粛をしない市民や店舗を取り締まる「#自粛警察」なる行為が散見され, 同時に「#自粛警察」に対する批判の議論も展開されるようになった。本研究では「#自粛警察」の実態を明らかにするべく探索的分析に取り組んだ。

データの決定 (Set)

ソースの選定として, 「#自粛警察」がトレンド上位に入り話題となった Twitter のデータを選んだ。データの定義では, 投稿日時, 本文テキスト, リツイート, いいねの取得を決めた。

データの取得 (Get) 1 回目

本研究では, Twitter で提供されている API を利用しデータを取得した。以降繰り返したデータの取得 (Get) においても同様である。取得したデータは, 4月7日から5月6日までの間に「#自粛警察」を含んで Twitter に投稿された 6,651 件である。まずはどのような投稿があるかの概観を理解するため, 緊急事態宣言下で「#自粛警察」が話題となった時期にデータを取得した。

データの理解 (Understand) 1 回目

基本的な集計として, 頻出語を抽出した。「正義」「マスク」「他県 - ナンバー」等, ニュースでも取り上げられていた内容が計量的に示された。しかしこれらは自明性の高い内容であり意外性に乏しいことから, 類似ハッシュタグとの比較という目的を設定し直した。

データの決定 (Set) 2 回目

データの理解 (Understand) 1 回目を受けて, 「#自粛警察」の類似ハッシュタグである「#外出自粛」「#マスク警察」「#自粛不要」「#自粛厨⁴」を含む Twitter の投稿を選んだ。

データの取得 (Get) 2 回目

「#外出自粛」「#マスク警察」「#自粛不要」「#自粛厨」を含む投稿を取得した。

データの理解 (Understand) 2 回目

それぞれのハッシュタグで頻出語を抽出し比較を行ったが, 新たに取得したデータは「#自粛警察」のサブカテゴリ的な位置づけであることが明らかとなったことから, この方向性での比較は取りやめ, 別の比較軸を設定することにした。

新たな研究の目的をコロナ禍の推移に伴う「#自粛警察」の変容を明らかにすることとし, 時期を区切って分析することにした。

データの決定 (Set) 3 回目

ソースの選定として, 4月7日から9月30日までの期間に「#自粛警察」を含んで投稿された Twitter のデータを選んだ。

データの取得 (Get) 3 回目

取得したデータは, 4月7日から9月30日までの期間に「#自粛警察」を含んで Twitter へ投稿された 19,656 件である。分析対象とした時期は, 下記の通りである。

- ・ 第1期: 4月7日から5月5日 (6,651 件)
- ・ 第2期: 5月6日から5月24日 (8,005 件)
- ・ 第3期: 5月25日から7月31日 (3,126 件)
- ・ 第4期: 8月1日から9月30日まで (1,874 件)

4月7日は1都1府7県に緊急事態宣言, 5月6日は当初の緊急事態宣言解除予定日, 5月25日に全ての都道府県で緊急事態宣言解除, 8月1日に経済活動再開の移行期間終了という社会事象に基づき時期を区切った。

データの理解 (Understand) 3 回目

「#自粛警察」の変容を明らかにするため, まず頻出語を抽出し, それに基づきデータクレンジングを行った。不要語として地名・人名・組織名を除外し, 「自粛 - 警察」「コロナ - ウイルス」「クラ - スター」など, 形態素解析で分解されてしまう語を強制抽出語として登録した。

続いて, 4期それぞれで共起ネットワークによる分析を行った。ここで, 全ての時期を照らし合わせ, 共通性の高いテーマで3つの切り口(「#自粛警察」の行動それ自体に対する意見等, 政治的側面, 社会の被害などの出来事)を定めて比較を行った。時期が推移するに従って社会での大きな出来事は減少し, 「#自粛警察」という言葉自体に対する意見が中心となっていく, 社会における「#自粛警察」の位置付けの変容が見て取れた。

繰り返し (Repeat)

本研究は, 図6のようなプロセスでソーシャルリスニングを行った。データの決定 (Set), データの取得 (Get), データの理解 (Understand) を3回繰り返した (Repeat)。「#自粛警察」の実態を明らかにするという探索的分析で始まったため, 分析の軸を定めるために繰り返しを行った形となる。

4.4 アフターコロナにおけるディズニーリゾートの受容

新型コロナウイルスの影響を受け, 東京ディズニーリゾートは2020年2月29日から6月30日までを臨時

⁴ 自粛警察同様に, 自粛をしない市民や店舗を取り締まる行為をする人々の通俗的表現。

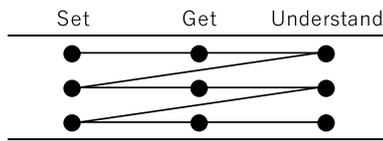


図6 「コロナ禍における「#自粛警察」の実態」のソーシャルリスニングプロセス

休園とした。開園以来、初めての長期休園ということもあり、大きな減収が目された。感染対策を行なった形で再開された東京ディズニーリゾートに対して人々はどのような期待を抱いているのかを明らかにするため、分析に取り組んだ。

データの決定 (Set) 1回目

ソースの選定として、Twitter や Instagram の「#ディズニーコロナ対策」「#ディズニー再開」といったハッシュタグを含む投稿を比較した。Instagram は投稿件数が多いものの、単に再開を喜ぶのみなど内容の分析が難しいと判断し、Twitter のデータを選んだ。

データの定義では、投稿日時、本文テキスト、リツイート、いいねの取得を決めた。

データの取得 (Get) 1回目

Twitter で提供されている API を利用しデータを取得した。取得したデータは、7月1日以降に「#ディズニーコロナ対策」および「#ディズニー再開」のハッシュタグを含んだ Twitter への投稿である。まずはどのような投稿がなされているかの概観を理解するため、休園を経て再開した後のデータを取得した。

データの理解 (Understand) 1回目

基本的な集計として、頻出語を抽出した。「ディズニー」「コロナ」「対策」「ディスタンス」等、ディズニーリゾートでの対策内容をなぞる内容が多く、それに対する人々の期待などはあまり見受けられなかった。そこで、データの決定 (Set) から繰り返し (Repeat) を行った。

データの決定 (Set) 2回目

再度、ソースを選定するにあたり、ディズニーリゾートに行った人だけではなく、行きたいと考えている人や行けなくても関心のある人にも対象を広げた。そのような人たちも含め、コロナ禍におけるディズニーリゾートへの関心や期待を明らかにすることを新たな目的とした。

この目的達成のため、ディズニーリゾートに関する情報を発信する人気 YouTuber「AINYANTUBE / あいにゃん」の動画コメント欄をソースに選定した。データの定義では、コメント本文テキスト、グッド数、返信数の取得を決めた。また、時期によってディズニーリゾートにおける運営の変化があったことから、7月と9月の時期を比較することにした。

データの取得 (Get) 2回目

YouTube で提供されている API を利用しデータを取得した。取得したデータは、YouTuber「AINYANTUBE / あいにゃん」の動画のうち、7月に撮影された3本、および9月に撮影された2本の計5本である。コメント数は下記の通りである (2020年9月28日時点)。

- ・ 7月5日投稿動画：1,800件
- ・ 7月8日投稿動画：1,787件
- ・ 7月18日投稿動画：1,160件
- ・ 9月19日投稿動画：864件
- ・ 9月24日投稿動画：527件

データの理解 (Understand) 2回目

動画ごとに語の共起ネットワークを作成し、コメント内容の推移を分析した。7月の動画では、コロナ対策を通じた新たな楽しみ方よりも、ディズニーリゾートが再開したことに対する感謝や嬉しさを表す内容が多かった。一方9月の動画では、新しいエリアや新しい運営方法に期待する意見や、抽選の倍率を不安視する内容が見て取れた。現段階では分析はここまでだが、今後は不要語のデータクレンジングを予定している。

繰り返し (Repeat)

本研究は、図7のようなプロセスでソーシャルリスニングを行った。データの決定 (Set)、データの取得 (Get)、データの理解 (Understand) までを行った後、人々の行動がどのようにソーシャルメディアに反映されるかを考え直し、全てのプロセスを再度やりなおした。1回目のデータの理解 (Understand) に取り組んだからこそ、データの決定 (Set) の修正が必要である点に気づけた実践例である。

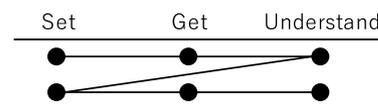


図7 「アフターコロナにおけるディズニーリゾートの受容」のソーシャルリスニングプロセス

4.5 新型コロナウイルスの影響による PC・PC 周辺機器需要と在宅勤務の実態

コロナ禍への対応として、緊急事態宣言前から多くの企業で在宅勤務を導入する流れが生まれた。加えて、2020年6月時点では約9割の大学がオンライン授業を導入した。このように急速な在宅対応が求められた影響で、PCの供給が追いつかないという状況も生まれた。今後も在宅勤務やオンライン授業をはじめとする在宅での対応は継続が求められる見込みである。そこで、本研究では、PCやPC周辺機器の需要、および在宅勤務の実態を明らかにする。

データの決定 (Set) 1回目

ソースの選定として、Twitter と価格.com を比較見当した。価格.com は商品自体の機能に関するレビューが中心のため、人々の状況も併せて投稿される Twitter のデータを分析対象として選んだ。また、まずはPCの需要および供給状況を明らかにするため、「PC 買えない」「PC 売り上げ」というキーワードを含む投稿を取得することとした。

データの定義では、投稿日時、本文テキスト、リツイート、いいねの取得を決めた。

データの取得 (Get) 1回目

本研究では、Twitter で提供されている API を利用しデータを取得した。以降繰り返したデータの取得 (Get) においても同様である。取得したデータは、3月1日か

ら6月1日までの間に投稿された、「PC 買えない」「PC 売り上げ」というキーワードを含むツイートである。

データの理解 (Understand) 1 回目

基本的な集計として、頻出語を抽出した。「PC 買えない」を含む投稿については、「在庫」「入荷」等の供給状況に加え、「ゲーミング」といったスペックに言及する単語が見て取れた。「PC 売り上げ」を含む投稿については、「ランキング」や「コロナ」「仕事」「テレワーク」「会社」と、コロナ禍特有の単語が並んだ。

頻出語の単純集計を通じて、コロナ禍特有のPC需要の様子が見て取れた。続いて、それらが具体的にどのようなように使用されているのかを明らかにするため、データの決定 (Set) から繰り返し (Repeat) を行った。

データの決定 (Set) 2 回目

コロナ禍において PC がどのように使用されているのかを明らかにするため、「在宅勤務」を含む投稿について、4月1日から2日、8月3日から5日の2つの時期のデータを分析対象として選んだ。

データの取得 (Get) 2 回目

取得したデータ件数は下記の通りである。

- ・ 4月1日から2日：13,993 件
- ・ 8月3日から5日：10,001 件

データの理解 (Understand) 2 回目

キーワードごとに頻出語の抽出、および語の共起ネットワークを作成し、4月と8月の状況の比較を行った。

また、データクレンジングとして、「PC 売り上げ」「ノート PC」「在宅勤務」といったテーマに特有の強制抽出語の設定や、不要語の登録を行った。今後、在宅勤務の変容について PC 利用という観点から考察を深める。

繰り返し (Repeat)

本研究は、図 8 のようなプロセスでソーシャルリスニングを行った。データの決定 (Set)、データの取得 (Get)、データの理解 (Understand) までを行った後、再度データの決定 (Set) からデータの理解 (Understand) までを繰り返した。1 回目のデータの理解 (Understand) を通じて、目的達成のために取得すべきデータに気づくことができた実践例である。

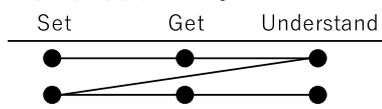


図 8 「新型コロナウイルスの影響による PC・PC 周辺機器需要と在宅勤務の実態」のソーシャルリスニングプロセス

4.6 5 つの事例の整理

これまで SGUR を活用してソーシャルリスニングに取り組んだ 5 つの実践例を紹介した。5 つの実践例について、SGUR のどの段階を何回繰り返したか、および情報ソースの特徴を表 1 に示す。

論点性・集中性の高い情報ソースを扱った例

「当事者のブログに見る不妊治療を内包する生活の特徴」および「#あな番考察」に見る視聴率と Twitter の盛り上がりの関係」では、データの決定 (Set)、データの取得 (Get) とともに 1 回で繰り返しはない。これは、

どちらの分析においても情報ソースの論点性・集中性が高く、初めから研究目的に合致したデータを扱えていたためだと考えられる。

論点性・集中性の低い情報ソースを扱った例

「コロナ禍における「#自粛警察」の実態」「アフターコロナにおけるディズニーリゾートの変容」および「新型コロナウイルスの影響による PC・PC 周辺機器需要と在宅勤務の実態」では、データの決定 (Set)、データの取得 (Get)、データの理解 (Understand) 全てを 2 回ないしは 3 回ずつ繰り返している。「コロナ禍における「#自粛警察」の実態」では、情報ソースとした Twitter への投稿が、社会問題としてその存在が明らかとなった時期を対象としたことから自明性の高い類似した内容ばかりであったため、実態に迫ることが難しかった。「アフターコロナにおけるディズニーリゾートの変容」では、ディズニーリゾートに関する一般の人々の投稿を得るために試行錯誤の繰り返しが必要となった。「新型コロナウイルスの影響による PC・PC 周辺機器需要と在宅勤務の実態」については、目的に合致した検索キーワードを検討するために繰り返しを要した。どの実践例でも、情報ソースの論点性・集中性が低かったためにデータの決定 (Set) からの繰り返し (Repeat) を要した。

表 1 5 事例の繰り返し回数と情報ソースの特徴

情報ソースの特徴	事例	Set	Get	Understand
論点性・集中性が高い	当事者のブログに見る不妊治療を内包する生活の特徴	1	1	3
	「#あな番考察」に見る視聴率と Twitter の盛り上がりの関係	1	1	2
論点性・集中性が低い	コロナ禍における「#自粛警察」の実態	3	3	3
	アフターコロナにおけるディズニーリゾートの受容	2	2	2
	新型コロナウイルスの影響による PC・PC 周辺機器需要と在宅勤務の実態	2	2	2

情報ソースの特徴と SGUR 実践における留意点

情報ソースの特徴から SGUR 実践を捉え直すすと、論点性・集中性が高い場合にはデータの決定 (Set) からの繰り返し (Repeat) は不要な傾向がある。一方で、論点性・集中性が低い場合にはデータの決定 (Set) からの繰り返し (Repeat) が求められる。もともとソーシャルリスニングにおいては情報ソースの論点性・集中性を考慮する必要がある⁽¹⁾ことから、このような繰り返し (Repeat) が求められるのは当然のことである。しかし、情報ソースの論点性・集中性の傾向は一見しただけではわからない。そのため、ソーシャルリスニングの実践においては、データの決定 (Set) を繰り返すことになった際、情報ソースの論点性・集中性という点に特に留意して検討し直すことが求められる。

一方で、データの理解 (Understand) では、どのような情報ソースを扱う場合にも繰り返し (Repeat) が求められるプロセスであることを念頭に置き、辛抱強く取り組む必要がある。

5. 実践による成果

本稿では、ソーシャルリスニングの実践プロセスフ

フレームワーク SGUR を提案し、それを活用した実践例を見てきた。これらの実践例を通じて、実践およびフレームワーク自体という2つの観点から考察する。

5.1 学びの効果と教育上の課題

まず、ゼミナールの学生らの学びの効果について検討したい。学生らは、ソーシャルリスニングを通じて、学士力における情報リテラシーに類する力、すなわちソーシャルメディアという身近なメディアで交わされる多様なコミュニケーションをデータとして捉え分析する力を養った。さらに、SGUR フレームワークを活用することで、ソーシャルメディアのように多様で雑多なデータに対峙する際に複数回の繰り返し (Repeat) をする姿勢を育んだ。このような姿勢は、学生らが所属する学部ディプロマポリシーの達成水準の1つである「情報化社会について問題を発見し、解決できるレベル」の問題発見の部分に寄与すると考えられる。これまで実践例を見てきた通り、ソーシャルリスニングを通じた問題発見は単にデータを集め分析すれば可能となるのではなく、あらゆる段階からの繰り返しを通じて初めて適切な問題発見や問題の深い理解が可能となる。

一方で、実践を通じて、データの理解 (Understand) にて取り組むデータ分析の手法について、いつ・どのように学習するかという課題が浮き彫りになった。今回の実践では、クラスタリングや共起ネットワーク、対応分析を行った。しかし、今回実践しなかったデータ分析の手法はアソシエーション分析やトピックモデルなど数多くあり、これらをどのように実践に組み込んでいくかが大きな課題である。

5.2 フレームワークの改良

5つの実践例を通じて、情報ソースの論点性・集中性が繰り返し (Repeat) の段階に関わってくることが示唆された。最初から論点性・集中性の高い情報ソースを分析対象に設定することは重要である一方、ある程度の傾向を分析して初めて明らかになるという側面もある。そのため、データの決定 (Set) から繰り返し (Repeat) が必要になった場合は、情報ソースの論点性・集中性を十分に再検討する必要がある旨、図9のようにフレームワークに追記した。

また、どの実践でもデータの理解 (Understand) においてデータクレンジングは1回目のデータ分析の後に再度取り組むという形が見て取れた。データマイニングの教科書ではデータクレンジングは分析の前段階の処理として説明されることが一般的だが、本稿で紹介した実践例のように個別のデータ特性が強い分析において、不要語や強制抽出語などのデータクレンジングはボトムアップに行っていくしかない。したがって、図9のように、データクレンジングは初回の分析後に初めて取り組みうるステップであるという形でフレームワークの改善を行った。

6. 今後の展望

今後は、ソーシャルリスニングそれ自体の応用可能

改善版ソーシャルリスニング実践プロセスフレームワーク“SGUR”

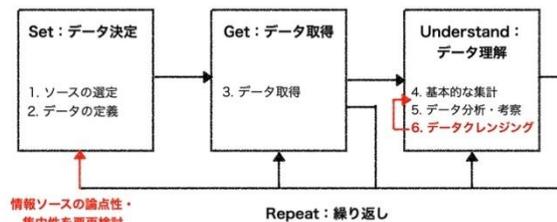


図4 実践を通じたSGURの改善

性を検討し、フレームワーク SGUR の活用性を高めるための取り組みも重ねていきたい。

社会を知る手立てとしてのソーシャルリスニングは、あくまでソーシャルメディア上という限られた空間を理解するためのものである。そのため、社会全体を理解するため社会調査との役割の違いを明確化するとともに、個別のテーマや社会の限定的な一部分を探索的に理解してくための手段として、様々な事例に応用していきたい。

また、本稿で実践を通じてフレームワークの改善を行ったように、今後も実践を重ねてフレームワークの改善に努めたい。具体的には、現在データの理解 (Understand) としてまとめているデータ分析や考察、データクレンジングを別プロセスとして細分化すべきか検討し、より SGUR の活用性を高めていきたい。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP19K23277 の助成を受けたものです。また、今回実践例として紹介した文教大学白土ゼミナールのみなさんに感謝します。

参考文献

- (1) Rappaport, Stephen D., 電通ソーシャルメディアラボ: “リッスン・ファースト!: ソーシャルリスニングの教科書”, 翔泳社 (2012).
- (2) 池田圭佑, 榎剛史, 鳥海不二夫, 風間一洋, 野田五十樹, 諏訪博彦, 篠田孝祐, 栗原聡: “マルチエージェント型情報拡散モデルの提案”, 人工知能学会論文誌, 31 巻, 1 号, pp. NFC-C_1-13 (2016).
- (3) 外山諒, 中村健二, 田中成典: “マイクロブログのバースト度合いを用いたトピック抽出手法に関する研究”, 知能と情報, 32 巻, 1 号, pp. 570-579 (2020).
- (4) 三浦麻子, 鳥海不二夫, 小森政嗣, 松村真宏, 平石界: “ソーシャルメディアにおける災害情報の伝播と感情: 東日本大震災に際する事例”, 人工知能学会論文誌, 31 巻, 1 号, pp. NFC-A_1-9 (2016).
- (5) 吉見憲二: “自民党候補は「アベノミクス」の話題を避けたのか”, 情報通信学会誌, 34 巻, 3 号, pp. 81-95 (2017).
- (6) 大槻明, 町田悠貴, 川村雅義: “「暇」ツイートのテキストマイニングによる潜在的ニーズの発見法に関する一考察”, 情報通信学会誌, 36 巻, 2 号, pp. 111-126 (2018).
- (7) 長島直樹: “ソーシャルリスニングの有効性と限界: 書き込みの信頼性と安定性に関する検証実験から”, 経営論集, 85 号, pp. 11-25 (2015).
- (8) 乙部由子: “不妊治療とキャリア継続”, 勁草書房 (2015).
- (9) 白土由佳: “当事者の語りに見る不妊治療を内包する生活の特徴”, Precision Medicine, 2 巻, 14 号, pp. 34-40 (2019).

(2020年12月5日 受付)
(2021年2月12日 採録)

グラフィックレコーディングを用いた情報整理

- ノートテイキング教育への GR 活用に向けて -

Organize Information using Graphic Recording

- Toward the Utilization of GR for Education -

中川 舞柚^{*1}・菅谷 克行^{*1}

Email: 17L1103S@vc.ibaraki.ac.jp

*1: 茨城大学 人文社会科学部 現代社会学科

抄録

近年、学習者が主体的な活動を通じて学ぶアクティブ型の授業形式が注目されている。アクティブ型の授業を活性化するためには、学習者個人が情報を適切に整理・記録しながら議論・グループワーク等を進める必要がある。本研究では、アクティブ型の授業等での議論や共同作業の流れを視覚化するための一手法であるグラフィックレコーディングに着目した。その手法を利用することで情報整理活動にどのような変化が生じるのか、その手法は学習者個人の認知特性とどのように関係するのかについて、実験を通じて分析した結果、話の聞き方、情報のまとめ方、振り返り時の見やすさ等、多岐にわたる肯定的な変化が見られた。一方で、イラストを描くことに集中して話を聞き逃すことがある、適切なイラストが思い浮かばず描くことができない等の課題も明らかになった。さらに、絵を描くことに対する意識（好きか嫌い）によってイラストを使用する回数に差異があることも分かった。また、グラフィックレコーディングを活用したノートテイキング教育の可能性について検討した結果として、グラフィックレコーディング習得に向けて必要とするスキル要素を提案した。

◎Key Words 情報の視覚化, 認知特性, ノートテイキング, 情報整理

1. はじめに

近年、教育の場では、一斉講義型の授業形式から、学習者（学生・生徒）が主体的な活動を通じて学ぶアクティブ型の授業形式に変化しつつある。アクティブ型の授業では、学習者同士で議論をしたり、グループワークとして創造的活動をしたりする機会が多い。これらの活動を活性化するためには、各学習者が情報を適切に整理・記録しながら議論・グループワークを行う必要がある。情報の整理・記録の仕方によって、議論やグループワークの効果に影響が出るものと考えられる。

議論や共同作業の流れを視覚化する手法の一つとして、グラフィックレコーディング（以下 GR）というものがある。近年、それを様々な場で活用しようとする動きが広がっている。

GR とは、清水⁽¹⁾によると、「会議の中で人々の議論をリアルタイムでグラフィックに可視化する」手法である。文字や絵、図をバランスよく組み合わせることで、分かりやすい GR となる。富士通デザイン株式会社では、GR を社内に取り入れ、社内会議やコミュニケーションに活用する、グラフィックカタリスト・ラクガキコーチという独自の肩書をもつ社員が存在する⁽²⁾。また、内閣府では、ムーンショット型研究開発制度に係るビジョナリー会議において、議事録として GR を使用している⁽³⁾。このように、ビジネスや行政など議論を必要とする場では徐々に GR の活用が広まっている。

GR に期待できる効果として、清水⁽¹⁾は、「1.会議の最中で、対話の活性化を引き起こす、2.会議後に、第三者を巻き込む記録物になる」と述べている。また久保田⁽⁴⁾はビジュアルシンキング（頭の中を視覚化する行為）の効果として、「（1）思考力が上がる、（2）コミュニケーションが活性化する、（3）創造力が上がる」と述べている。さらにそれぞれ具体的な効果として、（1）思考力が上がることは、「思考を整理できる、思考を単純化・要約できる、全体を俯瞰できる、記憶に残りやすい」、（2）コミュニケーションが活性化することは、「参加者意識を向上できる、チームの共通言語になる、議論を刺激し加速できる、チームの合意形成が促される、記憶が共有化される」、（3）創造力が上がることは、「頭の中のアイデアを形にできる、新しいつながりを発見できる、アイデアをストーリーで伝えられる、自己表現の道具になる、チームの創造性が高まる」といったことが期待されている。このように、視覚化におけるメリットは多岐にわたる。

GR は個人でも利用の場が拡大している。SNS に「# グラレコ」とつけ、自身が学んだセミナーや動画コンテンツ、読んだ本の感想をまとめる人も登場している。広義的に、情報の視覚化という動きが広がっていると言えるが、GR という名前の使われ方や定義はまだ曖昧で、多くの可能性を含んでいる状態である。清水⁽¹⁾は、GR が社会の中で活用できる場はどのくらいあるかについて、「対話が生まれる場所、多様な人々が集まる場所なら、どこでも活用できる。」としている。具体的には、「ひとりで、ふたりで、チームで、組織で、社会全体で」活用できるとし、「グラフィックレコーディングは、人が考えることをやめない限り、どこでも使うことができる」と述べている。ここから、GR を一個人が活用できるようになることで、思考の整理や全体の俯瞰、記憶定着や分かりやすい記録物の領域において、有効な情報整理の手法になり得ると考えられる。

本田⁽⁵⁾は、認知特性とは、「外界からの情報を頭の中で理解したり、整理したり、記憶したり、表現したりする方法」と述べている。そして、人間の認知特性は、「見た情報」を処理するのが得意な視覚優位者、「読んだ言葉」を処理するのが得意な言語優位者、「聞いた」情報を処理するのが得意な聴覚優位者に分けられ、そこからさらに「写真(カメラアイ)タイプ」「三次元映像タイプ」「言語映像タイプ」「言語抽象タイプ」「聴覚言語タイプ」「聴覚&音タイプ」の6つのタイプに分けられるとしている。これらの認知特性によって、「同じことを聞いても、誰もが同じように理解しているわけではなく、同じ結論を持っていても同じように表現するわけでもありません」としている。このことから、会話をリアルタイムで聞きながら情報を視覚化する行為であるGRにおいても、個人の認知特性の違いによって情報整理・表現の結果に差異が生じたり、その活用効果にばらつきが見られるのではないかと予想した。

本研究では、GRを利用することで、情報整理作業に起こる変化や、認知特性がGR活用に及ぼす影響・関連について、実験・調査を通じて明らかにし、さらに、その結果やデータを基に、大学生のノートテイキング教育やアクティブ型の教育にGRを活用する方法について検討することを目的とする。

2. GRを使用した情報整理実験

2.1 GRにおける情報整理

清水⁽¹⁾によると、グラフィックレコーダー(GRを行う人物)は、「対話や議論の場に出向き、耳からの聴覚情報をメインにグラフィックを作り上げる」とし、また、「話の文脈や事実関係をロジカルに解釈して整理したり、専門用語の意味や複雑な仕組みをグラフィックで分かりやすくする」と述べている。これより、本研究でのGRにおける情報整理は、GRを行う過程において、耳で聞いた話・情報を理解し、イラストをはじめとする視覚情報を用いたアウトプットにより構造化する行動とした。GRをという手法を知ることで、普段大学の講義等で行われる文字を中心とした記録から、イラストをはじめとする視覚的要素を取り入れ、より一覧性が高く整理された記録に変化することが想定される。また、従来の記録と比べ、耳から情報を取り入れる段階における何らかの行動の変化も期待できる。

本研究は、GRを使用して情報整理することで起こる記録方法(視覚情報等)の変化や、GRの活用での認知特性と絵を描くことに対する意識(好きか嫌いかな)との関連について検討する。特に、普段行っている記録方法と、GRを用いた記録物での記録方法の変化や、記録による参加者の思考の変化を明らかにすることに留意して、大学生を対象としたGRを使用した情報整理の実験を行った。

2.2 実験概要

本研究では、GRによる情報整理の実験を行った。各参加者には1日で下記実験に取り組んでもらった。

(実験参加者) 大学生12名

(期間) 2020年10月~11月

(場所) 学内共同研究室・一般教室

(手続き: 実施時間)

(1) 実験の説明: 5分

実験参加者に、情報整理に関する研究をしており、そのデータ収集のために本実験に協力をしてほしい旨を伝え、手順、留意事項(実験中、実験参加者の手元の様子を撮影すること)を説明し、了承を得た上で実験を開始した。

(2) 認知特性テスト: 10分

実験参加者に、認知特性のタイプを測るための40問の択一式の質問に答えてもらった。各質問の選択肢には「写真(カメラアイ)タイプ」「三次元映像タイプ」「言語映像タイプ」「言語抽象タイプ」「聴覚言語タイプ」「聴覚&音タイプ」の6つのタイプに対する配点を設定し、その合計点を後述する認知特性のタイプ・グループ分けに用いた。質問内容と配点は、本田35式認知特性テスト⁽⁵⁾と本田40式認知特性テスト⁽⁶⁾に基づいて作成した。質問例を、以下に示す。

(問) 初対面の人を覚える時のポイントは何か?

(選択肢) 1. 顔や雰囲気で見える, 2. 名前の文字で見える, 3. 名前の響きから覚える
※選択肢1を回答の場合は写真(カメラアイ)タイプに2点, 三次元映像タイプに2点, 言語映像タイプに1点をそれぞれ加算, 選択肢2を回答の場合は言語抽象タイプに2点を加算, 選択肢3を回答の場合は聴覚言語タイプに1点, 聴覚&音タイプに2点をそれぞれ加算する。

(3) 情報整理実験①: 20分(再生時間10分を含む)

実験参加者には、後述する実験課題に取り組んでもらった。普段受講している大学の講義で個人的にノートを取ることを想定し、普段どおりに課題に取り組むように指示した。実験時に使用する筆記用具と用紙は、あらかじめ用意したものを使用してもらった。

(4) GRに関する解説: 解説25分, 練習15分

実験①終了後、GRに関する解説を行った。『Graphic Recorder 議論を可視化するグラフィックレコーディングの教科書』⁽¹⁾、『はじめてのグラフィックレコーディングの教科書』⁽⁴⁾および清水⁽⁷⁾のワークショップを参考に、GRにおいて最低限必要な要素を伝えた。

(5) 情報整理実験②: 20分(再生時間10分を含む)

GRに関する解説終了後、実験参加者に、後述する実験課題に取り組んでもらった。今回は、直前に行った解説を意識し、できるだけ解説内容を取り入れて課題に取り組むよう促した。実験時に使用する筆記用具と用紙は、あらかじめ用意したものを使用してもらった。

(6) 事後インタビュー: 30分

情報整理実験②終了後、半構造化インタビューを行った。主に、絵を描くことへの意識(好きか嫌いかなの2択)、普段の講義ノートの取り方や使用する道具、講義ノートを取ることに必要性を感じているか、GRを知つ

ているか、GRを聞いた時の印象、GRを実施した後の変化(好転・やりづらさを感じた点)、GRを今後も継続的に使いたいのか・その理由などについて聴取した。インタビュー時の様子を録音し、分析に用いた。

2.3 実験課題

実験課題は、10分弱程度の「TED×Tokyo」の日本人話者の動画⁽⁸⁾⁽⁹⁾を視聴しながら、その内容をA4用紙にまとめることとした。動画素材の選定には、清水⁽¹⁾が紹介していた素材を参考にした。選定したスピーチ動画は、視覚情報が少なく記録に影響を及ぼしにくいこと、学生が普段受講している大学での講義に近い形式の動画であること、短時間で完結し要点が明確に含まれていること等が選定の理由である。

情報整理実験①では「Take small risk & pay attention to coincidence (羽生善治)⁽⁸⁾」を、情報整理実験②では「日本の離島は宝島(鯨本あつこ)⁽⁹⁾」を使用した。

まず、実験参加者にタイトルと話者名を伝え、この段階から用紙への記入を許可し、動画を再生した。動画再生開始から20分の制限時間を設け、その範囲内で記録を行ってもらった。話をリアルタイムで聞き、記録してもらうために、動画を一度再生し始めたら途中で早送りやスキップ、一時停止などはせずに最後まで再生するよう指示した。

実験開始時にA4用紙を縦置きで使うことを指示した上で渡し、あらかじめ用意した筆記用具から選んで記録を行ってもらった。黒ボールペン、黒サインペン、色付きペン4色、マーカー5色を用意した。

2.4 GRに関する解説内容

情報整理実験①の後、GRについて実験者が解説を行った。PowerPointによる解説資料を提示しながら、口頭で説明を加えた。また、一部途中で実験参加者に実際に手を動かして練習を行ってもらった時間も設けた。

まず、GRについての基本的な情報を教えた。具体的には、GRはどんな手法であるか、どのような効果が期待できるかなどである。その後、実際に複数のGRをまとめて見てもらうため、Twitterの検索利用を使用し、「#グラレコ」で投稿されたものを見てもらった。

その際、実際の投稿からどんな内容をGRでまとめているのかについて触れ、個人によって記録のしかたに差があることから、比較的自由度の高い手法であることを付け加えた。

続いて、初めてGRを行ってもらったことを想定して、最低限提示しておきたい要素を参考文献⁽¹⁾⁽⁴⁾⁽⁷⁾から抽出した。最初に、使用する道具についての解説を行った。ベースの文字やグラフィックを描く基本色、目立たせたい部分に使用する強調色、話のまとまりを囲む・全体的に使用する補助色の3色のペンと、罫線や方眼の無い、A4サイズの白紙を使用することを教えた。同時に、実験であらかじめ用意していたペンから、基本色、強調色、補助色を1つずつ選んでもらった。

次に、GRにおける絵の考え方について解説した。時間をかけて丁寧にリアルな絵として描くよりも、記号化して素早くシンプルに描くようにすることを教えた。

絵という捉え方よりも、アイコンという捉え方をするように伝えた。また、うまく書く必要はなく、自分自身や誰かが見て最低限理解できる程度で構わないということを加え、強調した。これは、話の重要部分聞き逃さないための考え方でもある。この部分の解説を入れたのは、絵が苦手な人のGRに対する抵抗感を少しでも減らしたいという考えからである。絵についての解説後、単語を聞いて、アイコンを想像して描く練習を数回行った。具体的に提示した単語としては、スマートフォン、お金、業績、循環する、驚き、ひらめき、会議をするなどである。久保田⁽⁴⁾のビジュアルライブラリーから抜粋し、人やモノ、状況といったさまざまな分野から練習させた。

最後に、GRの中での構成される要素を解説し、動画スピードに合わせた描き方を提示した。具体的には、スタート前にテーマ部分となるタイトルビジュアルを描く、話を聞きながらトピックセットと呼ばれる内容の本題となる部分を基本色のみで描くようにする、動画の終了後、囲みや矢印、色塗りなどを補色の色で追加して仕上げをするといった内容である。この様な動画の終了後の作業を通して、実験参加者がGR表現方法の最低限必要な要素を習得し実際に使用できているか否かを判断することができる。

これらの解説を、実験参加者に行った上で、情報整理実験②に取り組んでもらった。

2.5 実験の結果と考察

2.5.1 認知特性テストによる実験参加者グループ分け

はじめに、認知特性テストの結果から、実験参加者の認知特性のタイプ分けを行った。本田⁽⁵⁾によると、認知特性は、視覚優位者、言語優位者、聴覚優位者の3つのタイプに分けられ、さらに、視覚優位者の中で「写真(カメラアイ)タイプ」と「三次元映像タイプ」、言語優位者の中で「言語映像タイプ」と「言語抽象タイプ」、聴覚優位者の中で「聴覚言語タイプ」と「聴覚&音タイプ」、計6種類の認知特性タイプに分けられる。

本研究では、認知特性テストの回答(各選択肢に配点した6つのタイプの得点)に基づいて、以下の手順でグループ分けをした。

(1) 実験参加者に回答してもらった認知特性テストの結果から、6つのタイプ毎の得点を集計する。

(2) 本田⁽⁵⁾に基づいて、26点以上のタイプのみを抽出する。

(3) 抽出したタイプの得点を、「視覚優位得点」と「言語優位得点」に振り分ける。「写真(カメラアイ)タイプ」と「三次元映像タイプ」の得点は視覚優位得点に、「言語抽象タイプ」と「聴覚言語タイプ」は言語優位得点に、「言語映像タイプ」は視覚優位と言語優位の両方に、それぞれ得点を振り分ける。また、本実験では、「聴覚&音タイプ」の得点が26点以上の実験参加者はいなかった。

(4) 手順(3)で振り分けた得点を合計し、合計得点の高い方を実験参加者の認知特性とした。

例として、表1に実験参加者のグループ分けの過程を示す。手順(1)の各タイプの得点が、写真(カメ

表1 実験参加者の認知特性グループ分けの例 [単位: 点]

タイプ	手順(1)	手順(2)	手順(3)		手順(4)
	認知特性テストの合計点	26点以上のタイプを抽出	得点の振り分け		
			視覚優位	言語優位	
カメラアイ	23				合計が大い方を認知特性とする
三次元映像	30	→ 30	→ 30		
言語映像	39	→ 39	→ 39	→ 39	
言語抽象	26	→ 26		→ 26	
聴覚言語	12				
聴覚&音	9				
			合計 69	合計 65	

ラアイ) タイプ 23 点, 三次元映像タイプ 30 点, 言語映像タイプ 39 点, 言語抽象タイプ 26 点, 聴覚言語タイプ 12 点, 聴覚&音タイプ 9 点の実験参加者の場合, 手順(2)では, 26 点以上の三次元映像タイプと言語映像タイプと言語抽象タイプを抽出する。手順(3)では, 三次元映像タイプの得点 30 を視覚優位得点に, 言語映像タイプの得点 39 を視覚優位得点と言語優位得点の両方に, 言語抽象タイプの得点 26 を言語優位得点にそれぞれ振り分ける。手順(4)で, 視覚優位の合計得点 69 と言語優位の合計得点 65 を比較し, 得点が高い視覚優位を当該実験参加者は認知特性グループとする。

本田⁽⁵⁾によると, 「個人の中で認知特性はオーバーラップしている部分もあり, 「絶対にこのタイプ」とははっきり線引きできるものではありません」と述べている。本研究の認知特性テストの結果からも, 特出した強い認知特性は出なかったため, 実験参加者の認知特性を考慮して, この方法を取った。グループ分けの結果は, 「視覚優位グループ(7名)」、「言語優位グループ(5名)」であった。

次に, 事後インタビューで聴取した, 絵を描くことに対する意識(好きか嫌いかの2択)から, 「絵を描くのが好き(7名)」、「絵を描くのが嫌い(5名)」に分けた。認知特性グループ(視覚優位・言語優位)と絵に対する意識(絵を描くのが好き・嫌い)を組み合わせて, 実験参加者を次の4つのグループに分けた。

- ・視覚優位・絵を描くのが好き(4名)
- ・視覚優位・絵を描くのが嫌い(3名)
- ・言語優位・絵を描くのが好き(3名)

- ・言語優位・絵を描くのが嫌い(2名)

2.5.2 各グループの実験結果と考察

各グループの実験結果と考察について述べる。まず, 情報整理実験①と情報整理実験②における, GR 表現手法の登場回数を比較する。そのために, GR 表現手法は, 安武⁽¹⁰⁾を参考にして, 「イラスト」「下線」「囲み罫」「矢印」「使用色数」の各要素とし, 各要素の登場回数をカウントした。

分析対象とした各情報整理実験におけるデータ(実験参加者が動画を見ながら内容を記したもの)の例を, 図1と図2に示す。これらは, 同一実験参加者による実験①と実験②のデータである。

次に, 実験参加者(12名)の各グループの, 情報整理実験①と情報整理実験②における GR 表現手法登場回数の平均値(標準偏差)を表2に示す。表2のデータを確認しながら, 各グループの結果について考察を述べていく。

視覚優位・絵を描くのが好きグループ

このグループでは, 情報整理実験②のイラストの平均登場回数が最も多く 12.5 回となった。これは後述する他グループと比較して, 最も多い結果となった。

また, 各実験参加者のイラスト化した内容を見ると, 「島」といった単純な名詞や, 話の登場人物をはじめ, 「幸せ」「宝」といった比較的抽象的な単語をハート型で囲んで表したり, 装飾としての絵文字, 重要部分の強調などしたりするという点で工夫の跡が見られた。普段から書いているオリジナルのキャラクターを盛り

表2 各グループのGR表現手法の登場回数の平均値(標準偏差)[単位: 回]

表現手法	視覚優位・絵描き好き(4名)		視覚優位・絵描き嫌い(3名)		言語優位・絵描き好き(3名)		言語優位・絵描き嫌い(2名)	
	実験①	実験②	実験①	実験②	実験①	実験②	実験①	実験②
イラスト	0.5 (0.87)	12.5 (3.77)	0 (0.00)	6.7 (2.36)	0 (0.00)	9.3 (1.25)	0 (0.00)	1.5 (1.50)
下線	1.5 (0.87)	5.0 (1.22)	4.0 (0.82)	3.0 (2.16)	2.3 (2.05)	6.7 (3.09)	2.0 (0.00)	1.0 (1.00)
囲み罫	2.8 (2.05)	7.0 (1.87)	1.7 (1.25)	6.0 (5.72)	2.3 (0.47)	6.0 (2.83)	0 (0.00)	0.5 (0.50)
矢印	3.5 (0.87)	3.5 (1.12)	6.3 (3.30)	4.0 (2.83)	7.0 (2.16)	3.7 (1.70)	1.0 (0.00)	1.0 (1.00)
使用色数	1.5 (0.50)	3.0 (0.00)	1.7 (0.47)	3.0 (0.00)	1.3 (0.47)	3.0 (0.00)	1.0 (0.00)	2.0 (1.00)

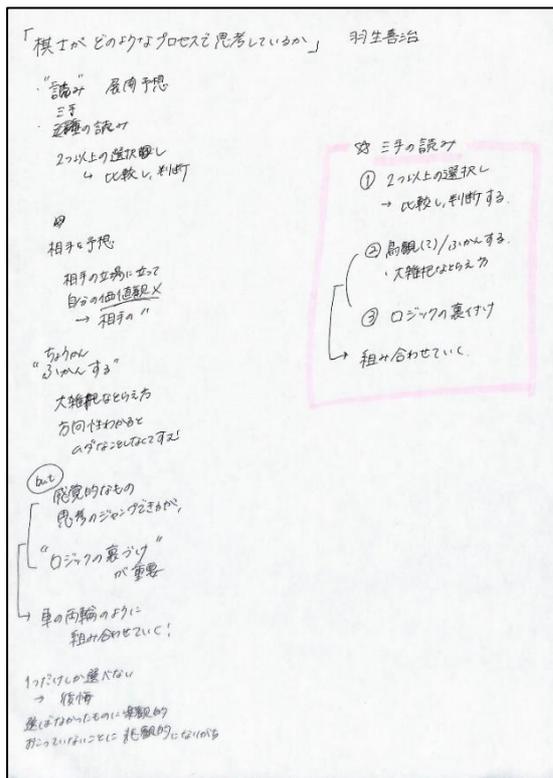


図1 実験参加者の情報整理実験①データ

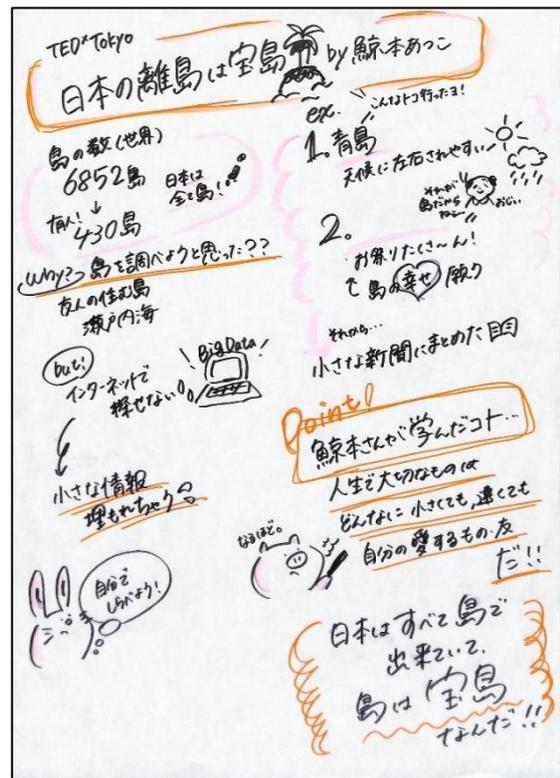


図2 実験参加者の情報整理実験②データ

込む実験参加者も見られた。

したがって、イラストの回数や内容から、比較的肯定的な変化が見られたと言える。絵が好きという意識がある分、イラスト化や視覚化のアイデアが浮かびやすいことが要因として考えられる。また、他項目においても同程度、増加傾向が見られたため、視覚的に分かりやすくまとめるという GR の特徴を上手く活かしていると言える。

視覚優位・絵を描くのが嫌いグループ

このグループの結果は、イラストの平均登場回数が6.7回と4グループのうち3番目に多い結果となった。イラストにした内容としては、「みかん」「島」などの名詞、登場人物、動画内で登場した画像が中心であった。絵が好きな実験参加者グループに比べると、写真や映像として簡単に思いつきやすいような内容を視覚化していると思われる。

これは、絵に対する苦手意識から、イラストのレパートリーが少なく、絵を描こうとしても思いつきづらいということが要因として考えられる。事後インタビューでは、3名中2名がイラストにしようとした時に「どのようにイラストにすればいいかわからない」と答え、1名は「場面が思いつかない内容は絵が浮かばなかった」と発言していた。GRとして描き起こすまでの過程で、イラストが思い浮かぶか、思い浮かんだとしてもそれを納得できる視覚化のアイデアでアウトプットできるかという点で行き詰ってしまったと考えられる。

言語優位・絵を描くのが好きグループ

このグループは、イラストの平均登場回数が9.3回と

4グループ中2番目に多い結果となった。イラストにした内容としては、名詞、登場人物に加え、抽象的な言葉(場所、大切)の視覚化、島に帰ることができないという状態や、友達に会いに行く途中で偶然おじさんに会ったという登場人物同士の関係を、矢印を使いながら表そうとするものがあった。これは、言語を理解し処理できる言語優位の人だからこそ思いつく視覚化のアイデアだと考えられる。

また、視覚優位・絵を描くのが嫌いグループの実験参加者に比べ、イラストの平均登場回数は多い結果になった。

このことから、本研究でのグループ分けにおいては、認知特性によるタイプより、絵に対する意識(描くのが好きか嫌い)の方が実験結果に及ぼす影響が大きかったと言える。

言語優位・絵を描くのが嫌いグループ

このグループは、イラストの平均登場回数が1.5回と4グループの中で最も少ない結果になった。他項目についても、大きな数値の変化は見られなかった。

事後インタビューの回答からは、絵に対する抵抗感や、自分の画力では(GRによる情報整理は)難しいと考えたことや、ノートやメモを取っておくことの必要意識を感じられない等の意見もあげられた。これらは、GRを行う際、絵への前向きな意識や、視覚的に表現することのメリットや肯定的な気持ちが根本に無いと活用は難しいということを示唆している。これは本実験参加者に限定的な傾向かもしれないが、GRの実用上の課題の一つと言えよう。

2.5.3 実験参加者全体の実験結果に対する考察

事後インタビューより、GRの手法について事前を知っていたのは1名、言葉だけ聞いたことがあると答えた人が1名、知らなかったと答えた人が10名（うち2名は解説を聞いて似たようなものを見た経験があると感じたと回答）であった。これらから、GRは未だ一般的には知られていない手法であることが分かった。

GR実施後の変化

GRを実際に行った後の変化について、絵を描くのが好きなグループ（7名）と、絵を描くのが嫌いなグループ（5名）に分けて考察する。

まず、絵を描くのが好きなグループ（7名）の事後インタビューの結果を表3に示す。

表3 絵を描くのが好きなグループ（7名）

肯定的な変化	否定的な変化
<ul style="list-style-type: none"> どこを絵にするか想像しながら話を真剣に聞いた（2名） GRをやることは楽しいと感じテンションが上がった（2名） 端的でわかりやすい（2名） 	<ul style="list-style-type: none"> イラストを描くことに集中して話を聞き逃した、聞き逃す可能性を感じた（5名） 見た目には満足しているが、自分の中ではそこまで理解しきれなかった（2名） レイアウトを考えるのが難しい（2名）

表3より、話を聞く、書く、振り返るといった各工程に対して、満遍なく肯定的な変化が見られたことが分かる。

否定的な変化としては、イラストを描くことに集中してしまい、話を聞き逃してしまったことに関する意見が多かった（5名）。絵が好きであるからこそ、ここを視覚化したい、このイラストを上手に描きたいといった意欲的な気持ちの現れであると考えられる。また、視覚化のアイデアをいろいろと思いつくあまり、それらを全て描き表そうとすると、GRでの記録のスピードに乗ることが難しくなると思われる。これらの点がGRの実用上の課題となる可能性が示唆された。

次に、絵を描くのが嫌いなグループ（5名）の事後インタビューの結果を表4に示す。

表4より、絵を描くのが嫌いなグループの肯定的な変化から、情報の構造化を意識化することにより、話の理解や情報分類・まとめに役立ったことが言える。

一方、否定的な意見からは、適切なイラストを思い浮かべることができず、情報を書くことすらできなくなってしまう可能性があることが示唆された。普段、イラストを描こうとしないことから、視覚化のアイデアが乏しいことと考えられる。実験中に行った簡単なワーク程度であれば対応もできるが、次々と情報が降ってくる講義や議論の場では、対応が難しいと感じてしまうのではないかと考察する。

表4 絵を描くのが嫌いなグループ（5名）

肯定的な変化	否定的な変化
<ul style="list-style-type: none"> レイアウトを考え、似たような情報をまとめることができた（1名） 登場人物がどのようなことを話したかを上手くまとめられた（1名） 大事な情報と補足的な情報を分けられた（1名） 話を映像として場面を想像して聞こうという意識をもっていたため、より話が分かりやすく伝わった（1名） 	<ul style="list-style-type: none"> 適切なイラストを思い浮かべて書くことができない（4名） 話を聞き逃した（1名） 話をまとまりごとに考えるのが面倒だった（1名） イラストやアイコンをどれくらい入れればいいのか分からず悩んだ（1名） 何か描こうという意識はあったが、今回は描く必要が無いと思った（1名）

また、「GRのどのような内容を知り改善できれば、GRをより活用できるようになると思うか」という質問を補足的にしたところ、絵を描くのが好きなグループの実験参加者を中心に、いくつかの意見が得られた。以下に意見の例を提示する。

- 納得して可愛い絵を描けるようにしたい
- 話の流れを可愛く描く方法を見つけたい
- あまり意識せずにGRを出来るようにしたい
- 読みやすいレイアウトの仕方
- 色の上手い使い方
- 苦手意識のあるジャンルの絵の描き方
- 話の速さに追いつけるスピードでイラストを描いたり話の流れに沿って配置を決めて文字を書いたりできること
- 文字とアイコンの使い分け
- 瞬間ごとに判断力をつけ、簡単にイラストを思い浮かべて描けること

実験中の実験協力者の様子より

次に、実験の様子を撮影した動画データを分析して、実験中の実験協力者の様子から分かったことについて述べる。

情報整理実験②では、実験参加者12名中3名が、約10分間の動画再生後、一定数以上のイラストをまとめて描き加える様子が見られた。この3名の認知特性は、実験参加者A（視覚優位、絵を描くのが好き）、実験参加者F（視覚優位、絵を描くのが嫌い）実験参加者H（言語優位、絵を描くのが好き）であった。その後、この3名の事後インタビュー回答から、「話を聞きながらイラストを描くのは難しい」という内容の発言が聞かれた。

このことから、話を聞く能力に共通の特徴が見られると考え、認知特性テストの結果を振り返ることにした。話を聞くのが得意なタイプである「聴覚優位・聴覚言語タイプ」の得点を見ると、実験参加者Aは12点、実験参加者Fは18点、実験参加者Hは11点であった。本田⁶⁾によると、「14点以下は弱い認知特性」としている。今回は、グループ分け手順によって、聴覚優位に関する特性は分析対象から外してしまったが、弱い

認知特性として、聴覚優位に関する要素の影響があるかもしれない。この点は、今後の課題としたい。

また、情報整理実験②では、情報整理実験①よりも、多くの実験参加者が紙面に書く時の行間を広く取っていた。各実験参加者の実験結果の比較からも、スペースを大きく取って描いていた様子が分かる(図1、図2参照)。

また、行間を広く取る記録の仕方は、GRにおけるレイアウトの重要性に対する意識ではないかと考えられる。どこに何を描くか、ここにイラストを描き入れるべきか否か等、常に全体のレイアウトを考えて描こうとする意識が、描き方に表れている結果だと考える。

3. GR 習得に向けて必要とするスキル要素

GR 実験実施後のインタビューで得られた意見に基づいて検討し、GR を用いたノートテイキング教育への活用に必要な GR のスキル要素について述べる。

3.1 GR を活用したノートテイキング教育に向けた検討

GR のような視覚的な記録手法には多様な可能性を含むが、認知度はまだ高くない。本研究の事後インタビューでは、GR を知っていたかという質問に対し、知っていた人は1名のみで、講義で言葉だけ聞いたことがある人が1名、解説を聞いて似たようなものを見たことがある気がしたと答えたのが2名であった。

このことから、GR は一部広がりを見せつつもまだ一般的には馴染みのない手法であることが分かる。

そこで本研究では、学生のノートテイキングにおける一手法として GR を教育に活かす可能性について検討し、その結果として、GR 習得に向けて必要とするスキル要素を提案する。

GR 習得に向けて必要とするスキル要素

① 速く視覚情報を描くスキル

このスキル要素は、「絵を描くのが好き」と答える学生に必要だと考える。事後インタビューの結果より、絵が好きな7名のうち4名が、イラストを描くことに集中し過ぎてしまい話を聞き逃したということが分かった。

絵が好きであるが故に絵にこだわりがある、たくさん描こうとしてしまう、綺麗にまとめようとすることに注力してしまう、などが要因として考えられる。

これらに対し、視覚情報を素早くノートに取り入れる練習が必要だと考えた。具体的には、本研究で行った実験のように、動画素材を閲覧しながら実際に GR を行うといった練習があげられる。絵が好きという特性がある以上、イラストやアイコンの描き方という知識のインプットより、どのようにアウトプットすべきかという側面に注意を向ける必要がある。講義を受ける形式に近い形で実際に GR をやってみるといった実践的練習が、GR の習得には効果的であると考えられる。

② レイアウト等の具体的なデザインスキルや知識

事後インタビューで、GR をより活用できるようにな

るために必要な知識・知りたいことについて問いかけたところ、絵を描くのが好きなグループの実験参加者を中心に、このスキルに関する意見が出た (GR に前向きな姿勢の学生が多かったことがうかがえる)。

内容としては、話の流れを可愛く書く方法、話のまとまりの配置、読みやすいレイアウトの仕方、色の上手な使い方といったデザインに関することが多くあげられた。絵が好きな人は、自分自身で納得でき、より見やすいまとめを作るための知識を必要とし、そのような知識を学ぶことに肯定的であると考えられる。

本研究の実験では、レイアウトの並べ方や、使う色のバランス・割合、矢印の使い方やパターン等、GR の中で比較的詳細な知識だと考えられる部分 (GR 初心者にとっては難しさを感じてしまいそうな部分) については解説しなかった。しかし、より実践的な GR 手法の習得に向けては必要不可欠な知識であろう。

③ イラスト・図のパターン化

このスキル要素については、「絵を描くのが嫌い」というグループに必要である。

事後インタビューの結果より、GR の否定的な変化として、5名中4名が適切なイラストを思い浮かべて描けないということあげていた。要因としては、イラストをはじめとする、視覚的要素を描く経験や習慣が少ないこと、イラストやアイコンを上手く表すための手法の引き出しが少ないことが考えられる。

本実験内の解説では、GR における考え方として、時間をかけて丁寧にリアルな絵として描くよりも、記号化して素早くシンプルに描くようにすることを教え、言語をイラストにするワークを簡単に行った。それ自体は実験参加者も十分に理解し、ワークにも取り組んでいたが、情報整理実験②のように実践的課題となると、やはり上手く取り入れられていない様子であった。

単語を聞いてイラストやアイコンを想像して描き出す練習を繰り返すことで、それらがパターン化され、引き出しが増えていく。それが GR の上達に繋がることになるであろう。

④ イラストや図の抵抗感を減らす

このスキル要素は「絵を描くのが嫌い・言語優位」グループに必要であると考えた。

本実験の結果より、このグループはイラストの平均登場回数が1.5回と圧倒的に少なかった。また、自分の画力では難しい、絵に対する抵抗感があった、といった意見が事後インタビューで聞かれた。また、文字で十分理解できるため、視覚化にこだわる必要は無いといった言語優位の特性が確認できる意見もあった。

そのため、まずはイラストを描くことへの抵抗感を無くすための工夫が必要である。GR における絵の考え方をもう一度丁寧に理解させ、少しずつ視覚的要素に慣れさせていくことで GR が役に立つと思える側面を引き出すことができるのではないかと考える。

⑤ 色を入れるタイミングに関する工夫

この要素は、認知特性に関係なく、すべての学生に

勧めたいGR実践上の工夫である。

講義中は基本色で記録を行い、講義後に強調色や補助色を使って仕上げるのが効果的だと考えられる。これは、本実験の解説部分で説明した内容である。動画のスピードに乗って描くことができるための説明として有効であると考え実験時の解説に取り入れたが、実験を通して別のメリットも見えた。

事後インタビューで、2名の実験参加者が、後から全体を見て色を付ける工程があると「流れの復習をしているように感じた」と答えた。一度流れを描いた後に、もう一度上から内容を見ながら、色付け、囲み、矢印を付けていくことで、自然と全体の内容を振り返ることになっている。GRを記録するという短時間の行為の中で、2回全体の流れを見ることができ、より内容の理解にも寄与していることが分かった。

そのため、講義中は聞いた内容を描いていくことに集中し、講義の終盤もしくは終了後の時間でまとめて色を用いた仕上げの作業を行うと、より効果的なノートテイキングにつながるということが期待できる。

⑥ GRで記録したノートの共有とICT活用

講義でGRを行った後、複数人で記録したノートを共有し振り返ることも効果的であると考えられる。

事後インタビューから、実験参加者数名が人に見せることを想定した場（発表やサークルの会議など）であれば使用したいという意見があった。講義を聞いた上で、それぞれが学んだことを共有する際に、分かりやすくまとめたものを見せあうことでもGRを活かすことが可能であると考えられる。学んだ内容の振り返りだけではなく、GRのフィードバックにも繋がることを期待される。

さらにデジタルデータとしてGRデータを保存すれば、データの共有はさらに容易となり、GRの活用範囲は大きく拡大する。現在、パソコンで文字情報を中心としたノートテイキングをしている学生も増えてきているが、そこにGRによるノートテイキングも加われば、より充実した共同学習が可能になる。

4. おわりに

本研究で明らかになったことは、GRを行うことで起こる変化として、紙に描いたものはもちろんのこと、話の聞き方、情報をまとめようとするときの頭の中なども大きく変化していたことだ。GRの認知度は未だ高いとは言えないが、この手法を簡単に解説するだけでも、多くの実験参加者に、これらの十分な変化が生じていた。

これらの知見を活かし、GRを活用したノートテイキング指導や、アクティブ型授業におけるGR手法の活用など、多くの教育現場での実践につなげることができれば、その教育効果は十分期待できる。

今後の課題として、GR習得を目指した長期的な実践的取り組みを通じた評価が必要である。本稿では、短期間におけるGR導入のみを扱った実験であったため、十分な知見が得られたとは言えない。GR手法の評価を多角的かつ継続的に行う必要があると考えている。

参考文献

- (1) 清水敦子:「Graphic Recorder 議論を可視化するグラフィックレコーディングの教科書」, ビー・エヌ・エヌ新書 (2017).
- (2) FUJITSU JOURNAL: 心の中を引き出し形にするデザイン思考メソッド“グラフィックレコーディング”
<https://blog.global.fujitsu.com/jp/2019-06-26/01/>, (2020年11月22日閲覧).
- (3) 内閣府 首相官邸 政策会議: ムーンショット型研究開発制度に係るビジョナリー会議
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/moonshot/index.html>, (2020年11月22日閲覧).
- (4) 久保田麻美:「はじめてのグラフィックレコーディング」, 翔泳社 (2020).
- (5) 本田真美:「医師のつくった「頭のよさ」テスト 認知特性から見た6つのパターン」, 光文社 (2012).
- (6) 本田 40式認知特性テスト 診断ツール:
<https://micri.jp/ninchitokusei/>, (2020年11月20日閲覧).
- (7) 清水敦子:「グラフィックレコーディング習得のために必要な視覚文法」, 日本デザイン学会研究発表大会概要集, 64, pp.100-101 (2017).
- (8) TED×Tokyo: Take small risk & pay attention to coincidence,
<http://archive.tedxtokyo.com/talk/yoshiharu-habu/>, (2020年11月18日閲覧).
- (9) TED×Tokyo: 日本の離島は宝島,
<http://archive.tedxtokyo.com/talk/isamoto/>, (2020年11月18日閲覧).
- (10) 安武伸朗:「グラフィックレコーディングの表現手法からアクティブラーニングの成果を考察する」, 日本デザイン学会研究発表大会概要集, 62, pp.75-76 (2015).

(2020年12月6日 受付)
(2021年2月15日 採録)

初等中等教育における「人工知能に関する教育」の分類

- 教育の目的・方法を踏まえて -

Classification of "Education of Artificial Intelligence" in Primary and Secondary Education
- Based on the Goals and Methods of Education -

中園 長新*1

Email: nanakazo@ed.tokyo-fukushi.ac.jp

*1: 東京福祉大学 教育学部 教育学科

抄録

人工知能が第三次ブームを迎え、その進化や普及によって我々の社会や生活が変化していく中、初等中等教育もそうした変化に対応しなければならない時代が到来した。本稿では、初等中等教育において人工知能を扱う教育を推進するために必要となる基本的概念として、「人工知能に関する教育」の分類を提案した。人工知能に関する教育は、それ自体を目的とするか、方法と位置づけるかにより、目的とする「人工知能教育」と、方法とする「人工知能活用教育」の2つに分類できる。さらに、人工知能を教育に活用する例として「校務における人工知能活用」という分類を提案した。先行研究の分析から、現在の実践事例では人工知能活用教育が多数を占めており、人工知能教育の実践が少ないことが示唆された。人工知能教育は科学的側面と社会的側面からアプローチできるが、発達段階を踏まえれば、初等中等教育段階では社会的側面を重視する教育が主になることが想定される。新学習指導要領に基づく教材には人工知能を扱ったものもあり、そうした実践の中に人工知能教育を組み込むことができる。人工知能教育を実践に盛り込むためには、教材研究や環境整備といった授業づくりのプロセスにおいて、人工知能を意図的に取り上げていくことが求められる。本稿で提案した分類を学問的背景として、人工知能に関する教育が今後推進されることが期待される。

◎Key Words 初等中等教育, 人工知能教育, 人工知能活用教育, 分類

1. はじめに

1.1 研究の背景

人工知能(AI: Artificial Intelligence)が世界的ブームである。歴史的にみれば、人工知能は1950年代後半から60年代にかけての第一次ブーム、1980年代の第二次ブームがあり、いずれもその盛り上がりの後は人工知能が冷遇される、いわゆる冬の時代を迎えていた¹⁾。現在の人工知能ブームは第三次ブームととらえることができるが、機械学習やディープラーニング等の技術革新により、第一次・第二次とは異なる長期的なブームになる気配もあり、さまざまな業界・企業等が人工知能の開発・活用にこぞって参画しようとしている。人工知能が囲碁でプロに勝利したり、自動運転車が実証実験を開始したりと、人工知能は技術者や専門家だけでなく、広く一般市民の注目を集めるものとなっている。

こうした人工知能ブームの影響は、教育分野にも及んでいる。人工知能の活用をうたったさまざまな教材や教育サービスが開発され、学習塾、予備校や通信教育をはじめとする教育産業はもちろんのこと、学校教育の題材として人工知能が用いられることも珍しくなくなってきた。一方で、人工知能の定義やその活用による影響、将来性等については、現在においてもまだ曖昧な部分が多く、特に、人工知能の普及が我々の社会をどのように変革するのかについては、楽観的・悲観的双方のさまざまな意見が飛び交っている。

こうした時代の学校教育を方向づけるものとして、2017・18(平成29・30)年告示の学習指導要領がある。これは2016(平成28)年12月の中央教育審議会答申

に基づいて作成・告示されたものであるが、この答申では来るべき未来の要素の一つとして、人工知能が取り上げられている。人工知能が普及する社会の到来を受けて、教育においても人工知能の存在を無視することはできないだろう。

しかしながら、人工知能と教育の関わりを検討した際、近年の事例として多くみられるものは「人工知能を教育方法として活用した実践事例」が多く、人工知能そのものを学習する機会は十分でないように見受けられる。そもそも、人工知能と教育の関わりを検討する上で、人工知能は教育の中でどのように扱われるのだろうか。この問いに対する明確な回答は、本稿執筆時点において管見の限りでは見当たらない。

人工知能が我々の未来を創造する重要な要素の一つとなるのであれば、教育はその本質を学び、活用する場となる必要がある。本研究は人工知能を初等中等教育で扱う上で、その方向性を明確にすることを企図している。

1.2 研究の目的と意義

本研究は、初等中等教育において人工知能を扱っていく際に、どのような教育が実践可能であるのかを踏まえて分類を提案するとともに、それらの教育を推進するための方策を検討することを目的とする。

人工知能を活用した教育はすでに多数実践されているものの、それらの実践は個々が独立したものになっており、体系化されるには至っていない。本研究は既存の教育実践を踏まえながら教育を分類することにより、

今後の初等中等教育において人工知能を扱っていく際に、適切な実践が行われることを目指すものである。また、人工知能に関する教育の多面性を指摘し、人工知能を単に活用するだけではなく、人工知能そのものについて学ぶ機会の重要性についても指摘する。

2. 人工知能と教育

2.1 人工知能の定義

人工知能をどのように扱うか検討するためには、まずは人工知能が何であるかを理解しなければならない。しかし、その定義は識者によって異同があり、絶対的な定義は存在していない。この時点ですでに、人工知能を扱うことの難しさが表出している。

人工知能学会が監修した書籍『人工知能とは』⁽²⁾には、13名の研究者による人工知能の解説がまとめられているが、それらの論考は互いに相違点を持ち、定義の多様性が見て取れる。また、同学会のウェブサイトで公開されている記事「教養知識としてのAI」では、それらの共通部分として「人間と同じ知的作業をする機械を工学的に実現する技術」が人工知能であると紹介されている⁽³⁾。

SF作品等でしばしば目にするような、人間そっくりの感情を持った自律型ロボットは、一般市民にもわかりやすい具体例であり、人工知能の特殊例の一つといえるが、残念ながらそれらを実現する技術は未だ出揃ってはいない。現状における人工知能は、画像を認識して犬と猫を判別したり、囲碁や将棋をプレイしたり、自動車を自動運転したりする技術をイメージするのが現実的であろう。

なお、近年の人工知能の多くはその基礎技術として、機械学習やディープラーニングといったものを活用したものが大半を占めている。機械学習やディープラーニングは、人間がいちいち指示をしなくても、与えられたデータからコンピュータが自分で判断できる（ようにみえる）技術であり、場合によっては「なぜその判断を下したのか」を人間が理解できないレベルになることもある。こうした特性から、人工知能を搭載したシステムは自律機械と呼ばれることもある。ただし、これらの反応は人間が定めたルールに基づいているに過ぎず、自律機械ではなく適応機械と呼ぶべきであるという意見もある⁽⁴⁾。

2.2 中教審答申における人工知能の扱い

初等中等教育の文脈で人工知能を検討する出発点として、本稿では、中央教育審議会（中教審）が2016（平成28）年12月21日に取りまとめた「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）（中教審第197号）」⁽⁵⁾（以下、中教審答申）に着目する。この答申は2017・18（平成29・30）年告示の学習指導要領（以下、新学習指導要領）の方向性を明示したものである。

中教審答申では、第1部第2章「2030年の社会と子供たちの未来」において、次の通り、人工知能について言及がなされている。

- とりわけ最近では、第4次産業革命ともいわれる、進化した人工知能が様々な判断を行ったり、身近な物の働きがインターネット経由で最適化されたりする時代の到来が、社会や生活を大きく変えていくとの予測がなされている。“人工知能の急速な進化が、人間の職業を奪うのではないか”“今学校で教えていることは時代が変化したら通用しなくなるのではないか”といった不安の声もあり、それを裏付けるような未来予測も多く発表されている。

（中教審答申 p.9 より引用）

- 人工知能がいかに進化しようとも、それが行っているのは与えられた目的の中での処理である。一方で人間は、感性を豊かに働かせながら、どのような未来を創っていくのか、どのように社会や人生をよりよいものにしていくのかという目的を自ら考え出すことができる。多様な文脈が複雑に入り交じった環境の中でも、場面や状況を理解して自ら目的を設定し、その目的に応じて必要な情報を見だし、情報を基に深く理解して自分の考えをまとめたり、相手にふさわしい表現を工夫したり、答えのない課題に対して、多様な他者と協働しながら目的に応じた納得解を見いだしたりすることができるという強みを持っている。

（中教審答申 p.10 より引用）

中教審答申では、人工知能が我々の社会や生活を変革していく可能性を持っていることに触れ、不安視する声に触れながらも、そうした時代において人間がどのように生きていくべきか考え出すことの重要性に言及している。すなわち、中教審答申が目指す教育の姿は、人工知能の進化による光と影の両面を正しく理解するとともに、その世界において我々が人間として何ができるか考え、未来を創り、社会や人生をよりよいものにしていくものであるということが読み取れる。

2.3 新学習指導要領における人工知能の扱い

中教審答申を受けて作成された新学習指導要領は、人工知能に対するこうした意識を土台の一つとして作られたものと解釈することができる。しかしながら先行研究によると、小・中・高等学校の新学習指導要領において「人工知能」という語句はほとんど登場しておらず、高等学校情報科の学習指導要領解説等ではある程度の記述がみられるものの、その言及は十分ではないことが明らかになっている⁽⁶⁾。

ただし、先行研究でも触れられているとおり、学習指導要領に記述がないからといって、人工知能を扱わないということではない。学習指導要領は教育の大枠を規定しているが、具体的な内容を仔細に拘束するものではなく、教科書や教材、あるいは各教員の裁量によって様々な教育実践が可能である。社会において存在感を増す人工知能を初等中等教育で扱うこと自体は何ら否定されておらず、むしろ、学習指導要領の記述に沿って人工知能をどのように扱っていくか検討することが

求められているともいえよう。

3. 人工知能に関する教育を分類する

3.1 教育の情報化や ICT 教育・ICT 活用を援用した検討

人工知能に関する教育は、今後ますます実践事例が増加することが期待される。本節では人工知能に関する教育の分類を提案し、初等中等教育においてどのような教育実践が求められるのかを検討する。

分類の提案にあたっては、教育現場で受容されている既存の分類を援用し、提案することとする。本稿ではその拠り所として、教育の情報化ならびに ICT 教育・ICT 活用に着目する。

教育の情報化は、文部科学省が主として初等中等教育において用いている概念である。教育全体における情報化の推進を企図しており、次の 3 つの側面から構成される⁷⁾。

1. 情報教育
2. 教科指導における ICT 活用
3. 校務の情報化

これらのうち、校務の情報化に関しては、学校教育の重要な要素ではあるものの、児童生徒に対する直接の教育というよりも、教職員の仕事に該当する部分が多い。情報教育と教科指導における ICT 活用に関しては、それぞれ ICT 教育・ICT 活用等と呼ばれることもある。厳密に言えばこれらの語句は若干の違いも見出せるが、本稿ではそれぞれ近い概念として扱う。

ICT (Information and Communication Technology : 情報コミュニケーション技術) については、すでに初等中等教育においてさまざまな活用が進んでいる。ICT に関する教育の分類は識者や文献によってさまざまな表記が見られるが、細かい表現の差異を無視するならば、次のような 2 つの教育が見出されている。

1. ICT そのものを学ぶ教育
2. ICT を教育の道具として活用する教育

分類 1 の教育は、ICT 教育や情報教育と呼ばれるものであり、ICT や情報活用能力そのものを学ぶ教育である。ICT は教育の目的として位置づけられている。一方で、分類 2 の教育における ICT は道具 (方法, 手段) であり、教育の目的は ICT そのものではなく、教科指導等の目的が設定される。久保田 (2008) はこれらの教育をそれぞれ “learning about ICT”, “learning with ICT” と表現している⁸⁾。

3.2 人工知能に関する教育の分類

本稿では、このような教育の情報化ならびに ICT に関する教育の分類を援用し、人工知能に関する教育の分類を提案する。なお、本稿では便宜上、これらの教育全体を包含する概念を「人工知能に関する教育」と呼んでいる。「人工知能に関する教育」は、人工知能を活用した教育活動のうち、児童生徒に対して直接行われる

教育を指す (校務等は含まない) ものとするが、これは次のように 2 つに分類できる。

1. 人工知能教育 :
人工知能そのものを学習する教育
2. 人工知能活用教育 :
人工知能を活用した教育実践

人工知能教育は、人工知能そのものを学習する教育であり、人工知能が教育の目的に位置づけられる “learning about AI” の教育である。一方で、人工知能活用教育は、人工知能を活用した教科等の教育実践であり、人工知能が教育の道具 (方法, 手段) に位置づけられる “learning with AI” の教育である。

人工知能教育と人工知能活用教育は、互いに独立しているのではなく、関連しながら共通部分を持つ可能性があるため、図 1 のように表現できる。

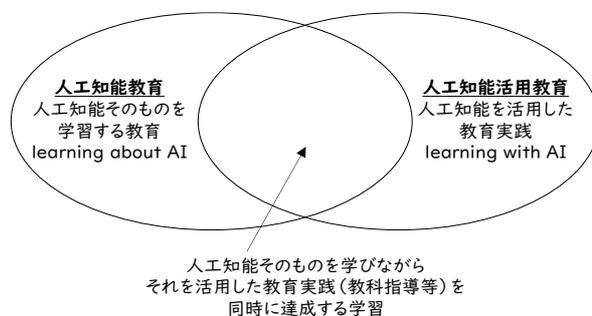


図 1 人工知能に関する教育の分類

さらに、人工知能を教育に活用する他の例として「校務における人工知能活用」という分類を提案する。これは成績処理等のさまざまな校務において人工知能を活用する事例を想定しており、児童生徒に対する直接の教育ではないために本稿における「人工知能に関する教育」には該当しないが、教育を支える活動として無視できない。

4. 先行研究に基づく教育分類の検討

4.1 学術論文を用いた検討の概要

ここでは、本稿で提案した人工知能に関する教育の分類に基づき、既存の教育実践事例がどのように分類されるのかを検討する。ただし、本稿執筆時点において、人工知能に関する教育の実践例を蓄積したデータベース等は見受けられず、既存の教育実践事例を直接分類することは困難である。

そこで本稿では、人工知能と教育に関する学術論文を収集し、それらの論文において、人工知能に関する教育がどのように取り上げられているかを調査することにより、分類の検討を行った。学術論文は理論研究や実践研究等、さまざまなものがあるが、その中から人工知能に関する教育の実践を扱った文献を抽出し、分析対象とする。

分析は 2 つの調査からなる。まず、パイロット調査として CIEC 学会誌『コンピュータ&エデュケーション』Vol. 45 の特集論文を分析し、学術論文を用いた検討が

可能であることを確認した。次に、本調査として、人工知能学会ならびに教育系の諸学会が公開している論文の中から、人工知能と教育を扱っているものを抽出し、同様に分析を行った。

4.2 パイロット調査：CIEC 学会誌論文の分析

パイロット調査として、CIEC の公式学会誌である『コンピュータ&エデュケーション』Vol. 45 における特集「AI 時代における教育と学習について考える」に掲載された6本の論文を対象に分類を試みる。以下、簡単のためそれぞれ論文A～Fと表記する。

- A. 山田誠二：“人工知能 AI の現状と教育への影響”⁽⁹⁾
- B. 小宮山利恵子：“諸外国における AI を用いた教育の現在と課題”⁽¹⁰⁾
- C. 廣瀬英雄：“ラーニングアナリティクス指向学習支援：大規模オンラインテストシステムを用いた事例から”⁽¹¹⁾
- D. 宮崎佳典，相馬あおい，厨子光政，法月健：“英単語並べ替え問題における機械学習による学習者の迷い検出の試み”⁽¹²⁾
- E. 亀田久雄：“「AI サポーター」を活用した自発的学習の促進”⁽¹³⁾
- F. 面川怜花，松浦執：“「ロボットに命はあるの？」：人とロボットの心を考えた小学校2年生道徳の授業”⁽¹⁴⁾

論文 A は、人工知能の現状を解説した総説的論文であるが、その中で知的教育システム ITS と呼ばれる分野を紹介している。ITS は人工知能を活用した教育システムであり、人工知能そのものを学ぶものではないことから、「人工知能活用教育」の事例ととらえることができる。

論文 B は、米国、中国、アフリカ、日本における教育実践を紹介した論文である。個別学習への対応や反転授業への応用、AI による教師システム等が紹介されており、多くの「人工知能活用教育」の事例に触れることができる論文になっている。

論文 C は、ラーニングアナリティクスを取り上げた論文である。分析の中で機械学習等の人工知能に関係する技法を活用しており、「人工知能活用教育」の一事例と考えることができる。

論文 D は、英単語並べ替え問題の履歴データ分析において、機械学習等の人工知能に関係する技法を活用した論文である。この論文自体は学習者の「迷い」に着目したものであり、人工知能を活用した学習システムそのものを主眼に置いたものではない。そのため論文 D は「人工知能に関する教育」を扱った研究ではない。しかしながら、人工知能（に関する技法）を教育の分析部分に取り入れており、教育の分析・評価等は広義の校務に含まれることから、これは「校務における人工知能活用」の事例とみなすことができる。

論文 E は、自発的学習を促進するために「AI サポーター」と呼ばれる機能を実装し、その効果を測定したも

のである。人工知能は教育のサポートとして機能していることから、「人工知能活用教育」の事例とみなすことができる。

論文 F は、小学校道徳の授業でロボットのコミュニケーション機能を取り上げ、命に関する授業実践を行ったことを報告する論文である。授業の目的は道徳科の目的が設定されていることから、人工知能（ロボット）は教材として活用されている。その一方で、人間とロボットの心の相違を考察するためには、人工知能に関する最低限の理解が必要であり、この実践でもそうした学習が盛り込まれている。これらのことから論文 F は、「人工知能活用教育」を主としつつも、「人工知能教育」を含んだ教育としてとらえることができる。

4.3 パイロット調査の結果

パイロット調査における検討の結果、延べ数で「人工知能教育」に該当するもの1件、「人工知能活用教育」に該当するもの5件、「人工知能に関する教育」ではないが「校務における人工知能活用」に該当するもの1件という分類が得られた。

この分類からわかるように、人工知能に関する教育の実践事例や研究論文では、人工知能活用教育に関するものが圧倒的多数を占めている。一方で、人工知能教育に関するものは少数派であり、多くの教育実践が人工知能を所与のものとしてとらえ、その本質の検討よりも活用の可能性について主眼を置いていることが明らかになった。

パイロット調査の結果から、本稿で提案した人工知能に関する教育の分類に基づき、既存の教育実践がどのように分類されるのかについての検討において、学術論文を用いた検討が可能であることを確認した。

4.4 本調査：人工知能と教育に関する学術論文の分析

パイロット調査により、学術論文を用いて人工知能に関する教育の動向を探ることが可能であることが示された。本調査では対象数を拡大し、人工知能と教育に関する学術論文を分析した。

分析対象の文献は、国立情報学研究所が運営する論文データベース「CiNii Articles」を用いて、次のそれぞれの検索によって得られたものとした。

- a. キーワード「(学校 OR 初等 OR 中等)AND 教育」, 出版者「人工知能学会」
- b. キーワード「人工知能」, 出版者「教育学会」

検索 a では、人工知能学会の出版物に発表された文献のうち、「学校、初等、中等のいずれかの語を含み、かつ、教育の語を含むもの」が抽出される。検索 b では、「〇〇教育学会」のような名称を持つ学会の出版物に発表された文献のうち、「人工知能の語を含むもの」が抽出される。いずれの検索も、調査対象の文献を網羅的に抽出するものではなく、一定量の検索漏れやノイズが想定される。ノイズには、学校教育実践を扱っていない論文等（モデル研究や理論研究等）が含まれる。ま

た、CiNii データベースに本文や抄録等の収録がない文献は内容の詳細が確認できないため、分析が困難である。このような分析対象にできない文献（以下、ノイズ等）については目視で判断し、除外した。

CiNii Articles を用いて文献検索を行った結果、検索 a は 58 件がヒットし、ノイズ等 31 件を除いた 27 件を抽出した。検索 b は 44 件がヒットし、ノイズ等 33 件を除いた 11 件を抽出した。これらの検索結果に重複はないため、単純に足し合わせた合計 38 件の論文を分析対象とした。

4.5 本調査の結果

抽出した 38 件の文献について、パイロット調査と同様に分析を行った結果、人工知能教育に関する文献 5 件、人工知能活用教育に関する文献 25 件、校務における人工知能活用に関する文献 10 件という分類が得られた。これらの件数は延べ数であり、人工知能教育と人工知能活用教育の両方に関する文献は 2 件であった。

人工知能教育に関する文献としては、高等学校情報科で機械学習を題材とした授業実践¹⁵や、中学校理科における人工知能を題材とした授業実践¹⁶等を扱った文献が見出された。人工知能活用教育に関する文献としては、発達障害児とロボットとの共同学習¹⁷や、自然言語処理による音楽表現辞典の作成と教育効果検証¹⁸等を扱った文献が見出された。校務における人工知能活用に関する文献としては、画像からの姿勢推定による集中度の評価¹⁹や、対話的作問学習支援システムの開発・評価²⁰等を扱った文献が見出された。

結果整理の最後に、CiNii Article 検索結果にノイズ等が多く含まれていたことについて検討を行う。今回の調査で除外したノイズ等は、CiNii に本文・抄録等が掲載されていないものが 37 件を占めており、検索キーワードが十分に洗練されていないことに起因するノイズ等がほとんどであった。また、高等教育を対象にした研究や、実践を伴わない理論研究等も何件か含まれており、ノイズとして扱った。今後さらなる調査を行う際はより適切な文献の収集を実現するため、検索キーワードの再検討が必要であるが、この点については今後の課題としたい。

4.6 パイロット調査ならびに本調査からの考察

パイロット調査、本調査のいずれにおいても、人工知能教育の件数が少なく、人工知能活用教育の件数が多いという結果が得られた。また、校務における人工知能に関する件数もある程度認めることができおり、人工知能が教育分野においても幅広く活用されていることが明らかになった。

人工知能活用教育と比較して人工知能教育の件数が少ないことに関しては、さまざまな理由が想定される。その理由のひとつとして、現在の学校教育において、教育課程（カリキュラム）に人工知能教育を挿入する余裕がないことが考えられる。人工知能活用教育の場合、既存の教育において人工知能を道具・手段として導入すればよいが、人工知能教育を実践するためには、人工知能そのものを学ぶ機会を確保する必要が生じる。学習

指導要領等において人工知能への言及が少ない現状を考えると、人工知能教育の少なさは仕方のないことともいえる。

また、現在の学校現場では、人工知能教育の必要性が感じられていないということもあるだろう。第三次ブームが始まってある程度の期間が経過し、人工知能が一般市民にとっても身近な存在になりつつあるとはいえ、人工知能を学校教育で扱う意義については、今後の技術的發展や社会の変革等を踏まえた啓蒙活動が必要になると考えられる。

もちろん、本研究の分析結果は、既存の人工知能活用教育や、それに関する研究成果を否定するものではない。これだけ多くの人工知能活用教育が実践され、論文等で広く公開されていることは、人工知能に関する教育の発展の可能性を示唆するものであり、今後も多くの実践がなされることを期待するところである。

その一方で、人工知能そのものを扱う教育が少ないことは、人工知能の本質的意義を理解した人材育成がまだ不十分であることを示唆している。人工知能が社会でますます活躍する未来が予測されている以上、初等中等教育においても人工知能教育を実践していくことが求められる。

5. 人工知能教育の推進に向けた検討

5.1 人工知能教育のアプローチ

人工知能に関する教育を推進するためには、互いに関わり合う「人工知能教育」と「人工知能活用教育」がバランスよく実践されることが望ましいといえる。しかしながら調査・分析により、人工知能教育と比較して人工知能教育の実践が不十分であることが明らかになった。そこで、人工知能教育をさらに分類し、教育実践を推進するための方策について検討する。

人工知能教育にはいくつかのアプローチが想定される。その教育を分類する方法として、本稿では文部科学省による情報活用能力（「情報活用の実践力」「情報の科学的な理解」「情報社会に参画する態度」の三観点）の定義にならい、次のような分類を提案する。本稿では便宜上、この分類を「人工知能教育の三分類」と呼ぶことにする。

1. 人工知能の活用に関する教育
2. 人工知能に対する科学的理解を目指す教育
3. 人工知能と社会の関わりを考える教育

「人工知能の活用に関する教育」は、人工知能が使われている既存の技術・ツール等を活用するための教育である。人工知能を活用すればどんなことができるようになるのかを知る教育でもあり、他の 2 つの教育の基礎となるものとして位置づけられる。

「人工知能に対する科学的理解を目指す教育」は、人工知能の仕組みを科学的側面（理学・工学等の分野）から考える教育である。人工知能の基礎技術である機械学習やディープラーニングについて学んだり、実際に人工知能を活用したシステムを開発したりすることも含まれる。

「人工知能と社会の関わりを考える教育」は、人工知能によって私たちの社会がどのように変革するのか、私たちは人工知能社会にどのように参画していけばよいか、といった観点を扱う教育である。社会的側面（人文・社会科学等の分野）からのアプローチが必要となる教育である。

5.2 初等中等教育における人工知能教育の可能性と限界

初等中等教育において人工知能教育を推進する上で問題となるのが、人工知能についてどこまで深入りできるのかという点である。人工知能は現代における最先端技術のひとつであり、その仕組みは複雑である。また、人工知能そのものの定義が曖昧である点を考えると、「人工知能とは〇〇である」と短絡的に指導することも困難である。

大学等の高等教育、あるいは高等学校の専門学科等であれば、人工知能の科学的側面を深掘りし、実際に人工知能を創ってみるような教育も可能であると考えられるが、初等中等教育において多くの児童生徒に普遍的に指導する上では、科学的側面の深掘りはどうしても限界があると考えられる。そのため、初等中等教育において人工知能教育を実践する上では、人工知能が社会にどのような影響を与えるのかについて、社会的側面からアプローチしていくことが主となるであろう。

5.3 人工知能教育における科学的側面の扱い

初等中等教育における人工知能教育では、科学的側面の扱いが困難であるとはいえ、それらをまったく扱わないというのは問題である。人工知能に限らず、技術はその原理やしくみを正しく理解しなければ応用することは難しい。人工知能をただ指示されたとおりに使うだけでなく、積極的に活用できる能力を育成するためには、人工知能教育において科学的側面についてもできる限り扱っていくことが必要であると考えられる。

初等中等教育における人工知能教育で科学的側面の学びを深める方法として、教科教育等で実践される統計教育やプログラミング教育との関わりを活用するアプローチが考えられる。新学習指導要領では、初等中等教育における統計教育が重視されている。統計学は人工知能（特に機械学習等の基盤）を構成する基礎学問のひとつであり、統計学を学ぶことは人工知能の基礎技術の理解につながる。例として、数学等の教科学習で統計学を扱う際、その応用事例として人工知能への活用を取り上げれば、これは人工知能教育としての側面を併せ持つ学習となる。

また、新学習指導要領では小学校にプログラミング教育が導入され、これによって小・中・高の各校種でプログラミングを体系的に学ぶ環境が整った（中学校は技術・家庭科（技術分野）、高等学校は情報科等でプログラミングを扱う）。プログラミング教育の実践において、既存のAPI等を活用した簡単な人工知能を開発するような演習を取り入れることで、初等中等教育段階においても、科学的側面を意識した人工知能教育が実践可能である。

なお、人工知能に対する科学的理解を目指す教育を実践する際は、教育対象である児童生徒の発達段階や理解度、興味関心等を踏まえ、適切なレベルの内容を扱うよう留意することが求められる。人工知能は高度な技術を多用しているため、むやみに実践すると不必要に難解すぎる内容の教育に陥りかねない。あくまでも初等中等教育段階であることを意識し、将来的に高等教育等での学びに接続することを見通したレベルの選定が必要であり、その判断には児童生徒理解が欠かせない。

5.4 人工知能教育と人工知能活用教育の関係

図1に示したとおり、人工知能教育と人工知能活用教育は、その両方の要素を含む教育実践も想定される。前述のパイロット調査では、論文Fがこれに該当していた。

人工知能教育の推進にあたっては、人工知能教育を単独で実践するよりも、人工知能活用教育と関わりを持ちながら実践するほうが、ハードルは低いものと考えられる。人工知能教育を単独で実践するためには、人工知能について学ぶという学習目標を設定する必要があるが、すでに確認したとおり、新学習指導要領では人工知能に関する明確な記述が少なく、教育実践において人工知能教育を導入する余地が少ない。しかし、人工知能活用教育であれば既存の教育実践において人工知能を組み合わせればよく、その中で人工知能そのものを付带的に扱うことができれば、人工知能教育としての実践にもなり得るだろう。

今後の教育課程の改訂や、教育実践の蓄積によっては、単独の人工知能教育が増加する可能性もあるが、本稿は現実的な方向性として、人工知能教育と人工知能活用教育の両方の要素を含む教育実践の可能性を模索する。次節では、具体的な教材を取り上げ、人工知能教育を盛り込むことを検討する。

6. 小学校国語科における実践の検討例

6.1 教科書に掲載されている教材

新学習指導要領は、小学校・中学校が2017（平成29）年、高等学校・特別支援学校が2018（平成30）年に改訂されている。これらのうち、小学校学習指導要領については2020（令和2）年度より全面実施されており、教科書についても当該学習指導要領に準拠したものが使用されている。

教育出版が作成した小学校5年生国語科の文部科学省検定済教科書『ひろがる言葉 小学国語 五上』（令和2年度版）には、「AI とのくらし」という教材（以下、本教材）が掲載されている⁽²⁾。本教材は、人工知能について対立する二つの立場から「ミニディベート」を行い、児童が自分の考えを広げるものであり、同教科書の教師用指導書によると、総配当時数として6時間を意図した教材となっている。

本教材では、児童が人工知能の利点と問題点の両方の立場から資料を収集してディベートを行うが、教科書に掲載されている意見の例として、利点の立場からは、お年寄りを楽しませる、野菜の状態を識別し収穫す

る、といったものがあり、問題点の立場からは、想定外の発言や行動には対応できない、人間の仕事が奪われたり人間を不幸にしたりしている、といったものが挙げられている。

6.2 人工知能教育への発展

本教材は人工知能についての深い理解を意図したものではなく、教材の主たる意図としては、あるテーマについて異なる観点から意見を出し合い、自分の考えを広げるといったものである。国語科の教材であるから、学習目標は当然ながら国語科の目標が設定されており、人工知能について学ぶことは主眼ではない。すなわち、本教材は人工知能活用学習の事例の一つとしてとらえることができる。

しかし、本教材の単元を学習するためには、人工知能そのものに対する知識・理解も必要である。たとえば、教科書にはミニディベートの参考となる考え方として、人工知能が野菜の状態識別に使われていることや、人工知能によって人間の働き方が変わりつつあることが扱われている。これらは人工知能の具体的な活用について学んでいなければ知り得ないことであり、本教材はそうした知識がミニディベートの前段階として児童に備わっていることを前提としている。つまり、本教材を用いた実践を行うためには、事前学習として人工知能学習が不可欠である。

なお、本教材ではミニディベートの前段階として「テーマを決めて、調べる。」「話し合いの準備をする。」という学習活動が設定されており、この部分が人工知能学習になることが期待できる。ただし、この部分については教科書、教師用指導書ともに、人工知能についての知識や、参考文献の案内等は記されておらず、担当する教師が十分な教材研究を行い、児童が人工知能について調べられる環境を整備しておかなければ、人工知能学習としての実践は困難であることが危惧される。

6.3 人工知能学習を盛り込む方策の提案

本教材において人工知能学習を盛り込むためには、次の各点が必要になると考えられる。

- 教師による十分な教材研究（人工知能に関する知識・理解を含む）
- 児童が人工知能についての資料を収集できる環境の整備

教師による十分な教材研究については、もちろんすべての教師が毎時必ず実践していることである。しかし本教材においては、それに加えて人工知能について教師自身が知識を身につけ、理解しておくことが求められる。授業において児童がどのような資料を収集し、どのような意見を持つのかを見通すためにも、まずは指導者である教師自身の知識・理解が必要となる。

児童が人工知能についての資料を収集できる環境の整備としては、学校図書館を使った図書等の調べ学習や、コンピュータ室でインターネットを使った調べ学習等が考えられる。整備する環境は学校等によって異

なるものになるが、学校図書館であれば関連図書の特設コーナーに集めておいたり、インターネットであれば有用なリンク集を校内サイトに掲載しておいたりすることにより、調べ学習の効率化を図ることも可能である。人工知能は新しい技術であるため、インターネット上の最新ニュース等が価値を持つ反面、信憑性の低い資料も多く見受けられる。

なお、ここでは人工知能学習を盛り込む方策として教材研究と環境整備を取り上げたが、いずれも通常の授業実践において教師が取り組んでいることである。すなわち、人工知能学習を盛り込むために特別な方策が必要となるのではなく、ごく普通の授業づくりの中で、人工知能を意図的に盛り込んでいくことが求められるということである。

7. おわりに

7.1 本稿のまとめ

本稿では、近年ブームを巻き起こしている人工知能を取り上げ、初等中等教育において人工知能に関する教育を推進するために必要となる基本的概念の整理を行った。人工知能は一過性のブームにとどまるのではなく、我々の社会や生活を大きく変容させるものになることが期待されている。これからの社会を生きる子どもたちを育てる初等中等教育において、人工知能に関する教育を取り入れていくことは、これからの教育の方向性として外せないものになるだろう。

本稿では、人工知能に関する教育を人工知能教育と人工知能活用教育に分類することができることを提案した。さらに、校務における人工知能活用の可能性についても言及した。既存の教育実践や研究論文では、人工知能活用教育が多数を占めており、人工知能教育の数は多くない。しかし、人工知能の適切な活用を目指すためにも人工知能教育は必要であり、今後は既存の教育を拡張したりしながら、人工知能教育を推進していくことが求められる。

本稿で提案した人工知能と初等中等教育の関わりは、図2のように整理される。

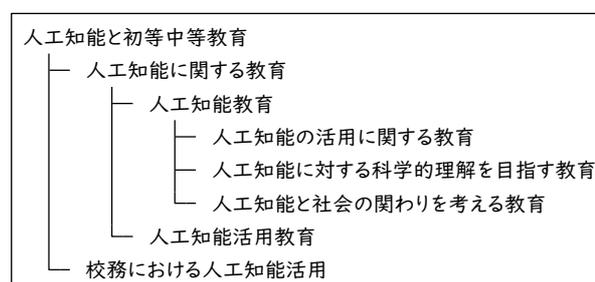


図2 本稿が提案する分類

7.2 今後の展望

本稿では人工知能を特別に取り上げ、その教育への関わりを検討したが、今後は人工知能だけでなくさまざまな技術等が登場し、我々の社会や生活を変容させていくことが想定される。本稿はそうした未知の技術を扱う際にも援用できるものであり、教育のさらなる発展にも寄与するものである。

人工知能そのものを教育の中で扱っていくためには、人工知能に関する議論の視点を明確化することも重要であろう。特に、科学的側面への深入りが難しい初等中等教育段階においては、人工知能の社会的影響を取り上げることが多くなると考えられる。たとえば人工知能によって我々の仕事がどのように変化するのかといった問いは、ニュース等でも度々話題になるものである⁽²⁾。また、近年では人工知能と責任概念の関わりに着目する研究⁽²³⁾もあり、今後は児童生徒が道徳の授業等で「責任」というものを考える際に、人間と人工知能の相違点等を踏まえて議論するような実践事例も出てくるであろう。工学だけでなく、人文学の視点から人工知能を考察する研究も活発に行われている⁽²⁴⁾。

人工知能が我々の未来をどのように変容させるのかについては、専門家にも見通せないことが多く、状況は刻々と変化を続けている。初等中等教育もそうした社会の変化に敏感になり、新しい時代を支える人材の育成に貢献しなければならない。本稿で提案した人工知能に関する教育の分類は、あくまでも実践を支える学問上の分類である。今後は本稿で提案した学問的背景を元に、具体的な実践が多数行われ、それらの分析や検討が活性化することが期待される。

謝辞

本研究は、科学技術振興機構 (JST) 社会技術研究開発センター (RISTEX) 「人と情報のエコシステム」領域 (HITE) における研究開発プロジェクト「自律機械と市民をつなぐ責任概念の策定」(JPMJRX17H3) の受託研究費による成果に基づくものである。また、情報教育に関する部分については、JSPS 科研費 JP17K14048 の助成を受けた成果を含んでいる。

参考文献

- (1) 松尾豊：“人工知能は人間を超えるか：ディープラーニングの先にあるもの”，pp.60-62, KADOKAWA (2015) .
- (2) 人工知能学会監修，松尾豊編著：“人工知能とは”，近代科学社 (2016) .
- (3) 市瀬龍太郎：“【記事更新】教養知識としての AI [第 1 回] AI ってなに？” (人工知能学会ウェブサイト) https://www.ai-gakkai.or.jp/comic_no1/, (2020 年 12 月 3 日閲覧) .
- (4) 西垣通：“AI 原論：神の支配と人間の自由”，pp.117-118, 講談社 (2018) .
- (5) 中央教育審議会：幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について (答申) (中教審第 197 号)，(2016) .
- (6) 中園長新：“高等学校情報科における人工知能の扱い：学習指導要領解説の記述から”，情報処理学会研究報告 コンピュータと教育 (CE)，Vol. 2020-CE-157, No. 13, pp.1-8 (2020) .
- (7) 文部科学省：“教育の情報化に関する手引：追補版 (令和 2 年 6 月)”，(2020) .
- (8) 久保田賢一：“情報通信技術 (ICT) の発展と教育の展望”，ICT 教育のデザイン (水越敏行，久保田賢一編)，pp.9-26, 日本文教出版 (2008) .
- (9) 山田誠二：“人工知能 AI の現状と教育への影響”，コンピュータ&エデュケーション，Vol. 45, pp.12-16 (2018) .
- (10) 小宮山利恵子：“諸外国における AI を用いた教育の現在と課題”，コンピュータ&エデュケーション，Vol. 45, pp.17-22 (2018) .
- (11) 廣瀬英雄：“ラーニングアナリティクス指向学習支援：大規模オンラインテストシステムを用いた事例から”，コンピュータ&エデュケーション，Vol. 45, pp.23-30 (2018) .
- (12) 宮崎佳典，相馬あおい，厨子光政，法月健：“英単語並べ替え問題における機械学習による学習者の迷い検出の試み”，コンピュータ&エデュケーション，Vol. 45, pp.31-36 (2018) .
- (13) 亀田久雄：“「AI サポーター」を活用した自発的学習の促進”，コンピュータ&エデュケーション，Vol. 45, pp.37-40 (2018) .
- (14) 面川怜花，松浦執：“「ロボットに命はあるの？」：人とロボットの心を考えた小学校 2 年生道徳の授業”，コンピュータ&エデュケーション，Vol. 45, pp.41-47 (2018) .
- (15) 春日井優，森本康彦：“機械学習を題材とした授業の検討と実践”，日本情報科教育学会誌，Vol. 11, No. 1, pp. 47-52 (2018) .
- (16) 市原猛，山本高広，片平克弘：“中学校理科における人工知能を事例とした教授に関する一考察”，日本科学教育学会研究会研究報告，第 32 巻第 7 号，pp. 15-20 (2018) .
- (17) ジメネス・フェリックス，吉川大弘，古橋武，加納芳芳，中村剛士：“発達障害児とロボットとの共同学習における学習効果”，人工知能学会全国大会論文集 JSAI2017, p. 2N21 (2017) .
- (18) 丹治信，田村哲哉，中村武弘，美馬秀樹：“ことばによる音楽の表現辞典の作成と児童教育での効果の検証”，人工知能学会全国大会論文集 JSAI2014, p. 2F40S01a2 (2014) .
- (19) 藤白智也，浅利恭美，宮田真宏，山田徹志，大森隆司：“授業中の画像からの姿勢推定による集中度の評価”，人工知能学会全国大会論文集 JSAI2020, p. 2C1GS1203 (2020) .
- (20) 平嶋宗，岡本真彦，横山琢郎，竹内章：“単文統合型の対話的作問学習支援システムとその評価”，人工知能学会全国大会論文集 JSAI08, p. 148 (2008) .
- (21) “AI とのくらし”，ひろがる言葉 小学国語 五上 (文部科学省検定済教科書)，pp.112-117, 教育出版 (2020) .
- (22) 野村総合研究所：“日本の労働人口の 49%が人工知能やロボット等で代替可能に：601 種の職業ごとに，コンピューター技術による代替確率を試算”，https://www.nri.com/-/media/Corporate/jp/Files/PDF/news/newsrelease/cc/2015/151202_1.pdf (2020 年 12 月 3 日閲覧) .
- (23) 荒井弘毅：“「知的な機械・システム」と責任に関する意識”，人工知能学会誌，33 巻，3 号，p. B-H32_1-7 (2018) .
- (24) 松浦和也編著：“ロボットをソーシャル化する：「人新世の人文」10 の論点”，学芸みらい社 (2021 年 1 月刊行予定) .

(2020 年 12 月 6 日 受付)

(2021 年 1 月 31 日 採録)

大学生の基盤能力開発とテキストマイニングによる理解度評価

Literacy Development for Students and Comprehension Evaluation by Text Mining

笹谷 康之*1

Email: sasatani@se.ritsumei.ac.jp

*1: 立命館大学 理工学部 環境都市工学科

抄録

大学の科目にとって共通する基盤・資質は、レポート作成能力、ICTスキル、問題発見解決能力の3能力と捉えられるが、残念ながら多くの大学生にこれらが欠けている。そこで、LMSのmanaba+R、Googleフォーム、Zoom、A4判PDFレポート作成、VPN接続で新聞を読む、メールネチケット、Wikipediaの執筆・編集、レポート相互評価、チェックリストを使った提出物の事前確認を指導した。振り返りアンケートの自由記述をAIテキストマイニングにかけて、一般的文書と異なり当該文書の重み付けを高くした単語のスコアを使ってテキストの意味を解釈して、教育効果を検討した。この試みで、3能力を効率的・効果的に開発でき、AIテキストマイニングの利用で学生の理解度を測るための具体性を表現する単語を見つけやすくなり、教育改善に役立った。特に、チェックリストを使った提出物の確認の徹底と、レポートの相互評価の実施が効果的だった。

◎Key Words テキストマイニング, レポート作成能力, ICTスキル, 問題発見解決能力, 理解度

1. はじめに

コロナ禍により、対面授業からZoomを用いたオンライン同期授業に変化して、知識を問うことの多い期末試験がなくなり、オンラインで提出するレポート課題の位置づけが大きくなった。この結果、学生が提出するレポートのICTスキルと作文力の能力差が目立った。能力的に劣る学生は、引用と剽窃の違いすら判断できず、レポート以前の問題でつまづいた。また、日常的なコミュニケーションを深めるためにLMSだけに頼らずにメールでのやり取りをすると、ネチケットがわかっていない学生が大半を占めた。

「OECDの2018年調査によると、『デジタル端末を授業に取り入れるために必要な技術や指導力を持つ』と校長が評価している学校に通う15歳の生徒の割合は日本では27.3%だった。参加79カ国・地域で最下位だ」⁽¹⁾という、中等教育のICT教育の遅れを指摘する衝撃的な記事がある。

初中等教育では、感想文・作文に留まり、レポート作成はほとんど指導されていない。よって、出典を明記してそのデータや論説を論拠に批判的に主張するレポートの指導に苦悶する大学教員の報告が夥しい。

また、「主体的・対話的で深い学び」を修得していない学生の実態を踏まえ、PBL等の問題発見解決能力の開発についての大学教員の報告も数多い。

初中等教育の新学習指導要領では、すべての教科の学習の基盤となる資質・能力として、言語能力、情報活用能力、問題発見・解決能力が求められているが、残念ながら多くの大学生にこれらの基盤が欠けていると言えよう。より大学生向きにこの3能力の中身を絞って明確化すると、レポート作成能力、PCファーストのICTスキル、問題発見解決能力と言えよう。

そこで、2020年のZoomを用いた「技術者倫理」等の4科目のオンライン授業において、学生のレポート作成能力、ICTスキル、問題発見解決能力の底上げを重

視する新しい取り組みの授業を行い、その到達点と課題を速報した⁽²⁾。この課題を踏まえ、春秋とも開講する「技術者倫理」の秋学期では、教材を精選して再整理し、自作のチェックリストによって提出物の不備を確認する手法を採用し、レポートを相互評価させて学ばせることを試みた。この結果、受講学生のアンケートの自由記述に手ごたえを得たので、AIテキストマイニングの可視化を利用して、この成果を報告する。

2. 方法

「技術者倫理」は、技術士資格取得にとって必須の分野であり、工学系の学部ではどこでも開講されている。対象とする科目は立命館大学理工学部の全学年全学科が受講できる2020年春学期と秋学期の「技術者倫理」である。授業の約半分は、実務に携わる技術士の非常勤が担当し、NASAチャレンジャー号事故、水俣病、JCO臨界事故、JR尼崎事故、三大研究不正等、著名な事例をビデオとともに講義している。筆者の担当は、この前座とも言え、SDGs、知的所有権、情報倫理等を扱って、事故や不正の原因を1年生でも理解できるように基礎を教えることである。

春秋両学期の、受講登録者、実質受講者、TAの人数、受講学年、教員の授業負担は、表1のとおりである。TAにはZoom授業の補助や、レポートの形式チェックを担当させた。「卒業研究」「計画実習」「CAD演習」等の手間のかかる実習・演習を除けば、コロナ対応も含めて、2020年春学期の「技術者倫理」は筆者の今までの授業の中で最も時間をかけ、学生を丁寧にフォローした。ちなみに2020年度の他の担当科目は、元々ICTを多用していたこともあり、コロナ禍でも授業の準備時間は増えていない。

春学期は授業回数を減らして、表2の手法で5月から開始した。春学期の授業の手法は、次の7点に整理できる。

表1 春秋学期の授業の枠組み比較

	春学期	秋学期
受講登録者	200名	52名
実質受講者	131名	35名
アンケート回答者	131名	32(31)名
TA	2名	2名
実質受講1年生	91名 69%	32名 91%
筆者の担当回数	7/11回	(7/8)回
筆者の授業負担	大幅増	横這い

秋学期の回答者は、自己評価が32名、相互評価が31名
秋学期の担当回数はデータ集計時点で、学期末は8/15回予定

1. manaba+R：教材配布，レポート提出，出席カードのアンケート，掲示板
2. Google フォーム：振り返りアンケート，小テスト
3. Zoom：受講生全体への同期型講義配信，ブレイクアウトセッション
4. A4判PDFレポート課題：ワープロ文書のPDF化，出典明記，URLリンク，図版の挿入，本文の主張を端的に表すタイトルの徹底
5. VPN接続で4大新聞を読む：大学図書館にVPN接続して4大新聞(特に日経)を読む
6. メールネチケット：To・Cc・Bccの違い，件名，氏名，宛名，スレッド
7. Wikipediaの執筆・編集：特筆性・信頼性・中立性がある文章，Wikiマークアップ言語の編集，Wikimedia Commonsへの写真のアップ

秋学期の授業の手法は、さらに次の2点を追加した。
秋学期は、全体で15回の授業の8回目までの内、筆者が7回担当した時点で集計している。

1. チェックリスト：春学期はレポート作成で、秋学期はWikipediaとメールを加えて、自作のチェックリストを作成させ、提出前の確認に使わせた。
2. レポートの講評と相互評価：春学期では良い悪いレポート例を挙げて講評したが、秋学期では学生同士に相互評価をさせることを加え、そこから学べる教訓を記述させた。

表2 授業方法の比較

ツールと手法	2019年	春学期	秋学期
manaba+R	○	○	○
Google フォーム		○	○
Zoom		○	○
A4判PDFレポート作成	△	○	○
VPN接続で新聞を読む		○	○
メール(ネチケット指導)	△	○	○
Wikipediaの執筆・編集	△	○	○
レポート相互評価			○
チェックリスト		△	○

○：全面的に採用，△：一部採用

3能力別にみると表2の手法は次のように整理できる。

1. レポート作成能力：氏名，本文の端的な要約を示すタイトル，出典を明記し，中学教科書的な本文のA4判レポートとWikipediaの記事を作成すること。
2. ICTスキル：メールネチケットを守り，PCファーストでA4判PDFレポートと，Wikiマークアップ言語を効率的に編集すること。効率的なWeb検索，図書館へのVPN接続，ワープロを使い図版を含めたレイアウトやURLリンクを行う。
3. 問題発見解決能力：ミスを少なくする守りの予防倫理であるチェックリストと，より善い社会を築くための攻めの志向倫理の6WIH，SWOT分析，SDGsイシューマップ³⁾を活用すること。

Google フォームを用いたアンケート設計は、以下のとおりである。学生にはアンケート内容は成績に反映させないと断っている。

【両学期の自己評価】

春学期実施日：2020年7月21日

秋学期実施日：2020年11月4日～10日

質問内容：3能力向上について3段階自己評価とその各理由

【秋学期のレポートの相互評価】

秋学期実施日：2020年11月17日～27日

質問内容：他者のレポートの中から優秀者を選び、そこから得られた今後のレポート作成の教訓

3能力向上の自己評価の文書を一読しても、春秋学期の差がわかりにくかった。そこで、春学期と秋学期の3能力向上の理由，秋学期の相互評価の学びの7種の文書を、AIテキストマイニングにかけた¹⁾。さらに、春学期と秋学期の3能力向上の理由を比較した。「テキストマイニングでは、『一般的な文書でよく出る単語は、重要ではないため、重み付けを軽くする』、『一般的な文書ではあまり出現しないけれど、調査対象の文書だけによく出現する単語は重視する』仕組みを取り入れ、そのロジックとして、TF-IDF法という統計処理をしている¹⁾。その重み付けが、単語のスコアである。

本研究では、AIテキストマイニングで出力される図表の中から、単語の傾向が明瞭な次の3点を用いた。

1. スコア順のワードクラウド：スコアが高い単語を複数選び出し、その値に応じた大きさで図示している。単語の色は、青色が名詞，赤色が動詞，緑色が形容詞，灰色が感動詞を表している¹⁾。
2. 出現単語の学期別分類：両学期の2つの文章に出現する単語の偏りを5グループに分類している。グループ中の単語は出現頻度が多い順に並ぶ傾向がある¹⁾。
3. 出現単語の学期別シェア：両学期の2つの文章に出現する単語の偏りの百分率を、名詞，動詞，形容詞に分けて表にしている。傾向が読み取りにくい動詞の表は割愛した。グループ中の単語は出現頻度が多い順に並ぶ傾向がある¹⁾。

¹⁾ ユーザーローカルテキストマイニングツール(2020年11月26日利用) <https://textmining.userlocal.jp/> による分析

直す」「読み直す」といったチェックリストでレポート作成時の提出前確認をする動詞や、表5の秋学期では「読みやすい」「見やすい」といった、筆者でなく読者の視点からの形容語が特徴的である。

表5の名詞を見ると、春学期はすべて50%以下となっている。これに対して、秋学期の名詞は、出現頻度が一般的に高く、「タイトル」「出典」「課題」「基本」「チェックリスト」といった、レポート作成に重要な単語が多かった。

表5の春学期の形容詞は、「少ない」「わかりやすい」「深い」である。この単語の文例は、「通常講義は少ないものだと1 Semester内に2回程しかレポートを作成する機会が無いが、本講義の良いところは作成したもののうち悪い例と良い例を上げてフィードバックしているところだ」「先生がタイトルで課題を見ると発言されていたので普段よりもタイトルをわかりやすいものにしようと深く考えることができた」である。

表5の秋学期の形容詞は、「読みやすい」「大きい」「重い」である。この単語の文例は、「誰にでも読みやすい文章の書き方や、適切な文献の選択能力が身についたから」「そもそも余白に関して考えたこともなく、文字の大きさなどにも注意できていなかった。そんな基本的なことから学ぶことができ、レポート作成能力は間違いなく向上していると考え」「毎週の課題の1つ1つが重かったために、課題に取り組む時間が長くなったため」である。よって、形容詞の記述からも春学期より秋学期がより具体的になっている。

春学期は、「レポートを一切書いたことがないので書き方もよくわからなかったが手探りでも数をこなしていくうちにレポート作成能力の基本が身についたと思う」のように、一般的な学習経緯を表す文例が多かった。春学期の中で具体的なツール利用の文例は、「Wikipedia 編集で公に公開されるという緊張感をもって文章を作成できたのが、レポート作成能力の向上につながった」「最初にタイトルやユーザ ID などしっかりと書くということを徹底されたため、自分のレポートを要約する能力が身についたと思う。またほかの教科でのレポート作成時にも気を付けるようになった」「アスペクト比を変えてはいけないなど、レポート作成に必要な基礎知識を学べたため。また、引用時の出典表記などにもなれることができた」である。

秋学期のレポート作成能力の文例では、「中学校や高校でこれほど出典の書き方やリンクの貼り方、さらにレイアウトに関して指示されたことはなかったが、卒業論文やこれから仕事をしていく上で必要な基本が身に付いた」「出典の正しい載せ方と、どのようなタイトルだと読み手を引き付けられるか考えるようになった」「ルールについて説明を受けたうえ、ひな形等を見せてもらっている。記述すべき点はチェックリストに書き込むことでリマインドできている」「授業内でレポートを作成するときの注意点を学び、チェックリストを作り、間違えるたびにチェックリストに追記していったから」と、具体的なツールの利用例が記されている。

Wikipedia 学習は、Wiki マークアップ編集や Wikimedia Commons への写真のアップロードの ICT スキルの側面

を除けば、レポート作成能力のテーマとなる。

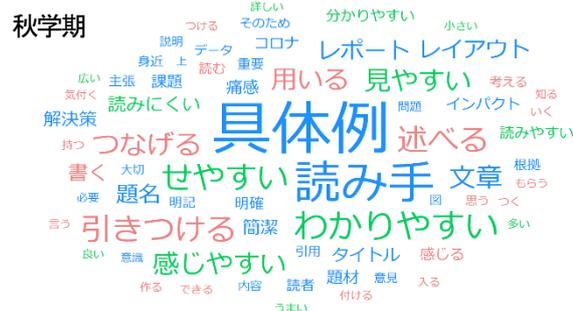


図2 秋学期のレポートの相互評価のワードクラウド

図2より、秋学期のレポート相互評価のワードクラウドでは、31名中4名が「具体例」を挙げており、このスコアが最大になったことが特筆できる。授業では、レポートのレイアウト例は示したが、用いたスライドや口頭で「具体例」という単語を使っていない。レポート相互評価から学んだ文例では、「時事的な内容を取り込み、読者に親近感を沸かせることでインパクトのある内容になると思う。また具体例などもいれてわかりやすくする」「物事を主張するときに具体例や比較対象、現代の出来事に関連付けて書くことで自分の主張を相手に明確に伝えること」「課題、解決策、結論とわかりやすくとも見やすく説明することが重要である。文字数明記、日付明記を忘れることなく、具体例に数字を加えることで正確性を増すことが重要である」と、理想的な文章が記された。

以上を踏まえると、レポート相互評価のワードクラウドのスコアの高い単語より、『具体例』を『用いて』『読み手』を『引きつけ』、『わかりやすく』『述べて』、『見やすい』『レポート』を『レイアウト』することだと、多くの学生が理解したことがわかる。

5. ICT スキルの開発

図3のICTスキルのワードクラウドの春学期では、「ICT」は設問の反復であり回答として不適切であり、コロナ禍で始まった授業で使う「Zoom」はこの時期らしい。春学期の名詞は、一般的な語でICTスキルを説明しているだけで、抽象的・表層的な理由を述べる傾向にある。これに対して秋学期では、「VPN」「メールネチケット」「PDFファイル」「URL」等の、ICTに関する具体的な名詞が得られた。よって秋学期の名詞は、VPN接続して、キーワードにURLのリンクを貼る等の具体的な作業を示す傾向にある。

表6、表7より、春学期の形容詞は、自分の感覚で「わかりやすい」「見やすい」と印象を述べている。春学期の文例では、「パソコンのメール送信、Zoom、Wikipediaの編集は初めて行ったが、試行錯誤の末、何とかやりきれたと思うから」「Wikipediaの編集がうまくいき、検索すると一番上に表示されるようになっていたから」「WordやWikipediaなどは見るだけだったが、実際に使用・編集したから」「Zoom授業で、周りに友達がいなく、助けてくれる人がいなかったの、自分で調べて試行錯誤することが増えたから、身についたのだと

思う」といった、学びの経緯の記述が多かった。



図3 ICTスキルのワードクラウドの比較

表6 ICTスキルの出現単語の学期別分類

春学期にだけ出現	春学期に頻出	両方に出現	秋学期に頻出	秋学期にだけ出現
わかりやすい 見やすい 利用 活用 社会 いい うまい 新しい やり方 アプリ ネット 能力 ふさわしい 厳しい 大きい 明るい 狭い 長い 難しい も らう 触れる 持つ 行く 述べる	ict レポート 正しい 作成 zoom 使う 理解 ふさわしい 送信 つける わ かる も える い く 行 う	多い できる 身 方法 講 義 ル ール 基本 学 ぶ つ く pdf 機会 悪い 詳 しい 学 ぶ る よ い 少 な い 使 用 検 索 調 べ る W iki 先 生 記 事 デ ータ ベ ー ス 着 け る	vpn 接続 ル ール 情 報 学 ぶ る よ い 少 な い 教 え る 聞 く い た だ く 用 い る 付 く	リンク url 今 回 す ご い 早 い 残 り や す い 高 い ミ ス メ ー ル ネ チ ケ ッ ト 効 率 決 ま り し ま う 埋 め 込 む あ き ら め る い え る と る 作 れ る 切 る 増 やす 張 る 心 が け る 打 つ 探 し 出 せ る 書 き 出 す 書 け る 比 べ る 深 め る

表7 ICTスキルの出現単語の学期別シェア

春学期	名詞	秋学期	春学期	形容詞	秋学期
58	編集	42	50	多い	50
52	Wikipedia	48	74	正しい	26
51	授業	49	100	わかりやすい	0
60	スキル	40	100	見やすい	0
62	メール	38	0	すごい	100
67	ict	33	0	早い	100
0	リンク	100	0	残りやすい	100
13	vpn	87	0	高い	100
0	url	100	45	よい	55
74	レポート	26	45	少ない	55

より具体的に述べた春学期の文例として、「Word の幅や文字の大きさ、学籍番号・氏名・ユーザID をどこに書くかの指摘によって、Word の基本的なレポート作成方法を知ることができたから」「To, Cc, Bcc を学び、基本的なメールの使い方を理解したことによって、コミュニケーションに必要となる ICT スキルが身についたと実感している」「以前まで、ほとんどのレポートは word(.docx)形式で提出していた。正式なレポートは、pdf 形式で出すのが正しいとわかった」という具体的な操

作の記述が一定数あったが、秋学期と比較すると少なかつた。「コロナウイルス接触確認アプリを使うにあたって入念に規約をチェックしたことが、そういったアプリを使用する際の教訓になった」という特筆すべき文例もあった。

秋学期の表6では「早い」迅速性、「効率」、「決まり」ルールが、表7では「すごい」効果、「早い」迅速性、「残りやすい」蓄積性、「高い」信頼性の形容詞が、ICT スキルの機能を示す単語として目だった。

秋学期の文例では、「特に VPN 接続は多用させていただいてかなり信用性の高い参考資料を集めることができたから」「URL をそのまま載せずに必ずリンクさせることが習慣になったから」「メールネチケットのチェックリストを作ったことでミスを減らせた」「Wiki の編集など、この講義をとっていないとしない事が多く体験でき、わからないところは、自分で調べてみてある程度理解を深められたから」「Word とケータイでのやり取りが共有できるようになった。Zoom や、他のビデオ通話などを通じて、他の人とやり取りできている」といった具体的な ICT スキルが記された。よって、ICT を活用することによって、蓄積性、迅速性、信頼性等の効果を得られることを評価している。

春学期は「情報処理演習」の対面受講がなく、Zoom などのオンライン授業に慣れることも含めて一度に覚えることが多くて精一杯だったのに対して、秋学期はより充実した授業内容の効果もあり、具体的に自分が知らなかった弱点を克服した記述になっている。

6. 問題発見解決能力の開発

問題発見解決能力は、著名な事故や不正を事例に、予防や対策の理念と方策を教えるとともに、基本的な手法として、チェックリストを使った予防倫理、6WIH、SWOT 分析、SDGs イシューマップを使った志向倫理を教えている。

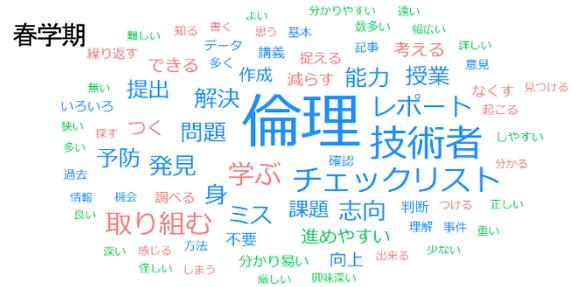


図4 問題発見解決能力のワードクラウドの比較

図4の、春学期の「倫理」「技術者」は、設問の反復であって回答には不適切な単語である。「志向」倫理、「予防」倫理は、技術者倫理の重要な概念であるが、上位の抽象的概念であって具体的でない。これに対して秋学期では、図4の「チェックリスト」が最大になり、表8からも「6W1H」「SWOT分析」「SDGsイシューマップ」などの、問題発見解決に関する具体的な手法の名詞が挙げられた。明確な傾向が見られない問題発見解決能力の出現単語の学期別シェアに関する表は割愛した。

表8 問題発見解決能力の出現単語の学期別分類

春学期にだけ出現	春学期に頻出	両方に出現	秋学期に頻出	秋学期にだけ出現
少ない 良い 技術者 よい 正しい 深い 無い 判断 データ 感じる 分かりやすい 分かり易い 幅広い 数多い 狭い 興味深い 詳しい 進めやすい 遠い 重い 難しい 情報 方法 記事 いろいろ 事件 探す	問題 倫理 レポート 解決 授業 能力 課題 学ぶ 予防 理解 調べる つける 志向 意見 分かる 多 く 機会 過去 講義	多い できる 考える ミス しやすい 発見 つか身 思う 提出 作成 確認 知る 基本 向上 取り組む しま う 減らす 不要 繰り返す わかる 見つけ ける 内容 な くす 書く	チェックリスト いく 出 来る 作る 足り 活 用 減	上手い 大きい 弱い 注意深い 考えやすい 使う 6w h swot 分析 更新 見比べる 間違える イシュー マップ 完成 イシュー マップ 明確 自信 つかめる なお す ともめる 使える 当てはまる 慣れる 振り返る 掴む 描き 出せる 描く 深まる 着ける

春学期は、レポート作成能力との重複が多い文例が半分以上を占めた。これ以外に特筆すべき、「これまで、他国と比べて日本について知識が無かったが、少し違いを知れたことで、問題が見えてくるようになったから」「講義で、過去の様々な事件の解説によって、情報を隠しておくことが後々大きな手に負えない問題になってしまうことを知りました」「予防倫理と志向倫理の考えを知ったことにより、問題に対する最適な解決方法を考える能力を身につけることができた」「チェックリストをつくるなど、実際にやってみるとよくミスが見つかり、大切さが身にしみたから」「SDGsの17の目標について学び、自分で課題を見つけてレポートを作成したことで問題発見解決能力の基本が身についたから」「ミスがなくすことだけを考えるのではなく、よりよい社会を先導していくために自分に何ができるかを考える機会を得たから」「『最悪の状況を想定して楽観的に行動する』という方針のもとに行動して課題に取り組んだから」という文例の多くは、内容が正しい優等生的な理念を記していた。

秋学期は、「SDGsイシューマップや6W1H、SWOT分析を使うことで問題を発見しやすくなり、解決方法を考えやすくなった。また、チェックリストを使うことで間違いを減らすことができた」「ミスがある度にチェックリストを改善していくことでミスをするのが減ってきた」「大学のレポートやテストのほか、バイトや日常生活においても簡易的なチェックリストを作ってから行動に移せるようになってきたから」等のツールの使い方の文例が多かった。

問題発見解決能力の意味を、春学期は幅広い社会課題についての理解力またはレポートの設問に答える能力だと肥大化や矮小化して、秋学期ではツールを用いて自分で問題の原因や構造を調べて解決策を検討する能力だと具体的に、捉えていたと考えられる。

7. おわりに

春学期の受講で学生が成長した時間差もあるが、コロナ対応で期末テストをレポートに変えて前年までの教材を急遽組み替えた混乱の春学期に対して、その反省を活かして体系的に同じ内容の教材をつくり変えて授業に臨んだ秋学期の試みは、当初の予想以上の教育効果を生んだ。例年、春に比べて秋は受講者が少ない「技術者倫理」であり、母数から言えば単純に比較できない面があるとはいえ、相互評価でオンライン上でも協働の学びを得て、秋学期の学生の回答文の記述がかなり具体的になり、理解度が深まったと考えられる。以上より、本研究の成果は次の4点にまとめられる。

1. 大学生の学習の基盤となる、レポート作成能力、ICTスキル、問題発見解決能力の3能力を、授業で効率的・効果的に開発できた。
2. AIテキストマイニングを用いることで、学生の理解度を測るための具体性を表現する単語を見つけやすくなった。
3. 向上度の自己評価値より、自己評価理由のアンケート記述の方が、学生の理解度を測る有用な指標となり、教育改善に役立つ。
4. 3能力をより開発するためには、チェックリストを使った提出物の確認の徹底と、レポートの相互評価の実施が効果的だった。

まず次年度は、学生個人で使うチェックリスト、学生の相互評価基準、成績評価基準の3者を統合した学生と教員/TAが共有できループリックをつくりたい。

今後はレポートの本文も、AIテキストマイニングにかけて分析したい。また、AIテキストマイニングには、共起キーワード、係受け解析、階層的クラスタリング等の単語間の関係性に関する分析項目もあるが、アンケートの文書量が少なく、明瞭な結果が得られなかったため、これらの分析にも取り組みたい。そもそもAIテキストマイニングは、統計的ではあるが、共同主観的な研究と親和性があり、多様な学生の資質に対して豊かな解釈が生み出される点が期待できる。

また、「技術者倫理」は理工系の科目であるが、社会課題に取り組む基礎的分野であり、文系でも十分通用する内容なので、他の分野への展開も図りたい。

参考文献

- (1) 「全教員にデジタル指導力 政府目標」日経新聞 (2020年11月23日朝刊1面)。
- (2) 笹谷康之:「オンライン授業によるレポート作成能力・ICTスキル・課題発見解決能力の開発」, 2020年度私立情報協 教育イノベーション大会 (2020), p185.
- (3) SDGs de 地方創生「SDGsイシューマップ」© issue+design and Project Design 2019.

(2020年12月4日 受付)

(2021年1月29日 採録)

実験レポートの分析から探る探究活動における課題と ICT 活用

- 物理チャレンジ 2019 を対象として -

Issues and the use of ICT in inquiry activities explored through analysis of experimental reports
-for the Japan Physics Olympiad 2019-

尾崎 龍之介*¹・松岡 広海*¹・興治 文子*¹

Email: 1720505@ed.tus.ac.jp

*1: 東京理科大学 理学研究科 科学教育専攻

抄録

本研究では物理チャレンジ 2019 の実験レポートにおける探究過程を分析し、現代の日本の中高生の探究活動における現状と課題を明らかにする。分析には、実験における探究過程の要素を抽出する LAI 分析(1978)の項目を基に、ICT 活用などの現代に求められる項目を含む新たなルーブリックを改訂し適用する。物理チャレンジは国際物理オリンピックの国内予選に該当し、2019 年の実験テーマは「水中を落下する物体の終端速度を測ってみよう」であった。さらに、本研究で改訂したルーブリックの妥当性を検証する目的で、既に物理オリンピック日本委員会(JPhO)によって付されている結果と比較した。その結果、仮説を立てることに課題があり、見通しをもって実験することができていない生徒が多いことがわかった。また、終端速度を求めた生徒とそうでない生徒では、表及びグラフの作成、定量的関係を特定するという項目において差が見られた。また ICT の活用に関しては、手書きでグラフを作成した生徒と、表計算ソフトを用いた生徒では、軸、単位、原点の有無に差が見られた。さらに、JPhO による評価と本研究で改訂したルーブリックの点数はやや正の相関が見られ、探究活動に課題があると考えられる生徒の成績分布が明らかとなった。

©Key Words 探究, ルーブリック, ICT 活用, 物理オリンピック, 仮説

1. 研究背景

時代の変化とともに、生徒の学習様式及び認知様式が変化してきた。国際学力調査 PISA においても、コンピューターベースの調査問題に変わり、現代社会を生き抜くために求められる資質も変化してきた。日本国内においても、いずれコンピューターの特性を生かした評価システムが導入されることが予想される。また、改訂された学習指導要領では探究がキーワードとなり、生徒には主体的・対話的で深い学びが求められている。

高校物理における探究活動については、従来スーパーサイエンスハイスクール(略称 SSH)を中心とした取り組みがある。近年では、センサーなど高性能かつ安価になり、従来はなし得なかった実験が可能となったり、精度よく測定ができるようになった。また、コンピュータで発表資料を作成したり、レポートを作成することも普及しつつある。探究がキーワードとなった新学習指導要領の実施にあたり、これらの活動がより

普及し、一般的になっていくことが想定される。

探究活動で求められるスキルは 1960 年代から提唱されているが、ICT 活用など現代の時代背景にあわせた評価方法がまだ定まっていない。

2. 研究目的

探究活動におけるプロセス・スキルズは、1957 年のスプートニク・ショックを引き金にして、世界的に科学教育改革が行われることとなり、科学教育の現代化においては探究能力育成の重要性が強く主張された。1963 年に全米科学振興協会は、探究の要素的技法プロセス・スキルズを習得することが探究能力の育成において重要であると提唱した。本研究では、1978 年に IOWA 大学で開発された実験に含まれる要素を分析し、含まれる科学的探究過程の要素を抽出する LAI(The Laboratory structure and task Analysis Inventory)⁽⁴⁾を基に、現代に求められる要素を検討し、新たなルーブリックを作成する。

ICTが普及した現代では、カメラ付きのタブレットやスマートフォンが普及したことから、高校生が主体的に取り組める手法が変化してきた。グラフの作成も、表計算ソフトを用いて手軽にできるようになったが、そのことの功罪も検討すべきである。本研究では、ICTに関する項目を再構築したルーブリックを基に、物理チャレンジに参加した高校生の探究活動の実験レポートを分析し、現代の日本の探究活動における現状と課題およびICT活用の功罪について明らかにすることを目的とする⁴⁾。

3. 研究方法

本研究で用いる高校生の実験レポートは、国際物理オリンピック⁶⁾の国内予選である物理チャレンジで課された実験課題に応募されたものを対象とする。実験課題は、毎年1月ごろに公表され、6月に締め切られる。本研究で対象とした課題は、2019年の「水中を落下する物体の終端速度を測ってみよう」である。このように、方法や目的も生徒が探究できるような課題となっている。既に予選としては評価済みであるが、本研究では探究の要素に則っているかという観点から再分析する。具体的には以下の方法で研究を進める。(1) 1978年に開発されたLAI分析を基に、現在の日本の高校生に必要とされる、探究活動のルーブリックを改訂する。その際、ICT活用などの時代の変化による項目を再構築する。(2) 再構築したルーブリックに基づき、物理チャレンジ2019に応募された物理レポート1,193通の分析を行い、現状と課題を明らかにする。

4. 研究結果

4.1 ルーブリックの改訂

表1は、本研究で改訂したルーブリックである。LAIと比較し、追加した項目は下線実線で、修正した項目は下線点線で示している。

改訂した点を述べる。「2.実施」では、実験で定量的な測定を「何回行ったか」という項目を追加した。

「3.分析と解釈」では、「データを表にする」「実験結果を写真で表す」の2つを具体的に追加した。さらに、「グラフを手書きで作成する」「グラフを表計算ソフトで作成する」を追加することで、グラフの作成における現代の生徒のICT利用率を分析した。その点で、グラフを正しく作成できているかを判断するため、「3.1c-3～3.1c-6」でグラフを詳細に分析した。

「定量的関係を特定する」という項目は、「定量的関係を結果から解釈し特定する」「定量的関係を結果

表1 改訂したルーブリック

1.計画と設計	
1.1	<u>探究すべき問題を定義する</u>
1.2	実験結果を予測する
1.3	この探究で検証すべき仮説を明確に述べる
1.4	観察・測定・計算の手順を計画する
1.5	実験を計画する
2.実施	
2.1a	定性的観察を実施する
2.1b	定量的観察・測定を実施する
2.2	<u>何回行ったか</u>
2.3	装置を操作し、技術を身につける
2.4	結果を記録し、観察について述べる
2.5	<u>実験技術について解釈をし、精度をあげる工夫をしている</u>
3.分析と解釈	
3.1a	<u>データを表にする</u>
3.1b	<u>実験結果を写真で表す</u>
3.1c	データをグラフ化する
3.1c-1	<u>グラフを手書きで作成する</u>
3.1c-2	<u>グラフを表計算ソフトで作成する</u>
3.1c-3	<u>軸を記述する</u>
3.1c-4	<u>単位を記述する</u>
3.1c-5	<u>エラーバーを記述する</u>
3.1c-6	<u>原点を記述する</u>
3.2a	定性的関係を特定する
3.2b-1	<u>定量的関係を結果から解釈し特定する</u>
3.2b-2	<u>定量的関係を結果と原理から解釈し特定する</u>
3.3	実験データの精度を特定する
3.4	<u>実験結果に基づいて、明確に考察する</u>
3.5	<u>終端速度を求めている</u>
3.6	探究結果を基に、新しい問題を系統立てて述べ、問題を明確にする
4.結果	
4.1	<u>目的に正対する結論を導く</u>
5.応用	
5.1	この探究結果を基に予測をする
5.2	この探究結果を基に、仮説を立てて述べる
5.3	実験技術を新たな問題や変数に応用する
6.参考文献	
6.1	<u>参考文献を正しく参照する</u>
6.2	<u>信頼性がある文献を使う</u>

と原理から解釈し特定する」の2つに分け、考察の深さを判断した。「3.5 終端速度を求めている」については、生徒の探究活動の目的の達成および原理の理解

を評価するために追加した。その他「4.結果」という大項目を追加し、「目的に正対する結論を書く」という項目を加えた。さらに、「6.参考文献」という大項目を追加し、参考文献の引用の仕方について分析した。

4.2 ルーブリックに基づいた評価の結果

本稿では、現時点までに集計できている185通の暫定的な結果について述べる。185通は無作為に集計したものであり、物理チャレンジのレポート評価結果は隠した状態で評価を行った。人数比は、高校1年生～高校3年生が182名、中学3年生が3名であった。物理オリンピック日本委員会(JPhO)では物理チャレンジの実験レポートの評価は、2人の委員が1通のレポートに対して独自で採点し、SからDの5段階評価をつけている。最終的な点数分布はHPで掲載されており、図1の通りである⁶⁾。本研究で集計済みの185通の成績分布は図2の通りであり、図1と比較するとほぼ偏りがないことがわかる。

物理チャレンジ2019の実験課題は「水中を落下する物体の終端速度を測ってみよう」である。日本の高校のカリキュラムでは、自由落下は落体の運動の単元で扱う。また、終端速度は、物体の重力が空気抵抗と釣り合うことで、等速になるというように、力の釣り合いと落体の運動を関連づけて記述がある。参加した生徒がどれだけ理解しているかは、学校の進捗にもよる。物理チャレンジへの参加は学校外での活動という性質上、学年や学校のカリキュラムに囚われず、自発的に取り組んでいる生徒が多い。

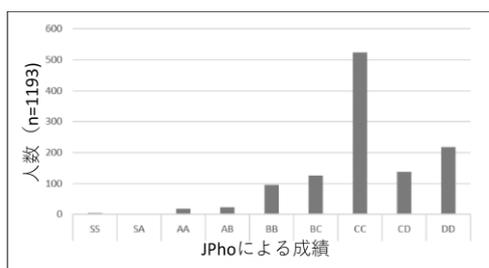


図1 JPhOによる1,193通の成績分布⁶⁾

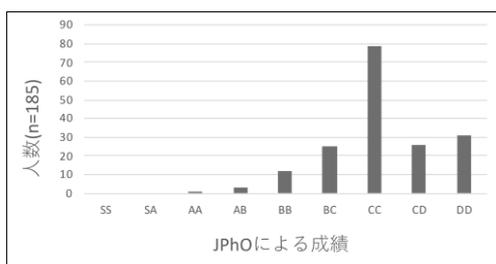


図2 本研究で集計済みの185通の成績分布

表2 達成できた生徒が多かった項目

項目	出来ている人数 (n=185)
探究すべき問題を定義する	175
実験を計画する	182
定量的観察・測定を実施する	163
表にする	133
グラフにする	143
実験結果に基づいて、明確に考察	157
目的に正対する結論を導く	147

表2は、ルーブリックに基づき改訂した結果、項目を達成できた生徒が多かったものを取り上げた。本研究で分析したレポートは、テーマが既に決まっているため、生徒が実験の目的や方法を決定しやすい。その結果、「探究すべき問題を定義する」「実験を計画する」という項目を達成できている生徒が多い。

「定量的観察・測定を実施する」を達成できている生徒が多かったのは、生徒が体積や密度の違いに注目して、終端速度を求めようとしたことを意味している。加えて、「表にする」「グラフ化する」ができている生徒が多く、「定量的関係を実験結果から解釈し測定する」も多いことから、得られたデータをグラフ化し、比較・解析することができる生徒が多いことがわかる。

表3 達成できた生徒が少なかった項目

項目	出来ている人数 (n=185)
この探究で検証すべき仮説を明確に述べる	56
実験結果を予想する	38
グラフにエラーバーを記述する	11
定性的関係を特定する	18
実験データの精度を特定する	24
探究結果を基に新しい問題を系統立てて述べたり問題を明確にする	27
この探究結果を基に予測をする	8

表3は、ルーブリックに基づき改訂した結果、項目を達成できた生徒が少なかったものを取り上げた。

「この探究で検証すべき仮説を明確に述べる」、「実験結果を予想する」という項目を達成できた生徒が少なかったことから、見通しを持って実験に取り組んでい

る生徒が少ないことがわかる。「実験技術について解釈をし、精度を上げる工夫をしている」、「グラフにエラーバーを記述する」、「実験データの精度を特定する」の3項目において、達成できている生徒が少なかったことから、生徒が実験において、誤差をあまり意識していないことがわかる。「探究結果を基に新しい問題を系統立てて述べ、問題を明確にする」、「この探究結果を基に予測をする」「この探究結果を基に仮説を立てて述べる」、「実験技術を新たな問題や変数に応用する」の3項目において、達成できた生徒が少なかったことから、生徒が実験を通して新たな疑問点を見出すことに課題が見られる。

4.3 終端速度の有無に関する考察

4.3.1. 表・グラフの作成について

終端速度を求めている生徒は128人で、求めていなかった生徒は57人であった。終端速度を求めた生徒と求めていなかった生徒それぞれについて、図3は表の作成ができている生徒の割合、図4はグラフの作成ができている生徒の割合について示してある。終端速度を求めた生徒と求めていなかった生徒を比較すると、終端速度を求めた生徒の割合の方が明らかに高いことがわかる。

図5は、終端速度を求めた生徒と求めていなかった生徒それぞれについて、表とグラフのいずれかが作成できている生徒の割合である。表とグラフのどちらも作成しなかった生徒は、どちらにも若干はいるもののその割合は少なかった。

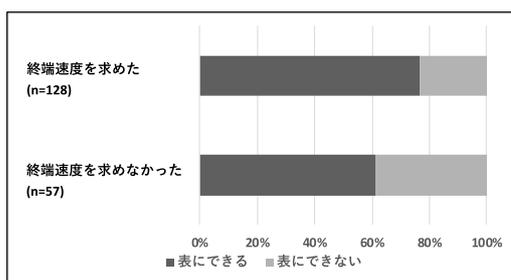


図3 表の作成ができている生徒の割合

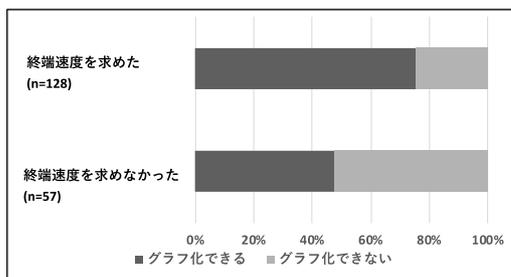


図4 グラフの作成ができている生徒の割合

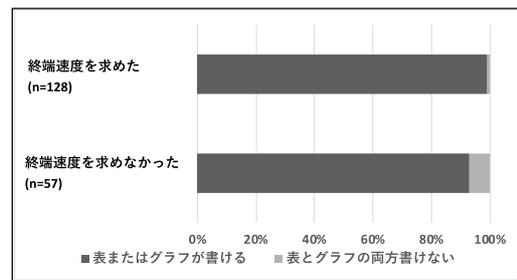


図5 表とグラフのどちらかが作成できている生徒の割合

4.3.2. 考察の深さについて

本研究では、考察の深さを①結果と原理から考察できている、②結果から分かることのみ考察できている、の2段階に分類し、終端速度を求めている生徒と求めていない生徒で比較した。終端速度を求めた生徒と求めていなかった生徒それぞれについて、①結果から分かることを原理と結びつけて考察できている生徒の割合が図6、②結果のみから分かることを基に終端速度を求めることができた生徒の割合が図7に示してある。

結果を見ると、終端速度の有無に関わらず、結果を原理を踏まえて深く考察できた生徒の割合は、結果のみから述べた浅い考察と比較すると低いことがわかる。次に、終端速度を求めた生徒と求めていなかった生徒で比較すると、①では20ポイント前後、②では40ポイント差が見られる。これらから、いずれの生徒も原理から考察することに課題が見られるものの、終端速度を求めた生徒は、結果から考察することができると言える。

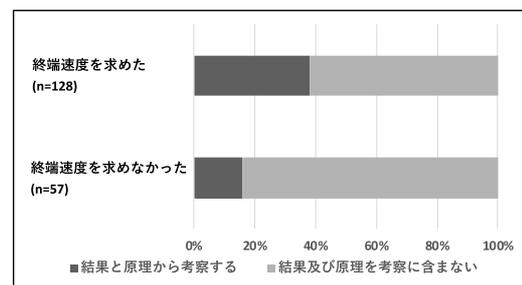


図6 結果と原理から考察できた生徒の割合

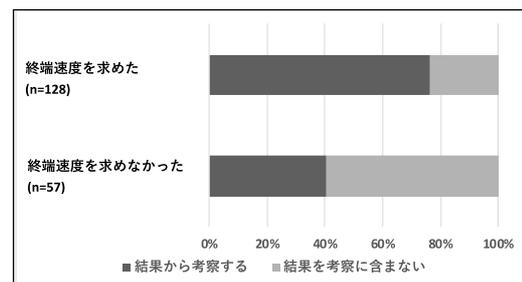


図7 結果から考察できた生徒の割合

4.4 ICT 活用に関する考察

図8は、実験レポートのグラフが手書きで書かれていたのか、パソコンのソフトを用いて書かれていたのかをまとめたものである。グラフを描いていない生徒もいたため、総数は143通である。

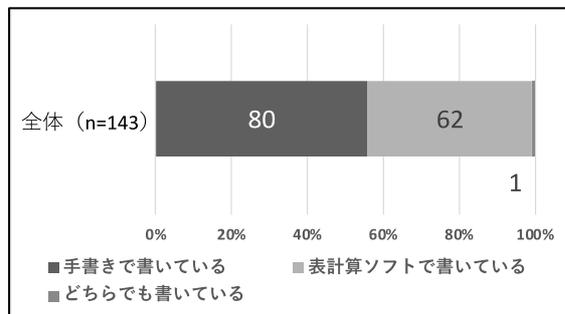


図8 実験レポートのグラフを手書きで作成している生徒と表計算ソフトで作成している生徒の割合

結果を見ると、グラフを手書きで作成している生徒の方が、表計算ソフトで作成している生徒より若干多いことがわかる。また、今回の分析では、生徒が所属している学校ごとで、グラフの作成を手書きで行うか、表計算ソフトで行うかの傾向に偏りが見られた。次に、手書きで作成されたグラフと、表計算ソフトで作成されたものを比較し、グラフに記載すべき項目の有無に差があるかどうかを調べた。その結果を表4に示す。結果を見ると、手書きで作成されたグラフは、表計算ソフトで作成されたものより、「単位が書いている」割合がやや高い。これは、表計算ソフトでは、単位が自動入力されないため、記載し忘れる生徒が多いためだと考えられる。

表4 手書きと表計算ソフトでの、グラフにおける項目の有無

グラフ項目	手書き (n=81)	表計算ソフト (n=63)
軸の項目名が書いている割合	0.68	0.73
単位が書いている割合	0.86	0.70
原点が書いている割合	0.80	0.89

表5 終端速度を求めた生徒の、手書きと表計算ソフトでのグラフにおける項目の有無

グラフ項目	手書き (n=65)	表計算ソフト (n=43)
軸の項目名が書いている割合	0.71	0.72
単位が書いている割合	0.88	0.70
原点が書いている割合	0.83	0.91

表6 終端速度を求めていない生徒の、手書きと表計算ソフトでのグラフにおける項目の有無

グラフ項目	手書き (n=16)	表計算ソフト (n=20)
軸の項目が書いている割合	0.56	0.75
単位が書いている割合	0.81	0.70
原点が書いている割合	0.69	0.85

さらに、終端速度の有無によるグラフ項目の違いを調べた。終端速度を求めた生徒の結果を表5、求めていなかった生徒の結果を表6に示す。

終端速度を求めていなかった生徒の結果は、終端速度を求めた生徒の結果と比べ、グラフを手書きで作成した場合の項目に差が見られた。終端速度を求めていなかった生徒を見ると、手書きで作成する際、「軸の項目名」と「原点」を記載しない割合が高いことがわかる。逆に、表計算ソフトを利用した場合は、自動で軸メモリや原点が入力されるため、このような結果になったと考えられる。

4.5 生徒の成績とルーブリック評価の相関

本研究で作成したルーブリックによる点数と、既に物理オリンピック日本委員会(JPhO)によって付されているレポートに対する評価を比較した。図1に示したように、JPhOの評価ではCCが平均的な評価である⁵⁾。これを本研究ではS=5点、A=4点、B=3点、C=2点、D=1点と換算し、相関を調べ、分散図を作成した(図9a,b)。図9は横軸をルーブリック評価による点数に取り、縦軸を既存のレポート成績として取った分布図であり、図9aは終端速度を求めた生徒、図9bは終端速度を求めていなかった生徒の分布図を表している。

前述の通り平均はCCであり、本研究での換算は4点となるため、図9aと図9bのそれぞれ、4点の部分に太線を引いた。図9bより、成績4点以下の生徒は、16点以上は取れていない。故に、図9aと図9bのそれぞれ、16点の部分に点線を引いた。図9aと図9bで比較すると、図9aでは、16点以上でCC以下の生徒も一定数いるが、16点以上では、明らかに高い評価を得ていることがわかる。終端速度の有無で、ルーブリックによる点数が16点という領域と、既存の成績が4点という領域に差があるように見られた。一方で、この評価方法に対する課題を明らかとなった。図9bにおいて、ルーブリックによる評価が16点以下と16点以上で大きな差があるが、今回のルーブリック

は、探究の項目において、1つのスキルを1点と評価している。そのため、より深く探究できているレポートに対して、項目の点数を重み付けする必要がある。したがって、どの項目に重み付けするかを考察する必要がある。

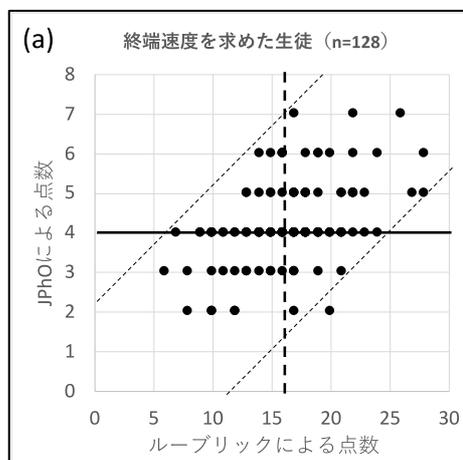


図 9a 終端速度を求めた生徒の、JPhO の成績と改訂版ルーブリックによる点数との分散図

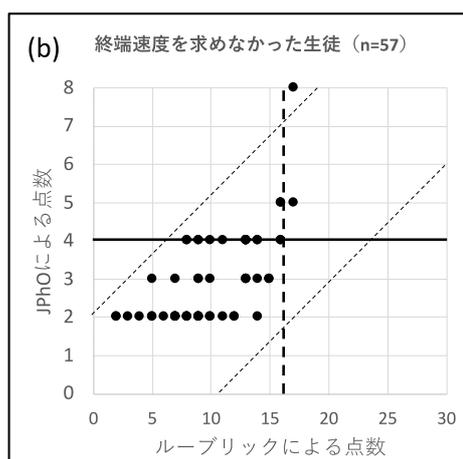


図 9b 終端速度を求めていなかった生徒の、JPhO の成績と改訂版ルーブリックによる点数との分散図

5. まとめと今後の課題

本研究では、IOWA 大学で開発された LAI(The Laboratory structure and task Analysis Inventory)分析を基に、現代に求められる要素を検討し、新たなルーブリックを作成した。また、このルーブリックを基に物理チャレンジに参加した高校生が取り組んだ探究活動の実験レポートを分析し、現代の日本の探究活動における現状と課題を明らかにすることを目的とした。

その結果、仮説を立てることに課題があり、見通しをもって実験することができていない生徒が多いことがわかった。また、終端速度を求めた生徒とそうでな

い生徒では、表及びグラフの作成、定量的関係を特定するという項目において差が見られた。

今後は、終端速度を求めた生徒とそうでない生徒の分布図から、良い探究をするために必要なスキルを検討し、それを身につけるための教材を開発し、実践を通して効果を検証したい。また、現段階では 185 名分のレポートしか分析できていないため、引き続き、全てのレポートを分析していきたい。

謝辞

物理チャレンジ 2019 参加者には、本データを物理教育推進のための研究目的で使用することの許諾はありますが、データ使用に関して感謝いたします。また物理チャレンジ日本委員会関係者の皆様に感謝いたします。東京工業大学附属科学技術高等学校の長谷川大和先生からは、多大な助言を賜りました。厚く感謝を申し上げます。

参考文献および注

- (1) Fushman, M et al : “The Laboratory Structure and Task Analysis Inventory (LAI): A Users’ Handbook” (Technical Report No.14), Iowa Univ. (1978).
- (2) 吉川泰樹, 小林辰至 : 「プロセス・スキルズの観点から見た観察・実験等の類型化-中学校理科教科書に掲載されている観察・実験等について」, “理科教育学研究”, Vol.52, No.1, pp.107-119 (2011) .
- (3) 細川富生, 佐藤里絵, 平野雅宣, 「中学校理科教科書の物理分野実験課題に対する分析と評価」, “物理教育”, 第 45 卷, 第 1 号, pp.6-9, (1997) .
- (4) 本研究は、国際会議での発表 R. Ozaki, H. Matsuoka, F. Okiharu, Y. Hasegawa, ICTSS2020, Dec. 2-4, (2020)を基に、分析数を増やし、さらに生徒の ICT 活用能力の分析を追加したものである。具体的には、グラフや表のまとめかたで、表計算ソフトを使用した生徒と、手書きで作成した生徒に差があるかを分析した。
- (5) 物理オリンピック日本委員会, <http://www.jpho.jp/>, (2020 年 12 月 3 日閲覧).
- (6) 物理チャレンジ 2019 参加者にはデータを物理教育推進の為の研究目的で使用することの許諾を得ています。
(2020 年 12 月 6 日 受付)
(2021 年 2 月 13 日 採録)

「ZOOM+ α 相談会」が作る新しい学びの場

- 「わかる」・「できる」を共有するオンラインワークショップ -

How do we make our new learning lab?

山岡 正和*1・大前 智美*2・岩居 弘樹*3
 Email: yamaoka-masakazu-tc@alumni.osaka-u.ac.jp

*1: 大阪府立渋谷高等学校 教諭

*2: 大阪大学サイバーメディアセンター 准教授

*3: 大阪大学サイバーメディアセンター 教授

抄録

本稿は、筆者が研修に来た大阪大学サイバーメディアセンター言語教育支援研究部門で行われていた「ZOOM+ α 相談会」についての考察である。この相談会のフレームワークは、新たな学びの場の作り方として非常に参考になると考え、大阪府の教員研修に、このフレームワーク導入の可能性について検討した。今期、多くの大学では、新型コロナウイルス拡散防止の観点からオンライン授業が行われた。その導入や教材作成に困難を感じていた教員は、多かつたのではないだろうか。当初、「ZOOM+ α 相談会」は、こういった教員に、オンラインツールの紹介や活用を支援するために開催された。しかし、回数を重ねるにつれ、参加者同士が学び合う機会を提供する場となり、専門分野や国境を超えて教員がつながるコミュニティとなった。高等学校の研修にも、このフレームワークを導入し、教員が校種、教科の枠にとらわれず、参加者同士が学び続けられるような学びの場作りを提案する。

◎Key Words ZOOM+ α , オンライン授業, ワークショップ, コミュニティ

1. はじめに

筆者が大阪大学サイバーメディアセンター言語教育支援研究部門（以下LES部門）での研修中に、新型コロナウイルス拡散防止の観点から、大阪大学では、オンライン授業を開始することになった。LES部門は、対面授業におけるEdTechの活用法を活かすことでこの難局を乗り切ろうとしていた。さらに、オンライン授業を初めて行う教員に対しても、授業導入に係る支援を行い、ともにこの局面を乗り切ろうと取り組んできた。その活動の一つが「ZOOM+ α 相談会」（以下相談会）である。

相談会は、新型コロナウイルスの流行を受け、今年度の授業がオンライン授業になる可能性が見えた3月から、オンラインビデオ会議システムZoomの利用方法を講習する目的ではじまった。オンライン授業をZoomだけで成立させることは難しいという観点から、まずはZoomの利用方法、それから+ α となるオンラインツールを紹介する講習会として発展する目論見であった。一般的に、このような講習会はFDの一環として学内の限られたユーザー向けに行われるが、この相談会は、オンライン授業で困るのは、大阪大学や言語教育関係者だけではないという思いから、校種や専門分野にとらわれず、誰でも参加できるように企画された。

オンラインで参加者を幅広く受け入れる形で行った相談会によって、EdTechの活用が広まり、かつ成功したと考えた。この相談会がうまく機能した要因を考察し、このフレームワークを大阪府立高校のICTに係る職員研修に導入し、オンラインを利用した教員同士が学び続けることのできる新しい学びの場作りについて検討する。

2. 研修に係る課題

2.1 大阪府のICT活用における現状

「平成30年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果」⁽¹⁾によると、大阪府の教育用コンピュータ1台当たりの児童生徒数をはじめとするほとんどの項目で平均値を上回っている。ところが、「教員のICT活用指導力」は多くの項目で平均値を下回っている。

また、同調査における大阪府の「平成30年度中にICT活用指導力」の各項目に関する研修を受講した教員の割合は全国で10位の58.8%である（全国平均47.1%）が、「教材研究・指導の準備・評価などにICTを活用する能力」は、全国39位の84.0%（全国平均86.2%）、「授業にICTを活用して指導する能力」は、全国22位の70.5%（全国平均69.7%）、「児童生徒のICT活用を指導する能力」は、全国34位の69.2%（全国平均70.2%）であった。この結果は、研修には参加するものの、その成果が校務や授業において十分に発揮できていないことやその内容が教員に広く行き渡っていないこと示しているのではないだろうか。また、研修に参加した教員は、その場では知見を得るが、それを十分に活かすことができているとも考えられる。

2.2 教員の研修参加における課題

理数教育研究所⁽²⁾が行った調査⁽³⁾によると、教員が受講したい研修があっても受けられない理由として、「校務が忙しい」、「受講料や旅費の負担が大きい」、「研修の実施の詳しい情報が入ってこない」などがあげられる。この結果から、押尾⁽⁴⁾は、「教員が多忙すぎて研修を受けられないことが課題であろう。比較的時間の余裕ある日常の放課後に校内の仲間と学び合ったり、休

業中に校外の研修会に参加したりする工夫を教員が行っていることを聞く。教員の学ぶ意欲は衰えていないのである。少ない時間で効率的に学ぶ研修を提供していくことが課題の解決の一助となる。」と述べている。

また、同研究所が、都内8か所の教育委員会に対する「教育委員会への調査」⁽⁵⁾では、「課題として最も多く聞かれたことは、研修を受ける側の教員自体が多忙であるのに加えて、研修を用意する教育委員会自体の業務が多く、現行の研修を行うことが精一杯で、新たな研修を行うことが困難になっている」という結果であった。

布川⁽⁶⁾の調査では、大阪府の教員が抱える多忙な実態を報告しており、これらは東京に限った話ではないことがわかる。

3. LES 部門の実践

3.1 LES 部門の構成員と基本業務

LES 部門は、教授1名、准教授1名、特任助教1名、招へい教員1名、技術補佐員1名の5名の構成で、言語教育環境の構築、言語教育教材開発の支援、ネットワークを用いた国際化教育、全学共通教育科目における外国語に関する教育支援と研究を行っている。

3.2 オンライン授業導入・実施中の支援概要

3月中頃からオンラインビデオ会議システムZoomによる講習会、相談会が始まり、それ以降、毎日のように相談会(図1)が行われていた。4月当初は、ZOOM初心者向け講座と題し、会議の設定方法や画面共有、録画方法などが主な題材となっていた。日がたつにつれ、ホストの体験会やブレイクアウトルームの使い方など多岐にわたる内容となっていた。これに合わせ、Zoomだけでは授業として成立させるには難しいという観点から、ロイロノート・スクール⁽⁷⁾をはじめとしたツールの紹介をワークショップで実践することで、多くの参加者がZoom+ロイロノート・スクールといったように、Zoom+αという選択をしたと感じた。例えば、大阪大学におけるロイロノート・スクールの登録クラス数は、昨年度が151、今年度前期が271、後期は323と増加した。これは、相談会の参加者が、+αの1つとしてロイロノート・スクールを利用した結果だと言える。また、小杉⁽⁸⁾は、相談会に参加したことにより、Zoomのほかにもロイロノート・スクール、Socrative⁽⁹⁾などのツールを活用した授業を展開した。

また、大人数の講習会ではついてこられない参加者や、個別に聞きたいことがある参加者のために、「こっそり相談会」と題したフォローアップの相談会があり、個別の質問や困りごとにも対応していった。さらに、ZOOM+αというホームページ⁽¹⁰⁾(図2)でも、相談会で多かった質問やツールの紹介もしており、オンライン授業に困っている教員への情報支援、EdTech活用の支援となった。この相談会とホームページが情報の相互補完をしながら、多くの参加者を支援していった。

この相談会はこれまでの一方的な知識を伝える研修とは異なり、LES部門の教員が、時にはアドバイザーと

なり、またある時にはファシリテーターになるといった具合に、その役割を変化させながら、参加者を支援した。それは、まるでカフェにいるような穏やかな、そして自由な雰囲気で見聞交換をすることができ、参加者同士がお互いに、専門分野の枠を超えて学び続けることのできる新しい学びの場となっていた。

Day	月	火	水	木	金
Date	13	14	15	16	17
1	10:00~11:00 こっそり相談会(ロイロノート・スクール初心者向け講座) ID: 787-853-186	こっそり相談会(ZoomIDホストを試してみよう会) ID: 787-853-186	こっそり相談会(ロイロノート・スクール初心者向け講座) ID: 787-853-186	こっそり相談会(ZoomIDホストを試してみよう会) ID: 787-853-186	こっそり相談会(ZoomIDホストを試してみよう会) ID: 787-853-186
2	11:00~12:00				
3	12:00~13:00 ZOOM初心者向け講座(画 面共有・ビデオ教材作成) ID: 710-081-124	オンライン授業相談会(所 ができるか一緒に考えま しよ!) ID: 710-081-124	ZOOM初心者向け講座(画 面共有・ビデオ教材作成) ID: 710-081-124	オンライン授業相談会(所 ができるか一緒に考えま しよ!) ID: 710-081-124	ZOOM初心者向け講座(画 面共有・ビデオ教材作成) ID: 710-081-124
4	13:00~14:00				
5	14:00~15:00 ZOOM初心者向け講座 ID: 539-931-032	ZOOM初心者向け講座 ID: 539-931-032	ZOOM初心者向け講座 ID: 539-931-032	ZOOM初心者向け講座 ID: 539-931-032	ZOOM初心者向け講座 ID: 539-931-032
6	15:00~16:00			こっそり相談会(ロイロ ノート・スクールの「 覚えてみようの」) ID: 738-314-405	こっそり相談会(ロイロ ノート・スクールの「 覚えてみようの」) ID: 738-314-405
7	16:00~17:00				
8	17:00~18:00 ビデオで学べる授業を 体験しよう ID: 738-314-405	ロイロノート・スク ール ID: 738-314-405	オンライン授業を作る (Kahoot) ID: 738-314-405	ロイロノート・スク ール ID: 738-314-405	こっそり相談会(Zoom IDホストを試してみ よう会) ID: 738-314-405

図1 ZOOM+α相談会 スケジュール表

図2 ZOOM+α ホームページ

4. LES 部門の実践に対する考察

4.1 「学びの風景」⁽¹¹⁾という視点から考える

上田⁽¹²⁾の提案する「学びの風景」(図3)から相談会を考察していく。「学びの風景」とは、学ぶ過程を以下の4つのステージに分けて考えている。

図3 学びの風景

初期の相談会においては、Zoomの使い方、オンラインツールを習う段階がlearning 1.0にあっていた。最初はZoomという言葉すら聞いたことがないという参加者がほとんどであったが、講習を通じて学んでいった。次に、Zoomの機能などの紹介が一通り終

わると、相談会はワークショップの要素が濃くなり、参加者は、一緒に授業教材を作成した。この様子はまさに、learning 2.0 に当てはまる。この2つの段階においては、4月、5月当初や、後期からオンライン双方向授業を始めようとする参加者が多かった8月、9月もこの段階の風景であった。そして learning 3.0 では、参加者が現在進行形で行われている授業そのものが、これに値すると考える。北岡⁽¹³⁾は、「状況が違っても学生たちに相応のものを提供したい」と述べ、また、他の参加者も、学生に充実した授業を届けるために、試行錯誤を繰り返しながらオンライン授業という舞台上で奮闘する日々を送っている⁽⁸⁾。

最後に、今年1年の授業実践を行い、うまくいかなかったことや、想定していなかったトラブルの対処などの体験を交えた意見交流がメインとなる相談会が、再び春に開かれることが想像される。これが learning 4.0 にあたるであろう。こうした視点から考えると、相談会は4つの風景を備えた「学び方を学ぶ」ことができる有意義なコミュニティであったと言える。

4.2 創造的思考力を育む「4つのP」という視点から考える

4つのPとは、「スクラッチ」を開発しているMITメディアラボのミッチェル・レズニック⁽¹⁴⁾が提唱している概念である。「創造的な学びには4つのPが必要である」という観点から、相談会を考察していく。

- I. projects (プロジェクト)
- II. passion (情熱)
- III. peers (仲間)
- IV. play (遊び)

相談会においてプロジェクトとは、参加者それぞれのオンライン授業を「作る」ことに当たるだろう。参加者の多くは、これまでオンライン授業をしたことがない、また、EdTechを使ったことがなかった。そのため、参加者は相談会を通じて、オンライン授業に使えるアイデアやスキル、方法を学んでいった。相談会の中で参加者は、「発想し、創作し、遊び、共有して、振り返り、そして再び発想する」というレズニックが提唱する「クリエイティブ・ラーニング・スパイラル」に基づいたプロジェクトベースの学習アプローチで教材を作成することができていたように感じた。

次に、相談会には、大阪大学だけでなく、いろいろな大学や海外からも多数の教員が参加した。少ない情報から、ZOOM+αのホームページ、そして、相談会にたどり着いた。これは情熱があればこそその結果だと考える。

最後に、先に述べた通り、自由な空気が漂っていることが、この相談会のもう一つの特徴である。探究心を持った教員が集まり、オープンな雰囲気のなかで幅広い話題を共有し、試行錯誤を重ねながら教材を作成していくのが、いつもの相談会の姿であった。思い切って新しいことに挑戦できるのも、互いに足りないことを補い合うことができる、また、失敗を許容してくれる仲間の

存在が大きかったのではないだろうか。

レズニックは、創造性を育てる最善の方法は、「情熱に基づくプロジェクトに、仲間と共に遊び心に満たされながら取り組むことを支援する」ことが、必要であると述べている。このことから考えても、相談会には、この4つの条件がすべてそろっていたと言える。

4.3 「Eight Big Ideas Behind the Construction Learning Lab」⁽¹⁵⁾という視点から考える

シーモア・パパート⁽¹⁶⁾の提唱する「Eight Big Ideas Behind the Construction Learning Lab」から相談会を考察していく。パパートのいう8つのアイデアとは以下のようなキーワードで言い表すことができる。

- (1) 実践による学習
- (2) 構築素材としてのテクノロジー
- (3) 困難をともなう楽しみ
- (4) 学び方を学ぶ
- (5) 十分な時間をかける
- (6) 何の失敗もせずに成功することはできない
- (7) 生徒たちにすることを自分自身にもせよ
- (8) デジタル世界

この8つのキーワードから、相談会がうまく機能した要因を考察してみたい。

まず、相談会は、参加者が「やって学ぶ」ワークショップで行われてきたことである。教材を作ることにより、新しい気づき生まれ、面白いアイデアや教材ができあがっていった。オンライン授業の教材を作成していくことは、まさに「hard fun」であったといえる。

次に、参加者は、オンライン授業での「学び方を学び」に来たことである。和気あいあいとした雰囲気のなか、先生役と生徒役を交代しながら、オンライン授業の準備をした。このことにより、学生の立場を理解し、オンライン授業における学生のつまずきやすいポイントや気を付けるべき点などを理解したように感じた。

また、参加者は、いつでも参加したいときに参加でき、移動時間もかからず、相談会に時間を充てることができた。時間の枠は設けていたが、参加したい時間だけ参加し、質問したいことだけ聞いて退出する参加者もいた。全体では聞くことができないことも、残って質問できる、遠方からでも毎日参加できる、繰り返し学ぶことができることもうまく機能した要因だといえる。

さらに、たくさんの失敗を共有することができた点である。単純な操作ひとつにしても、最初のうちはうまくいかないことも多かったと思うが、その失敗談も笑い話とともに共有できる雰囲気が、次の授業での成功へとつながっていった。

最後に、同じ内容が複数回設定されており、さらに相談会が2段階構成になっていたことである。ICTスキルには個人差があり、1回の説明では十分に理解できない参加者も、何度も相談会に参加する、あるいは「こっそり相談会」に参加してわからなかったことを、少人数でゆっくりとフォローしてもらえるので、徐々にやり方がわかり、相談会のなかでスキルが上がっていく様子が見て取れた。EdTechに触れる中で、ICTスキルがあがる

というのも相談会の副産物であった。同じ内容ならビデオでも良いのではないかと、という意見もあるが、その時にその場所でしか出会うことができない人たちと「わかる」「できる」という体験を共有できるのは、ライブで行っているこの相談会ならではの魅力だと感じている。

4.4 3つの視点から考えたフレームワーク

先に見てきた3つの視点から、相談会がうまく機能したフレームワークとして、以下の点があげられるのではないだろうか。

- [1] オンラインでおこなったこと
- [2] 時間の枠は設けるが、自由に参加、退出できたこと
- [3] ワークショップであったこと
- [4] フォローアップが設定されていたこと
- [5] 多種多様な人の出会いの場となったこと
- [5] 学びたいという情熱を持った教員が集まったこと
- [6] 失敗を寛容できる雰囲気があったこと
- [7] 共通のプロジェクトがあったこと
- [8] 自由に話し、質問できる空間であったこと
- [9] 研修内容をサポートするホームページなどのツールがあったこと
- [10] 主催者がファシリテーターでもあり、アドバイザーでもあったこと

これ以外にも、国境を超えて教員が集まり、EdTechを活用した授業実践の取り組みを聞くことは、オンラインが可能にしたことであり、刺激的な体験であった。

5. 府立高校でのオンライン研修導入に向けて

5.1 4つの学習空間から研修の在り方を考える

府立高校において、ICTに係るオンライン研修導入を実現するためには、もう少し取り組むべき課題があると考えられる。ジョン・カウチ⁽¹⁷⁾は、「教育のOSを、生徒、教師、親、社会がうまくつながるように、学校が創造性や独創的な思考を育める場所になるように更新するのだ。変化に適応するには、すべてが台無しになることを恐れずにシステムをリワイヤリングするしかない。受け身主体の教育から参加主体の学習へ切り替えるのだ。」と述べている。このことは、生徒の学習だけでなく、職員研修にも当てはまるのではないだろうか。

カウチのいう「教育のリワイヤリング」に必要な4つの学習空間から府立高校におけるオンライン研修導入と新しい学びの場作りの可能性について考察してみたい。4つの学習空間とは以下の4つの空間である。

A. キャンプファイア

一人の人が一度に大勢に向かって話す「1体多」

B. 水飲み場

対等な立場で一緒に情報を共有し作業する場

C. 洞窟

ひとりきりで学習できる空間

D. 山頂

学んだことを実際やってみるという学習

大阪府では、教員の経験年数や課題に応じた研修⁽¹⁸⁾がたくさんある。ICTスキルに係る研修の場合、Aの「1

対多」の形式が多く、その時は理解したつもりで操作できていたことも、自分ひとりでやってみたところ、うまくいかないことやわからないことが出てくる。この形式は、一斉に情報を伝えるという意味においては効果的だが、参加者は聞きたいことが異なるので、全員の疑問に答えるだけの時間を十分に取ってもらえないこともある。そういった意味においては、知識を自分のものにしきれないこともあったのではないだろうか。府立高校の研修では、A、C、Dの部分はすでにできあがっているため、Aの研修後に、Bと一緒に作業しながら学ぶオンラインワークショップを取り入れてみてはどうだろうか。そうすれば、実践したあとに質問したいことが出てきた場合にも、互いに質問や情報共有ができるので、研修で身につけたことにチャレンジしやすくなるのではないかと。

カウチは、「私の経験からいって高い効果をあげている学校や教室には、4つすべての空間が何らかの形で必ず存在する」と述べている。LES部門が行った相談会はこの観点から見ても「高い効果をあげている」空間であると言えるし、特に、Bの機能が重要な働きをしていることが特徴である。このフレームワークを既存の研修に取り入れ、A～Dの項目をサイクルにして回すことで、学習効果の高い研修になっていくのではないだろうか。

5.2 「21世紀版学習のABC」から研修の在り方を考える

カウチは、「教育のリワイヤリングにあたり、今の教育には新しい原則が必要だ」と述べている。その原則を以下の頭文字から、「21世紀版学習のABC」と呼んでいる。この3つの観点から府立高校におけるオンライン研修導入と新しい学びの場作りの可能性について考察する。

- 1) ACCESS (アクセス)
- 2) BUILD (構築)
- 3) CODE (コーディング)

5.2.1 ACCESS アクセス環境を整える

「テクノロジーがいかに優れていても、手助けしたい相手はそのテクノロジーにアクセスできなければ意味がない。」とカウチが言うように、教員もテクノロジーにアクセスできる環境作りが必要である。

府立高校においてLANは配備されているが、教室などの決まった場所で、接続を許可された端末を使用し、有線で繋ぐことが基本となっており、自由が効かない。今年度、オンライン授業の準備をすることになった時にも、様々な問題が出現した。教育用PCには、カメラがついていないので、双方向型の授業はもちろん、オンデマンド型の教材を作成するにも工夫が必要であった。また、ソフトをダウンロードしたいと思っても、管理者の許可が必要であるなどの制約が多い。このような環境では、オンライン研修を進めようとしても、端末やネットワーク環境で制限がかかってしまう。正頭⁽¹⁹⁾は、「世界ではICT教育がスタンダードであり、そのために個々のスマホやタブレット端末などを授業に活用するBYOD (Bring Your Own Device) が当たり前になりつつ

ある。」と述べている。こういった意味でも、個人端末の使用を容認し、個人端末を自由に繋ぐことのできるネットワーク環境を整える必要がある。教員が自分の授業に合う端末やツールを選び、使っていくことができる環境作りが大切であると考えます。

5.2.2 BUILD 実践から学ぶ

「必要になるツールについてではなく、ツールの使い方を学ばせることで、問題解決を教えるという考え方は、教育のリワイヤリングの核となる」とカウチが述べているように、我々の研修にも、EdTechの使い方から学ぶ実践が必要である。

生徒対応などに時間と労力がかかり、放課後も事務仕事や授業の準備に追われ、新たなスキルの修得にかける時間を取る余裕がないという現実には確かにある。こういった問題を解消しなければ、研修をオンラインにしたところで、参加率は上がらないであろう。そのためにも研修に使うことのできる時間を生み出す必要がある。会議や資料作成の効率化を図り、研修の時間を確保するといった措置も考える必要がある。また、EdTechを活用することで、研修に参加することができるようになるという可能性もあるのではないだろうか。

筆者は研修中に、大学では、EdTechを活用した実践⁽²⁰⁾を行い、形成的評価をすることが多いように感じた。EdTechを使用して課題を提出させたり、外国語を話しているシーンをビデオに撮影して提出させるなど、自分の授業に合うスタイルで活用する実践を目にする機会が多かった。小テストなどは自動採点できるツールを利用し、それで浮いた時間を使用して、教材を作成するなど時間を有効利用されているように感じた。高校でも、EdTechを活用した実践内容とそれに伴う形成的評価を取り入れることで、生徒の活動もきちんと評価できるし、時間の余裕も生み出せるのではないだろうか。

それに合わせ、教員も、協働学習などを取り入れた授業におけるファシリテーターやサポーターの役割、生徒が困った時に助言するアドバイザーやコーチの役割を務めるといった変化も出てきている。こういったスキルも、相談会を練習の場として利用し、教員同士で練習を重ね、授業実践に生かした参加者も多かった。教員がいろいろな役割をこなせるようになれば、新しい授業スタイルが生まれるかもしれない。それには、失敗も多く伴うかもしれないが、実践しながらスキルを身につけていくのが良いのではないだろうか。教員が、気軽に練習しあえる場所作りとして、オンラインを利用するのは、一つの選択肢となりえるのではないだろうか。

5.2.3 CODE 共通言語としてのEdTech活用

「プログラミング言語を次々に学ぶ必要はない。それよりも、プログラミング言語を学習する過程を学ぶほうがはるかに重要だ。」とカウチはいう。そのことは、EdTechにおいても同じことが言えるのではないだろうか。

相談会において、講師役の教員は自分が使っているツールについて紹介し、参加者も自分の端末でそのツ

ールを使い、一緒に教材を作成していくという機会が多かった。その後、参加者は自分の所属する場所で、今度は講師役となって教えるというスパイラルがうまく機能していたように感じる。講師役の教員もわからなくなったら参加者と一緒に考え、学ぶことができるので、身構える必要がないところもよかった点だと言える。EdTechを学ぶ過程を通じて、オンラインでできること、対面ですべきこと、教室にいることの意味が改めて考えられた時期であり、オンラインと対面の融合など、新しい授業スタイルを考える動きも進んできたと感じた。

高等学校においても、教員が研修を受けて身につけたスキルを勤務校に持ち帰るのが本来の研修であるが、実際にはなかなかうまくいかない。そこで、数多くの教員が、自分が使用しているツールを講習するような短時間の研修がたくさん開催されるようになれば、研修に参加しやすくなるのではないだろうか。研修で得たことを、今度は講師役となり、別の場所に広げていくことで、EdTech活用のすそ野が広がっていくのではないだろうか。

今年度、奈良県教育委員会⁽²¹⁾は、「県内の小中学校で授業支援クラウド「ロイロノート・スクール」を導入することを決定」した。「ロイロノート・スクールを共通言語として、教員のコミュニティが醸成され、奈良県内どここの学校でもロイロノート・スクールが使える環境を整えることができれば、自治体、校種、教科といった枠を超えて教員同士が学び合えるのではないかと考え」での導入であった。

生徒が一人一台の端末を持って学校にやってくる日がすぐそこまで来ている今、教員が積極的にEdTechを活用した新たな授業スタイルを模索していかなければならない時が来たのではないだろうか。いろいろな社会の構造が変化していく中で、授業スタイルだけがこれまでと同じようにはいかないのではないかと感じている。

平成30年度に告示された高等学校学習指導要領⁽²²⁾においても、ICT活用能力が「学習の基盤となる資質・能力」に位置付けられた。これまでの活用法とは異なり、これからは生徒が使いながらICTスキルを身につけるスタイルに変容していく時期なのではないか。正頭⁽¹⁹⁾は、こう述べる。「たとえタブレットやPCを教育に導入したとしても、授業スタイルが昭和のままでは意味がありません。〈中略〉AI時代には新しい授業スタイルが必要となるのです。」

これを実現するには、教員がEdTechを活用できるスキルを身につけることが必須であり、教員を支援する研修が必要となる。EdTechの活用を共通言語とすることで、教員同士が教材研究や授業実践にともに取り組むことができ、質の高い教育に向けた研修や学びの場作りにつながるのではないだろうか。

これまで考察してきた通り、相談会のような研修の実現には多忙な業務の中でも、研修に参加できる環境、仕組みが必要であり、教員の支援体制が必要であると考える。そのために、LES部門がおこなった相談会のフレームワークを参考に、オンラインで教員が集まるこ

とのできる機会をつくり,そこで出会った教員が学び合うことができるような学びの場を作ることが大切であると考え。最初は相談会のフレームワークを使い実践しながら,自分たちのニーズに合うように変えていくとよいのではないだろうか。研修が充実し,学びたいと思った教員が切磋琢磨しあえるコミュニティがいるような場所でできあがり,EdTechを活用した個別最適化された学びが大阪府立高校でも実現し,新しい時代に対応した授業,学校が実現することを期待している。

6. おわりに

これまで見てきたように,相談会と同じフレームワークを大阪府の教員研修に導入することは,難しいと考える。このフレームワークを大阪府の教員研修にどういった形で活かしていくのかは,今後の課題である。

コロナ禍という今までに経験をしたことがない特別な年に大阪大学に研修に来ることができ,毎日のように相談会に参加するという貴重な経験ができた。オンラインでなければ出会うことが出来なかった多くの参加者から,たくさん学びを得ることが出来た。研修を通じて,学校の在り方,教員の在り方が変わってきているのと同時に,授業にも変革の時代が現れたと感じた。筆者自身も相談会に参加する中でいろいろなスキルを身につけることができたと感じているし,この相談会の素晴らしさを実感している。このフレームワークは職員研修だけでなく,クラス経営や集団作りにも応用できると考えている。

大阪大学では,今回のケースを機に対面授業に戻った後も,EdTechの活用が授業内に増えていくのではないかと感じている。大学においては,オンライン授業が進むにつれ,対面授業,オンライン双方向型とオンデマンド型を組み合わせることで,新しい授業スタイルが生まれつつあるのではないだろうか。こういった取り組みも合わせて,高等学校に持ち帰りたいと考えている。

この相談会は単にEdTechの活用を伝えるのではなく,いろいろな人とのつながりの場ともなった。大阪大学の教員だけでなく,他大学の教員や中学,高校の教員,海外の日本語教員など多種多様な人が参加する場となった。「一人で悩まないで相談しましょ!」という岩居⁽²³⁾の言葉に,筆者と同じように励まされた人も多かったのではないだろうか。学びたいと思った教員を孤立させないために,「わかる」・「できる」を共有できるLES部門のライブステージがいつまでも続くことを願っている。

参考文献

- (1)文部科学省,平成30年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果(概要)(平成31年3月現在)[確定値]:https://www.mext.go.jp/content/20191224-mxt_jogai01-100013287_048.pdf(2020年11月24日閲覧)。
- (2)理数教育研究所:<https://www.rimse.or.jp/index.html>(2020年12月3日閲覧)。
- (3)理数教育研究所,2019年度 東京懇談会 研究紀要~教育現場が直面している諸問題の研究 Vol.2~2019年11月30日

- 発行 第1章 教員研修の観点から:https://www.rimse.or.jp/report/pdf/kondankai_08.pdf(2020年12月3日閲覧)。
- (4)押尾賢一,「委員寄稿 教員の学びについての一考察」,2019年度 東京懇談会 研究紀要~教育現場が直面している諸問題の研究 Vol.2~2019年11月30日発行:https://www.rimse.or.jp/report/pdf/kondankai_02.pdf(2020年12月3日閲覧)。
- (5)理数教育研究所,2019年度 東京懇談会 研究紀要~教育現場が直面している諸問題の研究 Vol.2~2019年11月30日発行 A 教育委員会への調査:https://www.rimse.or.jp/report/pdf/kondankai_06.pdf(2020年12月3日閲覧)。
- (6)布川淑,「教師の多忙と多忙感—公立高等学校教師の教育活動に関する聞き取り調査にもとづいて—」,立命館産業社会論集 第42巻第3号:http://www.ritsumei.ac.jp/ss/sansharonshu/asset/s/file/2006/42-3_02-05.pdf(2021年1月18日閲覧)。
- (7)ロイロノート・スクール:<https://n.loilo.tv/ja/>(2020年11月24日閲覧)。
- (8)小杉世,「英語のメディア授業—試行錯誤の半年間」,サイバーメディア・フォーラム21, pp21-26(2020)。
- (9)Socrative:<https://www.socrative.com/>(2021年1月25日閲覧)。
- (10)ZOOM+:<https://zoom.les.cmc.osaka-u.ac.jp/>(2020年11月25日閲覧)。
- (11)上田信行,4learnigScapes:http://www.sskn.gr.jp/MAINSITE/event/2016/20161029-edu/lecture-02/SSKEN_20161029-edu_ueda1.pdf(2020年11月25日閲覧)。
- (12)上田信行,「プレイフルシンキング[決定版]働く人と場を楽しくする思考法」,株式会社社宣伝会議(2020)。
- (13)北岡千夏,「“人類の救世主チームに感謝”」,サイバーメディア・フォーラム21, pp11-13(2020)。
- (14)ミッチェル・レズニック,「ライフロング・キンダーガーデン 創造的思考力を育てる4つの原則」,日経BP(2018)。
- (15)Seymour Papert, Eight Big Ideas Behind the Constructionist Learning Lab:<http://stager.org/articles/8bigideas.pdf>(2020年11月24日閲覧)。
- (16)ステージャー,マルティネス:「作ることで学ぶ Maker を育てる新しい教育のメソッド」,オライリージャパン(2015)。
- (17)ジョン・カウチ,ジェイソン・タウン:「スティープ・ジョブズが子供に学ばせたかった Apple のデジタル教育」,かんき出版(2019)。
- (18)大阪府教育センター,令和2年度 大阪府教育センター研修案内:http://www.osaka-c.ed.jp/category/training/r02/top_pdf/r02_kensyuunnai.pdf(2020年11月24日閲覧)。
- (19)正頭英和,「世界トップティーチャーが教える子どもの未来が変わる英語の教科書」,講談社(2020)。
- (20)岩居弘樹,「ICT が可能にした新しい外国語学習(「声」中心の学び方)」,情報処理学会論文誌 教育とコンピュータ Vol.3 No.3 8-17 (Oct.2017), (2017)。
- (21)PR TIMES,【教育委員会インタビュー】奈良県,県全体でロイロノート・スクールを導入:<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000058.000024975.html>(2020年11月24日閲覧)。
- (22)文部科学省,高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 総則編:https://www.mext.go.jp/content/20200716-mxt_kyoiku02-100002620_1.pdf(2020年11月24日閲覧)。
- (23)岩居弘樹, e-Learning 教育学会緊急シンポジウム 2020 基調講演 オンラインをベースにした これからの外国語教育~Zoom+αの取り組みと外国語授業実践の紹介~:https://drive.google.com/file/d/1ziy9w6kEoIvVz_MrG7X-Xcjm0BjPqS/view(2020年11月24日閲覧)。
- (24)大前智美,「特集:変わりゆく外国語教育環境について」,サイバーメディア・フォーラム19, pp3-4(2019)。
(2020年12月6日 受付)
(2021年2月1日 採録)

単振動のシミュレーション教材による 学習者のグラフ理解の有用性とその課題

Usefulness and its challenges of learner's graph understanding based on simple harmonic oscillation simulation

松岡 広海*1・尾崎 龍之介*1・長谷川 大和*2・興治 文子*1

Email: 1720519@ed.tus.ac.jp

*1: 東京理科大学 理学研究科 科学教育専攻

*2: 東京工業大学附属科学技術高等学校

抄録

物理学を理解するうえでの困難の1つは、物理現象を表す表現が多様であることにある。物理現象を本質から理解するためには、物理現象を定性的に理解するだけでなく、数式やグラフ等を用いて定量的に表すことができなければならない。さらに、これらの多様表現であらわされたことがどのような物理現象を表しているのかを読み取ることや、表現間の変換ができなければならない。

近年注目が集まっているシミュレーション教材は、物理現象を理想的な状態で再現できるという特性があり、その学習効果に期待が高まっている。本研究では、物理教育研究に基づいて開発されたシミュレーション教材であるPhETを利用し、大学初年次の入門物理を履修している学生が単振動のグラフ表現理解にどの程度有効であったかの調査を行った。調査問題として用いた単振動の変位、速度、加速度のグラフ表現については高い正答率が得られた。PhETの有用性については、微分積分を用いて単振動を理解している学生にとってはそれほど高くなかった一方で、不正解を選んだ学生は有効だったと答えている割合が高かった。このことから、PhETを利用したことで現象と変位、速度、加速度の時間変化が定性的に視覚的に確認できることが、グラフによる定量的理解へとつながらず、さらなる支援が必要であることが判明した。

©Key Words シミュレーション, 単振動, グラフ理解, PhET

1. はじめに

1.1 研究背景

物理現象を深く理解する上での困難の1つは、物理現象を表す表現が多様であることにある⁽¹⁾。物理現象を定性的理解から定量的理解へと深める際に、物理現象は図や数式、グラフといった多様な表現があり、その対応関係をしっかりと把握することが重要であるが初学者にとって表現を変換することはそれほど易しくない。

物理現象を、実験を通して学ぶことは大きな学習効果が期待できるが、新たな学びの方法の1つとしてシミュレーションがある。情報通信技術の発達とともに、シミュレーションで表現できることも増えてきた。実験とシミュレーションを比較したとき、シミュレーションの利点となるのは、理想状態の実現が可能であることである。それにより、学習者の概念獲得に不要な、余計な情報を排除した状態のみを表示することができる。シミュレーション教材は、視覚的に物理現象の動的なようすを提示したり、抽象的な概念が表現できることにある。定性的な理解が深まることはもちろんであるが、それでは定量的な理解、本研究では特にグラフ理解へと深めるときに有用であろうか。

本研究で扱うシミュレーションは、アメリカのコロラド大学で開発されたPhETである。PhETは、領域に基づいた教育研究(Discipline Based Education Research, DBER)の一環として開発されたインタラクテ

ィブな教材であり、無料で手軽に使えるという長所がある⁽²⁾。ノーベル物理学賞を受賞したWiemanが開発に携わっており、多国語に翻訳され、世界各国で利用されている。DBERという観点からみると、PhETがどのように開発されたのか、PhETを教育で活用すると学生の探究活動をどう促すのかなどの研究はあるものの、定量的理解へどうつなげることに有用であったのかについてはほとんどされていない。

1.2 関連する先行研究

本研究では、単振動のグラフ表現におけるシミュレーションの活用に焦点をあてる。単振動の大学生のグラフ理解、特に学習者がグラフのどのような点に着目してグラフで表された情報を読み取ろうとしているのかについての先行研究には、タイのチェンマイ大学で行われたものがある^(4,5)。Wattanakasiwich氏は、物理学科ではない大学生を対象として、授業の前後で単振動の理解がどのように深まっているのか、また大学生が問題解法する際にどこを見ているのかを、視線追尾装置を用いた研究を行なった。2019年の研究では、12の単振動に関する概念調査を、講義前後に行っている。調査はコンピュータベースで行われ、解答時に視線追尾装置を用いて計測し、解答後には半構造化された面接調査を実施した。結果は事前テスト、事後テストともに正解率は高いとは言えなかった。多くの項目において

事前テストの結果は正答率が 10~40%, 事後テストでも 1 つの項目のみ 80%と正答率が飛躍的に上がっているものがあるものの、30~50%であった。

先行研究の視線追尾装置を用いた実験では、回答者はコンピュータの画面上を見続けなければいけないという解法上の制約があったため正答率が悪い可能性もあるが、大学生であっても、また講義修了後であっても、単振動のグラフ理解はあまりよくないということは言える。

2. 研究目的および対象, 方法

2.1 研究目的

本研究では、学習者が PhET を活用して単振動を理想状態であるシミュレーションで可視化することで、現象の時間変化をグラフ表現へ変換して理解する際の有用性と困難を明らかにすることを目的とする。

単振動は、数式からアプローチしてグラフ理解へ到達することもできる。しかし、数学ができることが物理現象の定量的理解に必ずしもつながるわけではない。したがって、大学生が数学が得意かどうか、高校までの物理の履修歴によって理解の差が出るのかどうかなどを比較することで、PhET を用いることが現象とグラフとの対応関係の理解を促したかどうかを明らかにする⁶⁾。

2.2 PhET “おもりとはね”の詳細

具体的には、微積分を用いた入門物理学を履修した大学生が、単振動の質点の位置、速度、加速度の時間変化のグラフについて、PhET を見ることで理解しやすくなったのか、解法に役立ったのかについて調査する。用いる PhET は、“おもりとはね: ベーシック”である (図 1)。

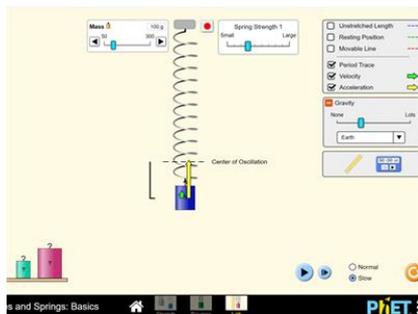


図 1 PhET の“おもりとはね: ベーシック”の画面

このシミュレーションでは、「伸び」、「弾み」、「実験室」が選択できるようになっており、このうちの「実験室」を選ぶと、質点の質量やばね定数、重力を変化させられるようになっている。図 1 に示したように、中央にあるばねに質点を付け、右にあるタブから「1 周期のおもりの軌道」、「速度」、「加速度」を選ぶことができる。

「1 周期のおもりの軌道」では、図に示したように振動の中心 (横向きに点線で表示) から質点がどのように動くのかが、1 周期にわたって黒い実線で軌跡が現れる。ただし、グラフとして表示されるわけではない。「速度」、「加速度」を選ぶと、質点の動き (時間変化) にあわせて矢印で向きと大きさを表現される。図では、質点は最

下点から上に動く状況になっているため、速度は上向きで短く、加速度は上向きで長く表現されている。このシミュレーションではグラフが直接表示されることはない。

2.3 研究対象

物理学科ではない理系大学生の学部 1 年生 2 クラス 198 人を対象とした。1 クラスは数学科 96 人で、もう 1 つは化学系の学科 102 人である。各クラスには再履修の上級生も含まれていたが、本研究の対象からは除いた。

2.4 研究方法

2020 年度前期の微積分を用いた入門物理学の授業は、全 15 回で主にニュートン力学の内容を扱い、非同期遠隔授業で行われた。数学科と化学系の学科は別々の 2 クラスであるが、どちらのクラスも著者の 1 人が教え、オンデマンド配信した授業内容および課題内容は全て同じであった。

各回の授業後には簡単な演習問題をクラウド上で出題し、提出期限は 1 週間後とした。本研究では、表 1 に示したような内容で授業をすすめ、詳細は後述するが、本研究に関わる単振動の課題は第 11 回の演習問題とともに出題した。

表 1 講義内容と調査内容

回	授業内容
1	概説 物理学に対する学習姿勢の調査
2~6	→第 3 回 PhET 提示, 円運動で速度ベクトル, 加速度ベクトルの表示
7	単振動 →運動センサーを用いた演示実験で位置・速度・加速度の関係を図示(実験結果はクラウド上で共有せず), PhET 提示なし →(授業後)単振動にかかわる演習問題 グラフや学生の PhET 利用なし
8	強制振動, 減衰振動, 共振 →動画やグラフの提示のみで, PhET 提示なし →(授業後)振動問題にかかわる演習問題 グラフや学生の PhET 利用なし
10	仕事とエネルギー →PhET “力学的エネルギー保存則” 運動とエネルギーの棒グラフ →(授業後)エネルギーにかかわる演習問題, グラフあり, PhET 利用なし
11	力学的エネルギー保存則 →センサー付き力学台車の演示実験, PhET 利用なし →(授業後)ポテンシャルエネルギーにかかわる演習問題, グラフあり 本研究で対象とする単振動の調査 (学生が初めて PhET 利用)

2.5 単振動の調査問題

単振動の調査問題は先行研究⁵⁾のうちの1問であり、図2に示したように、質点の位置、速度、加速度の関係を問うものであった。

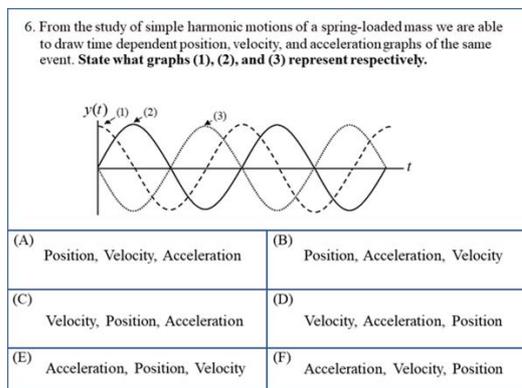


図2 本研究で対象とする単振動の課題

先行研究では選択肢は4つであったが、本研究ではすべての組み合わせである6つに増やした。先行研究のこの問いに対する正答率は、事前テストが約40%、事後テストが約50%であった。調査問題は、非同期遠隔授業という授業形態の特殊性から、大学生間で出回することを懸念し、1問のみしか扱わなかった。

2.6 授業内容の詳細

第1回では、概説と物理学に対する学習姿勢の調査を行った⁷⁾。物理学の学習に対する態度と、物理学の概念調査の相関関係についての調査することで、学習者の現状に対する理解が深まることが良く知られている。本研究でも物理学の概念調査問題を扱いたかったが、非同期遠隔授業であったため断念した。また同様の理由で、数学の理解度に関する調査も断念した。

第2回から第6回では、ニュートンの運動方程式とさまざまな物体の運動について扱った。第3回では円運動における速度、加速度の向きの変化を分かりやすくするためにPhETの“テントウムシの二次元移動”を提示した。授業スライドにはURLを付けたが、自身で確認するような指示は出さなかった。また、授業終了後の課題では、学生のPhET利用はなかった。

第7回で扱った単振動では、学生は水平方向および鉛直方向にばねが置かれている場合の運動をニュートンの運動方程式から微積分を用いて学んだ。

さらに、運動センサーを用いてばねの運動を測定した演示実験も見ている。図3は演示実験のようすを示しており、右上の写真には、質点(人形)がばねに吊るされており、床に置かれたセンサーで測定しているようすが映っている。左下のグラフは、センサーで測定した結果がパソコンに表示されているようすであり、上から質点の位置、速度、加速度の時間変化がグラフで示されている。

講義では続いて、ニュートンの運動方程式から数式を用いて単振動の位置、速度、加速度がどのように導出されるのかも学んだ。

なお、講義スライドおよび講義ビデオはクラウド上

で学期末まで提示した。スライドは学生がダウンロードすることを想定し、演示実験の結果が示されたグラフは含まれていない。講義ビデオには、実験結果のグラフが映っているが、初期条件が本研究の調査問題とは異なっているものだった。

また、授業中のPhETの提示はなかった。

授業終了後の課題では、単振動にかかわる演習問題を出題したが、グラフや学生のPhET利用はなかった。



図3 センサーを用いた単振動の演示実験とそのグラフ

第8回では強制振動、減衰振動、共振を扱った。実際の現象を動画で示したが、数学的な解法が中心で、PhETの提示はしなかった。なお、この分野に該当するPhETはない。

授業後の演習問題では、振動にかかわる演習問題を出題したが、グラフや学生のPhET利用はなかった。

第10回は表1に示した通りで、授業内でPhET“力学的エネルギーの保存”を提示した。授業スライドにはURLを付けたが、自身で確認するような指示は出さなかった。また、授業後の課題では学生のPhET利用はなかった。

第11回は表1に示した通りで、授業内にPhETの提示はなく、その授業終了の演習問題の一部として本研究で扱った問題(図2)を質問用紙で出題した。提出期限は1週間後であり、学生は他の回と同様にクラウド上に解答を提出した。

なお、遠隔授業が基本であり、対象学年が1年生なので交友関係が構築できていないことから、友達と相談しないで問題を解いたと考えられる。また、この質問の回答内容は成績に含めないことを明記した。大学生が課題を考えるにあたり、PhETを紹介し、各自でアクセスするように指示した。学生自身がPhETを利用するのは初めてである。また、課題を解いた際にPhETを用いたことで、

①分かりやすくなったか

②役に立ったか

について、それぞれ5件法でアンケートも行った。

3. 調査結果

3.1 単振動の調査問題に対する正答率

表2と3はそれぞれ、数学科および化学系学科の解答分布を、高校の物理の履修別に示したものである。選

択肢 C は正答であり表では太線で示している。選択肢 D は速度のグラフは正しいが、位置と加速度のグラフを逆にした選択肢であり、最も間違えやすい選択肢であった。

表 2 数学科における回答数の分布と高校での物理の履修状況(n=107)

選択肢 (右) 履修別 (下, 単位:人)	A	B	C	D	E	F	未 解 答	計
物理基礎+物理	1	1	69	12	0	3	11	97
物理基礎	0	0	2	0	0	0	0	2
未履修	0	0	2	0	0	0	0	2
未回答	1	0	4	1	0	0	0	6
計	2	1	77	13	0	3	11	107
有効解答 n=96 に占める割合 (%)	2	1	80	14	0	3		

表 3 化学系の学科における回答の分布と高校での物理の履修状況(n=112)

選択肢 (右) 履修別 (下, 単位:人)	A	B	C	D	E	F	未 解 答	計
物理基礎+物理	2	3	48	11	2	2	7	75
物理基礎	2	1	8	9	1	0	2	23
未履修	0	0	3	1	0	0	1	5
未回答	0	0	8	1	0	0	0	9
計	4	4	67	22	3	2	10	112
有効解答 n=102 に占める割合 (%)	4	4	66	22	3	2		

各学科の高校での物理の履修状況は数学科ではほとんどが物理まで履修しているため、履修状況と正解率の関連をみるができなかった。数学科と化学系学科を比較すると、数学科は 80%の正答率だったにも関わらず、化学系学科は 66%と化学系学科の方が正答率が低い。さらに化学系学科では、物理基礎のみ履修した学生の正答率 (9/21=42.9%) は、物理まで履修した学生の正答率 (48/68=70.6%) よりもあきらかに正解率が低いことがわかる。

先行研究の結果と比較すると、いずれの学科においても高い正答率となったことがわかる。ただし、調査方

法が異なるため単純に比較することはできない。紙媒体で 1 週間という期間を設けて大学生が考えることができたことと、PhET を活用したことの双方が要因として考えられるだろう。

3.2 PhET 活用でグラフ理解は深まったか

3.2.1 学科別

アンケート調査について、まず学科別についての結果を述べる。学科による違いは、履修者の数学的素養の違い、理科に対する興味関心の違いが暗示的にあると考えられるが、事前調査ができなかったために明示的に違いを述べることはできない。

図 4 は「シミュレーションを用いることで、位置、速度、加速度の関係は分かりやすくなったか」という質問に対する回答結果について、全体(n=198)、数学科で C を選択した人(n=77)、化学系学科で C を選択した人(n=67)、数学科で D を選択した人(n=13)、化学系学科で D を選択した人(n=22)別に、分布を表示したものである。5 は「とても分かりやすかった」を選択した割合であり、4 は「分かりやすかった」、3 は「どちらともいえない」、2 は「やや分かりにくかった」、1 は「分かりにくかった」である。

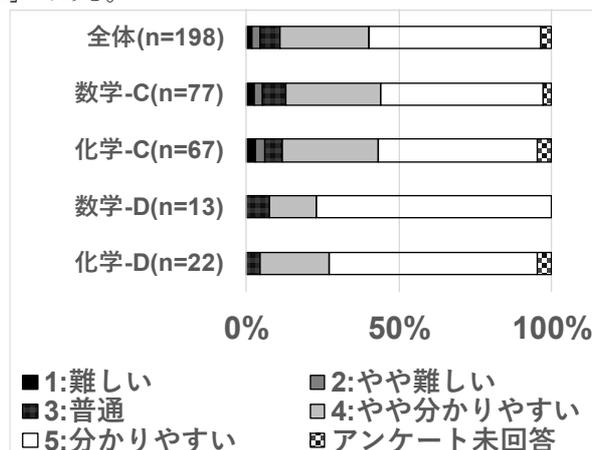


図 4 PhET 活用でグラフは分かりやすくなったかについて (学科と選択肢 C および D 別)

図 4 に示したように、数学科、化学系学科ともに D を選択した学生ほど評価が高かった。

図 5 は「グラフの対応関係を考えるのにシミュレーションが役立ったか」という質問に対する回答結果について、全体(n=198)、数学科で C を選択した人(n=77)、化学系学科で C を選択した人(n=67)、数学科で D を選択した人(n=13)、化学系学科で D を選択した人(n=22)別に、分布を表示したものである。5 は「とても役に立った」を選択した割合であり、4 は「役に立った」、3 は「どちらともいえない」、2 は「やや難しかった」、1 は「難しかった」である。

図 5 に示したように、一方で、「グラフの対応関係を考えるのにシミュレーションが役立ったか」という質問に対しては、化学系学科の学生群は正答できず D を選んでしまった学生が最高評価をつけていた割合は 71%と極めて高い。一方、数学科で D を選んでしまった学生は 4 と 5 の評価の合計は約 90%と多かったもの

の、最高評価の5を付けたものは約半数にとどまった。有意差を判定するために2つの設問項目についてカイ二乗検定を行ったところ、両設問項目とも5%の有意水準で有意差が認められた。

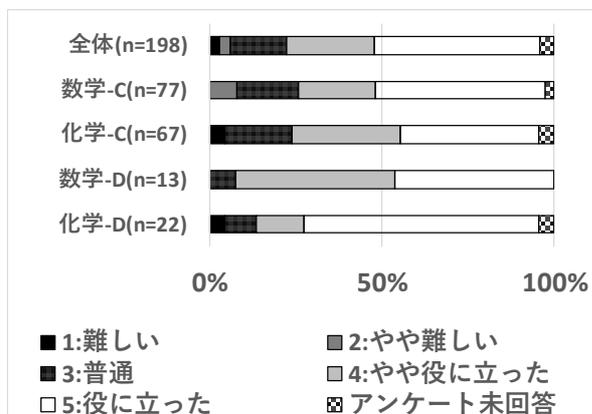


図5 PhET活用でグラフ理解に役立ったかについて(学科と選択肢CおよびD別)

3.2.2 高校での物理の履修別

学生の物理学の履修歴に応じた2つの設問の結果を図6と図7に示す。前者は「位置・速度・加速度の関係を理解しやすくなったか」、後者は「グラフの対応関係を考える上で参考になったか」であり、カイ二乗検定を行ったところ、前者では5%の有意水準で有意差があったが、後者では有意差はなかった。

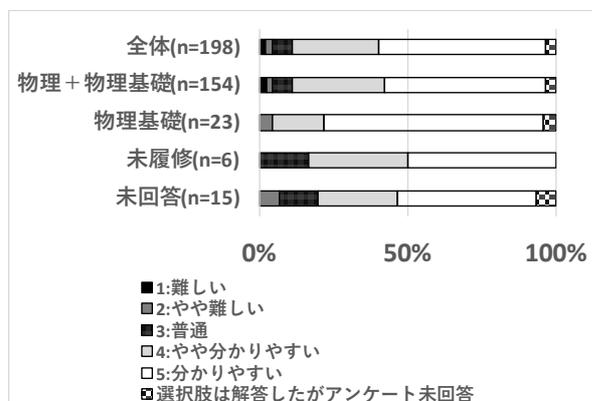


図6 PhET活用でグラフは分かりやすくなったかについて(高校までの物理歴の履修歴別)

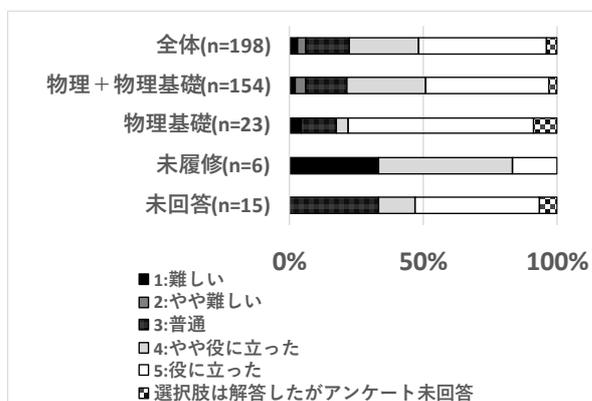


図7 PhET活用でグラフ理解に役立ったかについて

(高校までの物理歴の履修歴別)

3.3 自由記述欄の分析

大学生のアンケート自由記述欄を分析したところ、次のような傾向があった。

「分かりやすかったか」で低評価の1や2を付けた学生が10名いたが、そのうち2名は操作方法に関するものだった。残りのうちの半数は、分かりやすいと記述したにも関わらず評価が低かった。それ以外は、数式を用いてグラフを考えることのできるため、シミュレーションを用いずとも理解できたとのことである。この学生の中で、「役に立ったか」に対する評価が分かれており、確認として利用できて高評価を付けた学生と、一方で確認としてしか利用してないので低評価を付けた学生がいた。

調査問題の正答誤答ごとに分けて分析してみると、正解した学生の中には、さらにシミュレーションを見ることで、より理解を深めた者もいる。速度、加速度の矢印が色分けで表示され、大きさと向きが可視化されることが理解の助けとなったようだ。スロー再生やコマ送り機能も詳細に観察できた要素の1つである。

一方で、不正解だった学生の自由記述欄を分析したところ、間違えた原因はシミュレーションに起因するようなものもあった。

たとえば、シミュレーションを基に解答した学生の中で位置を重視した者は、おもりをばねに吊るすと下方向に運動を始めることからまず減少しているものを位置とした。次に、式から速度のみ位相差があることに触れ、値どうしの関係に触れないまま誤答となった。

このように、もっとも多かったのが「正の向きを決めてしまう」や「運動の開始地点を原点とする」などといった、こちらが指定していない部分を各々自分で設定したことである。それにより位置、速度、加速度のうちどれか1つを決定し、残ったどちらかを吟味、3つ目は自動的に決まり、その後3つすべての総合的な検討を行わない者が大半だった。

4. まとめと今後の課題

理系大学の微積分を用いた入門物理学コースにおいて、単振動の分野でシミュレーション教材であるPhETを活用した際に、大学生のグラフ理解が深まるのかどうかを研究した。微積分を用いて単振動について既習の大学生が、PhETの該当単元を利用したあとに、紙媒体で位置、速度、加速度の時間変化のグラフをたずねる問題を出したところ、正答率は数学科では約80%、化学系学科では66%と先行研究⁹⁾と比べると高い正答率であった。調査方法および実施内容が異なるため、単純に比較はできないが調和振動子の質点のようすのグラフ表現に対する一定の理解はあるようにみえる。

学科間の比較では、数学が優れてできる学生の正答率が高い。高校の物理の履修歴別でみると、化学系学科の場合では、物理基礎までの履修学生の正答率は、物理まで履修した学生と比較すると低い。

課題内容に関するシミュレーションの効用については、学科および履修別を問わず現象が分かりやすいと

高評価である。

一方、シミュレーションがグラフ理解に役立ったかの質問項目に対しては、不正解者が役立った、とても役立ったと回答している割合が高いことが課題である。このことは、シミュレーションは、特に数学を得意としない学生にとっては、現象とグラフとの対応関係の理解を促し、回答に自信をもたせているといえる。一方で、彼らが回答を間違えた要因は、正の向きや初期位置など、問題で指定されておらず、こちらが意図してもしない条件を自分で勝手に設定してしまっているため、シミュレーションがあるからこそ誤解を招く危険性を含んでいることが明らかになった。このような学生に対しては、シミュレーションを活用するときに初期設定を様々変えることや、その設定でグラフ表示がどうなるかなど、学生が中途半端な暗記で覚えていたことではなく、現象とグラフがどのようにつながっているのかを理解できるような方策を取りたい。

今後さらに現象・グラフ・数式の対応関係を理解する際の困難を追究し、克服するための手立ての開発につなげていきたい。

謝辞

本研究にあたり、調査資料を提供していただいたチェンマイ大学の Prof. Pomrat Wattanakasiwich に感謝申し上げます。

参考文献

- (1) D. F. Treagust, R. Duit, H. E. Fisher, "Multiple Representations in Physics Education", Springer (2017).
- (2) PhET, <https://phet.colorado.edu/> (2020年12月3日閲覧).
- (3) C. Wieman, W. Adams and K. Perkins, "PhET: Simulations That Enhance Learning", *Science*, Vol. 322(5902), pp. 682-683, (2008).
- (4) P. Wattanakasiwich, "Visual Attention and Interpretation Graphs in Simple Harmonic Motion", GIREP-ICPE-EPEC-MPTL, Hungary 1-5 July 2019. 国際会議終了後に発表原稿および質問項目 12 つについて著者の 1 人が個人的に提供いただいた。
- (5) S. Somroob and P. Wattanakasiwich, "Investigating student understanding of simple harmonic motion", IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 901, 012123, (2017).
- (6) 本研究は、国際会議での発表 H. Matsuoka, R. Ozaki, F. Okiharu, Y. Hasegawa, ICTSS2020, Dec. 2-4, Online, (2020)を基に学生の困難についてアンケートの自由記述欄の分析を追加し、また一部無回答者も含め結果を再検討したものである。
- (7) Colorado Learning Attitudes about Science Survey (CLASS).

(2020年12月6日 受付)

(2021年1月31日 採録)

視覚的読書と聴覚的読書の差異

- コンテンツに合った読書方法の探求 -

Difference of visual reading and auditory reading

-Research of reading method that fits the content-

阿部 加奈*1・菅谷 克行*1
Email: 17L1002L@vc.ibaraki.ac.jp

*1: 茨城大学 人文社会科学部 現代社会学科

抄録

近年、学生の読書離れが指摘され、読書時間・量の減少とともに大学生の約半数は読書習慣が無いという調査結果も報告されている。一方で、現在は紙の書籍に加えて電子書籍やオーディオブックなどのサービスも展開されており、読書における選択肢の幅は広がっている。そこで、コンテンツに合った読書方法（読書メディアの適切な選択や支援機能の活用など）を知ることで、より内容が理解しやすく、より楽しい読書生活ができるのではないかと考えた。本研究では、目を使って本の内容を読み取る読書を「視覚的読書」、耳を使って本の内容を聞き取る読書を「聴覚的読書」とし、実験とアンケート調査を通じて、それら2つの読書の特徴を比較・分析した。その結果、正確な読解を確認するための、要約テスト、正誤テストの結果は、ともに差異は認められなかった。読書後の各読書メディアの印象評価については、多数の被験者が理解のしやすさや読みやすさの点で視覚的読書を高く評価した一方で、聴覚的読書に対して、読み手の声のトーンや表現によって作品の雰囲気や印象に残り、より作品を楽しめるという評価もあった。

◎Key Words 電子書籍, オーディオブック, 視覚と聴覚, 読書メディア

1. はじめに

近年、若者の読書離れに関する指摘を耳にすることが多々ある。第55回学生生活実態調査概要報告⁽¹⁾によると、大学生の1日平均の読書時間は30.4分であり、48.1%の学生が「1日の読書時間は0分」であると回答しており、これらの結果から、約半数の大学生は読書習慣が無いことを指摘している。

一方で、現在はICTの普及により、紙の書籍に加えて、電子書籍やオーディオブックなど、書籍コンテンツを読むためのメディア・サービスは多数展開されており、読書における選択肢は広がっている。オーディオブックとは本の内容をプロのナレーターや声優が朗読してくれるサービスである。

本を読むためのメディア・サービスの選択肢が拡大しているにも関わらず、若者の読書時間・読書量が少ないままなのはなぜであろうか。著者らは、その一因として、学生がそれらの読書メディア・サービスを十分認識・活用しきれていないからなのではないかと考えた。加えて、そのコンテンツに合った読書方法（読書メディアの選択や支援機能の活用等）を知ることができれば、より内容理解がしやすく、より感情・情緒的な味わいを感じながら、読書を楽しむことができるのではないかと考えた。

本研究では、大学生の読書習慣や読書メディア・サービスの特性を分析し、コンテンツに合った読書方法や、本が読みやすくなる読書支援機能・サービスについて考察し、提案することを目指すこととした。具体的には、(1) 媒体によるコンテンツの内容理解や印象の違いを明らかにすること、(2) コンテンツに合った読書方法（読書メディアの選択や支援機能の活用など）

を提案すること、以上の2つを研究目的として設定した。

2. 電子書籍とオーディオブックを用いた読書実験とアンケート調査の概要

研究目的達成のため、まず、電子書籍とオーディオブックを用いた読書実験とアンケート調査を通じて、読書に使用する媒体（読書メディア）の違いが書籍の内容理解や印象にどのような影響を及ぼすのかについて検証することとした。

2.1 実験の方法

本研究では、紙や電子書籍など、主に目を使って本の内容を読み取る読書を「視覚的読書」とし、オーディオブックなど、主に耳を使って本の内容を聞き取る読書を「聴覚的読書」とした。視覚的読書としては電子書籍を、聴覚的読書としてはオーディオブックをそれぞれ使用し、2つの読書方法の特徴を比較分析することとした。

実験場所は学内の共同研究室を使用し、1度の実験につき被験者は1名とし、実験中の様子（被験者が読書をしている様子）を後から振り返って分析できるように、被験者にその旨を説明し許可を得た上で、ビデオカメラにて撮影を行った。

以下、実験の詳細について示す。

<被験者> 大学生 10名(男性3名, 女性7名)

被験者を以下の2つのグループに分けた。

グループA: 1日目に視覚的読書を行う

2日目に聴覚的読書を行う

グループB：1日目に聴覚的読書を行う

2日目に視覚的読書を行う

※グループ分けに関しては、偏らないようバランスに配慮してランダムに振り分けた。

<期間> 2020年10月

長時間読書による疲労等の影響を考慮し、被験者1名につき2日間(1日約60分間)に分けて実施した。

<手続き>

実験手続きについて、グループA(1日目：視覚的読書、2日目：聴覚的読書)を例として、以下に示す。グループB(1日目：聴覚的読書、2日目：視覚的読書)については、下記手続きの(3)(4)と(6)(7)を入れ替えたものである。

1日目

(1) 事前アンケート：5分程度

被験者の属性や普段の読書行動、使用しているメディアのほか、オーディオブックの使用経験を事前に把握しておくため、Microsoft Formsを用いたアンケート調査を行った。質問数は計14項目。

(2) 実験内容の説明：2分程度

被験者に本実験の目的、手順、留意事項(実験中の様子をビデオカメラで撮影すること等)を説明し、承諾を得たうえで実験を開始した。

(3) 実験で使用する書籍メディアの操作確認と設定：3分程度

被験者には視覚的読書をしてもらった。ここでは電子書籍用端末を使用するためその操作確認と文字サイズや明るさ等の各種設定を被験者にしてもらった。

(4) 実験開始：35分程度

実験者が指定した箇所を電子書籍で読んでもらった。各種機能や文房具等の使用は自由とし、できるだけ自由に読書してもらった。

(5) 読解テスト、感想の記入：15分程度

実験終了後、読解テストとして、①内容要約問題、②正誤問題、の2つに回答してもらった。加えて、内容に対する感想や印象も自由記述形式で記入してもらった。また、使用メディアに対する感想や印象も自由記述形式で記入してもらった。

2日目

(6) 実験で使用する書籍メディアの操作確認と設定：3分程度

被験者には聴覚的読書をしてもらった。ここではオーディオブックを使用するため音量調節等を被験者にしてもらった。

(7) 実験開始：35分程度

実験者が指定した箇所をオーディオブックで聞いてもらった。各種機能や文房具等の使用は自由とし、できるだけ自由に読書してもらった。

(8) 読解テスト、感想の記入：15分程度

読書終了後、読んだ箇所の内容の要約や確認テスト、被験者自身の感想を筆記で記入してもらった。また、メディアの使用感の感想も記入してもらった。

(9) 事後アンケート：10分程度

実験後、2つのメディアを使って読書してみた感想、自身の今後の読書に変化はありそうか、などについて

Microsoft Formsを用いたアンケート調査で行った。質問数は18項目。

2.2 実験で使用したメディアとコンテンツ

実験では、読書用メディアとして、実験者が準備したiPhoneを使用した。iPhoneにした理由は、電子書籍、オーディオブックの両方が使用できるためである。また、コンテンツの内容の他にアプリケーションの使用感も被験者から聞き出したかったため、実験用メディアとしてのiPhone及びアプリケーションを統一した。

使用したアプリケーションは、AMZN Mobile LLC社の電子書籍閲覧再生専用アプリ「Kindle」⁽²⁾と、Audible, Inc.社のオーディオブック再生専用アプリ「Audible」⁽³⁾である。

被験者に読書してもらうコンテンツには、宮沢賢治の『銀河鉄道の夜』を使用した。選書理由は以下の2つである。1つ目は、古い言いまわしによる読みづらさや作品へのとっつきにくさがある古い日本語小説を使用したかったことである。2つ目は、会話表現、背景描写、オノマトペを使った表現が豊富であることである。この2つに拘った理由は、視覚的読書と聴覚的読書を比較した際、特に聴覚的読書で、印象の違いや興味深い効果が見られるのではないかと考えたからである。

実験では、時間的制約があるため、書籍コンテンツ全体を読んでもらうわけにはいかず、実験者が指摘した箇所のみを読んでもらうことにした。指定した読書箇所は、物語前半の一部分(以下、読書箇所I)と、後半の一部分(以下、読書箇所II)である。指定した箇所は、それぞれ、オーディオブックにすると30分程度であり、文章量としては文庫本で17ページ程度である。指定箇所の選択理由は、読書箇所I、読書箇所IIともに、物語上の大きな展開が含まれる箇所であり、被験者の内容理解度を確かめたり、感想や印象を聞き出ししたりするためには、これらの箇所が適切であると判断したためである。

被験者には、いずれのグループも、1日目には読書箇所Iを、2日目には読書箇所IIを読んでもらった。

3. 実験およびアンケート調査の結果と考察

3.1 事前アンケート調査の結果と考察

事前アンケート調査では、被験者の属性(性別、年齢)、読書習慣(1ヶ月の読書冊数、1日の読書時間、よく読むジャンル、読書場所・環境、読書時使用ツール・機能、電子書籍使用割合、オーディオブック使用割合)、オーディオブック(認知度、使用経験、ジャンル、使用理由)などに関して、回答してもらった。

その結果、多くの被験者が1か月に2~5冊の本を読むと回答していた。1日の読書時間に関しては、「全く読まない(0分)」と回答した被験者はいなかったが、「30分未満」と回答した被験者が6名、「30分以上60分未満」が3名、「60分以上120分未満」が0名、「120分以上」が1名であった。読書時間が0分である被験者がいなかったものの、1日の平均読書時間は30分未満が最も多く、第55回学生生活実態調査概要報告⁽¹⁾で示されていたもの(30.4分)と同程度であった。

また、日常の読書で電子書籍を利用している被験者は10名中6名であった。そのうち、3名は使用割合「20%未満」であり、1名が「20%以上50%未満」、2名が「80%以上」であった。これらの結果から、大学生の日常読書に電子書籍サービスが浸透してきていることが判った。

オーディオブックについては、10名中9名がサービスを認知していたものの、使用経験のある被験者はいなかった。

3.2 内容理解テストの結果

読書実験中、被験者が読書箇所をどの程度理解していたかを確認するために、被験者には各実験での読書時間終了後に、内容要約問題と正誤問題に取り組んでもらった。加えて、実験で読んだ内容・書籍を元々知っていたか否か（過去に『銀河鉄道の夜』を読んだことがあるかどうか）、読んだ箇所の感想、使用したアプリケーション・メディアの使用感についても、自由記述形式で回答してもらった。

被験者が回答を記入する間、使用したアプリは起動したままの状態では被験者の手元にあり、メモをとっていた場合も、手元に置いてある状態で閲覧自由とした。

解答用紙の設問は以下の通りである。

- Q1. 今回読んだ本の内容を元々知っていましたか。
- Q2. 先程読んだ箇所の内容を要約してください。
- Q3. 次の文章が先程読んだ箇所の内容と合っていれば○を、間違っていれば×をカッコ内に記入してください。
- Q4. 先程読んだ箇所の感想を自由に書いてください。
- Q5. 先ほど使用したアプリ（メディア）について、使用した感想や印象などを自由に書いてください。

3.2.1 内容要約問題の結果

内容要約問題は、読書箇所の要約を文字数制限なしで自由に書いてもらった。評価方法としては、要約文の中に、実験者が要約に必要であると判断して予め抽出した、地名・固有名詞、場面などのキーワードが含まれていた場合に、1つ1点としてカウントした。要約文の中にキーワードが10点以上記入されている回答を理解度が高かったもの、10点未満だったものを理解度が低かったものとした。

キーワードとして指定したのは、読書箇所Ⅰ、読書箇所Ⅱともに、人物が5個、地名・固有名詞が6個、場面が7個の、合計18個になるようにした。

また、分析を行うにあたって、被験者10名の名称をa～jとした。内訳は、グループA（1日目：視覚的読書→2日目：聴覚的読書）が被験者a～e、グループB（1日目：聴覚的読書→2日目：視覚的読書）が被験者f～jである。

図1は、各被験者の各実験における要約文を、上記手法に基づいて集計した結果である。

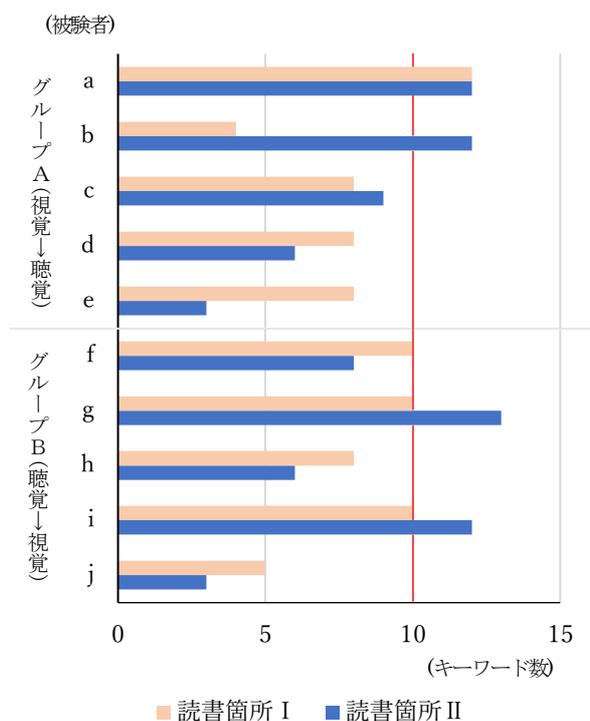


図1 要約文に含まれていたキーワード数

グループAでは、被験者aの読書箇所Ⅰと読書箇所Ⅱ、被験者bの読書箇所Ⅱの理解度が高かったと言える。読書方法の差異による影響は被験者bが聴覚的読書で大きくキーワード数が増加しているが、どちらのキーワード数が多いかについては個人差があることが判った。

グループBでは、被験者fの読書箇所Ⅰと、被験者gの読書箇所Ⅰと読書箇所Ⅱ、被験者iの読書箇所Ⅰと読書箇所Ⅱの理解度が高かったと言える。キーワード数に個人差は見られるものの、読書方法の違いで大きなキーワード数の変化は見られなかった。またグループBでは、読書箇所Ⅰのキーワード数が多い被験者は、読書箇所Ⅱでもキーワード数が多い傾向が見られた。

次に、被験者ごとに視覚的読書と聴覚的読書のどちらのキーワード数が多かったのかを比べてみる。キーワード数が同じであったのが被験者aであった。視覚的読書の方が聴覚的読書よりキーワード数が多かったのは、被験者d, e, g, iであった。聴覚的読書の方が視覚的読書よりもキーワード数が多かったのは、被験者b, c, f, h, jであった。

視覚的読書と聴覚的読書に分けてみると、視覚的読書については、被験者a, g, iの理解度が高かった。また、聴覚的読書については、被験者a, b, f, g, iの理解度が高かった。ここに大きな差異があったとは言えないが、今回の実験においては、理解度が高い結果は聴覚的読書時の方が多いという結果であった。

3.2.2 正誤問題の結果

正誤問題は、下記のような問いを、読書箇所Ⅰ、Ⅱともに、各4問出題した。

読書箇所Ⅰに対する正誤問題

- 問1：夜、ジョバンニは家に居いていなかった角砂糖を貰うために出かけた。(○・×)
 問2：カムパネルラが銀河ステーションでもらった地図は黒曜石でできていた。(○・×)
 問3：ジョバンニはいつの間にか銀河鉄道に乗っていた。(○・×)
 問4：ジョバンニは銀河鉄道でカムパネルラとザネリに出会った。(○・×)

読書箇所Ⅱに対する正誤問題

- 問1：やぐらの上で旗をあげる人は、わたり鳥の信号の役割を果たしていた。(○・×)
 問2：ジョバンニが女の子と楽しそうに話している様子がカムパネルラは気に入らなかった。(○・×)
 問3：ジョバンニはさそりをいい虫だと思っていた。(○・×)
 問4：カムパネルラが窓の遠くに見たきれいな野原をジョバンニは見る事が出来なかった。(○・×)

各被験者の正答数を図2に示す。

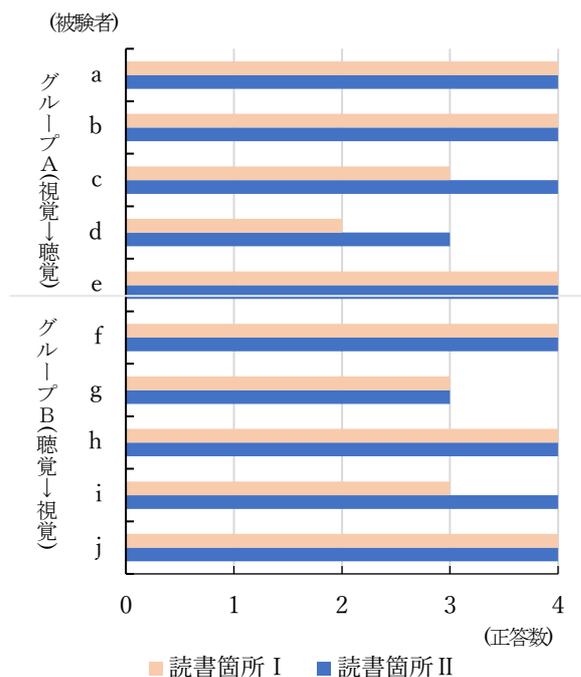


図2 正誤問題の正答数

まず、全体的に正答率が高く、読書箇所Ⅰ、Ⅱともに満点だった被験者が6名いた。そのため、グループ間の差異は特に認められなかった。

個別に見ると、被験者cと被験者dは、聴覚的読書の方が視覚的読書よりも正答率が高かったが、その一方で、被験者iは視覚的読書の方が正答率が高かった。

以上より、今回の正誤問題からは、両読書の差異を明らかにするために有効な情報は得られなかったと言える。

3.2.3 考察

読書メディアの違いが内容理解の差異に影響を及ぼすか否かについて、内容要約問題や正誤問題の結果からは、大きな影響は認められなかった。磯野・小野口⁽⁴⁾は、歴史文学を題材とした読書実験を通じて、電子書籍の読取りの方が聴き取りよりも理解度の平均値は高かったが、統計的有意差は認められなかったとし、「視覚に比べて聴覚から得られる情報量は少ないため、聴いたことをイメージする能力が相対的に弱く、聴いただけでは内容を理解しにくいことが考えられる」と指摘している。

本研究では、小説という比較的聴覚的読書に向いていると考えられるジャンルであったことに加え、朗読音声のクオリティも高かったことで、より作品の内容が頭に入りやすかったのではないかと考えられ、その結果、内容要約問題において、聴覚的読書の理解度の方が多少高い傾向が見られたのではないかと考える。正誤問題に関してはどちらの読書方法も高い正答率であったため、内容を正しく理解するという目的においては、視覚的読書と聴覚的読書との間に差異はないと考える。

また、実験後の各読書メディアの印象評価については、ほとんどの被験者が理解のしやすさや読みやすさの点で電子書籍の方が好印象だと評価したのに対して、読み手の声のトーンや表現で作品の雰囲気や印象づいたという点では、オーディオブックにも好印象評価が見られた。聴覚的読書も作品の内容によっては、より読書を楽しむために有効な読書方法であると考えられる。

被験者が過去に『銀河鉄道の夜』を読んだ経験があるかどうかを考慮し解答結果を比較してみたが、今回の実験においては、あまり影響がなかった。過去に『銀河鉄道の夜』を作品として読んだ経験があると回答した被験者は4名、読んだ経験がないと回答した被験者は6名であった。内容要約問題に関しては、その記述回答に過去の読書経験が影響しているといえる有効な情報は得られなかった。正誤問題に関しては、読書箇所Ⅰ、Ⅱともに満点だった被験者6名のうち、2名が『銀河鉄道の夜』を読んだことがある被験者であり、4名が読んだことがない被験者であった。そのため、こちらも差異は認められなかった。

ただし、今回の実験では、本作品の読書経験について深く掘り下げるような質問をしたわけではなかったため、このような結果になった可能性もある。同作品を何度も通読するほどの読書経験者と、授業等で部分のみを読んだ程度の読書経験者とは、内容理解の差異に影響が出てくる可能性もある。この点については、設問の難易度の検討も含め、今後の課題にしたい。

3.3 事後アンケート調査の結果と考察

2日間の実験を終えた後、被験者に事後アンケートを行った。事後アンケートでは、主に、各メディア(電子書籍・オーディオブック)を使用した印象と今後の使用意欲、視覚的読書の長所・短所、聴覚的読書の長所・短所、電子書籍とオーディオブックの比較評価(読

みやすかったのはどちらか・その理由、内容や印象が残ったのはどちらか・その理由)、今後の読書量変化の可能性、今後の読書方法(読書メディア選択)の可能性、などについて回答してもらった。

まず、実験で電子書籍を使用して見た印象について、6名が「よい」、4名が「どちらかと言えばよい」と回答し、その内4名が今後「主な読書方法として使用したい」、5名が「本(内容・ジャンル)によっては使用したい」と回答しており、電子書籍利用に対して好印象・積極的な態度を示していた。

オーディオブックを使用して見た印象については、2名が「よい」、3名が「どちらかと言えばよい」、5名が「どちらかと言えば悪い」と回答し、その内4名が今後「本によっては使用したい」、3名が「他の方法で読書したい」、3名が「読書したいとは思わない」と回答しており、オーディオブック利用は、読書方法としては良い印象を抱けなかったことが判った。この点については、被験者全員が初めてのオーディオブック使用であったため不慣れであったことも影響したのかもしれないが、今後のオーディオブックの可能性を考える上では、重要な観点であると考えられる。

視覚的読書の長所と短所について自由記述形式で回答してもらった結果は、以下のとおりであった。

視覚的読書の長所:

- ・自分のペースで読むことができる
- ・文字(漢字)の意味を、(その場で)調べられる
- ・線を引く等を(アノテーションを)付加できる

視覚的読書の短所:

- ・文字だけから情景・感情を想像しなければならない
- ・手と目が塞がってしまう
- ・目が疲れる

聴覚的読書の長所:

- ・ながら読書が可能になる
- ・話の流れや登場人物の感情が分かりやすい
- ・落ち着いて読めるため、リラックス方法としてよい

聴覚的読書の短所:

- ・聞き流してしまい、内容がうまく入りづらい
- ・読み返すことに不向き
- ・端末を手元に置いておかないと、アプリの操作が面倒になってしまう

磯野・小野口⁽⁴⁾によると、「電子書籍は従来の本に比べて利便性は高いが、目の疲れが最も懸念されている。一方、オーディオブックは従来の本や電子書籍とは違った利便性があるが、自分のペースで読書できないことや読み返しが難しいなど、聴き取りに特有の制約がある。」と述べられており、概ね先行研究と同じような読書後の回答が得られた。

それぞれの読書メディアに向いていると考えられるジャンルについては、視覚的読書はほぼ全てのジャンルに5名以上の回答が得られた。聴覚的読書は小説が8名、エッセイが6名と、この2つのジャンルが抜きんでる結果になった。

また、電子書籍とオーディオブックを比較してどちらが読みやすかった(使いやすかった)かという質問に対して、9名が電子書籍、1名がオーディオブックと

ほぼ全員が電子書籍と回答した。理由としては、「普段から使い慣れている形式のため」「自分のペースで読めるため」というものが挙げられた。

しかし、電子書籍とオーディオブックを比較して、どちらが内容や印象が頭に残ったかという質問に対しては、5名が電子書籍、5名がオーディオブックとちょうど半数に分かれた。電子書籍と回答した理由には、「文字で読んだ方が自発的に読んだという気になる」、「読み返すことができる」というものが挙げられた。オーディオブックと回答した理由には、「読み手の表現や声のトーンで作品の雰囲気が印象づいた」、「音声で自分の普段読むペースより遅く頭の中で内容を反復できた」というものが挙げられた。

本実験で使用した『銀河鉄道の夜』について、Kindle版は無料コンテンツ、Audible版は有料コンテンツであった。実験時、被験者にコンテンツの有料・無料に関する説明はしなかったため、これらの要素については今回のアンケート結果に大きな影響を及ぼしていなかったと考えている。しかし、コンテンツが有料なのか無料なのかという要素は、ユーザとしてアプリケーションやメディア・サービスを選択する時には検討することが多く、その意思決定に何らかの影響を及ぼすことと考えられる。現在、オーディオブックのほとんどは有料コンテンツであり、電子書籍などで購入するよりも高価であることが多い。そのため、オーディオブックの使用経験や普及にも影響を及ぼしていると考えられる。

4. コンテンツに合った読書方法

本研究の実験・調査結果をふまえて、コンテンツに合った読書方法として、以下の3つを提案する。

① 会話表現や想像しやすい背景描写が豊富な小説やエッセイの読書は聴覚的読書を推奨する

本研究の読書実験で使用したような、会話表現や想像がしやすい背景描写が豊富な小説の場合、読み手の声のトーン・表現の効果によって、作品の雰囲気・印象が読者の記憶に強く残っていた。この点は、読書をより楽しむということにおいて極めて重要なものであると言える。

エッセイに関しても、比較的平易な文章で読者に語りかける、あるいは読者を身近に感じさせるものが多く、音声を通して書籍内容に触れることが、一つの楽しみになり得ると考えられる。

また、作品によっては、プロの声優やナレーターだけでなく、本を書いた著者本人が朗読を行っているものもあり、著者の意図がより伝わりやすくなる可能性も期待できる。

② 電子書籍のアプリケーション設定変更(カスタマイズ)や、読書支援機能(アノテーションの付加等)の活用は、積極的に行うことを推奨する

本研究の実験では、「文字を小さくして、1ページあたりの文字量を増やす」「背景の色を変える」「ページめくりのアニメーションをつける」など、自分の好みの設定に変更して読書したり、「検索機能の使用」「マーカーの使用」などの支援機能を用いて読書をしたり

している被験者が散見された。その一方で、実験後、「こんな機能があるなんて知らなかった」「レイアウト設定を自分好みにすることでかなり読みやすくなった」という声もあった。

このように、コンテンツに合わせて設定を積極的に変更することで、自分好みの読書環境に近づけることができるのは、電子書籍ならではの長特である。そして、アノテーションの付加やメモ記入など読書支援機能も活用することにより、読書方法の幅が広がることと考える。特に、勉強のための読書や、ポリッシュのある解説本などを読む場合には、これらの支援機能を積極的に使用することで、読書効率も上がるのではないかと考える。

本実験で用いた電子書籍アプリケーションでは、マーカーやしおり機能程度しかなかったが、アプリによっては、直接本文に書き込みが可能な機能が実装されているものもある。このような本文へ直接書き込みやマーカーを付加する行為は、特に教科書や学術関係書を読む場面でよく見られる。もちろん紙の本に直接書き込むこともできるが、この行為に抵抗感を抱く人も決して少なくない。菅谷⁽⁵⁾によると、「電子書籍では書き込みを消すことができるので、気軽に書き込める」や、「書き込みをしても元の本を汚さない」などから、印刷書籍への書き込みに対する心理的抵抗感が、電子書籍を利用することで軽減されていることを指摘している。

こうしたアプリケーションならではの機能や長特を積極的に活用していくことで、より能動的な読書を実現することができるかと考える。

③ 複数の読書方法を日常的に使い分けることを推奨する

どの読書方法にもそれぞれ長所と短所がある。しかし、コンテンツによっては、こちらの読書方法の方が内容を理解することを助け、より楽しむ読書ができるのではないかと考えられるものもある。そこには読者のこれまでの読書経験や好みによる個人差ももちろんあるが、実際にどのようなコンテンツが、どのような読書方法に向いているのか、様々な読書メディアやアプリケーションを使用して、その特性を詳しく検討する必要がある。そして、それらの特性を上手く使いこなせるようになるためには、これからの読書経験として、読書方法の棲み分けが必要である。その経験が、より快適で豊かな読書生活へと導いてくれるのではないかと考える。

5. おわりに

本稿では、大学生の読書習慣や読書方法（視覚的読書、聴覚的読書）の特性を分析し、コンテンツに合った読書方法や、本が読みやすくなる支援機能・サービスについて検討した。

実験を通じて、書籍の内容理解については、視覚的読書と聴覚的読書との間で大きな差異は認められなかった。また、聴覚的読書に適した題材を使用すると、内容要約の際、キーワードが視覚的読書に比べて多く出現する傾向にあることが明らかになった。

読書メディアの印象評価については、ほとんどの被験者が理解のしやすさや読みやすさの点で、電子書籍を高く評価していたのに対し、読み手の声のトーンや表現で作品の雰囲気が印象に残ったという点で、オーディオブックを評価する声もあった。

以上より、本の内容を表面的に理解するにはどちらの読書方法でも問題ないと考えられるが、より感情に訴えるような作品を情緒的に楽しみたいというニーズに対しては、聴覚的読書が有効な読書方法になり得ることが示唆された。

今後の課題としては、実験に使用する題材のジャンルを増やして考察を重ね、知見を積み上げていくことが挙げられる。本研究の実験では、聴覚的読書による効果が現れそうな作品として小説を題材としたが、より実用性のある成果を得るためには、多数の題材・ジャンルで実験し、内容理解や印象評価にどのような影響があるのか、探索的に考察を重ねる必要がある。

また、複数の読書方法を組み合わせた、ハイブリッドな読書方法に関する検討も、今後の課題に位置づけている。本稿では、視覚的読書と聴覚的読書を、それぞれ一つの読書方法として比較したが、視覚的読書と聴覚的読書を組み合わせた読書（目で文字を追いつながら耳で朗読を聞く等）の評価・検討も興味深いと考えている。例えば、難解だと感じていた書籍も、授業などで他者の音読を聞きながら目で文字を追っていったら、自然と理解が進んだという経験はないだろうか。その要因を探ることにより、より有効な読書方法を提案することができるかと考える。

参考文献

- (1) 全国大学生生活共同組合連合会 第55回学生生活実態調査概要報告：
<https://www.univcoop.or.jp/press/life/report.html>, (2020年11月30日閲覧)
- (2) Amazon Kindle : <https://www.amazon.co.jp/kindle-dbs/fd/kcp/>, (2020年12月2日閲覧)
- (3) Amazon オーディオブック Audible (オーディブル) : <https://www.audible.co.jp/>, (2020年12月5日閲覧)
- (4) 磯野春雄, 小野口和樹: 「電子書籍の読取りおよび聞き取りをした場合の脳活性化と内容理解度」, 映像情報メディア学会誌, 70巻, 10号, pp.221-226, (2016)
- (5) 菅谷克行: 「読書媒体の違いが読解方略に及ぼす影響」, 茨城大学人文学部紀要, 人文コミュニケーション学科論文集, 20巻, pp.101-120, (2016)

(2020年12月6日 受付)

(2021年1月26日 採録)

高等学校における情報科教育の実施状況

- 日本大学文理学部入学生の事例 -

Current Status of Information Science Education in Japanese High School
- Case Study of First-year Students at Nihon University, College of Humanities and Sciences-

田中 絵里子*1・大川内 隆朗*1・小林 貴之*1

Email: tanaka.eriko@nihon-u.ac.jp

*1: 日本大学 文理学部

抄録

学校教育における教科「情報」は社会のニーズに応じて初等中等教育から段階的に導入され、今や小学校から高等学校まで幅広く学習する教科となった。特に高等学校では現行カリキュラムにおいても2科目からの選択必修となっており、必ずいずれかの科目を履修した生徒が社会へ巣立っている。しかし大学での初年次教育「情報リテラシー」では、学生の知識やスキルに生じる大きな差が問題視されている。高等学校ではほぼすべての学校でコンピュータ室を設置し、学習内容に応じて講義や実習を伴いながら情報科教育を進めている。しかし学習経験は大学生の意識や自己評価につながっておらず、情報科に対する認知度や重要度の低さが根幹にあると考えられる。新カリキュラムや大学入試での扱いが注目される中で、情報教育が生徒にどのように認識されていくのか今後も注視する必要がある。

◎Key Words 情報科, 高等学校, 大学初年次教育, 情報リテラシー

1. はじめに

初等中等教育における教科「情報」は、高度に発達し続ける情報通信社会に適用するため、段階的に導入され、改定されてきた。小学校においては、2002年度から「総合的な学習の時間」をはじめとする各教科で児童がコンピュータに親しんだり活用したりすることが求められ、同年には中学校の技術科内で情報教育が必修化された。さらに、高等学校では2003年度から教科として「情報」が新設され必修科目となるなど、初等中等教育では大きな変化が生じている。

なかでも変化の大きかった高等学校に着目すると、高等学校でも従来から情報を扱う分野は「数学」の中で一部存在していたが、膨大な単元の中のほんの一部であったため内容が不十分であり、しかも大学受験につながることから大きく注目されることはなかった。しかし、2003年度からの学習指導要領では、情報が教科として新設され、3科目「情報A」「情報B」「情報C」

(各2単位)から1科目が選択必修となった。その後、2013年改訂の現行の学習指導要領では、2科目「社会と情報」「情報の科学」(各2単位)からの選択必修となっている。

高等学校の情報科における問題として、中山⁽¹⁾は「数学、理科、商業の教員が、免許外教科担任で情報科を担当することが多い状況」を指摘している。免許外教科担任とは、教育職員免許法附則第2項の規定により、教科を担当する教員が採用できない場合、学校長等が都道府県の教育委員会に申請することにより、教科の免許を有していなくても1年間授業を担当することができる制度である。しかし、高等学校では2022年から導入される新学習指導要領において情報の基礎的・科学的な理解を学ぶ「情報I」(2単位)を必修としたうえで、より発展的な内容を扱う「情報II」(2単位)を選択科

目とすることが決定している。しかも情報科を大学入試の出題科目に求める声もあり、情報科としての比重は今後さらに大きくなることが予測される。そのような中で情報科を専任とする教員が不足することは、より専門的になる科目で大きな不安材料といえよう。

一方、大学においても2025年度には新学習指導要領で「情報I」「情報II」を学習し、現在よりも更に情報の知識や活用能力を身につけた学生が入学してくることが想定されている。日本大学文理学部(以下「本学部」)においても、初年次の必修科目として「情報リテラシー」を設置しており、学部全体でICTに関する基礎教育を行っている。しかしその学習状況には、個人間のスキルや理解度に大きな差が生じており、なかには高等学校における基本的な学習内容をほとんど理解していない学生も見られる。

このような問題は多くの大学で新入生の情報リテラシー科目を中心に生じており、それらの背景には地域や高等学校によって情報科で取り扱う内容や履修形態等に違いがあることが指摘されている。これら先行研究の多くは、大学の在学学生を対象にアンケート調査を実施し、学生の自己評価に基づく分析が行われている⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。本学部でも同様の調査を数年前から継続して実施しているが、例えば学生が高等学校で履修した情報科の科目名を覚えていないなど、自己評価に曖昧だと感じられる部分が多く生じていた。そこで本研究では、高等学校の施設状況や教科に関する調査を直接高等学校側へ実施し、高等学校の卒業生(本学部の入学生)の評価を併せて分析することにより、情報教育の課題点を抽出することとした。これらの課題点を明らかにすることで、本学部の「情報リテラシー」を改善することはもちろんだか、高等学校側へも有益な提言が出来るのではと考えている。

2. 研究対象と方法

本研究は、まず高等学校における情報関連施設の整備状況と情報科の実施状況等を明らかにし、次に大学生の入学直後の自己評価とを比較する2段階によって構成する。

2.1 高等学校の情報に関する調査方法

高等学校における情報関連施設の整備状況と教科「情報」の学習内容等を把握するため、2020年4月1日～30日に郵送配布・郵送回収方式でアンケート調査を実施した。調査対象は、2019年度の本学部入学者の出身高校650校とし、本学部入学後の情報に対する意識や初年次教育での到達度と比較できるようにした。有効回答数は211校（回収率32.7%）であった。回答いただいた高校出身の入学者は、全入学者の26.7%（523名）を占める。

本学部は首都圏に立地することから、東京を含む関東からの入学者が毎年多い傾向にある。そのため回答校の30.5%を東京都が占め、全体の72.7%を関東（東京都を含む）が占めた。

回答者の年齢は、20歳代10.9%、30歳代26.5%、40歳代25.6%、50歳代28.4%、60歳代以上8.5%であり、30から50歳代が中心であった。職種は96.2%が教員からの回答であり、職員からの回答は3.8%であった。調査票の前半は学校の施設状況や教育課程の設置状況等を問う内容であったため、学校関係者であれば誰でも回答できるものではあったが、後半に学習内容を問う設問があったため、情報科担当の教員が回答したものと思われる。

2.2 大学生の情報に関する調査方法

大学生の情報に関する意識と自己評価を明らかにするため、本学部新入生を対象にアンケート調査を実施した。調査は新学期が開始した2019年4月9日～27日に、新入生の初年次必修科目「情報リテラシー」内で実施した。本調査はコンピュータや情報関係の設問に加え、教務・広報・就職などの学内関連部課からの設問を一本化したものであり、全70項目から構成されている。

情報に関する設問としては、自宅の通信環境やコンピュータ等の所有に関する問が16項目、高等学校の情報科等に関する問が10項目、コンピュータに関連する自己評価が10項目となっている。授業の初回ガイダンスで本学部のLMS（Blackboard）の使い方を説明する際に実施方法を説明し、ユーザIDによる記名方式で回答を求めた。回答は授業時間外でも入力することができ、一時保存することができるが、回答者がデータ送信（提出）したもののみを有効回答として扱った。有効回答数は当科目を履修した1,945名のうち1,938名（99.6%）であった。

分析の際には、回答データに出身高校の情報を付与することにより、先の高等学校に対する調査で回答を得られた高等学校出身の学生486名だけを抽出して別に集計し、回答者全体との比較を行うとともに、高等学校に対する調査結果とあわせて検討することとした。

3. 高等学校における設備

3.1 学校施設の整備状況

高等学校におけるコンピュータ室は、設置「あり」が210校で99.5%を占めた。コンピュータ室が「ない」と回答したのは1校のみで、関東に立地する私立高校であった。この学校では、生徒に学校指定のタブレット端末を持たせ、校内にWi-Fiを完備し、授業教材やポートフォリオ等も活用していることから、コンピュータ室が不要であったと考えられる。

コンピュータを設置した教室数は、1教室が65.0%（128校）と最も多く、次いで2教室が18.8%（37校）、3教室が7.1%（14校）であった。半数以上が1教室に1教室であるため、自由記述欄では「他教科でコンピュータ教室を使用することもあり、実習が思うように行えない」との意見もあった。

コンピュータの種類別設置校数および設置台数を表1に示す。コンピュータの設置台数について回答のあった188校を分類すると、種類別ではデスクトップ型を設置している学校が全体の83.5%（157校）と最多で、次いでノート型33.5%（63校）、タブレット型10.6%（20校）であった。設置台数ではいずれも50台未満が最も多く、デスクトップ型が68.8%、ノート型が87.3%、タブレット型が40.0%であった。設置台数には学校によってばらつきがあり、最大値と最小値を見ると、多い学校では数百台の機器が設置されているのに対し、少ない学校ではわずか1桁の設置台数となっている。設置台数の少ない学校について詳細を確認したところ、1教室にそれぞれ種類が異なる機種を併用している例であり、例えば生徒用にはノート型を数十台設置し、教員用にデスクトップ型を1台設置している等の利用であった。

タブレット型を600台設置している学校については、情報科用のコンピュータ室にデスクトップ型を100台設置するとともに、教職員および新入生等への貸与としてタブレットを600台導入していた。また、タブレットを336台導入している学校は2018年に設立した公立高校で、学内の施設・設備が新しく、デスクトップ型、ノート型、タブレット型などの機器を活用した授業が行われている事例であった。

表1 コンピュータの種類別設置校数と台数

		Desk		Note		Tab	
学校数の内訳(n=188)		157	83.5%	63	33.5%	20	10.6%
設置台数	50台未満	108	68.8%	55	87.3%	8	40.0%
	50以上100台未満	30	19.1%	5	7.9%	7	35.0%
	100台以上	19	12.1%	3	4.8%	5	25.0%
	中央値	43.0		40.0		57.5	
	最大値	298		145		600	
	最小値	1		5		5	

※ Desk：デスクトップ型、Note：ノート型、Tab：タブレット型

コンピュータの種類別設置台数の度数分布と累加を図1に示す。先述したような例外的なコンピュータの設置事例はあるものの、機器の設置台数は40台前後が多い。表1の中央値でデスクトップ型は43.0台、ノート型は40.0台、タブレット型は57.5台であったが、図1の累加で見ると、50台でデスクトップ型は72.6%、ノ

ート型は88.9%を占めることが分かった。つまりコンピュータ教室数はほとんどの場合1教室しかないため、1クラス分の生徒が一人1台利用することを想定した台数が設置されていると考えられる。なお、設置機器のOSはデスクトップ型もノート型もほぼWindowsであり、その他のmacOS等は1%未満であった。

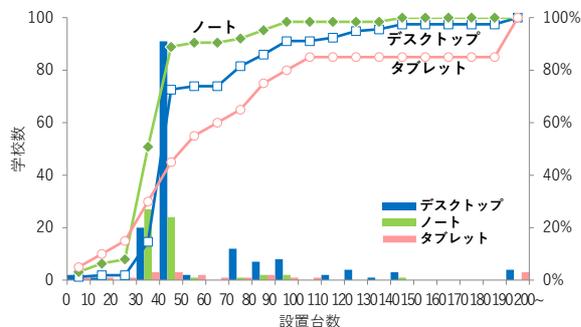


図1 コンピュータの種類別設置台数

3.2 生徒のコンピュータ所有状況

生徒一人一人にコンピュータを持たせるBYODを実施している学校は、この設問に回答を得た203校中39校の19.2%であった。逆に生徒にはコンピュータを持たせていない学校は164校80.8%で、大多数を占めた。生徒に一人1台の端末を持たせている事例の中には、新入生から段階的に導入している例が多く、上位学年では所持していない学校が目立った。

生徒用端末の種類では、タブレット型が最も多く39校中37校の94.9%であった。なかには上位学年でノート型を利用していたが、新入生からタブレット型に移行した学校もある。

学校設置と生徒所有の端末における機種別OSの割合を表2に示す。コンピュータを学校に設置している207校のうち、165校(79.7%)がデスクトップ型、61校(29.5%)がノート型のWindowsを設置していた。macOSはいずれも1.0%以下であり、圧倒的にWindowsが支持されていることが分かる。一方、生徒所有のタブレット型では38校のうち29校(76.3%)がiOSで、iPadの採用率が高いことが分かる。つまり情報科の授業等でコンピュータ室の機器を使用する場合はWindowsが多いが、生徒が日常的に使用しているタブレットの場合はiOSが主流といえる。

表2 学校設置と生徒所有端末における機種別OS割合

機種	学校設置 (n=207)			生徒所有 (n=38)	
	Desk	Note	Tab	Note	Tab
学校数	80.2%	31.4%	9.2%	2.6%	92.1%
OS					
Windows	79.7%	29.5%	2.9%	2.6%	5.3%
macOS	0.5%	1.0%	—	0.0%	—
iOS	—	—	3.9%	—	76.3%
ChromeOS	—	1.0%	2.4%	—	7.9%
Android	—	—	0.0%	—	2.6%

※機種：Desk(デスクトップ型)、Note(ノート型)、Tab(タブレット型)

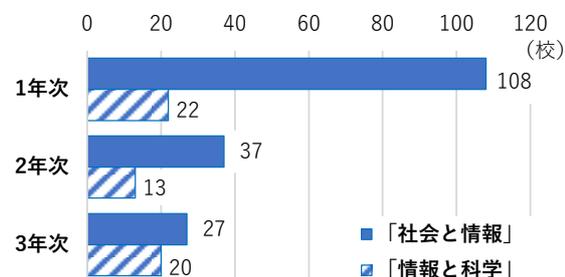
※1校で複数の機種を設置している場合がある

4. 高等学校における情報科の取り扱い

4.1 情報科の科目選択と実施学年

高等学校における情報科は、「社会と情報」または「情報と科学」からの選択必修となっている。図2に実施科目の種類と実施学年を示す。1校で複数科目を設置している例もあるが、最も多いのは「社会と情報」を1年次に履修する例で、最多の108校が採用していた。科目別においては「情報と科学」55校に対して、「社会と情報」が172校と圧倒的に多く、有効回答校数205校に占める割合は83.9%となり、文科省が示す全国平均(「社会と情報」が8割⁹⁾とほぼ同じ割合となった。

履修学年を1年次に設定している学校からは、できるだけ早い時期にインターネットやSNSなどの使い方などを学ばせたいとの意見があった。その一方で、3年次に設定している学校では他の科目との兼ね合いで時間割が組めないとの指摘があり、教育課程全体での調整が問題となっていた。



注)1校で複数科目を設置している場合がある

図2 情報科目の学年別実施数

科目の選択は、回答のあった202校のうち学校側(教職員)が決定しているものが186校(92.1%)と最も多く、ほとんどの学校では学校が定めた科目を必修として生徒が履修していることがわかった。生徒が選択できる9校(4.5%)、必修科目の他に生徒が選択できる4校(2.0%)はどちらも少数である。

4.2 情報科における学習内容と実施状況

情報科における学習内容と実施状況の関係を図3に示す。授業の実施状況は「講義と実習で行った」「講義のみ行った」「実施しなかった」の3段階で尋ねた。

講義の実施状況を項目ごとに回答の得られた学校数に占める割合でみると、講義と実習の両方で行っている項目としては、「PCの起動・終了」94.8%(199/210校)、「ファイルの保存・読み込み」96.7%(203/210校)、「コピー/カット/ペースト」95.7%(201/210校)といったコンピュータを使用する上での初歩的な項目が目立つ。また、「文書作成ソフトの使い方」92.9%(195/210校)、「表計算ソフトの使い方」97.1%(204/210校)、「プレゼンテーションソフトの使い方」93.3%(196/210校)など、いわゆるWord、Excel、PowerPointといったOffice製品の使い方を扱う内容が9割以上の高い割合を示した。これらのアプリケーションは確かに講義だけでは説明しにくい分野であり、実習を伴う点は理解できる。

講義のみ行っている項目としては、「個人情報漏洩の

影響」75.0% (156/208 校), 「知的財産権の内容」69.5% (146/210 校), 「著作権侵害行為」69.5% (146/210 校) などの法令順守や社会的ルールなどが挙げられる。また, 「ウィルスの脅威と対策」71.9% (151/210 校), 「SNS等のモラル・マナー」64.9% (135/208 校), 「情報の信頼性・信憑性」62.2% (130/209 校) といった情報倫理やセキュリティに関する項目や, 「ビット/バイトなどの単位」62.2% (130/209 校), 「アナログとデジタル」62.8% (130/207 校) などのデジタル化に伴う基礎知識も講義のみの割合が高かった。これらはいずれも「講義のみ」と「講義と実習」を合わせると, 回答校の9割以上が実施している項目であり, 高等学校で重要度が高く設定されていることがわかる。

一方, 「実施なし」が最も多かったのは「データベース情報管理」50.5% (102/202 校) であり, 約半数が実施していなかった。「パソコンによるメール送受信」や「ファイル圧縮」などの基本的な項目も約3割が実施していない。なお, 近年注目される機会の多い「プログラミングとアルゴリズム」は55.4% (113/204 校) が講義と実習で実施していたが, 27.9% (57/204 校) は実施していなかった。

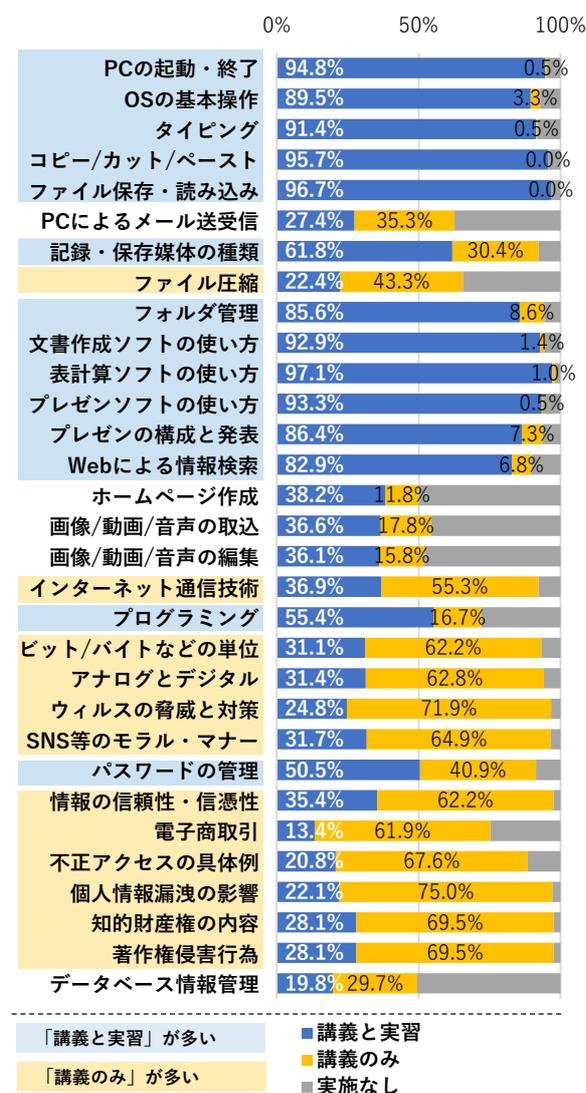


図3 高等学校における学習の実施状況

5. 大学生の意識と自己評価

大学生に高等学校で履修した情報科の科目について問うたところ, 回答を得られた1,866名のうち「社会と情報」が687名(36.8%), 「情報の科学」が321名(17.2%)であったが, 最も多かったのは「履修したがどの科目かわからない」742名(39.8%)であった。情報科は必修であるため, 高等学校でいずれかの科目を履修しているはずだが, その科目名までは覚えていないのである。他の教科に比べて情報科の認知度がいかに低く, 高校生に重要視されてこなかったかが窺える。

高等学校の情報科目で学習した内容を複数選択で問うた結果を図4に示す。学習したと認識している割合が高かったのは, 「文書作成」「表計算」「プレゼンテーション」といったWord, Excel, PowerPointを使った内容であった。それぞれの割合は, 回答の得られた1,929名のうち「文書作成」が49.6% (957名), 「表計算」が52.3% (1,009名), 「プレゼンテーション」が44.3% (855名)と, 半数近くの学生が高等学校で学習したと回答している。

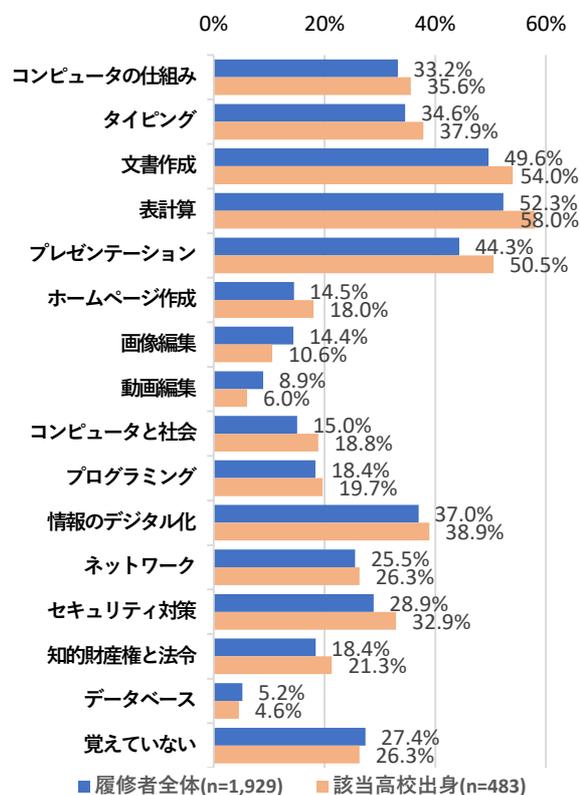


図4 学生による高等学校での学習内容

しかし, 先の高等学校の回答では, ほぼすべての学校が「講義と実習」または「講義のみ」でこれら3項目を挙げていたことを考慮すると, 学習したと認識している学生が約半数という結果は, 決して高い割合ではないと言える。そこで学習内容に関する問に答えた学生のうち, 先の高等学校出身者を抽出し, 改めて学習内容を集計した。その結果, 483名のうち「文書作成」は54.0% (261名), 「表計算」は58.0% (280名), 「プレゼンテーション」は50.5% (244名)と, わずかに全体より高い結果が得られたものの, いずれも半数程度にしかな

らなかった。これら学生の出身高校では、9割以上が実際のコンピュータを使用し、実習を伴う授業形式でこれらの学習内容を扱ってきたと回答しているにもかかわらず、学生は半数しか学習したと認識していない。

また、高等学校での学習内容は実施していないよりも実施している方が、講義だけよりも講義と実習を合わせて実施している方が、大学生のスキルに差が生じると仮定し、高等学校211校の回答と、その高等学校出身の学生486名から得た回答との関係性を検証した。学生には「タイピング」「文書作成」「表計算」「プレゼンテーション」「著作権侵害行為」「Webによる情報検索」「音声データの取り込み」の7項目について、自己評価を「かなり自信をもってできる」5点から「全くできない」1点の5段階で尋ねた。それぞれの平均点は、「タイピング」2.9点、「文書作成」2.2点、「表計算」2.2点、「プレゼンテーション」2.3点、「著作権侵害行為」2.0点、「Webによる情報検索」3.2点、「音声データの取り込み」2.3点であった。

高等学校については、図3で示した31項目すべてを「講義と実習」2点、「講義のみ」1点、「実施なし」0点の3段階に分類し、高等学校と学生の回答におけるすべての項目間に対しSpearmanの順位相関係数を確かめた。その結果いずれの項目間も-0.142~0.146程度と低い相関であり、高等学校の学習と学生の自己評価はいずれの項目も関係性が認められなかった。

6. おわりに

高等学校における情報科は社会のニーズに応じて必修化され、いずれかの科目を履修した生徒が大学に進学しているが、その知識やスキルには大きな差が生じている。高等学校ではコンピュータ教室を設置して学習環境を整える努力をし、学習内容に応じて講義や実

習を組み合わせている。生徒は高等学校卒業後も実習を伴う学習を比較的良好に記憶している。しかし、高等学校での学習経験が学生自身の情報スキルや自己評価にはつながっておらず、情報科に対する学生の認知度や重要度は極めて低いと考えざるを得ない。今後「情報I」が設置され大学入試にも検討される中で、学生の意識や自己評価がどのように変化するか継続して分析する必要がある。

謝辞

調査にご協力いただいた高等学校の皆様へ感謝申し上げます。本研究の一部は、日本大学文理学部自然科学研究所共同研究によるものである。

参考文献

- (1) 中山泰一：“高等学校情報科の教員採用と免許外教科担任の現状”，情報教育資料，50巻，pp.14-16（2020）
- (2) 森幹彦，池田心，上原哲太郎，喜多一，竹尾賢一，植木徹，石橋由子，石井良和，小澤義明：“情報教育に関する大学入学性の状況変化—京都大学新入生アンケートの結果から”，情報処理学会論文誌，Vol.51，No.10，pp.1961-1973（2010）
- (3) 塩野康徳，辰巳丈夫，西村佳隆，除浩源，田名部元成：“情報リテラシー教育に対する大学生の意識と実態：新入生情報リテラシー教育実態調査からの知見”，情報処理学会論文誌 教育とコンピュータ，Vol.5，No.3，pp.10-22（2019）
- (4) 望月俊男，熊本悦子，塚本康夫：“大学入学前の情報教育に関する学習機会の調査分析—関西地区の国立大学を対象とした事例研究—”，日本教育工学会論文誌，Vol.30，No.3，pp.259-267（2006）
- (5) 文部科学省教育課程部会：“情報教育に関連する資料”，https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/059/siry_o/_icsFiles/afieldfile/2015/11/11/1363276_08_1.pdf（最終閲覧日：2020年12月5日）

（2020年12月6日 受付）

（2021年2月3日 採録）

初等教育のコンピュータサイエンス教育プログラムの動向調査

- シンガポール・エストニア・イタリアに着目して -

Research on Computer Science Education Programs in Singapore, Estonia, and Italy

小田 理代*1・登本 洋子*2・堀田 龍也*3

Email: michiyo.oda@media.is.tohoku.ac.jp

*1: 東北大学大学院情報科学研究科人間社会情報科学専攻

*2: 桐蔭学園高等学校

*3: 東北大学大学院情報科学研究科

抄録

シンガポール、エストニア、イタリアの3カ国において、初等教育の過半数以上の学校で実施されているコンピュータサイエンス（CS）に関するパイロットプログラムが導入されている。本研究では日本の初等教育におけるCS教育に活かす観点を見出すことを目的に、その特徴を学習目標や学習内容に着目して調査した。その結果、これらのパイロットプログラムには（1）教育省が資金面、体制面、広報面などに責任を持っていること、（2）児童生徒向け教材や、指導用の教材、教員研修などが充実しており、指導の負担を下げる取り組みが行われていること、（3）児童生徒の将来に必要な知識・能力の観点から、時代の必要性を反映した学びが導入されていること、などの特徴があることが見いだされた。

◎Key Words コンピュータサイエンス教育、シンガポール、エストニア、イタリア、初等教育

1. はじめに

1.1 研究の背景

情報技術が社会の基盤となる社会環境の変化に対応するために、児童生徒がコンピュータの仕組みを知り、コンピュータに自分の求める動作をさせることなどを通して、問題解決していくことの重要性が増している⁽¹⁾。このような情報の科学的な理解は、CSの対象である。日本では、CSの一環として2020年度から初等教育においてプログラミング教育が導入された。本研究では、日本や諸外国の先行研究に基づき（たとえば、The Royal Society⁽²⁾、Heintz et al.⁽³⁾、河村⁽⁴⁾）、CSの定義を、コンピュータを操作する技能やその関連知識だけでなく、情報に関する普遍的な理論や、基礎となる原理・概念（プログラミング、アルゴリズム、データ構造等）を学ぶ学問とする。

学問の特徴として、広く適用可能な概念を含む知識体系（body of knowledge）であること、すぐに古くならない概念が組み合わされたものであること、他の学問領域と異なる世の中の見方・考え方を与えることなどが挙げられる⁽²⁾。つまり、CSは体系化された知識であるといえる。

CSに関連する概念として計算論的思考（Computational Thinking）が挙げられる。計算論的思考は、コンピュータの力を最大限に活用して問題解決を行う過程における思考のことである。この思考には、問題解決のために、解決方法を、コンピュータが実行できる手順になるよう分解して組み立てることを含む。このような思考は、CS以外の様々な教科や日常生活にも適用できる⁽⁵⁾が、基本的にはCSと強く関連する概念であるといえる。また国によりCSにはInformaticsやComputingなどの用語が使われる。これらは、いずれも

情報の科学的な理解に関わる学問であるため本研究ではCSと捉え、対象とする。

日本の初等教育においては、プログラミング教育はプログラミングを体験しながら論理的思考を身につけるための活動とされ、学習指導要領には学習活動の例示はあるものの、学問としてのCSの学習内容を体系的に身につけるカリキュラムという観点では十分ではないことが考えられる。

1.2 先行研究

初等中等教育における、諸外国や日本を対象としたCSを指導するCS教育のカリキュラムに関する先行研究は、これまでも行われてきた（たとえば、太田⁽⁶⁾、久野⁽⁶⁾）。

一方、CS教育に関する教科は存在しないものの、教育省が主導して初等教育を中心に導入しているCS教育に関するパイロットプログラムが存在する。その中で、学校や教師の裁量で実施されているものの、初等教育において過半数以上の学校数で実施されているパイロットプログラム（以下、CS教育プログラム）に関する研究も行われてきた⁽⁶⁾。小田ら⁽⁷⁾は、シンガポール、エストニア、イタリアのCS教育プログラムを対象に、「RQ1. なぜCS教育をカリキュラムとしてではなくCSプログラムとして導入したか」「RQ2. CSプログラムの学習内容にはどのような特徴があるか」「RQ3. CSプログラムの導入の工夫にはどのような特徴があるか」というリサーチクエスチョンを設定して調査した。その結果、RQ1に関しては各国の制度の違いによる影響、RQ2に関しては計算論的思考が共通し、CS教育プログラムそのものは既存の教科とは独立した存在になっていること、RQ3に関しては資金面や教員研修等の教師への支援の充実を挙げている。さらに、小田ら⁽⁸⁾はエス

トニアの CS 教育プログラムである ProgeTiger に着目し、プログラミングだけでなく、幅広く技術や情報技術に関する学習領域が対象であることを学習内容の特徴として挙げている。

日本の初等教育におけるプログラミング教育の導入形態と似ている、これらの国の CS 教育プログラムが児童生徒のどのような力を育成しようとしているのかといった、学習目標や学習内容を調査することも、日本の初等教育における CS カリキュラムを検討するためには意義があるのではないかと考えた。小田らの⁽⁸⁾の研究では 3 カ国の CS 教育プログラムの導入状況やエストニアの教育内容については確認できるものの、学習目標や学習内容の観点で、3 カ国に共通する特徴や違いについては不明である。

1.3 研究の目的

本研究では、シンガポール、エストニア、イタリアの CS 教育プログラムを対象に、学習目標や学習内容に着目してその特徴を明らかにすることで、日本の初等教育における CS 教育に活かす観点を見いだすことを目的とする。また、この目的のために CS 教育プログラムを導入している国がそれらをどのように浸透させ、また何を学んだのかを併せて検討することが有益であると考え。そこで本研究では、以下のリサーチクエスチョンを設定する。

RQ1. CS 教育プログラムの導入は学校や教師の裁量であるにも関わらず、なぜ過半数以上の学校で導入ができたのか。

RQ2. CS 教育プログラムの学習目標や学習内容には 3 カ国でどのような共通点や違いなどの特徴があるのか。

RQ3. 各国は CS 教育プログラムから何を学び、今後その学びをどのように生かすのか。

これらのリサーチクエスチョンを検討するためには、各国の教育政策や、CS 教育プログラムのより深い理解が必要になる。CS 教育プログラムの特徴を調査した小田らの⁽⁸⁾の研究は公開情報の整理にとどまっているが、本研究では、新たに各国の CS 教育プログラムの代表や主要な研究者への質問調査で得られる情報も組み合わせ、考察を行うこととする。

なお、本研究では、教育制度の違う各国の比較のために各国の教育制度を述べる際には、初等教育(小学校、基礎教育を含む)、前期中等教育(中学校、基礎教育を含む)、後期中等教育(高等学校を含む)を共通の名称として用いる。

2. 研究方法

2.1 CS 教育プログラムの特定

小田らの⁽⁷⁾の報告に基づき、CS 教育プログラムの存在が示されている、シンガポール、エストニア、イタリアを調査対象とした。また、調査対象の CS 教育プログラムは、文部科学省⁽⁹⁾の調査書で報告されていたエストニアの ProgeTiger、イタリアの Programma il Futuro とした。シンガポールでは調査書に CS 教育プログラム名は記載されていなかったが、情報通信メディア開発庁 (Infocomm Media Development Authority, IMDA) (報告

書では情報通信開発庁 (IDA)。メディア開発庁 (MDA) と IDA が再編されて 2016 年に IMDA が発足) による CS 教育プログラム開始についての報告があった。そのため、IMDA のウェブサイトにて情報が掲載されていた、Code for Fun エンリッチメントプログラムを対象とした。調査は、各 CS 教育プログラムに関するウェブサイト上の情報や、文献調査を中心に行った。具体的には、各 CS 教育プログラムのウェブサイトの情報、そのウェブサイトからリンクしている各種報告書、ニュースやメディアの掲載情報、論文などを対象とした。さらに、Google Scholar を使い、各国の CS 教育プログラム名をキーワードに検索し、結果表示された論文のうち、その国の研究者や CS 教育プログラムの実施機関によって執筆された論文を対象とした。

その結果、3 カ国の CS 教育プログラムには、以下の 4 つの共通点があることを確認した。

- (1) 初等教育が対象である
- (2) 教育省が主管している
- (3) 学校が任意で参加できる
- (4) 過半数以上の学校数で実施されている

これらの共通点は、日本の初等教育におけるプログラミング教育の実施条件と似ていると考えた。例えば、

(3) に関しては、日本では学習指導要領に例示された教科以外の各教科等においてどのように取り組むのか(時間数、教科、学年、単元等)、また教育課程内において各教科等とは別にどのように取り組むのかについては、プログラミング教育のねらいを実現するものであれば、各学校や教師が比較的裁量を持って取り組むことができる。また、(4) については、日本は初等教育の全ての学校が対象となるため、その国の特定の学校ではなく、幅広い学校で行われた取り組みであることを考慮した。各国の学校における CS 教育プログラムの実施割合を調査したところ、シンガポールでは、2016 年 3 月時点で 117 の学校で導入されていることが示されている⁽¹⁰⁾。これはシンガポールの小学校の約 6 割にあたる。エストニアでは約 80%の学校が参加していることが報告されている⁽¹¹⁾。イタリアは 2020 年 1 月 10 日時点で 83%の学校が参加していることが報告されている⁽¹²⁾。よって 3 カ国の CS 教育プログラムを本研究の対象とすることとした。

2.2 CS 教育プログラムの調査

3 カ国の CS 教育プログラムを対象に各学校への導入状況や、学習目標や学習内容に関する調査を行った。さらに、各 CS 教育プログラムに関する論文を公開している研究者のうち、その CS 教育プログラムの代表者や、中心となって関わっている研究者にメールで質問を行った。3 カ国の CS 教育プログラムに共通の質問内容として、「大規模な学校数で実施するためにどのような努力を行ったのか」「CS 教育プログラムの実施から何を学び、それをどのように次の活動に活かそうとしているのか」を用いた。さらに各国の教育制度や、CS 教育プログラムと既存の教科との関係、今後の CS 教育プログラムの展開について、調査した情報の中で不明な点があった場合に追加で質問を行った。エストニアとイ

タリアの研究者から回答があり、質問の回答に加えて、言語の違いにより見いだすことが難しかった公開情報や、公開情報だけでは解釈が難しい内容に関する各国の教育制度などを踏まえた解説を得られた。本研究では公開情報である論文や資料を用いつつ、研究者への質問調査で得られた知見を生かして考察を行った。

3. 結果と考察

3.1 RQ1. CS 教育プログラムの導入は学校や教師の裁量であるにも関わらず、なぜ過半数以上の学校で導入ができたのか

3カ国のCS教育プログラムに共通する特徴から、次の3点の理由が考えられる。

1点目は、教師の指導の負荷を下げる工夫がされていることである。Code for Fun では、政府による認可を受けた外部ベンダー（プログラミング教室運営者など）が教材の準備やプログラムの実施を行い、学校は予算や児童生徒の関心に合わせて提供団体を選ぶ。教師は外部ベンダーによる研修コースの参加が課されるものの、現在のところ指導は行わない。ProgeTiger と Programma il Futuro は教師による指導を前提としている。ProgeTiger では様々なプログラミング教材、それらの教材を用いた指導案、デジタル教科書、教員研修などが提供されている。Programma il Futuro も教員研修や指導案、解説書がオンラインで提供されている。例えば YouTube channel で177の指導用ビデオや導入背景に関わる38のビデオなどが提供されている。教師の指導の準備の負荷を下げたり、指導のイメージを掴みやすい工夫が行わ

れたりしているといえる。

2点目は、費用の支援が行われていることである。Code for Fun では、一定数の児童生徒が参加することを条件にIMDAがプログラムの70%を助成する。ProgeTiger ではHITSAが教育機関による機器購入代金の85%を助成する。1機関に対する助成金の最大金額は€3,500（約45万円）である。イタリアは費用の支援の情報は提供されていないものの、パソコン等の機器がない学校向けにアンブレグドの教材も提供している。3点目は、政府が実施に対して責任を持っていることである。シンガポールとエストニアは、政府の指針として、国民のデジタルスキルを向上させる政策があり、その一環としてCS教育プログラムが開始された。そのため、政府が費用を負担している。イタリアは、政府ではなくCINIがCS教育プログラム導入のきっかけを作り資金も負担しているが、教育省から各学校に実施を促す案内が送られるなど、政府が責任を持っているといえる。

エストニア個別の事情としては、2003年の報告では、HITSAの前身の1つであるTiger Leap Foundationにより全ての学校にインターネットが整備されている⁽¹³⁾など、各学校のITの整備が整っており、教師が既に高いデジタル技術を持っているといえる。導入における教師の裁量の大きさや学習内容の幅広さは、既に高い技術を持った教師にあった方法といえるかもしれない。

3.2 RQ2. CS 教育プログラムの学習目標や学習内容には3カ国でどのような共通点や違いなど

表1 各国のCS教育プログラムの学習目標と学習内容

シンガポール Code for Fun	エストニア ProgeTiger	イタリア Programma il Futuro
学習目標 プログラミングの理解と、問題解決と論理的思考における計算論的思考の育成。	学習目標 児童生徒の、技術リテラシーとデジタルコンピテンシーの向上。	学習目標 誰もが生活の中で必要とする能力としての計算論的思考の育成。
学習内容 <ul style="list-style-type: none"> 計算論的思考と物作りを学び、ソフトウェア入力（ビジュアル/シンタックスペースのプログラミング言語）とハードウェア出力（ロボットとマイクロコントローラ）の組み合わせを通してプログラミングの概念に触れる。 	学習内容 初級レベル <ul style="list-style-type: none"> MSW Logo, KODU Game Lab, Scratch, LEGO WeDoなどを使った活動 簡単な技術的プロセス（技術が自分の周りでどう機能するか、何が技術を機能させたり、あるタスクを解決したりするのかなど）を理解する、など。 中級レベル <ul style="list-style-type: none"> MSW Logo, KODU Game Lab, LEGO Mindstorms, Scratch, MIT App Inventorなどを使った活動 簡単な製品（ゲーム、アプリ、アニメーション、オブジェクト）を設計して実装したり、特定のタスクを実行するために機械化されたオブジェクトを制作できる、など 上級レベル <ul style="list-style-type: none"> マイクロコントローラやandマイクロコンピューター, Scratch, Python, JavaScript, HTML/CSS, jQuery。 アイデアを製品（ゲーム、アプリ、ロボットなど）に変えることができ、それをテストして評価したり、必要に応じて修正や改良を加えたりすることができる、など。 	学習内容 第1学年 <ul style="list-style-type: none"> 計算論的思考を身につけ、徐々に問題を解決する能力と粘り強く解決策を探す力を身につける。 第2学年 <ul style="list-style-type: none"> 順序立てた命令、繰り返しやイベントでプログラムを作成し、問題を解決する方法を学び、エラーを見つけて修正する。 第3学年 <ul style="list-style-type: none"> イベントを使って友達と共有するためにインタラクティブな物語を作成する。また2進数を学ぶ。 第4学年 <ul style="list-style-type: none"> 関数を新しく学ぶ。イベントスキルは新しい環境であるキャラクター管理を通して学ぶ。 第5学年 <ul style="list-style-type: none"> 変数とカウンターを使った繰り返しを学ぶ。
外部ベンダーによる具体例 MakeCode PXTコース <ul style="list-style-type: none"> ドラッグアンドドロップ型のブロックベースのソフトウェア, Microsoft MakeCodeを使い計算機的思考を学ぶ。 Scratch for Arduinoコース <ul style="list-style-type: none"> Scratch for ArduinoによるArduinoのプログラミングにより、計算思考とエレクトロニクスを経験する。 LED, 5-button ADKeyboard, 光センサーなどのArduino拡張コンポーネントを使い、Scratchでストーリー、ゲーム、シミュレーションを作成する。 Arduino IDE in C <ul style="list-style-type: none"> 既にプログラミング経験のある児童生徒向けにArduino IDEを使って、ブザー、光センサーなどの様々な入出力と組み合わせ、ハードウェアとソフトウェアを作成する。 		

Code for Fun⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾, ProgeTiger⁽¹⁶⁾, Programma il Futuro⁽¹⁷⁾の学習内容を筆者が翻訳し、抜粋して示した。

の特徴があるのか

表1に3カ国のCS教育プログラムの学習目標と学習内容を示す。

まず、学習目標に関しては、シンガポールとイタリアでは計算論的思考の育成が共通している。エストニアに関しては、プログラミングや計算論的思考の文字は見当たらず、技術リテラシーとデジタルコンピテンシーの育成を目標としている。シンガポールとイタリアは、計算論的思考を育成することが目標なのは共通しているものの、その立場は異なる。シンガポールは国策として、計算論的思考やプログラミングを国民の能力として育成することが目標である。一方、イタリアでは、計算論的思考は、Programma il Futuroを学校に導入する際にプログラミングの技能の面が強調されすぎないように示されたものであり⁽¹⁸⁾、また、学問としてのCSの概念を学ぶことを通じて身につける、将来のデジタル社会の市民に必要な力である⁽¹⁹⁾。このようにイタリアでは、計算論的思考は、学校教育の中における導入を目的に、その教育的側面を示すために導入された概念であるといえる。エストニアはイタリアと立場が似ている。ProgeTigerは、当初はプログラミングが中心であったが、その後、対象を技術の科学的な理解や、それがどのように活用されるかといったことが対象の、技術プログラムに広げた。

CS教育プログラムが、教育課程の中における導入を目指すのかそうでないのかによって、学習目標の考え方が異なり学習内容にも反映されることが想定された。

学習内容に関しては、シンガポールとエストニアはマイクロコントローラやロボット等のハードウェア教材を用いていることが共通していた。これに関して、シンガポールでは、計算論的思考に加えて、近年のメーカー・ムーブメントの影響を受け、計算論的物作り(Computational Making)(電子工学、工学などの知識を統合し、周りの物理的な世界を感知し反応するための異なるソフトウェアやハードウェアを使うインタラクティブなシステムの設計と構築としての物理コンピューティングなどが含まれる)を身につける必要性が示されている⁽²⁰⁾。また、ProgeTigerは情報とも密接に関係する技術リテラシーの育成が目的であり、エンジニアリングなど、物作りを含む3つの学習領域を対象としている。これは、ISTE Standards for Students, DIGCOMP report, 基礎教育のナショナルカリキュラム, Standards for Technological Literacyなど世界の中で影響力のある情報や技術のスタンダードを基に特定されたものである⁽¹⁶⁾。いずれも、児童生徒が身につけるべき、今後の社会に必要な能力として、計算論的思考やプログラミングだけでなくハードウェア教材を使った学習に関連する内容も重要であると捉えられていることが確認できる。

3.3 RQ3. 各国はCS教育プログラムから何を学び、今後それをどのように生かすのか

Code for Funは2020年度から全小学校の第4学年から6学年で必修となった。パイロットと同じく、10時間のエンリッチメントプログラムであり、引き続き外部ベンダーによって提供される。

シンガポール政府は今年、CS教育を初等中等教育、高等教育で強化することを発表した⁽²¹⁾。家族や社会への責任を自覚したり、将来に向けた自分自身の役割形成をしたりすることが目的の教科「人間性・市民性教育」

(初等教育と中等教育が対象)において、Cyber wellnessを取り上げる割合を50%以上にすることを発表した⁽²¹⁾。

また、中等教育では後期中等教育のOレベルが対象の教科「Computing」が存在するが、Ho et al.⁽²²⁾によると生徒への受講率は0.5%とわずかであることが課題となっていた。そのため教育省は導入校をさらに増やすこと、2021年から導入される前期中等教育の改訂カリキュラムで、サイエンスをAIや技術的進歩の理解を深める内容に改訂することを発表した⁽²¹⁾。高等教育においては、全てのポリテクニックや技術教育機構(Institute of Technical Education)の生徒を対象にAI関連の学習が導入されることが予定されている⁽²¹⁾。

シンガポールはこれまで、学校の意思を尊重し、幼少期からの児童生徒のCSに対する自発的な関心を育成し、Oレベルの教科「Computing」を選択につなげる、オプトインモデルを採用してきた。しかしながら、近年はオプトインモデルからCS教育に関する政府の強制力が増していることがうかがえる。

ProgeTigerに関しては、導入時の課題の1つは教師に学校教育の中でプログラミングを教えることの重要性を納得させることの難しさであったとされる⁽¹¹⁾。教師を落胆させたのは、新たにプログラミング言語を学ばなければならなかったことが挙げられている⁽¹¹⁾。そのため、ProgeTigerの目的は、プログラマーや大学でのITの専攻者を増やすことではなく、人と技術の良い関係性を支援することであることが強調され、プログラミングが中心だった学習領域から広い領域に広げられ、さらに学校に大きな裁量がある形で導入された⁽¹¹⁾。

今後の展開として、初等中等教育において、現在のICT(Information and Communication Technology)の利活用が中心の教科「情報」(選択)のカリキュラムをCS中心の内容に改訂することが挙げられる⁽²³⁾。ProgeTigerは主に教育課程外、または教科横断的な活動を対象としており、プログラミングは含まれるものの、CS教育とは異なる。CS教育については、まだ公式なカリキュラムは公開されていないものの、CS中心の非公式なカリキュラムやデジタル教科書が既にオンラインで公開さ

表2 エストニアの非公式カリキュラム

領域	第1-3学年	第4-6学年	第7-9学年
	トピック	トピック	トピック
デジタルセキュリティ	デジタル・セーフティ	デジタル・ハイジーン	サイバー・ハイジーン
プログラミングとロボティクス	コード	プログラミング	ソフトウェアプロジェクト
デジタルメディアとアニメーション	デジタル・アート	デジタルメディア	Webデザイン、アニメーション

HITSA⁽²⁴⁾の表を筆者が翻訳した。

れ²⁵⁾、全ての学校での導入が期待されている。具体的には、基礎教育を対象とした非公式カリキュラムにおいて表2のように学習領域と学習内容が定められている。これを基に2018年に初等教育(第1学年から第6学年)のデジタル教科書が制作され公開された。2019年には、後期中等教育(第10, 11学年)のデジタル教科書が制作され公開された。これは「プログラミング」「ソフトウェア開発」「利用者中心のデザインとプロトタイプ」「ソフトウェア分析とテスト」「デジタルデバイス」の選択科目からなる。これらのデジタル教科書は、HITSAが運営するワーキンググループにより2017年から2019年の間に制作されたものである。2021年には前期中等教育(第7, 8学年)のデジタル教科書の制作が予定されている。なお、非公式カリキュラムでも学校に対して影響力を持つのは、エストニアは学校の裁量が大きく、ナショナルカリキュラムは各学校が自校のカリキュラムを開発するための指針となる枠組みに過ぎないためである。

このようにエストニアでは、ProgeTigerの導入を経て、CS教育のカリキュラム改訂が進んでいる。初等中等教育においてCS教育は、引き続き選択教科、科目であるものの、ナショナルカリキュラム改訂前の非公式カリキュラム、デジタル教科書の公開により、より多くの学校での導入が期待される。

Programma il Futuroに関しては、Corradini et al.²⁶⁾によると、2年間の実証の結果、学校別参加は初等教育が52%、前期中等教育が31%、後期中等教育が15%の割合であり、カリキュラムの柔軟性がより大きい初等教育での導入割合が大きかった。また同じ論文にて教師に4件法で、児童生徒にとってProgramma il Futuroが有益な活動かを尋ねたところ、98%の教師が有益、または大変有益を選択した。さらに「何か困難なことがありましたか」という質問に対しては、2014年度は88%、2015年度は91%の教師は困難なことを報告していない。

イタリアでは、CS教育の独立教科が一部の後期中等教育の学校に存在するだけである。今後の展開として、Programma il Futuroの活動などを受けて、2019年には政府が2022年までに義務教育の中で計算論的思考とプログラミングを導入することについて議会の承認を得た。しかしながら、どのように現在のカリキュラムを改訂して導入するのかはまだ明らかではない²⁷⁾。また、CINIは2017年に政府に対して初等中等教育を対象にCSを中心としたCS教育のナショナルカリキュラムを提案している²⁸⁾。しかしそれがどのように政策の中で反映されるのかは不明である。

このようにイタリアでは、初等中等教育の中にCS教育を導入することを目的に、研究者主導でProgramma il Futuroが開始された。その結果、どのように導入されるのかはまだ明らかではないものの、政策の中でCS教育の優先順位が高まっているといえる。

3カ国のCS教育プログラムにおいては、シンガポールはCSに関する国民の能力育成を目的に開始されたものであった。そのため引き続きCS教育プログラムを教育課程外で、初等教育の全学校に拡大して実施することとなった。エストニアとイタリアは、教育課程にCS

が位置づくことを目的とし、その結果、児童生徒のCSに関する能力を育むことをねらいとしていた。そのため学習目的や学習内容の中にCS教育プログラムの教育的価値を反映させることや教師が指導できるようになることに注力してきたといえる。その結果、政策の中におけるCS教育の優先順位が高まった。このように、各国のCS教育プログラム導入目的により実施結果をどのように生かすのかが異なることがうかがわれた。また、2020年までにエストニアは8年間、シンガポールとイタリアは6年間継続してCS教育プログラムに取り組んできた。このような継続した取り組みも各国のCS教育プログラムの目的の達成に貢献していると考えられる。

4. おわりに

本研究では、シンガポール、エストニア、イタリアの初等教育向けのCS教育プログラムを対象に日本の初等教育におけるCS教育に活かす観点を見いだすことを目的として、その学習内容に着目し、調査を行った。その結果、いずれのCS教育プログラムも、教員向けの支援が充実していたり、資金面の支援が行われたりしていることが確認できた。これにより、教師のCSに関する指導能力の向上や、各校の教材の拡充が図られたことが想定される。また、それぞれの国で近年このCS教育プログラムの成果を受けて、CS教育のカリキュラムが策定されたり、政府がCS教育の導入に対して積極的に動き始めたりしていることが確認できた。このように、CS教育がナショナルカリキュラムとして最初から導入されなくとも、CS教育プログラムを実施することにより、国の政策の中にCS教育が組み込まれたり、より強化されたりしていることが確認できた。

本研究より見いだすことのできた3カ国のCS教育プログラムに共通する点を3点述べる。

1点目は、いずれも教育課程外での実施が中心ではあるが、教育省が、資金面、体制面、広報面などの責任を持っていることである。

2点目は、児童生徒向け教材や、指導用の教材(解説書、指導案、教材、指導用動画など)、教員研修などの支援が充実しており、指導の負担を下げるための取り組みがなされていたことである。

3点目は、児童生徒の将来に必要な知識・能力の観点から、計算論的思考だけでなく、物づくりなど、時代の必要性を反映した学びが導入されていたことである。

日本の初等教育のCS教育に活かす観点として、まず1点目と2点目に関しては、「小学校を中心としたプログラミング教育ポータル」で実施事例や児童生徒向けの教材が共有されたり²⁹⁾、文部科学省のウェブサイト上で研修教材が公開されるなど³⁰⁾、政府が責任を持ち、指導の負担を下げる取り組みがなされている。3点目に関しては、対象としたCS教育プログラムは、CSだけではなく、CSにロボットなどのメカトロニクスや3D技術を組み合わせるなど、学習内容の幅が広い傾向にあった。これは、最新のスタンダードや動向、研究成果などを学習内容に反映した結果であった。日本においても、児童生徒が身につけるべき、今後の社会に必要な能

力を元に、継続して学習内容の見直しを実施していくことが必要であることが想定される。

本研究は、2020年現在で入手できる資料や研究者への質問調査をもとに整理・分析を行なったため、現在各国が進めているCS教育プログラムやCS教育の今後の成果については、明らかになっていない。今回対象とした3カ国による、今後のCS教育への取り組みについては、引き続き調査を行ってきたい。

付記

本論文の内容は日本教育工学会研究報告集 JSET20-4 で発表した3カ国のCS教育プログラムの導入状況に係る調査をさらに学習内容に着目して発展させて、成果をまとめたものである。

参考文献

- (1) 文部科学省: “小学校プログラミング教育の手引 (第三版)”, (2020).
- (2) The Royal Society: “Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools”, (2012).
- (3) Heintz, F., Manilla, L., Famqvist, T.: “A review of models for introducing computational thinking, computer science and computing in K-12 education”, 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 1-9, (2016).
- (4) 河村一樹: “高校における教科『情報』としてのコンピュータサイエンス入門教育”, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE), 1996(52(1996-CE-040)), 45-51(1996).
- (5) 太田剛, 森本容介, 加藤浩: “諸外国のプログラミング教育を含む情報教育カリキュラムに関する調査”, 日本教育工学会論文誌, 40(3), 197-208 (2016).
- (6) 久野靖, 和田勉, 中山泰一: “初等中等段階を通じた情報教育の必要性とカリキュラム体系の提案”, 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ (TCE), 1(3), 48-61, (2015).
- (7) 小田理代, 登本洋子, 堀田龍也: “シンガポール・エストニア・イタリアの初等教育におけるコンピュータサイエンス教育の調査”, 日本教育工学会研究報告集, 20(4), 39-46 (2020).
- (8) 小田理代, 登本洋子, 堀田龍也: “エストニアのコンピュータサイエンスプログラム “ProgeTiger”の学習内容に関する調査”, 日本教育工学会 2021年春季全国大会講演論文集, (発表予定).
- (9) 文部科学省: “諸外国におけるプログラミング教育に関する調査研究”, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/_icsFiles/fieldfile/2018/08/10/programming_syogaikoku_houkokusy_o.pdf, (2015), (2020年12月5日閲覧).
- (10) Seow, P., Looi, C.-K., How, M.-L., Wadhwa, B., Wu, L.-K.: “Educational Policy and Implementation of Computational Thinking and Programming: Case Study of Singapore”, 編集 S.-C. Kong, H. Abelson, Computational Thinking Education, 345-361, Springer, (2019).
- (11) Conrads, J., Rasmussen, M., Winters, N., Geniet, A. G., Langer, L., (編集 C. Redecker, P. Kampylis, M. Bacigalupo, Y. Punie): “Digital education policies in Europe and beyond: Key design principles for more effective policies”, Publications Office (2017).
- (12) Ministry of Education, University and Research: “Programma il Futuro” (2020).
- (13) Magi, E.: “Tiger leap program as a beginning of 21-st century education”, <https://slideplayer.com/slide/6875391/>, (2003), (2020年12月5日閲覧).
- (14) IMDA: “Code for Fun Enrichment Programme”, <https://www.imda.gov.sg/imalent/programmes/cff>, (2020年12月5日閲覧).
- (15) Tinkercademy: <https://tinkercademy.com/programmes/code-for-fun/>, (2021年1月31日閲覧).
- (16) HITSA: “ProgeTiger Programme 2015-2017”, (2015).
- (17) Programma il Futuro: “Technological Lessons for PRIMARY and FIRST grade secondary school (Lezioni tecnologiche per la scuola PRIMARIA e secondaria di PRIMO grado)” <https://programmmailfuturo.it/come/primaria/introduzione>, (2021年1月31日閲覧).
- (18) Nardelli, E., Ventre, G.: “Introducing Computational Thinking in Italian Schools: A First Report on “Programma Il Futuro” Project”, INTED2015 Proceedings (2015).
- (19) Programma il Futuro: “Description of the project (Descrizione del progetto)” <https://programmmailfuturo.it/progetto/descrizione-del-progetto>, (2020年12月5日閲覧).
- (20) IMDA: “About”, <https://codesg.imda.gov.sg/about/>, (2020), (2020年12月5日閲覧).
- (21) Min, A. H.: “Secondary 1 students to own a personal learning device by 2024 under new digital literacy measures”, <https://www.channelnewsasia.com/news/singapore/secondary-1-students-own-device-digital-learning-12498494>, (2020), (2020年12月5日閲覧).
- (22) Ho, W. K., Huang, W., Looi, C. K.: “Can Secondary School Mathematics Students Be Taught To Think Computationally?”, 15 (2018).
- (23) Mart Laanpere. “Reform of Informatics Curriculum and Teacher Training in Estonia [Education]”, <https://www.slideshare.net/mlaanpere/reform-of-informatics-curriculum-and-teacher-training-in-estonia>, (2019), (2020年12月5日閲覧).
- (24) HITSA: “Concept “New study topics in the basic school informatics curriculum to support the acquisition of modern IT skills” (Kontseptsioon „Uued õpeteemad põhikooli informaatika ainekavas nüüdisaegsete IT-oskuste omandamise toetamiseks”)”, (2017).
- (25) HITSA: “Digital textbook for informatics for I and II school level (Informaatika digiõpik I ja II kooliastmele)”, <https://www.hitsa.ee/ikt-haridus/progetiger/digiopik>, (2020年12月5日閲覧).
- (26) Corradini, I., Lodi, M., Nardelli, E.: “Computational Thinking in Italian Schools: Quantitative Data and Teachers’ Sentiment Analysis after Two Years of “Programma il Futuro.””, Proceedings of the 2017 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, 224-229 (2017).
- (27) Benvenuti, M., Chiocciariello, A., Giannomo, G.: “Programming to learn in Italian primary school”, Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education, 1-2 (2019).
- (28) CINI, Gruppo Ingegneria Informatica, Gruppo Informatici: “Proposal for a national Informatics curriculum in the Italian school”, (2017).
- (29) 小学校を中心としたプログラミング教育ポータル 未来の学びコンソーシアム: <https://miraino-manabi.jp/>, (2020年12月5日閲覧).
- (30) 文部科学省: “小学校プログラミング教育に関する研修教材” https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1416408.htm, (2019), (2020年12月5日閲覧).

(2020年12月6日 受付)

(2021年2月9日 採録)

遠隔授業での講義動画仕様の違いに対する 学びへの影響の調査と改善提案

Survey and Suggestion for Influence on Learning of Lecture Video Specification Differences
in Online Learning

山川 広人*1

Email: yamakawa@photon.chitose.ac.jp

*1: 公立千歳科学技術大学 理工学部 情報システム工学科

抄録

本稿は、新型コロナウイルスの影響下で全面的に授業を遠隔授業に切り替えた、ある大学の情報系学科での実践を通じて、急遽整備された講義動画に対する学生アンケート結果を分析し、動画ごとの仕様の違いと関連する学生視点での学びへの影響を確認する。これにより学習効果を兼ねる動画整備方法の要点を容易な改善方法とともに提案するものである。方法として、遠隔授業化の中で科目担当教員が整備したのべ44科目の講義動画を6つの仕様タイプに大別した。これについて受講学生114名にアンケートを実施し、動画仕様の違いによる学習や理解への影響を調査した。得られた結果として、8割の学生が動画仕様の違いに学習や理解への影響を感じていた。良い影響を感じる仕様は、スライドや音声に加えてマウス等での指示や書き込み、教員のジェスチャー映像を組み合わせたものや、板書映像であった。仕様の違いに関わらず、音声が聞き取りづらい、映像が長い、繰り返しや検索しての確認がしづらい、ジェスチャー映像や板書映像で教員の姿がスライドや板書に被ることを多くの学生が経験していることがわかった。この結果から、要点1: 講義動画内部での解説箇所の明示、要点2: 音声収録機器(音声品質)の統一、要点3: 講義内容の検索や繰り返しを意識した講義動画のインデックス付与、の3点を、容易性を意識した改善方法とともに、学生視点での学びへ影響する講義動画整備の要点として提案した。

◎Key Words 講義動画, 教材整備, 遠隔授業, 教材利活用

1. はじめに

新型コロナウイルス(COVID-19)の世界的流行により、2020年度は多くの高等教育機関で遠隔授業を実施する判断が行われた。2020年6月時点では全国の大学・高等専門学校約9割で、遠隔授業が一部・もしくは全面的に実施されており⁽¹⁾、その後も多くの大学で対面・遠隔授業が併用されている⁽²⁾。

遠隔授業の方法のひとつには、講義内容を収録した動画を用いる方法がある。対面授業を主としてきた現場では、突然の全面的な遠隔授業の開始に十分な量・質の講義動画が備わっているとは言いがたく、スライドに音声を吹き込むなどの簡易な動画作成方法を学内で支援し急遽の準備を進めた例も報告されている⁽³⁾⁽⁴⁾。こうした事例から、教員の教育・授業対応の負担が増えている状況⁽⁵⁾の中で、容易に整備が可能であり、かつ学習効果を兼ねる講義動画の整備方法や、その中で要点を明らかにすることは、遠隔授業だけに限らず、多くの授業形態の支援にむけた教材整備手法にも資するものと考えられる。

本研究は、学生が主として講義動画を用いて学習を進める全面的な遠隔授業などの環境にむけ、理想となる講義動画の整備方法の検討を目的とする。特に本稿では、新型コロナウイルスの影響下で授業を遠隔授業に切り替えた、とある大学の情報系学科の半年間の実践を検証のフィールドとする。まず、各々の科目担当教員によって急遽整備された講義動画の仕様を整理する。次に、講義動画仕様の違いと関連した学生視点での学びへの影響を確認する学生アンケートを実施する。

この結果を分析することで見出した、学生にとっての学習や内容の理解に良い影響を与える講義動画の仕様や工夫を、特別なスキルや映像収録経験の少ない教員であっても導入可能な容易性を意識した改善方法とともに検討する。これにより、動画整備の容易性と学習効果を兼ねる動画整備方法の要点として提案する。

2. 従来型の動画と本稿の検討対象とする動画

eラーニングの普及などに伴い、これまでも講義動画の整備手法は検討されてきた。Lyonsらは、オンライン大学の講義動画を対象に、動画内の講師の画像の有無が学習者の効果的な学習に与える影響を学習者のスキルと関連させた観点で検討している⁽⁶⁾。Guoらは、MOOCの690万人の動画視聴データから、動画の長さ、授業冒頭の話題、収録スタジオの利用の有無、タブレットの利用、MOOC用映像への再構成、講師の話し方、再視聴への支援などの7点の推奨事項をまとめている⁽⁷⁾。関口らは、リメディアル教育向けの事前学習システムの構築の中で、スライドのみ・スライド+音声・スライド+講師映像の3種類の動画形式を比較し、音声や動画を加えることでの優位性と推奨される工夫について報告している⁽⁸⁾。これらは本研究で検討を狙う講義動画の整備方法にももちろん有用と考えられるが、Lyonsら、Guoらの調査・評価はオンライン大学やMOOCなど当初より遠隔で受講する前提の体制での調査であり、対面授業を遠隔化した場合を対象としていない。また、関口らの検討も含め、オンライン講義やeラーニング環境にむけて十分な準備期間の中での動画整備を前提としているものである。

本稿は、全面的な遠隔授業への移行にむけて、これまで対面授業を担当してきた教員が急遽用意した講義動画を検討の対象とする。動画収録などの経験やスキルが乏しい教員による標準仕様の動画や、可能な限り工夫を行った動画など、整備された講義動画には6つに大別できる仕様の違いが生まれていた。この仕様の違いに結びつく、学生視点での学びの影響の有無を探る。その上で、特に学生にとっての学びへの効果の高いキーとなる要点を、特別なスキルや整備環境を必要としない容易な実現方法とあわせて提案を試みる部分に、本稿の特色がある。

3. オンライン授業用に整備された講義動画の概要と分類

本稿で検証対象とする講義動画について、講義動画整備までの経緯、講義動画のガイドライン、講義動画の整備方法、整備後にみられた講義動画の仕様のタイプについて述べる。

3.1 講義動画整備までの経緯

本稿で検証対象とする講義動画は、ある単科大学の情報系学科で整備されたものである。この大学は新型コロナウイルスの流行地域としていち早く緊急事態宣言が発表された地域にある。2020年3月下旬の時点で、2020年度春学期は学生の登校を避けるために、全面的な遠隔授業化を行った上で4月下旬より授業を実施する方針を決定した。この大学では一部の講義でeラーニングによる授業支援が行われていたが、主に講義の課題や補助に用いられる教材がほとんどであり、主となる講義内容は、講義動画によるオンデマンド配信もしくはWeb会議システムを利用したリアルタイム映像配信に新たに置き換える必要があった。このうち、本稿の対象は授業終了後にも追検証が可能な、講義動画をオンデマンドで配信するもののみとする。なお、この大学には独自のeラーニング教材の整備体制⁹⁾があったものの、これは学生の教育プロジェクトを整備作業の中核として、一部の科目や単元の教材を長期に・ハイクオリティに整備することを目指す体制であった。学生の登校を避ける遠隔授業化の目的と、授業実施までの準備期間が約1ヶ月と短い期間であったことから、この整備体制は利用せず、講義動画の準備は授業を担当する各教員が独自に行う必要があった。

3.2 講義動画のガイドライン

3.1節の経緯を踏まえ、迅速に講義動画の整備を開始するため、講義動画の最低限のガイドラインの整理を担当部局によって行われた。まず、15回の講義動画と授業内の活動をあわせ、従来の対面授業に要する時間・内容・質を担保することが求められた。また従来、対面授業の支援で用いられていたLearning Management System (以下、LMS) 上で動画を学生向けに公開すること、ひとつひとつの動画は長くても15分から20分の長さに分けることなどが指示された。これは2章にも述べた先行研究などでも取り上げられている知見を参考に、学生の利用時なども考慮した動画の最大長を

定めたものである。これにより学生が講義動画の用途や閲覧の仕組みを統一される形で利用することになった。

3.3 講義動画の整備方法

ガイドラインの制定と同時に、各教員が講義動画を整備する体制として、板書を収録できる機材(方法①)、スライドに教員の顔映像をワイプ形式で組み合わせ収録できる機材(方法②)が大学側に準備され、情報センター部局がこの利用方法のサポートにあたった。また、この機材の数が準備開始当初は限られることや、教職員についても学事に影響のない範囲で在宅勤務が推奨されたため、教員が学外でも講義動画を整備できるよう、Power Point, Keynoteなどのスライドに音声吹き込む方法のマニュアル(方法③)が配布された。こうした整備環境で、教員は授業での教授内容も考慮し準備が可能な方法で講義動画の作成に取り組んだ。通常、対面授業を担当している教員は、これらのベーシックな整備方法で教材整備を進めた。一方で、動画収録やアプリケーションの利用に慣れている教員は、肉声ではなく編集のしやすい機械音声をを用いる、スライドの中にマウスポインタなどでの指示や書き込みをする、Zoomの仮想背景を用いて、スライドと教員のジェスチャーを合成する簡易のクロマキー型の動画を作成するなど、独自の工夫を含めた動画の作成(方法④)に取り組んだ。

3.4 整備後にみられた講義動画の仕様のタイプ

3.3の整備方法で述べたとおり、講義動画は教員個人が①板書を収録する②スライドと教員個人の顔映像を組み合わせる③スライドに音声を吹き込む④その他の工夫を独自に行うという4つの方法で作成された。教材整備後に確認したところ、これらの方法により、大きく分けて6種類の仕様の教材が作成された。以下に一覧し、図1にイメージを示す。

- 仕様1. スライドと機械音声のみ(方法③+④)
- 仕様2. スライドと教員の肉声のみ(方法③)
- 仕様3. スライド・音声とマウスなどでの指示や書き込み(方法③+④)
- 仕様4. スライドと教員の顔映像(方法②)
- 仕様5. スライドと教員のジェスチャー映像(方法④)
- 仕様6. 板書をする教員の映像(方法①)

これらの教材は、前述のとおり短い準備期間で、教員が各々独自に準備を行ったものである。3.3節で述べたベーシックな整備方法の仕様は、仕様2,4,6にあたる。これらの仕様の講義動画と、独自の工夫が行われた他の仕様の講義動画をユーザとなる学生の視点で比較することで、学習効果に関連する教材整備上の工夫の有無や、その要点を見いだせると考えている。これを4章に詳しく述べる。

4. 受講学生から得られた結果

学生は複数の教科を受講する中で、3.4節に述べた複数の仕様の講義動画を各科目の遠隔授業で利用する。この学生を調査対象とすることで、各仕様の学生視点での学びへの影響を調査できると考えた。調査内容、

調査結果を述べる。

4.1 調査内容

調査は、講義動画が整備され、オンラインでの遠隔授業を受講した情報系学科の学部2,3年生(有効回答者数:2年生66名,3年生58名,計114名)に対して行った。アンケートは2020年度春学期の授業最終週に近い14週目に実施した。なお、調査時点で、各仕様が動画教材が作成されていた科目数を表1に示す。講義の主となる部分の中で複数の仕様の講義動画が採用されている場合は、その分を重複してカウントしている。また、授業終了後にも追検証が可能なおんデマンド型の講義動画を用いる科目のみをカウントしており、リアルタイムな映像配信による授業は科目数に含まれていない。集計されたのべ44科目で、ベーシックな講義動画の作成仕様である仕様2,4,6の講義動画が、それ以外の仕様に比べて多く用意されていることがわかる。

講義動画について学生の視点からの学びの影響を調べる場合、講義動画を使って学ぶ科目の内容やその難易度による影響も当然大きいことが予想される。アンケートではこの影響をできるだけ排除できるよう、学生にも図1を示した上で、講義動画の作り方や違いについての調査であることが明確になるように設問文を設定した。具体的な設問文は以下の通りである。

- Q1. 1~6の映像の作り方の違いは、あなたの教材内容の学習や理解に影響しましたか。(選択式)
- Q2. 1~6の映像の作り方の違いは、あなたの教材内容の学習や理解にどのように影響しましたか。(選択式)
- Q3. あなたが感じた「良い影響」「どちらかといえば良い影響」の例を教えてください。(自由記述)
- Q4. あなたが感じた「悪い影響」「どちらかといえば悪い影響」の例を教えてください。(自由記述)
- Q5. あなたが受講した必修・選択科目の映像教材全体で、経験した・感じたことがあるものを全て選んでください。(選択式・複数回答可)

Q1は、教材仕様の違いで、学生が各々の学習や理解への影響を感じているか把握する狙いがある。Q2は、学生が影響を感じていた場合に、各々の教材仕様によって良い影響、悪い影響の度合いをどの程度感じているのか把握する狙いがある。Q3・Q4はQ2で学生が感じている内容や、影響に関わる要点を具体的に把握するためのものである。Q5は仕様1~6の特徴によらない、横断的な要点が隠れていないかを調べる狙いがある。

4.2 調査結果

Q1の結果を図2に示す。この結果では、回答者全体の約84%が、1~6の教材仕様について学習・理解につながる影響があることが示唆されている。なお2年生のみでは86%、3年生のみでは80%と、学年ごとの割合も大きく変わらないことがわかっている。

Q2の結果を表2に示す。これは学生が仕様1~6の講義映像ごとに、良い影響・悪い影響のどちらを感じているか人数を合計し、その上で選択肢ごとの点数化

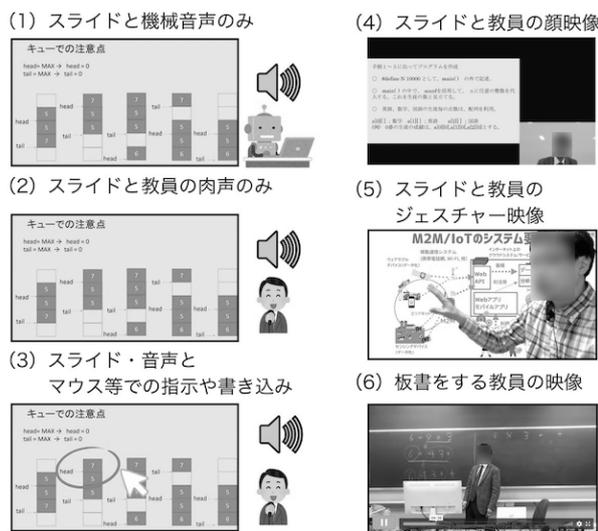


図1 作成された講義動画の仕様

表1 各仕様に講義動画が作られた科目数

仕様	2年生用科目	3年生用科目
1	0	1
2	12	8
3	4	3
4	5	3
5	1	2
6	3	2

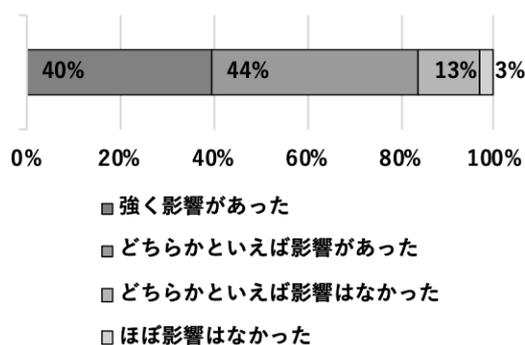


図2 Q1の集計結果

による平均点を算出したものである。この結果によれば、独自の工夫が行われた仕様3,5と、ベーシックな仕様である仕様4,6の講義動画が、それ以外のものと比べ良い影響あるものとして支持されている。その中でも特に仕様3,5,6が学生からの評価の上位に位置づけられている。また、仕様1,2の講義動画には悪い影響があるとの回答も増えている。ただし表1とあわせてみると、本来、2年生用の科目に存在しない仕様1の講義動画に影響の有無を答えている2年生が複数いる。つまり、学生は本稿の中で検証範囲と定めた講義動画だけではなく、図1のイメージを見て、授業外で過去に用いたことのある同様の動画や映像教材での学習体験を思い起こし回答するなどの状況が混在している可能性にも注意が必要である。

がわかりやすい点が、良い影響の理由として述べられていることがうかがえる。悪い影響の自由記述ではこれと対応するように、スライドと音声だけでは教員が解説している箇所、学生が注目すべき箇所がわかりづらいことに加えて、音声の質が統一されていないこと、表2で学生から良い効果への支持を得ていた仕様にも、理解を妨げる改善すべきポイントがあることがうかがえる。

Q5の回答結果を表4に示す。これは筆者が考えた学生が不便を感じている（つまり、改善すべきキーとなる）要点の候補の中で、仕様1~6に限定しない形で学生から賛意を得られるものを探る狙いがある。特に、2,3年生の両方に賛意が多い項目は、「後から検索をしづらい」「映像の時間が長い」「教員がスライドや板書に被って内容がみえない」点である。またQ4でも挙げられていた、音声やオンデマンドの講義動画のメリットにもなり得る、解説内容の検索や繰り返しの利便性にも賛意が集まった。

5. 考察

本稿は、急遽整備された講義動画に対する学生アンケート結果の分析を通じ、講義動画の仕様の違いに結びつく学生視点での学びへの影響の観点で、講義動画整備方法のキーとなる要点を見だし、容易性の高い改善方法とともに提案することを目的としている。ここでは4章で述べた調査結果に基づき、要点1:講義動画内部での解説箇所の明示 要点2:音声収録機器（音声品質）の統一 要点3:講義内容の検索や繰り返しの意識した講義動画のインデックス付与 を提案する。

なお、本稿は速報論文として、要点の提案までを述べる。要点を実践導入することでの妥当性や改善効果の検証は、今後の継続的な課題である。

5.1 要点1: 講義動画の中での解説箇所の明示

Q1の回答結果から、学年を問わず、講義動画の仕様によって学習や理解に影響があると多くの学生が感じている。さらにQ2の回答結果では、仕様3:マウスなどでの指示や書き込みや、仕様5:クロマキーによる教

員のジェスチャー映像をスライドと組み合わせたもの、仕様6:板書をする教員の映像、に学生からの良い影響への賛意が集まっている。これらの動画の仕様によって、Q3の結果では、学生がスライドや動画の中で都度着目すべき具体的な箇所が指示されることで、指示のない講義動画に比べ内容理解の助けになることが示唆されている。学生への着目の指示を容易に講義動画に取り入れるためには、仕様3でも挙げているマウスなどでの指示や書き込みを行うことが、クロマキー処理などの手段よりも容易であろう。発表や収録モード中にポインタを表示することや、アプリケーション内のペンでマーキングや書き込みを行うことは、Power Point, Keynoteの標準機能に搭載されている。教員がスライドを音声に吹き込む際、対面講義でレーザーポインタや指示棒を使うイメージを持ち、スライド内で学生の視線を誘導するようにポインタをあわせることや、目立つ色の図形・記号・マークで囲むことを作成時の注意点として入れ込むことで、教員側の作成手順にも大きな変更や労力を求めずに実現できる可能性が高い。この方法に仕様を統一することで、Q4のような「スライドや板書に教員像が映り込む・隠れてしまう」などの問題点も回避できる。

ただし、受講者の学年や科目によっては、板書映像に切り替えるなどの工夫が望ましい可能性がある。Q2の回答結果では、差異はわずかではあるものの、2年生は仕様6の板書動画を、他の仕様の講義動画よりも有用と捉えている傾向が隠れていることも考えられる。特に今回の検証環境となった大学では、学部2年次から学科配属が行われることで、2年次には学科専門分野内の基礎知識・理論を学ぶカリキュラムが集中している。本稿では敢えて、科目の教授内容の影響を議論せずに評価を行っているが、この部分にもフォーカスし、スライドを用いる仕様と板書映像を用いる仕様のどちらが適当かを判断する要素の有無や方法について追求が必要であろう。学年の違いは、高校を卒業したばかりで大学での授業形式や学び方に慣れていない新入生などの立場では、より顕著に働く可能性もある。本稿はある程度大学の授業に慣れている学生層への検証にとどめており、この点も引き続き追求が必要であろう。

表4 Q5の回答結果（複数回答可）

意識すべき要点の候補	2年生	3年生
スライドの文字が見づらい	28	17
スライドの図表が見づらい	14	12
スライドの数式が見づらい	10	10
スライドの色が分かりづらい	4	6
スライドのどこを説明しているのかわからない	16	14
音声が聞き取りづらい	26	25
繰り返し確認しづらい	24	24
後から解説を検索しづらい	30	37
説明が単調である	26	15
映像の時間が長い	31	32
教員がスライドや板書に被って内容がみえない	41	26

5.2 要点2: 音声収録機器（音声品質）の統一

Q4の回答結果では、5.1節でも述べた要点に関わる指摘とともに、特に「音声」について学生からの悪い影響への賛意が集まっている。例えばスライド動画では教員ごとに音声品質が異なること、板書映像では教員の黒板前の移動とともに音声品質が一定ではないことに言及があった。音声品質が統一されていない原因は、教員によって、またスライド利用と板書映像によって、収録環境や収録機器が統一されていないために発生している問題と考えられる。対応する方法の例として、パソコンやビデオカメラに接続可能な無線型のピンマイク製品を昨今では安価に購入することができる。教員の収録環境や、教員自身の解説に必要な動作で集音性能や音声データの質の差が広がらないよう、ピンポイントに対応するマイク機器のみを統一するこ

とで、後日の音声編集などを新たに行わなくても、音声品質の一定化と、容易な講義動画の作成を維持できると考えている。

5.3 要点3：講義動画のインデックス付与

Q5の回答結果では、仕様5,6に直結する意見(スライドや板書に教員が被る)だけでなく、仕様を共通しての意見について学生の賛意が得られた。仕様直結するものは要点1,2の工夫で解決するものもあるが、ここでは仕様全体を横断する要点の提案として、講義動画のインデックス付与を挙げる。Q3の回答では、学生がわからないところを自ら確認する前向きな理由で、Q4の回答では、講義動画がわかりづらいために、改めて確認しなければならないという後ろ向きの理由での講義動画の繰り返しの利用方法が報告されている。Q5にも「後から解説を検索しづらい」「繰り返し確認しづらい」「映像の時間が長い」は学年を問わず学生の賛意がある。要点1,2で講義動画の学びへの影響がある程度改善されると仮定しても、動画内の講義内容の検索しやすさ、繰り返しのしやすさは、学生の効果的・効率的な取り組みをさらに支援できる要件になり得る。対応する方法の例として、Youtubeなどの動画配信サービスでは、動画のお知らせ部分に時間指定のリンクをつけることで、どの内容がタイムラインのどこから始まるのかを表示でき、またリンクを押すことでその時点からの動画再生にも対応している。講義動画のオンデマンド配信を行うLMSや配信サービスが同様の機能を有していない場合には「学生の手元のスライドやプリントの、どのページの解説が、何分何秒の時点から再生されるのか」といった目次情報だけでも教員が講義動画とともに提供することで、学生は繰り返し学びたい、学ばなければならない講義動画内のパートを検索し・繰り返し利用しやすくなる可能性がある。

6. おわりに

本稿では、新型コロナウイルスの影響下で急遽の遠隔授業化を図った教育現場をフィールドに、教員によって作成・提供された講義動画の仕様と、それに結びつく学生視点での学びの影響を確認した。

得られた結果として、のべ44科目の中で作成された講義動画を6つの仕様に分類し、114名の受講学生にアンケートを実施したところ、8割の学生が動画仕様の違いに学習や理解への影響を感じていた。良い影響を感じさせている仕様は、講義映像のスライド・音声に加えマウス等での指示や書き込みがあるもの、教員のジェスチャー映像を組み合わせたものや、板書映像であった。仕様の違いとは別に、音声聞き取りづらい、映像が長い、繰り返しや検索しての確認がしづらい、ジェスチャー映像や板書映像で教員の姿がスライドや板書に被ることを多くの学生が経験していた。

これらの成果をもとに考察では、学生の学びへの良い効果につながるという賛意を得られた点について、講義動画を整備する上での容易性を兼ねた改善方法とともに、講義動画整備方法のキーとなり得る3つの要点：講義動画の中での解説箇所の明示、音声収録機器

(音声品質)の統一、講義動画のインデックス付与を提案した。

今後の課題として、あくまで本稿の調査や提案は、学生のアンケートのみに基づいている。実際の学習効果とも関連づけた評価が必要であろう。また、教材の利用方法は、科目の教授内容や授業モデルによっても異なり、学習や理解への影響が大きいはずである。この様な違いに着目した評価も必要であろう。

整備の容易性と学習効果を兼ねた講義動画の作成方法は、遠隔授業のためだけではなく、様々な授業支援の体制づくりにも資すると考えている。本稿で提案した要点をベースにした講義動画や整備方法を引き続き遠隔授業の場で検証していくだけでなく、遠隔授業の成果を新型コロナウイルスの終息後の教育現場・教育支援にもつなげていくことを目指す。

参考文献

- (1) 文部科学省 新型コロナウイルス感染症の状況を踏まえた大学等の授業の実施状況(令和2年6月1日時点), https://www.mext.go.jp/content/20200605-mxt_kouhou01-000004520_6.pdf, (2020年12月5日閲覧)
- (2) 文部科学省 大学等における後期授業の実施方針の調査について(地域別状況)(令和2年10月2日), https://www.mext.go.jp/content/20201002-mxt_kouhou01-000004520_3.pdf, (2020年12月5日閲覧)
- (3) 村上正行, 佐藤浩章, 大山牧子, 榎藤千恵, 浦田悠, 根岸千悠, 浦西友樹, 竹村治雄:「大阪大学におけるメディア授業実施に関する全学的な支援体制の整備と新入生支援の取り組み」, 教育システム情報学会誌, Vol. 37, No. 4, pp. 276-285 (2020).
- (4) 金子大輔, 永井暁行:「北星学園大学における非対面授業に対する支援態勢の構築と学生の意識変化」, 教育システム情報学会誌, Vol. 37, No. 4, pp. 286-296 (2020).
- (5) 全国大学高専教職員組合 新型コロナウイルス感染症への対応下での労働実態・教育研究状況アンケート 報告, <https://bit.ly/37rJ93t>, (2020年12月4日閲覧)
- (6) Alendra Lyons, Stephen Reysen, Lindsey Pierce: "Video lecture format, student technological efficacy, and social presence in online courses", Computers in Human Behavior, Vol. 28, Issue 1, pp.181-186 (2012).
- (7) Philip J. Guo, Juho Kim, Rob Rubin: "How video production affects student engagement: an empirical study of MOOC videos", L@S '14: Proceedings of the first ACM conference on Learning @ scale conference, pp.41-50 (2014).
- (8) 関口直紀, 河合直樹, 木村寛明, 高木正則:「リメディアル教育のためのeラーニングシステムの開発に向けたコンテンツ提供形式の比較検討」, 情報教育シンポジウム2013論文集2013(2), pp.183-188 (2013).
- (9) 山川広人, 立野仁, 川西雪也, 吉田淳一, 小松川浩:「持続可能性を意識したeラーニング教材の整備と運用」, 教育システム情報学会誌, Vol.27, No.1, pp.128-136 (2013).
- (10) ユーザーローカル テキストマイニングツール: <https://textmining.userlocal.jp/>, (2020年12月5日閲覧)

(2020年12月6日 受付)

(2021年2月9日 採録)

3D プリンタ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

Examination of Trends in Research on the School Educational Use of 3D Printers and Research Cases in Elementary Schools in Japan

臼井 昭子*1・登本 洋子*2・渡邊 洋輔*3・古川 英光*3

Email: usui@yz.yamagata-u.ac.jp

- *1: 山形大学 学術研究院
*2: 桐蔭学園高等学校
*3: 山形大学 大学院 理工学研究科

抄録

3D プリンタを活用した学校教育における研究の傾向について、学術資料検索データベースを用いて探索的に調査した。続いて、児童が3D プリンタを体験した5つの事例の特徴や課題などを考察した。その結果、①3D プリンタを活用した学校教育における研究事例は2014年頃から増加し、②高等専門学校や大学など、対象の年齢層が高くなるほど研究事例数が多く、小学校での事例数は非常に少ないことが確認された。児童や生徒が実際に3D プリンタを体験する事例では、③中学校の場合は技術・家庭科での活用に限定されていたが、④小学校の場合は対象学年や教科は定まっていなかった。小学校の事例では、⑤3D データ作製は、児童がモデリングソフトウェアを操作した例と教員が3D スキャナーで取得した例の2つの方法があった。⑥簡便なモデリングソフトウェアでも操作が簡単だと感じた児童と難しいと感じた児童がいた。⑦児童らは3D プリンタに対する興味・関心が高く、実際に体験することでさらに高まっていた。⑧作製したデータを授業中に印刷した事例は無く、教員らが授業以外の時間に印刷していた。⑨データ作製や印刷は行わず3D プリンタが動いている様子を見ることが観察することで学びを深める事例があった。

◎Key Words 3D プリンタ, 小学校, 教材, 体験学習

1. はじめに

2020年、新型コロナウイルスの影響で人の移動や物流が大きく制限されるなか、医療用マスクの不足を解消するため、3D プリンタを活用した支援が広がった。例えば、山形大学の工学部では3D プリンタを用いてフェイスシールドを独自に開発・生産して医学部に提供した⁽¹⁾。また、それぞれの現場で供給してもらおうと、フェイスシールドを作製するための3D プリンタのデータがウェブで次々に公開された。データの送受信で同じものをいくつも生産できる3D プリンタの有用性を示す一例となった。

3D プリンタは、1970年代に開発が進み1980年代に実用化された比較的新しい成形技術とされており⁽²⁾、米国のバラク・オバマ大統領（当時）が一般教書演説で3D プリンタの有効性を強調した2013年は、3D プリンタ元年と言われた⁽³⁾。近年では、アップル社の元教育部門担当ジョン・カウチが「3D プリンタは子供たちの学習を根底から変える可能性を秘めている」と述べる⁽⁴⁾など、教育分野での活用に期待が寄せられている。

安価な製品も生産され比較的導入しやすくなったことから、日本でも3D プリンタの教育的な活用に関する研究や開発、活用事例は報告されるようになってきている。学校教育においては、小学校のプログラミング教育やSTE(A)M教育などの広がりがあり、3D プリンタがそうした学びを支援する技術の一つになることが指摘されている⁽⁵⁾。学校教育における3D プリンタの活用は、現在のところ大きく二つのアプローチがあると

考えられる。一つは、学びを支援するための教材や模型を3D プリンタで作製する、いわば教材作製型と、もう一つは、学び手が3D プリンタを使用して造形活動やものづくりなどを行ない、その過程においてなんらかの学びを得ることが期待される実践的で体験的な学習活動型（以降、体験学習型とする）である（表1）。

表1 学校教育における
3D プリンタ活用の二つのアプローチ
型 活用する人

	型	活用する人
1	教材作製型	学びを支援する側が活用
2	体験学習型	学び手が実際に活用

教材作製型は、平面では伝わり難い立体的な構造の理解を補助するための教材の作製といった、例えばDNAのらせん構造の理解のための模型の作製などがあり⁽⁶⁾、学習目標にあわせ個別にカスタマイズしたオリジナルの教材や模型を作るという点で有用である。主に、教員や学びを支援する側の意図を汲み取ったり依頼を受けたりした教材作製者が3D プリンタを活用する。

一方、体験学習型は、主に学び手が実際に3D プリンタを活用する。学習活動として造形を行うような活用はこれに当てはまる。体験学習型は、ものづくり学習での活用やSTE(A)M教育における実践の提案⁽⁷⁾も見られる。

経済産業省の新ものづくり報告書では「初等教育に

において、簡易な3D-CAD¹、3Dプリンタを導入し、早くから3次元でのものづくりに触れて(中略)3次元での創造性育成を図ることが必要である⁶⁾としており、初等教育において3Dプリンタを活用した体験学習型の授業を充実させることが求められている。

このように3Dプリンタは小学校においてもその活用と効果において期待されている技術であるものの、授業での活用の実態については、明らかになっていない事例が多い。例えば、室伏ほかは、小学校では体験学習型の活用がほぼ見られない状況を指摘している⁶⁾が、そのほかの校種では積極的な活用が見られるのか、いつ頃から活発に活用されているのか、または活用されていないのか、体験学習型はどの教科での実践が報告されているのか、といった活用の実態をとらえた見解はほとんど見られない。教員にとっては3Dプリンタを活用した体験学習型の学びを構築するための知識や資料が不足している状態であると考えられる。

今後、3Dプリンタを深い学びをもたらす技術の一つとして小学校の学びの場に浸透させていくために、学校教育における3Dプリンタの活用に関する研究の傾向を俯瞰し、児童を対象にした研究事例の特徴や課題をとらえることは有用であると思われる。

そこで、本研究では、①日本語の学術資料を検索できるデータベースを使用して、学校教育における3Dプリンタの活用に関する研究の傾向を探索的に調査し、②検出された小学校における体験学習型の研究事例の特徴や課題について考察した。なお、学術資料の検索データベースであるJ-STAGEを分析対象としたが、一部小学校の事例研究にのみCiNii Articlesも対象とした。

本研究は、3Dプリンタを活用した授業の活性化にむけた資料の一つになると考えられる。

2. 探索的な調査

2.1 方法

国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)が運営する電子ジャーナルプラットフォームJ-STAGEにおいて、記事検索のスペースに「3Dプリンタ」という語を入力し検索する。J-STAGEを使用することにした理由は、論文の電子化をJ-STAGEに一元化する方針が示されており、各学会も順次J-STAGEへ移行しているからである¹⁰⁾。J-STAGEのみで検索した理由は、他の学術資料データベースサイトでも重複して検出される論文が多数あり混同を避けたためである。なお、室伏ら(2017)は国立情報学研究所が運営する学術情報データベースCiNii Articlesを用いて同様の調査を行っている⁶⁾が、技術科教育に関する研究の傾向を調査することが目的であったため、検索キーワードを「3Dプリンタ AND 教材 AND 技術」とした限定的な調査であった。本調査では検索キーワードを「3Dプリンタ」のみとし、日本における3Dプリンタ研究の件数の推移を見ながら、学校教育における研究の傾向と研究事例の特徴を考察する

ことを目指した。

検出された記事は、①発行年で分類する、②記事に記載されている目的、対象、方法、結果などから、元教員の第一筆者が学校教育における研究と判断したものを抽出する、③学校教育における研究事例について校種ごとに分類し、④その特徴を考察する。

2.2 結果と考察

ジャーナルや会議録といった種類に関わらず検出されたものを「記事」または「研究事例」とする。2020年9月30日時点で2,570件の記事が検出された。内訳は、ジャーナル1,123件、会議録・要旨集1,253件、研究報告書・技術報告書30件、解説書・一般情報誌164件であった。査読付き以外の記事からも有用な研究事例が示されている可能性があるため、査読付き以外の記事も分析の対象にした。

2.2.1 発行年ごとの記事数

検出された2,570件の発行年ごとの記事数を表2に示した。そのうち、第一筆者が学校教育での活用に関する内容と判断した記事は133件で、表2に内数で示した。なお、記事の本文がその学会の有料会員等へのみ閲覧が許可されている場合でも、抄録または題目で対象や目的が明確に学校教育における活用であると読み取れた21件もカウントした。

「3Dプリンタ」で検索し、検出された記事数は1990年代から2007年までは年間に0件から数件であったが、2008年以降から徐々に増え始め、2014年以降に急増したことが読み取れる。冒頭で述べた通り、2013年は3Dプリンタ元年とされており、日本でもその影響を受けてこの年を境に3Dプリンタに関する記事が増えたことがうかがえた。

一方、学校教育における記事は2010年から見られるようになり、2014年頃から増加、以降は横ばいが続き、2019年は21件であった。なお、発行日とプラットフォームへの反映日には時差があるため、件数は確定ではない。2020年については年の途中のため参考までに掲載した。

表2 発行年ごとの記事数(件)

発行年	記事数	発行年	記事数
1990	1	2009	10
1998	2	2010	13 (1)
1999	0	2011	10 (1)
2000	0	2012	33 (2)
2001	1 (1)	2013	84 (8)
2002	1	2014	250 (16)
2003	0	2015	363 (13)
2004	0	2016	379 (25)
2005	5	2017	353 (18)
2006	2	2018	429 (18)
2007	6	2019	467 (21)
2008	14	2020	147 (09)
		計	2570 (133)

2020年9月30日時点

(内、学校教育における活用の記事数)

¹ 3Dプリンタで造形物を印刷するには、最初に3Dデータを用意・作製する必要がある。作製するためのソフトウェアの呼称には、3D-CADや3Dモデリングソフトウェアなどがあり、本稿では引用元に従った。

表3 学校教育における事例の校種ごとの記事数(件)

校種	記事数
小学校	4
中学校	9
高等学校	11
高等専門学校	25
大学	47
校種がまたがったもの	13
教員を対象にしたもの, そのほか	24

2.2.2 校種ごとの記事数と研究事例

学校教育における事例の校種ごとの記事数を表3に示した。対象の校種が定まっていた事例では、大学が47件^(11, 12^{13カ})、高等専門学校が25件^(13, 14^{13カ})で、これら2つの校種が全体の過半数を占めた。高等学校は11件^(15, 16^{13カ})、中学校が9件^(9, 17^{13カ})で、小学校は4件^(18, 19^{13カ})で少なかった。対象の年齢層が高くなるにしたがって研究事例が増加していた。3Dプリンタの活用が期待される一方で、特に小学校の実践例は少なく、活発に活用されていない現状が読み取れた。

高等学校での事例は、工業高校での課題研究の授業⁽¹⁵⁾や科学技術高等学校の機械実習での活用⁽¹⁶⁾といった事例が多く、専門的な学習活動で活用される傾向が見られた。

中学校を対象にした記事9件のうち、7件が技術・家庭科における活用で、理科が1件、地域の地形や防災について考えを深める内容が1件であった。このうち、中学校における体験学習型と見られる事例3件^(9, 17^{13カ})はすべて技術・家庭科における活用であった。技術・家庭科の技術分野には「材料と加工の技術」や「情報に関する技術」という内容があるため、3Dプリンタを取り扱うことになったと考えられた。

3. 児童を対象にした研究事例の調査

3.1 方法

前章の探索的な調査で得られた小学校における4件の記事のうち、体験学習型の実例は2件で少なかった。そこで、より多くの事例を対象にするため、J-STAGEでは検出されなかったものの、国立情報学研究所が運営する学術情報データベースCiNii Articlesなどにおいて検出された児童を対象にした3Dプリンタの体験学習型に関する論文3本を加えた計5本を対象とした。各研究事例の特徴や課題を整理し、読み取れた主な事項について考察した。

3.2 結果

各研究事例を対象学年の順に表4に示した。5つの事例はいずれも違う学年と違う教科で行われていた。

事例1⁽¹⁸⁾は、授業以外のものづくり教室で行なわれた実践報告であった。用いた3Dモデリングソフトウ

アや3Dプリンタの詳細、学習内容については触れられておらず、児童らの3Dプリンタに対する興味や関心が高かったなどの結果が示され、具体的な課題について言及はなかった。読み取れた主な事項を以下に示した(以降、各事例も同様に示した)。

【1-1】3Dプリンタのものづくりを最初から最後まで通して体験するには1日かけて行っていた。

【1-2】事後、児童の93%が3Dプリンタ、80%が3Dデータに「(とても)興味がある」と答えていた。

【1-3】児童と大学生が1対1で活動し、3Dデータの作製について、大学生の教え方が「(とても)わかりやすかった」と答えた児童は93%だった。

【1-4】3Dデータ作製が「(とても)簡単だった」は53%、「(とても)難しかった」は34%いた。

事例2⁽¹⁹⁾では、一般的には3Dプリンタの印刷よりも3Dモデルを作製するソフトウェアの操作が難しいことに注目し、はじめて3Dプリンタに挑戦する児童らが苦手意識を持たないように、操作性のシンプルな3Dモデリングソフトウェアである「Sunny 3D」⁽²⁰⁾を用いるなど、具体的な工夫を行っていた。結果、40分の授業時間内に全員が3Dモデルを完成させることができ、小学校低学年でも3Dモデルの作製は可能であると示した。

【2-1】児童らにとっては3Dデータ作製時の「視点を変える」という操作の理解が難しく、理解促進のために、実演を頻繁に行っていた。

【2-2】一方で、3Dデータ作製は未知の体験で、すすめていくうちに徐々に興味・関心が高まっていく様子が見られた。

【2-3】3Dプリンタ作品を巡る協働的な学びが生まれ、児童のモチベーションは非常に高かった。

【2-4】3Dモデル作製のみでは印刷した後の形を想像できない児童もおり、実現不可能なものを作りたいという欲求が生まれる傾向があるため、仕組みや材料に関する連続性のある学習が求めている。

【2-5】児童らは、実際の印刷物を手にすることでタブレット端末などの学習では得られない喜びを感じとっていた。

【2-6】Sunny 3Dを使って丸みのあるシンプルな造形は児童にもできたが、飛行機や文字などパーツを組みあわせるような複雑な作製には、高度なスキルの習得が必要である。

【2-7】3Dモデリングソフトウェアを使う際の前提となるICTスキルとして、マウスの操作、お絵かきソフトウェアを使った描画の練習、自分の名前をローマ字で入力できること、所定のフォルダへの保存ができることなどを挙げていた。

事例3⁽²¹⁾は、日常の授業で活用するための基礎研究として、粘土で作った児童らの立体作品をスキャンする際の要点、印刷の材料、印刷時間などを検討している。児童らの作品を3Dスキャンしたりそのデータを印刷したりする作業は、教員が行っていた。

【3-1】スキャンする際は動かし方を工夫する必要があった。

表4 児童を対象にした体験学習型の研究事例

	事例1 (J-STAGE)	事例2 (CiNii等)	事例3 (CiNii等)	事例4 (J-STAGE)	事例5 (CiNii等)
学年	1年生	2年生	3年生	4年生	5年生
教科等	ものづくり教室	情報科(私学専科)	図画工作科	総合的な学習の時間	社会科
題目(著者 発行年), 紙面数	3Dプリンタを用いたものづくり教室の実践(小澤ほか2015), 2頁	小学校低学年における3Dプリンタ学習の可能性(鈴木ほか2016), 9頁	個人向け3D機器を用いた<図画工作・美術科授業題材>開発のための基礎研究(宇田・加舎2019), 6頁	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(山本ほか2018), 8頁	中学校技術分野との関連を考慮した小学校社会科における授業実践(寺田ほか2015), 5頁
実践の期間, 時数等	1日(9:00-16:00)	1時間(40分)×1回	2か月	1時間(45分)×4回	1時間×5回
3Dデータ作 製	大学生の指導を受けながら作製した	ソフトウェアで児童が作製した	教員が3Dスキャナーでスキャンしデータを補完・補正した	ソフトウェアで児童が作製した	—
印刷	大学生の指導を受けながら印刷した	児童に印刷の様子をデモンストレーションした,印刷は教員が行った	教員が印刷した	教員が印刷した	児童は印刷の様子を観察した
内容	工学的なものづくり教室というプログラムを企画し,小学生1名に対し大学生1名が教える形で玩具の製作を体験させた。	自分だけのオリジナル立体物を3Dモデリングソフトウェアを使って製作した。何度でも作り直せることを説明した。友達と相談できるようにした。3Dモデリングソフトウェアにはシンプルな操作性を持つ「Sunny 3D」を採用した。	日常の授業で用いるための事前の検討として基礎研究を行った。児童がキャラクターを粘土でつくり,それを大規模で3Dスキャンとデータを作製したうえで3Dプリンタで印刷した。印刷物を小学校に届け児童は着色した。	簡単な操作で3Dモデルを作製できるようA社製の初学者向け3D-CADソフトウェアを使用し,授業時数4時間のコマ作り学習を実践した。印刷時間を短縮するため小型のコマにするなど工夫した。	「3Dプリンタを使ったオリジナルグッズ」の開発を行った。最初に動いている3Dプリンタを見せ3Dプリンタの理解を深め,グループでタブレットを活用しながら開発案を話し合った。

【3-2】 スキャンしたデータは教員が補完・修正した。

【3-3】 印刷は40×40×60mmの大きさで約3時間かかった。

【3-4】 印刷は時間がかかるため授業以外で行ったので,データがあれば同じものを複数印刷できる面白さを気づかせられなかった。

【3-5】 一方で,児童らは,粘土で作った作品の大きさの変換,粘土から樹脂への材料の変換など「変換の面白さ」に気づいていた。

事例4⁽²⁾では,児童らにとっては3Dモデルを作製するソフトウェアの使いやすさが課題であるとし,簡単な操作で3Dモデルを作製できるようA社製の初学者向け3D-CADソフトウェアを使用している。

結果,簡易的なソフトウェアを使用することや印刷物を小型化することなどで小学校でも学習効果があることが期待できるとした。

【4-1】 印刷時間を短縮するため題材を小型のコマ(25~40mm程度で設計)にするなど工夫した。

【4-2】 16個のコマを同時に印刷するなどし,30名の児童のコマを全部印刷するのに4時間程度かかった。

【4-3】 児童らの3Dプリンタへの関心は授業前から高かった。

【4-4】 児童らの3D-CADソフトウェアへの興味・関心は低かったが,授業後に増加した。

【4-5】 3D-CADソフトウェアへの操作の難易度について

では,難しいと感じた児童と比較的簡単と感じた生徒に分かれた。

【4-6】 児童らは,体験を通して,デジタルデータは複製や改良が容易であることを学び取っていた。

事例5⁽²⁾では,社会科の「我が国の工業生産」という単元で,中学校技術分野との関連を意識させることをねらいの一つとして全5時間の授業時数で行われた。児童らは最初に3Dプリンタが実際に動いている様子を観察し,そのあとでグループ毎に「3Dプリンタを使ったオリジナルグッズ」の開発案を話し合っまとめる活動を行った。タブレットを活用することで話し合いが深まったことが述べられていた。3Dプリンタでの印刷は,児童らのスケッチや開発案をもとに授業時間外に教員らが行ったと思われる。

【5-1】 3Dプリンタを観察し仕組みを知ること,オリジナルグッズの開発案を作る学習に効果があった。

3.3 考察

3.3.1 学年と教科

第2章の結果から,中学校における体験学習型の事例はいずれも技術・家庭科であることが確認されたが,小学校では3Dプリンタを活用する学年と教科が限定されておらず,様々な学年と教科の学習内容に紐づけられる可能性がある。

3.3.2 3D データの作製

3D データ作製については、3D モデリングソフトウェア（事例1, 2, 4）と3D スキャナー（事例3）の2つの方法が実践されていた。

事例1で児童らは大学生に1対1で教えてもらい「(とても) わかりやすかった」と多くの児童が答えている【1-3】ものの、3D データの作製は「(とても) 簡単だった」、「(とても) 難しかった」とした児童がそれぞれ一定数おり【1-4】、感じ方に違いが生まれていることが読み取れた。【4-5】でも同様のことが示唆されており、さらに、児童らはシンプルな形は作製できたものの複雑な形のデータ作製には高度なスキルが必要であった【2-6】ことから、3D データの作製については、各児童の習熟度を見ながら個別に課題を設定していくことが必要であると思われた。3D モデリングソフトウェアでは、「視点を変える」という操作の理解が難しいとされており【2-1】、この点が、課題設定時の基準の一つになると考えられる。操作の理解には実演の重要性も示唆された【2-1】。

事例3では、児童が作った粘土作品を3D スキャナーで3D データを作製することについては、動かし方を工夫する必要があったほか、スキャンしたデータを補完・補正する作業は教員がしており【3-1】【3-2】、教員の負担があることがうかがえた。

3.3.3 作製した3D データの印刷

印刷については、実際の印刷物を手にすることでタブレット端末などの学習では得られない喜びを感じることができた【2-5】ことから、児童らが印刷物を手にすることは何かしらの気づきを得る活動の一つになることがうかがえた。さらに、事例3では、印刷に時間がかかることから大学に持ち帰って行ったため「データがあれば同じものを複数印刷できる面白さを気づかせられなかった」【3-4】とあり、事例2では、3D モデル作製のみでは印刷した後の形を想像できない児童もおり仕組みや材料に関する連続性のある学習が求められていた【2-4】ことから、児童らの学びの機会を減らさないためにも、できるだけ授業の学習活動において印刷を行うことが望ましいと思われた。

しかしながら、印刷の様子をデモンストレーションしたり（事例2）、3D プリンタが動く様子を観察したりする活動【5-1】はあったが、授業で作製した3D データを授業中に3D プリンタで印刷する活動は、どの事例でも行われていなかった。その理由は、【1-1】【3-3】【4-2】から、印刷に時間がかかるためであると思われる。授業中に印刷するためには、スキャンしたデータの大きさを変えたり【3-5】印刷物を小型化したり【4-1】といった工夫が必要であることがわかった。事例2～4では、実際の印刷は教員が授業の時間外に補っており、教員の負担があることも推察される。

ところで、3D データ作製には、視点を変えることへの理解やICTスキルが必要であり【2-1】【2-7】、ソフトウェアへの興味・関心は低かったが、授業後には増加し【4-4】、デジタルデータは複製や改良が容易であることを学び取っていた【4-6】といった事項からは、

必ずしも印刷を行わなくとも、3D データの作製のみで授業を構築できる可能性が読み取れる。事例5のように3D データが動いているところを観察することで、オリジナルグッズの開発案を考えさせる学習に効果が見られた例【5-1】もあり、印刷をともなわない授業でも児童らは学びを得ることが期待できる。

3.3.4 児童らの興味・関心

児童らは3D プリンタに対する興味・関心がもともと高く【4-3】、実際に体験することでさらに高まることが示唆された【1-2】【2-2】【2-3】【4-4】。また、児童らは、粘土で作った作品から印刷物への大きさの変換、粘土から樹脂への材料の変換といった「変換の面白さ」【3-5】や実物を手にとることができる喜びを感じており【2-5】、3D プリンタという新しい技術を授業に取り入れることは、児童らの興味・関心を高め、気づきを得るうえで一定の効果があることが期待できた。加えて、事例2では必要なICTスキルが具体的に示されており【2-7】、授業で3D プリンタを活用することは、そうした情報活用能力を育む学びに繋がることを推察できる。

3.3.5 3D プリンタの今後の活用

3D プリンタは、各教科や教科横断的な学習目標に活用でき、加えて児童らの興味・関心を高めながらICTスキルを育むことが期待できる。大きさや材料の変換の面白さ、実物を手に取る喜びを児童らが感じ取るためにも、データ作製から印刷までの連続性のある学習をすることが望ましいが、印刷時間がかかるという問題があり、小さいサイズで印刷時間を短くする工夫が求められる。

一方で、印刷しなくとも、3D モデリングソフトウェアで3D データを作製する活動や3D プリンタが動いている様子を観察し開発案を話し合う活動でも学習効果が見られたことから、3D プリンタは、様々な学びの展開に応用できると考えられた。台湾では、STEM教育を重視し、日本の小・中・高にあたる12年間において3D プリンタなどを活用した「自造者教育」が広まっており⁽²⁴⁾、今後、日本でも教科にとらわれない活発な活用が増えていくことを期待したい。

4. おわりに

学校教育における3D プリンタの活用に関する研究の探索的な調査と児童を対象にした研究事例の考察の結果、主に以下の事柄が確認された。

- (1) 学校教育における3D プリンタの活用に関する研究事例は2014年頃から増加した。
- (2) 高等専門学校や大学など、対象の年齢層が高くなるほど研究事例が多く、小学校での事例は少なかった。
- (3) 体験学習型の活用事例は、中学校の場合は技術・家庭科に限定されていた。

小学校の体験活動型の研究事例では、

- (4) 対象学年や教科は定まっていなかった。
- (5) 3D データ作製は、児童がモデリングソフトウ

ウェアを操作した例と教員が 3D スキャナーで取得した例の 2 つの方法があった。

- (6) 簡便なモデリングソフトウェアを選んだ場合、授業での習得が可能であったが、操作が簡単だと感じた児童と難しいと感じた児童がいた。
- (7) 多くの児童らが 3D プリンタに対する興味・関心がもともと高く、実際に体験することでさらに高まっていた。
- (8) 作製したデータを授業中に印刷した事例は無く、教員らが授業以外の時間に印刷していた。
- (9) 3D データ作製や印刷は行わず、3D プリンタが動いている様子を観察することで学びを深める事例があった。

本研究では J-STAGE や CiNii 等で検索できる記事のみを調査したため、結果が示す範囲は限定的である。

今後は、授業で使いやすい 3D モデリングソフトウェアの具体的な要件の検討、3D プリンタの出力時間の短縮化のための改良と題材の工夫、加えて、児童の発達段階に応じた学習目標の設定や具体的な授業案、評価の方法など、学校教育における 3D プリンタを用いた学びの提案にむけて検討を重ねていきたい。

付記

本稿は、「3D プリンタの教育的な活用に関する研究の傾向と学校教育における研究事例の一考察」⁽²⁵⁾ に新しい検討(主に第 3 章の内容)を加筆し、全編を再構成したものである。

科学研究費補助金(課題番号 20K12883)の助成を受けて発表した。

参考文献

- (1) 朝日新聞デジタル: “大学病院で足りない医療物資、工学部で生産 山形で開始”, <https://www.asahi.com/articles/ASN557795N54UZHB004.html>, (2020 年 12 月 1 日).
- (2) 小林広美: “世界の教育分野で活用される 3D プリンタ”, 工業教育資料, 352, pp.7-11, (2015).
- (3) 吉村忠与志, 千田範夫: “3D プリンタ用ファイル作成のための Winmostar 機能の付加”, *Journal of Computer Chemistry*, 15, 1, pp.7-12, (2016).
- (4) ジョン・カウチ, ジェイソン・タウン, 花塚恵(訳): “Apple のデジタル教科書”, pp.295-296, かんき出版, (2019).
- (5) 門田和雄: “デジタルファブリケーションを活用した STEM 教育”, 日本機械学会 2017 年度年次大会講演論文集, 17, 1, (2017).
- (6) 澤村貴雄, 曾我聡起: “3D データ・3D プリンタの教育利用の可能性について” CIEC (コンピュータ利用教育学会) 2014 PC カンファレンス論文集, pp.48-51, (2014).
- (7) 白濱博之, 福山隆雄, 遠藤秀治, 山岡武邦: “結晶構造モデルを教材とした自然科学教科間連携の教育プログラムの予備実験”, 日本産業技術教育学会誌, 58, 1, pp.1-9, (2016).
- (8) 経済産業省: “3D プリンタが生み出す付加価値と 2 つのものづくり～「データ統合力」と「ものづくりネットワーク」” 新ものづくり研究会報告書, pp.69, (2014).
- (9) 室伏春樹, 小関航平, 東誠二: “中学校技術・家庭科における 3D プリンタを利用したデジタル作品の設計・制

作カリキュラムの提案”, 日本産業技術教育学会誌, 59, 2, pp.89-97, (2017).

- (10) 国立情報学研究所電子図書館: https://www.nii.ac.jp/nels_soc/about/ (2020 年 12 月 1 日).
- (11) 竹澤聡, 長松昌男, 高島昭彦, 中村香恵子, 大竹秀雄, 吉田協: “就職活動支援に連携した自律型ロボットものづくり教育”, 工学教育, 60, 4, pp.44-49, (2012).
- (12) 望月祐志, 中村昇太, 山中正浩, 山田康之, 工藤光子, 常盤広明, 川上勝, 北本俊二: “化学・生命科学系の理学教育における 3D プリンタの活用事例”, *Journal of Computer Chemistry*, 15, 3, pp.66-67, (2016).
- (13) 土井滋貴: “電子情報系学科における 3D プリンティングの可能性”, 工学教育, 62, 4, pp.22-26, (2014).
- (14) 杉浦藤虎, 渡辺正人, 稲垣宏, 上木諭, 庫本篤: “豊田高専におけるロボットを利用した課外活動と実験実習の実践例”, 工学教育, 65, 3, pp.82-87, (2017).
- (15) 副島大陸, 牧下英世: “高校数学における積分指導での 3D プリンタの活用”, 日本科学教育学会年會論文集, 42 巻, pp.485-486, (2018).
- (16) 門田和雄: “ファブラボと科学技術高校におけるデジタル・ファブリケーションの取り組み”, 工学教育, 62, 4, pp.4-7, (2014).
- (17) 秋山剛志, 関根文太郎, 原田信一: “3D プリンタを活用したものづくりプロセス学習教材の開発”, 日本産業技術教育学会誌, 60, 1, pp.29-34, (2018).
- (18) 小澤右京, 伊藤伸英, 伊藤吾朗, 小林純也: “3D プリンタを用いたものづくり教室の実践”, 2015 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp.205-206, (2015).
- (19) 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 プリンタの学習の可能性”, 情報処理学会論文誌, 教育とコンピュータ, Vol. 2, No. 2, pp.10-19, (2016).
- (20) Sunny 3D: <https://shade3d.jp/en/products/sunny3d/overview.html>, (2020 年 12 月 1 日).
- (21) 宇田秀士, 加舎章二郎: “個人向け 3D 機器を用いたく図画工作・美術科授業題材>開発のための基礎研究”, 奈良教育大学次世代教員養成センター研究紀要, 5 号, pp.217-222, (2019).
- (22) 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.201-208, (2018).
- (23) 寺田飛鳥, 久保貴嗣, 中矢恵美香, 森慎之助, 大西義浩: “中学校技術分野との関連を考慮した小学校社会科における授業実践”, 愛媛大学教育学部紀要, 62 巻, pp.129-133, (2015).
- (24) 門田和雄: “台湾・新北市における自造者教育の動向ー2019 新北創客魔法市集に出展してー. 日本機械学会講演会「技術と社会の関連を巡って:過去から未来を訪ねる」”, No.19-318, (2019).
- (25) 白井昭子, 登本洋子: “3D プリンタの教育的な活用に関する研究の傾向と学校教育における研究事例の一考察”, 日本教育工学会研究報告集 JSET20-4, pp.131-136, (2020).

(2020 年 12 月 4 日 受付)

(2021 年 1 月 23 日 採録)

高校生のための国際科学フェア開催に向けた汎用的オンラインプラットフォームの構築

Building a versatile online platform of the international science fairs for high school students

家長 大輔*1・田中 博*2・武田 菜々子*3・笠巻 奈月*3

Email: ienaga@longhousestudio.net

*1: 株式会社ロングハウススタジオ

*2: 立命館大学

*3: 立命館中学校・高等学校

抄録

立命館中学校・高等学校において、2003年より毎年開催されているJapan Super Science Fair (JSSF, 旧称: Rits Super Science Fair) は、COVID-19の世界的影響により海外参加者の来日が困難となり、開催が危ぶまれる事態に見舞われた。この機に完全なるオンライン開催を目指し、産学共同によってそのプラットフォームを短期間の内に構築する運びとなった。第一線の研究者達が学会、教育現場のオンライン化へドラスティックに舵を切中、高校生が主役となる中等教育において、JSSF 2020 Online は、世界24カ国・地域の共通言語となる英語で運用され、加えて既に蓄積している科学研究の発表を主体に置くプロジェクト発信型の取組みというオンラインイベントに結実した。本論文では、全体的なイベントの構想、オンラインプラットフォームの仕組み、会期中における具体的な運用事例を紹介し、次年度以降に向けた改善点とその対策を述べ、日本全国におけるICT教育推進の一助と位置づけたい。

©Key Words 科学教育, SSH 事業, G Suite for Education, Zoom, Slack

1. はじめに～Japan Super Science Fairのオンライン開催の構想について～

立命館高等学校は、2002年度より文部科学省スーパーサイエンスハイスクール (SSH) の指定を受け、19年間にわたって研究開発を続けている。研究の中心は、高等学校における国際科学教育の進展に向けた手段の開発とその普及である。SSHのシンボリックな取組として、2003年から海外生徒を招致し高校生の研究発表を軸とする国際科学交流イベントであるJapan Super Science Fair (JSSF) を2019年度までに17回開催してきた。高校生による研究発表、科学を題材としたグループワーク、専門家によるサイエンス系トピックの講義、その他文化交流等を約1週間の取組として実施し、参加高校生が、「世界へ貢献するための使命感」「将来での協働のための国際ネットワーク」「未来への大きな夢」を獲得することを目的としている。17回目となった2019年度のJSSFは、22カ国・地域から海外校34校、国内校10校の参加を得て盛大に開催された。今年度は、コロナ禍の中、海外生徒を招致する通常のJSSFの開催は断念し、初めてのオンラインイベントとして実施した。本論文では、オンライン国際イベントの設計やシステムの活用事例、課題点を、実際に構築に関わった事業者の視点も踏まえて記す。これにより、今後、教育機関が類似のオンラインイベントを企画する際に本論文がガイドラインとして機能すればと期待する。

新型コロナウイルス感染症拡大の影響を受け、全国の教育機関が様々な行事や活動を急速にオンラインへと移行せざるを得なくなった。多くのSSH校においても、今年度計画されていた生徒の研究発表会等が、オンラインでの実施に切り替えられてきた。これらの要項は、SSH校を所管する独立行政法人科学技術振興機構 (JST) の

SSHウェブサイトに掲載されている¹⁾。立命館高等学校においても、本年度当初から、海外交流校との課題研究発表会や海外教員による講義の聴講、海外交流校との科学ワークショップ等をオンラインで積極的に行ってきた。

本論文で述べるJSSFの取組がこれらと違う点は、まずその規模にあり、24カ国・地域から海外校46校、国内校17校の参加を得ての開催であった。なお、海外参加校には、韓国 Korea Science Academy of KAIST, タイ Mahidol Wittayanusorn School, シンガポール NUS High School of Mathematics and Science, アメリカ Illinois Mathematics and Science Academy 等、世界的に有名な英才科学高校を多く含んでおり、大変重要なネットワークであると言える。規模だけで言えば、世界最大級のサイエンス・フェアであるリジェネロン・ファーマスーティカルズ主催のInternational Science and Engineering Fair (ISEF)も2020年5月にオンライン上でのコンテストとして実施された²⁾。JSSFの取組は56カ国・地域から参加のISEFに比べれば規模は小さいものの、その違いは、JSSFにおいては本校生徒が実行委員会を作り、生徒達自身がこの取組を築き上げる点にあると言える。したがって、専門の事業者が全て作ったプラットフォームが与えられるのではなく、生徒の考えている取組に対応できるよう、教員や、今次の取組においては、企業の力も借りながら、生徒自身がその実現を目指していくことになる。この過程で、生徒は大きく成長し、その意味においてJSSF開催そのものが一つの教材であると言える。一つの学校の中で企画している取組であるからこそ実現できることである。また、JSSFにおいては、研究成果の発表会だけではなく、世界中の参加者が科学を媒体として交流を行い、将来の重要なネットワー

クを構築させることを目的にしており、それをオンライン上でどのように実現するかが重要である。さらに、世界中から参加するそれぞれの国の時差を考慮した取組として、筆者の管見の限りにおいては同様の取組は見当たらないという点でも、新規性があると考えている。

立命館高等学校においては、ICTを使った取組も多く実施してきたものの、オンラインの取組は、対面の企画に対して補完的な位置づけとして考えてきていた。しかしながら、今次の取組等を通して、オンラインの Science Fair はこれ自体が新しい分野の取組であり、対面のものと比較するのはなく、別の取組として発展させていかなければならないと考えるようになった。また、オンラインの取組は、簡単に参加できることや費用がかからないこと等、多くの利点を持つことに加え、社会のリモートワーク化が急速に進み、社会人として身に付けるべき資質も大きく変わりつつある中で、オンラインでも力を発揮するための能力の開発等も重要な課題である。その意味においても、今次の取組やそこの工夫等を広く周知したいと考えている。

1.1 JSSF2020 の開催概要

1.1.1 開催日

- ・ Week 1 10月31日(土)・11月1日(日)
- ・ Week 2 11月7日(土)・11月8日(日)
- ・ Week 3 11月14日(土)・11月15日(日)

1.1.2 実施形態

日本から西へヨーロッパまでを A ブロック、日本から東へアメリカまでを B ブロックに分割し実施した。ただし、研究発表のみ、X、Y、Z の 3 ゾーンに再編成し、その内の 2 回で発表を行うことで、各発表者が全ての参加者に聴講してもらえる環境を準備した。

1.1.3 実施時間

A ブロック 土曜日 17 時～21 時

B ブロック 日曜日 8 時～12 時

研究発表の X、Z ゾーンはそれぞれ A、B ブロック内、Y ゾーンは日曜日深夜 2 時～4 時 20 分に実施した。

※上記は全て日本時間

1.1.4 参加者規模

A ブロック 参加生徒約 200 名

B ブロック 参加生徒約 100 名

24 カ国・地域から、海外校 46 校、国内校 17 校が参加した。各ブロックとも、上記に参加校教員やゲスト、運営スタッフ等 80 名程度が加わる。

1.1.5 参加国・地域

オーストラリア・カンボジア・カナダ・中国・エクアドル・インド・インドネシア・イラン・韓国・メキシコ・モンゴル・ネパール・オランダ・パプアニューギニア・フィリピン・ロシア・シンガポール・スペイン・台湾・タイ・UK・USA・ベトナム・日本

1.1.6 取組内容

- ・開会式
- ・記念講演
- ・Science Talk (科学講義)
- ・科学研究発表
 - ・以下の 2 方式で実施。

- ・録画動画をアップロード、コメント収集
- ・ライブ配信での口頭発表、質疑

・Science Showdown

・グループによる課題解決型ワークショップ (1 週目に出題された問題の解答を 3 週目までに提出)

・日本文化紹介

・海外文化発表

・閉会式

・Farewell 企画

・閉会式後に参加者の友好を深めるため、クイズやゲーム等の交流企画を実施

・教員ミーティング

・教員セッション

・希望教員による発表

・教員カンファレンス

・分科会に分かれての討論

このような取組を円滑に行うため、取組のプラットフォームとなる Web サイトを開設し、その中で、各取組への導線を確認し、混乱なくスケジュールを進めようと考えた。同 Web サイトは、SSH 事業の国の補助金を利用して開設することとした。そこに求められる要件として、次のように定義した。

- (1) 各取組がスケジュール通りに確実に実施出来ること。
- (2) 安全に運営できること。具体的には、参加者以外がアクセスできない環境で行えること。
- (3) 参加者を各取組へ分かりやすく円滑に誘導出来ること。
- (4) 対面での Science Fair に迫る臨場感を持たせること。作成するプラットフォームは、一度きりの使用でなく、次年度以降も継続利用が可能であること。
- (5) 参加者同士が JSSF 会期後も連絡を取り合えること
上記要件を満たすプラットフォームを制作するため、国の SSH 予算による業者募集が行われ、株式会社ロングハウススタジオ (以下、LHS) が選定された。筆者の一人でもある同社の家長は立命館高等学校卒業生でもあり、自身が高校時代に JSSF を経験しており、運営にあたる教員と同じ思いを持って企画の運営に携わることとなった。

2. 理論：オンライン開催を実現するプラットフォームの構築及びカスタマイズ

2.1 JSSF Online Platform の構成

LHS の元へ相談が寄せられた際、1 章で述べた条件を同時に満足させるためには、オーダーメイドかつオンプレミス型のシステムを一から構築しては会期に到底間に合わないことは容易に結論が出た。JSSF をオンラインサービスとして提供するにあたり、使い勝手のいいユーザーインターフェイス、汎用性と可用性を併せ持つシステム、参加者の属性ごとに柔軟に権限をカスタマイズできる中・大規模組織向け管理機能、多彩なツールやサービスと連携できる冗長性、一定以上のセキュリティ、世界各国の多彩な環境からのアクセスを受け入れられる動作安定性を高いレベルで担保

することが必須要件として考えられた。そのため、可能な限り既存のクラウドサービスを組み合わせたパッケージとし、その基軸には G Suite for Education（2020年10月当時。現在は Google Workspace for Education に改称）を選定した。

G Suite for Education は、米 Google 社が提供する企業向けクラウドスイートの教育機関版であり、通常の G Suite と比較して Google Classroom が追加利用でき、また 2020 年 11 月時点での料金は無料である点、Enterprise 版と同様に Google ドライブの使用容量に制限が無い点に大きな特徴がある。G Suite for Education であれば、未成年者でもある高校生のアクセス制限や管理ログ取得も可能である。この G Suite for Education をオンラインプラットフォームの基盤として、全参加者には各自ドメインによる専用アカウントを付与し、Table 1 のように各機能には次の内包サービス、ないしはサードパーティー製サービスを割り当てることとした。また、すべてのサービスを利用するためには、Google サイト上に設置したメンバーシップサイトへのログイン、アクセスを必須とし、Fig. 1 のように参加者の導線を整理した。

Table 1 JSSF2020 Online の各機能を担うサービス一覧

参加者管理機能	G Suite 管理コンソール
メンバーシップ制ポータルサイト	Google サイト
ビデオ会議システム	Zoom
フォーラム	Slack
オンデマンド型ファイル共有スペース	Google サイト内に Google ドライブの専用フォルダを組込表示、アップロードには Google フォームを利用
時差連動型行程表	Google サイト内に Google Calendar を組込
参加者向け個別情報表示	原型となる Google スプレッドシートに Google Apps Script 上で JavaScript 作成、Google サイトへ HTML 形式で表示

System of the JSSF Online Platform

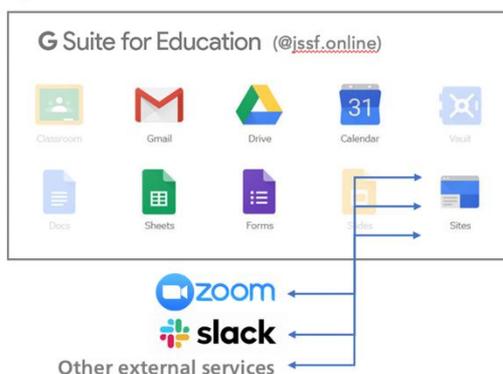


Fig. 1 オンラインプラットフォーム構成図

2.2 JSSF Online Platform の特徴

本プラットフォームの大きな特徴は、G Suite for

Education を基盤としながらも、全ての機能を Google 製サービスに依存させなかったことにある。仮に G Suite 内に全ての導線が集約されていれば、ユーザーインターフェースとしてもシンプルで管理も容易であり、Zoom および Slack については Google Meet で代替が可能である。しかし、その反面、全てのサービスを Web ブラウザ 1 本で動作させなければならず、また Google 社においてサーバーダウンが発生すれば、即ち JSSF Online の全機能が停止することを意味する。加えて、全参加国、地域で全サービスが一律利用可能なかを検証する時間が不足しており、直前でのシステム変更は避けねばならなかった。一定の冗長性、動作安定性を持たせるためには、利用サービスの分散化が望ましく、一部の領域や機能を重複させつつ複数サービスを組み合わせる策が最善であると判断した。この効果は後述する。

全参加校からは予め名簿が届け出られており、それを元に G Suite で参加者アカウントを半自動的に一斉作成した。アカウント名には命名ルールを設定し、参加年、ブロック、学校名略称、ファーストネームを記載することで利用者に一定の覚えやすさを担保した。例えば、A ブロックの DEF 校の Jane Smith さんの場合、「20a_def_jane@jssf.online」となる。また、管理者においても各種プログラムのグループ分け作業や参加者の照会が必要な場面で有効であると予想した。加えて、各参加者の自前メールアドレスを立命館高校ならびに LHS で預かるリスクを大幅に軽減したかったという事情もあった。

アカウント取得後、まず JSSF 専用アカウントで Google にログインし JSSF メンバーシップサイトにアクセスする。主だった機能は次の通りである。まず、参加国・地域の時差に連動し、iCal 形式でダウンロード可能な専用の行程表である。次に、全参加者の名簿には参加プログラムや Zoom の各会場への URL、研究発表データへのリンクを埋め込み、それを見れば自分がいつこのプログラムに参加すれば良いのかを一目瞭然とした。さらに名簿にはキーワード、カテゴリ検索機能も実装し、個人、学校、グループワークの小グループ別、研究発表分野別などでの絞り込みも可能とし、従来のパンフレットを代替した。また、参加者には事前に科学研究の録画動画やポスターを提出してもらい、会期中に参加者同士がオンデマンドコンテンツとして自由に視聴、ディスカッションしてもらうため、Google フォームと Google ドライブをサイト内に組込み、こちらで管理せずとも自動的にファイル収集できる流れを整えた。さらに 5.1 で後述するようにオンラインに不得手な参加者が一定数見込まれることが判明したため、サイトの概要や機能を英語版チュートリアル動画として制作、掲載も実施した。

Zoom ならびに Slack については、専用アカウント、即ち Google アカウントを OAuth 連携させることで各サービスへのサインアップ、サインインを単一 ID で実行できる流れとした。いずれも組織向けの管理者機能が実装されており、CSV ファイルやテキストデータから同時にアカウント作成や招待が可能である点は G Suite

for Education を選定した理由の1つである。

また、Slack 上ではサポート用チャンネルを開設し、質問の重複回避や知見共有を意図した。

当然、iOS、Android、Windows PC、Mac の各 OS や端末でマルチに動作するよう調整も実施した。

2.3 オンライン実施における懸念点

立命館高等学校は、本プラットフォーム構築にあたり、以下の点について LHS と議論した。

- (1) 秘密性をいかにして担保するか。参加者以外が閲覧できない、参加できない仕組みを構築できるのか。
- (2) 中等教育課程にある未成年者、特に16歳未満がオンライン利用することへの安全性、各種サービスの規約への抵触について。
- (3) ジオブロックされた国・地域への対応。
- (4) Zoom において100~250人規模の参加時の安定性、特にブレイクアウトセッションを円滑に進行できるか。

(1) については、専用アカウントでのみ各種サービスの利用ができるアクセス制限を設けることにした。また、初回ログインに必要なパスワードは仮で、利用者が独自のものに変更しない限り継続利用できない仕組みとした。(2) については、Slack 社⁽³⁾ および Zoom 社⁽⁴⁾⁽⁵⁾ の利用規約において、管理者がアカウント管理を行い、教育機関および保護者の監督下であれば一部機能制限のもと利用可能であるとの記述を確認し、16歳未満の参加者の保護者に同意書を記入してもらうこととした。誰がいつどのような動作をしていたのかという監査ログも取得できるため、授業の一環として生徒への評価も可能である。(3) については、中国からの参加校が G Suite for Education を利用できず、例外措置として該当者のメールアドレスをホワイトリストに加え、Zoom、Slack でも部分的に参加できるよう対応した。(4) については後述する。

3. 手法：運用開始後の工夫、トラブルについて

本章では2章で述べたオンラインプラットフォームの運用面での取り組みについて記述する。

メンバーシップサイトについては会期2週間前である10月17日にベータ版の開設を行い、その後は提出期限を過ぎても寄せられる参加者の発表データや各種情報を順次反映させ、各所から寄せられたバグの改善や問い合わせに対応するという作業の繰り返しであった。

当初からの懸念点は、参加者が世界、世代も多岐にわたることから IT リテラシーや環境面でのばらつきをどこまでフォローできるかの一点に尽き、実際においてもこれらに起因したトラブルがしばしば発生した。本章では主だった事例を紹介する。

3.1 G Suite へのログイン失敗

主に参加者が予め配布された仮パスワードから本パスワードに変更した際に文字列を失念したことによるものである。利用者にパスワード変更権限を付与でき

ないため、メールでの問い合わせがある度に管理者側での対応が必要となった。

3.2 一部参加者において Zoom の機能が使用できない

会期前からシステム動作要件を公開していたが、徹底しきれておらず、本番中に運営本部に相談が寄せられる事態となった。そこで参加者全員が集うメインセッションの中で、教員よりバージョン確認と Ver.4.3 以降へのアップデートを画面共有しながら催促することで同種のトラブルは解消された。

3.3 Zoom ブレイクアウトセッション

本番での最大の課題とも言え、極めて計画的かつ冗長性を持たせて実施しなければならない項目であった。今回、Science Showdown という小グループでのグループワークに3週間取り組むプログラム、および Week 1, 3 の文化交流イベント、Week 3 の Farewell 企画において、ブレイクアウトセッションを実施することになった。Zoom では、ブレイクアウトセッションのグループ機能は①本番中の自動、②本番中の手動、③事前の CSV アップロードによる予約の3種類の設定が存在し、③の予約ではミーティングルーム1部屋1回につき、一通りしか実行できず、この仕様の範囲内でプログラム運営そのものを組み立てることとした。ブロック A においては、最大同時参加者数を約250人、ブロック B においても約150人と想定したことから②はまず不可能である。Science Showdown では、3週間を通して同一グループで問題解決に取り組むことからグループを固定し CSV で事前予約することが必須であったため、他のプログラムでは①を活用し、直前に国籍や学校がある程度分散するように②で微調整した。また参加生徒には自身によるブレイクアウトルーム間の移動機能を開放し、途中離脱者や遅刻参加者へのフォローも実施した。

しかし、オンラインイベント、しかも文化や風習も違う多国籍の取り組みにおいて、全員参加を強制することは容易ではなく、Week 1 では約15%の欠員が発生した企画もあった。そのため、CSV で事前割り当てしたグループをその場で部分解体、統合などの調整をせざるを得ず、運営本部のホストコンピューター担当者が一時混乱したが、進行そのものが停止したり遅延したりすることには至らなかった。

3.4 Zoom での進行トラブルに備えて

今回は、研究発表も含めて、インタラクティブなコミュニケーションの手段として、Zoom、Slack、G Suite (Gmail, Google Meet) が存在した。それぞれが補完し合う関係にあり、Zoom 上で開催される基調講演や研究発表中などでは、コメントや質疑応答を主に Slack の専用チャンネルを用いることで進行をスムーズにさせ、また Zoom でのトラブル時に通知を流したり一時的に参加者を移行させたりすることが可能となった。

4. 結果：各種サービスの監査ログから

本章では、参加者の利用動向を記録したログファイルで定量的成果を紹介する。

4.1 Slack

- ・調査期間：2020年10月12日～11月20日
- ・調査対象：全参加者533名中、470名
- ※見学者用アカウント63名分を除外
- ・アクティブアカウント数：373
- ・アクティブ率：79.36%
- ・総送信メッセージ数：8,060通

上記は全てSlackの監査ログから出力、解析したデータ、グラフ群である。以下、読み取ることができた内容を記述する。

- (1) Fig. 2 において矢印で図示したのは、会期である2020年10月31日、11月1日、7日、8日、14日、15日以外の平日であるが、この間においてもSlackが利用され続けていることが緑線のアクティブメンバー数および青線の投稿メッセージ数から観察できる。会期を通して参加者間交流やScience Showdownに取り組んだと推測される。
- (2) Fig. 3 より、送信されたメッセージ数は、矢印で図示したWeek2実施日である11月7日、11月8日の土日が最も多く、Week1, 3がほぼ同数で続く。
- (3) Fig. 4 より、パブリックチャンネルへのメッセージ投稿は会期終了日の11月1日以降、減少するが、ダイレクトメッセージについてはその後も一定の利用が確認できる。
- (4) Table 2 より、送信メッセージ数が多かったチャンネル上位1, 2および4~11位をScience Showdownのグループ別チャンネルが占め、全体連絡用チャンネルが3, 4位に確認できる。グループワークや科学研究を通じた交流で一定のディスカッションや質疑応答が交わされたことが窺える。12位に研究発表用チャンネルが続くが、Week2のライブ発表中に限定した稼働と見られる。なお、絵文字のリアクション数は必ずしもメッセージ数の順位とは比例せず、返事が必須でないお知らせや連絡事項に対して多く付加される傾向にあった。

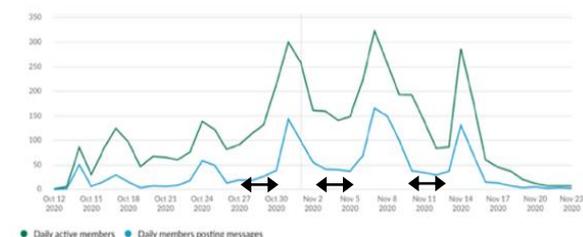


Fig. 2 Slackにおけるアクティブメンバーの日別推移

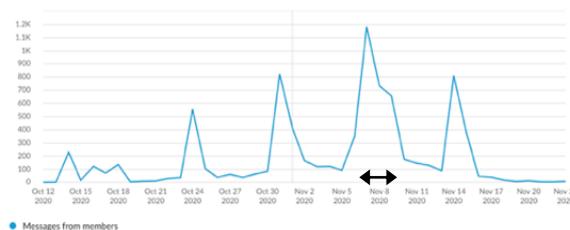


Fig. 3 Slackにおける送信メッセージ数の日別推移

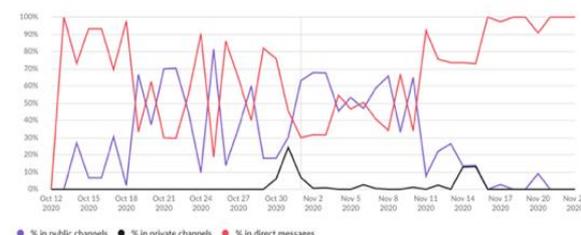


Fig. 4 Slackで送信されたメッセージの宛先とその推移

Table 2 Slackにおける送信メッセージ数順の上位12チャンネル一覧

チャンネル名	メッセージ数 [人]	メンバー数 [人]	リアクション数
science-showdown-sa18	149	4	0
science-showdown-sb10	126	6	8
001-general	121	533	288
002-contact_and_support	101	533	18
science-showdown-sb03	92	4	0
science-showdown-sa21	84	5	0
science-showdown-sa29	64	6	3
science-showdown-sa30	64	5	3
science-showdown-sa19	54	4	0
science-showdown-sa24	52	4	0
science-showdown-sb01	47	4	0
201-presentation_x_venue2_chemistry	46	410	6

4.2 Zoom

Zoomについては、参加者別のエンゲージメント率として参加時間（デュレーション）を指標として計測した。

Table 3を参照すると、参加時間の平均値と中央値に乖離が見られるが、これは教員や見学者、ゲストが必ずしも全プログラムに参加していないからだと考えられる。加えて、通信接続の不安定性から、合計参加時間が極端に短かったり、途中離脱して復帰しなくなったりした参加者が一部確認されたことも一因である。また、Zoom各ミーティングルームへはメンバーシップサイトを経由しなければ、参加者からはURLが読み取れないため、Zoomの利用率は即ちメンバーシップサイトの利用率に近いものとなる。

Table 3 Zoom 上の各セッションにおける参加時間

Week	ブ ロ ッ ク	参加 者数 [人]	開催 時間 [分]	参加時 間・平 均値 [分]	参加時 間・中 央値 [分]
1	A	550	262	200.53	252.00
1	B	229	250	168.55	219.50
3	A	467	218	161.53	202.50
3	B	252	239	176.32	210.00

※見学者、教員用アカウントも含む。

4.3 G Suite

Table 4 より、JSSF 最終日である 11 月 15 日に計測したところ、参加者の内、立命館高校以外の参加校における生徒利用率は 93.33% を記録した。なお、一度もログインのなかった生徒は、特定の学校に集中しているケースが多かった。

Table 4 参加者に占める G Suite 利用者数とその割合

属性	人数 [人]	利用者 数 [人]	利用率 [%]
Student	210	196	93.33
Educator	231	143	61.90
Rits Student	79	79	100.00
Rits Educator	21	20	95.24

5. 分析：参加者動向やアンケート結果から見るオンラインカンファレンスにおける改善点ならびに対策

5.1 IT リテラシー、インフラ環境の差異への対応

オンライン化は即ち成果の可視化に等しく、JSSF2020 Online を通しても、各参加国、地域や国内においても ICT への対応状況、教員、生徒間での差などが顕著に表面化することとなった。国内外共通で見受けられたのは、教員のスキルが生徒に追いつかないことやトラブル時に自力解決できない状況に陥りやすいことであった。また、特に一部の学校においては、生徒も通信環境の不安定さや各種サービスの利用経験の乏しさが事前の周知期間の時点で観察されたため、英語版のチュートリアル動画を 2 本制作し、メンバーシップサイトに掲載することでフォローを実施した。当日の利用者からのトラブルについては、全体の進行に影響しないよう、表側では立命館高校の司会生徒が、裏側では運営スタッフや教員が Slack のサポートチャンネルなどで対応した。プログラムが進行するにつれ、利用者からの技術トラブルやサポート依頼は減少した。各参加校、参加者に対して、事前、本番を通してどの範囲まで技術フォローすべきか今後の課題としたい。

5.2 サービスの分散化によるメリット及びコミュニケーションの変化

今回、G Suite for Education を基盤としたことの最大の利点は、管理の容易さ、他サービスへの連携性の高さにある。Slack や Zoom との分散利用が実現したことで結果として単なるバックアップ手段としてのみならず、同時利用することも可能であったことに特徴がある。また、プラットフォームの汎用性が高い、つまり技術情報がサードパーティーに公開されている場合、将来により便利で高機能なサービスとの追加連携や置換も自在となり、今後の科学フェアの在り方を大きく変化させる可能性を秘めている。

コミュニケーションの幅や質において、昨年までの JSSF と比較した際、質疑応答やディスカッションがその場所や時間に囚われない形で実現したことは、生徒同士の交流に新しい可能性を創出した。一例として、会期終了後も Slack におけるダイレクトメッセージ利用が盛んであったことが挙げられ、生徒アンケートからは「研究発表の聴講後に発表者に連絡を取り、自身の研究に役立つ情報を交換できた」との声も回収している。

生徒に身につく経験値を考える上で、自発的かつ探究的なコミュニケーションが一人ひとりに求められる JSSF Online では、従来の対面形式とは異なる形で科学研究の深度が深まったことはオンラインならではの利点と筆者は考える。

5.3 Google サイトの使用容易性と機能拡張性

メンバーシップサイトに関しては、一部参加者から情報表示方法や機能の使い勝手にクレームもあった。「今、何が最も重要な情報なのかを分かりやすくしてほしい」、「深いページ階層まで辿り着けない」、その他、カレンダー機能の充実を求める声も上がった。

Google サイトに標準実装された編集機能のみでは改善は難しいが、G Suite for Education や Google サイトのテンプレートデータは立命館に保管されるため、今後は Google 社の Firebase を活用した本格的カスタマイズを実装し、ユーザーインターフェイスや機能の改善に取り組みたい。

5.4 オンライン最適なプログラム構成とは～グループワークを通して～

今回、グループワークのためにブレイクアウトセッションを実施した際、200 人を 5 名 × 40 グループで事前予約したが、当日欠席する参加者が見受けられたため、1 グループに 1 ないし 2 名、あるいは日本人のみのグループが発生して本番中に再編成する必要が生じた。したがって、本番中における作業はヒューマンエラーの温床となる可能性が非常に高かった。本番中に Zoom 上で手動割り当てしやすいう、表示名の冒頭にグループ番号を入れることを応急処置として呼びかけたことはその一例であると振り返る。今後、オンラインイベントでは柔軟性を担保できることを前提とし、従来オフラインで実施してきたことを継続する場合はオンラインとの親和性が高いもののみ取り入れる等して全体を構成する必要がある。

また、「グループワーク中も参加者がPCのカメラやマイクをオフにしてしまい、コミュニケーションが図りづらかった」という意見もあった。参加国、地域同士の生活文化の違いや自宅という閉鎖空間から参加している以上、対面とは異なる新しいインタラクティブな要素を追求しなければならない。

5.5 クラウド管理のメリット

全参加者のアカウントをG Suite for Educationから作成したことを始め、全ての機能がSaaS (Software as a Service) 上で完結したことにより、一部の個人情報を除く全データをクラウド管理することが可能となった。従来は、各担当教員がPCのローカルストレージにデータを保管し、都度メールでやり取りしていたファイルが部分的にでもクラウド移行することで、常時最新のファイルを必要な関係者に迅速に共有することが実現した。このコロナ禍において、学校内における共同作業のみならず、組織外の企業とも緻密な連携を図るにあたってはインフラとして幅広く普及させることが不可欠である。

6. おわりに

JSSF2020 Online は、大規模なオンラインイベントとして最終的には成功裏に幕を閉じたが、非常に恵まれた事例である。立命館中学校・高等学校の母体である学校法人立命館の中長期計画 R2030 の一環として「テクノロジーを生かした教育、研究の進化」を掲げていたこと、さらに文部科学省、JSTによるSSH事業にその可能性を見出す先見の明があったことがその最大要因である。JSSFにおけるデジタル・トランスフォーメーションは、決して教員の業務を置換するものではなく、世界的な感染症の危機に置かれた状況下でICTの活用はその質を担保できることを証明してみせた。ICTは汎用性のあるツールとして日常においても有効であり、教育の新たな可能性を広げる文房具でもある。

一方、実作業では特定の個人に対し技術、知見、努力面での依存度は低くなかった。令和時代の教育としてこの裾野を全国に広げていくにあたり、教育システムやそれに付随する行政からの支援方法も含め、教育を止めないためにも社会全体での解決を目指すべきである。

7. 謝辞

本研究事業は、JSTのSSH事業予算の助成を受けたものである。また、JSSF2020 Onlineのプラットフォーム構築にあたり、有益な助言をいただいた立命館大学生命科学部准教授・木村修平先生、技術協力をいただいた清水ソフトウェア・清水達也氏に深く感謝の意を表す。

8. 参考文献

- (1) 国立研究開発法人科学技術振興機構：「発表会一覧」,
<https://www.jst.go.jp/cpse/ssh/event/list.html>, (2021年1月21日閲覧)
- (2) Society for Science & the Public：“The Virtual Regeneron

ISEF Program Guide”,

<https://sspcdn.blob.core.windows.net/files/Documents/SEP/ISEF/2020/Virtual/Schedule.pdf>, (2021年1月21日閲覧)

- (3) Slack：「カスタマー固有の補足事項 IV. 教育専門家の顧客」, <https://slack.com/intl/ja-jp/terms-of-service/supplement#education>, (2020年10月14日閲覧)
- (4) Zoom：“Comprehensive Guide to Educating Through Zoom”,
<https://zoom.us/docs/doc/Comprehensive%20Guide%20to%20Educating%20Through%20Zoom.pdf>, (2020年10月18日閲覧)
- (5) Zoom：“School Administrator’s Guide to Rolling Out Zoom”,
<https://zoom.us/docs/doc/School%20Administrators%20Guide%20to%20Rolling%20Out%20Zoom.pdf>, (2020年10月18日閲覧)

(2020年12月5日 受付)

(2021年2月12日 採録)

リモートによる古民家再生と e ラーニング教材の開発

Remodeling an old Japanese house by remote and Development of e-learning content

松本多恵 *1

Email: tmatumot@chikyu.ac.jp

*1: 人間文化研究機構 総合地球環境学研究所

抄録

総務省の調査によれば、日本国内には「二次的住宅」・「賃貸用の住宅」・「売却用の住宅」以外の人が住んでいない住宅「その他の住宅」いわゆる空き家は 347 万戸あり年々増加している。空き家の所有者の約 4 分の 1 が遠隔地（車・電車などで 1 時間超）に居住し、55.6%の所有者は高齢者（65 歳以上）であった。空き家は、防災・防犯（犯罪の誘発）・衛生面等において多くの問題を抱えている。特に、倒壊や崩壊の恐れのある空き家の改修・解体は急務な課題である。しかし、所有者の高齢化、遠方、古民家を改修できる人材の不足、COVID-19 の影響など改修・解体を行うには課題が多い。本研究では、これらの課題を解決する手法として、リモートによる古民家再生を提案する。そして、専門家不足解消の一助として、育児・介護・退職等で一度離職した建築士「潜在資格取得者」に着目し、資格取得者にオンライン教育を通して古民家再生の技術の習得できるシステムの構築を目指す。古民家の改修している場面や器具の使い方などを撮影し、動画撮影したデータを匠の技術データベースとして構築し、そのデータベースを用いて、匠の技術データベースに格納・保存する。そのデータを用いて、1 回の学習が数分程度で完結するマイクロラーニング手法と、飽きさせない工夫としてゲームの要素を取り入れた Gamification の手法を組み込んだ e ラーニング教材の開発を試みる。

◎Key Words 潜在資格取得者, リモート, e ラーニング, 古民家, マイクロラーニング

1. はじめに

平成 30 年住宅・土地統計調査（総務省）⁽¹⁾によれば、「二次的住宅」・「賃貸用の住宅」・「売却用の住宅」以外の人が住んでいない住宅「その他の住宅」は、347 万戸で年々増加している。平成 15 年以降「賃貸用の住宅」の割合は低下を続ける一方で、「その他の住宅」の割合は上昇を続けている。「その他の住宅」のうち「一戸建（木造）」が最も多い。令和元年空き家所有者実態調査（国土交通省）⁽²⁾によれば、空き家となった住宅の取得原因は、相続が半数以上を占め、空き家の所有者の約 4 分の 1 が遠隔地（車・電車などで 1 時間超）に居住している。また、空き家の所有者は、高齢者（65 歳以上）が 55.6%を占めている。空き家等による外部不経済は、防災（倒壊、崩壊、屋根、外壁の落下火災発生のおそれ）・防犯（犯罪の誘発）・衛生（蚊、蝇、ねずみ、野良猫の発生）・景観など多岐にわたる。周囲に悪影響を及ぼす懸念のある倒壊、崩壊の恐れがある空き家、特に築 50 年以上の古民家や在来工法の木造住宅の老朽化は深刻で、改修・解体などは急務な課題である。所有者自らで壊れた箇所を改修するにも、上述したが、所有者の多くが高齢者であったり、遠方に住んでいたり、古民家の独特な改修方法に対応した経験が少ない、知識が乏しいという問題を抱えている。古民家の改修を建築家等の専門家に依頼した場合、新型コロナウイルス（COVID-19）の影響（感染拡大を封じ込めるために遠方への移動制限）、五右衛門風呂や特徴のある瓦屋根の改修などができる人材も少ないという問題がある。

これらの問題を解決する手法として、遠隔によるリモート古民家再生を提案する。

本研究の目的は、リモート（建築士によるオンライン

の指示）による古民家再生を目指すとともに、古民家を改修でき、リモート（オンライン）で指示が出せる人材の育成である。育児・介護・退職等で、一度離職した建築士「潜在資格取得者」に着目し、彼らの新たな活動の場としてリモート古民家再生は有益な環境であると考えられる。リモートという環境は、育児や介護をしながら活動できる場である。彼らに、古民家改修に必要な知識として、材料の選別方法や道、古民家の改修のポイントを実際の作業現場や動画を「匠の技術データベース」に格納・保存する。「匠の技術データベース」に格納・保存された動画を、隙間に短時間で学びを得ることができるように、マイクロラーニング（Microlearning）の手法とゲームの要素を取り入れたゲーミフィケーション（Gamification）⁽³⁾⁽⁴⁾を用いて動画編集を行い、双方向性高い e ラーニング教材の開発を試みる。

2. リモート古民家再生と e ラーニング教材の開発

2.1 改修を行う古民家の現状

本研究で改修を行う古民家は、島根県大田市にある瓦などが取れて非常に危険な状態の古民家である（図 1）。古民家がある大田市は、日本海に面し、石見地方の東部に位置している。島根県では、隠岐地方を襲った平成 19 年 8 月集中豪雨による災害⁽⁵⁾、平成 30 年 7 月豪雨の浸水被害⁽⁶⁾、平成 30 年 2 月には県内各地で積雪や厳しい冷え込みが続いた。図 1 のように、瓦などが取れて非常に危険な状態の古民家をそのまま改修せずに放置していると 2 次災害につながる恐れがある。

日本国内には、図 1 のように、倒壊、崩壊の恐れのある古民家が点在している⁽⁷⁾。



図1 修繕する古民家

2.2 リモート古民家再生とeラーニング教材の開発

本研究では、空き家改修の一助として、リモート（オンラインの指示等）による古民家再生を提案する。リモートによる古民家再生からeラーニング教材作成へ流れを下記に示す（図2）。

匠（建築士）が、遠隔地で古民家を改修する（弟子/職人/素人）にオンラインで指示を出す。弟子/職人/素人は現場での作業と作業状況スマートフォンやビデオカメラ、ドローンで撮影を行う。そのデータを「匠の技術データベース」に格納・保存する。「匠の技術データベース」は、オンライン教材開発以外に、著者らは、地理情報システム（GIS：Geographic Information System）と連動した古民家倒壊・崩壊ハザードマップシステムを開発し、そのシステムに転用する。「匠の技術データベース」に格納・保存された動画や画像を活用して、eラーニング教材に加工、編集する。

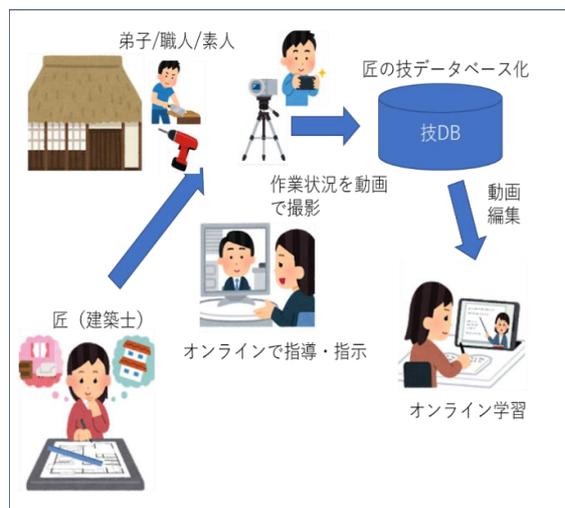


図2 リモート古民家再生からeラーニング教材の作成の流れ

2.3 古民家改修の状況

今回は、瓦の改修を行っている。改修している状況を下記に示す（図3、図4）。今回は、動画撮影を平行で行うために、リモートではなく、1級建築士（匠）とその弟子数名が立ち会って作業を行っている。

ホームセンターでの改修に必要な材料を選ぶ所や現場の足場の組み立てを行う所、ドリルの使い方などをスマートフォンやビデオカメラ、ドローンを駆使しながら動画を撮影しつつ古民家の改修を行っている。



図3 修繕中の古民家



図4 ドローンで撮影した古民家

2.4 NoSQL を用いた匠の技術データベースシステムの構築

「匠の技術データベース」は、RDBMS (Relational Database Management System) ではなくビッグデータに適した NoSQL (Not only Structured Query Language) を用いてデータベースシステムを構築している。前者は、関連性のあるデータを表形式でつけて管理するデータマネジメントシステムで、データベースのやりとりには「SQL」という言語が用いられる。後者は、データの一貫性やバリデーションといった機能を排除し、PostgreSQL や MySQL などの RDB (Relational Database) では対処しづらいようなビッグデータに対応しやすい技術である。本研究で開発した「匠の技術データベース」は、著者らが古民家を改修している動画のみならず、既存の動画サイトや WEB サイト等で古民家の改修している動画や画像を、AI を活用して情報を集約し、匠がそれらのデータを選別し、著作権等に留意しながらデータを格納する。現在、この匠による動画/画像の選別作業を AI による自動選別化できるシステムの開発している。「匠の技術データベース」用いて、GIS と連携した古民家倒壊・崩壊ハザードマップシステムの開発を行っている。

現在、保有しているデータ数は、著者らが撮影した動画のみで 50 件 (2020 年 12 月) である。

2.5 マイクロラーニングを活用した e ラーニング教材の開発

本研究の学習対象者は、育児・介護・退職等で、一度離職した建築士「潜在資格取得者」を想定している。育児や介護をしながら学習できる環境整備として、隙間時間で学習できるように、1 回の学習が数分程度で完結するマイクロラーニング (Microlearning) の手法を取り入れる。マイクロラーニングとは、1~5 分、長い場合でも 10 分程度の教材を、スマホやタブレットで学習する手法で、古民家改修の動画は、マイクロラーニングと親和性が高い。例えば、ドリルの使い方、材料の選び方、足場の設置方法とそれぞれの項目ごとに、動画を細分化し、編集を行っている。すでに、WEB サイトや YouTube などで見られる古民家改修の動画、「XXX の作り方」、「△△△の使い方」を見かけるが、本研究は、これらの動画と異なり、建築士 (匠) の専門的な知識の裏付けされた動画である。そして、マイクロラーニングを取り入れた数分程度の動画である点がその他の動画と大きく異なる点である。本講座では、LMS (Learning Management System) として Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) を用いる。しかし、マイクロラーニングだけで全ての学習を補えるわけではない。匠による Zoom を活用したオンライン授業で学習を支援する。

今回の動画編集には、Power Director 365⁷⁾を用いて編集作業を行った。動画の一部を図 5 に示す。今後は、入門→初級→中級編など、それぞれの学習者が自分の学習したい内容を選び取れるように、細分化した動画の作成を行っていく。



図 5 動画の一部

2.6 Gamification を取り入れた学習システムの構築

隙間時間に学べるマイクロラーニングの手法を活用した e ラーニング教材に、Gamification (ゲームの要素を他の分野に応用、転換する) を取り入れた学習システム、行動によるポイント付与、学習者同士の交流の場の提供、ロボット (ロボホン⁸⁾) を活用した双方向性の高いオンライン学習環境の提供を行う。

Gamification の要素として、ポイント制度に着目する。モチベーションの維持を促す要因に、ポイント制は効果がある⁹⁾。ポイントの付与は、テストなどで評価するのではなく、動画を閲覧したらポイントを付与する「行動に伴うポイント付与」することが重要である。付与されたポイントが貯まると、アバター、オリジナルスタンプと交換できるシステムシステムを考案した。

著者らがこれまで調査した結果から⁹⁾、e ラーニング教育の学習環境として、タブレットやスマートフォンを望む受講者が多い。双方向性の高いオンライン学習環境として、パソコンではなく、スマートフォンで利用できるアプリを中心に構築を検討した。Slack の「チャンネル」や YouTube の「メンバーシップ」を活用し、受講者同士、教師と受講者の交流の場として活用していく。

さらに、双方向性の高いオンライン学習環境を構築する仕掛けとして、ロボット (ロボホン) を活用した学習環境を考案する。これまで、学習や教育にロボットを活用した研究が数多く行われている。著者らは、ロボホンを活用した双方向性の高いオンラインシステムの開発を目指している。

本講座は、2021 年 4 月に開校予定である。受講生は 100 名を想定している。ロボホンや Slack, YouTube をオンライン学習の場で活用し、受講者がオンライン教育で感じる寂しさ、臨場感が無い、孤独感が少しでも軽減

できるか実証実験を通して検証を行う。

3. 古民家改修と動画撮影から見えてきた課題

古民家改修を通して、次の3つの課題が浮き彫りになった。

課題

1. 建築士(匠)、職人、弟子、素人の技量の差
2. 建築士(匠)、職人、弟子、素人の専門知識による意思疎通ができない点
専門家、/非専門家の意思疎通、知識の格差
3. DIYに特化した保険が無い
4. 僻地、過疎地による動画撮影が想像以上に難しい

これらの課題を解決する方法として

改善点

1. オンライン教育等による事前学習(ドライバーの使い方等技術の習得が必要)
2. オンライン教育等による事前の専門用語の習得が必要
3. DIYに特化した保険ではなく、他の保険で対応
4. 作業効率と安全面を考慮し、ヘルメットに付属したウェアラブルカメラ、アクションカメラの導入を検討
5. 僻地、過疎地におけるWi-Fi等の整備を検討

作業を通して、様々な課題が浮き彫りになり、それらを解決する方法を模索しながら、作業を続けている。

今回の瓦改修以外に、五右衛門風呂の修復、襖の張替えなど、匠(建築士)の技を動画に収め、匠の技データベースの構築を目指していく。匠の技データベースを用いて、マイクロラーニング手法とGamificationを用いたeラーニング教材の開発を行う。

4. おわりに

日本国内には、倒壊、崩壊の恐れのある古民家が点在している。所有者が物理的、体力的にも改修が難しい、古民家を改修できる人材の不足、COVID-19の影響など、様々な理由から倒壊、崩壊の恐れのある古民家そのまま放置されている。これらの問題を解決する一手法として、リモートによる古民家再生を提案し、リモートによる古民家再生・改修できる人材として育児や介護等で退職した潜在資格取得者に着目し、オンライン教育とおして育成を目指した。本研究では、古民家改修を行い、その作業を動画で撮影し、撮影した動画を保存するために「匠の技術データベース」を構築した。著者らが構築した「匠の技術データベース」は、本研究のeラーニング教材作成以外に、AIやGISシステムを連動した古民家倒壊・崩壊ハザードマップシステムの開発に活用する。eラーニング教材、システムの工夫として、隙間時間に学習できるようにマイクロラーニング(1回の学習が数分程度で完結する)を用い、継続的に学習するモチベーションを与える手法としてGamification(行

動によるポイント付与、アバター、オリジナルスタンの交換)を取り入れたシステムの構築、さらに、Slackの「チャンネル」やYouTubeの「メンバーシップ」、ロボット(ロボホン)を活用した双方向性の高い学習環境を提供する。

今後の展望として、リモート指導ができるように、建築士の立ち合いの上、OJT(オンザジョブトレーニング: On-the-Job Training)の導入とSlackの「チャンネル」機能やYouTubeの「メンバーシップ」、ロボット(ロボホン)を活用した双方向性の高い学習環境によって、オンライン教育の問題点である臨場感が無い、孤独感を軽減できるのか実証実験を通して検証を行っていく。

謝辞

本研究は、人間文化研究機構 総合地球環境学研究所「令和2年度博物館・展示を活用した先端研究の可視化・高度化事業」(20301266)の一環として行った。古民家改修に尽力頂いた、カイズ株式会社、ルポロ建築設計事務所の皆様に心より感謝の意を示す。

参考文献

- (1) 平成30年住宅・土地統計調査(総務省)
https://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2018/pdf/kihon_gaiyou.pdf, (2020年12月6日閲覧)。
- (2) 令和元年空き家所有者実態調査(国土交通省)
https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/R1_akiya_syoyuusy_a_jittaityousa.html, (2020年12月6日閲覧)。
- (3) 松本多恵: “Gamification を利活用した e-learning の学習効果”, 情報文化科学研究 6, pp.25-32, (2015) .
- (4) 松本多恵: “ゲーミフィケーションを活用した e-learning コンテンツの学習効果と動機付け”, CIEC 研究会報告集, Vol.5, pp.23-29, (2014).
- (5) 島根県庁(過去の主な災害) 隠岐地区のダムの洪水調節効果:
https://www.pref.shimane.lg.jp/kasen/H198suigai/tyousetu_kouka.html, (2020年12月6日閲覧)。
- (6) 島根県庁(過去の主な災害) 平成30年7月豪雨:
<https://www.pref.shimane.lg.jp/infra/river/suigai/saigai/H30saigai.html/>, (2020年12月6日閲覧)。
- (7) 動画編集ソフト, Power Director 365:
https://jp.cyberlink.com/products/powerdirector-video-editing-software/features_ja_JP.html, (2020年12月6日閲覧)。
- (8) ロボホン:<https://robohon.com>, (2020年12月6日閲覧)。
- (9) 松本多恵: “ゲーミフィケーションを活用した e ラーニング教育の可能性”, 教育システム情報学会研究報告 2012, 27(3). pp.35-40, (2012).

(2020年12月6日 受付)

(2021年2月1日 採録)

資料

大学が実施する高校生対象のプログラミングを題材にした教育プログラム

Educational program on programming for high school students conducted by university

笹倉 理子*1

Email: sasakura@uec.ac.jp

*1: 電気通信大学 教育研究技師部

抄録

UEC スクール高大接続教室は、電気通信大学が、情報工学系の進路についての視野を広げる目的で実施している高校生向けの教育プログラムである。このうち「プログラミング入門」のコースでは、教育用ワンボードマイコン (micro:bit) を採用して、基本的なプログラミングを学び、micro:bit を使った演習を通して、身近な問題を解決するためにプログラミングを活用することができることを、体験的に学ぶ教育プログラムである。本論文では、UEC スクール高大接続教室で実施しているプログラミング入門について、教育プログラムの構成について説明し、2019～2020年の取り組みを中心に実践報告をする。

◎Key Words 高大接続教育, プログラミング教育, micro:bit

1. はじめに

電気通信大学は、東京都の西部に位置する情報理工学系の国立大学である。本学では情報理工学の基礎から応用まで、幅広い分野での教育と研究を行い、世界に貢献する高度な専門技術を備えた人材を育成している。そのひとつとして、2016年度より高校生を対象に、高校と大学をシームレスにつなぐ高大接続教育プログラム、UEC スクールを実施している。

2. 授業の概要

2.1 UEC スクールと高大接続教室

電気通信大学の高大接続教育プログラムである UEC スクール⁽¹⁾は、「先取り学習」と「高大接続教室」の2つの種類がある。「先取り学習」は、高校1～3年生を対象とするプログラムで、本学の大学1年生の授業をeラーニングとスクリーニングで学習する⁽²⁾。また、所定の条件を満たして修了すれば、本学に入学したあとに単位として認定される。現在は「基礎プログラミングおよび演習」の1コースがある。

「高大接続教室」は、本学の特徴でもある実験と演習を取り入れ、情報・理工学に関係して基礎的なことを学習する、高校1～2年生を対象とするプログラムである。現在は、実験レポートの書き方の基本を学ぶ「理科学実験」とマイコンを活用してプログラミングの基礎を学ぶ「プログラミング入門」の2コースがある。

2.2 プログラミング入門

2016年度に、UEC スクール「プログラミング学習」の名前ではじまった本講座の目的は、プログラミングに親しみ、情報工学系の進路についての視野を広げることである⁽³⁾。

我々は、この目的を実現するために、2016年3月に英国で発売された micro:bit という教育用にデザインされたワンボードマイコンに着目し、これを用い

てプログラミングの基礎を学習し、活用する講座を実施してきた。

この講座で用いる micro:bit (図1) は、イギリスで開発された教育用ワンボードマイコンで、小学生から大人まで、様々な年代の人がプログラミングを通して、さまざまな創造的な活動に取り組めるようにデザインされている⁽⁴⁾。プログラムの作成環境は多くの言語に対応しているほか、初めてプログラミングを学習する者でも容易にプログラミングに取り組めるビジュアルプログラミング環境が準備されており、初心者から経験者まで、同じようにプログラミングに取り組み、共に活動ができる利点がある。なお、2016年度は micro:bit が技適の認証をうけていなかったため、2017年に国内で正式に発売されるまでの約2年間は互換機を使用した。

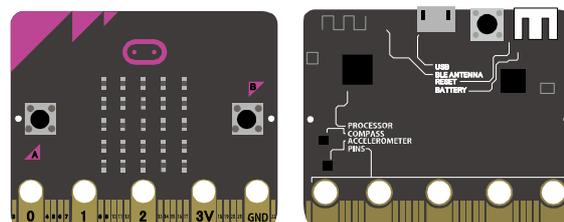


図1: micro:bit

2.3 授業の設計

① 目的と目標

この授業では、「身近なところから問題を見出し、これを解決する手段として、ワンボードマイコン (micro:bit) と、センサーなどを組み合わせた装置を作り、プログラムで装置の動きをコントロールして、問題解決を実践することができる。」ことを目的に、以下のように4つの観点で達成目標を設定した。

1. (プログラミング) マイコンの制御 (コントロ

ール)を例に、マイコンおよび内蔵センサーを用いた簡単なプログラムを作成することができる。

2. (マイコン活用) 外部センサー、モーターなどをマイコンと組み合わせて装置を作成し、プログラムを使ってコントロールすることができる。
3. (問題解決) 身近なところから問題を見出し、解決手段としてマイコンを用いた装置を作成し問題を解決するための提案をすることができる。
4. (協働) グループ活動に主体的に参加し、他のメンバと協働でプロジェクトに取り組むことができる。

② コースの設計

この授業は、1回6時間の演習を3回実施し、基礎、発展、応用と学習をすすめられるように設計した。

プログラミングについては、Microsoft Make Code for micro:bit のビジュアルプログラミング環境⁶⁾を使用してブロックを使ってプログラムを作成することを基本とした。これにより、プログラミング未経験者が経験者と同じように学習活動に参加できる。ただし、複雑な数式の入力など、ブロックでは入力が煩雑になるものについてはテキストモードを利用した。また、経験者が自主的な活動の中で、進んで JavaScript や Python などのテキストプログラミング言語を用いてプログラムを作成することについて制限を設けていない。

表1は、2019年度の実施内容、表2は2020年度の実施内容である。2020年度は、COVID-19感染拡大により、実施形態が限定されたため内容を一部変更している。

表1 2019年度の内容

第1回 基礎	距離センサーを利用して距離や高さを推定しよう micro:bit の利用を例にプログラミングの基礎(逐次処理、条件分岐、繰返し)を学習して、距離センサーを用いた測定結果を利用して、離れたところにあるものについて、そこまでの距離や高さを推定する装置の作成を目指す。
第2回 発展	楽しい楽器を作ろう micro:bit を使って音を出すプログラムを例に、プログラミングの基礎(配列、関数の利用)を学習して、micro:bit を使った、音の出るたのしい装置の作成を目指す。
第3回 応用	自由制作 micro:bit を使って、環境測定する装置を事例にプログラミングの基礎(高度な算術計算と第1回、第2回の復習)を学習して、身近な問題を取り上げ、それを解決する装置の作成を目指す。

表2 2020年度の内容

第1回 基礎	プログラムでLEDを色々に光らせよう micro:bit の利用を例にプログラミングの基礎(逐次処理、条件分岐、繰返し)を学習する。また、micro:bit に搭載されたセンサーと Neo Pixel (ネオピクセル) を組み合わせ、光を使った装置の作成を目指す。
第2回 発展	赤外線リモコンでテーブルライトを操作しよう micro:bit と赤外線 LED を使って簡易なりモコンを作成し、プログラミングの基礎(配列、関数の利用)を学習して、micro:bit を使ってテーブルライトを操作して活用する装置の作成を目指す。
第3回 応用	自由制作 micro:bit と外部センサーなどを利用して、身近な問題を取り上げ、それを解決する装置の作成を目指す。

③ 各回のプログラム

各回の授業では、(1)講義、(2)演習、(3)グループワーク、(4)プレゼンテーションの順にすすめる。また、(5)レポートを作成し、LMS を通じて提出する。

- (1) 講演：教員または大学院生に最近の研究内容に関する講義を聴く。
- (2) 基本演習：その日に学習するプログラミングの基本要素について演習をとおして学習する。
- (3) グループワーク：与えられた課題について、グループで課題解決に取り組む。
- (4) プレゼンテーション：その日の学習について、グループ単位で発表する。
- (5) レポート：授業での学習をもとにレポートを作成する。

3. 授業の実際

各回のプログラムは、講演、演習、グループ活動とプレゼンテーションにより構成される。

3.1 参加者について

この講座の対象は、高校1~2年生(中等教育学校4~5年生)である。毎年、年度始めに定員20名を募集し、応募件数が多かった場合は作文や学習計画書等によって選考する。

参加者のプログラミング経験は、ない、または、学校の授業等で少し学習したことがある程度がほとんどである。しかし、最近では、クラブ活動や個人の活動としてプログラミングの経験のあるものが少しずつ増えてきている。

経験者の経験した内容を見ると、小学校時代の放課後活動での経験、他大学の実施するイベントでの体験、中学校の技術科でのプログラミング、高校の情報科でのプログラミングなど、体験した時期も、内容も、習得したスキルも様々である。

このような状況からも、本講座は、参加者の経験によらず、参加者が自分なりに、活動に取り組めるよう工夫をする必要があった。

3.2 高大接続教室の1日

高大接続教室は全3回の構成で、初回は、1日目を講演、2日目が演習を実施、第2回と第3回は1日で講義・演習を実施した。また、すべての回で、終了後にレポートの提出を求めた。1日で講演・演習する場合の、スケジュールは表3のようになる。

表3 2019年度第2回の1日のスケジュール

時刻	内容
9:30	開会
9:35	大学院生による講演
10:15	基本演習(音や光を使ったプログラム)
12:00	昼休み
13:00	グループワーク(音や光をテーマにした装置の作成)
15:00	発表準備
15:50	発表
16:20	まとめと講評
16:30	終了

3.3 講演

高大接続教室では、初回に1日講義の日を設け、本学のI類・II類・III類の教員による研究に関する講演を実施、第2回、第3回は、演習と同日に情報系の大学院生による自分の研究を中心とした講演を実施した。

講演は、各先生や学生が専門とする研究の内容から、特に高校生にも興味を持ちやすい内容を選び、講演をしていただいた。教員の講演は、大学の授業の模擬授業のようで、参加した高校生もやや緊張して参加していた。また、大学院生による講演は、実際に学部4年生から博士前期課程の期間に、研究したこと、研究していることの具体的な説明で、高校生にとって、身近に感じることができると好評であった。

2019年の講演タイトルは、表4の通りであった。

表4 2019年講演タイトル
講演タイトル

	講演タイトル
第1回	講演1：社会を支える数値最適化技術 (I類 准教授) 講演2：ワイヤレス通信の回路実現のおもしろさ！ (II類 教授) 講演3：LED電球のさきの省エネをもたらす新しい光電子技術 (III類 教授)
第2回	電通大と私 (情報理工学研究所 情報学専攻 M2)
第3回	暗号の世界 (情報理工学研究所 情報学専攻 M2)

3.4 基本演習

毎回、テーマを設定して、簡単なmicro:bitを使ったプログラミングの演習を実施した。初回は、変数と代入、繰り返し、簡単な条件分岐を扱い、第2回では第1回で扱った内容を繰り返しながら発展させるとともに、micro:bitを使った通信プログラムや関数を扱った。第3回では、配列を使ったプログラムを扱った。

また、各回で、micro:bit内蔵のセンサー類の基本的な使い方、外部に接続して使うセンサーやLEDの使い方などを説明した。

演習は4名のグループに1人のTAがつき、分からないところは、TAに質問して、アドバイスをもらえるように配慮した。

3.5 グループ活動とプレゼンテーション

基本的な演習の後、グループ活動を実施した。グループは、演習のグループと同じで、4名のグループに1人のTAを配置し、TAにファシリテーターの役割を担ってもらい、以下の順で活動をすすめた。図2は、その様子である。

- (1) 課題を見出して解決法を考える活動
模造紙と付箋紙を使って、アイデアを出しながら、身近なところから課題を見出し、それに対する解決法を考える。
- (2) プログラミング

グループで考えた解決方法をもとに、装置を組み立て、制御するプログラムを作成する(短時間のため、分担して実施)。

- (3) まとめとプレゼン資料の作成
考えたこと、作成したものについて、時間内にできた範囲でまとめ、発表用資料を作成する。
- (4) 発表
(3)で作成した資料をもとに、グループごとに発表する。



図2 グループ活動の様子

3.6 レポート

事後学習として、毎回レポートの作成と提出を求めた。レポートは、ワープロソフトを使用して作成することを想定して、テンプレートを配布した。

内容は、グループ活動で取り組んだテーマについて、課題の概要、作成した装置(プログラム)の概要(コードの掲載)を書き、考察するものである。

提出されたものについては、添削して、コメントとともにLMSを利用して返却した。

表5は、第2回のレポートにかかった時間である。多くの参加者が2~3時間程度以内でまとめているが、20%の参加者が3時間以上の時間をかけて取り組んでいる。

取り組みの状況は様々であったが、回がすすむごとに、充実した内容のレポートが多く見られるようになった。中には、他者の意見をとり入れながら推敲を繰り返すなど多くの時間をかけたものも見られた。

表5 レポート作成にかかった時間

時間	人数
--1時間	2
1--2時間	7
2--3時間	11
それ以上	5

3.7 オンラインでの対応

2020年度はCOVID-19の感染拡大の影響で、初回と第2回の2回を完全オンライン、第3回をオンラインと対面の混合で実施した。

基本的な構成は対面の場合と同じであるが、オンラインにあたって、参加者の方にはmicro:bitと、演

習で利用するものをまとめた「高大接続教室用学習キット」を購入していただいた。主な内容を表6に示す。

また、初回の演習に必要となるパーツとして、micro:bit をブレッドボードにセットするアダプタと、プログラムで色が変わるフルカラーLED の他、LED, 抵抗素子などをセットにして、参加者に送付した(図3)。第2回についても同様の対応を実施した。

表6 高大接続教室用学習キットの内容

セットの内容	
BME280 搭載 温湿度・気圧センサモジュール(ピン実装済)	
ブレッドボード	
ミノムシクリップ付きケーブル 5本入り	
他励振式圧電サウンダ φ22mm	
ジャンプワイヤー オス-オス	200mm 5本
ジャンプワイヤー オス-オス	100mm 5本

オンライン授業では、それぞれの参加者の手元を確認して進めることができないため、事前に、組み立てる回路の図と、組み立て方とテスト方法をビデオにして、オンデマンド教材として配置し、事前に学習とした。



図3 初回配布用のパーツセット

オンライン授業は、Google Classroom と Zoom などを利用して実施した。演習の部分は、図4のように、参加者がプログラムしている様子と参加の状況をモニタしながら、Google Classroom での教材共有と Zoom の画面共有を利用した講義形式で進めた。

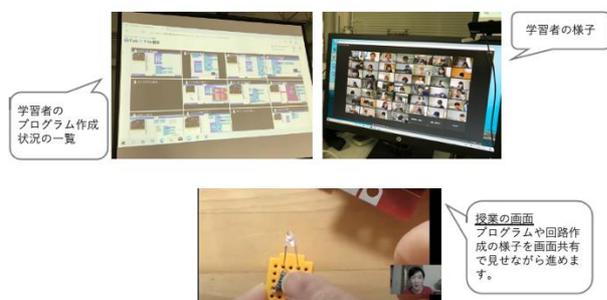


図4 オンライン授業の様子

グループによる話し合いは、Zoom のブレイクアウトルーム機能を使用し、Google Classroom の付箋機能の使

える電子ホワイトボード Google Jamboard を使いながらアイデア出しをして、プログラムを作成し、スライドで発表用資料を作成し、全体で発表するといった流れで実施した。



図5 オンライングループ学習の様子

図5 はオンライングループ学習の様子である。ここでは、画面共有して一つの画面を見て、お互いの顔を見ながら話をすすめている。Google Jamboard は、それぞれの端末で閲覧・編集ができるので、実際は、画面共有をしなくても全員が同じ画面を確認できる。プレゼン資料の作成は Google Drive のスライドを使用して分担して一つの資料を作成し発表した。

4. 評価

各回の評価は、演習やグループ活動の参加状況、レポートの状況を参考に評価し、グループ活動のコメント、添削したレポートとともに LMS を使って参加者に返却した。また、第3回の終了後、所定の条件を満たした参加者には、修了証を発行した。

4.1 評価の観点と評価項目

各回の評価のために、本プログラムの目標に設定した1.プログラミング,2.マイコン活用,3.問題解決,4.協働の4つの観点に対応する評価項目を、各回の内容にあわせて設定した。表7はそのうち第1回のものである。

表7 評価項目

番号	評価項目
1-1a	逐次処理,条件分岐,繰返しを用いた簡単なプログラムを作成することができる。
1-1b	基本的な算術計算(四則演算,累乗),関数(三角関数など)を利用したプログラムを書くことができる。
1-2a	micro:bit に内蔵されているLED画面や加速度センサーを利用するプログラムを書くことができる。
1-2b	外部センサーをmicro:bit と接続して,micro:bit で制御することができる。
1-3a	既知の解決法を利用して,プログラムで動く装置を作成することができる。
1-3b	学習の成果を適切にレポートすることができる。
1-4	グループ内での自己の役割を理解し,他者と協力して主体的に問題解決にむけて取り組むことができる。

これらの評価については、「優れている」「適切である」「欠けているところがある」「欠けているとこ

ろが多い」の4段階で示し、LMSを通して返却した。

図6は、参加者に返却される各回の評価のイメージである。

フィードバック

評点	1-1a	欠けているところが多い	欠けているところがある	適切である	優れている
	1-1b	欠けているところが多い	欠けているところがある	適切である	優れている
	1-2a	欠けているところが多い	欠けているところがある	適切である	優れている
	1-2b	欠けているところが多い	欠けているところがある	適切である	優れている
	1-3a	欠けているところが多い	欠けているところがある	適切である	優れている
	1-3b	欠けているところが多い	欠けているところがある	適切である	優れている
	1-4	該当なし	欠けているところがある	適切である	優れている

図6 各回の評価のイメージ

4.2 活動の評価とレポートによる評価

グループ活動の評価は、教員とTAによる活動時の観察とレポートにより実施した。

観察にあたっては、教員とTAが各項目について3～4段階の評価が記入できる評価票に記入しそれを元に参加者に評価を実施した。評価は、グループへのグループ活動のコメントとともに参加者に返却し学習を振り返れるよう配慮した。

4.3 自己評価

教師の実施する評価の他に、各回の授業の終了後に、アンケート形式で、その日の学習を振り返らせた。これらの自己評価は担当教員がチェックしたのち、参加者に対するコメントとともに、各自の記入したものを、本人が後で参照して学習を振り返れるようLMSを通じて返却した(図7)。

プログラミング作成能力	全くだきなかつた 0点	あまりできなかつた 1点	できた 2点	よくできた 3点
マイコンに外部装置を組み合わせ、プログラムによってコントロールする技能	全くだきなかつた 0点	あまりできなかつた 1点	できた 2点	よくできた 3点
身近な問題を見出し、その解決のためにマイコンを利用した方法を提案する能力	全くだきなかつた 0点	あまりできなかつた 1点	できた 2点	よくできた 3点
他者と協力して主体的に問題解決に取り組む力	全くだきなかつた 0点	あまりできなかつた 1点	できた 2点	よくできた 3点

図7 自己評価返却のイメージ

5. まとめ

5.1 当日のアンケートから

対面で実施した2019年度の参加者のアンケートによると、講義・演習の理解度は高く80%以上の参加者が「講師の説明やテキストを理解し、演習・実験を順調に進めて課題を完成させることができた」と答えており、「講師の説明やテキストに理解できな

いところが多く、演習・実験を進めるのに難しいところがあった」と答えた参加者はほとんどなかった。

満足度も高く、「大変良かった」と「よかった」がほとんどを占める。

講座の内容で難しかったものに関する自由記述を見ると、第2回の時は「意見を一致すること」「考えたことをプログラムで実現すること」「作成する装置の内容を考えること」など理由は様々であるが、グループでの製作に対する難しさを挙げたものが多かったが、第3回では、「無線通信機能が想定と違う動きをして、うまく組めなかった。」「誤差を無くす作業をするのが特に難しかった。」「別々で作ったコードを合わせるときバグが多くて潰すのに時間がかかった。」などプログラムや装置の組み立てに関するものであった。回がすすむにしたがって、グループでの活動に慣れ、装置の製作に集中して取り組めたことがうかがえる。

講座内容でよかったものに関する自由記述としては、どの回でも「micro:bitの新しい機能を知れた」、「for文とif文が使えるようになり、できることの幅が広がった」など、新しい知識とそれによってできることが増えたこと、プログラミングの楽しさについての記述が多く見られた。また、「グループ活動によって、今までしらなかった命令文の使い方や発想など多くの新しいことを知ることができたこと」「班員とともに一つのものをつくり、発表したこと」など、グループで活動し、協力してことによる達成感や楽しさについての記述も多くみられた。

5.2 レポート後のアンケート(2019年度)

2019年度の高大接続教室では、最終レポートの提出の際(事後学習の後)に、「高大接続教室で学んだこと」について質問するアンケートを実施した。

このアンケートの自由記述には、「プログラムが思ったように動いた時の喜び」や、「プログラムを作る時に試行錯誤することの大切さへの気づき」などについての記述が見られた。

また、活動をしている段階では、はじめてあう人と話し合い、協力することの難しさを感じている参加者も少なくなかったが、「学んだこと」として、他者から学んだことについての記述や、仲間と協力することで得る達成感や楽しさをあげたものもあった。

アンケートの全回答を表8に示す。

5.3 オンライン実施の状況と課題

2020年度は、COVID-19感染拡大を防ぐ観点から、第1回・第2回はオンライン開催とし、第3回は時間を短縮して、対面を基本とするハイフレックス形式で実施した。

止むを得ない状況ではあったが、実施についてはよかった点もありまた、課題もあった。

よかった点は、大学のアカウントを発行していただくことができて、本学の教育用情報環境が利用できた

点である。Google Classroom を使用して資料やオンデマンド教材の配布、グループ活動での電子ホワイトボードを利用したディスカッション、スライドの協調編集などは、参加者にも指導者にも好評で、今後の対面授業でもぜひ続けたい。

一方で、演習の際に、連絡を徹底することが困難であった点、全体演習の場面で個人の状況が完全には把握できない点は課題であった。

例えば、初回は、直前または当日になって教材がそろっていないことに気づいた参加者があり、予定していた演習ができない状況があった。

また、演習で使用する回路作成について、ほとんどの参加者は、テキスト、マニュアル、ビデオで、オンラインによる個別対応で準備することができたが、オンラインの指導では解決にいたらず、後日、来学していただいて解決したケースもあった。

表8 アンケートの自由記述

高大接続教室（プログラミング入門）で学んだこと
今回の活動では基本的なプログラミングの知識はもちろんのこと課題をグループのメンバーで解決する際に自分たちの目標を達成するためにはどのようなプログラミングが必要なのかということを考えることが重要だということ学ぶことが出来ました。
私は今回の体験を通して、プログラムする事の難しさと知らない人と仲良くなることの大切さを学びました。(中略) この教室に参加したことで、多くの友達を作ることができました。大学は知らない人や自分よりもプログラミングが上手い人がたくさんいるので、今回の体験をきっかけにプログラミングの勉強をもっとしようと思います。
基本的なプログラミング技術はもちろん、大学の雰囲気など直接体験ができ、とても貴重な経験だった。また、その経験を通して様々な考え方に触れられた。自分ではできない素晴らしい発想にとっても影響された。
プログラミング作成について 他者と協力し、課題を解決する力 プログラミングの授業というものを体験してみて、自分が想像していたものと違い、とても勉強になりました。周りにブロックではなくコードで書いている人もいて、すごく刺激をもらいました。
プログラミングから身近な事象を繋げて発展させたものが私たちの生活を支えているものだということが分かった。
プログラムを作るうえで必要な、問題解決能力や、適切な命令を選択する能力などについて特に学ぶことができたと思います。
問題をどのように解決しようか考え、試行錯誤すること 同じ班の人と協力して問題を解決する力 プログラミングの面白さ まず、1つ目は仲間と協力して成功したときの達成感及び仲間と協力することの楽しさです。2つ目は、micro:bit では様々なことができ、使う人によって様々な活用方法があり、この micro:bit によって想像を膨らませると、できることは無限といっても過言ではないと改めて思ったことです。

錯誤をしながら、他者と協力しながら学習したことが、参加者の学びに結びついたことがわかる。

これまで、本学で実施してきた UEC スクールの参加者をみると、本学への受験に挑戦したものもあり、実際に入学したものもある。また、ここでの学習をもとに、自分なりに発展させて学会発表に挑戦したものもある。参加者が、自ら、積極的に活動をして、様々なことに挑戦することや、自分なりの進路の実現に結びつけていることは、たいへんうれしいことである。

高大接続教室で学び得るものは、参加者ごとに異なるが、これからも改善を続け、高校生の理工系進路への視野を広げ、進路を選ぶために役立ててもらえるような教育プログラムにしていきたいと考える。

参考文献

- (1) UEC スクール: <http://www.kodai.uec.ac.jp/> (2020年12月1日閲覧)
- (2) 赤澤紀子, 久野靖 “遠隔環境による高大接続プログラミング演習の実践報告”, 情報処理, Vol.61, No.11, pp.1126-1129 (2020) .
- (3) 笹倉理子 “高大接続事業におけるプログラミングの授業について”, 2018 PC カンファレンス論文集, pp.11-14 (2018).
- (4) micro:bit 教育財団: <https://microbit.org/>, (2020年12月1日閲覧)
- (5) Microsoft Make Code for micro:bit: <https://makecode.microbit.org/>, (2021年1月27日閲覧)

(2020年12月6日 受付)
(2021年2月2日 採録)

6. おわりに

昨年度の高大接続教室（プログラミング入門）の参加者に実施したアンケートからも、参加者が大学の雰囲気に触れ、同じ高校生から刺激を受け、試行

U-18 論文

OSSライセンス違反防止のためのnpmパッケージ開発

-ALL YOU NEED TO DO IS WRITTEN HERE-

小林 麟太郎*1

Email: git.rintaro@gmail.com

*1: 兵庫県立小野高等学校

©Key Words OSS, npm, JavaScript, ライセンス

1. はじめに

今日のソフトウェア開発ではオープンソースソフトウェアが利用される機会が増え、あらゆる種類のソフトウェアにおいてこれらが用いられている。一般にOSSにはそれぞれライセンスが指定されており、これを遵守する必要があるが利用したOSSが多ければ多いほど遵守にかかる労力は大きい。本研究ではこのライセンス遵守のためにすべきことをTo-doリストとして自動出力する方法を考案し、実用化することで開発者の労力を減らすことを目標とした。

2. 開発方法

2.1. 構成

本研究の開発環境は、Node.js14をインストールしたMacBook Proを使用した。

利用したnpmパッケージはnode-fetch@2.6.1, fsモジュール, inquirer@7.3.3, chalk@4.1.0, prompts@2.4.0である。また今回開発したソフトウェアはdoppelganger-licenseと名付けた。

2.2. ライセンス関係の取得

依存関係にあるライセンスを取得するために、自動生成されるpackage-lock.jsonをfsモジュールで読み取りdependenciesの項目からパッケージの名前、バージョンを取得した。

そして取得した名前、バージョンはnode-fetchを用いてhttp://registry.npmjs.orgにて検索をかけライセンスの種類を取得した。さらに、取得してきたライセンスがコピーレフトライセンスであるかどうかという判断を行い、あらかじめ指定されてい

るコピーレフトライセンスを検出した場合は、遵守のために行うべきことをメッセージとして定義した。

また、多くのライセンスはライセンス条項を明示するという条件があるため、

https://cdn.jsdelivr.netにて検索をかけライセンス条項についても取得を行った。

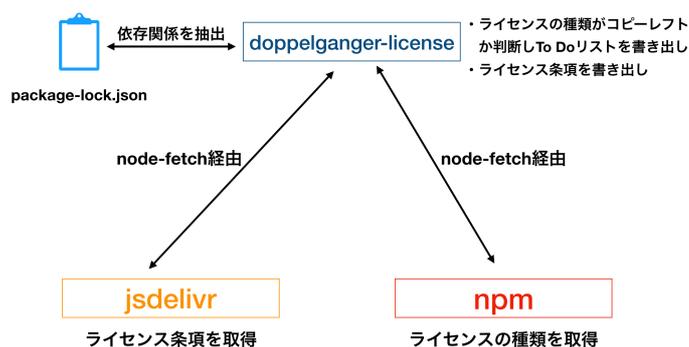


図1. ライセンス関係取得の構造

2.3. リストの出力と対話型インターフェース

コピーレフトライセンス検出時に定義していたメッセージや取得してきたライセンス条項を書き出すにあたって、書き出し先のファイルパスを指定する必要があるが、doppelganger-license側であらかじめファイルパスを指定してしまうとユーザーは決められた場所にファイルを作成する必要があり、またOSによってはエラーが発生することも考えられる。そのため今回はinquirerを用いて対話型インターフェースを導入しユーザーが自由にファイルパスを指定できるように開発を行った。To-doリスト及びライセンス条項の出力にはfsモジュールを用いた。

3. 実行結果

doppelganger-licenseを実際に実行しテストを行った。

```

©2020 Rintaro Kobayashi - doppelganger-license
!CAUTION: 1.doppelganger-license cannot consider about contradiction of license.
           2.Please choose license by yourself if you need to do dual-licensing.

ALL YOU NEED TO DO IS:
-----
❗ Add dependencies.txt in your software.
^ doppelganger-license could not find license file. Please check the license of the package by yourself.
Package:matcher-collection
Version:2.0.0
License:ISC

```

図2. To-doリストの書き出し実行

```

abbrev/@1.1.0

The ISC License

Copyright (c) Isaac Z. Schlueter and Contributors

Permission to use, copy, modify, and/or distribute this software for any
purpose with or without fee is hereby granted, provided that the above
copyright notice and this permission notice appear in all copies.

THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS" AND THE AUTHOR DISCLAIMS ALL WARRANTIES
WITH REGARD TO THIS SOFTWARE INCLUDING ALL IMPLIED WARRANTIES OF
MERCHANTABILITY AND FITNESS. IN NO EVENT SHALL THE AUTHOR BE LIABLE FOR
ANY SPECIAL, DIRECT, INDIRECT, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES
WHATSOEVER RESULTING FROM LOSS OF USE, DATA OR PROFITS, WHETHER IN AN
ACTION OF CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS ACTION, ARISING OUT OF OR

```

図3. ライセンス条項の書き出し実行

ライセンス条項が取得できなかった場合はTo-doリストにおいてパッケージ名・バージョンが報告される。

4. 考察と展望

実行結果より依存関係のパッケージ情報を抽出し、ライセンス関係の情報を取得した後問題なくテキストファイルに書き込みされていることが確認できた。本ソフトウェアの他にも依存関係のパッケージのライセンス条項を取得しテキストファイル等へ書き出すものは存在しているが、実際にすべきことを明確に開発者に伝える、という機能を考案し実用化することができたのは多くの開発者にとってより使いやすくなったのではないかと考える。

今後の展望としてライセンス間の矛盾を考慮できるように改善したいと考える。

例えば旧BSDライセンスには「派生物の広告に初期開発者を表示すること」（宣伝条項）が含まれているがGPLv2には「受領者のここで認められた権利の行使に関して、あなたがさらなる制限を課してはならない。」とありこの2つの項目は互いに矛盾するため著作権法に則ると合法的に頒布することができない。

このような重大なリスクを解消するため、矛盾するライセンスどうしを指定し検出時に警告を表示するというシステムも開発したいと考える。

5. 本ソフトウェアの公開について

本ソフトウェア、doppelganger-licenseはOSSとして公開を行った。

<https://www.npmjs.com/package/doppelganger-license>



6. おわりに

開発者のOSSライセンス遵守にかかる労力を減らすことを目標として行った本研究開発はTo-doリストとして遵守のためにすべきことを出力するという機能を提供することで実現できたと考える。今後はIntelliJ IDEAやVisual Studio Codeのようなコードエディター内においても実行可能な拡張機能としての開発を行いたいと考える。

参考文献

- (1) GNU: <https://www.gnu.org/>, (2020年1月19日閲覧)
- (2) Inquirer.js: <https://www.npmjs.com/package/inquirer>, (2020年1月19日閲覧)
- (3) node-fetch: <https://www.npmjs.com/package/node-fetch>, (2020年1月19日閲覧)
- (4) async function - JavaScript | MDN: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Reference/Statements/async_function, (2020年1月19日閲覧)
- (5) File system | Node.js v15.6.0 Documentation: <https://nodejs.org/api/fs.html>, (2020年1月19日閲覧)
- (6) chalk: <https://www.npmjs.com/package/chalk>, (2020年1月19日閲覧)

R 言語におけるデータセットのカテゴリー化

長田悠生*1

Email: masfujiwara2017@hyogo-c.ed.jp

*1: 兵庫県立小野高等学校生物部

©Key Words R 言語 データセット data.frame

1. はじめに

現在インターネット上では、R のコマンドについて説明している多くのサイトが存在している。そして、そのようなサイトの中で、コマンドの使用例としてデータセットはよく利用されている。しかし、データセットそのものの説明はなく、サイトで説明されているコマンドが data.frame にどのような影響を及ぼしているのかが非常に分かりにくいという問題点があった。そこで、データセットそのものの汎用性を高めるための package 作成を行った。

2. Package の概要

今回私が作成した package (package 名: data.frame) は、data.frame の library 機能 (機能名: HELP.library) とグラフを見ることができる機能 (機能名: HELP.research) だ。data.frame の library 機能は、HELP.library の関数から始まるカテゴリー選択型の library 機能である。カテゴリーは主に 10 のカテゴリーに分化し、その後それぞれのカテゴリーでさらに細分化されていく。(図 1 参照)。グラフを見ることができる機能は、user が知りたい data.frame の内容 (5 つのグラフ・要約統計量・行数・列数) を簡素化されたコマンドで確認することが可能である。この package の最大の特徴が、初心者にも使いやすいところにある。覚えるコマンドは、package の install をするコマンドと HELP の 2 つのみである。HELP とコマンド入力すると、ナビゲーションが表示されるのでそのナビゲーションに沿って操作を行えば、すべての機能を利用することができる。

3. 各機能の詳細

3.1 HELP.library の内容

この機能は、HELP.library のコマンドからカテゴリー選択で user が利用したい data.frame を探すことができる。主に 5 つのカテゴリーからなり、さらに各カテゴリーから細分化された選択肢が存在する。すべての操作は表示されるナビゲーションに沿って行うため、初心者にも使いやすい。(図 1)

```
> HELP
[1] "If you want to look up the data.frame , please type `HELP.library` on your keyboard.when you look up the site which you research about R programing language and if you can't understand the data.frame, please type `HELP.research` on your keyboard."
> HELP.library
[1] "Please choose one of these categories `economy`,`ranking`,`count`,`science`,`medical`,`crime`,`experment`,`measurement`,`random_number_and_objects`,`others` and type it on your keyboard."
> economy
[1] "Please choose one of these categories `stock_price`,`supply_and_demand`,`traffic`,`economy_others` and type it on your keyboard."
> stock_price
[1] "Please choose one of these data.frame `EuStockMarkets`,`JohnsonJohnson` and type it on your keyboard."
> JohnsonJohnson
1  5.1 3.5 1.4 0.2  setosa
2  4.9 3.0 1.4 0.2  setosa
3  4.7 3.2 1.3 0.2  setosa
4  4.6 3.1 1.5 0.2  setosa
5  5.0 3.6 1.4 0.2  setosa
6  5.4 3.9 1.7 0.4  setosa
7  4.6 3.4 1.4 0.3  setosa
8  5.0 3.4 1.5 0.2  setosa
9  4.4 2.9 1.4 0.2  setosa
10 4.9 3.1 1.5 0.1  setosa
11 5.4 3.7 1.5 0.2  setosa
12 4.8 3.4 1.6 0.2  setosa
13 4.8 3.0 1.4 0.1  setosa
```

図 1 HELP.library の利用例

3.2 HELP.research の内容

この機能は、user の知りたい data.frame のグラフや要約統計量、行数、列数を確認することができる。(図 4, 図 5) HELP.research のコマンドから、ナビゲーションに沿って `research=user` の知りたい data.frame ` (research の object に user の知りたい data.frame を代入するコマンド) と `??data.library` (data.library の HELP ページに飛ぶコマンド) を入力し(図 2), data.library の HELP ページ(図 3)に飛んだ後、HELP ページでのナビゲーションに沿って操作を行うとグラフなどが出力される。

```
> HELP
[1] "If you want to look up the data.frame , please type `HELP.library` on your keyboard.when you look up the site which you research about R programing language and if you can't understand the data.frame, please type `HELP.research` on your keyboard."
> HELP.research
[1] "Please type `research=data.frame` which you don't understand and `??data.library` on your keyboard."
> research=JohnsonJohnson
> ??data.frame
```

図 2 HELP.research の利用例

```
hello
R Documentat

data.library

Description
Prints 'HELP'.

Usage
When you start to use it , please type "HELP" on your keyboard

Examples
#####
# Viewing the contents of the data #
#####

### 'minimum value' 'maximum value' 'average value' 'first qua:
#If you want to see 'minimum value' 'maximum value' 'average \

###column###
```

図3 data.libraryのHELPページ

```
> research=JohnsonJohnson
> data.set
Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length
Min. :4.300 Min. :2.000 Min. :1.000
1st Qu.:5.100 1st Qu.:2.800 1st Qu.:1.600
Median :5.800 Median :3.000 Median :4.350
Mean :5.843 Mean :3.057 Mean :3.758
3rd Qu.:6.400 3rd Qu.:3.300 3rd Qu.:5.100
Max. :7.900 Max. :4.400 Max. :6.900
Petal.Width Species
Min. :0.100 setosa :50
1st Qu.:0.300 versicolor:50
Median :1.300 virginica :50
Mean :1.199
3rd Qu.:1.800
Max. :2.500
> column
[1] 5
> row
[1] 150
```

図4 出力された要約統計量

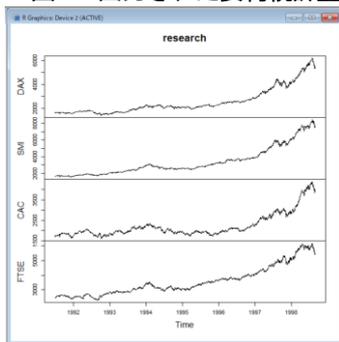


図5 出力されたグラフ

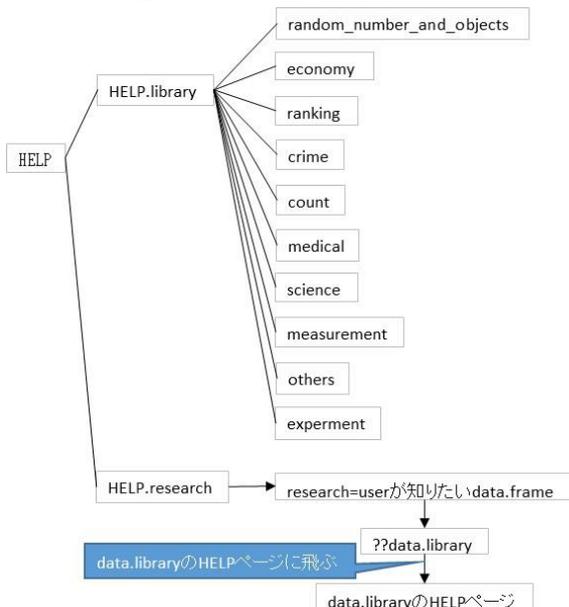


図6 data.libraryの全体構造

4. 今後の課題と展望

今回制作した package では,HELP.research の HELP ページで行う操作がコマンドを copy&paste するというあまりスマートではないのであった。今後はこの問題点を解決すべく,HELP ページで copy&paste するコマンドを一つのコマンドにまとめようと考えている。また,現在存在する問題点を解消した後は,data.library を世界中の Ruser が使えるように CRAN のミラーサイトを通して公開することを考えている。

5. おわりに

私は今回データセットに関する package を制作したが,user がこの package を機にデータセットの利便性を知り,親しんでくれるかはわからない。しかし,この package によって少しでもデータセットの認知が進み,利用される機会が増えれば幸いである。

参考文献

- (1) 東京R非公式おじさんが教える本当に気持ちいいパッケージ作成法: <https://www.slideshare.net/teramoni/r-38511360>, (2021年1月20日)
- (2) トライフィールズ: <https://www.trifields.jp/r-sample-data-491>, (2021年1月20日)

機械学習による楽器の音の識別

青野 心平*¹・高塚 早瀬*¹・西山 弘毅*¹・

指導教員：木部 慎也*¹・

Email: g19n66m117@gakugei-hs.info

*1: 東京学芸大学附属高等学校

◎Key Words 短時間フーリエ変換(STFT), 畳み込みニューラルネットワーク(CNN)

1. はじめに

高校生でも機械学習を行うことができるだろうかという問いからこの研究を始めた。機械学習について調べる中で、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)の研究が盛んであることを知り、CNNを研究のテーマとして行うことを決めた。また、メンバーの一人の芸術選択科目が音楽だったので、楽器の音声識別を行うことにした。楽器の音声識別を音声データのまま行うには、時系列データの識別となり、画像認識と異なる手法を取らねばならないが、音声データをスペクトログラムに変換することで画像認識と同じ手法を用いることができるとわかった。⁽¹⁾

本研究では、精度が68%の音声認識が行える手法を開発できたことを示す。

2. 実験

2.1 スペクトログラムの作成

分類データとして、magentaプロジェクトが公開しているNSynth Dataset⁽²⁾の楽器のデータセットのうち、4種類を用いた。表1にデータセットの詳細を示す。

表1 データセット詳細

ラベル	楽器名	割合
0	base	0.357
1	flute	0.08
2	guitar	0.34
3	keyboard	0.29

本研究では、音声データにSTFTをかけスペクトログラムにし、3次元の特徴ベクトルに変換する。スペクトログラムは時間、周波数、振幅レベルで構成された3次元グラフのことである。周波数を含む特徴ベクトルを入力に使用することで、人間が耳で音を聞き、識別している様子を再現できている。

ここで得られたデータを縦ピクセル、横ピクセル、カラーチャンネル数(BGR: 3)の3次元ベクトルにし、8:2の割合で訓練用データとテスト用データに分割する。

2.2 CNN (Convolutional Neural Networks)

提案手法のハイパーパラメータはバッチサイズ64、学習率は0.01、学習率減衰は $1e-5$ 、エポック数200に設定する。コンボリューション層の活性化関数にはtanh関数を使用し、全結合層の活性化関数にはシグモイド関数、出力層の活性化関数にはソフトマックス関数、損失関数には、sparse categorical crossentropyを用いる。

学習率は損失関数に対して0.01が適しているため、0.01を与えた。学習率減衰については、 $1e-5$ 、 $1e-6$ の2つを比較しより精度の高かった $1e-5$ を使用した。コンボリューション層の活性化関数は、Relu関数とtanh関数の2つを試したが、tanh関数で高い精度が得られた。出力層のソフトマックス関数は3値以上の分類で使われることが多いため、使用した。

コンボリューション層のフィルタサイズは(5, 5)である。コンボリューション層を(3, 3)に変更して対照実験を行ったが、精度が低下したため、(5, 5)で実験を続けた。

プーリング層では入力画像における位置ずれを吸収する。フィルタのサイズは(2, 2)でマックスプーリングを用いる。

また、1つ目のコンボリューション層と2つ目のコンボリューション層、全結合層の後にそれぞれdropoutを入れることで過学習を防いだ。

入力のノード数は、(128, 128, 3)で、2つのコンボリューション層のノード数はそれぞれ、(124, 124, 16)と(58, 58, 32)である。出力層のノード数は4である。

2.3 提案手法

提案手法では4種類の楽器の音声データ(ベース、フルート、ギター、キーボード)から短時間フーリエ変換(STFT)によって抽出したスペクトログラムを畳み込みニューラルネットワークに入力し、4つのクラスの分類がどの程度の精度で行われたかを出力する。(図1)

この手法では、コンボリューション層、プーリング層、それぞれ2層ずつで分類を行う。元にしたデータにおいて音声録音されていない区間があるため(図2)に位置ずれが起きてしまう可能性がある。プーリング層を2層にすることでこの位置ずれの問題を解消することができる。

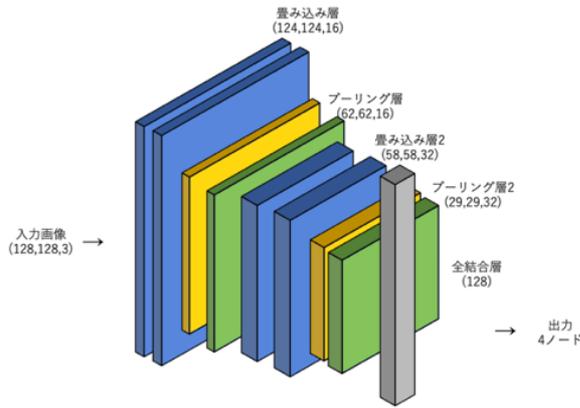
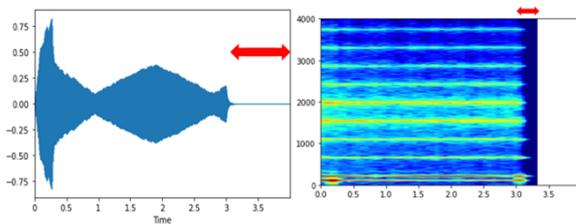


図 1 モデルの概形

図 2 音声データの波形プロットとスペクトログラム
における無音区間

提案手法での学習の結果、平均の精度 68.2%、精度の最小値 42.3%、精度の最大値 80.09%が得られた。

精度は、4つの楽器を同時に識別し、全体で入力ラベルと出力ラベルがどの程度、合致したかを示しているものであり、個々の楽器についての合致の程度を示すものではない。

図 3, 4 に学習精度の曲線、誤差の曲線を示す。青色の線は訓練データの曲線、橙色の線がテストデータの曲線である。学習精度の曲線において、訓練データの推移と、テストデータの推移から、過学習が起きている様子は見られない。また、誤差の曲線においても、訓練データの推移と、テストデータの推移を比較して、過学習を起こしていないことが確認できる。

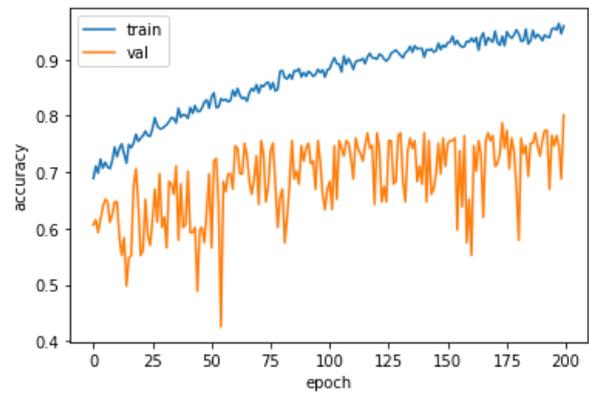


図 3 学習精度の曲線

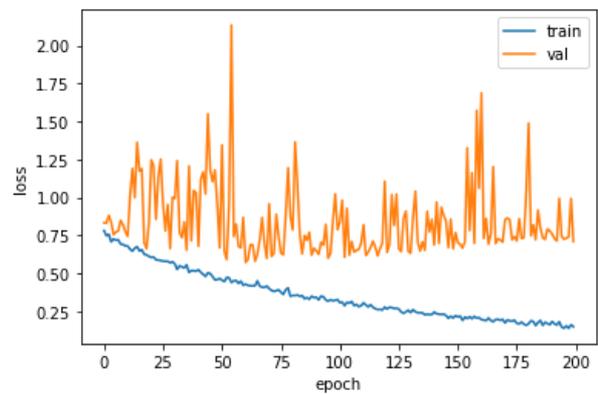


図 4 学習の誤差の曲線

3. おわりに

本研究では、楽器の音声識別を行うという課題に対して、畳み込みニューラルネットワークによる分類手法を提案した。学習の精度の平均は 68%であった。また、先行研究⁽¹⁾での精度は 70%であった。今後の取り組みとしては、精度を向上させること、楽器数を増やしても頑健な識別を行えるモデルを開発することである。特に、楽器数を1つ増やして5つの楽器を分類できる精度の高いモデルを開発したいと考えている。

参考文献

- (1) Venkatesh Boddapati, Andrej Petef, Jim Rasmusson, Lars Lundberg, : "Classifying environmental sounds using image recognition networks", Procedia Computer Science, Volume 112, Pages 2048-2056, (2017)
- (2) Jesse Engel, Cinjon Resnick, Adam Roberts, Sander Dieleman, Douglas Eck, Karen Simonyan, Mohammad Norouzi, : "Neural Audio Synthesis of Musical Notes with WaveNet Autoencoders", (2017)

四次元物体の表体積効率

石丸 徳*1

指導教員：祖慶良謙*1

Email: megsub007@gmail.com

*1: 東京学芸大学附属高等学校

◎Key Words 四次元正多胞体 四次元超球 多面体錐

1. はじめに

1-1. 研究動機

執筆者は以前「三次元物体の体積を一定としたときの表面積の大きさを比較する」という研究を行った。その研究では球体が最も表面積が小さくなり、正多面体・半正多面体は面の数が少ないほど表面積が大きくなる傾向が見られた。今回の研究では対象を四次元物体にしても三次元物体と似たような性質があるのではないかと予想し、研究課題を設定した。

1-2. 研究概要

三次元物体を囲っている二次元物体の総量を表面積と呼ぶように、四次元物体を囲っている三次元物体の総量を表体積と呼ぶことにする。

三次元空間内に正多面体が存在するように、四次元空間内には合同な正多面体のみで構成され全ての頂点形状が合同な六種類の四次元正多胞体（以下、正多胞体）が存在する⁽¹⁾。また、四次元空間内においてある一点から等距離の点の集合に囲まれた図形を「四次元超球」といい、それは三次元物体における「球」、二次元物体における「円」に相当する。

今回は、以前の三次元物体の研究でみられた性質に似たものが四次元物体にもみられるのかを確かめるために、六種類の正多胞体と四次元超球を対象に「四次元物体の容積を一定としたときの各図形の表体積の大きさを比較する」という研究をした。

2. 研究の方法

2-1. 効率値の定義

全ての四次元物体の容積の大きさを「1」と設定し、そのときの各表体積の値を「効率値」と定義して大きさを比較した。

2-2. 正多胞体の効率値

正多角形は各辺を底辺、外心を頂点とした複数の合同な二等辺三角形に切り分けることができる。同じように正多面体は各面を底面、外心を頂点とした複数の合同な正多角錐に切り分けることができる。そして正多胞体も同じように、各胞(正多面体)を底、外心を頂点とした複数の合同な正多面体錐に切り分けることができる⁽²⁾。つまり、正多胞体の容積は切り分けられた正多面体錐の容積を計算

することによって求められる。

多面体錐の容積は図1のようにそれを錐状に重なった相似な複数の多面体の積層構造と考えることで求められる⁽³⁾。

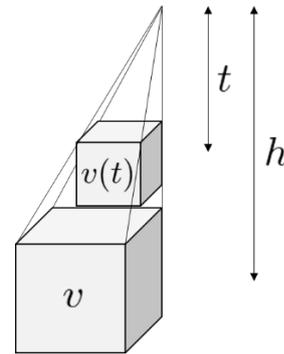


図1 多面体錐

正多面体錐の底の体積を v 、多面体錐の高さを h とすると、多面体錐の容積 f について、

$$f = \int_0^h \frac{vt^3}{h^3} dt = \frac{vh}{4}$$

となる。

多面体錐の高さ h について、正多胞体の外接超球の半径を R 、胞の外接球の半径を r とすると、 R と r と h で、 R を斜辺とする直角三角形が描かれるので、

$$h = \sqrt{R^2 - r^2}$$

となる。

正多胞体の容積 F について、胞の体積を v 、多面体錐の高さを h 、胞の数を p 、正多胞体の外接超球の半径を R 、胞の外接球の半径を r とする。

ここで、正多胞体の一辺の長さを a としたとき、

$$v = v_1 a^3, R = R_1 a, r = r_1 a$$

となる定数 v_1, R_1, r_1 を定義する。そうすると、

$$F = \frac{a^4}{4} v_1 p \sqrt{R_1^2 - r_1^2}$$

となり、また効率値 E について、

$$E = \sqrt[4]{\frac{4^3 v_1 p}{\sqrt{R_1^2 - r_1^2}^3}}$$

となる。

この効率値 E を算出するために必要な文字の値は、三平方の定理の応用や連立方程式を用いてそれぞれ算出する。

2-3. 四次元超球の効率値

四次元超球を図2のように多数の球体に平行に切り分けて考える。

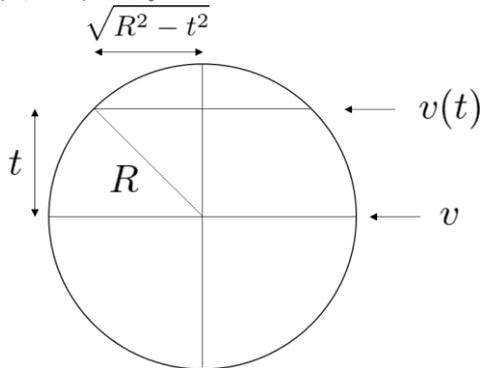


図2 四次元超球

切り分けた中で最も大きな球体の体積を v 、四次元超球の半径を R とする。四次元超球の容積 F について、

$$F = 2 \cdot \int_0^R \frac{v\sqrt{R^2 - t^2}^3}{R^3} dt = \frac{\pi^2}{2} R^4$$

となり、効率値 E は

$$E = 2\sqrt[4]{2}^3 \sqrt{\pi}$$

となる。

この複雑な積分や連立方程式は、計算知識エンジン“Wolfram Alpha”を利用して検算した。

3. 結果

六つの正多胞体と四次元超球の効率値 E の計算値と近似値は表1の通りである。

表1 正多胞体と四次元超球の効率値 E の表

四次元物体の種類	効率値E	近似値
正5胞体	$4\sqrt[4]{\frac{2}{3}}\sqrt[8]{5}^5$	9.883105452
正8胞体	8	8
正16胞体	$8\sqrt[4]{\frac{2}{3}}$	7.228816029
正24胞体	$4\sqrt[4]{2}^3$	6.727171322
正120胞体	$\frac{4\sqrt[8]{2}^7\sqrt[4]{225+105\sqrt{5}}}{\sqrt[8]{47+21\sqrt{5}^3}}$	6.183740738
正600胞体	$\frac{2\sqrt[8]{2}^7\sqrt{5}}{\sqrt[8]{\frac{9}{8}+\frac{\sqrt{2}}{2}}^3}$	6.058328225
四次元超球	$2\sqrt[4]{2}^3\sqrt{\pi}$	5.961800358

・効率値 E の近似値は小数点以下9桁までを表示している。

・効率値が大きい順に並べている。

4. おわりに

4-1. 考察

結果の表をみると、効率値が大きい順に正5胞体、正8胞体、正16胞体、正24胞体、正120胞体、正600胞体、四次元超球となっている。四次元超球が最も効率値が小さく、正多胞体は胞の数が多いほど効率値が小さくなるという仮説と予想の通りの結果となった。これは、おそらく四次元超球が四次元物体の中で最も表体積効率がよく、胞の数が多くなるほど胞体が複雑化して四次元超球の図形に近づいていくからであると考えられる。

4-2. 今後の展望

今回の研究では、少なくとも正多胞体においては胞の数と効率値の大きさに明確な相関が見られ、また今回の研究で四次元超球の効率値が最も小さいのではないかと、いうことを帰納的に示すことができた。

しかし、四次元超球よりも効率値が小さい四次元物体の存在については完全には否定していないので、今後の研究では今回対象にしなかった四次元物体においても同様のことがいえるかどうかを確かめる。特に半正多胞体等をはじめとする四次元物体については、胞の数と効率値の大小に同じような傾向がみられても、胞の数が多いほど効率値は必ず小さくなるとは言えない可能性があるため、そういった四次元物体の効率値を求めることによって考察を深めていこうと考える。

参考文献

- (1) 宮崎興二：“4次元図形百科”，pp.87-96，丸善出版（2020）。
- (2) 中村義作：“四次元の幾何学”，pp.138-164，講談社（1986）。
- (3) 小笠英志：“4次元以上の空間が見える”，pp.178-185，ベレ出版（2006）。

オンライン授業を印象に残す方法

- 「誤例」を用いた教え方は理にかなっているのか -

長島 大起^{*1}

指導教員：大橋 秀人^{*1}

Email: ohhashi-h03@tochigi-edu.ed.jp

*1: 栃木県立栃木高等学校

◎Key Words 誤例, 動画, オンライン授業

1. はじめに

コロナ禍で、オンラインでの学習が急速に進んだ。我が校でも自粛期間中、先生方が授業の動画を YouTube 上に投稿していた。私はこの動画を元に勉強を進めなければならなかったが、動画での学習は、授業そのものの印象が希薄で理解に苦しんだ。私の友人も同様に動画による学習は学びづらいと述べていた。

実際、動画というものは、その内容に関わらずバーチャルなモノとして処理されてしまい、本質的なモノとして見られないと科学的に証明されている⁽¹⁾。つまり、「動画」授業をバーチャルなものとして見させないこと、すなわち「動画」による授業で「対面」による授業と同じ効果を与えることが重要になる。これを実現させるには、まず「動画」による授業を生徒の印象に残せるか、次にその「動画」による授業を理解させるかが必須だ。そこで、私ははじめの「印象に残す」という観点に着目した。

対面授業の際、ある問題において誤答例を敢えて教える方法は生徒に鮮烈な印象を与えるのに有用であるという先行研究⁽²⁾を基に、誤答例を用いる教え方をオンライン授業に取り入れると動画授業の印象を強めることにつながるのではないかと考え研究を行った。本稿では、ある問題に対して示される誤りとなる誤答例を「誤例」とする。

2. 仮説

動画授業で誤例を用いた教え方は、授業の印象を強く抱かせることが可能である。

3. 検証方法

3.1 検証について

高校生30人を3組に分け、それぞれ異なる動画①～③を2回見てもらおう。そして動画視聴後すぐに四択形式のテストを受けてもらう。

1) 授業内容

本校の国語科教諭の協力を得て、事前に作成した台本を基にした約6分間の講義を動画にした。なお、指導事項は、被験者の既有知識をさけるため漢検1級相当のものにした(驚、藪雨、鷗鳥の3種)。授業内容は、①指導事項+詳細な誤答例、②指導事項+単純な誤答例、③指導事項のみとした。

以下は「驚」の授業で示した誤例である。

①鋭い矛でトントンたく凶暴な鳥つてことが「驚」という漢字からわかります。嘴という鋭い武器すなわち「矛」を持っているので「予」ではありません。これじゃ攻撃できないよね。「予」と間違えやすいから注意ね。

②「驚」の「矛」の部分「予」って書く人が多いので気をつけましょう。

2) テスト内容

読みを提示し、正しい漢字を選ぶというテストを行った。また、四択形式の出題の仕方は正答1つ、授業で用いた誤例と同じ誤答1つ、授業とは関係ない誤答2つを選択肢にする。

3) 受講中の様子

動画授業の内容の違い(誤例の有無)で、被験者の態度が変わってしまうのか注意して見る。

3.2 分析について

Microsoft Excel を利用して、正答率を表す円グラフを主とし、テストの誤答の内訳を表す円グラフを補助とする図を作成する。主となる円グラフから誤例は正答率に影響はあるのか、補助円グラフから誤例によって誤答の仕方に変化があるのかをみる。

3.3 情報機器の活用

授業動画を撮影するのに学校所有の iPad を使用し、撮影した動画を Airdrop で自分のスマートフォンに転送した。その動画を YouTube 上で限定公開し、被験者のスマートフォンにその動画の URL を送り、①～③のいずれかを受講してもらった。

4. 結果

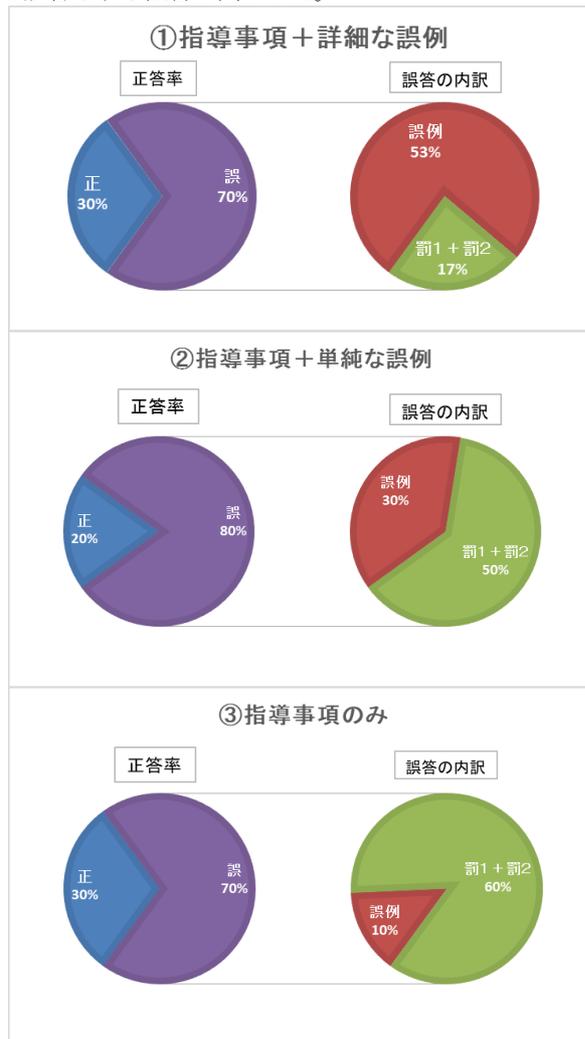
4.1 受講中の様子

授業の動画を見てもらっているときの様子だが、①～③のどのグループも差はなく、集中して見ているように思えた。

4.2 テスト結果

テスト結果を分析したと図1を見ると、正答率は、誤例の有無に関わらず変わらなかった。しかし誤答の内訳をみると、①、②、③の順で、授業で用いた誤例と同

じ誤答をする割合が高かった。



正	…正しい答えを選んだ人の割合
誤	…間違った答えを選んだ人の割合
誤例	…間違った答えを選んだ人のうち授業で用いた誤例と同じ答えを選んだ人の割合
罰1 + 罰2	…間違った答えを選んだ人のうち授業と関係ない答えを選んだ割合

図1 テストの正答率と誤答の内訳

5. 考察

誤例を詳しく示せば示すほど、誤答に占める誤例の割合が高かったことから（すなわち授業で触れていない答えを選ぶ割合が低くなることから）、授業動画は、誤例を用いた教え方をすることで授業の印象を強めることができると言える。ただし、正答率が変わっていないので、授業の印象が高まったといっても、指導事項よりも誤例のほうが強く印象に残る結果になった。これは受講後すぐにテストを受けてもらったため、正答と誤例の整理ができていなかったことが原因だと捉えている。誤例を用いた授業では、受講後に復習が重要になると考える。

6. まとめ

本研究ではオンライン授業において、誤例を用いた教え方は授業の印象を残す点では有用であることが分かった。ただし、正答より誤例のほうが印象に残りやすくなってしまった。

7. 今後の展望

・今回の実験では、標本が極めて少なかったため、次回にはもっと標本を増やして実験の再現性が得られるか検証したい。

・誤例を用いた授業後にすぐテストを行うグループと復習をした後にテストを行うグループに分け、テスト結果を比較し解答の傾向を調査したい。

・対面授業でも誤例を用いた教え方による影響を調べ、対面授業と動画授業の違いについてさらに調べてみたい。

8. おわりに

誤例を用いた教え方により、「動画」授業で「対面」授業と同じ効果を与えるための第一段階はクリアしたといえるだろう。ただし、正答率は変わらなかったことから、かえって被験者の混乱を招く結果となった。生徒に理解させる第二段階として、動画での授業後、「復習」を生徒に呼びかけることで、授業で用いた誤例と同じ答えを選ぶ割合を正答にかえることが可能であろう。

いまや一人一つスマートフォンを持つ時代。その利便性から学校教育でもオンライン化が進んでいる。オンライン授業や動画授業の普及が増えているからこそ、そういったものが学びやすいものになるように今後も研究に全力を尽くしていきたい。

参考文献

- (1)やはり…オンライン授業の学習効果は、通常授業より悪かった? :<https://gentosha-go.com/articles/-/28701>,(2020年11月14日閲覧).
- (2)良い教師の授業論:<http://hiro12.cocolog-nifty.com/>,(2020年8月1日閲覧).
- (3)特別ブロックリーダー通信#63総社市:http://www.kita-es.s-oja.ed.jp/kirari/kirarin/kirarin_63.pdf,(2020年8月1日閲覧).
- (4)授業の導入って? :<https://www.manabinoba.com/tsurezure/018299.html>,(2020年8月1日閲覧).
- (5)遠隔授業の抱える課題と効果的授業方法—教員のコミュニケーション能力の役割—:<https://core.ac.uk/download/pdf/148767027.pdf>,(2020年8月26日閲覧).
- (6)漢字ペディア:<https://www.kanjiopedia.jp/sakuin/bushu/detail/11/196>,(2020年8月26日閲覧).
- (7)ちょっと怖い!?「驚」の由来:<http://kanji-file.blog.jp/archives/15059111.html>,(2020年8月26日閲覧).
- (8)フクロウ・梟: <http://gogen-allguide.com/hu/fukurou.html>,(2020年8月26日閲覧).
- (9)スウ・數:<https://okjiten.jp/kanji230.html>,(2020年8月26日閲覧).

オンラインでつなぐ国際協働研究の実現 - マレーシアの高校生とジェンダー問題解決に向けて -

山崎 彩加*¹・飯塚 莉子*¹・岸 愛梨*¹

指導教員：高久 順*¹・大嶋 浩行*¹

Email: takakujun1225@gmail.com takaku-j01@tochigi-edu.ed.jp

hiro884oy@gmail.com

*1: 栃木県立佐野高等学校

◎Key Words ジェンダーギャップ指数, SNS での情報共有, Telegram

1. はじめに

私たちは、昨年(2020年)の6月から12月にかけてSGHの活動の一環として、マレーシアのセントテレサセカンダリースクール(以下セントテレサ高校と略す)の女子校生と国際協働研究に取り組んできた。新型コロナウイルスの影響で思うように研究ができない中、SNSを用いてリモートでディスカッションを定期的、自主的に行った。

2. 研究概要

2.1 研究契機

ディスカッションを深めていく中で、マレーシアの女子高生が学校内でも男女差別を強く感じてきたことを知って、この問題は日本では社会に出た後に深刻であることを聞いて⁽¹⁾、身近に感じたことをきっかけに、ジェンダー問題を研究テーマに定めた。

2.2 ジェンダーギャップの現状

世界経済フォーラムが2020年に発表した、1年間で生じた男女間格差を測ったジェンダーギャップ指数というものがある⁽²⁾。それに基づくと、日本は世界153カ国中121位で、これは先進国の中でもっとも低い0.652である。マレーシアは、世界104位で0.677である。これらのことから国際的に見て、この二国はジェンダー格差が大きいといえる。

ランク	国名	スコア
1	アイスランド	0.877
2	ノルウェー	0.842
3	フィンランド	0.832
104	マレーシア	0.677
121	日本	0.652
153(最下位)	イエメン	0.494

図1

マレーシアでは高校生の間でさえも男女間での相違を感じているという。マレーシアの女子校生から聞いた話によると、Cat call と呼ばれるものが学生の間でも起こっているようだ。Cat call とは、通常、見知らぬ男性が行う不適切な音や女性へのコメントのことで、

女性が不快な気持ちになる心痛的行動である。日本では、社会に出た後に特に男女差別を感じる人が多いといわれている。女性の社会進出の面で、一般的に出産休暇を取る時期が職場でのポジションの昇格などのタイミングと重なることから、男性よりも女性のほうが昇進が容易でない社会となっている現状にある⁽¹⁾。

2.3 研究方法(内容)

これらの現状をふまえて、世界的な問題に近づくための一歩として私たちに何ができるのかを考えた。

画面对話型アプリの1つであるZoomで顔合わせを終えた後、Telegramというロシア発のチャットツールを使って毎週2回ディスカッションを重ねた。お互いの国の問題について意見を述べ、議論を重ねた結果、私たちの調べた日本とマレーシアのジェンダー問題の特色について知ってもらい、一人一人の意識を変えたいと思ったためにSNSを使った情報発信を始めた。具体的にはSNSにおける10億人以上のユーザーがいる画像共有サービスのInstagramでの投稿である。Instagramは世界中の人が利用しており、より多くの人に私たちの投稿に気づいてもらえると考えた。



図2 実際のInstagramの投稿

3. 研究活動について

3.1 セントテレサ高校との交流での最初の印象

マレーシアの女子校生とディスカッションをしていて、彼女たちの情報の発信力には度々驚かされた。それと同時に国境を越えた会話の難しさを感じ、自分たちの国際社会での発信力が弱いことを実感した。

3.2 ディスカッションの分析

マレーシアの国語はマレー語であるが、第2言語が英語で初等教育1年目から学習している。そのため、英語でディスカッションをするのがはじめての経験である私たちと反対に、彼女らはスムーズにやり取りが出来ていた。彼女たちの返信スピードと文章の充実さから英語力の高さが伺える。また、私たちが1つの質問をするとその数倍の情報量の返信がくる。週に2回1時間というディスカッション頻度の高さと彼女たちが私たちに与えられる情報の多さのおかげで、なかなか得ることのできない国境を越えた同年代のリアルな意見を得られた。これは今の時代に沿った有効的なSNSの使い方ではないだろうか。私たちには分からなかった英語を日常的に使う人ならではのスラングを多く使いこなして慣れているように感じた。これらは、実際に海外の人とディスカッションをしないと気づけないことであった。



図3 実際のディスカッションの様子

3.3 プレゼンテーションの分析

Zoomの録画機能を使って録画したmp4動画を丁寧に分析していくと、マレーシアの女子校生は、原稿をほとんど見ることなく自分の信念を持っている様子だった。自分たちの意見を大切にしながら一方で柔軟性を発揮した場面が多々あった。それは深く考え抜く力があるからだ。また、その最中も私たちに訴



図4

えかけるようにアイコンタクト送っていて、さらにジェスチャーを加え、私たちに惹きつけるプレゼンテーションをしていた。だが、私たちは自らの意見に固執して頑固な印象を与えた場面があったと反省した。

3.4 チャットツールを用いたディスカッションのメリット・デメリット

(メリット)

- ・国境を越えていつでもどこにいてもやり取りができる。
- ・記録に残すことが出来て見返せる。
- ・サイトなどを共有できる。
- ・文化の差を知ることが出来る。

日本人はディスカッションをして返信が遅れてしまった時に謝る場面が多く、会話が途切れることを恐れていた。それとは対照的にマレーシア人は私たちのように自分の返信が遅れても気に留める様子が無かった。これは異文化の差によって起こったことであると感じた。

(デメリット)

- ・相手の話の意図をつかみにくい。
- 研究の方向性を決めていた時、内容の認識の違いが生まれた。そのため、分からないことがあればすぐに聞くように心がけた。

3.5 最初の印象と変わったこと

国際協働研究を始めた頃は英語力の差があるため、情報の発信力の差が開いていると考えていたが、実はそうではないことが分かった。差があるのは、私たち日本人の情報の発信力が欠けているからなのだとコンピュータを利用することで気づけた。

3.6 Instagramをより多くの人に発信するために

現時点では私たちのアカウントは友人たちにしか知って貰えていないため、今後はセントテレサ高校の生徒と一緒に投稿頻度を上げ、アカウントの宣伝活動を行っていきたい。

4. おわりに

コロナ渦ではあったがコンピュータ機器を利用することで私たちの志であるジェンダー問題の国際協働学習をオンライン上で容易に実現することができた。今後は、男女間の隔たりを無くすための意識改革に重点を置き、社会に貢献できるプランを提案していきたい。それに兼ねて、情報の発信力をマレーシアの女子校生に倣って共に高め合っていきたい。

参考文献

- (1) アジア開発銀行中根誠人氏による講話より
(2020年7月29日)
- (2) 世界経済フォーラムジェンダーギャップ指数2020
<https://www.pref.kanagawa.jp/documents/13623/ggi2020.pdf>

家紋から『美しさ』を客観化する

松尾 朋香^{*1}

指導教員: 荒井 一浩^{*1}

Email:g19n66w135@gakugei-hs.info

*1:東京学芸大学附属高等学校

◎Key Words 家紋,数,美しさ,対称性,想像

1. はじめに

1.1 要約

数的視点で描かれることの多い家紋の造形美から「普遍的な美しさの要因」と「美しさ」を考察した。まず、全国占有率の高い家紋と低い家紋を比較し、人々が受け入れ易い造形美の特徴は5つだと分かった。この特徴が強い家紋の割合を出し論の汎用性を確かめた。また、西洋の紋章や類似性のある寄木細工と比較し、家紋独自の美しさを見出した。そして、「普遍的な美しさの要因」とは、「数だけでなく、作品が情報を与え過ぎず人の想像で補うこと」であり、「美しさ」も同様であると考察した。考察から、筆者が考える最も美しい家紋を作成した。以上を情報機器でまとめた。

1.2 背景・目的

家紋の「普遍的な美しさの要因」を明らかにし、それを基に「美しさ」を定義することを目的とする。「普遍的な美しさの要因」とは、広く人々が受け入れ易い条件のことで、「美しさ」とは、一般的な意味の美しさに対して、筆者が見つけた「普遍的な美しさの要因」で定義したものである。本研究は、新たなものの見方を提案する。

2. 方法

全国占有率の高い家紋と低い家紋を比較し、受け入れ易い造形美の特徴を求め、西洋の紋章と比較し家紋独自の美しさを見出す。この段階で「家紋の普遍的な美しさの要因」と「美しさ」を一旦考察し、筆者が考える最も美しい家紋を作成する。次に、求めた特徴が強い家紋の数の割合を出し論の汎用性を確かめ、家紋と類似性のある寄木細工と比較し同様に独自の美しさを見出す。最後に、始めの考察も踏まえ「家紋の普遍的な美しさの要因」と「美しさ」を再考察し、筆者が考える最も美しい家紋を作成する。

3. 紋章同士の比較

3.1 家紋同士の比較¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁸⁾

万人受けする家紋の造形美の特徴を見つけるため、広く使用された全国占有率の高い家紋(以下 A)と低い家紋(以下 B)を分析した。Aは、(2019)『決定版 面白いほどよくわかる!家紋と名字』高澤等・森岡浩、西東社 より「家紋の全国占有率」から上位10個を用いた⁶⁾。Bは、ランク外の家紋から無作為に10個抽出した。AとBの計20個の家紋の対称性の有無と割り、曲線の多さの特徴を表1にまと

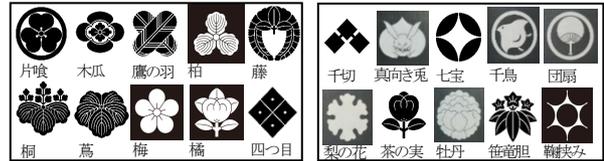


図1 占有率の高い家紋(左)と低い家紋(右)

表1 Aの特徴(左)とBの特徴(右)

家紋	左右対称	上下対称	裏返し対称	回転対称	回転角度	細かい回転角度	細かい割り	曲線	家紋	左右対称	上下対称	裏返し対称	回転対称	回転角度	細かい回転角度	細かい割り	曲線
片喰	○	×	○	○	120°	360°	6	○	千切	○	×	○	×				×
木瓜	○	○	○	○	90°	445°	8	○	真向き兎	○	×	○	×				×
鷹の羽	×	×	×	×			△	○	七宝	○	○	○	○	90°	445°	8	○
柏	○	×	○	○	120°	360°	6	○	千鳥	○	×	○	×				×
藤	○	×	×	×			○	○	団扇	○	×	×	×	90°	630°	12	○
桐	○	×	×	×			○	○	裂の花	○	×	×	×				×
菖	○	×	×	×			○	○	茶の実	○	×	×	×				×
梅	○	×	×	×	72°	536°	10	○	牡丹	○	×	×	×				×
橘	○	×	×	×	90°	445°	8	×	笹竜胆	○	○	○	○	60°	630°	12	○
四つ目	○	○	○	○	90°	445°	8	×	鞠	○	○	○	○	60°	630°	12	○

・対称: ○→あり, ×→なし,

・曲線: ◎→ほぼ又は全て曲線, ○→曲線<直線, △→曲線<直線, ×→直線のみ

めた。

図1と表1より、Aは必ず対称性を持ち、奇数割りや直線が少なくなく、線の密度は一定でない。Bは、全てが対称性を持つ訳でなく、偶数割りではほぼ曲線で作られる。AとBの相違点は、Bの方が何を表しているか半円形、難く回転角度が大きいが、Aの方が中心に線が集まり比較的曲線が少ない点だ。多くの要素が簡略化すると認知が困難になる⁹⁾ので、回転角度が小さい即ち割が多いBの方が半円形、難い。また、人はまず中心に目がいきそこで第一印象が決まりやすい。例えば中心が密で周りがそうでなくても全体が密という印象を受ける。中心が密で周りが空白又はその逆のデザインならば、家紋の持つ事実と印象が調和するのではない。他に、曲線が多いと柔和な印象だが、甚だしいと家紋は威厳を損なう。堅い印象を持つ直線も使用し、バランスを保っていると考える。ほぼ曲線のAもあるが、それは前述の密度の特性を生かしているのだ。

以上より、受け入れ易い造形美の特徴は、①一目で認知可能、②回転対称且つ奇数割り、③中心密で周りはほぼ空白又はその逆、④直線より曲線が若干多い、⑤①~④のどれかの程度が過激でも他の要素で補填可能、の5つであると考えられる。

3.2 西洋の紋章との比較⁷⁾

西洋の紋章(以下紋章)と家紋の主な共通点は、区別や象徴を表し、他者と紋が被らないよう形を変えていった点である。主な相違点は、家紋は抽象的で作成時に細かい決まりは無いが、紋章はその逆である点だ。これは、紋様が生まれた環境によると考える。家紋は都、紋章は戦場から生まれ、また描く面積が限られた家紋は幾分か省略され抽象化し、個人認識が強い紋章は半円形、易いが複雑にしたと考える。人の想像力が家紋を助けているといえる。

以上より、西洋の紋章と比較した結果、家紋独自の美しさとは、想像力で完成すること、だと考える。

4. 第一次考察

一旦、「普遍的な美しさ」と「美しさ」を考察する。「普遍的な美しさの要因」とは、「数だが、作品だけで独立せず人の想像で補うこと」であり、「美しさ」も同様だと考える。

そして、第一次考察から筆者が考える最も美しい家紋を作成した(図2)。造形美の特徴が顕著な梅紋をモデルにした。和菓子の一つに似るため「和菓子」と名付けたが、テーマを決めて作成することが課題だ。

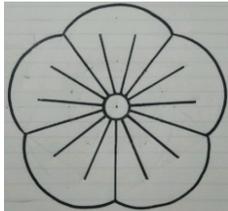


図2 第一次作成物「和菓子」

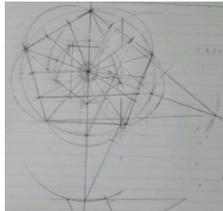


図3 第一次作成の図案

5. 分析

3-1で得た、受け入れ易い造形美の特徴がどの位の家紋に当てはまるか検証した。検証方法は、平仮名50音の内46音(残りの4音が頭文字の家紋の名前が無かった)各々を頭文字とする家紋計201個を無作為抽出⁽³⁾⁽⁶⁾し、評価項目①~⑤(表2)で特徴の強さを0~4点で評価し、五項目の合計点が12点以上(最高合計点は20点)の家紋が受け入れ易い造形美の特徴を持つと考えることにした。

結果は、201個の家紋中36個が該当し、全体の約18%を占めた。これは、奇数割りの家紋が少ないからだと考える。例えば奇数割りの一つの五つ割は見た目が五角形で、見た目が三角形の三つ割よりも速く正確に描けぬため量が少ないのではないかと。また、評価項目を十分に満たさぬ家紋が多く、筆者が示した「受け入れ易い造形美の特徴」は汎用的でないと考えたが、全ての家紋がAではないので、この割合は妥当ともいえる。

表2 評価項目

評価項目	評価点(点)		
① 分かり易さ	難 0-1-2-3-4 易		
② 回転対称・割り	割り	奇数割り	偶数割り
	回転対称		
③ 中心・周り	中心	空白	密
	周り		
④ 曲線	少	0-1-2-3-4 多	
	密		
⑤ 補える	弱	0-1-2-3-4 強	
	強		

6. 寄木細工との比較

寄木細工と家紋の類似点は、主に幾何学模様で統一感がある点だ。相違点は、寄木細工は多色で多様な模様の連続や偶数割りの回転対称があり⁽⁸⁾現代でも人気⁽¹⁰⁾だが、

家紋はその逆である点だ。これは、模様の役割が異なるからだと考える。寄木細工は商品、家紋はシンボルとして生まれた。それ故に家紋は紋としての役割を徹底し、前述した奇数割りの印象もそれを助けているといえる。

以上より、寄木細工と比較した結果、家紋独自の美しさは、他に左右されず紋の役割を全うしていることと考える。

7. おわりに

以上より、最終的な「普遍的な美しさの要因」と「美しさ」について考察する。「普遍的な美しさの要因」とは、「数のみでなく、作品は何か役割を担うがその情報を与え過ぎず人の想像で補うこと」であり、「美しさ」とは、「その要因から成り立つものの状態」であると考察する(第二次考察)。

第二次考察から、筆者が考える最も美しい家紋を作成した(図4)。テーマ設定をし、「助け合い」をテーマに作成した。名称は「繋がり」で、今世に必要なことを表現した。

筆者の考察は、美しさの様々な定義に対して、新しい定義とももの見方を一つ提案したにすぎない。だが、「美しさ」と人々は共存することを筆者は伝えたい。



図4 第二次作成物「繋がり」

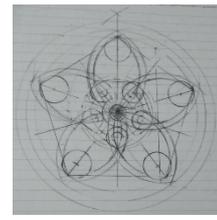


図5 第二次作成物の図案

8. 参考文献

- (1) 安達史人:「学校で教えない教科書 新版 面白いほどよくわかる家紋のすべて」, pp.136-197, 日本文芸社 (2012).
- (2) 泡坂妻夫:「卍の魔力, 卍の呪力 家紋おもしろ語り」, pp.14-172, 新潮社 (2008).
- (3) 金園社企画編集部編:「コンパクト家紋 5000」, pp.8-269, 金園社 (2009).
- (4) 高沢等:「見て楽しい 読んで学べる 家紋のすべてがわかる本」, pp.10-256, PHP 研究所 (2012).
- (5) 高澤等・森岡浩:「決定版 面白いほどよくわかる! 家紋と名字」, pp.10-30, 94-98, 西東社 (2019).
- (6) 能坂利雄:「日本家紋総覧コンパクト版」, pp.98-430, 新人物往来社 (1992).
- (7) 浜本隆:「紋章が語るヨーロッパ史」, pp.17-78, 白水社 (1998).
- (8) 伏見康治・安野光雅・中村義作:「美の幾何学 天のたくらみ, 人のたくらみ」, pp.65-158, 早川書房 (2010).
- (9) 大道直人・渡邊兼行・熊谷健二・宇野忍:「書道家と非書道家の漢字認知における視線の比較:同一漢字のくずしの効果」, 仙台白百合女子大学紀要, 15, (2011), 13-28, <https://doi.org/10.24627/sswc.15.0.13>, (2020年8月30日閲覧).
- (10) 箱根寄木細工とは 宿場町が生んだ歴史と, 進化する作り方: https://story.nakagawa-masashichi.jp/craft_post/117061, (2021年1月11日閲覧).

コミヤマスミレの謎を追う - スミレ属全体の分類の見直しへ -

山口 夏巳*1・池邊 智也*1・西村 悠生*1

指導教員：藤原 正人*1

Email: masfujiwara2017@hyogo-c.ed.jp

*1: 兵庫県立小野高等学校生物部スミレ班

◎Key Words スミレ属, 分子系統解析, 葉緑体 DNA, コミヤマスミレ, ツクシスミレ節, ハプロタイプ

1. はじめに

コミヤマスミレ(*Viola maximowicziana*)は大変暗い場所に生育している。無茎種で、柱頭が虫頭形であるという特徴からミヤマスミレ節(*sect. Patellares*)に分類されているが、葉質が薄く多毛で葉に独特の模様を持つことが多く、顕著に他種と異なった形態を持っている。

私たちはこのコミヤマスミレに興味を持ち、ミヤマスミレ節に分類されることに疑問を持った。また、野生絶滅種であるオリヅルスミレ(*V. stoloniflora*)の形態がコミヤマスミレによく似ていると言う文献²⁾を見つけ、オリヅルスミレについても本当に近縁であるかを調べることにした。

2. 研究方法

2.1 サンプル採集と生育地調査、柱頭の観察

1つの個体群の中から成熟した個体の最大の成葉を1枚、数個体から採集した。採集地はGPSで採集場所を記録、植生を確認し、著しく暗い場所ではお近くの拉致と生育地の照度を測定した。野生絶滅種であるオリヅルスミレは各地の植物園に依頼してサンプルを提供していただいた。その中でも沖縄美ら島財団総合研究センター植物研究室からはオリヅルスミレだけでなく、シマジリスミレ(*V. okinawensis*)、オキナワスミレ(*V.utchinensis*)も提供していただき、解析を行った。

また、QGISを用いて生育場所の地質を調べた。花期に柱頭の形態を実体顕微鏡で観察、スケッチをし、柱頭の形態で浜(1975)¹⁾が分類したように明確に分類できるのか確認した。

2.2 分子系統解析

DNA抽出は葉を5mm角に切り取り、改良したCTAB法で行った。PCR法を用いて葉緑体DNAの*matK*領域(932bp)および*trnL-F*領域(829bp)を増幅し、*macrogen-Japan*にシーケンス解析を依頼した。PCR法で用いたプライマー、PCR条件等を表1に示す。

シーケンスデータはフリーソフトMEGA ver.Xを用いて最尤法で解析し、分子系統樹を作成した。

最初に予備実験として*matK*領域で、小野高校の校区である北播磨地方に産するスミレを解析した。本実験ではすべての種について複数の場所の個体を、コミヤマスミレ、ツクシスミレ(*V. diffusa*)、マルバスミレ

(*V. keiskei*)についてはできるだけ多くの場所の個体を用いて解析し、系統樹を作成した。2つの領域の結果はSequenceMatrixを用いてまとめた。

表1 PCR条件とプライマー 酵素: ExTaq (TAKARA)

<上: *matK* 領域, 下: *trnL-F* 領域>

f 5' AAATACCAAACCCGCCCTT 3'

r 5' GGGGGATTGCAGTCATTGTAGA 3'

PCR条件 94°C 1min 1cycle

94°C 30s 55°C 20s 72°C 80s 35cycles

f 5' GGAAGTAAAGTCGTAACAAG 3'

r 5' TCCTCCGCTTATTGATATGC 3'

PCR条件 98°C 2min 1cycle

98°C 10s 60°C 15s 68°C 30s 35cycles

68°C 10min 1cycle

3. 結果と考察

3.1 予備実験の結果

予備実験の結果、コミヤマスミレとマルバスミレはミヤマスミレ節と別のクレードに位置することがわかった。そこで、先輩たちの実験データを参考にし、この2種はツクシスミレ節に近いと予測、ツクシスミレを入れて再度解析した。この結果、予想通り、これら2種はツクシスミレと同じクレードとなった。

3.2 分子系統解析、コミヤマスミレ本実験の結果

matK 領域、*trnL-F* 領域の結果をSequenceMatrixで用いてまとめ、作成した分子系統樹を図1に示す。この分子系統樹では、多くの種が過去の形態による分類と違和感のない結果になった。にもかかわらず、ミヤマスミレ節に分類されてきたコミヤマスミレとマルバスミレはミヤマスミレ節内のクレードには入らず、ツクシスミレとともに3種で1つのクレードにまとまった。

これは2つの領域を別々に作成した系統樹でも同じ結果であった。また両領域でツクシスミレ、マルバスミレは産地にかかわらずまったく同じ塩基配列を示し、コミヤマスミレについてはともに同じ個体で塩基の変異が見られた。

本実験の解析に用いた葉緑体DNAの1つ*matK*領域は遺伝子をコードしており、変異の少ない領域である。コミヤマスミレでは1塩基の変異が見られたが、マルバ

スマレ、ツクシスマレにおいては変異がなかった。この変異の少ない *matK* 領域でミヤマスマレ節と異なり、ツクシスマレと同じクレードとなったことは今までの形態分類と違和感がある。遺伝子間領域であり、変異が比較的多い *trnL-F* 領域でも同様の結果が得られ、3種は1つのクレードにまとまり、コミヤマスマレについてはハプロタイプの違いまで個体ごとに一致した。したがって、これら2種はツクシスマレ節の可能性が高いと考えている。

3.3 コミヤマスマレの分布とハプロタイプ、地質

次に *matK* 領域でのコミヤマスマレの1塩基の変異を採集地と示した分布図を図2に示す。屋久島には両タイプがあるようで、今後詳細に解析したい。今のところ、生育地によってハプロタイプが異なるような分布図となっている。採集地を増やし、ハプロタイプの分布がどのようになっているか引き続き調べたい。また、QGISで地質とコミヤマスマレの分布の関連性を調べたところ、中生代以前の地質である場所に分布している傾向があり生育地を探しさらに検証したいと考えている(図3)。

3.4 野生絶滅種について

植物園からいただいたシマジリスミレ、オキナワスマレ、オリヅルスミレの3種は中西(2018)⁽³⁾によるとすべてウラジロスミレ節(*sect. Serpentes*)とされている。この3種についても実験結果では全く別々のクレードとなった。オリヅルスミレはむしろタチスマレ(ニョイスミレ節)の近くに、オキナワスマレはニョイスミレ節の横に生じた。シマジリスミレはタチツボスマレ節のクレードとなった。浜(1975)はシマジリスミレをタチツボスマレ節(*sect. Trigonocarpos*)、オキナワスマレはウラジロスミレ節としている⁽¹⁾。現在最新刊の日本の野生植物Ⅲ(平凡社)も中西(2018)の説を採用している。しかし、よく似た形態を持つ3種ではあるが、今回の実験結果からはそれぞれ別の節のスマレではないかと考える。

4. 反省と課題

柱頭の形態はまだまだ観察個体数が少ないが、ほぼ浜(1975)を指示していると思われる。ただ、その違いは個体によって少し違って見えることもあり、今後さらなる観察を行いたい。オリヅルスミレの柱頭の報告は見当たらず、ぜひ、植物園の協力を得て観察をしたい。また、染色体数はオリヅルスミレが2n=22、オキナワスマレが2n=44と報告されている。現在、核DNAのITS領域について分析中である。この領域の分析結果と柱頭の観察、その他の形態の観察、染色体の核型分析等を行って、スマレ属の分類について一つの見解を示したいと考えている。

5. 参考文献

- (1) 浜栄助, 原色日本のスマレ, pp212-214, 誠文堂新光社(1975)
- (2) 山田隆彦, 日本のスマレ探訪72選, pp125, 太郎次郎社(2019)
- (3) 中西弘樹, “琉球列島産のウラジロスミレ節3種の種子分布”, 植物地理・分類研究, 66, 2, pp197-200(2018)

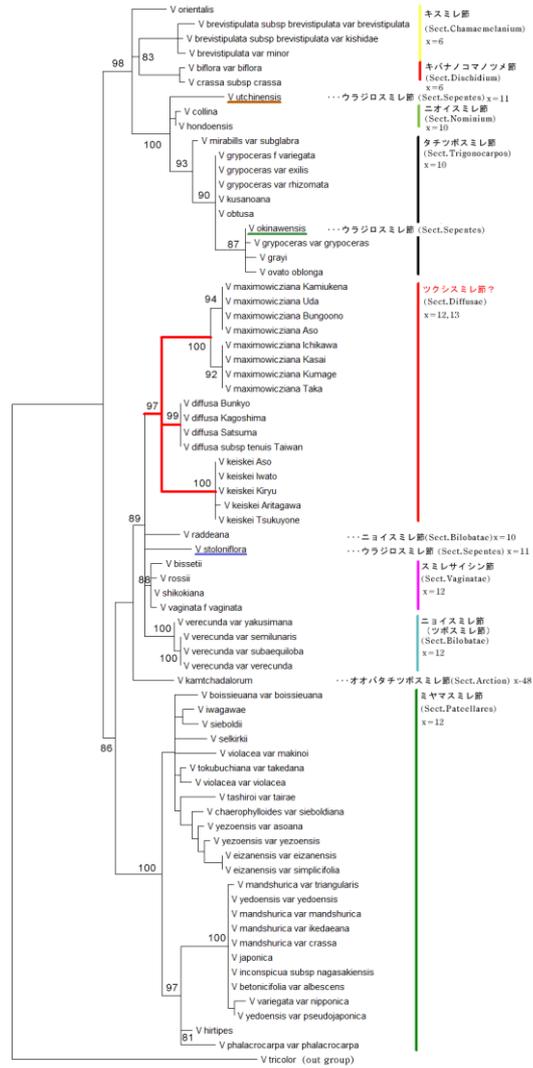


図1 分子系統樹 (葉緑体DNA、*matK*領域、*trnL-F*領域)

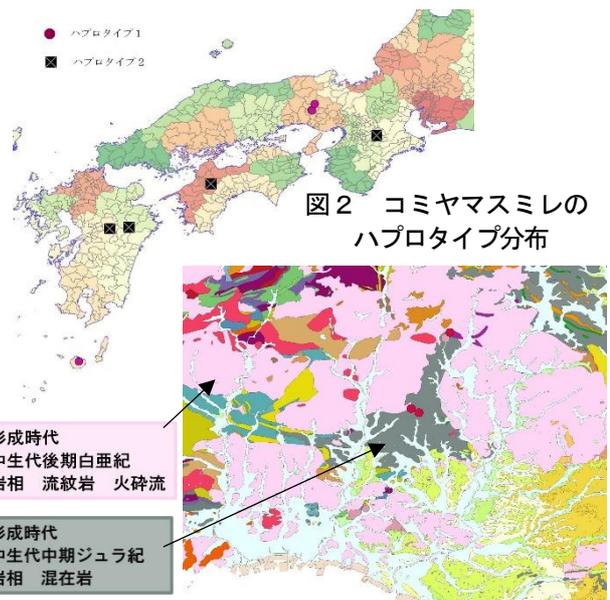


図2 コミヤマスマレのハプロタイプ分布

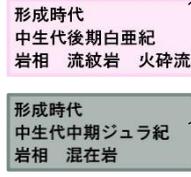


図3 コミヤマスマレの分布と地質(北播磨)

Arduino を用いた自作機器による反発係数の精密測定

永尾 知晴*1・本村 かなな*1

指導教員：原口 俊明*1

Email: haraguchi6652@newes.ed.jp

*1: 長崎県立大村高等学校

◎Key Words Arduino, 反発係数

1. はじめに

高校の教科書では、反発係数について「衝突する速さに関係なく、物体と床の材質によって決まることが知られている」と記載されていたり(1), それを前提に問題がつけられていることが多い。本当に衝突する速さに関係しないのか疑問に持った私たちがインターネットで調べてみると、わずかではあるが反発係数は衝突速度に関係しているということが分かった。反発係数の速度依存性を確認するには、反発係数を精密に測定することが必要である。そこで次の2点を目的として研究に取り組んだ。

- ①反発係数の精密測定のための装置を自作する
- ②反発係数と衝突速度の関係を明らかにする

2. 方法

2.1 実験材料

Arduino Uno Rev3, マイクロフォンセンサー, カーボン抵抗 (10 kΩ), Cds セル, ブレッドボード, ピンポン球 (Nittaku 40mm プラスティック公式球), 実験机, 1 m 物差し

2.2 測定原理

反発係数 e を求めるには、自由落下させた高さ h と跳ね返った高さ h' から

$$e = \sqrt{\frac{h'}{h}}$$

の関係式を用いて求める方法がある。しかし、この方法は初速度をきちんと 0m/s にしたり、跳ね返った高さを正確に測定することが難しいという問題がある。そこで本研究では、1 回目の 2 回目の衝突時間間隔 Δt_1 と 2 回目と 3 回目の衝突時間間隔 Δt_2 より反発係数 e を求める方法を採用した。

1 回目の衝突直後の速さを v_1 とする。2 回目の衝突直前の速度は逆向きに v_1 なので、

$$-v_1 = v_1 - g\Delta t_1$$

$$\therefore \Delta t_1 = \frac{2v_1}{g} \dots (1)$$

反発係数を e とすると、2 回目の衝突直後の速さは ev_1 なので

$$\Delta t_2 = \frac{2ev_1}{g} \dots (2)$$

(1), (2)より

$$e = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \dots (3)$$

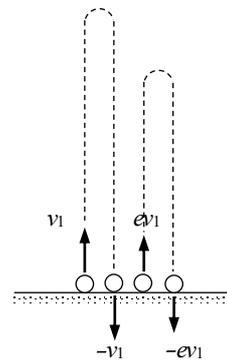


図1 反発係数と衝突後の速度

(3)式では、高さの精密測定や初速度をきちんと 0m/s にする必要がなく、精密な測定に適していると考えた。

衝突時間間隔 Δt_1 , Δt_2 をより正確に測定するために、マイクロフォンを Arduino に接続し、ピンポン球が机に衝突するとき生じる音の発生時刻を記録した。図2に配線図を示した。また、Arduino のプログラムは補足資料に掲載した。

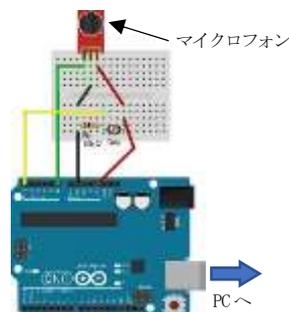


図2 測定回路の配線図

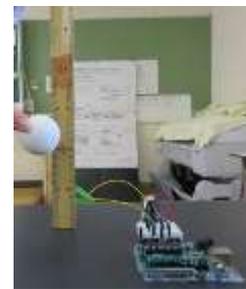


図3 実験のようす

2.3 実験方法

- ①図2の回路と測定プログラムをつくり、入力音量がある一定値をこえるとパソコンのシリアルモニタに表示するようにした。
- ②ピンポン球を実験テーブルに落下させた。

落下させる高さを変えることにより衝突速度を変化させた。また落下させる高さは、5 cm～30 cm は5 cm 刻みで、30 cm～100 cm は10 cm 刻みで変化させた。

- ③シリアルモニタに表示された値より $\angle v_1$, $\angle v_2$ を求め、
$$e = \frac{dv_2}{dv_1}$$
 より反発係数を算出した。
- ④ $\angle v_1$ から v_1 を、 $\angle v_2$ から v_2 を算出し、その平均 $\frac{(1+e)v_1}{2}$ と反発係数の関係を調べた。
- ⑤④のデータをもとに、最小二乗法で回帰曲線を求めた。また、決定係数 R^2 値も算出した。

3. 結果と考察

図4に結果を示した。衝突時刻を精密に測定することができ、反発係数を高い精度で求めることができた。

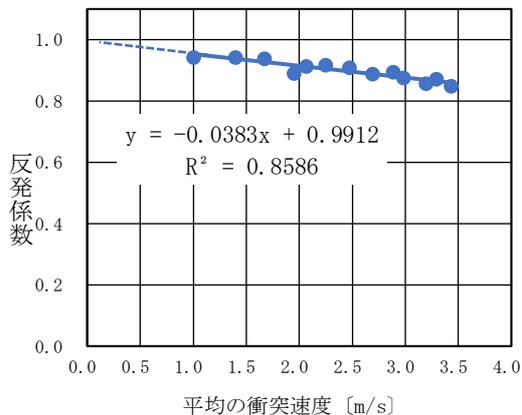


図4 反発係数と衝突速度の関係

これからわかるように衝突速度が増加するにつれ、わずかながら反発係数の減少が確認された。この結果は、國仲ら (2001) の報告と一致する^[2]。

衝突速度の増加に伴い反発係数が減少するのは、衝突速度の増加に伴い非線形的な変形の効果が大きくなるためだと考える。

4. 結論

Arduino とマイクフォンを中心とした非常にシンプルな構成の自作測定器ではあるが、高い精度で反発係数を求めることができ、目的①を達成することができた。また、決定係数 R^2 値は0.86であり、かなり相関の高い回帰式を得ることができ、反発係数の衝突速度の増加による減少を確認することができた。目的②も達成することができた。

5. おわりに

今回は衝突速度を1.0 m/s から3.5 m/s の範囲で実験を行ったが、今後は衝突速度をより広い範囲に拡大して測定を行っていくことで反発係数の速度依存性をより詳細に調べていきたい。また、公式球と練習球の特性の違いを調べたり、ピンポン球以外の物体でも実験を行いたい。これらの実験を通じて自作計測器の性能を

評価したり、反発係数の速度依存性について詳細なデータが得られると考える。

6. 謝辞

本研究を行うあたり長崎県立大村高等学校原口俊明先生に様々な助言や指導等を受けました。本当にありがとうございました。

7. 参考文献

- (1) 田村剛三郎ほか、「高等学校改訂物理」, p.50, 第一学習社 (2018)
- (2) 國仲寛人, 早川尚男, 「2 次元弾性円盤の衝突: 反発係数出現のマイクロメカニズム」, 物性研究 (2001), 76(2): pp.214-218
- (3) 福田和宏, 「これ1冊でできる! Arduino ではじめる電子工作超入門改訂第3版」, ソーテック社 (2014)

【補足資料】

Arduino のプログラム

```
const int sensorPin = 0; // マイクからの出力をA0ピンに
                           入力
const int cdsPin = 5; // cdsセルからの出力をA5ピンに
                           入力
int sensorValue = 0;
int cdsValue = 0;
int threshold = 400; // cdsからの出力をこの値を境に明暗に分け
                           る
unsigned long time = 0; // 時刻表示用の変数

void setup()
{
  Serial.begin(9600); // 通信スピードを上げて遅延を少な
                           くする
}
void loop(){
  cdsValue = analogRead(cdsPin);
  //Serial.println(cdsValue); // 最初は Serial.println()の前
  //の//を取って、実験環境の明るさを把握する方がよい
  if (cdsValue < threshold) { // cdsからの出力が
  // thresholdより小さい(暗いとき)のみ、プログラム稼働
    sensorValue = 1023 - analogRead(sensorPin); //
  // 音がしたときに大きな値になるようにするため

    if (sensorValue > 500){
      time = millis(); // 時間をミリ秒単位で計
  測
      Serial.println(time); // 時間を表示
      //Serial.print(" : "); // timeとsensorValueを区
  切るための文字
      //Serial.println(sensorValue); // マイクからの信号を表
  示
    }
  }
}
```

Arduino を用いたばね振り子の周期の精密測定

粒崎 光大^{*1}・松山 達紀^{*1}

指導教員：原口 俊明^{*1}

Email: haraguchi6652@news.ed.jp

*1: 長崎県立大村高等学校

◎Key Words Arduino, ばね振り子, 関数フィッティング

1. はじめに

ばね振り子の運動は単振動のもっとも典型的な例の1つであり、その周期 T はばねの質量を無視すると以下の式で与えられる。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad m: \text{おもりの質量} \quad k: \text{ばね定数}$$

実験的に求める方法として、教科書には「おもりが10回～100回程度振動する時間をストップウォッチで計測し、周期を求める方法」が紹介されている。⁽¹⁾⁽²⁾

この方法は簡便ではあるが精密な測定は難しい。これに代わる方法として自分たちはSSH（スーパーサイエンスハイスクール）の活動で学んだArduinoというマイコンに注目した。センサーを取り付けた測定回路を自作することで精密測定ができるのではないかと考え、次の2点を目的として研究に取り組んだ。

- ①ばね振り子の周期の精密測定装置を自作する
- ②自作装置からのデータを関数フィッティングすることで周期を精度よく求める

2. 方法

2.1 実験材料

Arduino Uno Rev3,
圧力センサー (FSR:インターリンク, FSR402),
カーボン抵抗 (10kΩ), Cdsセル, ブレッドボード,
パソコン, ばね, おもり

2.2 測定原理

FSR (圧力センサー) とは、感圧面に加わる圧力に反比例して電気抵抗が減少する特性を持ったセンサーである。図1のように、FSR にばねをかけるとばねの伸び・縮みに応じて加わる圧力の周期的変化を抵抗値の変化に置き換えることができる。

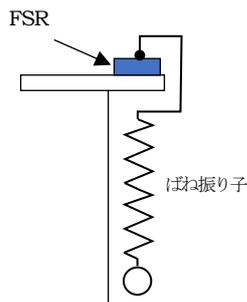


図1 FSR とばね振り子

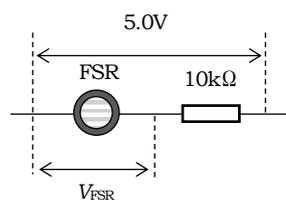


図2 FSR と抵抗の接続

この性質を利用して図2の回路を組めば、ばねの変位をFSRの電圧 V_{FSR} の変化としてArduinoで記録することができる。Arduinoとの接続まで含めた全体の配線図は図3のようになる。

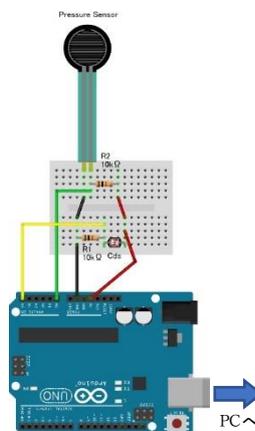


図3 測定回路の配線図

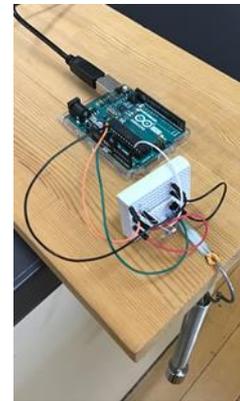


図4 自作の測定装置

2.3 実験方法

- ①図3の測定回路と測定プログラムをつくり、FSRの両端の電圧をシリアルモニタに表示できるようにした。
- ②測定装置のFSRにばねの一端を掛け他端に取り付けたおもりをつり合いの位置から2.0cm～3.0cm伸ばし静かにはなした。
- ③シリアルモニタに表示された値を表計算ソフトに取り込んだ。
- ④取り込んだデータを加工した上で、Pythonで処理できるようにCSVファイルに変換した。
- ⑤電圧の変動 y を $y = A \sin(b * t + c) + d$ と置き、Pythonのライブラリの1つである「Scipy」の `optimize.curve_fit` を使い、実験データに最も適合するパラメータ A, b, c, d を求めた。プログラムは補足資料②の掲載した。

3. 結果と考察

結果を図5に示した。FSRの両端の電圧は、ほぼ正弦曲線を描いて変化していることがわかる。これをもとに関数フィッティングすると、 $y = 55.3 \sin(6.49t + 0.085) - 0.513$ という結果が得られた。R2値は0.968であり、

データをよく再現していると考えられる。これより求めた周期は0.968 sとなった。

関数フィッティングでは、一定時間内のすべてのデータを用いるため、振動の端や中心のみのデータを用いる方法よりも精度よく周期を求めることができる。以上より、当初の目的①、②は達成されたと考える。

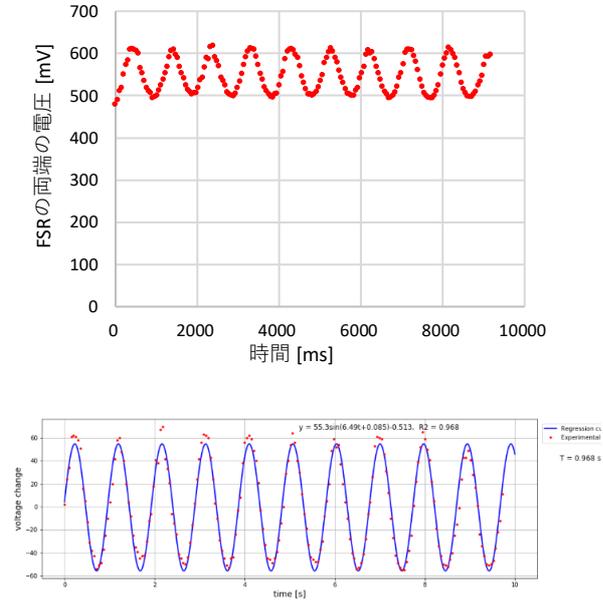


図5 FSRの両端の電圧(上)と関数フィッティング(下)

4. 結論

圧力センサーとArduinoを組み合わせることで、ばね振り子の振動のようすを詳しく計測することができた。また、Pythonのライブラリの1つである「Scipy」の関数フィッティングを用いて周期を正確に測定することができることがわかった。

5. おわりに

今回は単純な振動の計測であったが、今後は二重振り子など複雑な振動の計測にも応用していきたい。

6. 謝辞

本研究を行うにあたり、長崎県立大村高等学校の原口俊明先生に沢山のご指導とご協力をいただきました。ありがとうございました。

7. 参考文献

- (1) 國友正和ほか, 「改訂版総合物理I—力と運動・熱—」, 数研出版(2018), p.183
- (2) 佐藤文隆, 小牧研一郎ほか, 「物理新訂版」, 実教出版(2018), pp.124-125
- (3) 福田和宏, 「これ1冊でできる! Arduinoではじめる電子工作超入門」, 秀和システム(2014)
- (4) 小林茂, 「Prototyping Lab 「作りながら考える」ためのArduino実践レシピ」, オライリージャパン(2017)

【補足資料】

①Arduinoのプログラム

```
const int sensorPin = 0; // センサーからの出力をA0ピンに入力
const int cdsPin = 5; // cdsセルからの出力をA5ピンに入力
int sensorValue = 0; // センサーからの値を格納するための変数(初期値0)
int cdsValue = 0;
int threshold = 700; // cdsからの出力をこの値を境に明暗に分ける
unsigned long time = 0; // 時刻表示用の変数

void setup(){
  Serial.begin(9600); //通信スピードは通常でOK
}
void loop(){
  cdsValue = analogRead(cdsPin);
  if (cdsValue < threshold) { // cdsからの出力がthresholdより小さい(暗いとき)のみ、プログラム稼働
    sensorValue = analogRead(sensorPin); // センサーからの出力の読み取り
    time = millis(); // 時間をミリ秒単位で計測
    Serial.print(time); // 時間を表示
    Serial.print(" : "); // 区切り文字を表示
    Serial.println(sensorValue); // センサーからの値を表示
    delay(50);
  }
}
```

②関数フィッティングのためのPythonのプログラム

```
%matplotlib inline
import numpy as np
import pandas as pd
from matplotlib import pyplot as plt
from scipy.optimize import curve_fit

oci_df = pd.read_csv('Ocillation.csv') #実験データの読み込み
X = oci_df[['Time']].values #系列Xとyの設定
y = oci_df[['Displacement']].values
def func_c1(X,a,b,c,d): #Fitさせる関数の作成とフィッティング
    return a*np.sin(b*X+c)+d
init_params = [55.0, 6.0, 1.0, 1.0]
# p0にある程度近い値を設定する
# 大きくずれているとパラメータの予測がうまくできない
cf = curve_fit(func_c1,X,y,p0=init_params)
ar = cf[0][0]
br = cf[0][1]
cr = cf[0][2]
dr = cf[0][3]
print(f'パラメータ : a = {ar:.3f}, b = {br:.3f}, c = {cr:.3f}, d = {dr:.3f}')
y_reg = ar*np.sin(br*X+cr)+dr

residuals = y - y_reg # 残差変動の定義
rss = np.sum(residuals**2) # 残差変動の平方和
tss = np.sum((y - np.mean(y))**2) # 全変動の平方和
r2 = 1 - (rss / tss) # 決定係数 R2

#print(f'残差平方和 : {rss:.3f}')
print(f'決定係数 : R2 = {r2:.3f}')
```

二酸化炭素センサーを用いた換気システム

河西 ころろ^{*1}

指導教員：笹倉 理子^{*2}

Email: sasakura@uec.ac.jp

*1: 静岡県西遠女子学園高等学校

*2: 電気通信大学 協働高大接続教育センター

◎Key Words 二酸化炭素センサー, 空気環境, 換気, 換気システム, micro:bit,

1. はじめに

2020年, 新型コロナウイルスの感染が拡大し, 年末にかけて感染者は急激に増加した。その影響により私たちの生活様式は一変し, “with コロナ”を意識した感染防止のための生活様式が私たちに求められるようになった。その一つに室内の換気がある。人が集まる場所では換気は義務付けられている。そこで, micro:bitを活用した換気装置を作成し, 実際に教室内の換気状況について調査した。本論文ではこのことについて報告する。

2. 研究背景

新型コロナウイルスの影響で換気は私たちの日常となっている。私が通っている学校でも常時換気を行っている。しかし, 換気と言いつつも窓を常に開けているだけという状態だということに気付いた。この常時換気方法は効率的ではなく, その上冷暖房のロスも大きい。それは, 私たちが実際に室内の換気状態が分からないことが根本的な原因だと考える。そこで, 私は二酸化炭素センサーと micro:bit を用いて室内の換気状態を表示し, 換気を適切に行うことが出来るような換気装置の作成に取り組んだ。また, この装置により換気方法と換気の効果に変化があるのかを実際に調査するとともに, 二酸化炭素センサーを利用し室内の換気状態についても調査した。

3. 作成した装置の概要

3.1 換気装置の接続

装置は2台の micro:bit を使用して作成した。1台の端末でデータを取得(端末A)し, もう1台の端末(端末B)で受信したデータをパソコンに送って表示する。端末Aはセンサー等と接続し, リモコン用の赤外線LEDを micro:bit の P1 端子, 二酸化炭素センサーを P2 端子に接続する。装置の構成を図1, 実際の装置(端末A)を図2に示す。

表1: センサーと micro:bit の入出力

	電圧(V)	二酸化炭素濃度(ppm)	結果表示(段階)
センサー	0.2 - 4.0	0 - 5000	
micro:bit	0 - 3.3		0 - 1023

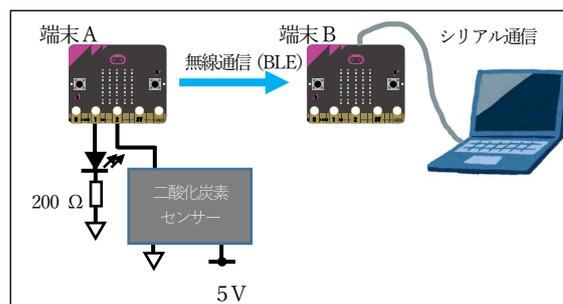


図1: 換気装置の構成

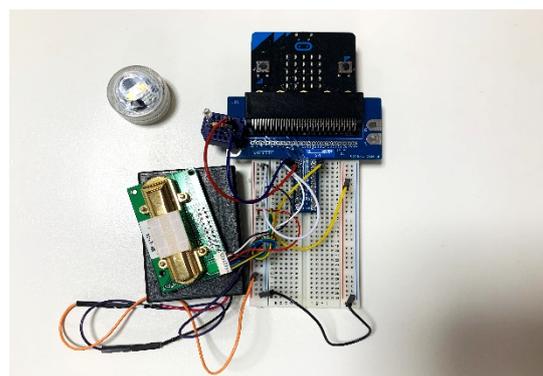


図2: 実際の装置

3.2 換気装置のプログラム (図2)

換気装置のプログラム(図3)は, ①センサーからデータを取得して端末Aから端末Bへデータを転送する部分, ②端末Bからパソコンに転送する部分, ③端末Aで簡単に室内の換気状態を知らせる部分に分かれる。

①では, 二つの micro:bit 間でデータの通信を行うため, あらかじめ無線通信グループを2に設定し, 1minごとに micro:bit の P2 端子で, 二酸化炭素センサーからの出力を読み取り電圧を二酸化炭素濃度(ppm)に変換した値を端末Aから端末Bへ無線で転送する。センサーの出力と micro:bit の入力の関係は表1の通りである。

②では, 端末Bで受け取ったデータをシリアルでパソコンに書き出す。書き出した数値は, Make Code for micro:bit に表示して確認する。

③では, 出力した二酸化炭素濃度を五段階にレベル分けして色で知らせる。二酸化炭素濃度と色の関係は表2の通りである。換気目安は二酸化炭素濃度が

1500ppm以上の時とする。

表2：二酸化炭素濃度とライトの色の関係

レベル	二酸化炭素濃度	ライト
1	0<ppm<500	水色
2	500≦ppm<750	緑色
3	750≦ppm<1000	黄色
4	1000≦ppm<1500	紫色
5	1500≦ppm	赤色

```
def on_received_number(receivedNumber):
    serial.write_value("x", receivedNumber)
    radio.on_received_number(on_received_number)

def on_button_pressed_a():
    global flag
    if flag == 0:
        flag = 1
        basic.show_number(1)
        赤外線リモコン.ライトを点ける()
    else:
        flag = 0
        basic.show_number(0)
        赤外線リモコン.ライトを消す()
    input.on_button_pressed(Button.A, on_button_pressed_a)

def on_button_pressed_b():
    global flag
    flag = 0
    赤外線リモコン.白にしてライトを消す()
    basic.show_icon(IconNames.YES)
    input.on_button_pressed(Button.B, on_button_pressed_b)

ppm = 0
V_In = 0
flag = 0
alert = 0
basic.show_icon(IconNames.YES)
flag = 0
basic.show_number(0)
radio.set_group(2)

def on_forever():
    global V_In, ppm
    if flag == 1:
        V_In = Math.map(pins, analog_read_pin(AnalogPin.P2), 0, 1023, 0, 3300)
        ppm = Math.map(V_In, 400, 2000, 0, 5000)
        serial.write_value("x", V_In)
        serial.write_value("y", ppm)
        radio.send_number(ppm)
    if ppm > 0 and ppm < 500:
        赤外線リモコン.色を変える(Color.AQUA)
    elif ppm >= 500 and ppm < 750:
        赤外線リモコン.色を変える(Color.GREEN)
    elif ppm >= 750 and ppm < 1000:
        赤外線リモコン.色を変える(Color.YELLOW)
    elif ppm >= 1000 and ppm < 1500:
        赤外線リモコン.色を変える(Color.PURPLE)
    elif ppm >= 1500:
        赤外線リモコン.色を変える(Color.RED)
    basic.pause(60000)
    basic.forever(on_forever)
```

図3：pythonプログラム

4. 環境計測の方法と結果

4.1 二酸化炭素濃度の計測方法

学校の二酸化炭素センサーが外乱を受けにくいおよそ高さ1.2mの教室後方の廊下側の壁に設置した。

4.2 実験1：室内の換気状態の調査

作成した装置を使用する前の換気方法と換気状態を調査する。

4.3 実験1 結果

計測結果は図4Aのようになった。

少人数での授業は700ppm弱だったが、通常は950ppmあたりだった。しかし、窓を少ししか開けず、大人数でいた場合や戸締りをした後は1500ppmあたりまで上昇した。窓は開けていただけであった。

4.4 実験2：換気装置使用下の換気状態の調査

作成した装置を使用し換気を行いながら、実験1と同様に換気状態を計測する。換気方法も記録する。

4.5 実験2 結果

引き続き実験中のため、途中経過を示す。

計測結果は、図4Bのようになった。実験①(図4A)の結果に比べて、換気状態が安定している。また、換気状態に合わせて、換気の調整が簡単におこなえるようになった。

5. 考察

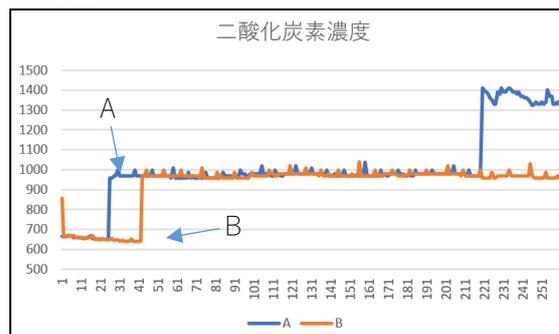


図4： A；実験1の結果 B；実験2の結果

実験1と実験2の結果から、普段、二酸化炭素濃度に変化するタイミングを把握することができれば、それに対応して換気方法を変え、効果的な換気を習慣化させることが可能になると考えられる。また、ただ窓を開けていた実験1に比べて換気を調整した実験2とでは冷暖房のロスも削減できたと推測する。

二酸化炭素濃度は、学校環境では1500ppm以下¹⁾、建築物環境では1,000ppm以下²⁾が目安とされている。今回の結果では基準値は超えていないが、換気状態としては6～700ppmあたりの方が好ましい。今後は、新しく目標値をプログラムに組み込み、換気状態を知ったうえで目標値に近づけるように促す機能を追加したい。

また、今回の実験は一ヶ所での計測であるが、実際は教室の空気の状態は均一ではなく、場所により変動することが考えられる。そこで、今後は、様々な条件で実験を行い、例えば窓側と廊下側の換気状態の差や場所による換気完了までの時間等を分析し室内全体が均一に換気されるための条件を調査していきたい。

他に、換気状態の可視化だけでなく、換気のタイミングを音などで知らせる機能や、データを分析した結果をもとに換気方法をパターン化し、その時々で必要な換気方法を記号等で簡易的に伝える機能の搭載を検討し、より実用的な装置の作成を試みる。

6. おわりに

前述したように、私たちにとって、換気は窓や入口を開けること、といった印象が強い。しかし、実際の室内の換気状態が不明確なまま換気を行うことは、冷暖房のエネルギー損失や気候などの自然環境を考慮すると適切で効果的な換気とは言い難い。適切な換気を行うためには、やはり実際の換気状態を可視化することが有効であると考えられる。コロナ禍、今回製作した装置が今後より適切で効果的な換気を検討するための一つの機能を果たすことが出来ると信じ、私たちの生活行動と室内環境の関係を分析し、より高度な換気システムを研究するとともに、換気状態を良好に保つ最適な換気方法についても調査していきたいと思う。

参考文献

- 1) 学校環境衛生管理マニュアル (文部科学省)：
https://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/hoken/1292482.htm
(2021/01/28 閲覧)
- 2) 建築物環境衛生管理基準 (厚生労働省)：
<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei10/>
(2021/01/28 閲覧)

食品ロスを軽減するためのマッチングサービス - SQL を用いた商品管理データベースの構築 -

大塚 惇平*1

指導教員：近藤 千香*1

Email: kondo@hst.titech.ac.jp

*1: 東京工業大学附属科学技術高等学校

◎Key Words 食品ロス, 持続可能な社会, データベース, MySQL, PHP, HTML, SDGs

1. はじめに

近年, 世界で食品ロスが問題となっている。食品ロスとは, まだ食べることができるにもかかわらず捨てられてしまう食べ物のことで, 店舗での売れ残りや消費期限切れ, 食べ残しなどの理由で食品が廃棄されている。世界ではまだ食べられる食品が年間約13億トン廃棄されており, そのうち日本では年間約612万トンが廃棄されている。日本人全員が毎日茶碗1杯分のご飯の量を捨てていることになる。^①しかしその一方で, こども食堂などを行う活動団体では, 食材の調達及び管理費用などの問題で閉じるケースが増えている。こども食堂に限らず, 主に資金の面で食材の調達が困難になるなど, 食品を欲している団体などは増加している。^②

これらのことから, 売れ残りなどのまだ食べることのできる食品を管理し, その食品をこども食堂などの活動を行う団体に提供することができれば, これらの問題を少しでも改善できると考えた。これはSDGsの「飢餓をゼロに」と深く関連している。具体的には, Webベースで売れ残りの食品の登録を行い, それらのデータを, 食品を求めている団体などが閲覧できるようにし, 小売業者と団体のマッチングを行うことで, 廃棄されるはずだった食品を有効活用し, 食品ロスの削減につながるのではないかと考えた。

2. 概要

今回の研究では, より気軽に利用できるようWebアプリケーションを開発することとした。フロントエンドにはHTMLとCSS, バックエンドにはPHPを使用した。またデータを保存するためのデータベースとしてOracle社のMySQLを使用した。そしてWebアプリケーションの開発及び検証にVisual Studio Codeとその拡張機能であるLive Serverを使用する。Live ServerはVisual Studio Codeを使用してローカルサーバを立てることができる拡張機能であり, 加えてコードを修正した際に自動的に反映される。^③

2.1 Webアプリケーション

今回の研究では余剰商品の登録及び閲覧するためのサービスとして, ユーザー登録ページ, 商品登録ページ, 商品情報閲覧ページからなるWebアプリケーションを開発する。利用者は最初にユーザー登録ページに

おいてユーザー名とパスワードを設定する。商品登録ページには商品の情報に加えてユーザー情報を入力する。商品閲覧ページには登録された商品の情報をリスト形式で表示する。

2.2 データベース

ユーザー情報, 商品情報はデータベースに保存することとする。商品の情報は1つの商品ごとにすべての情報を1つのレコードに保存する。

3. 方法

3.1 Webアプリケーション

HTML及びCSSを用いて, トップページ, ユーザー登録ページ, 商品登録ページ, 商品閲覧ページを作成する。入力するデータとして, 商品名, 商品の量, 消費期限, 引き渡し場所などを入力できるようにする。商品名, 商品の量, 引き渡し場所にはテキストが入力できるフォームを使用し, 消費期限は日付の入力フォームを使用する。登録する際に入力されていない項目がある場合は図1のように警告が出るようにする。商品閲覧ページではデータベースから取得したデータを全部ないし一部を表にして表示する。またデフォルトでは登録順に表示されるものを消費期限や商品などの量を基準に順番の並び替えをできるようにする。

商品名:

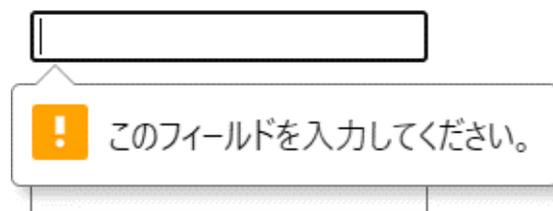


図1 登録用フォーム

3.2 データベース

データベースにはユーザー情報と商品情報を保存するテーブルをそれぞれ用意する。商品情報のテーブルには商品ID, 商品名, 商品の量, 消費期限, 引き渡し場所を保存する。ユーザー情報のテーブルにはユーザー名とパスワードを保存する。商品登録ページのフォームに商品の情報を入力し, PHPを用いてデータベースに保存し, また商品閲覧ページのリストにPHPを用

いてデータベースから商品のデータを取得し表示する。

4. 結果と考察

現段階では商品登録ページからの商品情報の登録、及びデータベースに保存された商品情報の閲覧ができるところまで完成している。図2にテストとして登録したデータ、図3に商品登録ページの登録用フォーム(図2における1番目のデータを入力している画面)、図4に商品閲覧ページの商品のリストを示す。

id	name	amount	expdate	place
1	ninjin	10	2020-01-01	minamityo
2	jagaimo	20	2020-03-01	nankyoku
3	okome	3000g	2030-03-01	niigata

図2 登録データ

商品名:

量:

消費期限:

引き渡し場所:

図3 登録用フォーム

レコード件数:3

id	商品名	商品量	消費期限	引き渡し場所
1	ninjin	10	2020-01-01	minamityo
2	jagaimo	20	2020-03-01	nankyoku
3	okome	3000g	2020-03-01	niigata

図4 商品のリスト

図3のように入力したデータが図2のようにデータベースに保存され、図4のようにWeb上で表示された。現時点では、商品名の入力に自由であり統一されていないこと、商品の量の単位が指定できないこと、場所の表記の方法が統一されていないことなどがあげられるが、商品名や場所の表記の統一を行うことで、今後OR検索やAND検索、ソートを実装した際に正しく機能する。また商品の量の単位を指定することで商品の量の正確な把握ができると考えられる。

5. おわりに

現段階では商品の情報を登録しそれをデータベースに保存し、またデータベースから商品の情報を取得し表示するところまでできている。小規模な運用ではこのままでも使えるかもしれないが、運用する規模が大

きくなると、すべてのデータを表示するととても多くなってしまい、必要なものを見つけ出すのが困難になってしまう。そのため、大きい規模での運用を想定するのであれば、商品情報のソートやOR検索、AND検索などの機能が必要となるだろう。また商品を選択した後の提供者側とのマッチング機能を実装することで、個々に電話やメールを使い連絡を取り合う必要がなくなり、より使いやすくすることができる。そして現段階ではWebデザインができていないが、CSSを用いてより見やすいWebページにすることで利用者にとってさらに使いやすくすることができる。加えて、今後実証実験を行うことができれば、より利用者の意見を反映することができるだろう。それらの改善を行うことで食品ロスの削減に繋がるWebアプリケーションになると考えられる。

参考文献

- (1) 食品ロスの現状を知る 農林水産省:
https://www.maff.go.jp/j/pr/aff/2010/spe1_01.html (2021年1月17日参照)
- (2) こども食堂の現状とは? 全国に拡大する中で見えた課題とは:
https://gooddo.jp/magazine/poverty/children_poverty/children_cafeteria/2225/ (2021年1月17日参照)
- (3) Live Server - Visual Studio Marketplace:
<https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=ritwickdey.LiveServer> (2021年1月17日参照)

自分実験

- 書きに困難がある小学生が iPad で学習したらどうなるのか -

出口 優人*1

指導教員：氏間 和仁*2・櫻井 望*3

Email: ujima@hiroshima-u.ac.jp

*1: 東広島市立川上小学校

*2: 広島大学

*3: さくら眼科

◎Key Words 書字困難, iPad, 学校, 教科, 合理的配慮

1. はじめに

僕は小学5年生である。書く力は小学1・2年生ぐらいで、読む事は得意だ。今までひたすら書く学習ばかりで、書いても漢字を覚えられず、宿題には2時間を要していた。そんな僕が iPad を使って勉強したらどうなるのか、自分実験をした。

この論文では、iPad の学校への持ち込みを一度は断られ、その後、許可してもらった経緯や、実際に学校生活で iPad をどう使っているのかを教科ごとにまとめた。

iPad の操作や、個人の学習上の困難に応じた使い方を教えてくれる所は全国的にも少なく、教えてもらう機会が限られている。だから、僕が事例を紹介する事で、僕みたいに関心する子が困る子供たちや、それを応援する保護者や学校の先生の役に立つと考えた。

実験の結果、僕の中で最も変わった事は、モチベーションである。iPad を使う前は学校へ行く意味を見失いかけていたが、今は僕みたいに困っている人の役に立ちたいと思えるようになった。

2. iPad を持ち込むまでの経緯

2.1 書字困難に気づいたきっかけ

小学3年生の時に担任の先生から書く事が間に合っていないと告げられ、WISC-IV検査、K-ABCII検査を勧められた。それらの検査では書字障害とは診断されなかった。その後、広島県立病院でMRIの検査を受け、常に脳に情報が多く取り込まれ、聞く事と書く事が難しいと診断された。そして、広島県立病院の益田先生に、広島大学の氏間先生を紹介して頂いた。

2.2 1回目の合理的配慮の申し出

氏間先生から iPad を使った勉強方法を教えて頂き、学校でも使ってみようと思うようになり、学校に授業中、iPad を使いたいとお願いした。

ところが、自分の iPad を持ち込む事や、学校の iPad に使いたいアプリケーション（以下、アプリとする）を入れたり、家に持ち帰ったりする事は県の規約により、難しいとの事であった。

何とか認めてもらいたくて、合理的配慮や障害者差別解消法についても勉強し、「学ぶ権利」を認めてもら

おうとお願いを続けた。そして、氏間先生にも相談し、教育委員会と話し合いをもって頂いた。

2.3 2回目の合理的配慮の申し出

交渉を続けたり、氏間先生にも話をしたり、校長先生に iPad を使用して取り組んだ宿題とその操作方法を見てもらったりした。学校で iPad を使用する際、授業に不必要なアプリは持ち込まない、休憩時間は使用しない、インターネット環境の準備、壊れた際は自己責任などの取り決めを話し合った。その結果、iPad の持ち込みを許可してもらった。同時に校長先生から学年の皆に書字に困難がある事を説明して頂いた。

3. 学校生活において

3.1 iPad を使う前

授業中にノートが書けず、先生や友達から書くように促され、書ける範囲で書いていた。しかし、後から見直したくても、自分で書いた字が読めなかった。そのため、次の日の時間割や準備物を家で確認できなかった。

書く事に集中すると、先生の話している事が聞き取れず、授業についていけなくなった。また、課題などの問題を正確に書き写せないで、問題が解けない、諦める、暇になる、学校に行きたくなくなる、勉強したくてもできない状況に強いストレスを感じていた。

3.2 iPad が使えるようになってから

最初はタイピングが遅かったため、黒板を写真で撮る事がほとんどだった。家でローマ字を覚え、タイピングが速くなり、ノートを取れるようになった。

宿題がわからない時は、自分でキーボードで書いたノートを見返してわかるようになり、宿題や課題ができるようになった。さらに iPad や勉強に使用するアプリに興味を持ち、その仕組みを理解しようとした。それが勉強につながると考えたからだ。

4. 教科ごとの iPad の活用方法

4.1 国語

漢字テストは漢字が書けない、思い出して書き始めるまでに時間がかかるため、タイピング入力に変更し

てもらった。国語辞典で意味調べをする際には、他の文字が目飛び込んで目的を見失ってしまうため、iPadで意味調べを行い、ノートアプリに貼り付けるようにした。作文や感想文は、頭の中で自分の考えを整理したり、考えながら文を書いたりする事が難しいため、マインドマップアプリ、縦書きアプリを使用する事で、文章で書き表す事ができるようになった。

4.2 算数

数字が動いたり、にじんだりして見えてしまうため、数字を読み間違えたり、筆算では一の位と十の位、小数点の位置を間違えたりしていた。iPadを使用して画面拡大や図1のように筆算シートを利用する事で、正しく計算できるようになった。

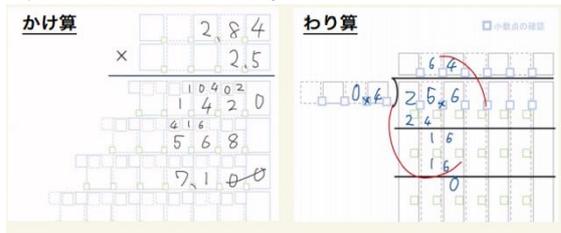


図1 筆算シートを利用した時のノート

4.3 理科

理科は得意な教科だったため、ノートが取れなくても授業内容を理解できていた。しかし、実験などの授業では準備に時間がかかってしまい、iPadを使用してもノートを取る事が難しい。実験の様子や実験道具の写真を撮る事で、後から写真を見返して復習できるようになった。

4.4 社会

ノートアプリを使い、教科書のグラフや図を簡単に貼り付けて、図2のように後から見返した時にわかりやすいようにまとめる事ができるようになった。アプリを使って、単語帳を作れるようになり、県庁所在地や特産物を覚える事も効率良くできるようになった。

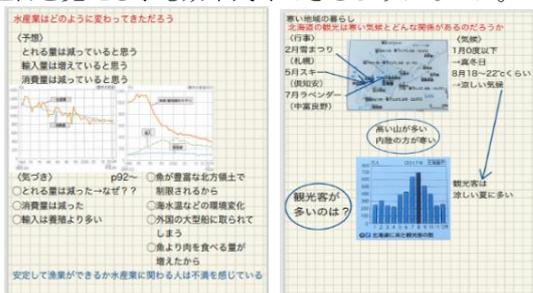


図2 グラフや図⁽¹⁾を貼り付けた社会のノート

4.5 音楽

五線譜の音符が見えにくく、音符の意味がわからず混乱していた。白黒反転機能の活用や、図3のようにiPadで僕にも読みやすい楽譜を作ってもらった。

聴覚過敏でクラスの皆と同じ場所でリコーダーの練習ができなかったが、iPadにリコーダーの音を録音してもらい、家で練習する事ができた。



図3 教科書⁽²⁾とiPadを活用したわかりやすい楽譜

4.6 テスト

iPadを使用する前のテストはほとんど平仮名で解答していた。字が読みづらく先生が採点する際に困っていたが、問題用紙をiPadに取り込み、タイピングで解答、印刷して提出する事で採点しやすくなった。

文章問題など情報が多い場合は、画面拡大を行い、必要な情報のみ取り込む事で混乱しなくなった。

5. 宿題

1年生の時から宿題に時間がかかり、友達が15分のできる宿題を僕は2時間かかっていた。

問題をノートに写す事や答えのページを探す作業は僕にはとても難しかった。iPadを使えるようになってからは、スプリットビュー機能を利用して、とても簡単にできるようになった。学校の宿題を早く終わらせる事で、苦手な漢字を書いて覚える方法以外に読んで覚える方法を試してみたり、自分実験のレポートを書いたりする時間を持てるようになった。

6. 結果

iPadを使い、書く事の負担が減った事で、学校に行こうという気持ちが芽生えた。僕に合った方法でノートを取る事が楽しくなった。学校以外でも勉強がしやすくなり、勉強しようと思えるようになった。

今までできなかった事ができるようになり、自信を持ち、今では将来への希望を持ち、ロケットの設計やICTの使い方を広める仕事がしたいと考えている。

7. おわりに

僕みたいに書く事が困難な人がいるという事を多くの人に知ってほしい。学校の勉強は紙と鉛筆だけではなく、iPadを使うと勉強しやすくなる子供もいる。事例がないからと配慮が受けられず、苦しんでいる子供も大勢いる。学ぶ方法は一つだけではなく、色々ある。

この自分実験は、Facebookを通じて知り合う事ができた同年代の友達、大学や病院の先生方の、アドバイスや励ましの言葉、多くの人達の支えのもと、まとめる事ができた。この論文が学びにくさに困っている人の現状や工夫を知ってもらい、役に立てるとうれしい。

参考文献

- (1) 大石 学, 小林宏己 ほか 50 名, “小学 社会 5”, P44, P76, 教育出版株式会社 (令和2年).
- (2) 小原光一 ほか 17 名, “小学生の音楽 5”, P60, P61, 株式会社 教育芸術社 (令和2年).

火災時における最適な避難経路

伏谷 健太郎*1・小川 晃輝*1・佐々田 遼斗*1・

指導教員：寺岡 智弘*1

Email: teraoka_tomohiro@edu.pref.shimane.jp

*1: 島根県立益田高等学校

◎Key Words セルオートマトン, 避難経路, 一次元化

1. はじめに

日本は、たびたび災害により甚大な被害を受けてきた。そこで、本校の現行の避難経路(以下、現行)は最適ではないと仮説を立て、現行よりも適切な避難経路を作成することを目的とした。

2. 実験に使用するセルオートマトン

セルオートマトンの説明(基本ルール)

ある通路において、いくつかの部屋(セル)があり、人が一定方向に進むとする。

時刻 t において前の部屋に人がいるときは時刻 $t+1$ においてはその場所にとどまる。人がいないときは時刻 $t+1$ においては前の部屋に進める。このとき、進めなかった人の後ろでは人が密集する。この渋滞度合いを表したものである。(図1)

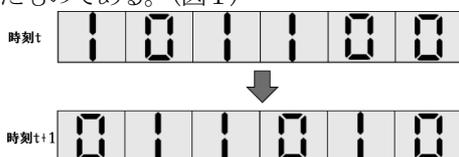


図1 セルオートマトンの基本の動き

3. 実験方法

3.1 距離の計測

現行をもとにして、移動する距離を計測する。

これにより、モデル化(一次元化)を可能にする。

3.2 各ルール設定

- ・全クラス 40 人とする
- ・2列で避難する
- ・校庭の中央が避難終了ポイント
- ・廊下での歩行速度は階段における歩行速度の2倍(生徒30人の歩行速度の平均より)

3.3 セルオートマトンのルール変更点

- ・2列避難→Excel内での表示を2とする
- ・廊下における避難は基本ルールに加えて前方の2マスまでに誰もいないとき、時刻 $t+1$ において、2マス移動できる(図2)

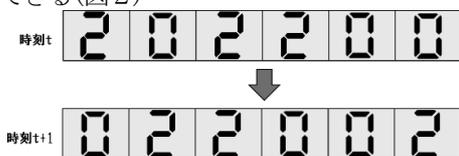


図2 セルオートマトンで変更した動き 1

- ・避難経路により狭い通路を通る際、2列が1列に分

裂する(図3)

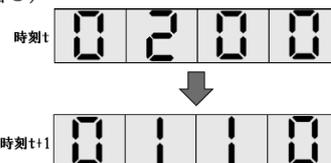


図3 セルオートマトンで変更した動き 2

3.4 シミュレーションにおける表示の仕方

表1 シミュレーションにおける表示の仕方

セルの数字	色	意味
0	無色	誰もいない
1	薄灰色	1人いる
2	濃灰色	2人いる

3.5 シミュレーションの例(グラフ)

4の実験結果でシミュレーションの資料を示すにあたり、資料の細部を説明する。また3.3で示したルール変更点も参考にしてもらいたい。

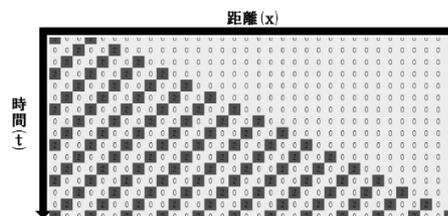


図4 廊下における歩行の様子

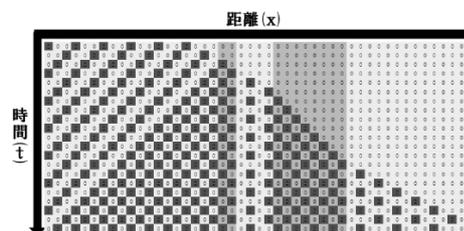


図5 廊下→階段における歩行の様子
(背景の灰色は階段を示す)

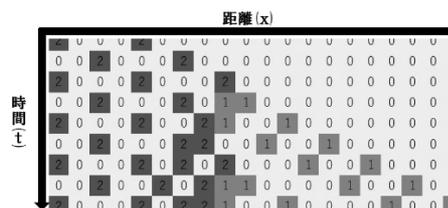


図6 2列→1列における歩行の様子

4. 実験結果

各教室からの避難の様子をシミュレーションした資料(縮図のため3.5を参照してもらいたい)

横軸は距離, 縦軸は時間を表す



図7 ①3-3からの避難シミュレーション 図8 ②3-4からの避難シミュレーション



図9 ③1-2からの避難シミュレーション 図10 ④2-2からの避難シミュレーション



図11 ⑤2-4, 1-4からの合同避難シミュレーション

注 ①は3-2, 3-1を含む。②は3-5を含む。③は1-1を含む。④は2-1を含む。

①から④の避難はそれぞれ独立しているが、⑤の避難は途中で2-4(2-3を含む)の避難者が1-4(1-3を含む)からの避難者と合流する。

4.1 この時点で気づいたこと

通路が狭く一人しか歩けない経路をとると避難完了時刻は遅くなる。また合流避難では時間がかかる。

従って、できるだけ広い通路を通り、合流避難を分散させること(可能な限り独立した避難をすること)で避難完了時刻は短くなるのではないかと考えた。

ここで、それぞれの避難を互いの影響を受けない独立した避難経路を考案することで、各避難の最適を求め、それを組み合わせることにより、全体として最適になるのではないかと考えた。

4.2 改案(気づきより経路を改善したもの)のシミュレーション



図12 ③改案 1-2からの避難シミュレーション 図13 ④改案 2-2からの避難シミュレーション

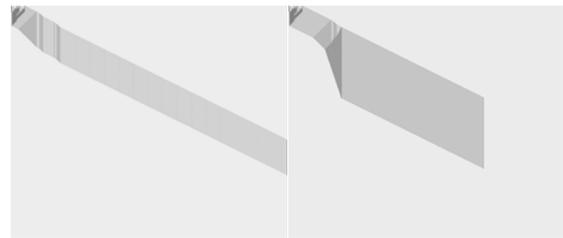


図14 ⑤改案 1-4からの避難シミュレーション 図15 ⑤2-4からの避難シミュレーション

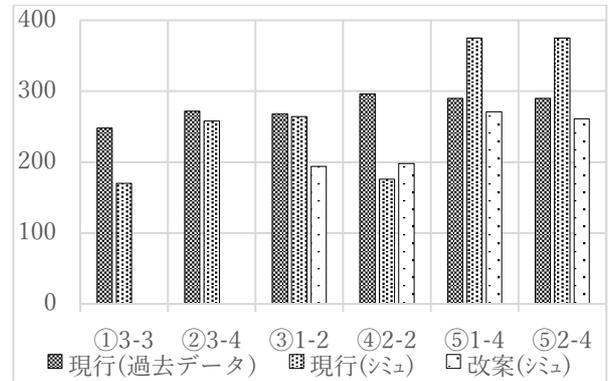


図16 現行と改案での避難完了時刻の比較

5. 考察

実験結果およびグラフより現行の避難経路よりも、改案した避難経路をとるほうが、全体の避難完了時刻(1-4の避難が完了した時刻)が早くなることが分かった。また狭い通路を通ったり、合同避難をしたりすることが、避難が遅れる原因であることが分かった。

注 ここで1-4の避難完了時刻を全体の避難完了時刻に設定しているのは、1-4が校庭から一番遠い所に位置しているからである。

6. 結論

- ・現行の避難経路は最適ではない。
- ・シミュレーションの結果によると、改案を適用した避難経路のほうがより短い時間で避難できる。

7. まとめ及び今後の展望

- ・この案を学校の新避難経路として提案する。
- ・実際の避難訓練に適用し、前年度との比較を行う。
- ・他の避難経路への適用を考える。

参考文献

- (1) <https://www.jsme.or.jp/ted/NL49/plaza/yamamoto.html> (2020年7月20日閲覧)
- (2) 岩本拓哉, 大宿陽輝, 安永光希, 浅井明日, 土居涼子: 「教室からの避難シミュレーション」, 愛媛県立宇和島東高等学校平成29年度SSH生徒課題研究論文集9, 10ページ

遅れが発生しにくい路線バス運行経路の検討

江頭 翔^{*1}・福田 紬杏^{*1}・小川 碧^{*1}・島内 結和^{*1}指導教員：池崎 秋芳^{*1}

Email: ikezaki2802@news.ed.jp

*1：長崎県立長崎南高等学校

◎Key Words 路線バス, 運行経路, バスの遅れ, バス時刻表, 公共交通機関, 長崎市, 渋滞

1. はじめに

私達が普段利用している路線バスは日常的に10～20分遅れてくることが頻繁に起きている。本研究対象の長崎バスでは、実際の遅れ調査が実施されていないことを知り、「待ち時間が少ない時刻表」を作成し、地域の人の利便性を高めたいと考えた。そこで、本研究では同じ便でも時刻表と到着時刻の差は日々異なるが「公共交通機関の到着時刻には規則性があり、遅れを予測できる」という仮説を立て、実際の路線バスの到着時刻調査を行った。この調査により夕方の路線バスの交通量の多さが路線バス同士の渋滞を生じ、路線バスの到着時刻のずれを起こしている原因であると考えた。そこで「路線バス同士の渋滞を改善する運行経路を作成すれば、到着時刻のずれを改善できる」という仮説を立て調査を行い、運行経路の改善案を作成した。

2. バスの到着時刻調査（調査1）

2.1 調査方法

利用客数の多い「長崎新地ターミナル」停留所で令和2年6月16日、7月13日の2回、のべ195台のバスについて15時～19時の到着時刻を記録し、長崎バス発行の時刻表⁽¹⁾と到着時刻の差を調査した（調査1）。記録は路線バスを行き先ごとにまとめた表に実際の到着時刻を書き入れる方法で実施した。

2.2 調査結果

図1は15時～18時台における、時刻表と到着時刻の差である。利用客数の少ない15時～16時半頃までは交通渋滞がほとんど発生していないため、到着予定時間よりも早く到着し出発する傾向がみられる。16時半過ぎ～17時台は次第に遅れが大きくなり、18時台は、乗客数も交通量も多くなるため大幅な遅れが生じていた。

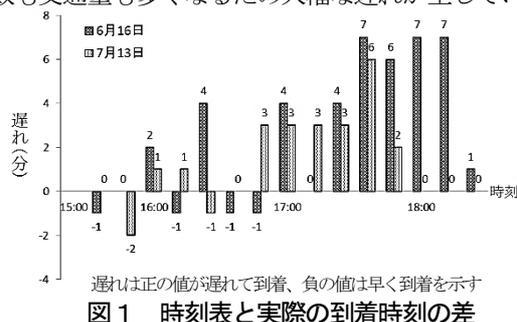


図1 時刻表と実際の到着時刻の差

2.3 調査結果の考察

遅れの原因の一つとして、17時～18時頃の長崎市の中心部では一般車両の渋滞に加え路線バス同士の渋滞も発生していたと考えられる。つまり、バスの運行経路を分散し路線バス同士の渋滞を解消することで、遅れが発生しにくい運行経路を作成できると考えられる。以上の考察から新たな調査（調査2）を行った。

3. 経路地の違いによる遅れ調査（調査2）

3.1 調査方法

路線バス同士の渋滞を解消するため、経路地の違いによる到着時刻の遅れ調査（調査2）を実施した。長崎市を走る長崎バスの多くの便は共通して「長崎駅前」停留所と「中央橋」停留所間（以下、共通区間）を通る。この共通区間には4つの経路（図2）があるため、4つの経路における時刻表どおりの所要時間と実際の所要時間との差を調査した。この調査を基に最も大きな差が生じた経路を変更することでバス同士の渋滞を解消し遅れの発生を軽減させる改善策について検討する。

調査は、共通区間の4つの経路に分岐する直前の長崎駅前停留所、4つの経路が合流する中央橋停留所の2か所で、令和3年1月15日、18日、19日の3日間、17時30分～18時30分、のべ381台の路線バス到着時刻を記録した（調査2）。

なお、共通区間における4つの経路の主な経路地と通過距離（km）は表1のとおりである。



図中の(ア)～(ウ)は中央橋交差点からの分岐方向を示す

図2 共通区間における4つの経路および、中央橋交差点からの分岐

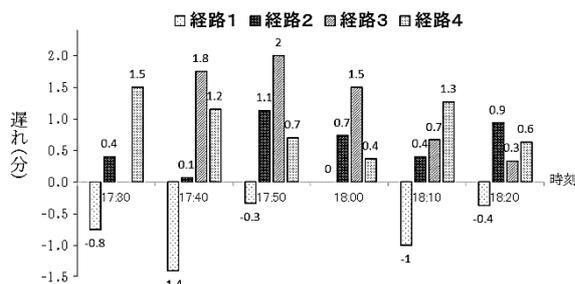
表1 共通区間の4つの経路における主な経由地と通過距離

経路	主な経由地	通過距離
1	(各方面) - 長崎駅前 - 大波止 - 出島表門橋 - 中央橋 - (各方面)	1.22 (km)
2	(各方面) - 長崎駅前 - 大波止 - 旧県庁坂 - 中央橋 - (各方面)	1.16 (km)
3	(各方面) - 長崎駅前 - 市役所 - 親和銀行前 - 中央橋 - (各方面)	1.68 (km)
4	(各方面) - 長崎駅前 - 市役所 - 万才町 - 中央橋 - (各方面)	1.78 (km)

3.2 調査結果

次に示した図3は、調査2から算出した共通区間の4つの経路における、時刻表と到着時刻の差を10分間隔で平均した値である。それぞれの経路について次の結果がえられた。

- 〔経路1〕 予定通りまたは早く運行されている。
- 〔経路2〕 遅れの変動が最も小さい。(最大1.1分)
- 〔経路3〕 最も遅れが大きい。(最大2分)
- 〔経路4〕 18時にかけて遅れ幅は小さくなるが、その後再び遅れが大きくなる。



グラフは時刻表と到着時刻との差を10分間隔で平均した値

図3 共通区間における4つの経路における遅れ

3.3 調査結果の考察

〔経路2〕と〔経路4〕は中央橋付近で合流したのち同じ停留所に停車する。そのため、〔経路2〕と〔経路4〕から来るバスが連続して停車待ちをしていた。さらに乗降を終えたバスの中には、車線をまたいで中央寄り3車線目への進路変更のために動けない場合がみられ、これらの要因も重なり、その結果バス同士の渋滞が発生し、遅延の原因となっていることがわかった。

4. 遅れが発生しにくい路線バス運行経路のための2つの改善案

4.1 改善案1

〔経路2〕には中央橋交差点を通過後、図2に示した(ア)方向の市民会館停留所方面へ左折する便、(イ)方向の浜町方面へ直進する便、(ウ)方向の出島方面へ右折する便の3つが存在する(図2参照)。このうち(ア)の方面へ左折する便を〔経路1〕へ変更することで遅れ

を改善できると考える。この変更により〔経路2〕を減便できることで運行台数を減らし、路線バスの同士の渋滞が緩和する効果が期待できる。(ア)方向の市民会館停留所方面へ左折する便は中央橋交差点の約50メートル先の同じ名称の停留所にも停車する。よって〔経路1〕に変更することによる利便性の問題は最小限であると考えられる。また、中央橋交差点で(ア)方向へ直進することができ、スムーズに中央橋交差点を通過できる。さらに、〔経路2〕の便数を減らすことにより所要時間の遅れを少なくすることができ、〔経路1〕の便数を増やすことで所要時間よりも早く到着することを抑えることもできると考えられる。

4.2 改善案2

中央橋行きの一部を長崎駅前行きとしての運行することで遅れを改善できると考える。中央橋交差点での現地調査から、〔経路3〕の中央橋行きの終点直前の乗客数が少ないことがわかった。よって中央橋行きの一部を長崎駅前行きへ変更し運行することが可能である。これにより経路が分散されバス同士の渋滞が緩和し、遅れが発生しにくい運行が可能になる。また、運行経路が分散されることで、ダイヤの遅れが生じにくくなることにより、バス運営会社側としても運転手のダイヤ編成がしやすくなり、運行効率が上がる利点があると考えられる。

4.3 改善案2における利便性低下の検討

改善案2でバスの遅れが改善できる。その一方で中央橋まで乗車予定の乗客については、乗継が必要となるなど、乗客の便宜性が犠牲になる可能性も生じた。しかし、長崎バスと長崎市とが連携し運行効率化(短縮化)に伴う乗継割引計算ソフトの開発²⁾がすすめられている。このソフトを使用することで、運賃はこれまでと変わらず乗り継ぐことができるようになる。乗客にとっての利便性は若干低下するが、すべての便を効率よくかつ遅れなく時刻表通りに運行するためにはやむを得ない改善であると考えられる。

5. おわりに

現在、本調査で検討した2つの改善策について長崎バスや調査対象の路線を利用されている乗客への聞き取り調査を計画している。今後さらに調査を続け、遅れが発生しにくい路線バス運行経路の実現へ向けた改善案を検討し提示するための調査を継続する。

6. 参考文献

- (1) 時刻表, 株式会社長崎バス (2020)
- (2) 長崎新聞:バス路線存続へ「乗り継ぎ」増 長崎自動車 運行効率化へ, <https://www.nagasaki-np.co.jp/kijis/?kijid=678974612164019297>, (2020年9月20日閲覧)

ディープラーニングの精度とデータ量の関係

土井将太*1・益田拓実*1・森川智哉*1

指導教員：安原誠*1

Email: yasuhara_makoto_1@mt.tokushima-ec.ed.jp

*1：徳島県立脇町高校

◎Key Words ディープラーニング

1. はじめに

Chen Sun, Abhinav Shrivastava らの数百万のデータを用いた研究によると、ディープラーニングの精度とプログラムに学習させるデータ量には正の相関関係があるという⁽¹⁾。この関係が比較的少ない数十枚のデータでも成立するか検証した。



図2 図1の判定画像

2. 検証方法

本研究ではディープラーニングの精度を画像認識による画像の判定の精度に、データ量をプログラムに学習させる画像の枚数に置き換えて実験を行った。その際使用したプログラムは、IBM Watson の Visual Recognition⁽²⁾である。これは、判定させたい画像を読み込ませると、学習したデータ群ごとにどれだけ似ているかを算出する。例えば、図1は、Visual Geometry Group 17 Category Flower Dataset⁽³⁾のキンポウゲ (buttercup), タンポポ (dandelion), デイジー (daisy), ヒマワリ (sunflower), フキタンポポ (coltsfoot) の画像を学習させ、学習させた画像とは別の図2の画像を判定させたときの結果である。この算出数値をもとに、各実験で精度の基準を設定した。

sunflower	0.87
daisy	0.13
dandelion	0.04
coltsfoot	0.00
buttercup	0.00

図1 判定結果 例

3. 実験1

3.1 実験方法

Google⁽⁴⁾で収集したイヌ (dog), ネコ (cat), トラ (tiger), ライオン (lion), ウサギ (rabbit), クマ (bear) の画像から、それぞれ70枚ずつ選び、それを20枚, 20枚, 20枚, 10枚に分ける。その画像を6種類の動物で合わせて、120枚, 120枚, 120枚, 60枚にまとめた画像群をそれぞれ「ア」, 「イ」, 「ウ」, 「エ」とする。また、「ア」を学習させたプログラムを[1a], 「ア」, 「イ」を学習させたプログラムを[1b], 「ア」, 「イ」, 「ウ」を学習させたプログラムを[1c]とし、[1a], [1b], [1c]にそれぞれ「エ」の画像60枚を判定させる。判定の精度の基準は判定の正誤と誤答した画像の算出数値とした。

3.2 結果と考察

[1b]は全画像とも正答であったが、[1a]と[1c]は同じネコの画像で誤答した(表1)。その画像の判定結果は表2のとおりである。

この結果を見ると、学習させる画像の枚数が増加すれば、精度が向上することが一様に正しいとはいえないと考えることもできるが、判定の算出

数値の差が非常に小さいため、これだけでは断定できない。そこで、次に判定の精度の基準をより細かく設定することにした。

さらに、学習させる画像の枚数とは別に、学習させる画像一枚一枚が精度に関係している可能性があるため、次はその対策も行うことにした。

表1 実験1 正答率

	[1a]	[1b]	[1c]
イヌ	10/10	10/10	10/10
ウサギ	10/10	10/10	10/10
クマ	10/10	10/10	10/10
トラ	10/10	10/10	10/10
ネコ	9/10	10/10	9/10
ライオン	10/10	10/10	10/10
計	59/60	60/60	59/60

表2 [1a], [1c]が誤答したネコの画像の判定結果

	[1a]	[1b]	[1c]
ネコ	0.39	0.70	0.65
トラ	0.80	0.58	0.64

4. 実験2

4.1 実験方法

実験2では判定の算出数値をすべて記録し、正解の動物の数値の高さと、異なる動物の数値の低さを精度の基準とした。

画像は実験1の「ア」、「イ」、「ウ」、「エ」を使用した各プログラムに以下のように学習させた。

[2a]-「ア」 [2b]-「ア」、「ウ」 [2c]-「ア」、「イ」、「ウ」

[3a]-「ウ」 [3b]-「イ」、「ウ」 [3c]-「ア」、「イ」、「ウ」

4.2 結果と考察

図3は[3a]~[3c]にネコの画像10枚を判定させた時の算出数値の結果である。10色の線はその10枚の画像を示している。数枚の画像で、[3a]から[3c]にかけて、正解であるネコの数値が増加し、異なる動物の数値が減少している。

[2a]~[2c], [3a]~[3c]ともに、[a]から[c]に差があった画像の判定は、このように[a]から[c]にかけて正解の動物の数値が増加し、異なる動物の数値が減少していた。この結果は学習させる画像群が異なる[2], [3]両方に当てはまり、両者間で結果の大きな違いも見られなかったため、学習させる画像一枚一枚の違いによる影響も考えられない。

このことから、学習させる画像の枚数が増加すれば、画像判定の精度は向上することが分かった。

よって、この実験から、比較的少ない数十枚のデータ量であってもディープラーニングの精度とデータ量には正の相関関係があり、データ量が増加すれば、ディープラーニングの精度は向上することが検証できた。

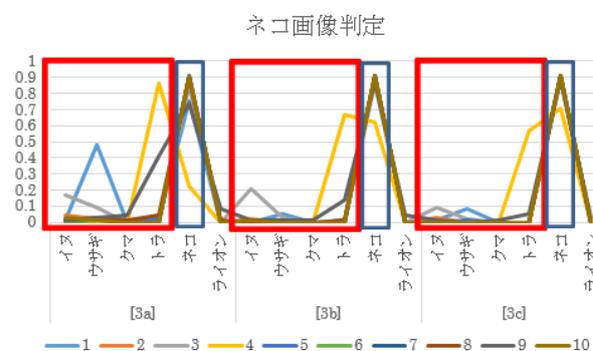


図3 実験2 [3a]~[3c]のネコの画像判定結果

5. おわりに

本研究では、データ量やその比較差が数十枚、数百枚であるときのディープラーニングの精度とデータ量の関係について検証した。今後はデータ量の比較数や比較差を増やして検証を行っていきたい。

参考文献

- (1) Cornell University: <https://arxiv.org/abs/1707.02968>
- (2) <https://www.ibm.com/jp-ja/cloud/watson-visual-recognition>
- (3) <https://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/data/flowers/17/>
- (4) <https://www.google.com/>

Watson によるチャットボットの学習方法

- 質問の導入方法 -

岩村 陸^{*1}・岡田 浩毅^{*1}

指導教員：吉田 賢史^{*2}

Email: okada.kouki@toki.waseda.jp

*1: 早稲田大学高等学院中学部

*2: 早稲田大学高等学院

◎Key Words 信頼度スコア, Intents, 質問数

1. はじめに

1.1 調査動機

近年、一般に提供されているツールなどを利用することにより、容易にQABotシステムが構築可能となっている。

QABot システムに関しては、小菅らは、振り返りシステムの REFLECTION-BOT を利用し、個別指導における学習進度管理、復習システムとして活用しており、生徒の成績、理解度向上の成果を報告している^①。また、渥美らは、SOTARO を開発して、演習授業支援に運用している^②。

我々は、チャットボットにおける質問応答のシステムとして、IBM 社が提供しているビジネス用 AI の IBM WATSON を使用し、身近な学習の Q and A Bot システムを構築できないかと考え、システムに効率的に学習させる手順について検討した。

本稿では、WATSON における中学の学習単位における質問の導入方法について考察する。

1.2 調査内容

Watson に学習させるための ケースデータとテストデータは、友人の質問内容をもとに、我々自身で 45 のデータを用意した。今回の QA Bot の場合、中学数学の関数を題材を絞り、表 1 のような質問と回答を用意した。ケースデータの例は、表 1 のとおりである。Watson の効率的な学習方法を調査するために、5 つのケースデータと 40 のテストデータに分け、セータセットを変更

表 1 ケースデータの例

質問
Q100 変域とは何ですか
Q101 関数の変域って何
Q102 1 次関数とは何ですか
Q103 原点は何ですか

しながら、調査をおこなった。質問と解答は、複数個の質問に対して一つの解答を作成した。

2. 信頼度スコアの調査

2.1 信頼度スコアとは

QABot において、質問に対して回答を表示するために、いろいろな形で表現された質問に回答できるようにしなければならない。例えば、

Q：関数の変域とは何ですか？

A：関数の変数の取り得る値の範囲のことです。
の場合、Q の入力は、我々が想定した文と必ずしも一致しない。

Watson の場合、想定した文章との類似度を 0 から 1 の間の数値で表し、これを信頼度スコアと呼ぶ。我々は、入力される質問文を増やすごとに信頼度スコアがどのように変化するか調査した。

今回用意した想定質問文の例は表 1 の通りである

2.2 Intents の質問を増やしたとき

Intents(同じ意味の質問群)を表 2 のように、実際の運用を想定して、順に質問を 1 つずつ増やし、その都度「変域」と質問を入力し、信頼度スコアを調査した。質問の一覧と、その質問を増やしたときの信頼度スコアは表 2 の通りである。

「変域」という語彙を含む質問例を追加することで信頼度スコアが上がった。

表 2 「変域」を入れた質問

入力質問 「変域」	信頼度スコア
質問 Q200 変域とは何ですか	0.185
Q201 変域とは何か	0.404
Q202 変域とは	0.487
Q203 変域って何	0.993
Q204 変域って何か	0.992

2.3 Intents の質問数を変えずに全ての Intents の数を増加

Intents の質問数を変えずに全ての Intents の数を2倍、3倍したときの信頼度スコアの変化を「一般形」と質問を入力し調査した。信頼度スコアは表3の通りである。

全ての Intents の数を2倍、3倍させたことで信頼度スコアが減少していることがわかる。

2.4 1つの Intent のみ質問を2つに

全ての Intents の数が4であり、1つの Intent のみ質問を2つにしたときのそれぞれの Intents の信頼度スコアを調査し、全ての Intents の質問が1つのデータと比較した。信頼度スコアは表4の通りである。

1つの Intent のみ質問を2つと Intents の質問が2つの信頼度スコアが異なること、Intents の質問が2つの信頼度スコアの方が低いことから、他の Intents の質問数が信頼度スコアに関係することがわかる。

2.5 全ての Intents に共通の単語を含ませた場合

全ての Intents の質問に共通の単語(2次関数)を含ませた場合と、そうでない場合の信頼度スコアを比較した。信頼度スコアは表5の通りである。

全ての Intents の質問に共通の単語を含めると、共通の単語である、「2次関数」と質問した場合でも、信頼度スコアが低下することがわかる。

3. Watson の効率のよい質問の導入方法

以上の調査結果から、Intents の質問数を増やすとそれに伴って信頼度スコアが上がると推測していたが、今回の実験では、逆に信頼スコアが下がることがわかった。また、信頼度スコアの計算において、他の Intents の質問数が関係しており、全ての Intents に共通の単語を含むと、共通の単語を含めない場合に比べ信頼度スコアが低下する。

これらのことから、信頼度スコアを上げるには、全ての Intents の数に比例して、Intents に質問を追加し、共通の単語をなるべく入れず、質問に共通の表現を使わないことで、効率的に学習ができると考えられる。

4. 今後の課題

我々は QABot の導入として IBM Watson を用いたが、内部の処理方法がブラックボックスであり、信頼スコアの算出方法も不明な点が多い。今後、テキスト処理の方法や係り受け分析の方法を検討し、日本語に適した QABot の構築を目指したい。

謝辞

今回の IBM WATSON の API を利用するにあたり、NDI SOLUTIONS の岡田氏にご教示いただきました。ここに深謝します。

表3 全質問数を増加させたときの信頼度スコア

質問群	入力質問 「一般形」		
	Intents の数：4	Intents の数：8	Intents の数：12
	信頼度スコア		
Q400	0.062	0.061	なし
Q401	0.246	0.200	0.190
Q402	0.097	0.088	0.084
Q403	0.086	0.079	0.075

表4 全質問数を増加させたときの信頼度スコア

質問群	入力質問 「標準形」		
	質問数：1	質問数：1 (Q400のみ)	質問数：2
	信頼度スコア		
Q500	0.096	0.229	0.182
Q501	0.054	0.092	0.069
Q502	0.044	0.086	0.072
Q503	0.050	0.087	0.071

表5 共通の質問を含む場合とそうでない場合

質問	共通の単語を含む		含まない
	2次関数	標準形	比例
	信頼度スコア		
Q600	0.625	0.183	0.806
Q601	0.360	0.069	0.297
Q602	0.312	0.072	0.336
Q603	0.326	0.071	0.337

参考文献

- (1) 小菅李音, 高木正則, 市川尚: “チャットボットと個別指導を併用した数学教育における理解困難箇所の学習支援の実践と評価”, 情報教育シンポジウム論文集, 2020, pp.31-38 (2020).
- (2) 渥美雅保, 村田祐樹, 安川葵: “オープンチャットとロボットの連携によるティーチングアシスタントとの協働システム”, 人工知能学会全国大会論文集, 31 (2017).

CIEC 研究委員会

委員長：菅谷 克行（茨城大学）

副委員長：布施 雅彦（福島工業高等専門学校）

委員：

大岩 幸太郎（大分大学）

立田 ルミ（獨協大学）

落合 純（新潟経営大学）

鳥居 隆司（椛山女学園大学）

小野田 哲弥（産業能率大学）

三浦 靖一郎（徳山工業高等専門学校）

鈴木 大助（北陸大学）

森 夏節（酪農学園大学）

橘 孝博（早稲田大学高等学院）

李 凱（獨協大学）

CIEC 春季カンファレンス論文集 Vol.12 Proceedings of the CIEC Spring Conference 2021

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

電話 03-5307-1195 FAX 03-5307-1180

出版年月日：2021年3月20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。