
愛媛大学教育学部附属

科学教育研究センター紀要

Bulletin of the Center for Research in Science Education Faculty of Education Ehime University

2022 年 3 月 31 日

愛媛大学教育学部附属科学教育研究センター

目次

科学教育研究センター紀要発刊に寄せて	佐野栄	1
愛媛大学ジュニアドクター育成塾の応募状況の分析	向平和・中本剛・佐野栄・加納正道・立川久美子	2
科学的根拠に基づき探究する自立型学習者の育成－教科横断的な学習の実践を通して－	真木大輔・薬師神吉啓・向平和・大西義浩・玉井輝之	6
教員養成におけるがん教育の試み 教育学部「一貫教育・連携教育概論」における実践報告	薬師神芳洋・向平和・上田敏子・隅田学・小林直人	11
鶏卵乳化性原理の理解度を高める授業の構築と実践	岡本威明・野口綾花	15
コラッツ予想に関する双子の系列について	栗林音菜・高畔聖奈・藤本裕暁・都田一馬・安部利之	23
小学校におけるコンピューテーショナルシンキングに関する調査分析と授業実践	権名津卓未・大西義浩	27
3DCAD と 3D プリンタについての意識調査と課題解決型学習を取り入れたものづくりの授業提案	玉井輝之・薬師神吉啓・大西義浩・森慎之助	37
生命を尊重する態度を高める「My メダカ」－小学校理科第5学年「魚のたんじょう」の学習を通して－	水口達也	46
中学校数学科の学習において一次関数とみなして問題解決する学習のあり方についての研究	吉村直道・富永剛志・宇都宮憲二・山本泰久	50
Minecraft を用いた論理回路学習環境の設計	富田英司・玉井誠一・河村泰之・坪田康	60

科学教育研究センター紀要発刊に寄せて

愛媛大学教育学部附属科学教育研究センター長 佐野 栄

令和3年度、愛媛大学教育学部に科学教育研究センター（Center for Research in Science Education : CRESE）が新設されました。本センターは、教育学部ならではの、附属学校園や地域の学校等とのつながりを基盤にした、科学教育カリキュラム・教材の開発、拡大する科学教育支援事業に関する組織的支援体制の整備、さらに、科学教育支援事業を通じて得られた各種成果の広報等、様々な科学教育支援事業を組織的に運営することを目的にしています。

現在、科学技術振興機構（JST）による、スーパーサイエンスハイスクール（SSH）事業、グローバルサイエンスキャンパス（GSC）事業、ジュニアドクター育成塾事業等、国の科学技術基本計画に沿った複数の人材育成事業が並行して稼働しています。愛媛大学では、上記のJST事業すべてに関与しており、全国的にも数少ない、科学教育活動に積極的に貢献している大学といえます。SSH事業では、愛媛県内において、松山南高等学校、宇和島東高等学校、西条高等学校の3校が指定されており、愛媛大学は、すべての高校の事業の運営指導に携わり、さらに研究活動を支援しています。ジュニアドクター育成塾は平成29年度から、GSCは平成30年度から指定を受け、両事業共に活発に次世代の科学人材の育成に取り組んでいます。そして両事業共に今年度がJSTからの支援の最終年度となります。

教育学部では、主にジュニアドクター育成塾の運営を中心に行ってきました。県内外の小中学生を対象に、応募者の中から、第一段階約40人を選抜し、年間約20回の講座を開催してきました。この中から更に第二段階の個別研究活動に取り組む約10人を選抜し、子どもたちの自発的な探究心や想像力の伸長に努めてきました。今後は、ジュニアドクター育成塾を修了した子どもたちが高等学校に進学し、GSC事業或いはその後継事業にエントリーして、更なる探究活動に取り組み、その後、愛媛大学に進学するような人材に成長することを期待しています。

一方、愛媛県教育委員会・県総合教育センターを中心として運営してきた、えひめサイエンスリーダースキルアッププログラム事業（平成27年～平成29年の3年間はJST支援事業）にも教育学部を中心とした愛

媛大学教員が深く支援に携わってきました。この事業には、県内の高等学校生徒と教師が、毎年数百人規模で関与し、県内でも最大規模の科学人材育成事業として運営され、JSTからの支援終了後も、活発に高校生の科学的探究活動に貢献し続けています。

上述のように、愛媛県内では、初等・中等教育段階における科学教育事業が複数稼働しており、これらの事業が有機的に結びつくことによって、より質の高い次世代科学人材の育成が期待できます。愛媛大学では、令和4年度、県内のSSH、GSC、ジュニアドクター育成塾の3事業、さらにこれらの後継事業を組織的に運営するために、次世代科学人材育成室を発足させます。次世代科学人材育成室では、中等教育段階から科学的資質に長けた人材を組織的に育成することを通じ、愛媛大学への、主に理系学部への進学の道筋を広げていく予定です。

さらに教育学部附属科学教育研究センターでは、大学の次世代科学人材育成理念を踏襲しつつ、これまでに培ってきた愛媛県内の各種学校、教育委員会、教育センター等との連携実績を踏まえ、これからの科学教育の在り方に関する検討や、科学教育研究のアウトプットを積極的に行っていきます。

本センター紀要は、科学教育研究公開の窓口には位置付けられます。教育学部附属科学教育研究センターの研究活動が広く学校教育現場の先生方に認知されるよう、タイムリーな研究内容の公開に努めていく所存です。さらに、科学教育の充実を一層高めるためには、大学教員のみならず、教育現場の第一線で活躍されている多くの先生方にも研究成果を報告していただき、その成果をより多くの方が共有できるような場にしていく予定です。大学教員、教育現場の先生方を始め、より多くの方に本センター紀要に投稿していただき、広く成果の拡大を図っていきたくと考えています。

愛媛大学ジュニアドクター育成塾の応募状況の分析

Analysis of application status of *Ehime University Junior Doctor Ikuseijuku*

○向平和^{*1}, 中本剛^{*1}, 佐野栄^{*1}, 加納正道^{*1}, 立川久美子^{*1}

MUKO Heiwa^{*1}, NAKAMOTO Go^{*1}, SANO Sakae^{*1}, KANO Masamichi^{*1}, TATSUKAWA Kumiko^{*1}

^{*1}愛媛大学教育学部

^{*1}Faculty of Education, Ehime University

[要約] 愛媛大学教育学部では平成 29 年度より国立研究開発法人科学技術振興機構ジュニアドクター育成塾事業を受託し実施している。本事業は、科学技術イノベーションを牽引する傑出した人材の育成に向けて、理数・情報分野の学習等を通じて、高い意欲や突出した能力を有する小中学生を発掘し、さらに能力を伸長する体系的育成プランの開発・実施を行うことを目的とした 5 年間の支援事業である。令和 3 年度までの 5 年間の実施において、令和 2 年度より大きく募集方法や選抜方法、実施内容が変化した。そこで、募集方法の変化などの影響について、応募状況から分析を行った。その結果、教育委員会の支援から学校での募集チラシ配布が有効であること、実施内容が子ども達にとって魅力的なテーマが重要であることが明らかとなった。今後はイノベーションを牽引する人材育成のためにさらに魅力的なカリキュラムをデザインしながら、科学教育の振興に貢献したいと考える。
[キーワード] ジュニアドクター育成塾, 募集方法, 応募状況, カリキュラム・デザイン

I. はじめに

国立研究開発法人科学技術振興機構 (以下, JST) は平成 29 年度よりジュニアドクター育成塾事業を典型している。令和 3 年度実施機関は 30 の機関で実施されている。実施機関は大学, 高等専門学校, 特定非営利活動法人 (NPO 法人), 株式会社など多様である。本事業は、科学技術イノベーションを牽引する傑出した人材育成に向けて、高い意欲や突出した能力を有する小中学生を発掘し、さらに能力を伸長する体系的育成プランの開発・実施を目的としている。これまでも体系的育成プランの実施内容や評価等については、本学の取り組み (大橋 2018 ; 向ら 2021), 鳴門教育大学の取り組み (早藤ら 2018, 2020 ; 胸組ら 2018), 鳥取大学の取り組み (梶井 2020), 山形大学の取り組み (栗山 2021), 静岡大学の取り組み (山本 2021), 琉球大学の取り組み (福本ら 2021) など多くの報告が見られる。各事業で素晴らしいカリキュラム開発を行っているが、その広報で苦労していることが多く、応募者が想定より少ないことも多いようである。

そこで、本研究で愛媛大学でこれまでの募集方法などの影響を応募状況から分析することで、上記の問題に示唆が得られると考えた。

II. 研究の方法

1. 分析の対象

平成 29 年度～令和 3 年度までの募集方法と応募状況について、これまでの業務報告書等から基礎データを収集した。

2. 分析方法

収集した基礎データを地域ごとに集計し、応募状況の可視化を行った。さらに愛媛県の児童・生徒の在籍数についても調査し、それらを比較することで、応募の有効性等について考察した。

III. 結果

平成 29 年～令和元年までは、主に新聞や地方紙の広告掲載および SNS (Facebook など) web ページによる広報で行っていた。令和 2 年度からは案内チラシと web ページによる広報に限定して広報を行った。それらの経費について前者については令和元年度、後者については令和 3 年度の経費について表 1 に示す。

表 1 広報に使用した経費

令和元年度の経費	
新聞広告掲載	756,000
SNS, web 配信等	415,828
令和 3 年度の経費	
チラシ印刷費	96,833
web ページ管理費	12,213

表1より、令和元年度の経費は合計1,171,828円、令和3年度の経費は合計109,046円となっていた。

次に各年度の応募状況を地域別でまとめた結果を表2に示す。

表2 第1段階プログラムの応募状況

地域	H29	H30	R1	R2	R3	計
松山市	51	14	27	139	157	388
西条市	0	1	0	20	14	35
今治市	3	1	1	13	15	33
新居浜市	0	2	0	15	11	28
伊予市	3	0	2	5	11	21
伊予郡	1	1	0	4	15	21
大洲市	1	0	1	4	3	9
八幡浜市	1	0	0	8	3	12
宇和島市	1	0	0	2	4	7
東温市	1	3	0	1	6	11
四国中央市	0	2	0	11	7	20
西予市	0	0	0	2	2	4
上浮穴郡	0	0	0	2	0	2
西宇和郡	0	0	0	3	4	7
北宇和郡	0	0	0	1	1	2
喜多郡	0	0	0	1	1	2
岡山県	1	0	0	0	0	1
香川県	0	0	1	1	0	2
計	63	24	32	232	254	605

表2より、令和2年度より応募人数が大幅に増加するとともに、愛媛県全域からの応募へと変化していることがわかる。

IV. 考察

表2より、令和元年度と令和3年度の地域別の応募人数を円グラフにした結果を図1、2に示す。また、愛媛県教育関係職員録令和3年度より各地域の在籍児童および生徒数を集計し、割合を円グラフにした結果を図3に示す。

図1～3を比較することで令和3年度が在籍児童・生徒数の割合に近づいており、広く周知ができている

と考えられる。ただし、愛媛大学がある松山市の割合は在籍児童・生徒は39%であるが、令和3年度の実績の割合は62%である。この点は近郊が応募しやすい現状として致し方ないと考えられる。

また、表1と表2より応募1人あたりの経費を算出すると、令和元年度は36,619円、令和3年度は429円であった。費用対効果で考えると85倍になる。

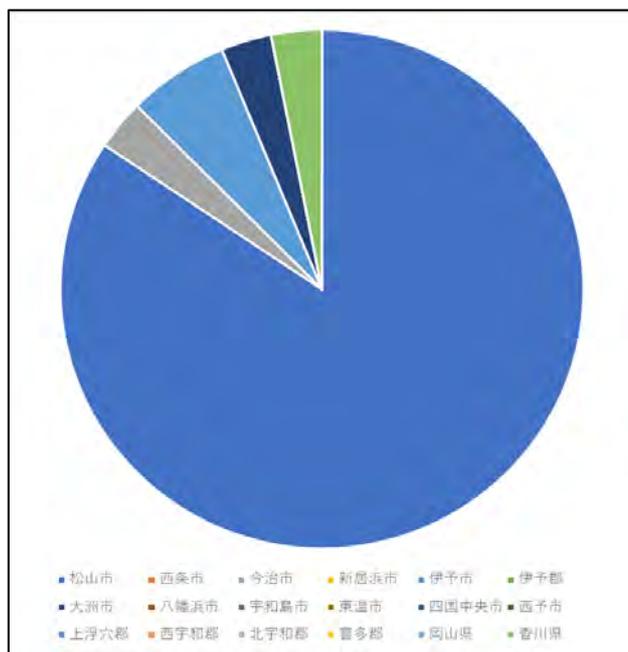


図1 令和元年度の実績の割合

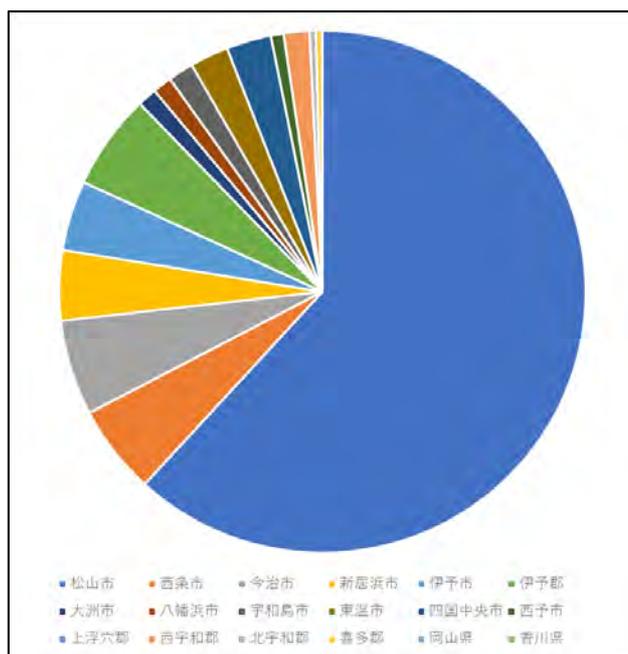


図2 令和3年度の実績の割合

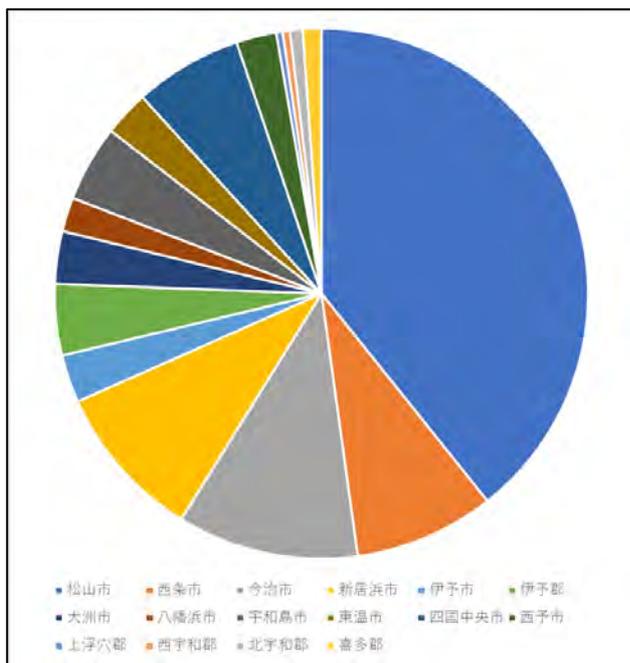


図3 各地域の在籍児童・生徒数の割合

もちろん募集方法の変化が大きな成果につながっているが、表3、4に示すように第1段階育成プログラムのテーマの変化も影響していることが考えられる。

表3 令和元年の第1段階育成プログラムのテーマ

テーマ (内容)
ジュニアドクター育成塾とは&ICT活用法
グラフィックレコーディング
多言語教育
想いを実現するためのマネタイズ
ドローン
スポーツ科学
錯視
最終成果発表会

表4 令和3年度の第1段階育成プログラムのテーマ

テーマ (内容)
開校式・評価に関する講習会
動物園の役割について学ぼう！（研究倫理教育を含む）
夏休み特別野外実習
情報のまとめ方（新聞作成等）
考古学：古代の生活を科学しよう！
ミクロの世界
熱電変換を体験しよう！～熱電素子を用いた霧箱の作製と放射線の観察～
ノーベル物理学者 南部陽一郎の研究に学ぼう
ハイブリッドロケット～ペットボトル・ハイブリッド・ロケット（PHR）を作り、飛ばしてみよう！

様々なジュースの糖度を測ってみよう！
数学ゲームにチャレンジ！
おさかな館の生き物や四万十川の魚について学ぼう
微生物を見てみよう！
愛媛大学ミュージアムの岩石・鉱物標本の観察
ロボット制御
センサーカーのプログラミングをしよう！
ネットワーク制御を体験しよう！
発表会・受講証および修了証授与式

V. おわりに

今回は募集方法を中心に分析を行った。愛媛県教育委員会及び各市町の教育委員会の協力により小学校、中学校で募集チラシを配布していただけたため、効果的な周知ができた。令和2年度より大幅な応募数の増加があり選抜方法の変更なども必要となったが、魅力的なノンフォーマル教育を企画しても子ども達にその魅力が伝わらなければ意味がない。ジュニアドクター育成塾の情報交換会では同様に学校からチラシ配布を実施しているが応募が少ないという話も聞いている。この点はおそらくその事業が特定の領域のテーマに偏ったカリキュラムになっていることが考えられる。さらに効果的で魅力があるカリキュラム開発が重要であると考えられる。

付記・謝辞

愛媛大学ジュニアドクター育成塾はJSTジュニアドクター育成塾事業の支援をうけて実施した。愛媛県教育委員会および松山市教育委員会をはじめ各市町の教育委員会、愛媛県総合科学博物館、愛媛県立とべ動物園、松山市考古館、松野町おさかな館、愛媛県立松山南高等学校の関係者に皆さんに協力いただいた。ここに記して感謝申し上げます。

文献

- 愛媛大学ジュニアドクター育成塾実行委員会（2021）
令和3年度業務報告書。
福本晃造・宮国泰史・杉尾幸司・古川雅英（2018）：小中学生を対象とした科学教育プログラム参加者の特徴とその類型化，日本科学教育学会年会論文集，42，261-262。
早藤幸隆・胸組虎胤・金児正史・田村和之・曾根直人・米澤義彦（2018）：小中学生を対象とする次世代の科

- 学技術者育成プログラムの開発と実践的評価, 日本科学教育学会年会論文集, 42, 555-558.
- 早藤幸隆・胸組虎胤・金児正史・田村和之・曾根直人・米澤義彦 (2020) : 小中学生を対象とする次世代の科学技術者育成プログラムの実践的評価, 日本科学教育学会年会論文集, 44, 367-370.
- 梶井直親 (2020) : 小中学生を対象としたグループディスカッションスキルの評価の検討—鳥取大学ジュニアドクター育成塾での取り組みに関する報告—, 日本心理学会大会発表論文集, 84, 76.
- 国立研究開発法人科学技術振興機構ジュニアドクター育成塾 web ページ, <https://www.jst.go.jp/cpsc/fsp/> (2022年3月18日最終確認)
- 公益財団法人愛媛県教育会編 (2021) : 愛媛県教育関係職員録令和3年度.
- 栗山恭直 (2021) : ヤマガタ 夢☆未来 Girls プロジェクト—ネットワークの構築と継続, 学術の動向, 26, 7, 38-42.
- 向平和・中本剛・小助川元太・佐野栄・平野幹・阿野嘉孝・中原真也・山本智規・吉富博之・熊谷隆至・大西義浩・岡本威明・中村依子・加納正道・立川久美子・田鍋克仁 (2021) : 小中学生対象のノンフォーマル科学教育プログラムの開発と実践—愛媛大学ジュニアドクター育成塾の令和2年度実施内容を中心に—, 日本科学教育学会研究会研究報告, 36, 6, 31-34.
- 胸組虎胤・金児正史・早藤幸隆 (2018) : ジュニアドクター発掘・養成講座における教科複合的授業: 生命科学, 日本科学教育学会年会論文集, 42, 563-564.
- 大橋淳史 (2018) : 小中学生を対象とした理系人材育成プログラムの開発と評価, 日本科学教育学会研究会研究報告, 32.8.59-62.
- 山本高広 (2021) : 静岡 STEM アカデミーの取り組みからみるこれからの STEM 人材育成—タイ国への調査を見据えて, 日本科学教育学会年会論文集, 45, 273-276.

科学的根拠に基づき探究する自律型学習者の育成 —教科横断的な学習の実践を通して—

Development of explore skill based on a scientific evidence –Through the learning of cross-curriculum-

○真木大輔^{*1}, 薬師神吉啓^{*1}, 向平和^{*2}, 大西義浩^{*2}, 玉井輝之^{*2}

MAKI Daisuke^{*1}, YAKUSHIJIN Yoshihiro^{*1}, MUKO Heiwa^{*2}, ONISHI Yoshihiro^{*2} TAMAI Teruyuki^{*2}

^{*1}愛媛大学教育学部附属中学校, ^{*2}愛媛大学教育学部

^{*1}The Junior high school of Ehime University Faculty of Education, ^{*2}Ehime University Faculty of Education

【要約】 AI やIoTなどの急速な技術の進展により社会が激しく変化し、多様な課題が生じている現代社会の問題に対応するには、これまでの教科の枠にとらわれず、各教科での学習を実社会での問題発見・解決に生かしていくための教科横断的な教育が重要視されている。本研究では、STEAM教育の中でも、理科における探究学習の過程、技術分野のプログラミング教育に焦点をあて、プロジェクト全体を通じた問いとして、「災害への課題解決に向けて、テクノロジーで解決できることは何だろう」ということをテーマに実践を行った。この実践を通して、科学的根拠に基づき探究する自律型学習者の育成のために、生徒主体による学習活動・日常生活・社会との関連を重視した探究的な学習に取り組むことの有用性について、成果と課題を整理した。

【キーワード】 教科横断的な学習, STEAM教育, プログラミング教育, PBL, 探究学習, パフォーマンス課題

I. 問題の所在

AI (人工知能: Artificial Intelligence) やIoT (モノのインターネット: Internet of Things) などの急速な技術の進展により社会が激しく変化し、多様な課題が生じている現代社会の問題に対応するために子ども達の汎用的な資質・能力の育成が求められている。そのため、これまでの教科の枠にとらわれず、各教科での学習で獲得した見方・考え方を実社会での問題発見・解決に生かしていくための教科横断的な学びが必要となっている。理科という教科の枠を越えて、教育課程全体の取組を通じて、生徒一人一人が、自然環境や地域の将来などを自らの課題として捉え、そうした課題の解決に向けて、他者と協働しながら自分ができることを考え実践できる生徒(自律型学習者と定義)を育成する必要があると考えられる。

人1人の特性に応じた学びを実現するために、西川(2019)が提唱している「学び合い」(図1)という手法を使った。「学び合い」とは、教師が与えた課題や目標に対して、生徒同士が教え合うことなどによって、全員が目標達成することを目指す活動で、教師はファシリテーターに徹し、生徒同士の活動の中で学びが生まれる授業を設計する。「学び合い」がスムーズに進む手立てとして、スタディ・ログ(学習記録データ)に基づいた教師の支援や、「座席を決めない、おしゃべり、席立ち自由」の形式の授業を行う。生徒同士の意見交流が活発に行えるよう、ICTの特性である「情報を整理・分析、表現できる」「双方向でやり取りできる」等を活かして、端末とロイロノートを活用し、学習した内容を整理し学級全体で多様な見方・考え方を共有できるようにした。

II. 研究の方法

1. 対象と期間

国立中学2年生(男子64名, 女子62名)を対象に2022年10月29日~12月1日に計5回の授業実践を行い、後日、Googleフォームでアンケートを行った。

2. 研究方法

2.1. 生徒主体による「学び合い」学習の実践

教師主導の知識注入・伝達型の一斉授業では、生徒の理解度に個人差が生まれることがある。そこで、1



図1 「学び合い」学習のイメージ

2. 2. 日常生活や社会とのつながりが実感できる探究学習の実践

日常生活や社会で活躍しているスペシャリスト（専門家）をゲストティーチャーに招き、『理科×○○○○』というテーマで実践した。体験談や実験・観察等の講義を行った。生徒は、理科という教科をきっかけに、教科の枠を越えて学ぶことと自分の人生や日常・社会とのつながりを実感する。一人一人が地域の将来などを自らの課題として捉え、そうした課題の解決に向けて自分たちができることを考え、実践する姿を目指した。

本実践では、プロジェクト学習のテーマに世界的な課題となっているSDGsやSTEAM教育を組み合わせ、各教科（理科・技術等）の特性を生かした教科横断の単元構想を設計した。既存の知識や経験、理科や技術など各教科の学びなど、様々な「つながり」を通して、生徒の自己主導型の学習デザイン、教師のファシリテーションのもと、問題や課題、仮説などの立て方、問題解決に関する思考力や協働学習等の能力や態度を身に付けることを目指した。

III. 結果

1. 単元計画

1. 1. 単元名

テクノロジーを活用した災害の課題解決（第2学年）

1. 2. 単元計画（全5時間）

時間	教科	ねらい・学習活動
1	理科	理科の見方・考え方を働かせ、防災にはどのような応用可能性があるか科学的に探究する。
2	技術	技術分野の見方・考え方を働かせ、設定した課題を解決するロボットや機構の動作をフローチャートで作成する。
3	総合	外部講師を招いたエキスパート活動を通して、防災ロボットのアイデアを形にする。
4	総合	ジグソー活動として、エキスパート活動で企画を持ち寄り話し合い、発表会用の資料の作成を行う。
5	総合	発表会を通してプレゼン資料の妥当性について再検討する。

2. 授業の実践

2. 1. 理科（1/5時間目）

ア 主題

自然を生かした防災テクノロジーで商品企画を提案しよう。

イ ねらい

暮らしの中に自然界の生き物の形状や動きを模倣した科学技術（バイオミメティクス）が様々な形で

応用されていることを理解し、防災にはどのように応用可能か科学的に探究する。

ウ 展開

学習活動（形態）	時間	○教員の働きかけ・予想される生徒の反応	○指導の工夫 ◎評価規準（評価方法）
1 単元全体の見直しを待つ。（一斉）	4	○単元全体の流れを説明する。	○探究学習として、学習の進行を生徒に任せることで主体性の育ちを促す。
災害への課題解決に向けて、テクノロジーで解決できることは何だろうか。 パフォーマンス課題：あなたは、産業ロボット製作のプロジェクトチームの一員です。松山市危機管理課から防災に役立つロボットのプロトタイプの製品の依頼をされました。製品をチームで協力して完成させてください。また、世界コンペの際は、自分たちだけのオリジナルアイデア（付加価値）をプレゼンしてください。			
2 防災×テクノロジーの現状を知る。（一斉）	6	○災害に対応するロボットにはどのような特徴があり、どんな技術が使われているか確認しましょう。	○STEAM Library 提供のコンテンツを使うことで、簡便に現代社会の問題を把握させる。
3 ロボットでの課題解決イメージを考える。（グループ）	10	○防災の課題を解決するために、ロボットをどのように用いることができるでしょうか？	○グループでアイデアを出すことで、多様な見方・考え方に気づかせる。
4 バイオミメティクスについて知る。（一斉）	10	○これらの生物の“知恵”は実際にどんな技術・製品に生かされているだろうか？	○企業の製品を例に出すことで、実社会や生活に結び付いていることを実感させる。
5 ロボットのアイデアを考える。（個人）	10	○防災ロボットに生物の特徴を生かすと、どのような応用可能性があるでしょうか？ ・ツバメの羽の形状をドローンに生かす。 ・アメンボの水を浮く機能を生かす。 ・ヒマワリの常に太陽を向く性質をソーラーパネルに生かす。	◎課題と解決イメージを明確にし、根拠に基づいて論理的に説明している。（プレゼン資料） ○アイデアが思い浮かばない場合も、課題を覚えてしまうのではなく、解決方法（ロボット）を複数考えるよう助言する。
6 企画の共有と意見交換を行う。（グループ）	5	○個人でまとめた「企画」をグループで共有しましょう。企画のよい点はどこか、もう少し工夫した方が伝わりやすくなると思う点はどこか、意見を交換してください。	○グループ間で客観的な意見交換を行うことで、イメージをまとめてアイデアを具体化させる。
7 本時の振り返りを行う。（一斉）	5	○自分の考えやグループの考えを整理し本時の振り返りを行います。	◎本時の学びを振り返り、要点を明らかにして学んだことを表現している。（プレゼン資料）

エ 生徒成果物

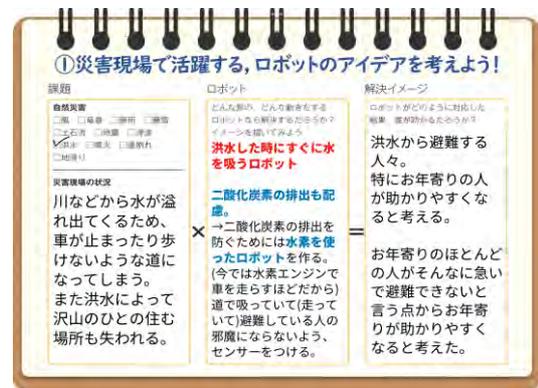


図2 災害現場で活躍するロボットのアイデア

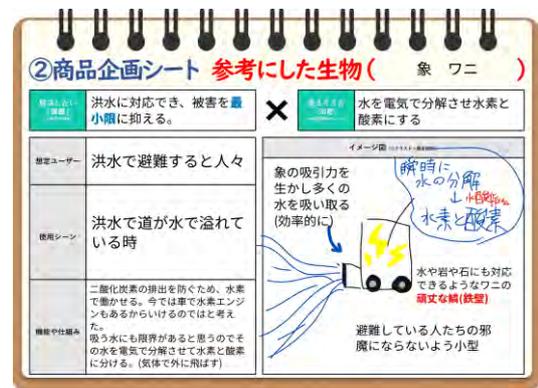


図3 商品企画シート

2. 2. 技術・家庭科（技術分野）（2/5時間目）

ア 主題

災害で活躍できるロボットの動きの流れをフローチャートで表そう。

イ ねらい

設定した課題を解決するロボットや機構の動作をフローチャートで構想できる。

ウ 展開

学習内容（形態）	時間	学習内容			指導の工夫と評価
		分かる	考える	実行する	
1 フローチャートの役割が分かる。（一斉）	5	なぜフローチャートを考える必要があるのかが分かる。			○指導の工夫と評価 ●評価（方法） ○製品の動きを分解して整理する必要があることに気づかせるため、身近な機器である製品（自動水栓）を取り上げる。 ○フローチャートの実社会での活用を想起させるため、主な記号をJIS（日本工業規格）で確認する。 ○災害の場面設定を明確にすることで、ロボットに必要な動きをイメージさせやすくする。 ●設定した課題を解決するロボットや機構の動作をフローチャートで構想できる。（ワークシート） ●フローチャートで動きを表すことの良さを理解し活用しようとしている。（ワークシート）
2 フローチャートについて説明する。（一斉）	3	情報処理の手順を示すために用いる記号等を確認する。			
3 身近な製品の動きをフローチャートで表す。（一斉）	2		自動ドアのフローチャートを考える。		
4 学習課題を確認する。（一斉）	1		災害で活躍できるロボットの動きの流れをフローチャートで表そう。		
5 学習課題の例を示す。（一斉）	3		フローチャートで表す手順が分かる。		
6 フローチャートで表す目的の動作を決める。（個人）	5		課題を解決するためにロボットの仕組みや動作を考える。必要な動作のフローチャートを表す。		
7 目的の動作をフローチャートで表す。（個人）	10		フローチャートを見せ合うことで改善点を見つけたら、ここに〇〇を入れたほうがいいよ。		
8 意見交換を行う。（グループ）	10		友人の意見を踏まえ、フローチャートを改善する。		
9 フローチャートを改善する。（個人）	6				
10 学習のまとめ（全体）	5		本時の振り返りを行う。		

エ 生徒成果物

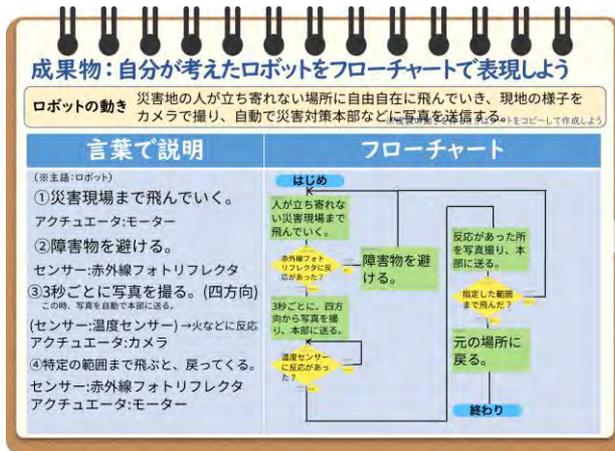


図4 ロボットのフローチャート

2. 3 総合的な学習の時間（3～5/5時間目）

ア 主題

防災ロボットのアイデアをプレゼンしよう。

イ ねらい

「持続可能な社会の実現」のために何が問題で何

ができるのかという、自分で課題を立て、情報を集め、整理・分析して、まとめ・表現することができる。

自分たちで防災テクノロジーについてオンラインコンペで提案することで、一人一人の防災・減災の意識を高め、積極的に社会に参画しようとする。

ウ 展開

学習活動（形態）	時間	○教員の働きかけ・予定される生徒の反応	○指導の工夫 ◎評価基準（評価方法）
1. 課題を確認し役割分担を決める。（一斉）	10	○防災ロボットのアイデアを表現するための企画を立てよう。	○よい企画を作るために、必要なポイント「目的の明確さ」「アイデアのインパクトや新規性」「アイデアの実現可能性」を確認する。
2. 企画の方向性とロボットの性能をグループで決めよう。（グループ）	15	○企画の方向性とロボットの性能をグループで決めよう。	
3. エキスパート活動で企画を具体化する。（エキスパート班）	25	○エキスパート班に分かれて企画を具体化していこう。 【エキスパートグループ】 A：全体進行（全体調整・企画書） B：デザイン（構造やパーツ） C：設計（プログラミング・回路） D：市場調査（マーケティング）	○表社会や実生活に結び付けていることを実感させるために、専門家（大学ゼミ生）との相談しながら進める。
4. ジグソー活動で企画を共有する。（ジグソー班）	30	○エキスパート班で考えたことを説明した後、ジグソー班で協力しながら、コンペに向けてプレゼンの準備をしよう。	
5. クラストークで各ジグソー班の企画について意見交換する。（小集団）	20	○ジグソー班でまとめた「企画」を他のグループと共有しよう。意見交換の際は、企画のよい点はどこか、もう少し工夫した方が伝わりやすくなると思う点はどこかアドバイスをしよう。	○オンライン発表の練習のため、本番と同じ環境で（Zoom）、異なるクラスのグループとクラストークをさせる。
6. オンライン発表会を行う。（一斉-グループ発表）	35	○多くの企業・団体が未来に役立つアイデアを求めて聞きに来ています。多くの企業・団体に採用してもらえような発表を目指しましょう。	○司会進行を生徒に任せることで主体性の育ちを促す。
7. 発表の振り返りを行う。（一斉）	5	○自分たちの発表と別のグループの発表を見る・聞くことを通じて学んだことを振り返ろう。	◆自分の立場や考えを明確にし、科学的根拠に基づいて効果的に発表している。（プレゼン資料）
8. 単元全体の振り返りを行う。（一斉）	10	○これまでの学習全体を通して、気づいたこと、学んだことを振り返ろう。	

エ 生徒成果物

図5 オンライン発表会資料

IV. 考察

1. 生徒主体による「学び合い」学習の効果

生徒主体に生徒主体による「学び合い」学習の効果を知るため、「学び合い」学習の授業を行っている生徒に学習の理解についてのアンケート（資料1）を行った。2020年度（中学3年生9月実施）と2021年度（中学2年生1月実施）に同じ質問項目で実施したところ、

上位三つとも同じ項目であった。この結果より、教師主導の知識注入・伝達型の一斉授業より、実験・観察、他者との交流による生徒主体による「学び合い」学習を行うことが生徒の学習の理解度に効果があることがわかった。生徒主体による「学び合い」学習を行うことで、生徒は教えられるのを待つのではなく、自ら学ぼうとする自律型学習者へと変貌し、他者と対話していくことで、自分だけでは得られない多様な情報や価値観を得ることができ、他者への説明を通して、情報として得た知識や技能をより自分のものにしていくことができたと考える。

あなたの学習の理解において、「XXXXXX」は、どの程度有効でしたか？

5. とても有効だった 4. まあまあ有効だった 3. どちらとも言えない
2. あまり有効でなかった 1. 有効でなかった

項目	3年生 平均値	2年生 平均値
「教員による講義型学習」	4.11	3.72
「学び合いによる学習者中心の学習」	4.35	4.39
「映像教材（動画）を中心とした学習」	4.11	3.84
「実験観察を中心とした学習」	4.36	4.56
「インターネットで調べる学習」	3.92	3.97
「専門家とつながる学習」	4.27	3.86
「レポート、プレゼンシートを作成する学習」	3.97	3.80
「他者との交流で自分の考えを表現する学習」	4.35	4.43
「SDGsなど社会や日常の問題に取り組む学習」	3.75	3.91
「問題演習（練習問題などを解く）」	4.11	4.33
「塾（家庭教師なども含む）での講義」	4.08	3.93

資料1 生徒の学習の理解度アンケート集計結果

2. 日常生活や社会とのつながりが実感できる探究学習について

単元終了後に生徒にアンケート（資料2）を行った。日常生活や社会とのつながりの有用性について7割以上の生徒が肯定的に捉えており、教科横断的な探究課題に取り組むことは、生徒は学ぶことと自分の人生や日常・社会とのつながりを実感することになっていると考えられる。また、9割の生徒が、教科の学びをつなげるデジタルポートフォリオ（図6）が有効であると答えている。ポートフォリオの型が探究学習を導く役割を果たし、考えを比較・関連させて新たなアイデアを創造したりするのに効果的であったといえる。

しかし、持続可能な社会に向けて行動したいと思う生徒はおよそ5割であり、社会参画意識の醸成には効果的であるものの、実際の行動変容までは至っていないと考えられる。このような学習を一過性の学習で終わるのではなく、他教科との横断的な授業や、学校全体としての指導計画の見直しなど、カリキュラムマネジメントに取り組んでいく必要がある。

プログラム学習「防災×テクノロジー」を通して、自分が思ったことについて当てはまるものを選んで下さい。(N=117)

5. とてもそう思う 4. そう思う 3. どちらとも言えない 2. あまり思わない 1. 思わない

項目	肯定率 5-4の総計	5 %	4 %	3 %	2 %	1 %
日常生活を送る上で、プロジェクト学習で学んだことが生かされていくと思いますか。	74%	18	56	14	10	2
これから社会に出ていく上で、プロジェクト学習で学んだことが役に立つものになっていると思いますか。	80%	37	44	13	6	1
持続可能な社会の実現に貢献する実践者としての意識を高めることにつながりましたか。	74%	26	48	19	6	2
持続可能な社会の実現のために自分が何か行動したいと思うようになりましたか。	51%	15	36	40	5	3
教科横断的に理科と技術と総合の視点から学習したことは、単教科で学習するより効果的でしたか。	83%	44	38	15	1	1
デジタルワークシートを活用していくことは、個人やグループの考えを形成・集約していく上で効果的でしたか。	91%	59	32	7	2	1

資料2 単元終了後アンケート集計結果



図6 教科の学びをつなぐデジタルポートフォリオ

V. おわりに

科学的根拠に基づき探究する自律型学習者の育成には、生徒主体による学習活動や、日常生活や社会との関連を重視した探究的な学習に取り組むことが効果的であるとわかった。これまでも真木（2021）や中村ら（2021）で報告しているように、他の教科・科目の内容や異校種間連携を促す実践も行っている。理科全体、本学の授業全体で子ども達の学びの姿勢がどのように変化しているのかも確かめる必要がある。今後は、生徒一人一人が学んだことを、どのように生活に生かし実践に繋げていくか、自分にできることを考え行動する生徒の姿に迫る指導改善を一層図りたい。

謝辞

本研究の教材の準備等において、愛媛大学学生の須

田龍弥氏, 松田晃宜氏, 采野美咲氏, 平悠希氏, 矢野駿介氏, 沖田一輝氏, 鈴江海斗氏, 竹内昇輝氏にご協力いただいた。ここに記して感謝申し上げます。

文献

真木大輔 (2021) : 1人1台の端末がある理科授業でできること-「鍛える授業」から「自ら学ぶ授業」へ, 理科の教育, 70, 829, 36-39.

溝上慎一(2016) : アクティブラーニングとしてのPBLと探究的な学習, 東信堂

文部科学省 (2018) : 中学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説理科編, 学校図書.

中村依子・真木大輔・向平和 (2021) : 異校種間連携を促す ICT を導入した探究活動の実践的研究-中学校第3学年理科「生物の成長と生殖」の授業において-, 生物教育, 63, 1, 30-38.

西川純(2019) : 個別最適化の教育, 学陽書房

教員養成におけるがん教育の試み
教育学部「一貫教育・連携教育概論」における実践報告
Teaching Practice of Cancer Education in the Teacher Training
Practical report in the Faculty of Education "Integrated K-12 Education"-

○薬師神芳洋^{*1}, 向平和^{*2}, 上田敏子^{*2}, 隅田学^{*2}, 小林直人^{*3}

Yoshihiro Yakushijin^{*1}, Heiwa Muko^{*2}, Toshiko Ueda^{*2}, Sumida Manabu^{*2}, Naoto Kobayashi^{*3}

^{*1} 愛媛大学医学部臨床腫瘍学, ^{*2} 愛媛大学教育学部, ^{*3} 愛媛大学医学部附属総合医学教育センター

^{*1} Department of Clinical Oncology, Ehime University School of Medicine, ^{*2} Faculty of Education, Ehime University,

^{*3} General Medical Education Center, Ehime University School of Medicine

[要約] 平成 18 年にがん対策基本法が制定され、政府が策定したがん対策推進基本計画を基に、がん教育が推進されている。そこで、まず、学校教育でがん教育に関連がある保健体育科と理科でのカリキュラム上での取り扱いについて整理した。次に、教員養成段階でのがん教育の推進のために、愛媛大学教育学部 3 回生の必修科目である「一貫教育・連携教育概論」にて、令和 2 年よりがん教育に関する講義を設定し実施した。その結果、保健体育科ではがん教育に関する内容が多く取り扱われており、その中で外部講師の活用もされていること、理科においてはがんに関する理解につながるヒトや放射線の内容は多く取り扱われているものの、がんに関する内容はほとんどないことが明らかとなった。また、がん教育に関する講義は、学生にとって有意義であり、さらにインクルーシブ教育などにつながる重要な内容であると考えられる。

[キーワード] がん教育, 教員養成, 理科教育, 体育科教育, 学部間連携, 一貫教育・連携教育概論

I. はじめに

近年、がん（悪性新生物）は 1981 年から日本人の死因の第 1 位となっている。この要因には、平均寿命の上昇、がん検診受診の低さ、子宮頸がんワクチンの摂取率の低さなどが関与し、社会問題として大きく取り上げられる課題となっている。

がん対策基本法（平成 18 年法律第 98 号）が施行され、政府が策定したがん対策推進基本計画（平成 24 年 6 月）において「子どもに対しては、健康と命の大切さについて学び、自らの健康を適切に管理し、がんに対する正しい知識とがん患者に対する正しい認識をもつよう教育することを目指し、5 年以内に、学校での教育の在り方を含め、健康教育全体の中で『がん』教育をどのようにすべきか検討し、検討結果に基づく教育活動の実施を目標とする」こととされた。第 3 期がん対策推進基本計画（平成 30 年 3 月）では「国は、学校におけるがん教育について、全国での実施状況を把握する。教員には、がんについての理解を促すため、外部講師には、学校でがん教育を実施する上での留意点や指導方法を周知するため、教員や外部講師を対象とした研究会を実施する」と明記されている。

これらの政策の具体として、学校教員および指導主

事等向け研修会やがん教育に関する教材開発及び外部指導講師の活用ガイドラインの作成、がん教育の実施状況調査が行われている。実施状況調査においては、平成 29 年調査では全体では 56.8%の実施率が平成 30 年調査では 61.9%と上昇している。愛媛県は平成 29 年調査では 50.1%から平成 30 年調査では 55.3%と上昇しているものの全国平均には及ばない状況である。なお、最も多い実施場面は保健体育の授業であった。今後さらなるがん教育の推進には保健体育のみではなく、がん化の仕組みなどを取り扱える理科での実践も検討していく必要がある。

また、筆頭著者はこれまで外部講師としてがん教育を学校現場で多く実践してきた。この経験から現職教員を対象とした研修の必要性もあるが、さらなるがん教育の推進には教員養成段階でがん教育を実施する必要性を感じていた。さらに、がん教育については、内容の理解も重要であるが、がんに罹患した子ども達や保護者への対応も考えられ、そして教員自身も必要であり、特定の教科の授業などではなく、教育学部全学生対象が望ましい。そこで、愛媛大学教育学部の全学生が必修授業として受講する「一貫教育・連携教育概論」にて令和 2 年度からがん教育の講義を担当する

こととなった。

本論文では上述の状況に鑑み、がん教育に関連する学校教育の保健体育科および理科の教育内容について概観するとともに、教育学部「一貫教育連携教育概論」での授業実践について報告し、教員養成におけるがん教育のあり方について考察することとした。

II. 保健体育科教育におけるがん教育に関連する内容

保健体育科では、小学校（保健領域）、中学校（保健分野）および高等学校（科目保健）においてがんに関する内容を系統的に学ぶよう、学習指導要領にて示されている。以下、各学校段階において示されているそれらの内容を概観する。

○小学校体育（保健領域）での取り扱い

小学校指導要領（平成 29 年告示）解説体育編では、第 6 学年の「病気の予防」のうち、生活行動が主な要因となって起こる病気の予防において、「がん」に関する内容がある。また、「(エ) 喫煙、飲酒、薬物乱用と健康」では、喫煙を長期間続けることによって、がんや心臓病などの病気にかかりやすくなるなどの影響について指導する。

○中学校保健体育編（保健分野）での取り扱い

学習指導要領（平成 29 年告示）解説体育編では、「(1) 健康な生活と疾病の予防」のうち「生活習慣病などの予防」で指導する。この単元は、「㉞生活習慣病の予防」および「㉟がんの予防」から構成されている。指導にあたっては、健康診断やがん検診などで早期に異常を発見できることなどを取り上げ、疾病の回復についても触れることとなっている。

○高等学校体育編（科目保健）での取り扱い

高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説では、「現代社会と健康」において「生活習慣病などの予防と回復」において示されている。がんについては、肺がん、大腸がん、胃がんなど様々な種類があり、生活習慣のみならず細菌やウイルスの感染などの原因もあることについて指導する。また、がんの回復においては、手術療法、化学療法（抗がん剤など）、放射線療法などの治療法があること、患者や周囲の人々の生活の質を保つことや緩和ケアが重要であることについて適宜触れる。

以上のように、学校段階が上がるごとにより専門的な内容となっており、知識の習得のみならず、思考力・判断力・表現力等の育成においても、教育方法の工夫が求められる単元といえる。本学の場合、こうした保健科教育の内容は、保健体育科教育法・初等体育科教

育法において指導しているが、限られた時間数であり、がん教育に特化した内容ではない。がんという疾患の理解や回復について、より専門的に学ぶ機会の創出は、教員養成の充実においても重要といえる。

III. 理科教育におけるがん教育に関連する内容

理科では、がん教育に関する直接の記述は見当たらない。しかし、ヒトに関する内容や放射線などがん教育に関連する内容は取り扱われている。そこで、各学校段階において学習指導要領で示されているそれらの内容を概観する。

○小学校理科での取り扱い

第 4 学年にて「人の体のつくりと運動」において筋肉と骨、関節の働きについて学ぶ。

第 5 学年では「動物の誕生」において母体内の成長について取り扱われる。

第 6 学年では「人の体のつくりと働き」で呼吸、消化・吸収、血液循環、主な臓器の存在について学ぶ。

これらの授業では直接、がんに関連させることはないが基本的な体のつくりと働きについて学び、がん罹患してそれらの働きなどが維持できないことを理解する上で基礎となる学びとなる。

○中学校理科での取り扱い

第 2 学年では「動物の体のつくりと働き」生命を維持する働きや刺激と反応について学ぶ。

第 3 学年では「エネルギーと物質」にて放射線について取り扱い、生命領域では「生物の成長と殖え方」「遺伝の規則性と遺伝子」について学ぶ。

これらの授業ではがんの遺伝性やがん化の過程でも重要な細胞分裂などキーとなる概念を取り扱い、がん化の要因となる放射線、「エネルギーとその利用」では放射線の医療利用などについても学ぶ。

○高等学校理科での取り扱い

生物基礎では「神経系と内分泌系による調節」「遺伝子とその働き」「免疫」について学ぶ。

生物では「生物の進化」で突然変異と生物の形質の変化について理解し、「遺伝情報の発現と発生」で遺伝子の発現制御について学ぶ。

高等学校においては分子生物学の内容も多く取り扱われ、テロメアやNK細胞などがん化の過程に必要な詳細な生物現象の理解が含まれる。

IV. 「一貫教育・連携教育概論」における実践内容

教育学部 3 回生向けの「一貫教育・連携教育概論」

は、全ての教育学部生に必修の講義である。この講義は、平成28年学部改組の際に新規開講され、義務教育学校や中等教育学校等すべての教科の教員が担当し、カリキュラム・マネジメントなどの現代的な教育課題に対応できる教員養成目的で開講された。筆頭著者は、この科目に含まれる「がん教育」を令和2年から担当した。また、学生の理解度を確認する目的で講義後には受講生にレポートを提出させている。

この講義では、大きく3つの分野において学生に知識の習得を求めた。

① 中学校・高等学校の生物・保健分野に通じる「がん」の発生と予防を理解し、生命を脅かすこの病気が持つ様々な問題を理解する。

感染症を含む外因による病気のコントロールが可能になる中、遺伝子の異常により生じる「がん」という疾病が、日本人死因の第1位になっていること、また、遺伝子異常が生じる背景には、生活習慣（特に喫煙・肥満）やウイルス疾患（子宮頸がんや肝がん）が濃厚に関与していること、更に、手術や放射線治療のみならず様々ながん治療の技術革新（分子標的治療薬や免疫治療薬）が、がん患者の余命を延長（がん全体の5年生存率は70%）している（図1）ものの、新たな問題をも引き起こしている事（高額な医療費の問題、がんサバイバーの問題、がん遺伝子を持つ家系の問題など）等を概説した。

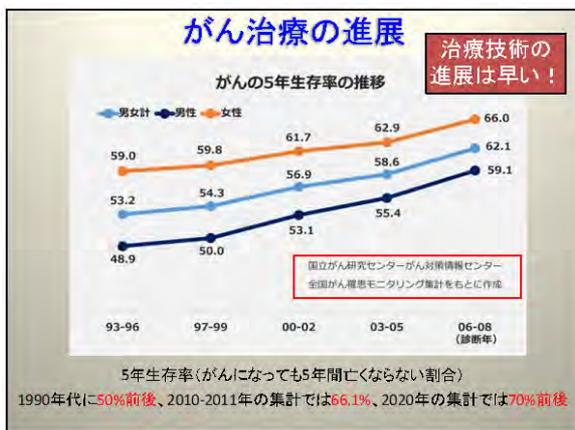


図1. がん治療の進展

② がんに伴う死生観を将来の教育・指導にいかにかすか

私たちは、避けられない死を恐れる事が不合理である事を知りながら、極度に死(がん)を恐れ死(がん)から顔を背けようとする(図2)。教育者として育つ聴講者が、将来どのようにこの「矛盾」や「死生観」、また、「命の大切さ」の教育に携わるかを考察した。この方法の一つに、1人の乳がん末期の養護教員が行う「命の授業」の動画を用いた。

恐怖	
	避けられない死を恐れる事が矛盾であり、不合理である事を知りながら、人は極度に死を恐れ、死から顔を背けようとする。
プラトン	死は靈魂の不死の世界への移行
キリスト教	死は精神の肉体からの解放、神のそばへの昇天
ヤスパーズ・ハイデッガー	死は悲惨な絶望的限界状況とし、死を生きることによって真実の自己を表現しようとした
禅	一切の理論的分析を断絶し、生死を超えることで死の不安を克服する
サルトル	死を完全に無意味な偶発事故として無視する
モンテーニュ	死とは死にかかる過程が終わる一瞬にすぎない

図2. 死の恐怖

更に、がんのみならず全ての病気の治療には肉体のみならず精神的な「緩和ケア」が必要であることを述べ、闘病する生徒、家族にがん患者を持つ生徒に対する精神的なケアの重要性について触れた。

③ 聴講者が将来教育現場で触れるであろう「がん」について

将来学校現場で児童・生徒自身ががん罹患する可能性や、その家族が罹患したときの心づもりやその対応を想定した内容を解説した。即ち、聴講者は将来、「がんで闘病する生徒を受け持つ場合」「闘病する親や家族を持つ生徒を受け持つ場合」「がんで親を失った生徒を受け持つ場合」に直面する(図3)。この一つ一つの場合において、どのように接するべきであるかを概説した。闘病する生徒、家族にがん患者を持つ生徒の問題点を説明するとともに、生徒を理解すること以外に何も特別なことは無いこと、また、成長する子どもの力を信じて誠実で真摯な対応が必要であること、を解説した。

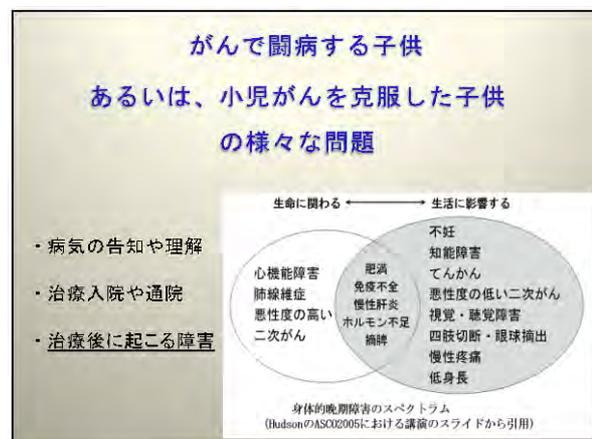


図3. 小児がん患者の問題点

④ 学生のレポート

理解度の確認にはレポート(200字以上を採点基準とした)を用いた。その内容からは、多くの学生が感銘を受けている様子が窺えた。現代医療の進展、ワクチンを含むがん予防の重要性、罹患した子どものケア、傾聴の重要性、自分自身の経験に基づく記載など、内容は極めて充実し、「死に向き合うという事は、どのように人生を生きるか、どのように生を考えるかという事と同義だと感じた。」といった死生観に関する感想や、「自分は病気に対して何も出来ないかもしれない。しかし、話しを聞き寄り添う事はできる。孤独やがんに苦しむ生徒に対して寄り添い、きちんと対話できる教師になりたい。」と言った自分の将来を見据えた感想も述べられていた。多くの学生が200字にとどまらず、1,000字超えも多く、最大は4,000字を超えるレポートもあり、感銘を受けている様子が窺えた。本講義の目的は十分達成出来たと感じている。

本講義・試みは令和2年より開始し、当初は手探りの状態であったものの、学生の反応は予想を大きく超えたものであった。医学や看護学と同様に教育学自体、やもすれば職業教育としての知識と技術の習得ばかりに偏重する傾向がある。しかし、多くの学生は、目指す職業を通じて人としての繋がりや喜びを求めるものである。著者ら自身、短い授業ではあるもののその事を実感した授業であった。今後とも「がん教育」を通じ、「子どもの力を信じ誠実で真摯な対応が必要であること」を将来の教育者に伝えたいと考えている。

V. おわりに

本論文では、学校教育におけるがん教育に関連する学習内容と一貫教育・連携教育概論における授業実践について報告した。教員養成において医学部の専門家が講義を担当することは、総合大学である本学の特性を活かした取り組みであると考えられる。また、緩和ケアや死生観なども取り扱った内容で学生にとっては初めて触れる内容が多かったのではないかと考えられる。子どもたち自身ががん罹患したとき、子どもたちの家族ががん罹患したときの対応について考えることができたと考える。理科教育において「科学や技術に関わる(論争の余地のある)社会課題(Socio scientific issues)」としての取り扱いも可能であると考えられる。今回は保健体育科教育と理科教育の視点で学校教育の内容について概観したが、保障や食育などの視点も重要で家庭科教育や社会科教育の視点でも捉えていくことが必要である。また、がん教育の推進は、インクルーシブ教育の推進の視点からも重要であり、様々な状況におかれる児童・生徒を理解する上で

も必要不可欠な内容であると考えられる。さらに具体的な教員養成向けがん教育の教材開発や各学校段階の児童・生徒向け教材開発など発展していくことが望まれる。

付記

令和1・3年度愛媛大学教育改革促進事業による支援によって実施した。

文献

- ・文部科学省(2018):小学校学習指導要領解説(平成29年告示)解説体育編,東洋館出版社。
- ・文部科学省(2018):中学校学習指導要領(平成29年告示)解説保健体育編,東山書房。
- ・文部科学省(2019):高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説保健体育編体育編,東山書房。
- ・文部科学省(2018):小学校学習指導要領解説理科編,東洋館出版社。
- ・文部科学省(2018):中学校学習指導要領解説理科編,学校図書。
- ・文部科学省(2019):高等学校学習指導要領解説理科編理科編,実教出版。
- ・文部科学省(2021):がん教育推進のための教材,https://www.mext.go.jp/content/20210310-mxt_kenshoku-100000615_1.pdf(令和3年9月15日確認)。
- ・「がん教育」のあり方に関する検討会(2015):学校におけるがん教育のあり方について 報告,https://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/hoken/_icsFiles/afieldfile/2016/04/22/1369993_1_1.pdf(令和3年9月15日確認)。
- ・文部科学省(2021):外部講師を活用したがん教育ガイドライン,https://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/hoken/20210312-mxt_kouhou02-1.pdf(令和3年9月15日確認)。
- ・文部科学省初等中等教育局健康教育・食育課(2019):平成29年度がん教育の実施状況調査の結果について,https://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/hoken/_icsFiles/afieldfile/2019/05/29/1410244_1.pdf(令和3年9月15日確認)。
- ・文部科学省初等中等教育局健康教育・食育課(2020):平成30年度がん教育の実施状況調査の結果について,https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_kenshoku-000005036_1.pdf(令和3年9月15日確認)。

鶏卵乳化性原理の理解度を高める授業の構築と実践

Construction and practice of a class to improve understanding of the chicken egg emulsifiability principle

○岡本威明, 野口綾花

OKAMOTO Takeaki, NOGUCHI Ayaka

愛媛大学 教育学部

Faculty of Education, Ehime University

【要約】 鶏卵は、4つの調理上の性質（凝固性、起泡性、乳化性、希釈性）を持ち利用範囲が広いいため、日常の様々な料理に用いられている。鶏卵調理特性は多くの高等学校家庭科教科書に取り上げられているが、各調理特性の原理までを説明している教科書は少ない。本研究では、E大学1年生268名を対象としたアンケート調査の結果、認知度の低かった乳化性についての授業を構築し、高等学校で授業実践を行った。授業直後と授業2週間後に実施したテストにより授業内容の理解度や定着率を調査し、授業の教育効果を検討した。鶏卵乳化性原理の理解度を高める授業を構築するため、PowerPointを用いて乳化性原理を説明する動画を作成するとともに、乳化を視覚的に捉える実験を考案した。その結果、授業直後および授業2週間後は乳化に関する分野である「乳化の原理」「乳化の種類」「鶏卵乳化性」は得点率が高く、他の鶏卵調理特性と比較して定着率が高かった。

【キーワード】 鶏卵, 乳化性, 原理, 授業実践, 実験授業, 理解度, 定着率

I. 研究の背景と目的

鶏卵は「完全栄養食」と言われるように、良質のたんぱく質の他に、脂質、鉄、カルシウム、各種ビタミンを多く含み、栄養的に優れているため、我々にとって健康面で欠かせない食品である。総務省統計局の調査によると、物価が上昇しても鶏卵の価格は横ばいを維持していることから、価格面において安定しているため、多くの家庭で常備されている。2016年9月にマレーシアにて開催された国際鶏卵委員会(IEC)アニュアルレビューによると、日本の国民一人当たりの鶏卵消費量は世界の中でも多く、年間平均320個以上を消費していることが報告されている。また、鶏卵は入手しやすいことから、季節を問わず調理実習や実験に利用でき、「凝固性」「起泡性」「乳化性」「希釈性」といった4つの調理上の性質（調理特性）も有することから日常の様々な料理に用いられている。

2016年4月にE大学1年生268名を対象とした鶏卵調理特性に関するアンケート調査の結果、鶏卵調理特性の認知度は「凝固性」が最も高いことが明らかになった。また、「乳化性」を認知している人は全体の4割に満たず、「乳化性」を認知している人の中で「乳化性」の原理までを理解している人は16.8%にとどまった。さらに、教科書分析によると高等学校家庭科においては、4つの鶏卵調理特性の中で、希釈性以外の凝固性、起泡性、乳化性が学習されていると考えられた

が、調理特性の原理までを記載している教科書や、調理特性とレシピを関連させた調理例を挙げている教科書は少なかった。よって、調理特性と原理を同時に学ぶ授業や、調理特性や原理と調理実習を関連させた授業はあまり行われていないと推察された。本研究では、認知度の低かった「乳化性」について、原理の理解度を高めるための授業を構築し、高等学校で授業実践を行い、教育効果を検討した。

II. 研究の方法

1. 調査・分析方法

a, 大学生の鶏卵調理特性に関するアンケート調査
大学生の鶏卵調理特性の既往歴や認知度を調査するために、2016年4月E大学1回生教育学部148名および農学部131名を対象とし、アンケート調査を集合調査法で実施した。回収数は279名で、有効回答は268名、有効回答率は96.1%であった。

b, 鶏卵調理特性に関する教科書分析
中学校家庭分野および高等学校家庭基礎・家庭総合で使用されている家庭科教科書12冊を用いて調査、比較した。

c, 鶏卵調理特性に関する授業実践
授業実践は、2016年11月1日に松山市内の県立A高等学校1年生32名を対象として行った。学習課題は「卵の調理特性を知ろう」、学習目標は「乳化の原理

を理解させる」と「卵の4つの調理特性とその調理特性を用いた調理例を認識させる」とした。

d, 授業実践後の理解度調査

受講生における授業後の理解度および2週間後の内容定着率を把握するために、授業内容のテストを実施した。テスト対象者は、授業を受講した32名であった。テストは、授業実施直後と2週間後に実施した。授業直後に実施したテストの回収率は100%であり、2週間後のテストの回収率は94%であった。

III. 結果

1. 鶏卵乳化性原理の理解度を高める授業の工夫

鶏卵乳化性原理の理解度を高めることを目的として、乳化原理の説明方法を工夫した。E大学1回生を対象とした鶏卵調理特性に関するアンケート調査の結果から、家庭科教育における鶏卵調理特性の授業形態は座学が多く、映像や実験による授業は少ないことが明らかになった。しかし、先行研究において、動画による説明は生徒にとって分かりやすく、教科書による図などの説明よりも動画・大画面による情報が印象深かったことやオリジナルのビジュアル化教材の作成・活用によって授業の理解が深まり、学習意欲の向上が図られると言われている(金城ら, 2004)。また、教材に親しみやすいイラストを採用した適度な視覚刺激は、児童への記憶や知識の定着に有効であると指摘されている(田中ら, 2012)。よって、鶏卵調理特性の授業においても、乳化原理の説明をビジュアル化し、視覚的に捉えさせることによって理解度が高まると考えられたため、PowerPointを用いて、乳化原理を説明する図やアニメーションを作成した。

鶏卵乳化性原理の理解度を高める授業構築において以下の2点を工夫した。1点目は、乳化性原理を分かりやすく説明する図やアニメーションの作成である。水と油が混ざり合わない原因や、水と油が均一に混ざり合うためには界面活性剤(乳化剤)の存在が必要であること、界面活性剤が乳化にどのように関与しているのかを示す図を作成し、アニメーションを設定した。

2点目は、乳化を視覚的に捉える実験の構築である。酢と油が入ったタレビンに卵黄や卵白を直接添加し、攪拌する実験によって、鶏卵に乳化性があることを確認した。また、卵黄を添加したものと卵白を添加したものを比較することで、卵白よりも卵黄の方が、乳

力が高いことを確認した(表1)。本実験では、乳化の様子を観察しやすくするために、酢は食用色素で青色に、油はサラダ油にラー油を加えることでオレンジ色に着色した。

表1 攪拌実験の結果

酢と油のみ	卵黄添加	卵白添加
		

2. 鶏卵調理特性に関する授業実践

a, 授業のねらい

授業実践は、松山市内の県立A高校1年生32名を対象として行った。本研究の目的の1つに、「鶏卵調理特性の中でも特に乳化性原理の理解度を高める」ことが設定されている。そのため、学習目標の1つ目である「乳化原理を理解させる」ことに重点を置いて授業を構築した。

授業の導入では、生徒たちに普段どのような卵を用いた料理を食べているか聞き、普段食べている卵料理には鶏卵調理特性が関係していることに気付かせた。また、鶏卵調理特性は4つあることを確認し、本時では特に乳化性について学ぶことを強調した。

b, 乳化原理の説明

鶏卵乳化性を利用した調味料にマヨネーズがあり、マヨネーズは酢と油と卵が入っており、酢と油が均一に混ざり合っていることを確認した。しかし、マヨネーズと同様に酢と油を使用しているドレッシングは酢と油が分離していることから、マヨネーズとドレッシングにおいて、酢と油の状態にこのような違いが生まれるのはなぜかという疑問を生徒に持たせた。ここで、マヨネーズとドレッシングにおける酢と油の状態の違いが分かるように、実物を提示した(写真1)。



写真1 授業導入の様子

乳化原理の説明は、図やアニメーションを用いて行った。乳化の様子を表すアニメーションを用いて説明する際に、生徒を図の動きに注目させるため予めワークシートに各図の説明文を書いておいた。説明後に、乳化原理についてまとめた文章のキーワードを空欄にして出題し、ワークシートに穴埋めをさせて、乳化において重要なポイントを確認した(図1)。

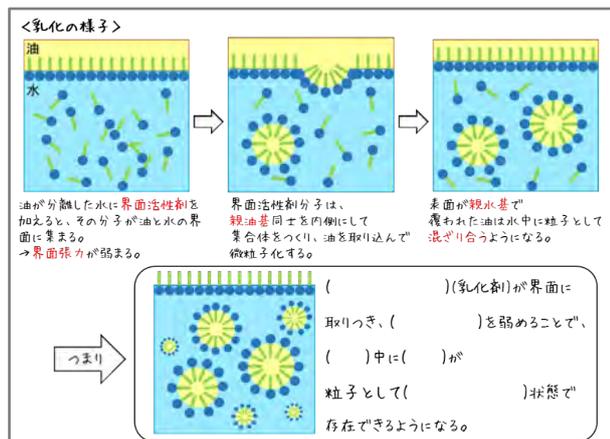


図1 ワークシートにおける乳化の様子に関する説明

c, 攪拌実験 (乳化実験)

本授業実践では、攪拌実験を採り入れた。その理由としては、1点目に、結果が分かりやすく、乳化を視覚的に捉えやすいことである。乳化原理の説明に使用した図と関連させ、酢を青色に、油をオレンジ色に着色したことで、原理と実験を結び付けて乳化を捉えられると考えた。また、卵黄や卵白を酢と油に直接添加することで、卵黄や卵白に乳化性があることに気づき、卵白よりも卵黄の方が、乳化力が強いことも確認できると考えた。2点目は、操作が簡単であり短時間で実験を行うことができることである。攪拌実験において生徒が行う操作は、卵黄や卵白をタレビンに入れることと、各タレビンを攪拌することのみである。先行研究において、50分授業の中で座学的な要素と実験要素を兼ね備えた授業を構築する際には、10分から15分程度で行う実験の構築が必要であると指摘されている(岡本ら, 2015)。実験授業では、「予想を立てる、実験をする、結果を考察する」という過程を経ることが大切である。攪拌実験は15分程度で行うことができ、50分の中に座学的要素と実験要素を兼ね備えている本時の授業で行う実験として適切であると考えた。

攪拌実験では、32名の生徒を3~4名ずつ10班に分け、酢と油が入ったタレビン3本と卵黄や卵白の入ったタ

レビン(小)を各班に配布した。生徒が主体的に実験を行うことができるように、卵黄や卵白を、酢と油が入ったタレビンに入れる操作や、タレビンを攪拌する操作は各班で行わせた(写真2)。



写真2 攪拌実験の様子

また、攪拌実験を円滑に行うために、授業で活用するワークシートを工夫した(図2)。予想や結果を記入する欄は、使用するタレビンの蓋の色に応じて色分けし、生徒が戸惑わずに記入できるようにした。また、実験結果を忠実に記録させるために、ワークシートにタレビンの図を設け、その図に色鉛筆で着色させた。さらに、攪拌前の様子も着色して記録させることで、実験前後のタレビンの比較ができるため、攪拌後の変化がより分かりやすくなると思った。実験結果のメモ欄には、着色しただけでは表現できないことを言葉で説明させるために設けた。

予想 タレビンを振った後、乳化すると思うものに○、乳化しないと思うものに×を書こう。

酢+油	+卵黄	+卵白
-----	-----	-----

実験前 タレビンを振る前の様子を着色しよう。

酢+油	+卵黄	+卵白
-----	-----	-----

結果 タレビンを振った直後の様子を着色しよう。

酢+油	+卵黄	+卵白
メモ	メモ	メモ

図2 ワークシートにおける攪拌実験の記入欄

実験の考察では、「酢と油のみのもの」と「卵黄添加」「卵白添加」を比較して卵に乳化性があることを確認するとともに、「卵黄添加」と「卵白添加」を比較して、卵白よりも卵黄の方が、乳化力が高いことを確認した。また、なぜ卵黄の方が、乳化力が強いのかについて解説を行った。そして、「卵黄中のレシチンが水と油を結び付けるはたらきをする」という鶏卵乳化性を確認し

た。

d, 鶏卵の調理特性

起泡性, 凝固性, 希釈性については, ワークシートの説明文にある空欄を埋めることで, 調理上の性質を確認した。その後, 各調理特性に該当する調理例を考えるグループワークを行った。攪拌実験時と同様の班を作り, 卵を用いた料理画像が1枚ずつ印刷されたカード11枚と, 図3に示すシートを各班に配布した。

	乳化性	起泡性	凝固性	希釈性
調理上の性質	卵黄中のレシチンは、水と油を結び付ける(乳化)働きをする。	卵白は水と混ぜると空気を含ま泡立ち、温めるとよく泡立ち、砂糖を加えると安定する。	卵白は60℃から凝固しはじめ、70℃以上でかたくなる。卵黄は65℃前後からゼリー状になりはじめ、70℃以上で固まる。	卵液を調味液や牛乳で薄めることによって、卵のたんぱく質が熱で固まる状態を調節できる。
調理例				

図3 グループ活動で用いたシート

卵を用いた料理画像カードを該当する調理特性の欄に振り分けるグループワークである。カードは, 凝固性を利用した調理である「ゆで卵」・「目玉焼き」・「オムレツ」・「かきたま汁」, 起泡性を利用した調理である「メレンゲ」・「スポンジケーキ」・「マシュマロ」, 乳化性を利用した調理である「マヨネーズ」・「アイスクリーム」, 希釈性を利用した調理である「プリン」・「茶碗蒸し」の計11枚を用意した。この活動を行うことで, 本授業の学習目標の2つ目である「卵の4つの調理特性とその調理特性を用いた調理例を認識させる」が達成できると考えた。

e, 授業のまとめ

本授業のまとめでは, 普段食べている卵を用いた料理には鶏卵調理特性が関係しており, 調理特性についてよく知っておくことで, より効果的に調理することができること述べた。スープに卵を入れる時には, スープが低温だと卵が凝固せずスープに溶けて濁ってしまうため, 温度に気を付けなければ上手にできないことなど, 実際に生徒が行くと予想される調理操作の注意点を調理特性と関連させて具体的に説明することによって, 生徒が今後の調理に活かそうとすることを期待した。

3. 授業実践後の理解度および内容定着率の評価

授業後の生徒の理解度および2週間後の内容定着率を把握するために, 授業内容に関するテストを行った。テストは, 授業において用いたワークシートに生徒に記述させた箇所を空欄にして出題した。テスト項目を以下に示す。①乳化の原理 ②乳化の種類 ③調理特性名 ④各調理特性に関する調理上の性質 ⑤各調理特性の調理例, 解答はすべて記述式とした。テスト項目の①は, 授業において説明した界面活性剤や乳化原理について理解したのかを把握するために作成した。テスト項目の②は, 乳化の種類である水中油滴型と油中水滴型を区別できるのかを確認するために作成した。テスト項目の③④⑤は, 4つの鶏卵調理特性をどの程度認知し, 調理上の性質や調理例を正しく理解できているのかを確認するために作成した。一方, 定着率テストは先行研究に基づいて2週間後とした。

授業直後と2週間後に行ったテストにおける各分野の得点率を図4に示す。

③~⑤は, 「乳化性」「凝固性」「起泡性」「希釈性」という4つの分野とし, 調理特性別に, 調理特性名・調理上の性質・調理例の正答数を合算して得点率を算出した。

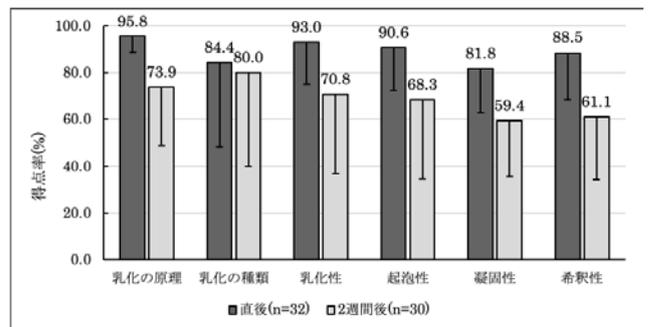


図4 各分野の得点率

授業直後における対象者全体の得点率は, 「乳化の原理」が95.8%, 「乳化の種類」が84.4%, 鶏卵調理特性中の「乳化性」が93.0%, 「起泡性」が90.6%, 「凝固性」が81.8%, 「希釈性」が88.5%だった。また, 授業2週間後における対象者全体の得点率は, 「乳化の原理」が73.9%, 「乳化の種類」が80.0%, 鶏卵調理特性中の「乳化性」が70.8%, 「起泡性」が68.3%, 「凝固性」が59.4%, 「希釈性」が61.1%だった。

授業直後においては, 「乳化の原理」が最も得点率が高く, 次に「乳化性」の得点率が高かった。また, 2週間後も「乳化の原理」「乳化の種類」「乳化性」等, 乳

化に関する分野は他の調理特性と比較して、わずかではあるが得点率が高かった。このことから、図やアニメーションでの説明および乳化を視覚的に捉える実験によって、乳化についての理解度が高まったと推察された。

次に、授業2週間後における各分野の定着率（授業直後の得点率に対する授業2週間後の得点率の割合）を図5に示す。

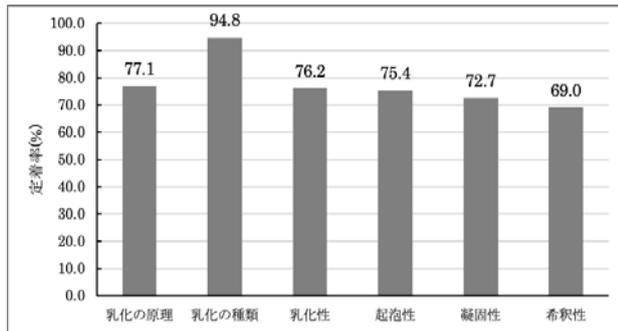


図5 各分野における授業2週間後の定着率

2週間後における定着率は、「乳化の原理」が77.1%、「乳化の種類」が94.8%、鶏卵調理特性中の「乳化性」が76.2%、「起泡性」が75.4%、「凝固性」が72.7%、「希釈性」が69.0%だった。中でも「乳化の種類」は定着率が高く、多くの生徒に知識が定着したと考えられる。「乳化の原理」や「乳化性」は、他の調理特性と比較して若干であるが定着率が高かった「乳化の種類」の定着率は94.8%と高く、「乳化の原理」や「乳化性」の定着率は7割後半となった要因は、定着テストの出題方法にあると推察する。「乳化の種類」は、授業における説明と同様の図を見て解答させた。しかし、「乳化の原理」は図を示さず、乳化原理を説明する言葉のみを提示し空欄を補充させた。授業において乳化を視覚的に捉えさせたため、図を伴わずに言葉のみで出題したところ、2週間後の得点率が落ちたと考えられる。テストにも界面活性剤の図や乳化の様子を示す図を記載することで、2週間後の得点率が高くなり、定着率も高まると推察された。次に、「乳化の原理」分野における各問題の正解者の割合を図6に示す。「乳化の原理」分野の1問目は、界面に作用し、界面の性質を変える物質は何かを問う問題であり、空欄には「界面活性剤」が入る（以下①界面活性剤と表す）。2問目は、授業中に説明した乳化原理を問う問題であり、空欄には「界面活性剤」（以下②界面活性剤と表す）、「界面張力」「水」「油」「混ざり合った」が入る。授業直後にお

いて、1問目の「①界面活性剤」の正解者は96.9%、2問目の「②界面活性剤」は87.5%、「界面張力」は90.6%、「水」、「油」（順不同）、「混ざり合った」の正解者は100%であった。授業2週間後においては、1問目の「①界面活性剤」の正解者は76.7%、2問目の「②界面活性剤」は63.3%、「界面張力」は56.7%、「水」と「油」（順不同）の正解者は93.3%、「混ざり合った」は60.0%であった。

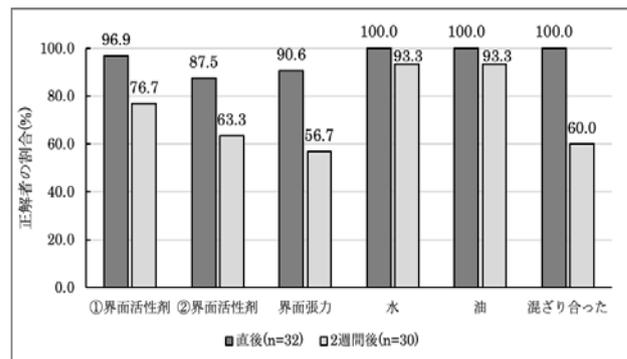


図6 「乳化の原理」分野における各問題の正解者の割合

以上の結果より、授業直後は、すべての生徒が「水と油が混ざり合った」を正解しており、水と油が混ざり合うという乳化の基本は理解されたと考えられる。また、「水」と「油」については授業2週間後も正解者の割合が多かった。乳化の説明において水と油を図やアニメーションで表現したことや、酢と油を攪拌する実験を行ったことによって、乳化には水と油が関係していることが生徒に定着したと推察された。

一方、1問目や2問目の「界面活性剤」と「界面張力」は、授業直後には88~97%の人が正解していたが、授業2週間後には正解者の割合が大きく下がった。乳化に界面活性剤が関係していることや、界面活性剤が界面張力を弱めることは、水と油が乳化に関係していることと比較してあまり定着しなかったのではないかと推察された。

続いて、鶏卵調理特性中の「乳化性」分野における各問題の正解者の割合を図7に示す。授業直後における鶏卵調理特性の「乳化性」正答率は96.9%、「卵黄」と「レシチン」は93.8%、「水」、「油」、「結び付ける」は87.5%であった。また、授業2週間後における鶏卵調理特性の「乳化性」正答率は60.0%、「卵黄」と「レシチン」は63.3%、「水」は80.0%、「油」は83.3%、「結び付ける」は86.7%であった。つまり、「乳化性」、「卵黄」、「レシチン」は、授業直

後にはほとんどの生徒が正解していたが、授業2週間後は6割程度の生徒しか正解していないことが明らかとなった。

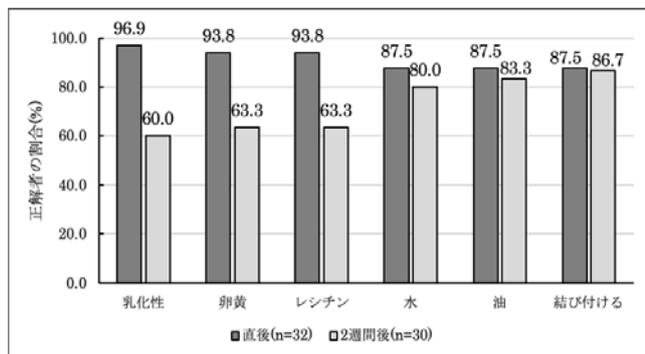


図7 「乳化性」分野における各問題の正解者の割合

一方、「水」、「油」、「結び付ける」の正答率は、授業直後のテストと授業2週間後のテストと比較したところ大差は認められなかった。これらの結果から、乳化は「水と油を結び付ける」ことによって起こることが理解され、定着したと考えられる。

しかし、「乳化の原理」分野(図6)において、「混ぜり合った」の正解者の割合は60.0%であり、「乳化性」分野における「結び付ける」の86.7%と比較して低値を示した。この原因として、出題形式の違いが関連していると考えられた。「乳化の原理」分野でのテストにおいては、解答の際、ヒントのない全くの記述式であったが、「乳化性」分野でのテストにおいては、複数の語群から正解だと思うものを選択する形式であった。このことから、生徒は語群が提示されていれば正しい答えを選択することができたが、語群がない状態では、積極的に記述することは難しかったのではないかと推察された。

IV. 考察

1. 実践授業の振り返り

授業直後と2週間後に行ったテストの結果において、乳化に関する分野は、他の分野と比較すると得点率および定着率が高かった。このことから、本授業の学習目標の1つ目である「乳化の原理を理解させる」をある程度達成したと考えられる。具体的には、卵黄や卵白を酢と油に直接添加して攪拌する実験を行ったことで、生徒が乳化や界面活性剤のはたらきを視覚的に捉えることができ、鶏卵乳化性の理解が深まったと推察される。しかし、授業2週間後に実施したテストに

おける界面活性剤や界面張力の正解率はあまり高くなかったことから、界面活性剤が界面張力を弱めることによって乳化が起こることを生徒に定着させるさらなる工夫が必要である。

また、授業後の感想において、「今回の実験で分かった卵の性質を生かして美味しい卵料理を作りたいと思う。」「卵料理には様々な種類があるので、それぞれにどんな性質が使われているか機会があれば調べたい。」など、授業で学んだ知識を活かしたいという趣旨の感想を32名中20名の生徒がしていた。このことから本授業は、生徒が授業での学びを自分の生活に結びつけることができる授業であったと推察される。

しかし、授業時間を超過するという課題もあった。攪拌実験に想定以上に時間を費やし、実験の考察やレシチンの説明に十分な時間を割くことができなかった。そのため、卵黄に含まれるレシチンが乳化に関係していることについての定着率が、同じ分野の他の問題の定着率と比較して低くなったのではないかと考えられた。

2. 実践授業の改善点

本授業の改善例の1点目は、「乳化原理」と「鶏卵乳化性」を整理して説明することである。乳化の説明において、まず、「乳化とは、本来混ぜりあわないもの同士が、どちらか一方に分散し、均一な状態となっていること」と説明した。しかし、乳化原理として「界面活性剤(乳化剤)が界面に取りつき、界面張力を弱めることで、水中に油が粒子として混ぜり合った状態で存在できるようになる」と説明した。このように、乳化について2通りの説明をしたため、混乱した生徒がいたと推測される。また、卵黄のレシチンが乳化に関係していることは説明したが、鶏卵乳化性を図やアニメーションに当てはめて丁寧に説明する余裕はなかった。実験を通して鶏卵乳化性を確認するだけでは足りず、卵黄がどのように乳化に関与しているかについても図やアニメーションを用いて明示することによって、生徒の鶏卵乳化性に関する定着率が上昇すると考えた。併せて、卵黄のレシチンが界面活性剤であることにも言及することで、乳化に界面活性剤が関係していることについての定着率も上昇すると考えた。

2点目は、調理特性が調理例にどのように関係しているのか説明することである。本授業のグループワークにおいて、調理特性と調理例を関連させて理解する

ことはできたが、その調理例において調理特性がどのようなはたらきをするのかは説明できなかった。授業内のグループワークの解説において「アイスクリームは乳化性の調理例である」とした。しかし、アイスクリームに卵黄が使われていることを知らなかった生徒もあり、どうしてアイスクリームが乳化性の調理例なのか分からないという声が聞こえた。調理特性に関する理解をより深めるために、原理と調理例を関連させた説明を授業に取り入れる必要があると考えた。

3点目は、生徒が質問する時間を設けることである。授業での実験やグループワークにおいて疑問点を話し合っている生徒や、授業後の感想において疑問点を書いている生徒がいた。授業内に生徒からの質問に答える時間を設けることで、生徒の授業内容への理解が深まると考えた。

2点目や3点目の改善例を授業に取り入れるためには、授業の時間配分を工夫する必要がある。まず、乳化原理の説明においては、1点目に述べた通り、説明する内容を整理し、短時間で効果的に理解させるためにさらなる工夫が必要である。次に、乳化を視覚的に捉える実験においては、結果を記録する図のサイズをもう少し小さくすることで、記録する時間を短縮することができると考えた。また、卵黄や卵白を添加する際、タレビンに上手に入れることができず、想定以上に時間を取られた。そのため、酢や油を入れるタレビンの口のサイズを大きくすることや、実験の手順を説明する際に教員が手本を示してコツを理解させておくことによって、実験をより円滑に行うことができると考えた。

V. おわりに

今後の展望として、鶏卵乳化性を利用してマヨネーズソースの作製を行うなど、乳化原理と調理実習を関連させて乳化を深く理解する授業の構築が必要であると考えた。先行研究において、鶏卵乳化性を利用した調理であるマヨネーズソースの作製を取り上げることは、調理技術の習得に加えて、マヨネーズソースの栄養特性を知ることができるので、栄養教育の観点からも意義があると考えられている(岸田ら, 1999)。しかし、最近では家庭でマヨネーズソースを作る機会が少ないためか、マヨネーズソースを実習題材に取り上げている教科書が減少している(8社中1社のみ)ことも指摘されている。また、現

在、高等学校家庭科の教諭をしている方に話を伺ったところ、授業時間の関係のため、マヨネーズソースを作製する実習はしておらず、教員がマヨネーズソースを作製している様子を撮影した映像を見せるにとどまっているとおっしゃっていた。鶏卵乳化性の理解度を高めるためには、生徒自身が実験・実習を通して学ぶことが重要であるが、一般的な学校教育においては、授業時間の少なさが指摘されていることから、鶏卵乳化性に関する授業のみに2時間を割くことは難しい。そこで、乳化原理を理解させる授業を、食生活分野の他の内容や衣生活分野の洗濯について学ぶ時間と融合させることが考えられる。乳化に関する授業を食生活分野と衣生活分野で1時間ずつ行うのではなく、まとめて1時間にすることで、限られた授業時間の中でも乳化原理の理解度を高める授業が可能になると考える。また、アンケート調査において、生物や化学の分野においても鶏卵調理特性が取り扱われていることが明らかになったことから、生物や化学分野との融合も考えられる。

また、教員が鶏卵調理特性の原理や、原理を理解させるための実験・実習を知っておくことが必要である。「家庭基礎」において、授業時数のうち10分の5以上を実験・実習に配当できていないことや、行われている実験・実習の内容は従来どおり調理や製作などの指導に偏りがちな傾向が課題として指摘されており、事前準備や後片付けを配慮しながら単位時間に完結する実験・実習の指導例が少ないこと、調理や製作以外の実験・実習に関する指導資料が不足していること、教員が学習内容を関連づける視点を持っていないことが要因として考えられている(加藤, 2010)。よって、本研究が鶏卵乳化性の理解度を高める授業における実験教材の一助となることを期待する。

謝辞

本研究におけるアンケート調査では、E大学の学生の協力を得た。また、授業実践においては、松山市内の県立A高等学校の協力を得た。深く感謝の意を表す。

文献

加藤幸美(2010): 高等学校「家庭基礎」における実践的・体験的な学習を重視した指導に関する研究 -単

- 位時間に完結する実験・実習を取り入れた指導資料の作成を通して-, 岩手県立総合教育センター教育研究 (長期研修生研究発表資料集), 166, 1-16.
- 金城幸廣, 服部次郎, 横山淳一, 松田信一, 中平勝子 (2004) : ビジュアル化授業による教育的効果, 情報教育シンポジウム論文集, 9, 123-128.
- 岸田恵津, 酒井佐知子, 高木直美, 生野世方子, 金谷昭子 (1999) : 卵の調理性を学習するための実験教材の作成 - 家庭科教科書における卵の調理性の学習方法に関する考察とカスタードプディングを題材にした調理科学実験の教材作成 -, 兵庫教育大学研究紀要, 19, 81-91.
- 岡本威明, 藤井瑞穂, 加藤匡宏, 高橋遼介, 山田庸子 (2015) : 大学生による「理系教員育成支援プログラム」における実践事例 - 食品添加物をテーマとした実験授業の構築 -, 愛媛大学教育実践総合センター紀要, 33, 67-77.
- 田中雅章, 神田あづさ (2012) : 栄養教育に基づく Web アンケートフォームインターフェイスの研究, 鈴鹿短期大学紀要, 32, 133-140.

コラッツ予想に関する双子の系列について

On series of Collatz's twins for Collatz conjecture

栗林音菜^{*1}, 高畔聖奈^{*1}, 藤本裕暁^{*1}, 都田一馬^{*1}, ○安部利之^{*2}
KURIBAYASHI Nena^{*1}, TAKAAZE Sena^{*1}, FUJIMOTO Hiroaki^{*1}, MIYAKODA Kazuma^{*1}
ABE Toshiyuki^{*2}

^{*1} 愛媛大学教育学部 (2018 年度卒), ^{*2} 愛媛大学教育学部

^{*1}Faculty of Education, Ehime University (Graduation 2018 school years)

^{*2}Faculty of Education, Ehime University

[要約]: コラッツ予想は, 数学の分野において非常に初等的な主張であるにも関わらず未解決である予想の 1 つである. 本稿では, コラッツ予想を具体的に検証する際に現れるコラッツ双子というものを考え, その系列について分かったことを紹介する. コラッツ予想は, 設定が初等であるため, 高等学校における課題研究の題材としてもこれまで取り上げられているが, 本稿での視点からも課題研究のテーマとして興味深い題材を与えると考えている.

[キーワード]: コラッツ予想 (Collatz conjecture), 未解決問題 (Open problem), 初等整数論 (Elementary number theory), 研究指導 (Research Guidance)

1 はじめに

本稿では, 数学の分野における未解決問題として有名な「コラッツ予想」の検証の際に現れるある性質をもつ連続する自然数についての研究内容を紹介する. コラッツ予想に関しては, これまで多くの機会で高等学校の課題研究のテーマとして取り上げられており, 執筆者の一人もえひめサイエンススキルアッププログラムの数学・情報分野において参加校の研究テーマとしてたびたび紹介してきた. ここでは, コラッツ予想に関し, 余り議論されていないであろう「コラッツ双子」について紹介し, 研究成果を述べる. 本研究成果は, 平成 30 年度の愛媛大学教育学部の卒業研究論文「コラッツ予想に関する研究」(栗林他 3 名, 2019) としてまとめられており, 少し古い成果ではあるが, 教育学部科学教育研究センターの紀要の初号を通して広く公開したい.

2 コラッツ予想

コラッツ予想とは, ローター・コラッツの提出した予想であり, その主張は次のようなものである

予想 2.1. (コラッツ予想) 自然数 n に対し, n が偶数であれば, 2 で割り, n が奇数であれば, 3 倍して 1 を足して得られる自然数を $C(n)$ とおく. 任意の自然数 n に対し, ある自然数 k が存在して, $C^k(n) = 1$ が成り立つ.

写像 $C : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$ をコラッツ変換と呼ぶ. ここで \mathbb{N} は自然数全体の集合である. コラッツ予想は, $3n + 1$ 問題, 角谷の問題, シラキュースの問題など様々な呼び名も持ち, 変換 C の性質の解析や予想の一般化などを含め, 現在までに多くの研究がなされている (Lagarias (2011a, 2011b, 2012) に網羅的にまとめられている).

設定の容易さから, 予想そのものは小学生や中学生に対しても, 大きな問題なく理解できる内容である. また自然数 n, m に対し, $m = C(n)$ となる状況を $n \rightarrow m$ と表すと, 自然数が 1 になる様子は, 次のように有向グラフとして,

$$10 \rightarrow 5 \rightarrow 16 \rightarrow 8 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 1$$

のように表されるため, コラッツ予想を検証するデータの作成や表示も比較的容易であることが特徴的である. 実際には, 具体的な数がどのように変化していくかについては, ある程度は手計算でも可能で, 大きな自然数についても, エクセル等の表計算ソフトを用いて, プログラミングすることで実行できる. 本研究ではエクセルや Maxima を用いた.

このように, コラッツ予想は, 一見「簡単そう」に見える予想であるが, その証明は簡単ではなく, コラッツの予想の提出以来, 多くの研究者によって証明が試みられているにも関わらず, 現在でも解決の糸口が見つかっていない状況である. 2019 年には, フィールズ賞受賞者のテレンス・タオ氏によってコラッツ予想に関

する論文 (Tao, 2022) が公表されており、そこではコラッツ予想は「ほとんどの場合」正しいことが述べられている。

コラッツ予想に関する高校生たちの課題研究をみると、その多くは 1 に辿り着く様子や傾向を調べることを方針としている。本卒業研究でも、まずは小さい数からその様子をエクセル等を援用しながら観察し、数の変遷の様子をとらえようとした。そのデータを羅列したところ、例えば

$$12 \rightarrow 6 \rightarrow 3 \rightarrow 10 \rightarrow 5 \rightarrow 16 \rightarrow 8 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 1,$$

$$13 \rightarrow 40 \rightarrow 20 \rightarrow 10 \rightarrow 5 \rightarrow 16 \rightarrow 8 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 1$$

の様に連続する自然数で等しい回数のコラッツ変換の繰り返しで 1 となるものが散見されることが分かった。そこでまず、自然数 n に対し、 $C^k(n) = 1$ を満たす最小の自然数 k を n の長さと呼ぶことにし、 $\ell(n)$ と表した。そして連続する自然数 $(n, n+1)$ で $\ell(n) = \ell(n+1)$ を満たすものをコラッツ双子と呼ぶことにした。しかし重要な点は、コラッツ予想は、任意の自然数 n に対し $\ell(n)$ が定まることを主張していることである。現在のところ、おおよそ 5×2^{60} 以下の自然数について、コラッツ予想が成立することが知られているので、具体的な計算では大きな問題は無いのであるが、コラッツ双子の系列の議論において、コラッツ予想が正しいことを仮定することを避けるために、コラッツ双子の定義を次のように修正した。

定義 2.2. n を自然数とする。ある自然数 k が存在し、 $C^k(n) = C^k(n+1)$ が成り立つとき、組 $(n, n+1)$ をコラッツ双子と呼ぶ。より一般に、 s 個の連続する自然数 $(n, n+1, \dots, n+s-1)$ について、ある自然数 k が存在し、 $C^k(n) = \dots = C^k(n+s-1)$ が成り立つとき、 $(n, n+1, \dots, n+s-1)$ をコラッツ s つ子と呼ぶ。

つまり $n, n+1$ が等しい回数のコラッツ変換の繰り返しによって、途中で等しい自然数になる場合にコラッツ双子と呼び、それが最終的に 1 になるかどうかについては仮定しない。この定義により、具体的に与えられた連続する自然数がコラッツ双子をなすかどうかの検証も以下の命題 3.1 のように比較的効率的になる。

3 コラッツ双子

改めて、 $n \leq 30$ までの、 $\ell(n)$ の表を提示する (表 1)。

表 1. 長さ $\ell(n)$

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\ell(n)$	1	2	8	3	6	9	17	4	20	7
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\ell(n)$	15	10	10	18	18	5	13	21	21	8
n	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$\ell(n)$	8	16	16	11	24	11	112	19	19	19

この表からもわかるように、1 から 30 までの間に、コラッツ双子は

$$(12, 13), (14, 15), (18, 19), (20, 21), (22, 23), (28, 29), (29, 30)$$

が現れている。このうち、 $(28, 29, 30)$ はコラッツ 3 つ子である。コラッツ双子は、数を大きくしていても、高い頻度で現れる。またコラッツ 3 つ子のように、連続して長さが変わらない自然数も頻繁に現れ、例えば、

$$1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999 \quad (3.1)$$

はすべて長さが 51 であり、9 つ子を構成する。

コラッツ双子について、まず次がわかる。

命題 3.1. 任意の自然数 n に対し、連続する自然数 $(8n+4, 8n+5)$ はコラッツ双子である。特にコラッツ双子は少なくとも 8 個置きに現れ、無限個存在する。

(証明). $8n+4$ に関し、 $8n+4 \rightarrow 4n+2 \rightarrow 2n+1 \rightarrow 6n+4$. $8n+5$ に関し、 $8n+5 \rightarrow 24n+16 \rightarrow 12n+8 \rightarrow 6n+4$ でどちらも 3 回のコラッツ変換で $6n+4$ にたどりつく。従って、 $8n+4, 8n+5$ はコラッツ双子である。□

このように、コラッツ双子がコラッツ変換の繰り返しで等しい自然数になるとき、合流と呼ぶことにすると、 $8n+4, 8n+5$ は常に 3 回で合流する。もちろん、合流後はコラッツ変換で同じ様子で振る舞う。

自然数 n について、 $n \equiv a \pmod{8}$ であれば、 $(n, n+1)$ は 8 を法として、 $(a, a+1)$ と合同となる。逆に 8 を法として $(a, a+1)$ と表される連続する自然数の組全体の集合を $[a, a+1]$ と表すことにする。例えば、 $(8n+4, 8n+5) \in [4, 5]$ であり、 $[4, 5]$ に属する組は、命題 3.1 より、 $(4, 5)$ を除き、すべてコラッツ双子である。

その他の, $a = 0, \dots, 7, a \neq 4$ について, $[a, a + 1]$ に属するコラッツ双子について考える. 例として, $(n, n + 1) \in [5, 6]$ を考えると, $n = 8m + 5$ と表される. $(n, n + 1)$ を同時に k 回コラッツ変換を繰り返したときの結果を,

$$(n, n + 1) \xrightarrow{C^k} (C^k(n), C^k(n + 1))$$

のように表すと,

$$(8m + 5, 8m + 6) \xrightarrow{C^4} (3m + 2, 18m + 16)$$

となることがわかる. ここで $m \equiv 0 \pmod{4}$ のとき, $m = 4h$ とおけば,

$$(12h + 2, 72h + 16) \rightarrow (6h + 1, 36h + 8) \rightarrow (18h + 4, 18h + 4)$$

が成り立ち, 結果として, $[5, 6]$ に属する組 $(8m + 5, 8m + 6)$ のうち, $m = 4h$ である $(32h + 4, 32h + 5)$ がコラッツ双子であることが分かる. 同様の方針で, 1000 までの範囲に現れるコラッツ双子をもとに, コラッツ双子となる条件を調べたところ, 以下の表が得られた (表 2).

結果として, 表のように命題 3.1 を含め, コラッツ双子を与える無限系列を与えることができた. この表は 1000 までに現れるコラッツ双子から得られる無限系列であるため, 1000 を超えた所からも新たな系列が得られる. 例えば, $(1175, 1176) \in [7, 8]$ はこの表には現れない. そして, 1 つ双子が現れるたびに系列が得られることがわかる.

4 コラッツ双子の系列

次に 8 を法として連続する自然数の合流の様子を調べたところ, $[4, 5]$ の組の様に簡単に合流の様子が観察できなかった代わりに, 次のようなことが分かった.

命題 4.1. 自然数 n に対し, n が 8 を法として, $1, 2, 5, 6$ と合同であるとき, $(n, n + 1)$ はコラッツ変換の繰り返して再び連続する 2 つの自然数となる.

(証明). $n \equiv 1 \pmod{8}$ の時にコラッツ変換を作用してみると, $n = 8m + 1$ とおけば

$$\begin{aligned} (8m + 1, 8m + 2) &\rightarrow (24m + 4, 4m + 1) \\ &\rightarrow (12m + 2, 12m + 4) \rightarrow (6m + 1, 6m + 2) \end{aligned}$$

のように連続する自然数 $(6m + 1, 6m + 2)$ になることがわかる. 同様に, $(8m + 2, 8m + 3)$ については 2 回の

表 2. $(8m + a, 8m + a + 1) \in [a, a + 1]$ が双子になる条件

系列	m の条件	系列	m の条件
[0, 1]	30 (mod 128)	[3, 4]	52 (mod 128)
[0, 1]	46 (mod 64)	[3, 4]	64 (mod 1024)
[0, 1]	59 (mod 128)	[3, 4]	73 (mod 128)
[0, 1]	66 (mod 512)	[3, 4]	93 (mod 16384)
[0, 1]	105 (mod 2048)	[3, 4]	105 (mod 256)
[0, 1]	118 (mod 256)	[3, 4]	118 (mod 256)
[1, 2]	6 (mod 16)	[4, 5]	0 (mod 1)
[1, 2]	8 (mod 64)	[5, 6]	0 (mod 4)
[1, 2]	18 (mod 32)	[5, 6]	3 (mod 16)
[1, 2]	24 (mod 128)	[5, 6]	5 (mod 8)
[1, 2]	26 (mod 64)	[5, 6]	15 (mod 64)
[1, 2]	32 (mod 512)	[5, 6]	23 (mod 32)
[1, 2]	59 (mod 128)	[5, 6]	63 (mod 256)
[1, 2]	74 (mod 128)	[5, 6]	78 (mod 512)
[1, 2]	96 (mod 256)	[5, 6]	95 (mod 128)
[1, 2]	105 (mod 2048)	[5, 6]	97 (mod 512)
[1, 2]	106 (mod 256)	[6, 7]	1 (mod 8)
[1, 2]	120 (mod 256)	[6, 7]	2 (mod 4)
[2, 3]	0 (mod 2)	[6, 7]	7 (mod 32)
[2, 3]	39 (mod 256)	[6, 7]	11 (mod 16)
[2, 3]	73 (mod 128)	[6, 7]	31 (mod 128)
[2, 3]	105 (mod 256)	[6, 7]	47 (mod 64)
[3, 4]	12 (mod 32)	[6, 7]	48 (mod 256)
[3, 4]	16 (mod 128)	[6, 7]	124 (mod 8192)
[3, 4]	36 (mod 64)	[7, 8]	78 (mod 512)
[3, 4]	39 (mod 256)	[7, 8]	117 (mod 8192)
[3, 4]	48 (mod 256)		

コラッツ変換で $(12m + 4, 12m + 5), (8m + 5, 8m + 6)$ については 3 回のコラッツ変換で $(6m + 4, 6m + 5), (8m + 6, 8m + 7)$ については 2 回のコラッツ変換で $(12m + 10, 12m + 11)$ となる. \square

命題 4.1 からは, $n \equiv 1 \pmod{8}$ の場合, $n = 8m + 1$ とおけば, $(n, n + 1)$ がコラッツ双子であることと, $(6m + 1, 6m + 2)$ がコラッツ双子であることは同値であることが分かる. 更に m を 4 を法としてみると, $(6m + 1, 6m + 2)$ は, 系列 $[1, 2], [3, 4], [5, 6], [7, 8]$ に属する連続する自然数の組となるため, $[1, 2]$ に属する連続する自然数は, 3 回のコラッツ変換で 4 種類の系列

に属する連続する自然数になることがわかる. 同様に, $[2, 3]$ に属する連続する自然数については, 2 回の変換で, 系列 $[0, 1], [4, 5]$ の 2 種類, $[5, 6]$ については, 3 回の変換で, 系列 $[0, 1], [2, 3], [4, 5], [6, 7]$ の 4 種類, $[6, 7]$ については, 2 回の変換で, 系列 $[2, 3], [6, 7]$ に属する 2 種類の連続する自然数になることがわかる.

一方で, $n \equiv 0, 3, 4, 7 \pmod{8}$ の場合について, $n \equiv 4$ の場合は $(4, 5)$ を除き $(n, n+1)$ は常にコラッツ双子であるが, $n \equiv 0, 3, 7$ の場合には $(n, n+1)$ が次どのような連続する自然数になるかは容易にはわからない. 例えば, $n = 8m$ の場合,

$$(8m, 8m+1) \rightarrow (4m, 24m+4) \\ \rightarrow (2m, 12m+2) \rightarrow (m, 6m+1)$$

となり, 次にどのような連続する自然数になるのかは m に大きく依存していることが分かる. 実際に具体的に $n \leq 80000$ までにおいて, 系列 $[0, 1]$ または $[3, 4]$ に属する連続する自然数が, コラッツ変換の繰り返しで, 次に連続する自然数となったとき, その組が次にどの系列に属するかを調べたところ, $[i, i+1]$, $(i = 0, \dots, 7)$ のいずれの系列においても属するものがあることが分かった. $[7, 8]$ の場合は, $[7, 8]$ 以外の系列に現れるが, これも n をもっと大きくすると現れると考えている.

このように, 系列 $[i, i+1]$ に属する連続する自然数が, 次に連続する自然数になったとき, それがどの系列に属するかは 3 つの場合に分類され, $[4, 5]$ のように連続する自然数にならず合流する場合, $[i, i+1]$, $i = 1, 2, 5, 6$ のように次の系列が限定されている場合, $[i, i+1]$, $i = 0, 3, 7$ のように次の系列が決まらない場合となる. このことは, コラッツ変換 C の性質と大きな関係がありそうではあるが, そこまで詳しく研究していないため, 今後の研究の題材の 1 つと考えている.

5 まとめ

本研究では, コラッツ予想に関して, 連続する自然数が等しい回数で 1 となる (合流する) ものの分布について考察した. 本論文では, 詳しく述べなかったが, s つ子についても興味深い観察がある. 本稿では例として, (3.1) のように, 9 つ子の例を紹介したが, 実際には, かなり長い n つ子も存在する. 例えば, $10^{31} + 1$ から $10^{31} + 31$ は 31 つ子を構成する. また, n が大きくなれば, その前後で $l(n)$ は比較的近い値で分布することも観察できる. この点について詳細な研究は行っていないが,

コラッツ変換 C の性質によって, $l(n)$ と n 間に何らかの関係があることが導かれるのではないかと考えている. 特に, 次のことが予想される.

予想 5.1. 任意の 2 以上の自然数 s について, コラッツ s つ子が存在する.

もちろん解決が難しい問題ではあると思うが, コラッツ双子の無限系列をたくさん作ることができることから, この予想が成立することも十分考えられる. これは素数砂漠 (任意の自然数 s について, $p + s < q$ を満たす隣り合う素数 p, q が存在する) に似た性質である. べったりと, コラッツ双子が存在する区間があることを示唆しており, 実際証明されれば, 非常に興味深い現象であると考えている.

コラッツ予想に関する計算はエクセルを始めとする表計算ソフトにおいて容易に調査でき, 高校生における探求の課題として使用しやすいものである. しかし, 実際に課題として取り上げると, そのデータを眺めた時に, 研究の方向性や着地点を探ることはなかなか容易ではないものであることも感じている. 本研究内容は, これまでの研究とは異なった視点での研究となっており, まだまだ研究の途上である. 従って, 本研究成果は, いろいろな機会において情報を発信し, 高校生を含め研究を紹介することで更なる進展を期待したい.

参考文献

- 栗林他 3 名 (2019) : コラッツ予想に関する研究, 平成 30 年度愛媛大学教育学部卒業論文.
- J. Lagarias (2011a) : The $3x + 1$ Problem: An Annotated Bibliography (1963–1999), arXiv: math/0309224v13.
- J. Lagarias (2011b) : The Ultimate Challenge : The $3x + 1$ Problem, ed. J. C. Lagarias, AMS.
- J. Lagarias (2012) : The $3x + 1$ Problem: An Annotated Bibliography II, (2000–2009), arXiv: math/0608208v6.
- T. Tao (2022) : Almost all orbits of the Collatz map attain almost bounded values, arXiv: 1909.03562v5.

小学校におけるコンピューショナルシンキングに関する調査分析と授業実践

Survey Analysis and Lesson Practice on Computational Thinking in Elementary School

○権名津卓未^{*1}, 大西義浩^{*2}

GONNAZU Takumi^{*1}, OHNISHI Yoshihiro^{*1}

^{*1}愛媛大学大学院教育学研究科 ^{*2}愛媛大学教育学部

^{*1} Graduate School of Education, Ehime University ^{*2} Faculty of Education, Ehime University

【要約】本研究は、小学校段階においてCTの育成を行っていくにあたって尺度を開発すること、そして、CTを育むことができる授業を検討することを目的とする。先行研究から質問項目を選定し因子分析を行った結果、4因子からなる質問紙を作成した。また、小学校6年生で学習する比例の単元において、変数の見方・考え方に関する授業を提案・実践した。この結果、授業実施クラスのアルゴリズム的思考の平均点以上のグループと協調的問題解決の児童全体において授業の前後で有意差が認められ、授業を実施していないクラスでは有意差が認められなかった。また、授業後の振り返りシートには授業実施クラスの児童全体が授業に対して肯定的な感想を書いていた。しかし、授業実践によりアルゴリズム的思考が伸びるという仮説を立てていたのにも関わらず、アルゴリズム的思考の平均点より下のグループで有意差が認められなかった。

【キーワード】コンピューショナルシンキング、プログラミング教育、質問紙作成、算数科教育

I. 研究背景と目的

近年、世界は高度情報社会となりつつある。そのため、この社会に参画することができる人材の育成などが今日の教育的な課題の1つとなっている。

海外では、この課題解決方法の1つとしてコンピューショナルシンキング(コンピューショナル・シンキング, Computational Thinking, いずれも以下, CT と略す)という思考方法を小学校段階から導入し育むことを目指している。Department for Education(2013)によるとイギリスでは「質の高いコンピューティング教育は、子どもがCTと創造性を使って世界を理解し変革することができる」として抽象化やアルゴリズムなどを育成することを目的とした専門の教科 Computingを設置している。また、PISA(2018)は「21世紀の数学的リテラシーには数学的推論とCTのいくつかの側面が含まれる」としており、算数・数学領域においてもCTを育むことの重要性が増している。

この教育的な課題を解決するために文部科学省(2016)は、プログラミング的思考を「[CT]の考え方を踏まえつつ、プログラミングと論理的思考との関係を整理しながら提言された定義」とし、この思考方法を育むことを目的としたプログラミング教育を小学校に導入した。この教育を文部科学省(2018)は、学習の基盤となる資質・能力と位置付け、「各教科等の特質を生かし、教科等横断的な視点から教育課程の編成を図

り育成すること」としている。また、日本経済再生本部(2018)は未来投資戦略2018の中で「義務教育終了段階での高い理数能力を、文系・理系を問わず、大学入学以降も伸ばしていけるよう、大学入学共通テストにおいて、国語、数学、英語のような基礎的な科目として必修科目「情報I」(コンピュータの仕組み、プログラミング等)を追加するとともに、文系も含めて全ての大学生が一般教養として数理・データサイエンスを履修できるよう、標準的なカリキュラムや教材の作成・普及を進める」という方針を立てている。これを受け、大学入試センターは大学入試共通テストの科目として情報を加えることを検討し、サンプル問題を作成している。大学入試センター(2021)の令和7年度大学入学共通テストの情報のサンプル問題を確認すると、語句の空欄補充問題だけでなく、求めたい値を出力するための方法を考察するアルゴリズムに関する問題や、事象の数値化と一般化された式を考察する、事象の数学的関連性に関する問題などCTが求められる問題がある。

このことから、CTを育む教育が高校において教科「情報」もしくは、小学校のように教科によらない形で導入される可能性があると考えられる。また、文部科学省は小学校におけるプログラミング的思考の定義でCTに関する教育を参考に行っていることもあり、今後のプログラミング教育においてCTの育成が導入される

可能性があると考え。もし、CTの育成がプログラミング教育に導入されないとしても、CTを学校教育においてプログラミング的思考とともに初期段階から育成していくことで、将来的に子どもたちが高度情報社会に参画するための力を育むという点で重要である。本研究では、小学校段階においてCTの育成を行っていくにあたって、能力の数値化を行うための方法の1つである尺度を開発すること、そして、CTを育むことができる授業を検討することを目的とする。

II. 先行研究と研究の仮説

1. CTの概念と測定方法

CTに明確な定義はまだなく、現在もこの定義に関して世界で議論が続いている。しかし、CTの代表的な操作的定義としてWing(2014)は「人間または機械が効果的に実行できるように、問題を定式化し、その解決策を表現するための思考プロセス」と提唱している。

このCTを測定する尺度の1つとして、Korkmazら(2017)が大学生向けに開発したものがある。この尺度は29の質問項目があり、CTにおける創造性、協同性、アルゴリズム的思考、批判的思考、問題解決の5因子で構成されている。また、この尺度は、それぞれの質問項目に対して(1)まったく当てはまらない(2)めったに当てはまらない(3)ときどき当てはまる(4)当てはまる(5)とても当てはまる、の5件法で回答する形式となっている。この尺度を日本語に訳したものをを用いて、市原ら(2020)は高校生を対象とした研究を行っており、日本においてもこの尺度は使用されつつある。

2. CTと数学の関連

ケンブリッジ大学(2019)は「CTと数学的思考はどちらも抽象的な問題解決アプローチ」とし、「どの年齢でも学ぶことができる」としている。また、「CTは数学的思考と比べ、ハードウェアや現実的な制約により制約されるが、より広く適用することができる可能性がある」と示唆している。このCTと数学の関連に関して、変数の考え方に着目したZhihaoら(2021)は「CTの観点からの変数は変化する数という意味で数学的思考と相乗効果を共有している」としている。しかし、CTと数学の変数においてはBratingら(2021)が提唱するように「非数値変数の導入は、変数の数値的側面が強調されている学校の代数を超えている」ということに注意したうえで扱わなければならない。

3. 研究の仮説

本研究では、2つの仮説を立てた。まず、尺度作成のために先行文献における尺度の質問項目と対応する、小学生が分かる言葉に書き変えた項目を作成する。この対応する質問項目同士で相関分析を行い、相関が高い項目を採用し因子分析を行うことで、同様の因子構造を持つCTの尺度を作成することができるのではないかと仮説を立てた。次に、CTを育むための授業検討のために、CTと数学に相乗効果があるとされる変数に関する授業を行う。小学校において変数を扱う単元として、小学校6年生で学習する比例があげられる。この単元では、変数と変数の関係を表、式、グラフを使って考える。この単元において通常の授業内容だけでなく、CTに関連する変数の見方・考え方にも着目した授業を行うことでCTの質問項目の中で数学的な考え方を測定する項目が向上するのではないかと仮説を立てた。

III. 質問紙を作成する方法

1. 対象と期間

Korkmazら(2017)の質問項目と、この質問項目に対応した小学生が分かる言葉に書き変えた項目を用いて18歳以上の方を対象とした相関分析用の質問紙調査を行った。このとき、質問項目が多くなるため4回に分け、それぞれ1回目118名、2回目101名、3回目79名、4回目87名の方々に実施した。

また、この質問紙調査から小学生用の質問紙を作成し、M市Y小学校6年生の3学級計89名に質問紙調査を行った。

どちらの質問紙調査でも質問項目に対して、回答は1(まったく当てはまらない)、2(めったに当てはまらない)、3(ときどき当てはまる)、4(当てはまる)、5(とても当てはまる)の5件法で求めた。

2. 分析方法

相関分析用の質問紙調査では、相関係数が一般的に0.7以上を高い相関とすることから、この指標を参考に相関係数が0.7前後をとる小学生用の項目を抽出する。

また、因子分析用の質問紙調査では、探索的・確認的因子分析・構造方程式モデリングを行い、因子構造を明らかにし、尺度を検討・作成する。

IV. 質問紙作成の結果と考察

相関分析用の質問紙調査から得られたデータから、相関係数が0.7前後をとる小学生用の29項目を抽出し質問紙を作成した。この抽出した29項目とその項目に対応するもとの項目、また、市原ら(2020)の日本語に翻訳した項目をまとめた表を表1とする。

また、因子分析用の質問紙調査で得られたデータから、欠損値のあるデータを除外した78名のデータを使用した。この調査で得られたデータを用いて最尤法・プロマックス回転による探索的因子分析を行った。この結果を図1とする。

図1の結果から4因子を想定し、探索的因子分析を行った。その際、項目間の負荷量の可能性から、12項目を削除した。最終的に4因子を採用した。次に、各因子について α 係数を算出した。一般的に α 係数が0.7以上であることが尺度の信頼性の指標となっている。この指標をもとにそれぞれの因子を確認すると、 α 係数が基準である0.7以上であることが確認できた。このことから、この尺度の一定の信頼性が得られた。また、適合度指標はそれぞれ $\chi^2 = 144.229$, $p = 0.029$, $CFI = 0.957$, $RMSEA = 0.059$ となった。作成した尺度の各項目の因子負荷量と各因子の α 係数と ω 係数をまとめた表を表5とする。

次に確認的因子分析を行った。この結果、適合度指標はそれぞれ $\chi^2 = 170.636$, $p = 0.008$, $CFI = 0.943$, $RMSEA = 0.064$, $GFI = 0.815$ となった。また、今回作成した尺度から構造方程式モデルを作成した。このモデル図を図2とする。

本研究で採用した4つの因子の考察を行う。まずFactor1に含まれる項目はKorkmazら(2017)の尺度の中でアルゴリズム的思考に含まれる3項目と、批判的思考に含まれる4項目である。それぞれの思考の定義を確認すると、まず、飯田ら(2008)によるとアルゴリズム的思考の定義として「基本的な操作に分解しそれらの順序を意識する思考法」ということがあげられている。次に、楠見(2018)によると批判的思考の定義の1つとして「客観的、合理的、多面的にものごとをとらえる思考」ということがあげられている。コンピュータを用いて計算を行う際、計算方法であるアルゴリズムの性能を計算の速さや精度といった効率的・効果的といった指標で評価される。この効率的・効果的といった観点の中には様々なアルゴリズムの中からよりよいものを客観的に判断したり、アルゴリズムを考えるために方法を合理的・多面的に捉えたりする

ことが含まれていると考える。この考えをもとに批判的思考に含まれていた4項目を確認すると、効率的・効果的といった観点からアルゴリズム的思考として捉えることができると考える。そのため、Factor1はアルゴリズム的思考と解釈する。

次に、Factor2に含まれる項目はKorkmazら(2017)の尺度の中で創造性に含まれる4項目とアルゴリズム的思考に含まれる1項目である。アルゴリズム的思考に含まれる1項目は問題解決の方法を考えることに関する内容であることから、創造性に含まれる4項目と同様に創造性としても捉えることができる。そのため、Factor2は創造性と解釈する。

次に、Factor3に含まれる項目はKorkmazら(2017)の尺度の中で問題解決に含まれる3項目である。この3項目に関しては、もともとの尺度の中で問題解決に含まれる項目のまとまりであることから、Factor3は問題解決と解釈する。

Factor4に含まれる項目はKorkmazら(2017)の尺度の中で協同性に含まれる2項目と問題解決に含まれる1項目である。この3項目に関しては、全てグループ学習の中で協力しながら行う問題解決に関する項目であることから、Factor4を協同的問題解決と解釈する。

V. 授業実践の方法

1. 対象と期間

M市Y小学校6年生の3学級計74名を対象として同じ授業の前後に質問紙調査を行った。そのうち1学級に対して啓林館『わくわく算数6』(2019年検定済み)の12章「比例と反比例」の2直線のグラフの読み取りに関する授業を1時間実施し、授業最後に振り返りシートを書かせた。

2. 授業実践の分析方法

実践した授業の前後で児童の意識に変化があったかどうか、また、他のクラスで実施された授業と比較するため、授業前後で質問紙調査を行い、t検定を行う。

また、振り返りシートに書かれた感想から形態素分析、階層的クラスター分析、感情分析を行うことで本授業の特徴を捉える。

VI. 授業実践の結果と考察

授業実践を行ったクラスの分析には、欠損値のある

データを除外した 25 名のデータを使用した。また、授業実践を行っていないクラスの分析には、欠損値のあるデータを除外した 41 名のデータを使用した。それぞれの第 1 回と第 2 回の質問紙調査で得られたデータの基本統計量を各因子でまとめた表を表 2 とする。

授業実践を行ったクラスの 2 回の質問紙調査から、対応のある t 検定と効果量を算出し、各因子の変化を確認した。この結果、対象者全体では協調的問題解決 ($t(25)=3.934, p<.01, d=0.637$) において有意差が見られ、中程度の効果が確認できた。また、各因子の平均点以上と平均点より下の 2 つのグループに分けて t 検定を行った。この結果、アルゴリズム的思考の平均点以上のグループ ($t(25)=2.665, p<.05, d=0.666$)、協調的問題解決の平均点以上のグループ ($t(14)=4.163, p<.01, d=1.376$) において有意差が見られ、それぞれ中程度の効果と大きな効果が確認できた。

次に、授業実践を行っていないクラスの 2 回の質問紙調査から対応のある t 検定と効果量を算出し、各因子の変化を確認した。しかし、それぞれの因子に対して有意差を確認することはできなかった。

また、振り返りシートの感想に関して、書かれた文章をもとに自然言語処理を行った。この自然言語処理では樋口(2020)が開発した KH coda を用いて形態素分析と階層的クラスター分析を、また、Devlin ら(2018)が開発した BERT と東北大学乾研究室(2019)が公開している訓練済み日本語 BERT モデルを用いて感情分析を行った。階層的クラスター分析では最初に 7 個のクラスターに分類されたが、より詳しくクラスターの特徴を捉えるために合併水準を参考に 11 個のクラスターに再分類した。この形態素分析と合併水準、再分類した階層的クラスター分析の結果を図 3 とする。また、感情分析の結果、30 名すべての感想がポジティブであり、数値は平均で 0.96 と算出された。

この結果から、本授業について児童らはプレゼンテーションを用いた変数の意識づけにより児童にとって分かりやすく楽しめる授業と捉えていることが分かった。

授業を実践したクラスと実践していないクラスの基本統計量に関して、どちらもアルゴリズム的思考において分散が大きく協同的問題解決に関しては分散が小さいことが分かった。アルゴリズム的思考を含め算数領域では、この思考方法を苦手とする子どもが多

いことが課題となっていることから、今回の質問紙調査で分散が大きい理由として考えられる。

授業実施クラスの協調的問題解決の有意差に関して、授業では話し合い活動はスモールティーチャーの導入時と新たな変数を探するときのみ行っている。そのため、この 2 つの活動の中でグラフや変数の見方・考え方を共有し問題解決を行っていったことから協調的問題解決に関する考え方が変化し効果を与えたと考察する。また、これらの経験から授業後の感想において授業が分かるという言葉の出現回数が多くなったことにつながったのではないかと考察する。しかし、授業を実施していないクラスも同様に授業前と後と比較すると最小値と最大値は大きくなっているが分散が授業後の方が大きくなっていることが確認できる。

授業実践を行っていないクラスに関して、各因子に対して有意差を確認できず、各因子の平均得点も低くなっていることが分かった。そのため、今回実施した授業では、一部有意差を確認することができる因子があったため、普段学校教育で行われている授業とは違い、CT の一部を育む要素が含まれた授業であるということが分かった。

しかしながら、アルゴリズム的思考においては授業を行うことで全体として向上を期待していたのにも関わらず、平均点以上のグループのみ有意差と中程度の効果量が認められた。平均点より下のグループの意識が変化しなかった理由について考察するために、平均点より下のグループのみでアルゴリズム的思考の基本統計量の変化と振り返りシートの今日の授業でわかりづらかったことに書かれている文章を確認した。平均点よりも下のグループにおけるアルゴリズム的思考の変化を表 4 とする。

平均点より下のグループの 13 名が分かりづらかったことに書かいていた内容は 3 名がワークシートの構造に関して、3 名が教科書の問題の解説に関して、2 名が新しい式の作成に関して、そして 5 名が無回答だった。

まずワークシートに関して、児童の記述をもとに授業で用いたワークシートを確認すると、表を用いた解き方を多くの子どもが行っていたが、それ以外にグラフから読み取れることを言葉で書いていないことが確認できた。次に、教科書の問題の解説に関して、スモールティーチャー制度を導入し教師が話す時間を

削減したことにより解説が不十分だったことが原因のうちの1つとして考えられる。最後に、新しい式の作成に関して、ワークシートや教科書の問題を解く授業過程に問題があり新しく式を導き出す前につまづきがあったと考察する。

これらの授業内での要因から、授業前と比較してアルゴリズム的思考の考え方に対する分散が大きくなったのではないかと考察する。

VII. おわりに

本研究では、小学校高学年を対象としたCTの質問紙の作成とCTを育む授業の検討をするために、先行研究の尺度を参考にした質問紙調査と小学校算数科で学ぶ変数に着目した授業の提案・実施を行った。

CTの質問紙について因子分析の結果、4因子からなる質問紙を作成することができた。また、CTを育む授業の検討では2直線の読み取り時にy軸の差に注目させることを最終目的とした授業を提案・実践した。この結果アルゴリズム的思考の平均点以上のグループと全員の協調的問題解決に有意差があることが分かった。また、授業を実施していないクラスでの質問紙調査からは有意差が認められなかったことから、今回実施した授業は、普段学校教育で行われている授業とは違い、CTの一部を育む要素が含まれた授業であるということが分かった。しかし、アルゴリズム的思考の平均以下のグループには有意差が見られなかった。この原因として、最終目的までの授業過程でつまづきがあったことが考えられた。

今後の展望として、2つあげられる。1つ目は、今回提案・実践した授業の再検討である。アルゴリズム的思考について、平均点以下のグループは授業の途中でつまづくことがありCTを育むことが難しかった。しかし、変数を捉え新しく立式をさせる過程では平均点以上のグループのアルゴリズム的思考を育むことができることが分かった。そのため、今回提案・実践した授業はアルゴリズム的思考を全く育むことができない授業ではないことが分かった。そのため、原因として考えられるワークシートの構造や教科書の問題の解説方法の改善を行うことでのアルゴリズム的思考の変化を確認し、授業を再度検討していきたい。

2つ目は、今回作成したCTの質問紙の継続的实施である。日本においてCTはまだ広く認知されていない。そのため、既存の教育の中でそもそもCTはどの程度

育まれているのか、そしてCTは各教科の何と繋げてさせて育むことができるのか分かっていない。また、本来CTは問題解決の思考方法であることから教科によらず、様々な場面で用いられていることが考えられる。これらの課題を解決するための方針の1つとして質問紙の継続的实施し、分析を行ってきたい。

付記・謝辞

愛媛大学大学院教育学研究科の先生方や、本研究の趣旨を理解いただき快く調査にご協力してくださった小学校の先生方や児童の皆様に深く御礼申し上げます。

文献

- 飯田周作・飯田千代・清藤武暢・佐藤創 (2008) : アルゴリズム的思考の教育, 情報処理学会研究報告書, 93, 57-64.
- 市原靖士・大津春輝・杉山昇太郎 (2020) : 工業高校生のコンピュータショナルシンキングに関する調査, 日本科学教育学会年開論文集, 44, 389-392.
- 楠見孝 (2018). 批判的思考への認知科学からのアプローチ, 認知科学, 25(4), 461-474.
- 大学入試センター (2021) : 平成30年度告示高等学校指導要領に対応した令和7年度大学入学共通テストからの出題教科・科目情報サンプル問題.
- 東北大学乾研究室 (2019) : bert-japanese, 東北大学, <https://github.com/cl-tohoku/bert-japanese> (最終アクセス日 2021年12月14日)
- 日本経済再生本部 (2018) : 未来投資戦略2018-「Society5.0」「データ駆動型社会」への変革-, 15.
- 樋口耕一 (2020) : 社会調査のための計量テキスト分析-内容分析の継承と発展を目指して-第2版, ナカニシヤ出版.
- 文部科学省 (2016) : 小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について(議論の取りまとめ), http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shoutou/122/attach/1372525.html (最終アクセス日 2020年1月18日)
- 文部科学省 (2018) : 小学校プログラミング教育の手引き(第三版), 9.
- CAMBRIDGE Mathematics ESPRESS (2019) : Computational conceptions of mathematical and computational thinking cycles.

- Department for Education (2013) : National curriculum in England: computing programmer of study, GOV. UK, <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study> (最終アクセス日 2021 年 12 月 14 日)
- Jacob, Devlin・Ming-Wei, Chang・Kenton, Lee・Kristina, Toutanova (2018) : BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding, arXiv preprint, arXiv:1810.04805.
- Kajsa, Brating・Cecilia, Kilhamn (2021) : Exploring the intersection of algebraic and computational thinking, MATHEMATICAL THINKING AND LEARNING, 23(2), 170-185.
- OECD (2018) : PISA 2022 MATHEMATICS FRAMEWORK (DRAFT).
- Özgen, Korkmaz・Recep, Çakir・M. Yaşar, Özde (2017) : A validity and reliability study of the Computational Thinking Scales (CTS), Computers in Human Behavior, 72, 558-569.
- Wing, J, M (2014) : Computational thinking benefits society. 40th Anniversary Blog of Social Issues in Computing, <http://socialissues.cs.toronto.edu/2014/01/computational-thinking/> (最終アクセス日 2021 年 12 月 14 日)
- Zhihao, Cui・Oi-Lam, Ng (2021) : The Interplay between Mathematics and Computational Thinking in Primary School Students' Mathematical Problem-solving within a Programming Environment, Journal of Educational Computing Research, 59, 1-34.

表 1 質問項目対応表

	原文	日本語訳(原訳)	小学生(高学年)向け項目	相関係数	母数	
Creativity	1	I like the people who are sure of most of their decisions	自分のことは自分で考えてしっかりと判断するようにしている。	0.674167	87	
	2	I like the people who are realistic and neutral	自分は客観的に判断ができる方だと思う。	0.738449	101	
	3	I believe that I can solve most of the problems I face if I have sufficient amount of time and if I show effort.	十分な時間努力すれば、自分が直面する多くの問題を解決できると思う。	0.784243	101	
	4	I have a belief that I can solve the problems possible to occur when I encounter with a new situation.	自分は適切な場に応じて適切に対応し、問題を解決できると思う。			
	5	I trust that I can apply the plan while making it to solve a problem of mine.	自分は問題を解決するために計画をしっかりと立てるほうだと思う。			
	6	Dreaming causes my most important projects to come to light.	目標を達成するために、計画立てて行動している。			
	7	I trust my intuitions and feelings of "rightness" and "wrongness" when I approach the solution of a problem	問題を解決するとき、自分のひらめきを大切にしている。	0.727396	79	
	8	When I encounter with a problem, I stop before proceeding to another subject and think over that problem.	新しい別の課題に取り組み前に、目の前の問題を考えるほうだ。			
	9	I can immediately establish the equity that will give the solution of a problem	問題を解決するための手段方法をすぐに考えることができる。	0.7861	101	
	10	I think that I have a special interest in the mathematical processes	自分は算数・数学の独特な考え方に関心があがる。	0.860963	118	
	11	I think that I learn better the instructions made with the help of mathematical symbols and concepts	自分は算数・数学的な出来事を理解できる方だと思う。	0.862065	118	
	12	I believe that I can easily catch the relation between the figures	自分は算数・数学的な出来事の間接をつかむことができる。	0.855738	118	
	13	I can mathematically express the solution ways of the problems I face in the daily life.	日常生活の問題を解決するための方法を算数・数学的に表すことができる。	0.821232	118	
	14	I can digitize a mathematical problem expressed verbally.	言葉で表された算数・数学的な問題を数字で表現できる。	0.752005	79	
	AlgorithmicThinking	15	I like experiencing cooperative learning together with my group friends.	グループの友達と一緒に協力して学習するのが好きだ。		
		16	In the cooperative learning, I think that I attain/will attain more successful results because I am working in a group.	グループ学習において、自分がグループの役に立つことが多いと思う。	0.879679	118
		17	I like solving problems related to group project together with my friends in cooperative learning.	グループ学習に関連する問題を友達と一緒に解決するのが好きだ。		
		18	More ideas occur in cooperative learning.	グループ学習の時にたくさんアイデアが浮かぶほうだ。		
		19	I am good at preparing regular plans regarding the solution of the complex problems.	複雑な問題を解決するとき、いくつかの問題を整理して計画を立てることが得意だ。	0.747304	79
		20	It is fun to try to solve the complex problems.	複雑な問題を解決しようとするのは楽しいと思う。		
		21	I am willing to learn challenging things.	難しいことを学ぶための、やる気があると思う。	0.762277	101
	Cooperativity	22	I am proud of being able to think with a great precision.	問題を正確に考えることができることに自信がある。		
		23	I make use of a systematic method while comparing the options at my hand and while reaching a decision.	いくつかの方法を比べて選ぶとき、全体的にままとまっている方法を選んで問題を解決しようとする。	0.653516	87
		24	I have problems in the demonstration of the solution of a problem in my mind.	自分の問題解決の考え方に自信がない。		
		25	I have problems in the issue of where and how I should use the variables such as X and Y in the solution of a problem.	問題の解決に必要な情報をどこでどのように使うべきかわからない時がある。		
	Problem	26	I cannot apply the solution ways I plan respectively and gradually.	自分が考えている問題の解決策を、実行に移すことに自信がない。	0.814708	101
		27	I cannot produce so many options while thinking of the possible solution ways regarding a problem.	問題に関して考えられる解決方法を多く考えることに自信がない。		
		28	I cannot develop my own ideas in the environment of cooperative learning.	グループ学習の中で自分のアイデアを作り出すことに自信がない。	0.883175	79
		29	It tries me to try to learn something together with my group friends in cooperative learning.	グループ学習でメンバーと協力することはつかる。	0.875901	118

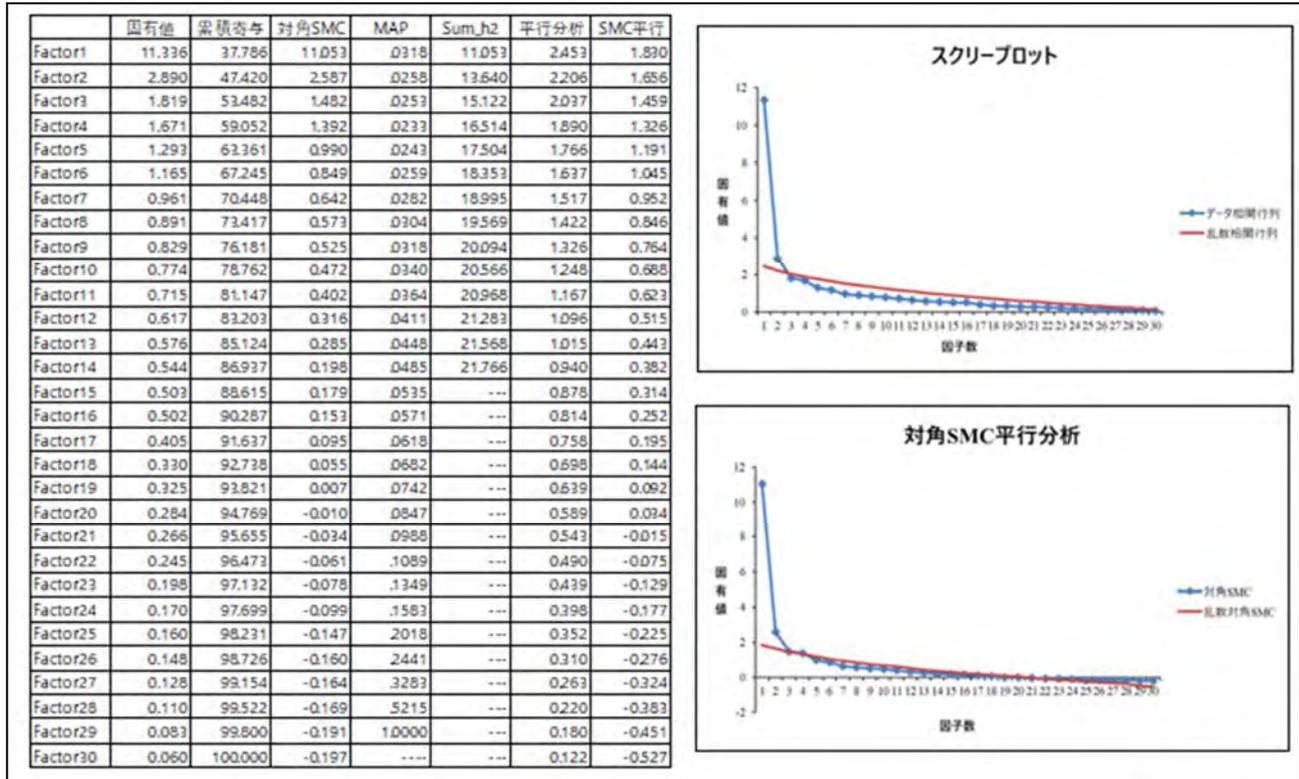


図1 探索的因子分析の結果

表2 各項目の因子負荷量と各因子の α 係数と ω 係数

	因子負荷量			
	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4
Factor1($\alpha=.917, \omega=.930$)				
Q1 自分は算数・数学的な出来事を理解できる方だと思う。	.906	-.337	.124	.105
Q6 問題を正確に考えることができることに自信がある。	.858	.189	-.164	-.064
Q3 日常生活の問題を解決するための方法を算数・数学的に表すことができる。	.777	-.001	.074	-.105
Q4 複雑な問題を解決しようとするのは楽しいと思う。	.721	.225	-.009	-.038
Q7 いくつかの方法を比べて選ぶとき、全体的にままとまっている方法を選び、問題を解決しようとする方だ。	.696	.038	-.145	.052
Q5 難しいことを学ぶための、やる気があると思う。	.658	.147	.083	.002
Q2 自分は算数・数学的な出来事の関係をつかむことができる。	.625	-.079	.353	-.062
Factor2($\alpha=.818, \omega=.816$)				
Q10 自分はその場に応じて適切に対応し、問題を解決できると思う。	-.090	.772	-.002	.049
Q9 自分はいろいろな見方で判断ができる方だと思う。	.070	.765	-.050	.050
Q11 自分は問題を解決するために計画をしっかりと立てる方だと思う。	.072	.665	-.033	.001
Q8 自分のことは自分で考えてしっかりと判断するようにしている。	-.050	.630	.126	-.056
Q12 問題を解決するための方法をすぐに考えることができる。	.004	.529	.134	.063
Factor3($\alpha=.841, \omega=.852$)				
Q14 問題の解決に必要な情報をどこでどのように使うべきかわからないときがある。	-.026	.063	.837	.090
Q15 自分が考えている問題の解決策を、実行に移すことに自信がない。	.052	-.032	.807	.081
Q13 自分の問題解決の考え方に自信がない。	-.018	.100	.726	-.096
Factor4($\alpha=.756, \omega=.777$)				
Q16 グループの友達と一緒に協力して学習するのが好きだ。	.056	-.052	-.103	.994
Q18 グループ学習でメンバーと協力することはつかる。	-.203	.057	.174	.570
Q17 グループ学習に関連する問題を友達と一緒に解決するのが好きだ。	.169	.158	.017	.544

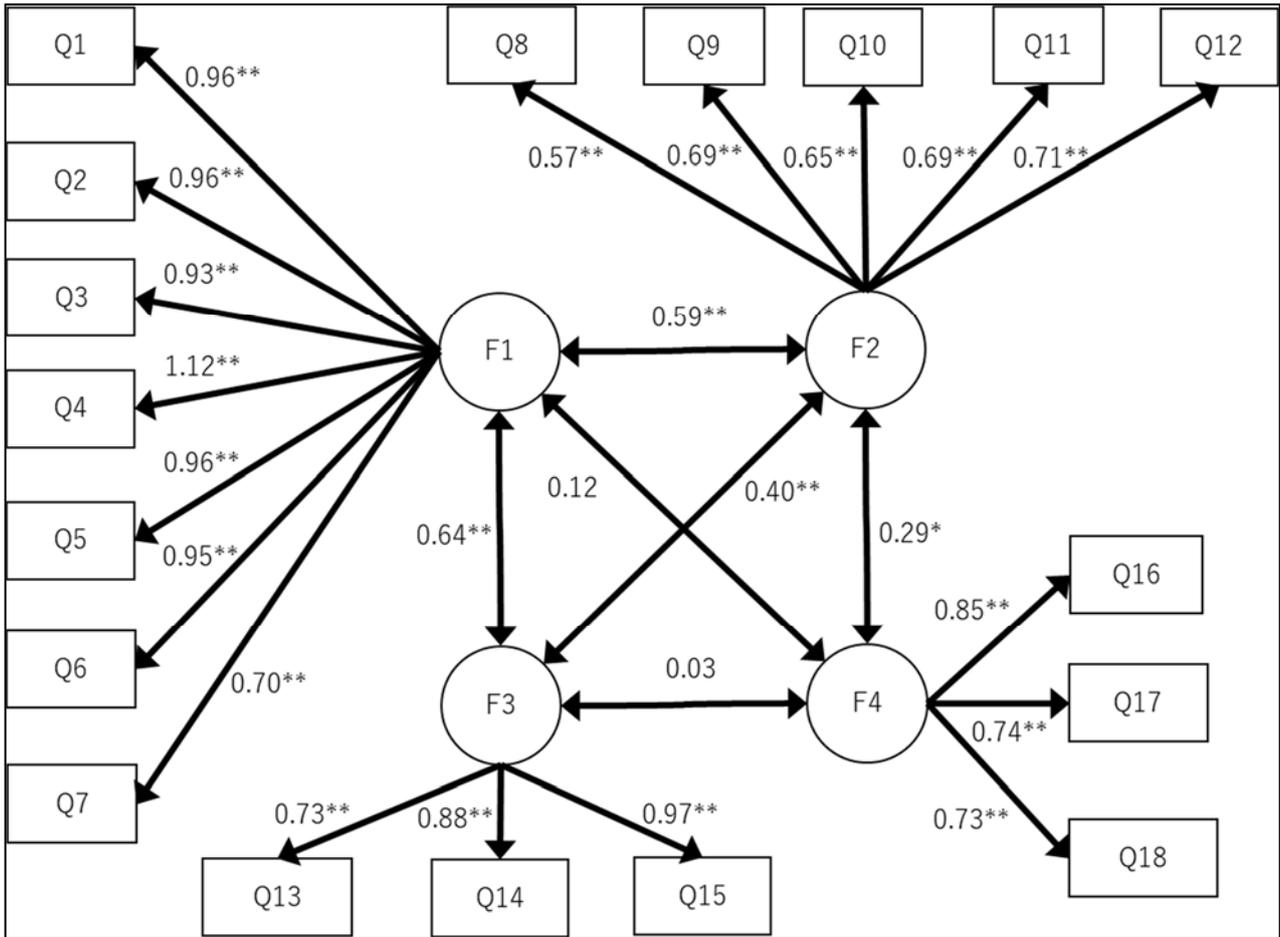


図2 CTの構造方程式モデル

表3 各因子の授業前後での変化

		F1		F2		F3		F4	
		授業前	授業後	授業前	授業後	授業前	授業後	授業前	授業後
授業実施 クラス	有効N	25	25	25	25	25	25	25	25
	平均値	3.109	3.246	3.568	3.520	3.067	3.013	3.440	4.000
	中央値	3.000	3.143	3.600	3.200	3.000	3.000	3.667	4.333
	標準偏差	0.906	1.057	0.725	0.956	0.816	1.007	0.622	1.084
	分散	0.820	1.117	0.526	0.913	0.667	1.014	0.386	1.176
	最小値	1.571	1.286	2.200	1.600	1.667	1.000	2.000	2.333
	最大値	4.857	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	4.333	5.000
	授業を していない クラス	有効N	41	41	41	41	41	41	41
平均値		3.300	3.300	3.512	3.556	2.650	2.626	3.415	3.301
中央値		3.286	3.286	3.400	3.400	2.667	2.333	3.667	3.333
標準偏差		1.015	0.962	0.773	0.706	0.856	0.961	0.464	0.499
分散		1.030	0.926	0.598	0.499	0.733	0.923	0.215	0.249
最小値		1.286	1.286	2.000	1.800	1.667	1.000	2.333	2.000
最大値		5.000	4.857	5.000	5.000	5.000	4.667	4.000	4.000

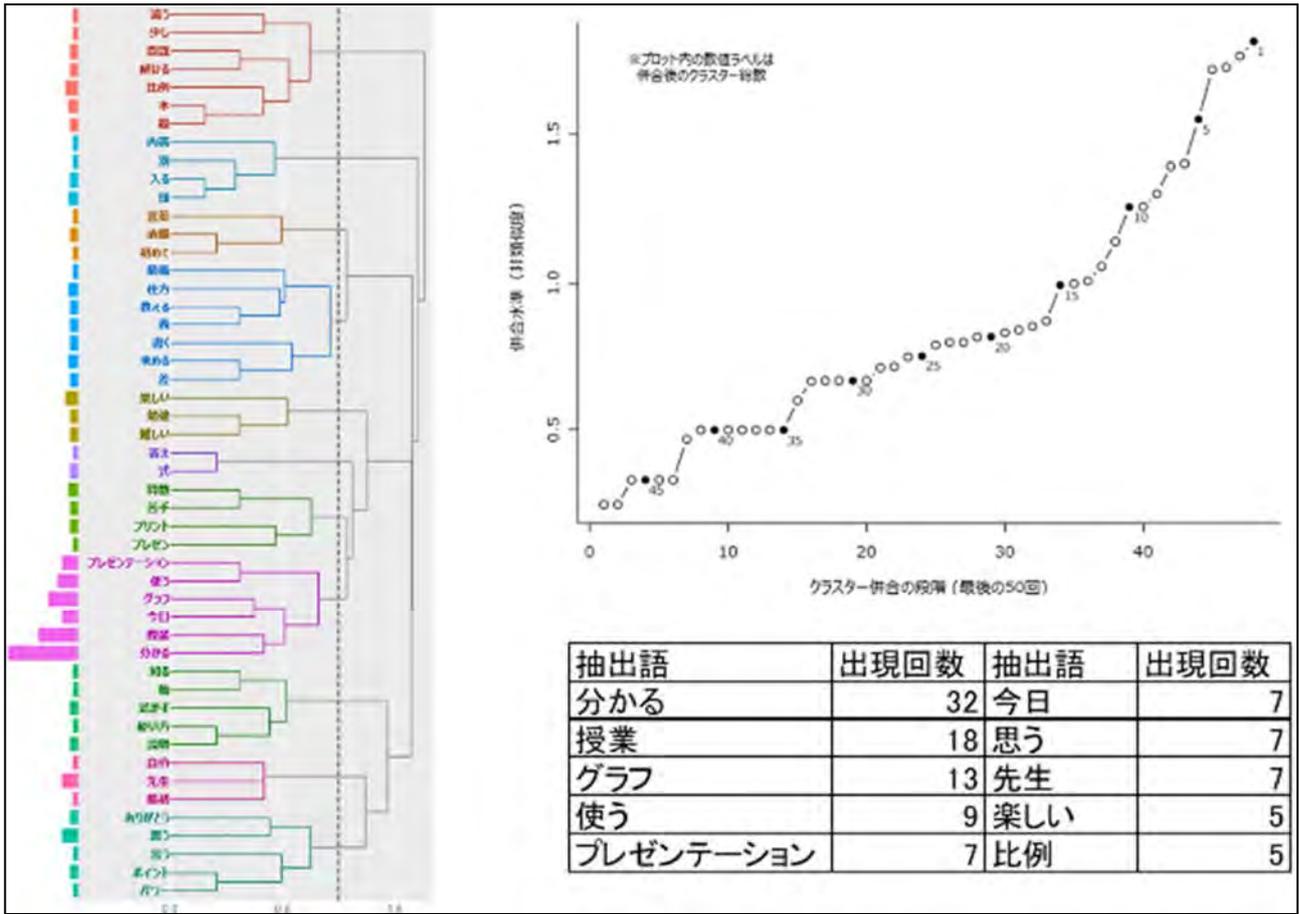


図3 形態素分析と階層的クラスター分析の結果

表4 平均点よりも下のグループにおけるアルゴリズム的思考の変化

変数名	有効N	平均値	中央値	標準偏差	分散	最小値	最大値
授業前	13	2.429	2.429	0.382	0.146	1.571	3.000
授業後	13	2.495	2.429	0.608	0.369	1.286	3.429

**3DCAD と 3D プリンタについての意識調査と
課題解決型学習を取り入れたものづくりの授業提案**
Awareness Survey on 3DCAD and 3D Printers and
Proposal for Production Lessons that Incorporate Problem-Solving Learning

○玉井輝之^{*1}, 薬師神吉啓^{*2}, 大西義浩^{*1}, 森慎之助^{*1}

TAMAI Teruyuki^{*1}, YAKUSHIJIN Yoshihiro^{*2}, OHNISHI Yoshihiro^{*1}, MORI Shinnosuke^{*1}

^{*1}愛媛大学教育学部, ^{*2}愛媛大学教育学部附属中学校

^{*1}Ehime University Faculty of Education, ^{*2}The Junior high school of Ehime University Faculty of Education

【要約】本研究は、はじめて手工によるものづくりを学習させる中学1年生およびものづくりを経験済みの中学2年生において、ものづくりの意識調査を行い、差異について考察した。また、「生活や社会を支える技術」に着目し、「材料と加工の技術」の学習に3DCADおよび3Dプリンタを使用することにより「技術の見方・考え方」を可能にする授業実践について検討した。結果として、(1)3DCADおよび3Dプリンタの知識については2年生の方が1年生より高いが、その興味や使用する意欲については、1年生の方が2年生より高いことがわかった。すなわち、既存知識があることにより、学習の興味や意欲が低下する傾向がある、(2)手工によるものづくりは1,2年生とも必要性を感じているが、製作については、男子は効率や機能に関する視点、女子は情緒的な視点を持っている、(3)3DCADを取り入れた授業は製作物のイメージを具体化させるための一助になる、(4)木材加工と3Dプリンタによる加工を併用させることで、それぞれの長所および短所を体験させ、手工によるものづくりの必要性について考えさせられる、(5)3DCADを使用することで課題解決型学習をさせる際に構想や設計をする場合、新たな課題の発見や試行錯誤ができるなどの有効性がある、ことがわかった。

【キーワード】材料と加工, 意識調査, 手工, 3DCAD, 構想・設計, 課題解決

I. はじめに

中学校技術分野にとっては、ものづくりは重要で、欠くことができない実践的・体験的活動であり、今後も存続するものと期待される。ものづくりの解釈の一例としては次のようなことがあげられる。「素材や材料に働きかけることで、実用的な価値を持つ製品やシステムを構想・設計、製作・制作・育成、評価、改善・修正する一連の活動及び行為の形態」(日本産業技術教育学会, 2021)。ものづくりについて、これまで様々な面から研究がされている。岳野、鬼藤らは中学生のものづくりの意義について、ものづくりの因子を推定し、それらを踏まえ効果的な学習展開を明らかにした(岳野, 2008)。原田、藤川、安東らは、ものづくりの学習意欲の状況と工具使用の自己スキル意識について調査し、学習意欲の因子、工具使用の際の意識など明らかにした(原田, 2013)。中原、森山らはものづくりの「癒し」と「ストレス」の分析を行い(中原, 2012)、中尾、森山らは、問題解決における試行錯誤の意識と活動経験の関連性について調査を行っている(中尾, 2021)。

中学生のものづくりの意識調査のデータ採取・分析を、随時に実施して把握しておくことで、時代に合わせた学習指導が可能である。特に、学習指導要領が改定される時期はそれらが必要と考える。

ところで、令和3年度より、新たな学習指導要領が全面実施された。学習過程を踏まえた改善内容として「生活の中から問題を見だし、課題を設定し、解決方法を検討し、計画、実践、評価・改善するという一連の学習過程を重視し、この過程を踏まえて基礎的な知識・技能の習得に係る内容や、それらを活用して思考力、判断力、表現力等の育成に係る内容について整理することが適当である。」と記述している(中央教育審議会, 2016)。また、これらを遂行するために、授業の構成が「技術の仕組みや役割、進展等を、科学的に理解することで、「技術の見方・考え方」に気付き、課題の解決に必要な知識・技能を習得させる内容(「生活や社会を支える技術」)、習得した知識・技能を活用して、生活や社会における技術に関わる問題を解決することで、理解の深化や技能の習熟を図るとともに、技術によって問題を解決できる力や技術を工夫し

創造しようとする態度を育成する内容（「技術による問題解決」）、自らの問題解決の結果と過程を振り返ることで、身に付けた「技術の見方・考え方」に沿って生活や社会を広く見つめなおす内容（「社会の発展と技術」）となった（文部科学省，2018）。

これらを受けて「材料と加工の技術」の学習において、「課題の解決策を具体化する際には、3DCAD や3Dプリンタを活用して試作させることも考えられる」と新たに追加された。次世代のものづくりの手法であり、今後の学習に影響を及ぼす可能性がある。これまでに、3DCAD および 3D プリンタを使用した授業実践の研究報告が多数されている（藤田，2016；室伏，2017；山本，2013；山本，2018；山崎，2018）。その中で「材料と加工の技術」の授業での実践報告はこの5，6年で2件である。もう少し多面的にデータの蓄積が必要と思われる。

本研究では、はじめて手工によるものづくりを学習させる中学1年生および、ものづくりを経験済みの中学2年生において、意識調査を行い差異について考察する。また、「生活や社会を支える技術」に着目し、「材料と加工の技術」のものづくりにおいて3DCAD および 3D プリンタ使用することにより「技術の見方・考え方」を学習させる授業実践について検討するものである。

II. 3DCAD および 3D プリンタについて

3DCAD のソフトウェアは Autodesk 社の「Tinkercad」を使用した。主な理由は、(1) 操作が簡単である、(2) ソフトウェアのインストールが不要である、(3) 無料で使用可能である、(4) クラスを作成することができる、である。また、3D プリンタについては購入価格、性能、維持費等について3台を選定し、比較検討した

結果、ADVENTURER3 を導入した。

III. 授業実践

授業実践は愛媛大学教育学部附属中学校 1，2 年生を対象に行った。授業実施は、1 年生は 2020 年 11～12 月、2 年生は 2021 年 2～3 月である。授業時数は 5 時間である。学習指導計画を表 1 に示す。その題材は「材料と加工の技術」（製作した製品の改良をしよう）である。2 年生は 1 年生の時に木材を使用した製作学習は終えている。3D プリンタは教師が教示する際に使用し、主な授業内容は 3DCAD の活用である。また、Tinkercad の操作マニュアルを自作したものを生徒らに配布した。3DCAD を使用して設計している授業の様子を図 1 に、生徒に提示した学習課題を表 2 に示す。

表 1 学習指導計画

	授業内容	時数
1	3DCAD の使い方を知ろう	2
2	製作した製品の改良に向けて話し合おう	1
3	材料と加工の技術を振り返ろう	2

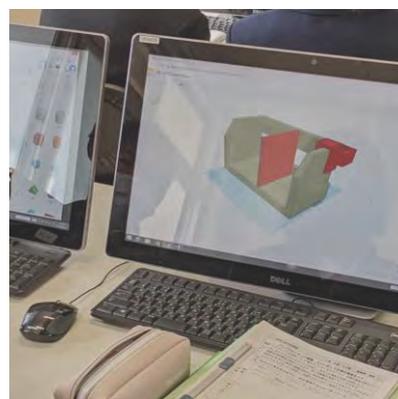


図 1 授業の様子

表 2 学習課題

パフォーマンス課題：ちよい足しで本棚の価値を UP！	
課題：3D プリンタを活用して、本棚にちよい足しをすることで、本棚の価値を高めたい。ちよい足しのアイデアを 3D データで作成し、高まった価値を他者に説明しよう。	
ねらい	<ul style="list-style-type: none"> • 実際の利用場面を想定したうえで、多くの課題を発見することができる。 • 技術的な見方から適切な課題を設定し、製品化以前のアイデアを考えることができる。 • アイデアを 3D データで作成し、他者にわかりやすく説明することができる。
制約条件	<ul style="list-style-type: none"> • 技術の見方・考え方に基づいた【改善の視点】が 2 つ以上含まれていること。 • 印刷時体積が 64cm³ を超えないこと。 • 3D プリンタで印刷可能、かつ実用に耐えられるもの。

IV. アンケート調査結果及び考察

1. 授業前調査結果

アンケートの質問項目と内容を表3に示す。選択方式は4択である。各質問項目に対する回答に「そう思う」:4点,「どちらかといえばそう思う」:3点,「どちらかといえばそう思わない」:2点,「そう思わない」:1点として数量化した。今回は学年別および男女別に平均値と標準偏差を算出し, t検定を行った。分析結果を表4, 表5および表6に示す。

表3 授業前の設問項目

項目	設問	目的	記入方式
3DCADに関する調査	(1)	認知度と機能を知る	選択方式 記述方式
	(2)	設計について興味度を知る	選択方式
	(3)	設計についてイメージを知る	選択方式
	(4)	設計について意欲度を知る	選択方式
3Dプリンタに関する調査	(5)	認知度と機能を知る	選択方式 記述方式
	(6)	製作の興味度を知る	選択方式
	(7)	製作についてイメージを知る	選択方式
ものづくりに関する調査	(8)	木材を使用しているものづくりの満足感と理由を知る	選択方式 記述方式
	(9)	手工によるものづくりの必要性と理由を知る	選択方式 記述方式
	(10)	3Dプリンタと手工によるものづくりの思考を知る	選択方式 記述方式

表4 1年生と2年生の分析結果 (授業前)

設問	1年生 n=117 (標準偏差)	2年生 n=120 (標準偏差)	検定
(1)	1.40 (0.86)	2.12 (1.25)	$p < .05$
(2)	3.29 (0.77)	2.96 (1.05)	$p < .05$
(3)	3.36 (0.71)	3.35 (0.89)	<i>n.s.</i>
(4)	3.66 (0.56)	3.13 (0.98)	$p < .05$
(5)	2.95 (1.14)	3.43 (0.96)	$p < .05$
(6)	3.52 (0.70)	3.25 (1.01)	$p < .05$
(7)	3.34 (0.73)	3.11 (0.96)	$p < .05$
(8)	3.81 (0.49)	3.69 (0.51)	<i>n.s.</i>
(9)	3.64 (0.59)	3.32 (0.87)	$p < .05$
(10)	2.03 (0.81)	2.16 (1.03)	<i>n.s.</i>

表5 1年生の男子と女子の分析結果 (授業前)

設問	男子 n=61 (標準偏差)	女子 n=56 (標準偏差)	検定
(1)	1.54 (0.93)	1.25 (0.52)	<i>n.s.</i>
(2)	3.37 (0.49)	3.20 (0.71)	<i>n.s.</i>
(3)	3.32 (0.54)	3.42 (0.46)	<i>n.s.</i>
(4)	3.68 (0.25)	3.63 (0.38)	<i>n.s.</i>
(5)	3.25 (1.06)	2.61 (1.37)	$p < .05$
(6)	3.62 (0.51)	3.40 (0.47)	<i>n.s.</i>
(7)	3.20 (0.56)	3.49 (0.48)	$p < .05$
(8)	3.80 (0.23)	3.82 (0.26)	<i>n.s.</i>
(9)	3.57 (0.45)	3.72 (0.24)	<i>n.s.</i>
(10)	2.13 (0.73)	1.93 (0.59)	<i>n.s.</i>

表6 2年生の男子と女子の分析結果 (授業前)

設問	男子 n=59 (標準偏差)	女子 n=61 (標準偏差)	検定
(1)	2.15 (1.29)	2.10 (1.21)	n.s.
(2)	3.19 (1.00)	2.74 (1.05)	p<.05
(3)	3.12 (1.03)	3.56 (0.66)	n.s.
(4)	3.24 (1.03)	3.03 (0.92)	n.s.
(5)	3.47 (0.93)	3.39 (0.98)	n.s.
(6)	3.41 (0.94)	3.10 (1.06)	n.s.
(7)	2.93 (1.06)	3.27 (0.83)	n.s.
(8)	3.68 (0.47)	3.71 (0.55)	n.s.
(9)	3.24 (0.95)	3.39 (0.77)	n.s.
(10)	2.29 (1.11)	2.03 (0.93)	n.s.

a. 3DCADに関する調査

分析の結果、有意差が見られた設問を中心に考察を行った。設問(1)では3DCADの認知度と用途を回答させた。結果を図2に示す。2年生の方が、1年生より3倍近く認知していることがわかる。用途についても、2年生は具体的に回答していることが分かった。在学年数が高いので、どこかで3DCADという語句や用途の知識を得たと思われ、有意差が生じたと考える。

設問(2)では、3DCADを使用した設計の興味について回答させた。肯定的に回答したのは1年生で90%であり、2年生は70%であった。この差により有意差が見られたと考える。

設問(3)の設計のイメージについては1,2年生とも「難しい」と考えている生徒が多くほとんど差は見られなかった。

設問(4)は3DCADを使用した設計意欲について回答させた。回答結果を図3に示す。肯定的に回答したのは1年生で96%であり、2年生は80%であった。1年生は、ものづくりの学習を始めて8か月であり、初めてのことにに関して、難しいと感じていても、意欲は高いものがあることがわかる。ところが、2年生は3DCADの使用経験がないにもかかわらず、知っているということだけで設計意欲が低下する傾向にあることがわかった。

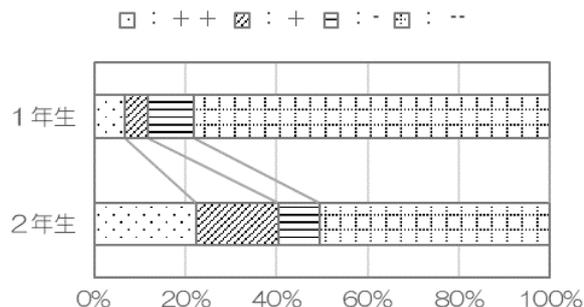


図2 3DCADの認知度について

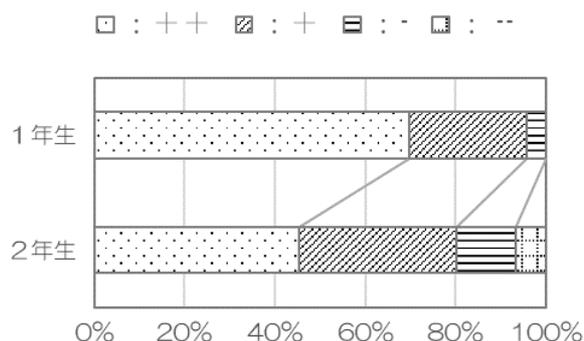


図3 3DCADを使用した設計意欲について

b. 3Dプリンタに関する調査

設問(5)では3Dプリンタの認知度と用途について回答させた。肯定的に回答したのは1年生で70%であり、2年生は90%であった。3DCADの認知度と比べるとかなり高いことがわかる。また、用途については2年生の方がより具体的に記述している生徒が多かった。

設問(6)は3Dプリンタの興味度について回答させた。肯定的に回答したのは1年生で90%であり、2年生は75%であった。2年生は3DCADの設問の回答と同様に、知識があるだけで興味度は下がる傾向にあることがわかる。

設問(7)は3Dプリンタによる製作のイメージを回答させた。「難しそう」と回答したのは1年生で90%であり、2年生は78%であった。1年生は、知識のないものに関して、気後れを感じて難しいイメージを持ったと推測される。1年生においては、「難しい」とのイメージを持っている女子生徒の方が男子生徒より8ポイント高かった。この設問において、性差による有意差がみられた。設問(5)の3Dプリンタの情報を知っているかいないかの差と同様な結果が表れたと考える。

c. ものづくりに関する調査

設問 (8) では木材を使用してのものづくりについて回答させた。すでに木材を使用して本立て等の製作学習は終えているので、「楽しい」と肯定的に回答した生徒は1年生で93%、2年生は98%であった。「楽しさ」は意欲的に取り組んだ態度ととらえることができる。その理由を問うと、満足感、協働性、技能の向上などを記述しているものがほとんどであった。否定的に回答した生徒の中には失敗した内容を記述していた。失敗の記述は残念なことであるが、生徒がその失敗原因を考え、課題解決に向けて改善させることが重要であると考えられる。

設問 (9) は手工によるものづくりの必要性について回答させた。回答結果を図4に示す。1年生は92%、2年生は86%の生徒が肯定的に回答した。また、1年生の方が、より強い肯定を示していることで有意差を生じたと思われる。また、肯定の理由を自由記述により回答させた。前問と同様、満足感、達成感について記述していたが、手工の良さを記述しているものもいた。否定的な意見として、機械による効率性、正確性などを記述していた。これらを記述したのはほとんど男子生徒であった。

設問 (10) では3Dプリンタと手工によるものづくりの思考について回答させた。「コンピュータを操作してものが作製できれば自分の手を動かしてものを

作製する必要はないですか」の問いに肯定的に回答した生徒は1年生で22%、2年生で32%であった。特に2年生男子は43%とかなり高い値を示した。理由として、「時間の無駄」、「手工による技術はいらぬ」、「時代のニーズに合わせる大切」などかなり辛辣な意見をもつ生徒もいることが分かった。

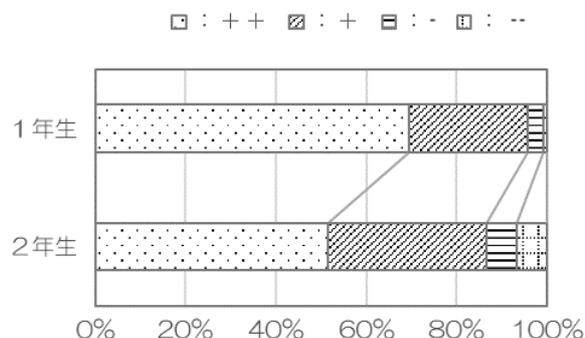


図4 ものづくりの必要性について

2. 授業後調査結果

アンケートの質問項目を表7に示す。また、その分析結果を表8、9および10に示す。

表7 授業後の設問項目

項目	設問	目的	記入方式
3DCADに関する調査	(1)	設計について達成度を知る	選択方式
	(2)	設計について満足度を知る	選択方式
	(3)	設計について難易度を知る	選択方式 記述方式
	(4)	3次元でイメージさせる定着度を知る	選択方式
	(5)	設計時の有効性を知る	選択方式
ものづくりに関する調査	(6)	3Dプリンタと手工によるものづくりの是非を知る	選択方式 記述方式
	(7)	手工によるものづくりの必要性と理由を知る	選択方式 記述方式
	(8)	ものづくりにおける3Dプリンタと手工の利用を知る	選択方式 記述方式
課題解決に関する調査	(9)	3DCADの有効性を知る	選択方式 記述方式

表 8 1年生と2年生の分析結果 (授業後)

設問	1年生 n=123 (標準偏差)	2年生 n=118 (標準偏差)	検定
(1)	3.46 (0.63)	3.39 (0.66)	<i>n.s.</i>
(2)	3.84 (0.47)	3.78 (0.45)	<i>n.s.</i>
(3)	2.64 (0.89)	2.78 (0.91)	<i>n.s.</i>
(4)	3.53 (0.56)	3.40 (0.65)	<i>n.s.</i>
(5)	3.43 (0.50)	3.49 (0.50)	<i>n.s.</i>
(6)	1.69 (0.83)	1.92 (0.92)	$p < .05$
(7)	3.76 (0.53)	3.59 (0.65)	$p < .05$
(9)	3.70 (0.48)	3.30 (0.76)	$p < .05$

表 9 1年生の男子と女子の分析結果 (授業後)

設問	男子 n=62 (標準偏差)	女子 n=61 (標準偏差)	検定
(1)	3.55 (0.64)	3.82 (0.38)	<i>n.s.</i>
(2)	3.85 (0.47)	3.82 (0.46)	<i>n.s.</i>
(3)	2.41 (0.88)	2.87 (0.84)	$p < .05$
(4)	3.53 (0.56)	3.53 (0.56)	<i>n.s.</i>
(5)	3.39 (0.49)	3.48 (0.50)	<i>n.s.</i>
(6)	1.82 (0.87)	1.56 (0.76)	<i>n.s.</i>
(7)	3.68 (0.64)	3.85 (0.35)	<i>n.s.</i>
(9)	3.70 (0.49)	3.69 (0.46)	<i>n.s.</i>

表 10 2年生の男子と女子の分析結果 (授業後)

設問	男子 n=58 (標準偏差)	女子 n=60 (標準偏差)	検定
(1)	3.44 (0.66)	3.35 (0.65)	<i>n.s.</i>
(2)	3.78 (0.45)	3.78 (0.45)	<i>n.s.</i>
(3)	2.57 (0.85)	2.98 (0.91)	$p < .05$
(4)	3.44 (0.64)	3.37 (0.65)	<i>n.s.</i>
(5)	3.47 (0.50)	3.52 (0.50)	<i>n.s.</i>
(6)	1.97 (0.96)	1.87 (0.88)	<i>n.s.</i>
(7)	3.50 (0.70)	3.68 (0.59)	<i>n.s.</i>
(9)	3.34 (0.79)	3.25 (0.72)	<i>n.s.</i>

a. 3DCADに関する調査

設問(1)では、設計の達成度について回答させた。93%の生徒が肯定的に回答した。また、わずかではあるが女子生徒の方が否定的な意見が多かった。

設問(2)は設計中の満足度について回答させた。93%の生徒が肯定的に回答した。否定的な回答理由としてパソコン操作の不得手を挙げていた。

設問(3)は設計の難易度について回答させた。回答結果を、図5および図6に示す。各学年では肯定と否定がちょうど半分ずつであったが、男子と女子では肯定の割合に差が明確に認められ、このことが有意差を生じたと考える。「難しい」の回答理由として、設計時の寸法の調整や立体の合成に手間取ったことを多く挙げていた。操作マニュアルには立体の合成について説明していたが、実際に製作物のイメージをPCおよび3DCADを使って寸法の決まった形にする作業に時間がかかったこと、女子生徒の操作の不慣れが要因と考えられる。

設問(4)は3次元でイメージさせる定着度および設問(5)は設計時の有効性について回答させた。設問(4)は95%の生徒。設問(5)では全員の生徒が肯定的に回答した。設問(3)で半数の生徒が設計の難易を示していたにも関わらず、3DCADを使ったことで製作物を3次元でイメージできたこと、製作物のイメージを具現化することにも効果的であることから、3DCADの導入は設計の学習にかなり有効であると考えられる。

□ : ++ ▨ : + ▩ : - □ : --

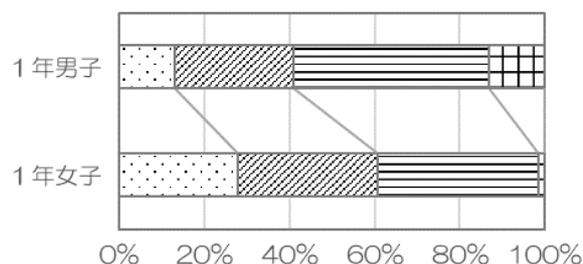


図 5 設計の難易度について(1年生)

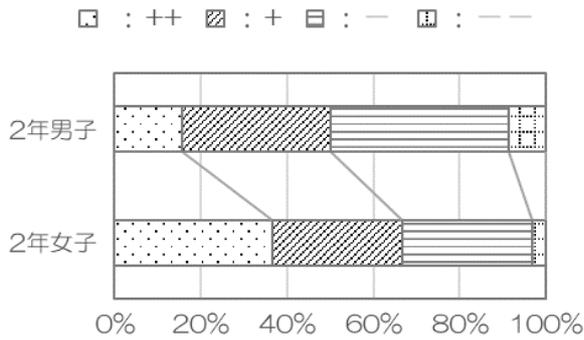


図6 デザインの難易度について(2年生)

b. ものづくりに関する調査

設問(6)では手工によるものづくりの是非について回答させた。結果を図7に示す。1, 2年生とも、3Dプリンタでものづくりができて、手工によるものづくりの学習は必要であると80%以上の生徒が回答している。

設問(7)では、手工によるものづくりの必要性を回答させた。結果を図8に示す。96%の生徒が手工によるものづくりの必要性があると回答した。

設問(8)はものづくりをするのであれば3Dプリンタと木材とどちらがいいか2択で回答させた。1年生は「木材:3Dプリンタ=48:52」、2年生は「木材:3Dプリンタ=49:51」とほぼ同等な割合であった。内訳をみると、1年生の男子は「木材:3Dプリンタ=39:61」、女子は「木材:3Dプリンタ=57:43」、2年生の男子は「木材:3Dプリンタ=47:53」、女子は「木材:3Dプリンタ=52:48」と女子の方が木材と回答した割合が高く、性差によって分かれた。女子生徒の木材が良いと回答した理由として、愛着や温かみなど情緒的な視点によるものが多かった。一方、男子生徒の3Dプリンタと回答した理由は、巧緻性、利便性、再現性、効率性など機能に関わる視点によるものが多かった。

設問(7)において、手工によるものづくりは90%以上が必要と回答しているのに対して、木材を使ってのものづくりが48%の結果からすると矛盾があるように思える。自由記述から、木材とプラスチック材料に違いやそれぞれの製作物の長所と短所を理解したうえで、手工によるものづくりは必要であると考えていることがわかった。3DCADと3Dプリンタによる、ものづくりを体験させることで、木材を使った手工によるものづくりの必要性が確認できた。今回、学習に併用することで、経済性や環境について考えさせるこ

とができたことは成果である。

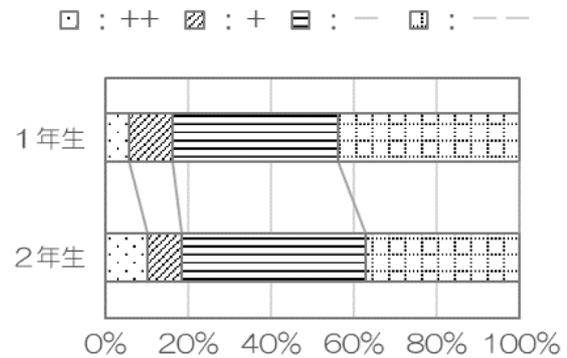


図7 手工によるものづくりの是非について

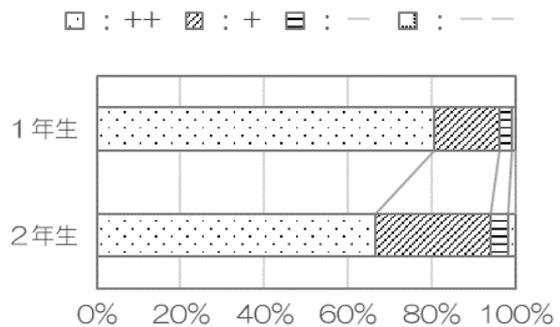


図8 手工によるものづくりの必要性について

c. 課題解決に関する調査

設問(9)では、課題解決に3DCADの有効性を回答させた。回答結果を図9に示す。1年生は98%、2年生は86%の生徒が肯定的に回答した。理由として3DCADを使用し、試行錯誤を繰り返すことで構想や設計の案が整理できた意見がほとんどであった。すなわち、今回使用した3DCADのソフトウェアの操作が生徒のレベルにあっていたと考えられ、短時間で操作方法を習得したことが満足感につながったと思われる。それにより、「自分の製作品のイメージを立体化できたことで問題解決ができた」との考え方になり、達成感が得られたと推察され、肯定的な回答が高くなったと考える。

これを検証するために生徒のワークシートを確認した。生徒のワークシートの例を図10に示す。製作物を図示し、構想をまとめて記述している生徒は80%程度であった。生徒のワークシートからも3DCADを使用した効果が表れたと考える。このワークシートが課題解決のために構想・設計をする技能として評価する指針として利用できる可能性があると考えられる。

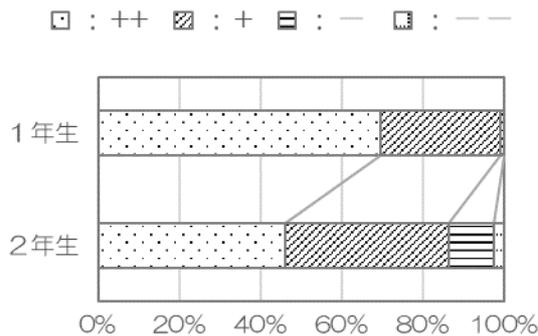


図9 3DCADの有用性について

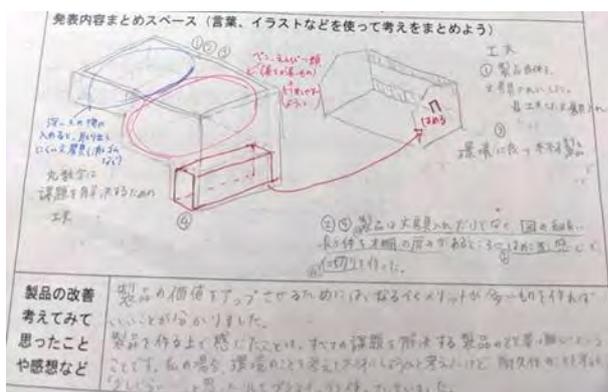


図10 生徒のワークシートの例

3. 「材料と加工の技術」の学習について

以上の結果から、学習指導要領にもとづいて、「材料と加工の技術」の学習において、木材を使用する製作に加えて3DCADおよび3Dプリンタを使用する製作を取り入れることにより、「技術の見方・考え方」として、黒字下線部の学習が可能となると考える。

材料と加工の「技術の見方・考え方」としては、生活や社会における事象を、材料と加工の技術との関わり視点で捉え、社会からの要求、生産から使用・廃棄までの安全性、耐久性、機能性、生産効率、環境への負荷、資源の有限性、経済性などに着目し、材料の組織、成分、特性や、組み合わせる材料の構造、加工の特性にも配慮し、材料の製造方法や、必要な形状・寸法への成形方法等を最適化することなどが考えられる。

特に、「生産効率」、「経済性」、「加工の特性」などは、木材のみの製作学習では授業のまとめにおいて考察させることは難しいと思われる。

V. おわりに

本研究では、手工によりはじめてものづくりを学習させる中学1年生およびものづくりの学習を経験済みの中学2年生において、意識調査を行い差異について考察した。また、「生活や社会を支える技術」に着目し、「材料と加工の技術」の学習において3DCADを使用した「技術の見方・考え方」を生かした授業実践について検討した。得られた結果を以下に示す。

- (1) 3DCAD および3Dプリンタの知識については2年生の方が1年生より高いが、その興味や使用する意欲については、1年生の方が2年生より高いことがわかった。すなわち、既知知識があることにより、学習の興味や意欲が低下する傾向がある。
- (2) 手工によるものづくりは、1,2年生とも必要性を感じているが、製作については、男子は効率や機能に関する視点、女子は情緒的な視点を持っている。
- (3) 3DCADを取り入れた授業は製作物のイメージを具体化させるための一助になる。
- (4) 木材加工と3Dプリンタによる加工を併用させることで、それぞれの長所および短所を体験させ、手工によるものづくりの必要性について考えさせられる。
- (5) 3DCADを使用することで、課題解決型学習をさせる際に構想や設計をさせる場合、新たな課題の発見や試行錯誤ができるなどの有効性がある。

付記・謝辞

本研究は、令和2年度愛媛大学教育学部研究助成(教育学部GP)の助成を受けた。

文献

- 中央教育審議会(2016):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):文部科学省.
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/10ushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf
 (2022年2月28日参照)
- 藤田,加賀江,城(2016):3次元CADを用いた“材料と加工に関する技術”における学習指導と効果,日本産業技術教育学会誌,第58巻,第2号,pp.73-

80.

原田, 藤川, 安東 (2013) : 技術科ものづくり学習における学習意欲の状況と工具使用の自己スキル意識に関する調査, 日本産業技術教育学会誌, 第 55 巻, 第 4 号, pp.253-260.

文部科学省 (2018) : 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 技術・家庭編, 開隆堂.

室伏, 小関, 東 (2017) : 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, 第 59 巻, 第 2 号, pp.89-97.

中原, 森山 (2012) : 技術科のものづくり活動において生徒が感じる「癒し」と「ストレス」の実態分析, 日本産業技術教育学会誌, 第 54 巻, 第 3 号, pp.143-151.

中尾, 森山 (2021) : 問題解決における試行錯誤に対する中学生の意識と技術的な活動経験との関連性, 第 63 巻, 第 3 号, pp.307-314.

日本産業技術教育学会 (2021) : 次世代の学びを創造する新しい技術教育の枠組み, 日本産業技術教育学会.

岳野, 鬼藤 (2008) : 中学生におけるものづくり学習の意義に関する一考察, 日本産業技術教育学会誌, 第 50 巻, 第 3 号, pp.125-134.

山本, 寺山 (2013) : 3D プリンタを活用したスターリングエンジンの仕組みの理解を支援する教材開発と教員研修による評価, 日本産業技術教育学会誌, 第 55 巻, 第 2 号, pp.111-116.

山本, ほか 4 名 (2018) : 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, 第 60 巻, 第 4 号, pp.201-208.

山崎, 中村, 黎 (2018) : 3 次元 CAD を用いた設計・再設計課程を含む設計・製作学習の提案と評価, 日本産業技術教育学会誌, 第 60 巻, 第 1 号, pp.9-17.

生命を尊重する態度を高める「Myメダカ」
—小学校理科第5学年「魚のたんじょう」の学習を通して—
My Killifish: Improving Respect for Life
-The Birth of Fish: A Case Study in 5th Grade Elementary School Science class-

水口 達也

Tatsuya Minakuchi

愛媛大学教育学部附属小学校

Ehime University Elementary School

【要約】 「生命の連続性」について学習する入口として、魚の卵を孵化まで継続的に観察することは大きな魅力がある。心臓や眼等の器官形成の観察や、孵化までの飼育が容易にできるからである。しかし、継続的に観察するためには、学習環境面においていくつかの問題がある。そこで、1人ひとりにケースを用意し、その中で、孵化まで観察することにした。いつでもどこでも卵の様子が見られることで、観察への意欲が高まるとともに、発生過程や誕生への理解、感動が大きくなると考えたからである。結果、「いつでも、どこでも」観察できる環境を手軽に整えることで、子どもの観察意欲を高めることができた。また、発生過程や誕生への感動といった、学習内容にも深い理解と愛情が育まれた。さらに、タブレット端末で写真記録したことで、何度も見返したり、簡単に子ども同士で情報交換をしたりすることができたため、まとめる際に有効であった。

【キーワード】 Myメダカ、プラスチックケース、タブレット端末、写真・動画記録

I. 問題の所在

小学校理科の生命領域では、「生物の構造と機能」「生命の連続性」「生物と環境の関わり」の3つに分けられ、5年生になって初めて「生命の連続性」について学習をする。学習を通して、子どもは、誕生までの発生過程やしぐみに気付き、卵の中でも生きている、動いているという生命の力強さや美しさを感じることであろう。しかし、継続的に発生過程を観察するにも、グループ毎の水槽しか準備できなかつたり、理科室での観察しかできなかつたりするなど、限られた数や空間での観察になってしまいがちである。それは、学習環境が整わなければ難しいことである。しかし、発生過程の理解を深め、生命を尊重する態度を高めていくためには、継続的な観察が大切であると考えます。

そこで本研究では、メダカの卵を「いつでも、どこでも」観察できる環境を整えることの効果を検討した。

II. 授業実践の目的・方法

1. 目的

「いつでも、どこでも」観察できる環境を整えることで、子どもの学習意欲を向上させるとともに、継続的な観察を可能にし、発生過程への理解を深める。また、自分で卵を孵化するまで育てる「Myメダカ」を持

つことで、誕生の喜びを味わうとともに、生命を尊重する態度を高める。

2. 方法

a. 1人1つの卵

1人に1つ「Myメダカ」を入れるプラスチックケースを用意し、その中で卵の発生を観察する。

b. タブレット端末を用いた記録

タブレット端末で発生過程の写真や動画を撮り、学習に利用する。

c. メダカの飼育環境の整備

メダカに関心が向くような飼育環境を整えたり、4人グループ毎に水槽を用意したりする。

III. 授業実践の結果

1. 1人1つの卵

1人ひとりがMy卵を観察、飼育できるようにケースを用意した。先行研究の中にも、様々な入れ物に入れて、観察・飼育を試みている。今回用いた入れ物は、百円均一店に売っているクリームケース(直径約3cm×深さ1.7cm)である。このケースのよさは3つある。

1つ目は、ハードケースなので、ある程度強度があり、卵がつぶれたり、水がこぼれたりする心配がないということである。また、水を変えなくても孵化まで

そのままの環境で飼育できる。

2つ目は、いつでもどこでも卵を持っているため、卵への愛着を育むことができることである。筆箱やポケットに入れて持ち運んでいる子どもがいた。

3つ目は、図1に示すように、ふたを開けた状態でそのまま顕微鏡で観察できるため、メダカの発生過程を観察しやすいことである。また、チャック付の小袋に卵を入れた場合よりも卵が見やすいこともよい。



図1 ケースの中の卵を観察する様子

しばらくすると、My 卵から仔魚が孵化する子どもが増えてきた。これまでずっと育ててきた卵から知らぬ間に赤ちゃんが生まれることは大変な感動のようで急いで嬉しそうに報告をしに来てくれた。また、卵から出てくる瞬間に立ち会った子どももあり、大変な喜びようであった。毎回の授業終わりに学習日記（理科日記）を書いており、図2に示す記述からも子どもの感動が伝わってきた。

- 土日があけて、卵を観察しようと思い、見てみるとメダカの赤ちゃんが生まれていすごく喜びました。生き物のことであんなに感動したのは久しぶりです。思っていたよりかわいかったです。赤ちゃんにある栄養のふくろのようなものがついていることを初めて知りました。
- 私のメダカは、夜の間の知らない間に生まれてました。狭いMy 卵のケースの中にさらに小さいものが見えたと動いているのを見て、「ほんまに生まれとる！」と驚きました。友達のように生まれる瞬間を見るができなかったけど、とにかく、びっくりして「命やあ！」と感動しました。どちらかというと驚きのほうがはるかに強かったです。

図2 理科日記の一部

2. タブレット端末を用いた記録

卵の発生過程の記録をタブレット端末の写真機能を使って行った。写真のよいところは、素早く記録できること、何度も詳しく見直すことができること、色があり、スケッチよりも詳細に記録できることなどが挙げられる。また、GIGA スクール構想に伴って一人一台端末が配備されたことも重なり、1人ひとりがいつでも記録できる環境となった。また、理科の授業時だけでは、継続的な観察はできないため、図3のように、数台の顕微鏡を教室に置いて観察できるようにした。



図3 教室の顕微鏡で観察する様子

図4のように、メダカの卵の油滴やメダカに流れる血液、ひれが動く様子などを、写真や動画で記録することで、それらの情報を共有しながら授業を進めることができた。また、仔魚の栄養袋への関心は高く、本当にお腹が膨らんでいる様子を全員で確認することができた。

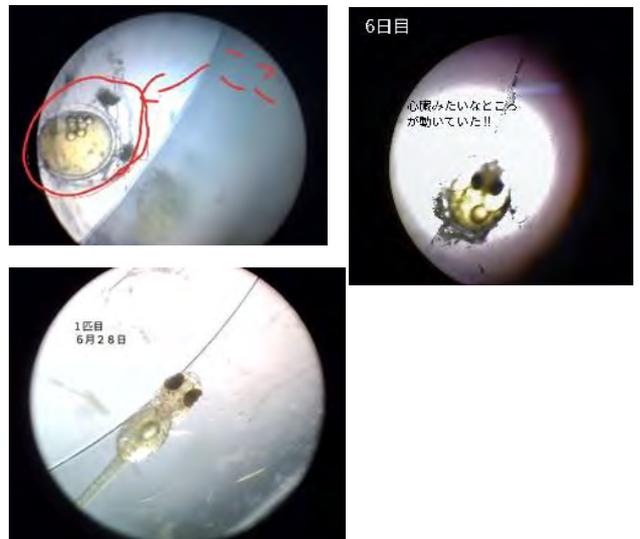


図4 タブレット端末で記録した卵の様子

3. メダカの飼育環境の整備

単元が始まる前から、図5のように理科室前にはメダカを飼育する環境を整えていた。生き物に興味のある子どもたちは、理科室に来る度に観察していた。そのころから、「メダカを飼いたい」「卵はありますか」など、関心を高めていた。



図5 理科室前のメダカ飼育環境

学習が始まると、やはり自分たちで産卵させて、その卵を観察したいとなった。そのため、図6のように、4人グループ毎に水槽を用意し、メダカが産卵するためにはどのような環境を整えればいいのか、調べたり話し合ったりしながら取り組んだ。水槽に土(赤玉土)を入れる班や水草を浮かばせる班など様々であった。水槽の環境によって水の濁り具合や産卵の回数などの違いがあった。



図6 グループ毎の水槽

毎朝、水替えやえさやりに理科室に訪れ、今日も卵がある、今日は産卵しなかったなど一喜一憂しながら観察する様子はかわいらしいものであった。

IV. 結果・考察

「My メダカ」を持って継続的な観察を行うことで、3つの効果があったと考える。

1つ目は、卵の発生過程をより詳しく、興味を持って観察し、理解できたことである。図7の理科日記に示すように、毎日観察を行った子どもも多く、油滴の変化やひれの形成、卵のサイズはずっと同じであることなど、様々なことに気付いていた。

- ・顕微鏡で毎日観察して1日目は卵の中に泡のような物が入っていて「これが本当に、メダカになるのか?」と思っていたけれど、さぼらず観察していくと、目とひれのような物が見えてきてさらに数日たつと血の流れが見えてその後、元気に卵の中で動いていました。
- ・最後の1~3日は心臓が動いていたり、血の流れが見えたりして、最初のころとは全然違うことがわかりました。(最初はつぶつぶだけだった。)そして、卵の中のメダカが大きくなって、卵自体は大きくなっていかないこともわかりました。たぶん、卵の中のメダカが大きくなって、中のメダカが丸まっているからだと思います。
- ・メダカは、卵からかえるまで最初は、泡のようなものなのに、日がたつにつれて、発生していったメダカの形になったので、すごいなあと思いました。顕微鏡で見えてみて、まだ卵に入っているときも、結構動いていたし、心臓が動いていたり、血液が流れていたりして、生まれる前も動いているんだなあと、思いました。

図7 理科日記の一部

2つ目は、命への感動を感じることができたことである。図2に示した通り、ある日突然小さなものが泳いでいるケース内の様子や、顕微鏡で見た卵から出てくる様子は、命の誕生を間近に感じることができ、子どもの感動が大きかったことが伺える。誕生までの観察で、心臓が動いている、血液が流れているという、卵の中でも生きているという実感があったから、なおさらのことである。

3つ目は、理解と感動が伴うと、次の活動へつながりやすいということである。本実践では、この後、附属小学校の観察池にメダカをもっと増やしたいという課題解決に向けた取り組みを考えていった。その際には、「あんなに小さいのだから、食べ物になる微生物がたくさんいる環境でないといけない」「食べられないように隠れる場所となる水草などを増やせばいいのでは」というように、観察を通して実感した大きさや愛情を根拠に発言する姿が見られた。また、「卵から生まれるだけじゃなくて、もっと色々な生まれ方をする生き物がいると思います。人も例外ではないと思っています。では、その生き物たちが、受精後どういう風に成長していくのか、体はどういう風に変化するのか、もっともっと知りたいと思いました。」というように、魚以外の誕生に目を向けている子どももいた。命について学習する5年生にとって、本実践はよい出会いであったと考える。

V. おわりに

5年生の理科は「命の誕生」という大きな流れがあり、魚の誕生から植物の受粉、人の誕生と続いていく。そういった中、本実践で、命の誕生の感動が得られたことは、これからの学習へ続く原動力になったと考える。学習が終わった後にも、理科室前のメダカを観察しに來たり、持って帰ったMyメダカの成長の様子を教えてくれたり、興味・関心が続いている様子が伺えた。また、「私メダカを飼い始めました」と、メダカの種類や水槽の環境を詳しく伝えてきた子どももいた。

今回は写真等の記録を、「ロイロノート・スクール」でまとめていった。しかし、大量の写真をロイロノート上で整理することは難しかった。今後は、ロイロノートの扱い方や、どのように発生過程を記録、整理していくとよいかといった方法について考えていく必要があると感じた。

文献

岩崎正彦・鳩貝太郎 (2018), 生命尊重の態度を育てるメダカの教材化について—教室で採卵するための飼育と発生過程の観察法—, 生物教育, 59, 2, 110-113.

寺島幸生 (2021), 小型プラスチック容器を用いたメダカの孵卵と発生過程の観察, 鳴門教育大学学校教育研究紀要, 35, 13-17.

中村依子・須山実咲・向平和・日詰雅博 (2017), 小学校における胚発生の観察方法に関する実践的研究—固定胚の活用方法の提案—, 生物教育, 59, 1, 2-9.

文部科学省 (2018), 小学校学習指導要領解説 理科編, 株式会社東洋館出版社.

中学校数学科の学習において一次関数とみなして問題解決する学習のあり方についての研究

The study about the method of the learning to solve problems by regarding it as a linear function in the learning of junior high school mathematics

○吉村 直道^{*1}, 富永 剛志^{*2}, 宇都宮 憲二^{*2}, 山本 泰久^{*2}

YOSHIMURA Naomichi^{*1}, TOMINAGA Tsuyoshi^{*2}, UTSUNOMIYA Kenji^{*2}, YAMAMOTO Yasuhisa^{*2}

^{*1} 愛媛大学教育学部, ^{*2} 愛媛大学教育学部附属中学校

^{*1} Ehime University Faculty of Education,

^{*2} The Junior high school of Ehime University Faculty of Education

[要約] 算数・数学科の学習において実世界の場面を想定し、伴って変わる二つの数量に「一次関数の関係がある」「グラフにすると一直線に表せる」とみなして問題解決する数学的活動がある。その際、対象とする事象の特徴に関わりなく実験・観察を通して一次関数の関係にあるとみなし、得られた複数のデータからどちらかと言うと主観的に都合よくよさそうな二つのデータを選び、その二つの数量の関係式を導き問題解決するといった流れが一般的である。対象とする事象の特徴にふさわしい問題解決とはなっていない実態と、必ずしも数学のよさを意識できる解決のプロセスとはなっていないことが課題である。そこで、中学生を対象として、一次関数とみなして問題解決する際の展開のあり方について理論的な整理を行った。

[キーワード] 中学校数学科, 一次関数, みなす問題解決, 平均, 中央値

I. 研究の背景と目的

平成 29 年告示の中学校学習指導要領解説(文部科学省, 2018)において「数学的に考えることのよさ, 数学的な表現や処理のよさ, 数学の実用性などを実感し, 様々な事象の考察や問題解決に数学を活用しようとする態度を育成する」(p.28) ことが求められている。このような数学の活用力の育成はこれまでずっと強調されており, 実世界の問題を利用した問題解決の取り組みは数多く実践されている(清水宏幸, 2008; 清野辰彦, 2012)。その中でも, 対象とする事象の伴って変わる二つの数量に, 比例関係があるもの, 厳密には比例するとは言えないが比例関係とみなして問題解決するもの, 比例とみなせるか事前には不明なもの三つに分けながら, その学習意義の研究に取り組んでいるものがある(永田潤一郎, 2004; 藤原大樹, 2010; 清野辰彦, 2015)。これら「比例とみなす」数学的活動の意義や可能性について論じられているものの, 教材の特徴に応じて実際にどのように問題解決をしていけばよいのか具体的な展開を示したものは少ない。

そこで本稿では, 問題解決の対象とする教材の特徴を明らかにし, その特徴に応じて, 数学のよさを意識することができる授業実践の展開のあり方について理論的に整理を行う。

II. みなし教材の分類

1. 二つのタイプのみなし教材への気づき

2019 年 11 月 12 日に国立教育政策研究所の佐藤寿仁先生(学力調査官)をお迎えし, 全国学力・学習状況調査の問題「プロジェクト」(H27 年度調査)と「ウェーブ」(H26 年度調査)を題材にして授業改善のための研修会を行った。その二つの題材が共通して, 一次関数とみなして問題解決する学習場面であり, その二つを比較しながら授業協議することにより, その二つの題材に内在する数学的な構造の違いについて明らかにすることができた。

その二つの授業の概要は次の通りである。

a. 研究授業 1

(学級) 1 年学年 (授業者) 富永剛志

(単元) 変化と対応 「プロジェクト問題」

(ねらい) 身の回りの事象を関数と捉え, 比例や反比例の考えを利用して問題解決する。

(展開の概略)

まず, 「講堂のスクリーン(縦 2.0m, 横 2.4m)をはみ出さないようにできるだけ大きくプロジェクトの映像を映すには, プロジェクタをスクリーンからどれだけ離しておけばよいか。ただし, 現地に行かず, 教

室の中で実験してその解決を数学的に図る」という課題を共有する。教室の実験において、プロジェクタとスクリーンとの距離 x を 1m , 1.5m , 2m , … と離しながら投影し、映像の縦と横の長さを調べる。投影された映像の縦、横の比が常に同じであることを確認した後、今回の課題を解決するには、距離 x と映像の横の長さとの関係を調べれば十分であることに気づかせ、映像の横の長さを y として、 x と y の関係を表やグラフに表し、最終的に y を x の式で表して、目的の y に対応する x の値を求め、講堂でのプロジェクタとスクリーンとの間の最適距離を決定するというものであった。

b. 研究授業 2

(学級) 第2学年, (授業者) 宇都宮憲二

(単元) 一次関数 「ウェーブ問題」

(ねらい) 事象の中の数量関係を一次関数とみなし、表・式・グラフを関連付け、根拠を明らかにして論理的に説明し、課題を解決する。

(展開の概略)

「運動会で、全校生徒 384 名が一列に並んでウェーブを行うと、どれだけの時間がかかるか?」、教室で実験して予測しようというものであった。まず四人ずつ人を増やしながらウェーブを行い、その所要時間を計測する。そのデータを表やグラフに整理することで、「変化の割合がほぼ一定である」ことや「グラフがほぼ一直線になっている」ことを見だし、人数を x 、その所要時間を y として、 y は x の一次関数で表すことができることとみなしてその関係式を求め、 $x=384$ に対応する y の値を算出し、問題解決を図った。

これら二つの研究授業は、対象学年、扱った題材、比例関係/比例ではない一次関数の関係など、いろいろな違いはあれ、大筋としては、実生活の事象を“一次関数とみなして”問題解決するという流れはどちらも同じであった。これまで全国的には、実生活の事象における二つの数量を一次関数の関係にあるとみなして問題解決する授業実践は多くあり、今回の展開も軌を同じくするものであり一般的であった。しかし、二つの題材を同時に比較できる形で授業公開したケースは稀であり、教材に潜む数学的な構造の違いが顕在化されたよい機会となった。

顕在化された数学的な構造の違いとは、事前に把握

できるものではあるが、それぞれ対象とする二つの数量の關係に、プロジェクタ問題であれば構造的に比例關係が認められるのに対して、ウェーブ問題は、問題となっているのは「運動会当日の、一人、二人と実施していく中での時間経過のグラフ」であって、実際には当日の活動によって決まるものである。正確にはどんな数学的な構造があり、実際にどのようなグラフとなって表現されるかは、本質的には事前には不明であるという事象である。つまり、実生活の事象を一次関数とみなして問題解決に取り組む際には、対象とする事象のもつ数学的な構造が事前に判明しているものと、判明していないものの二つがある。

典型的には、その事象における伴って変わる二つの数量に一次関数の関係があると予めわかっているもの(タイプA)と、二つの数量の關係が事前にはわからず、その關係が不明なため実験・観察を通してデータを集め、「変化の割合がほぼ一定」や「グラフがほぼ一直線になりそうだ」とする特徴を見だし、そこに一次関数の關係があるとみなして数学的に処理することが出来ると考えるもの(タイプB)の二つである。

2. 三つ目のタイプのみなし教材

一次関数とみなして問題解決する場面においては、タイプAとタイプBの中間のタイプも存在する。

例えば、次のような問題である。

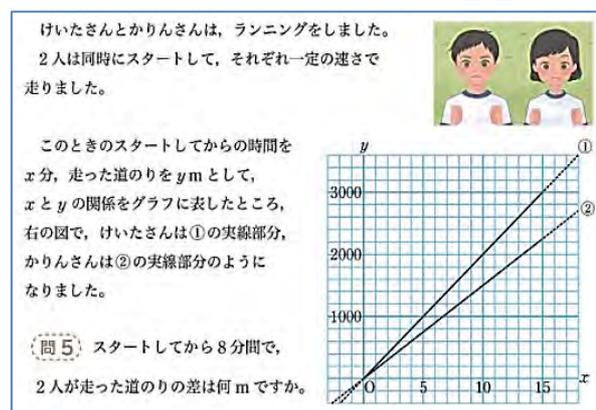


図1：比例の利用問題（啓林館，2021，p.139）

図1の問題は、途中途中のランニングにおいてその速さは実際には一定ではなく、実際のランニングの時間と距離の關係については事前には不明である。その意味ではタイプBと言えるものである。しかしながら、単純化、理想化を働かせ、数学的に処理をして数学的

な解決を得たいために、速さを一定と仮定、宣言し、事前にその問題の構造に一次関数の関係があることを明示しており、タイプ A と言うこともできる。つまり、一次関数とみなして問題解決する教材には、本質的にその事象に一次関数の関係があるとはっきり言えないものの、そうした関係を仮定したり、宣言したりすることで、「一次関数とみなして」処理するもの（タイプ AB）も存在する。

3. 「関数」領域における実生活場面での問題解決

一次関数とみなして問題解決する教材のタイプをタイプ A, B, AB の三つに分類できるとしたが、実際にこの三つで、対象となる教材をすべて尽くして分類することができるかについての検討が必要である。これまでの全国の教育実践の中で、対象となる教材は限りなく多く実践されており、そのすべてにおいて確かめることは難しい。

そこで、平成 19 年から実施されている全国学力・学習状況調査において「関数」領域における実生活場面での問題をすべて取り上げ、三つのタイプに分類可能かを確かめた（表 1）。紙面の都合上、一つ一つの判断理由は割愛するが、例えば、2007 年出題の「水温の変化」であれば、「水を熱したときの水温の変化」を対象としており、科学的に熱した時間と水温との関係には一次関数の関係があることが確認できるものであり、タイプ A と判断した。同年実施の「図書館への往復」の問題は、登場人物が家を出てからの時間と家からの距離の関係が線形的であることを、グラフを提示する

ことで保障しており、タイプ AB と判断した。2017 年出題の「ダム貯水量と節水」の問題は、ある特定の日からの x 日後のダムの貯水量に関心があり、 $x=0$ から $x=5$ までのダムの貯水量を調べ、貯水量の推移にどのような傾向があるかを問題にしたものであり、タイプ B と判断した。それらの結果が、表 1 である。

これまでの全国学力・学習状況調査における実生活の場面を想定した「関数」領域の問題に対して、タイプ A, B, AB の三つで落ちや重なりなくすべてを分類できることが、表 1 で確認できた。また、タイプ B が他のタイプの問題と比べて少ないこともわかった。

III. みなし方についての検討

1. これまでの実践の問題点

一次関数とみなして問題解決する教材に三つのタイプがあるにもかかわらず、その問題解決の実際はほとんどの場合で、

- (1) 課題の共有
- (2) 提示データ or 実験・観察によるデータの検討
- (3) 表・グラフから「一次関数とみなす」了解
- (4) 一次関数とみなした数学的な処理による問題解決の実行
- (5) ふりかえり

といった同じ流れの中で学習を進められるのが一般的である。こうした実践の中で解決の困難さを生み出しているのが、確実な問題解決を行うためにデータは

表 1：実生活の場面を想定した「関数」領域の問題（2017～19 年実施の全国学力・学習状況調査）

Type A			Type AB			Type B		
事象の構造が事前に明白						事象の構造は事前には不明		
事象の構造に潜在的に比例関係が存在する			理想化、単純化によって、変化の割合を一定とみなすことで処理可能					
実施年度	問	タイトル	実施年度	問	タイトル	実施年度	問	タイトル
2007 (H19)	5	水温の変化	2007 (H19)	6	図書館への往復	2014 (H26)	3	ウェーブ
2008 (H20)	1	身長を推定	2009 (H21)	3	電球形蛍光灯のよさ	2017 (H29)	3	ダムの貯水量と節水
2008 (H20)	3	ベニヤ板と釘	2013 (H25)	1	ウォーキング			
2008 (H20)	5	富士山の気温	2016 (H28)	3	電気自動車とガソリン車			
2010 (H22)	1	エクササイズ	2018 (H30)	3	ダイヤグラム			
2010 (H22)	3	Tシャツのプリント料金	2019 (H31)	6	冷蔵庫			
2011 (H23)	1	ペットボトルのキャップ						
2013 (H25)	3	水温の変化と気温の変化						
2015 (H27)	1	プロジェクター						
2020 (R2)	6	紙バック						
2021 (R3)	7	砂時計						

※比例（二乗に比例、反比の比例を含む）

※国立教育政策研究所（2021）をもとに筆者が整理作成

多ければ多いほどよいと考える一方で、データが多ければ多いほどその事象から得られる真の値のデータが子どもたちにとってわかりにくくなり、多くのデータをどのように適切に扱って問題解決すればよいか不明になるという実態である。多くの実践で、データがたくさんあるにもかかわらず、よさそうなたった二つのデータを選び、グラフを決定づけ、伴って変わる二つの変数の関係式を求め問題解決をしている。このような二つのデータの抽出のしかたは、教材の特徴や数学のよさを生かしたのではなく、どちらかと言うと主観的で“適当な”数学的な処理になってしまっているものである。

2. 主観によらないみなし方の検討

実験・観察などを通したデータにおいては誤差を含むデータがいくつか得られていると考えた方が現実である。真の値のデータを求めて、たくさんのデータを集めるわけであるが、集めれば集めるほど、誤差を含んだデータも含まれ、どれが真の値を最もよく表現しているデータであるかを見極めることが難しい。データがたくさん得られた際、どのように数学的に処理をして問題解決していくのかについて、ここで整理する。ここで言う数学的な処理とは、主観によらず、他者との間で、みなし方の方法についてその方法の妥当性が共有され、基本的に、同じ方法を用いて同じ結果を得ることができるという意味で客観的で他者において再現可能な方法を意味するものである。そのときしか通用しないと行ったものではない方法である。

a. データのスクリーニング

複数データが存在する場合、そのデータがすべて適切な方法で正確に得られたデータであれば、それらのデータはすべて同価値と捉え、平等に公平に数学的に処理していかねばならない。外れ値と疑われるような、他のデータの値と比べて極端に異なっている値のデータがあったとしても、そのデータの収集のしかたに問題がないのであれば、そのデータを削除するなどの特別扱いはすることなく、他のデータと同様に扱うのが基本である。しかし、明らかに測り方に異常があると認められるようなデータであれば、それらは除外し、残ったデータで伴って変わる二つの数量の関係式を求めていく。

前述の研究授業 1「プロジェクタ問題」では、教室

内の実験によって6つの x, y の組を得たが、どの x, y の組を用いればよいか議論になった(表2)。そこで、この実験ではプロジェクタがスクリーンから離れれば離れるほど、その投影の四隅はぼやけてしまい長さを測るとき正確でない可能性があることが話題になり、データの組は二つで十分であることも考慮し、四隅がはっきり測れているであろう $x=100, 150$ のときの x, y の組が採用され、関係式 $y=0.7x+3$ を得た。

表2：研究授業1におけるデータ

x [cm]	100	150	200	250	300	350
y [cm]	73	108	143	170	213	248

このような過程を経て、データのスクリーニングを行い、データの質的な価値の違いに注目して多くの x, y の組から真の値を表しているであろうデータを協議、合意して問題解決を遂行していく活動は、これからの複雑で不確実な時代を生きるためには有意義な数学的活動である。このように、データのカテゴリカル的な性質を検討してデータを吟味し精選する態度も大切にしたい。

b. 最小二乗法によるみなし方

データのスクリーニング作業も終了し、同価値のデータが複数存在する場合、それらの x, y の組を座標系に表し、点 (x, y) の集まりに最もよく当てはまる一本の直線(以下、回帰直線と呼ぶ)を求め、その直線を利用して x から y を推測する活動を行う。そのとき、回帰直線を求める数学的手法として一般的に用いられるものが「最小二乗法」である。

最小二乗法は、残差の二乗和が最小になる最もよく当てはまる一本の直線を求める方法である。具体的には、 n 個のデータ (x_i, y_i) , $1 \leq i \leq n$ に対して、その回帰直線を $y=ax+b$ としたとき、残差の二乗和である

$$D = \sum_{i=1}^n \{(ax_i + b) - y_i\}^2$$

を最小とする回帰直線の係数 a, b を求め、その回帰直線の方程式を決定する。 D は a の二次関数となり、高校数学の「二次関数の最小値」に係わる問題である。高校以上の数学の学習をもって標準的に求めることができる。逆に言うと、中学生にはこれは未習事項であり、扱うべき内容とは言えないものであり、中学校

数学科の学習内容として「最小二乗法」で回帰直線を求めることは、数学的には一般的ではあっても、残念ながら適当ではない。

C. メジアンを利用したみなし方

散らばりのあるデータに対して、中学生にとってこれまでの既習の考えを利用して自然に考えることができる当てはまりのよい直線（正確には回帰直線とは言いがたいため、本稿では以下「推定直線」と呼ぶ）の求め方を考える必要がある。

実験・観察で得たデータをすべて平等に扱い、特定の x に対しても複数の y の値があるような形でデータが複数個ある場合、これらのデータの中により真の値に近いものとそうでないものとが混在している。これら複数のデータからより真の値に近いと判断されるデータを見つけ出さないといけない。

中学生の学習経験の中でその活動に有用なものが、「データの活用」で学習した散らばりのあるデータに対する代表値である。代表値の中でも、極端な大きさのデータの影響を受けやすい平均値ではなく、データが多ければ多いほど真の値の付近でデータは出現しやすいと考えられるため、中央値（メジアン）を利用して散らばりのあるデータの中で利用可能な代表的なデータを導出するのは、中学生にとって理解可能で自然な数学的な見方・考え方ではないかと思われる。

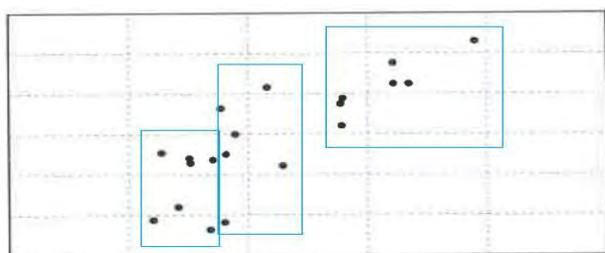


図2：三つの群に分けた散らばりのあるデータ

その具体的な方法が、東京学芸大学附属国際中等教育学校数学研究会（2015）（以下、数学研究会と省略）にて記述されている（pp.104-109）。まず図2のように、データを個数がほぼ等しい三つの群に分け、群ごとに x についての中央値と、 y についての中央値を求め、その群のそれぞれの中央値データを求める。第1群と第3群の中央値データを通る直線を仮にひき（図3の①）、第2群の中央値データからその仮直線 l に向けて縦軸に平行な線分をひき、その線分を3等分する（図

3の②）。3等分した点のうち、直線 l に近い点を通り直線 l に平行な直線 L をひき（図3の③）、その直線 L を推定直線とする方法である。

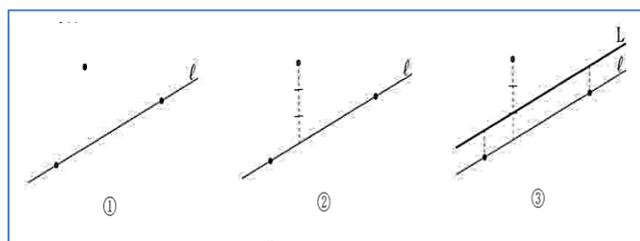


図3：3つのメジアンを利用した近似直線のひき方
（出典：数学研究会，2015，p.106）

散らばりのあるデータでありグラフに表したとき散布図的になる場合、中央値を利用する方法は、中学生にとって既習の内容である「データの活用」に関わるものと判断され得るものである。中学生にとって納得のしやすいものであり、数学の中でも他領域の学習を総合的に利用しながら問題解決することは、実際の活用力を育成する意味でも有意義である。

d. 隣接平均によるみなし方

実験・観察を行ってデータを収集する際、特定の x に対する y の真の値はただ一つあるのが一般的であるが、一回の実験・観察で偶然にその真の値が得られているという保障はない。よって、真の値を得るために、特定の x において複数回の実験・観察を繰り返して、「測定の平均」の考えを使って特定の x ごと y の値の平均値をとり、その平均値をその特定の x の値に対応する y の値として扱い、検討を進めていくことがある。その際のグラフは散布図的なものではなく、一つの x に対して、ただ一つの y が対応したデータが得られ折れ線グラフのように表現される。データが表している点の推移、山と谷が数多くあることが、中学生にとって一直線のグラフとみなすことに困難を生み出す。それを解消する中学生の自然な発想として「平均の考えを利用すれば、凸凹を一様にならすことができる」と考え、隣接する各点列の平均をとり、グラフの増減を抑制していくことが提案されることがある。 n 個の点列であれば $n-2$ 回の一連の平均作業を行うことで2個の点列にすることが可能であり、中学生にとって主観的ではなく数学的な方法によって現時点でよく当てはまると考えられる推定直線を見いだすことができる（図4）。

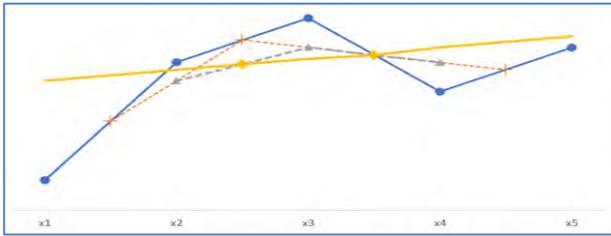


図4：平均の考えを利用した近似直線

ただし、このやり方でも x , y の関係式は得られ推定を行うことはできるが、 n 個のデータを平等に扱っているとは言えない。平均を繰り返し算出する過程において、扱われるデータの頻度は端のデータは少なく中央よりのデータは多くなっており、データを必ずしも平等に扱っていない実態がある。中学生の問題解決においてこのデメリットについて言及する必要はなく、学習者たちがこの時点、この集団において最適と考える方法を合意しそれを適用しながら問題解決することに価値をおき評価することで十分であろう。

e. 二群に分けて平均を利用するみなし方

散らばりのあるデータに対して平均の考えを利用してその推定直線を求めるとき、中学生が発想し得るものとして、データの個数がほぼ等しい二つの群、前半、後半に分け、それぞれの群の平均について考えるものがある。前半、後半それぞれの群の平均を用いて、散らばりのあるデータを2つのデータの座標で代表して表現し、推定直線を求める方法である。

f. 三群に分けて平均を利用するみなし方

平均の考えを利用して推定直線を求める方法として、中学生にも適用可能と思われるもう一つの方法が、データの個数がほぼ等しい前半、中盤、後半の三つの群に分け、それぞれの群の平均を用いて推定直線を求めるものである。平均して得られた三つのデータ点を利用して、図3のやり方を適用し、残差の影響をなるべく少なくした推定直線を求める。

3. 五つのみなし方の比較

データが3個以上のとき、既習事項を利用した推定直線の求め方について下記の五つの方法を整理した。

- ア 隣接平均を利用した直線
- イ 2群の平均を利用した直線

- ウ 3群の平均を利用した直線
- エ 2群のメジアンを利用した直線
- オ 3群のメジアンを利用した直線

回帰直線を求める場合、最小二乗法によってその回帰直線を求めるのが、数学的には一般的であり確かな方法である。しかし、中学生にそれが適用できないとき、これら五つの内、どの方法を利用して推定直線を求めるのが適当であろうか？

実際には、データの分布の特徴によって適する方法は変わると考えられるため、五つの内これが最も優れた方法である指摘できるものはない。とは言え、具体的なデータにこれらの五つの方法を適用したとき、最小二乗法によって得られる回帰直線 $y=mx+n$ とどれくらい異なるかについて調べた。

まず、 $-10 \leq C \leq 10$ の範囲で乱数発生する整数 C を用いた関数 $y_i = 10x_i + 15 + C$ を用意し、 $x_i = i$ ($1 \leq i \leq 10, i \in \mathbb{N}$) に対する10個の y_i のデータセットを作成した(表3)。

表3：乱数を利用して作成した10個のデータセット

1	16	44	40	45	74	82	86	91	95	124
2	25	41	41	65	62	71	79	86	99	106
3	16	41	54	54	61	74	76	103	109	112
4	33	38	43	63	66	85	95	86	114	121
5	15	27	52	61	63	65	79	102	100	110
6	35	38	55	60	68	68	94	100	105	109
7	32	39	46	64	56	71	92	93	109	105
8	27	34	38	47	70	66	93	103	102	125
9	29	35	37	52	74	65	76	90	110	110
10	28	35	47	52	62	76	83	87	111	116

それぞれのデータセットごとに五つの方法を適用し得られた推定直線 $y=ax+b$ の定数 a, b と比較する回帰直線の定数 m, n を整理したものが、表4である。最小二乗法による回帰直線の x の係数 m と五つの方法による推定直線の x の係数 a との差と、及び、回帰直線の定数項 n と推定直線の定数項 b との差の二つを標準化して比較するため、二つの差を該当の回帰直線の係数に対する割合を求め、評価式

$$\sqrt{\left(\frac{a-m}{m}\right)^2 + \left(\frac{b-n}{n}\right)^2}$$

で得られる指標(距離)を使って、どれくらい最小二乗法による回帰直線と異なっているかを比較した(表5)。この指標(距離)は値0に近いほど、二つの係数 a, b が二つの係数 m, n と距離的に近いことを表す。

表4：最小二乗法による回帰直線の係数 m , n と五つの方法による推定直線の係数 a , b

	最小二乗法		隣接平均		2平均		3平均		2メジアン		3メジアン	
	m	n	a	b								
1	10.39	12.53	10.72	12.84	10.36	12.72	10.00	14.47	10.20	9.40	7.29	32.26
2	8.55	20.47	7.44	27.07	8.28	21.96	8.76	19.12	9.00	14.00	8.29	23.26
3	10.08	14.53	9.18	17.99	9.92	15.44	10.14	14.63	9.80	24.60	9.71	19.07
4	10.02	19.27	10.32	18.36	10.32	17.64	9.86	19.87	8.60	17.20	10.86	16.12
5	10.13	11.67	8.35	21.84	9.52	15.04	10.38	10.35	10.00	22.00	10.43	6.31
6	8.86	24.47	9.36	20.97	8.80	24.80	8.86	24.56	9.00	28.00	9.57	17.69
7	8.98	21.33	9.75	15.84	9.32	19.44	9.05	20.93	9.40	17.80	10.00	15.50
8	11.01	9.93	12.13	2.31	10.92	10.44	11.00	10.17	13.00	-1.00	9.71	14.57
9	9.59	15.07	8.64	19.43	8.96	18.52	9.95	13.18	10.60	5.20	10.71	12.57
10	9.88	15.33	9.70	15.01	9.96	14.92	9.71	16.43	8.00	23.00	10.86	11.95

表5：最小二乗法による回帰直線に対する比較指標

	隣接平均	2平均	3平均	2メジアン	3メジアン
1	0.040	0.015	0.159	0.251	1.602
2	0.348	0.080	0.070	0.320	0.140
3	0.254	0.064	0.009	0.693	0.314
4	0.055	0.089	0.035	0.178	0.183
5	0.890	0.295	0.116	0.886	0.460
6	0.153	0.015	0.004	0.145	0.288
7	0.272	0.097	0.020	0.172	0.296
8	0.774	0.052	0.024	1.115	0.482
9	0.306	0.238	0.131	0.663	0.203
10	0.028	0.028	0.074	0.535	0.241

表5を見ると、いずれの方法も他の方法と比べて回帰直線に近くなることがあることが確認できる。その中でも3平均による方法が優れているように見えるが、それは表3のデータの作り方に依存していると思われる。乱数Cは-10以上10以下の範囲内での発生であり、 x 値が大きいくところではその誤差の影響は小さくなり、2群よりも3群のときの方が誤差の少ないデータを有効利用できており正確さが増していると考えられるからである。また、関数 $y=10x+15+C$ を利用してデータを発生させており、基本的に変動が大きくないデータの作り方となってしまうため、極端に大きさが異なるデータがなく、平均を利用して推定直線を出すことが優位であったと思われる。

総じて、どの方法を利用して推定直線を求めるかについては、問題の事象の特徴や実験・観察の方法の特徴、ならびに、得られたデータの分布の様子に対して、生徒たちが妥当と考える方法を選択するのがよい。しかしその一方で、教師として事前に考えておくべきは、

○目視でよいので、散らばりのあるデータに直感的に極端なデータや異常なデータがなければ平均の考えを利用し、もしそのようなデータがあればメジアン

の考えを利用した方が堅実であると発想すること
 ○十分なデータの個数があれば3群に分けより詳細に、そうでなければ2群で考えると発想すること
 ○折れ線に対して平均の考えを利用するとき、隣接で考えるか、群に分けて考えるかは、生徒たちの納得感を優先して選択すること

等を考えて問題解決を運営展開するとよいと考える。

Ⅲ. 数学のよさを生かしたみならず授業展開

一次関数とみなす教材には三タイプあることは前述した通りである。教材のタイプごとに応じて数学科としての問題解決の展開方法を考えるべきである。

1. タイプA・ABの場合

タイプAとタイプABの場合、事前にその事象に一次関数とみなせる構造があると確認できたり共有できたりすることがその特徴である。

予め一次関数とみなせるとしながら、実験・観察において無計画にデータが多いようだとその処理に困る。一次関数とみなせることが事前に確認できれば、数学的には2個のデータを集中的に正確に収集できれば十分である。数学に精通すれば、効率的な選択判断が可能となり、それが数学のよさの一つである。

数学のよさを感じながら問題解決をするためには、タイプA・ABの場合であれば、すぐに実験・観察に取り組むのではなく、まず対象とする事象にひそむ構造や与えられた条件を十分に検討・理解し、一次関数としてみなして問題解決することができることを確認し、その問題解決のために必要な二つのデータをどのように正確に得るかを検討し、「測定の平均」などの考えを利用しながらなるべく真の値に近い二つの

データを実験・観察から得て、推定直線を求め、問題解決をしていく展開がよいと考えられる（図5）。

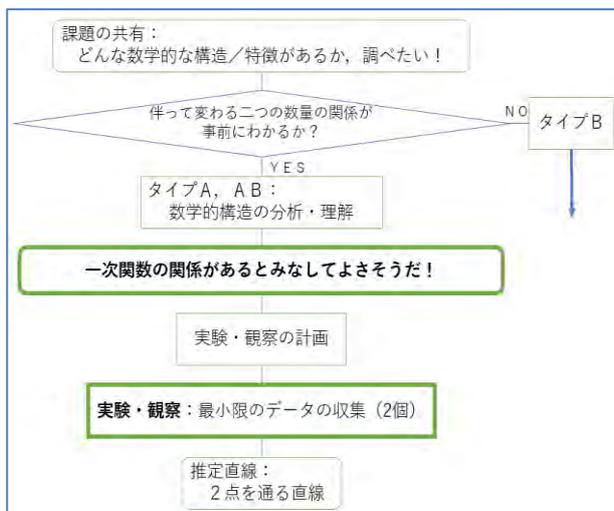


図5：タイプA・ABの場合の問題解決の展開

その際、推定直線が原点を通ると予想される事象で一つの観測データで推定直線が求められると判断される場合であっても、異なる二つの観測データを得るようにした方がよい。理想的には原点を通ると考えられることであっても、実世界においてはその通りになっていないことはよくあるからである。

例えば、前述の研究授業1「プロジェクト問題」で、投影距離 x cmと投影映像の横 y cmには比例関係がありその推定直線は原点を通ると予想されていたが、得られた推定直線は $y=0.147x+2.142$ であり、 $x=0$ において $y=2.142$ となった。プロジェクトとスクリーンが離れていない 0 cmでの配置のとき、横の長さが 2.142 cmとは何を意味するのか？レンズ自体の横幅ではないかや、光源の位置がプロジェクトの内部にある等、より精緻にその事象について深く理解することができる式が得られた。このような事前の想定とは異なる結果と遭遇しながらその理解を図っていく活動は、実際に中学生が実世界の問題を扱っていく際に変重要意義がある。ぜひとも、原点を通るという先入観も排除した形で問題解決を展開するのがよい。

2. タイプBの場合

タイプBの場合、対象とする事象にどのような数学的な構造があるかが不明であることがその特徴である。不明であるからこそ、実験・観察を通してその事象のふるまいを詳しく知る努力が必要である。その意

味で、できるだけ多くのデータ収集が基本であり、散らばりのあるデータをじっと見つめ、中学生が「一次関数とみなせそうだ」と確認、合意した後、生徒たちにとって自然な発想で推定直線を求め、問題解決を行っていくという展開がよいと思われる。「一次関数とみなせる」と合意し、散らばりのあるデータからどのようにしてその推定直線を求めていくかについては、その授業に参加している生徒や教師の考えや話し合い、そしてその事象の構造や実験・観察で得られたデータの特徴によって変わるものであり選択すべきである。

ただしこのときも、伴って変わる二つの数量に比例関係があるとみなせる場合であっても、原点を必ず通ると決めつけることなく、推定直線を求めるのがよい。 $x=0$ のところは極めて特殊な条件のところであり、考察している事象について深く理解するために有意義な議論を生み出す可能性がある箇所である。当初の問題解決をして終わりとするのではなく、問題解決を通して、その事象のことを深く考えていくべきであると、授業後の協議でも確認されたことである。

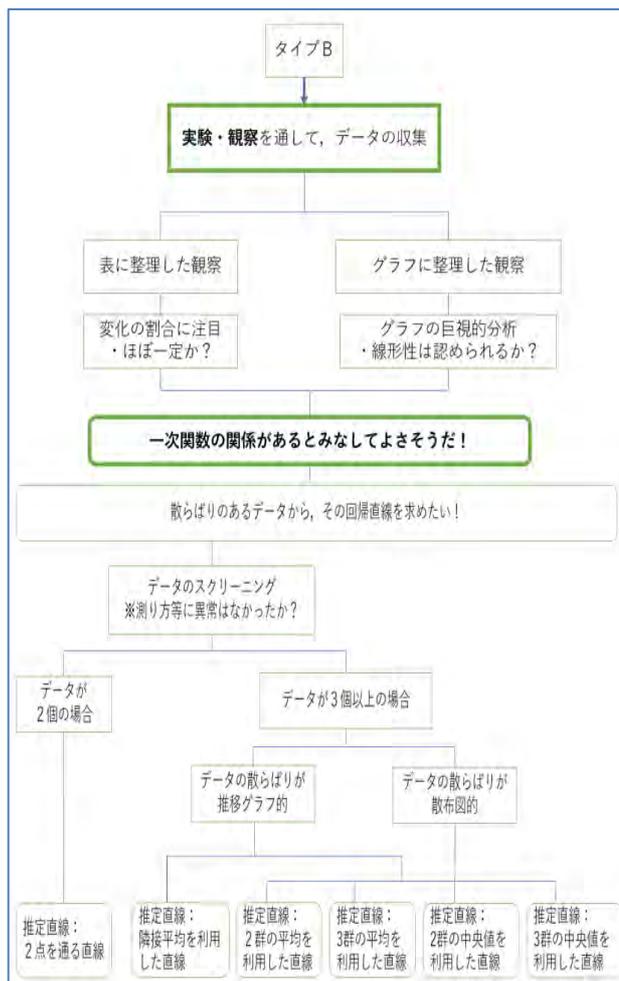


図6：タイプBの場合の問題解決の展開

3. 一次関数とみなす問題解決の展開について

図5, 6より, 問題解決の対象とする教材のタイプによってその展開を変えるべきと述べた。その違いは, 「一次関数の関係があるとみなす共有」と「実験・観察」の順番の違いにある。

予め「一次関数とみなすことができる」と確認されるものであれば, 数学的にはデータは2個あればその推定直線を決定することができ, その2個のデータの抽出に注力しできる限り真の値に近いデータを正確に得た方がよい。数学のよさを考慮した場合, 必ずしもたくさんのデータを得ることは効率的ではない。これらのことをはっきりと意識しながら取り組むためにも, タイプA, ABの場合は, 実験・観察をする前にその事象の構造についての数学的な分析が極めて重要であり, そこにしっかりと時間をかけるべきである。

研究授業1の「プロジェクタ問題」であれば, 図7を示して, 図形の学習(拡大・縮小, 相似)の考えを利用して, 投影距離 x が k 倍のとき, 投影映像の横の長さ y も k 倍になることを確認して, x と y が比例関係にあることを確認, 理解した上で, 最小限の実験・観察に取り組むことが重要であったと考えられる。

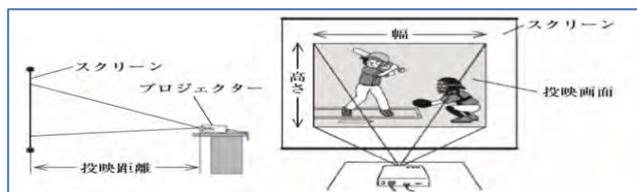


図7: 構造分析のための図(国立教育政策研究所, 2015)

タイプBの場合は, 考察の対象としている事象の構造が事前には不明なので, 局所的, 大所的な分析ができるようにできるだけたくさんのデータを取り, 教師も含めてその問題解決に参加している全員でその事象に潜む数学的な構造を検討判断し, 問題解決に利用できる推定直線を求めることが重要である。

その際, タイプの違いにかかわらず複数データから推定直線を求める活動において, これまでの多くの授業実践では, 推定直線を求めるのに測り方の特徴やグラフの特徴などからこの2点を通る直線が最も全体の真ん中を横切っていると思えるからという理由で, 2点を選びその直線を求めていた。この2点の選び方は, 言うなれば適当で, 主観的な選びである。客観的な再現を得ない方法である。今後実際に生徒たちがどの方法を選択するかは自由として, 数学科の授業として,

時間・空間・人を越えて客観的な再現性を有する方法による学習経験が重要である。その意味で, グラフに表した特徴から, 平均値や中央値の考えを利用したり, 2群, 3群に分けたりして問題解決していくことが, 中学生にとって自然な取り組みと考えられる。

4. 提案した展開のよさについて

今回提案した展開のよさとして, 問題解決に向けた思考の流れが自然であることが挙げられる。今回実践したタイプAの授業では, 集めたデータから「なぜ比例していると考えたの?」「本当にそうなのかな?」という教師の発問に対して, 生徒はデータの誤差に着目して(思考が引きずられて)しまい, 本来見いだすべき構造から成り立つ比例の関係を根拠にすることが難しかった。二数量の関係を数学的な構造から判断するのではなく, 実験・観察と, 事例の特徴から関数関係を見いだそうとしたために, 思考の労力が加わり, 筋道だった解決に結びつきにくかった。本稿で提案する展開では, 事象の特徴から一次関数としてみなすことができるか先に検討することで, 解決の見通しを立てて問題解決に向かうことができ, 生徒たちにとっても自然な流れで学習できると考える。

これは, タイプBにおいても同様で, 事例の特徴から一次関数とみなすことが不明である場合についても, 不明であるからこそ, そこからどのようにデータを取り, 分析して見通しをもった学習に引き込むことができ, 生徒たちにとって自然な流れになると考えられる。そしてどちらの場合にも, 実生活の事象におけるデータの客観的な扱い方について実践を通して深く理解することができ, 数学を活用してよりよく問題解決する手順を身に付けることができると考える。

IV. まとめ

実世界の問題に対して一次関数とみなして問題解決する実践はこれまでも数多く取り組まれてきた。そしてその問題解決の展開としては, 対象とする事象の特徴を問うことなく, 実験・観察を通してそのデータの特徴から一次関数とみなすことができると判断し, 適当な2点を抽出し, その関数関係を表す関係式を導出し, その問題解決を図るというものであった。このような展開では, 一次関数として表されるのであれば二つのデータの抽出で解決可能であるにもかかわらず, たくさんのデータ抽出に努力していたり, いつで

もどこでも誰でも客観的な考察することが可能な数学的な検討をしているにもかかわらず、どちらかと言えば主観的で適当な処理をしていたりして、数学のよさが生かされないまま問題解決している実態が多かった。

対象としている事象の特徴として、事前に一次関数の関係を見いだすことができたり、事前に一次関数の関係を想定したりするか、それともその事象に潜む構造が事前には不明であったりするかで、教材の特徴を分類し、一次関数の関係があるとみなしてから（最小限の）実験・観察をして問題解決するか、それとも実験・観察をしてから一次関数の関係があるとみなして問題解決するか、その展開を別にすることで数学のよさが感得できる授業実践になることを提案した。

加えて、一次関数とみなして問題解決することを共有した後、中学生を対象とした推定直線の求め方としては、データが二つのときは当然それらを利用して推定直線を求めるが、データが三つ以上のときは、平均の考えを利用してグラフの増減を小さくしていくか、それともデータの活用の学習を利用して、データが多ければ三つの群に、少なければ二つの群に分け、極端な値や異常な値のデータがいくつかあると判断されるときはメジアン of the data の考えを利用して、そうでなければ平均値の考えを利用して、推定直線を求めるデータ点を抽出して問題解決することを、生徒たちとともに考え判断していくことを提案した。

数学のよさを生かす形で一次関数とみなして実世界の問題場面を解決していく展開を具体的に整理できたことは、本稿の一つの成果である。

課題としては、中学生にとって自然な推定直線の求め方をいくつか提案しているが、もしかしたら他にも中学生で取り組むことができたり、対象とする事象によって出現するデータに依存してもっと他によりやり方が見つかったりして、中学生にとって処理可能な推定直線の求め方がまだまだあるかもしれない。「みなす」という数学的活動による問題解決の実践を、今後も注目していく必要があると考える。

引用・参考文献

- 藤原大樹 (2010), 一次関数とみなすことの指導についての事例的研究, 日本科学教育学会年会論文集, 34, pp.137-140.
- 啓林館 (2021), 未来へひろがる数学 1, 啓林館
- 国立教育政策研究所 (2015), 『平成 27 年度 授業アイディア例 中学校数学』,
<https://www.nier.go.jp/jugyourei/h27/idea-04.html>
(2022 年 3 月 6 日取得)
- 国立教育政策研究所 (2021): 全国学力・学習状況調査, 令和 3 年度調査・これまでの調査,
<https://www.nier.go.jp/kaihatsu/zenkokugakuryoku.html>
(2022 年 3 月 6 日取得)
- 文部科学省 (2018), 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 数学編, 日本文教出版
- 永田潤一郎 (2004), 「比例するとみなす」ことのよさについての考察, 日本数学教育学会誌, 第 86 巻, 第 3 号, pp.13-20.
- 清野辰彦 (2012), 数学の創造と活用を重視した単元に用いる教材の要件や特性, 日本科学教育学会年会論文集, 36 巻, pp.107-108.
- 清野辰彦 (2015), 「仮定の意識化」を重視した数学的モデル化の学習指導—「比例とみなす」見方に焦点をあてて—, 日本数学教育学会誌, 数学教育学論究 (臨時増刊), pp.105-112.
- 清水宏幸 (2008), 変化の割合を一定とみなすことを意識させる一次関数の利用の指導—太陽光発電は損か得か—, 日本数学教育学会誌, 90 巻, p.270.
- 東京学芸大学附属国際中等教育学校数学教育研究会 (2015): 『TGUISS 数学 2』, 正進社.
- 吉村直道・吉本浩司・宇都宮憲二・富永剛志・山本泰久 (2020), 「深い学び」を目指した授業改善のための岡山大学附属中数学科との共同研究, 愛媛大学教育学部・学部附属研究助成報告書

Minecraft を用いた論理回路学習環境の設計

Designing Learning Environment for Logic Circuit Using Minecraft

○富田英司^{*1}, 玉井誠一^{*1}, 河村泰之^{*1}, 坪田康^{*2}

TOMIDA Eiji^{*1}, TAMAI Seiichi^{*1}, KAWAMURA Yasuyuki^{*1}, and TSUBOTA Yasushi^{*2}

^{*1}愛媛大学教育学部, ^{*2}京都工芸繊維大学基盤科学系

^{*1}Faculty of Education, Ehime University, ^{*2} Faculty of Arts and Science, Kyoto Institute of Technology

【要約】 本研究は、JAVA 版 Minecraft のマルチプレイ・サーバーと Discord を用いて、放課後学習支援の枠組みの中で、論理回路を活用する力を身につけるための学習コースを設計・実践・評価した。愛媛大学放課後学習教室の1コースとして、参加者を募集したところ、小学校4年生から中学校1年生までの6名が参加し、そのうち5名が高いモチベーションを維持しながら継続的に参加した。実践の結果、回路の学習は大人にとっても容易なものではないが、問題解決の文脈を備えたパフォーマンス課題をその都度準備し、スモールステップで学習を進めることで、パルサー回路、クロック回路、論理回路の考え方を理解し、自ら設定した目的に沿ってそれらを活用した装置を組み立てられることが明らかになった。

【キーワード】 論理回路, Minecraft, 学習環境の設計, メタバース

1. 問題と目的

1.1 Minecraft とその教育利用の広がり

本研究の目的は、JAVA 版 Minecraft のマルチプレイ・サーバーと Discord を用いて、論理回路を活用する力を身につけるための学習コースを設計・実践し、そのプログラムとしての効果を評価することで、今後の同様の目的の授業実践に貢献することである。本節ではまず Minecraft というアプリケーションについて説明する。

Minecraft は Mojang Studio が開発し、Microsoft が販売するサンドボックス型のゲームで、プレイヤーはブロックやエンティティで構成された3次元の環境を自由に操作してプレイする。サバイバルモード、クリエイティブモード、アドベンチャーモード、スペクテーターモードの4種類のモードがある。いずれのモードでも特別な目的は設定されていないが、サバイバルモードでは、プレイヤーは資源を収集し、建築し、Mob と戦い、食べ、生き残るために世界を探索していく。クリエイティブモードでは自由にアイテムやブロックを使うことができ、死ぬことがないため、自由に建築を楽しむことができる。いずれのモードでも、一人で遊ぶシングルプレイ、複数人で同じサーバーにアクセスして遊ぶマルチプレイの両方が可能である。マルチプレイの際にはチャットで連携しながらの行動となるが、Minecraft にはテキストチャット機能のみ提供されており、音声チャット機能は提供されてい

ない。そのため、音声コミュニケーション機能を備えた Discord や Zoom を併用することも多い。

マイクラフトを単なるブロック組み立てのゲームから一線を画す要素として、レッドストーンが存在が挙げられる。レッドストーンとは、動力源になったり動力を伝えたりすることができる、マイクラフト上のアイテムの1つである。このアイテムを使うと、赤いパウダーの導線にスイッチやランプなどのアイテムとつなげることで、実際の電池や豆電球の回路と同じようにブロックを光らせたり、動かしたりすることができる。この仕組みを使って、コンピュータの演算の基礎となる「論理回路」を楽しく経験することが可能である。

Minecraft には 2016 年より、教育版もラインナップに加わったことから明白であるが、このゲームを教育に活かす動きも活発である。本研究が取り上げるのは上述のレッドストーンを用いた論理回路の学習環境であるが、Microsoft のサイト内に設けられた教師向けサイトでもレッドストーンを用いた回路学習に関するコースが設けられている (Microsoft, 2020) 他、日本語の教師向けサイトでも小学校の総合的な学習の時間向けに「マイクラで回路を作ろう」というコース (Microsoft, 2021) も設けられている。University of Maryland では論理回路を Minecraft で学ぶという大学の授業 (Brassel & Gary, 2019) も設けられている。Minecraft で論理回路を学ぶことに焦点をあてた

先行研究(Lakshmi et al, 2016)はあまり多くないが、論理回路も含めた学習についてはさまざまな先行事例があり、教材(Cordeiro, 2014)もいくつか出ている。

このような特定の領域のスキルやコンテンツに加えて、コミュニケーションスキルのような汎用的スキルの学習の場としても注目されている。Minecraft が協働して問題解決を図るためのツールとして使われる場合、子どもたちは安全で礼儀正しい方法で、お互いにコミュニケーションをはかろうとするが、これが Digital citizenship skills や 21 世紀型スキル (Noonoo, 2019) を育むよい機会だととらえる人もいる。

以上のとおり、Minecraft はゲームとしてのエンターテインメント性に加えて、その教育的な役割にも世界的な注目が集まっており、様々な研究の蓄積が進んでいる。しかしながら、上述のように論理回路機能を備えたレッドストーンを学ぶための授業づくりに関する蓄積は筆者らの知る限りほとんど報告されていない。

論理回路を学ぶ上で、Minecraft を活用することにはどのようなアドバンテージがあるのだろうか。そのことを論じる前に、次節では、論理回路が学校教育の正規カリキュラムにおいてどのように位置づけられるか整理しておきたい。

2. 論理回路の教育課程上の位置づけ

論理回路は、電子回路によるデジタル論理回路を指す場合が多く、2 値のデータに関する演算や記憶を行う。これはコンピュータの基礎となる考え方であり、基本となる論理演算の組合せで複雑な回路を表すことは様々なシチュエーションで前提知識とされる。

最も基本となる論理演算は AND、OR、NOT の 3 つであり、教育課程で正式な単元として扱われるのは高等学校「数学 I」の「集合と論理」がはじめとってよい。論理回路は、この 3 つの基本論理演算を組み合わせることで作ることから考える。単元としては高等学校で教科「情報」や「工業」で扱う。

このように論理回路は高等学校から扱う内容であると考えられているが、実際にはもっと早い段階で同じ考え方に触れる。例えば、中学受験を指導する塾では小学校 4 年生で扱う。もちろん受験問題でなくとも日常の言葉でも使い、小学校 2 年生の算数で正方形は

次のように定義されている。「かどが みんな 直角で、へんの 長さが みんな 同じ 四角形を、正方形と いいます。」

つまり、論理演算を正確に定義しようとするのが高校生以上が想定されるが、概念としては小学校低学年から触れており、高学年から使いこなすことができることがわかる。論理演算を使いこなすことのできる子どもは、それらを組み合わせる論理回路を学ぶ準備ができていけると言える。

では、この論理回路について学ぶ環境として、Minecraft のメタバース環境を選択するのはどのような意義があるのだろうか。

3. 論理回路を学ぶ上での Minecraft の利点と欠点

上述の通り、Minecraft は、レッドストーンと呼ばれる回路の機能を備えている。さらに Minecraft は、メタバース内で教師を含む他者と交流を引き受ける場をも提供している。これらのことから、論理回路を学ぶための教材とそのためのバーチャル教室の両方を容易に準備できるという利点がある。これらの特徴によって、たとえ学習者が教材や空間を破壊してしまったとしてもすぐに修復が可能である。このような環境は教師にとっても、学習者にとっても、試行錯誤を促すことに繋がることから、主体的な学びを支える環境であると言える。

他方、欠点としては、特に JAVA 版においては、教育版とは異なり、教師のロールに特化した機能がないため、クリエイティブモード等のゲームモードにおいては、子どもたちがクラフトや建築、アイテムの装備などに夢中になってしまって、教師への注意が継続しなくなる可能性も高くなると言える。ただし、適宜スペクテイターモードへの変更などを含め、教師が効果的にコマンド等を活用することによって、学習者の行動に必要な制約を設けることでこの欠点は克服可能であると言える。

4. 学習環境デザインの理論的背景

本実践の学習環境をデザインするあたり、主に逆向き設計 (Wiggins & McTighe, 2005) の考え方を援用した。逆向き設計は、永続的な理解が試されるパフォーマンス課題においてどのようなパフォーマンスを期待するのかという点から授業が構成されるという特徴がある。中でもパフォーマンスを通して評価され

るのは、学習内容を理解しているかどうかである。最終的には学習者が作りたい仕組みを作れるようになることを目指していたが、それを実現する根本的な理解を明確化するためにも、また複雑な学習内容を個人でも復習できるように、読解教材を作成することとした。この読解教材は4つの章から成り、それぞれに含まれる永続的な理解は次のようなものであった。

- 第一章：回路とは信号の流れる道筋であり、信号の入る入力と信号が出ていく出力を持っている。
- 第二章：回路内を進む信号の強さには限界があり、遠くまで信号を届けるためには、リピーターという信号を中継するための装置を用いることでその届く範囲を延長することができる。
- 第三章：コンパレータは信号が減衰するという特徴を使って2つのモードを切り替えることができる。減算モードは、「後ろから入力された信号の強さ」から「横から入力された信号の強さ」を引いた強さの信号を前に出力する。このしくみを利用すると、信号を反復的に出力することができる。、比較モードでは、後ろよりも横から入力された信号のほうが大きければ先に信号を伝えないのに対し、横からよりも後ろから入力された信号のほうが大きければ信号を出力するというしくみを利用して、信号の伝達を遅らせることができる。
- 第四章：論理回路は、入力の組み合わせによって、出力の有無が決まる回路のことを指す。NOT 回路は、入力がオフになったら信号が出力される回路。OR 回路は、2つの入力のうち1つでもオンの場合出力される回路。AND 回路では、2つの入力がどちらもオンの場合のみ出力される回路。NOR 回路は、2つの入力がどちらもオフの場合のみ出力される回路である。

II. 研究の方法

1. 実践の枠組み

本研究は、愛媛大学放課後学習教室の1コースとして開催された「レッドストーン教室」を対象にした。このコースは、2021年12月に構想が開始され、1月から3月にかけて開催という極めて短い準備時間で進められたため、実験的な試みとして位置づけて学習者

を募集することとした。

授業計画は第二筆者を中心に、第一筆者が毎回の学習指導案を確認しながら適宜助言をおこなった。第三筆者は論理回路のカリキュラム上の位置づけに関する検討、及び読解教材に対する監修を担当した。第四筆者は、**Minecraft** を使った学習環境のデザインに関する先行研究の調査に加えて、実践過程の記録方法に関する助言をおこなった。

2. 教材・教具

(1) ワールド環境の活用

レッドストーン教室は**Minecraft** JAVA 版のマルチプレイサーバーの中に作られた。この**Minecraft** のワールド内に教室を作り、そこで解説や実演、実習、パフォーマンス評価などをおこなった。全9回のコース構成とし、毎回それに対応した教室を用意した。教材は、**Minecraft** のモデル利用可能性という利点を活かし、教室で一般的に見られる板書やスライドといった媒体の代わりに、回路の機能を担う装置や回路機能の実演等をワールド内の環境として用意した。

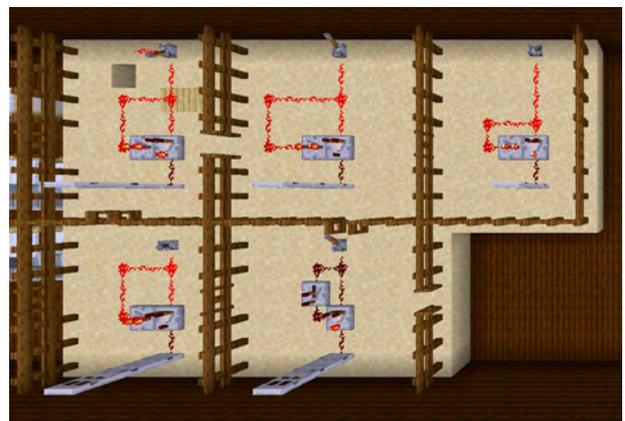


写真1 パルサー回路の理解を確かめるための施設

写真1は、第6回の授業の最初に使われたワールド内の学習施設の一部である。第4・5回にパルサー回路とクロック回路について学んだが、それらの理解を確かめるために、一箇所だけ設置方法が適切でないためにスイッチをオンにしても機能しない回路を、一人1つずつ用意して、それぞれの学習者が間違いを修正するように依頼された。写真1は、パルサー回路に関するパフォーマンス課題を示している。一人分の教材が柵で囲われて個別に設定されていることが見て取れる。

(2) 読解教材

今回のコースの学習内容は、複雑であり、繰り返し学習者自身で取り組むことを通して修得が可能になるものであった。そのため、授業を提供するだけでは修得までに至らない可能性があるかと判断し、読解教材を執筆した。執筆にあたっては、レッドストーンの理解については、既存の書籍（赤石あかお・タトラエディット, 2016; てんやわんや街長・できるシリーズ編集部, 2017）を参考にしつつ、今回のコースにあわせて全面的に書き下ろした。第7回までの授業において、学習者が個人で時間外に取り組む復習に利用するよう伝えた。

本テキストは現時点で4つの章から構成されており、それらの概要は以下の通りである。

第一章は「レッドストーン回路ってどんなもの?」というタイトルで次のような見出しから構成されていた: はじめに、レッドストーンとは、回路とは、入力と出力、まとめ。

第二章は「レッドストーンはどこまで伝わるの?」というタイトルで次のような見出しから構成されていた: はじめに、レッドストーンが伝える方向、レッドストーンで上向きに信号を伝えるには、レッドストーンが伝える長さ、レッドストーンの信号をより長く伝えるために、まとめ

第三章は「レッドストーンコンパレーターのしくみと使い方」というタイトルで次のような見出しから構成されていた: はじめに、レッドストーン信号の強さ、コンパレーターの状態 (モード)、コンパレーターを使ったクロック回路、コンパレーターを使ったパルス回路、コンパレーターのもう一つの働き、まとめ。

第四章は「論理回路を知ろう」というタイトルで次のような見出しから構成されていた: はじめに、論理回路とその種類、NOT 回路の考え方・組み方、OR 回路の考え方・組み方、AND 回路の考え方・組み方、NOR 回路の考え方・組み方、レッドストーン回路の設置 応用編、まとめ

3. 参加者

松山市が松山市青少年育成市民会議に委託して運営している MAC ネット CSC というアプリの周知機能を通して、2022 年 1 月に愛媛大学放課後学習教室の参加募集をおこなった。募集枠は 5 名とした。最終的に、小学校 4 年生 3 名 (全員男子)、小学校 6 年生 1

名 (男子)、中学校 1 年生 2 名 (女子と男子 1 名ずつ) が応募した。このうち小学校 4 年生男子 1 名は他の習い事との両立が難しくなったため、継続的な参加者は 5 名となった。

このうち、小学校 4 年生男子 1 名は Minecraft で遊んだ経験がなかった。また中学校 1 年生男子 1 名は任天堂スイッチのみで Minecraft の経験があった。

4. 授業展開

授業展開は全 9 回で次のように計画された: ①導入、出力と入力の概念的理解、②レッドストーンの基本特性、③コンパレーターの理解、④パルサー回路の学習、⑤クロック回路の学習、⑥NOT 回路の学習、⑦NOT 回路の演習、⑧個人制作、⑨制作物発表。

3 回目以降の授業では、まず前回の理解を問うためのパフォーマンス課題をワールド内に用意して、それを学習者が適切に遂行できるか検討した。理解が十分でない場合にはその場で復習をおこなった。

第7回までに、学習者は今回のコースで学んだ回路をつかってそれぞれが作りたい仕組みを明確にした。第8回では、メインティーチャーがそれぞれの希望に応じた回路の利用について助言しながら、個別の製作活動を進めた。最後に第9回において、製作の仕上げをおこなった後で、学習者がそれぞれ作成した仕組みについて説明した。



写真2 レッドストーン教室全体像

ところで、写真2は今回のコースのために用意されたレッドストーン教室の全体を俯瞰的に撮影したも

のである。細長い縦の列1つ1つがそれぞれ1回分の授業で使われた教室である。写真1に相当するのはこの写真2の左上の部分である。現実の教室とは異なり、様々な装置を用意するための潤沢な場所を用意することができることに加えて、それらをそのまま残しておくことができることも Minecraft のようなメタバース環境の強みである。

III. 結果

1. 授業後アンケートの結果

初回から第3回までは、参加者の難易度に合わせた授業設計をするために授業の難易度に関するアンケート項目を用意した。評定は、簡単(1点)、ちょうどいい(2点)、難しい(3点)の3段階でおこなった。その結果、初回:1.25点、2回目:2、3回目:1.75であり、2を超えなかったため概ね適切な難易度設定であったと思われる。

第4~8回では、「今日の授業の内容は理解できましたか」という理解度を問う設問を設定し、「できた」「できなかった」「わからない」という3つの選択肢を用意した。その結果、すべての回において全員が「できた」と回答した。

すべての回に共通して、授業時間中の楽しさを「今日の授業は楽しかったですか」と問うたところ、男子1名のみ第4回までは「普通」と回答したが、それ以外では全員がすべての回において「楽しい」と回答した。

2. 学習者の参加度

初回は2名が欠席したが、2回目から4回目までは1名のみ欠席であった。5回目以降は全員が出席した。このことから、このコースに対するモチベーションは高いままで推移したと考えられる。

3. 授業担当者の事後省察

今回メインティーチャーとして担当した第2筆者については、授業後毎回事後省察を短文で残した。その全文を以下に掲載する。

① 今回の授業で個人的に印象に残った点は、難しいことをやろうとしていたにも関わらず子どもたちの理解が早かった点である。出力・入力という言葉をはじめ聞いたと子どもたち自身も口に

していたが、すぐに理解できていた。

- ② 今回の授業を通して感じたことは子どもたちが知らなかった知識に対しては興味深々に活動に取り組んでくれたということである。クイズを通して考えさせる演習を取り入れてみたところ、子どもたちは問題解決能力もまた高いことが分かった。複雑な問題は難しそうだったので、次回以降難しめの問題を用意し、子ども自身が作ってみる時間を取り入れていこうと考えている。
- ③ 第3回を終えて難しい内容に入ったこともあり、子どもたちの理解が以前のように早いものではなかった。それでも最終的に理解することはできていたので、来週続きをやってそれ以降にこれまでの授業理解を確認する課題を用意する予定したいと考えている。
- ④ 前回までは装置の仕組みについて説明をすることを私の中で重要視していた。しかし、今回の授業では課題解決のシチュエーションを用意し、課題解決するために使うとよい回路の紹介を通じて装置への理解を促した。最終的に演習を行い、子どもたちが実際に回路を組むことで理解がより進んだと思われる。
- ⑤ 第5回の授業では、クロック回路がなぜオンとオフが連続して繰り返されるのかということを理解するのが難しかったのではないかと考える。演習を通じてクロック回路の悪いところが目に見えて子どもに伝わった点が良いところであったと考える。
- ⑥ 第6回では4・5回の授業の振り返りとNOT回路についての学習した。振り返りでは予想していたよりも時間がかからず、子どもの理解力の高さに驚いた。NOT回路は自動ドアづくりの演習を通じての理解に取り組んでいる。
- ⑦ 第7回はNOT回路の演習である自動ドアづくりの続きを行った。その過程でつなぎ方の工夫を伝えたり、特殊なつなぎ方を説明したりした。最後に行う予定である発表会に向けて場所決めやゲームの検討をおこなった。
- ⑧ 第8回は発表会に向けての制作をおこなった。途中で子どもたちと1対1で話す時間を作って進捗を確認しながら進めたが、各々作りたいものをイメージしての制作が進んでいた。

以上の事後省察において、最も重要な気付きは第4回で、第2筆者がそれまでの説明重視のスタイルから、問題解決の文脈を用意する方向へと展開したことであると考えられる。これによって、実際に試してみることができる Minecraft の特性を生かして、複雑な回路の仕組みを学習者が効果的に学ぶことに繋がったのではないだろうか。

IV. 考察

本研究は、JAVA 版 Minecraft のマルチプレイ・サーバーと Discord の音声通話機能を用いて、愛媛大学放課後学習教室の1つとして、論理回路を活用する力を身につけるための学習コースを設計・実践・評価した。実践の結果、回路の学習は大人にとっても容易なものではないが、問題解決の文脈を備えたパフォーマンス課題をその都度準備し、スモールステップで学習を進めることで、パルサー回路、クロック回路、論理回路の考え方を理解し、自ら設定した目的に沿ってそれらを活用した装置を組み立てられることが明らかになった。

また、当初特にねらっていた訳ではないが、メインティーチャーを務めた第2筆者にとって、説明中心の役割から、問題解決が求められる文脈を学習者の目線に立って構成するという授業づくりの有効性が明らかとなった。このことは現在教員養成課程の在学学生である第2筆者にとって、授業づくりに必要な資質能力の獲得にとって大きな意義があったと思われる。

しかし、逆向き設計への準拠という観点から見たとき、本コースはまだパフォーマンス課題を設定したこと、永続的な理解を念頭において読解教材を執筆したことを除き、十分ではない。今後、本質的な問いに関連付けた体系的な概念的理解の枠組みを構成していくこと、そして、それに基づいたコースの実践を進めることが課題である。

謝辞

この研究は令和3年度愛媛大学教育改革促進事業（愛大教育改革G P）（種目C、代表者：富田英司）「学習者の多様性を活かした指導法が習得できる授業科目の開発」の支援を受けて行なわれた。

読解教材の執筆においては、愛媛大学教育学部令和3年度卒業生の山口笑佳氏と山内天清氏の支援を得た。

引用文献

- 赤石あかお・タトラエディット (2016) 赤石先生の Minecraft レッドストーン回路がおもしろいくらいわかる本 ソーテック
- Brassel, A. and Gary, A. (2019) *CMSC389E: Digital Logic through Minecraft*, <https://www.cs.umd.edu/~abrassel/>, 2022年2月14日アクセス
- Cordeiro, J. (2014) *Minecraft Redstone For Dummies. (For Dummies (Computers)) (English Edition), For Dummies.*
- 遠藤育男・益川弘如 (2015) デザイン研究を用いたエビデンスに基づく授業研究の実践と提案 日本教育工学会論文誌, 39(3), 221-233
- Erickson, H. L., Lanning, L. A., and French, R., (2007) *Concept-Based Curriculum and Instruction for the Thinking Classroom*, Corwin Press.
- Lakshmi P., James D., Alexander W., and Andrew R. (2016) An Exploration In The Use Of Minecraft To Teach Digital Logic To Secondary School Student, *International Journal of Computer Science, Information Technology and Management*, 2(2) https://www.mukpublications.com/resources/4_DigitalLogic_with_MinecraftV4_newformat.pdf, 2022年2月14日アクセス
- Microsoft (2020) *Minecraft and Redstone*, <https://education.microsoft.com/en-us/course/5a0fbdf4/overview>, 2022年2月14日アクセス
- Microsoft (2021) 小学校4年生 総合的な学習 マイクラで回路を作ろう, <https://education.microsoft.com/ja-jp/course/fa4979bb/overview>, 2022年2月14日アクセス
- Noonoo, S. (2019) *Playing Games Can Build 21st-Century Skills. Research Explains How.*, <https://www.edsurge.com/news/2019-02-12-playing-games-can-build-21st-century-skills-research-explains-how>, 2021年11月24日アクセス
- てんやわんや街長・できるシリーズ編集部 (2017) で

きる てんやわんや街長直伝！レッドストーン回路
パーフェクトブック 困った！&便利ワザ大全 イン
ンプレス

Tomlinson, C. A. (2014) *The Differentiated Classroom: Responding to the Needs of All Learners*. Alexandria: ASCD. (ようこそ,一人ひとりをいかす教室へ C.A.トムリンソン 著；山崎敬人・山元隆春・吉田新一郎 訳 2017 北大路書房)

Wiggins, G. P., and McTighe, J. (2005) *Understanding by design*. ASCD. (ウィギンズ, G. P., マクタイ, J. (西岡加名恵 訳) (2012). 理解をもたらすカリキュラム設計：「逆向き設計」の理論と方法 日本標準)