

課題番号 19K14210

我が国の小・中学校における STEM教育普及に向けたプログラム開発と人材育成

—米国FOSS事例研究・STEMとプログラミングの融合—

令和元年度～令和5年度 科学研究費助成事業（若手研究）

研究成果報告書

令和6年（2024）年 3月

研究代表者 白數 哲久

（昭和女子大学・昭和女子大学現代教育研究所）

はしがき

世界の教育の指標が 21 世紀型学力に置かれ、科学教育分野では STEM 教育に脚光が集まっていた 2010 年頃に、我が国の教員で STEM 教育について知っている人は極めて少なかった。我が国が世界の教育動向をそのまま追従することなく、今ある教育の良さを発展させていくためには、世界の教育動向に対して敏感である必要がある。我が国の先生方の 10 年来の状況を概観すると、「アクティブラーニング」について学び始めたところに「主体的・対話的で深い学び」の実現という目標が示され、見方・考え方を踏まえた新しい指導と評価について学びなおすことになった。そこに、一人一台端末の導入とプログラミング教育が始まったのである。このような大きな教育課程の変更にあって、現場の先生方は大変な苦勞をして変化に対応している。プログラミング教育については、文部科学省が示しているうちの最低限の内容を実施することで、ようやく安堵しているような状況であると聞く。したがって、STEM 教育を推進するには、より一層のエネルギーが必要となるのである。

世界の教育の時流は、これまでもそうだったが、ますます「教科横断」と「探究」へと向かうことになる。「知識偏重」からの脱却を図り「知識活用能力」を育てるために、答えのない授業、PBL 型の授業等を幼少期から取り入れる試みがなされている。我が国の次期学習指導要領においても「探究」を軸とした教育課程の見直しが為されることに期待するが、我が国の強みを生かすならば、授業を創出できる創造力ある教師が活躍できるような教育の場を、時間、人材、教材の観点から保障していくことが、何にもまして重要ではないだろうか。

本研究では、STEM 教育を一つの切り口として、現場の先生方と対話をしながら事例的研究を進め、我が国の実情に合致した教科横断的視点を有する教材の条件を吟味するとともに、プログラミング教育を推進するための仕組みづくりを検討してきた。その準備として、埼玉大学の野村泰朗氏からモチベーション 3.0 と過干渉の回避の重要性を学んだ。すなわち、子どもが自分で学びたくなるような状況を作り、教師は子どもの要請があってから手を貸すような教育の在り方が、最も子どもの力を伸ばすという考え方である。この視点に立つと、子どもは失敗を乗り越えて学んでいくことになるわけであるが、教師は子どもから失敗の機会を奪ってはいないだろうか、反省させられるのである。事例的研究に際しては、野村氏が代表を務める埼玉大学 STEM 教育研究センターの方々にプログラミング教育に適した PC と教材を教えていただき、科研費等を活用して機材をそろえた。このことによって、様々なところで教員研修や子ども向けの教室を開いて STEM 教育について実践的に検討することができるようになり、5 年間の研究を実りあるものにすることができた。プログラミング教育について研究を進めることと並行して、海外の STEM 教育の視察を通して我が国に合った STEM 教材の開発を行う予定だったが、新型コロナウイルス感

染拡大を受けて海外視察は延期となり、国内で研究会を重ねながら教材を制作した。プロトタイプとなり得る教材を製作したことによって、どのような教材がSTEM教育にとって有用なのか検討することができたと考えている。この知見は、市販品を活用する場合においても、その選定や組み合わせの検討に寄与すると考える。STEM教育とプログラミング教育を融合させた教育プログラムに見通しがついたところで、開発したカリキュラムを学校教育のどの教育課程に位置づけることが可能か整理する予定だったが、小学校第3学年から中学校第3学年を対象に、PC画面上でスクラッチ型のブロックを操作して扇風機を回すプログラミングを事例的研究として行ったところ、どの学年でも論理的思考場面が見られ学びが深まったことから、特定の教育課程に位置づけず、より汎用性の高いSTEM教材の例とプログラミングマニュアルを作成することにした。また、実践事例を動画として広く公開することで、研修会にも使いやすくなるのではないかと考え、動画として発表することにした。

研究が後半を迎えたところで、ようやく米国の受け入れが整い、カリフォルニア大学バークリー校ローレンスホールオブサイエンスの視察と研究者との交流が叶った。教材開発者と共に幼稚園から中学校の理科の授業を数多く見る機会に恵まれ、STEM教育のみならず、今後の理科教育の在り方を考えるヒントをいくつも見出すことができた。

例えば、我が国の理科教育においては、デューイやシュワブの探究の理論に基づいた問題解決的学習を基軸とした教授・学習法が中心であるが、カリフォルニアで視察した小学校では、トゥールミンの考えに基づいた三角ロジック的なガイドを子どもたちに示していることがわかった。また、STEM教育においても、身につけさせたい科学的概念が語や文として明確にあり、そこに向かう手段の一つとしてSTEM教育を位置づけていた。子どもたちの理科学習の一場面だけを捉えると、一見、日本の授業とあまり変わらないように見えるのだが、全体の授業デザインは思っていた以上に違いがあったことから、報告の必要性を強く感じ、本報告書の最初に編纂した次第である。

我が国の教員は国際的にみて、子どもや地域の実態に合わせた授業を創出する能力が高い。先生方が自ら教材を用意して教え方を工夫していることも少なくない。教員の多くが教員研修の機会を重ねて様々な人と交流し、授業力を向上させている所以であろう。しかし、我が国がこれまで培ってきた理科教育の素晴らしさや教員の教材開発力を後世につなぐためには、海外の研究成果を踏まえつつ、我が国の独自性を打ち出していく必要があり、特に若い先生方に期待するところは大きい。本報告書が、我が国の理科教育のさらなる発展の一助となれば幸甚である。

令和6年(2024)年 2月

研究代表者 昭和女子大学 白敷 哲久

我が国の小・中学校における
STEM 教育普及に向けたプログラム開発と人材育成
—米国 FOSS 事例研究・STEM とプログラミングの融合—

目次

序 章

調査の概要	白敷 哲久	5
-------	-------	---

第 1 章 米国視察

1-1 FOSS 視察	白敷 哲久	12
1-2 FOSS プログラム視察を終えて—授業から STEM 教育について考える	岡崎 真幸 / 羽賀 京子	48

第 2 章 STEM 教育

2-1 STEAM 教育推進に寄与する教育方法の開発に関する研究	白敷 哲久	57
2-2 卓上扇風機	吉澤 弘	72

第 3 章 STEM 教育とプログラミング教育の融合

3-1 大学生が教えた事例	伊藤 愛美 / 佐藤 那乃	80
3-2 埼玉の公立小学校の事例	星名 由美 / 大串 幸司 / 駒崎 麻里絵	89

資料

動く、光る！ プログラミングマニュアル	星名 由美	105
今後の展望	白敷 哲久	128

序章

調査の概要

序章 調査の概要

令和元年度（2019年度）

埼玉大学 STEM 教育研究センターの野村泰朗氏と星名由美氏を招き、昭和女子大学の理科教育法の授業の中で、プログラミング教育に関するワークショップを行った。ワークショップでは科研費で購入した PC と、埼玉大学開発の STEM-du や、SONY の MESH を用いた。この授業は、昭和女子大学附属の小学校・中学校の先生方に公開した。その後、埼玉大学 STEM 教育センターの協力を得ながら、教職を目指す大学生に、STEM 教育とプログラミングを組み合わせた 90 分×4 回のワークショップを行った。そして、この講座を受講した大学生が、昭和女子大学附属昭和小学校の理科サークルの子どもたちに、プログラミングを組み込んだ STEM 教育を実践する場を設け成功させた。このことから、大学生が PC とプログラミング教材を有効に活用することができれば、プログラミングを組み込んだ STEM 教育授業実践を、小学生を対象に行うことが可能であることが分かった。

令和2年度（2020年度）

令和元年度は埼玉大学の STEM-du を用いたが、令和2年度からは、より安価に購入でき広まっているマイクロビットも教材に加えて検討することにした。これまでは、センサーの制御によってモーターの回り方を変える活動が中心だったが、大学生は音楽を鳴らせたり光らせたりするところに熱中することが分かった。その後、大学生7名と福島県浪江町のなみえ創成中学校に行き、大学生自らがプランを立てたキャリア教育を意識した STEM 教育を中学生6名を対象に実施した。

この年の12月から3月まで埼玉県の公立小学校1校に協力してもらい、科研費で購入した PC30 台と、埼玉大学開発の STEM-du を貸し出し、プログラミングを組み込んだ STEM 教育授業実践を行った。この期間度々校内研究を行い指導案を検討した。12月と2月には授業公開を行い校内の先生方が参観し、協議会を行った。その中で、「プログラミング的思考を育てる授業の創造」と題して10時間の授業を検討した。具体的には、明るさセンサーを制御してレゴブロックで制作した扇風機のプロペラの回り方を変える体験を通して、身の回りのセンサーを使った設備に目を向けさせるものだった。プログラミングの分野では研究成果が上がったものの、工学の分野として子どもたちに十分な思考をさせながら「ものづくり」に取り組ませるには時間が十分ではなかった。新型コロナウイルス感染拡大を受けて、海外視察、シンポジウム、研修会の中止が余儀なくされたが、いくつかの実証授業は予定通りに行うことができた。専門家を招いてディスカッションをすることもでき、STEM 教育の教材づくり、大学生や教員向けの講習会において、重視すべきポイントを明確にすることができた。

令和3年度（2021年度）

昨年度課題となっていた、子どもたちに十分な思考をさせる工学の分野を意識した教材開発を中心に研究をすすめた。具体的には、工業デザイナーの吉澤弘氏と共に紙工作でいろいろな扇風機や風で動くおもちゃの型紙を検討し、STEM教育とプログラミングの接続を意識した教育プログラムを検討した。この検討会と並行して、プログラミング学習及びSTEM教育の指導者養成に寄与する研修プログラム検討のため、埼玉県公立小学校2校においてSTEM教育とプログラミングの接続を意識した教員向け研究会を実施し、開発した教材と教師用マニュアルの有用性を検討した。開発したカリキュラムを学校教育のどの教育課程に位置づけることが可能か検討することを目的として、東京都にあるフリースクールにおいて開発した教材を用いて小学校第4～6学年を対象に授業実践を行った。授業の様子は分析のために動画撮影を行った。また、教職を目指す大学生がSTEM教育を理解し指導できるようになるために、これまで構築してきたプログラムを、2021年度の研究成果を踏まえて改良することを目的として大学の「理科教育法演習」の授業の中で運用し検討した。開発した「扇風機の教材の型紙」と子どもが読んでも分かるように改良を重ねた「マイクロビットプログラミングアニュアル」は、STEM教育の普及のため、昭和女子大学現代教育研究所ホームページで公開しダウンロードできるようにした。

令和4年度（2022年度）

STEM教育の普及に寄与する教材とプログラムの開発及び公開を目的として、研究会、動画公開、実証授業、海外視察を行った。研究会では、紙を水に溶かして紙に戻す実験を検討した。この実験は、その後2023年3月21日のオンライン子ども実験教室として日本4か所、タイのバンコク1か所の計5か所を結ぶ教室の実施に発展した。また、風力発電でLEDを光らせる教材、プラネタリウムを投影するエアドームの検討を行った。動画公開は、2021年度に科研費研究で開発した、手作り扇風機をマイクロビットプログラミングで制御する実証授業を撮影した動画を編集したものだが、公開した動画の発展として、実証授業を3回実施した。目的は、マイクロビットを使ったプログラミング教育を、教師ではない人が教えることができるか検討することである。2023年1月18日に事前に学んでいる昭和女子大学の大学生が、昭和女子大学附属昭和小学校に行き、開発したマニュアルを用いて小学生にプログラミングを教えた。2023年1月13日と2月3日には都内のフリースクールで、昨年度プログラミングを学んだ5・6年生が4年生に教えることができるか実証授業を行い興味深い成果を得た。この様子は動画撮影した。

海外視察では、9月18日から9月25日の間、米国カリフォルニア大学バークレー校ローレンスホールオブサイエンスを訪れ、この研究所が開発した理科教材を使った現地の幼稚園～中学校の授業を9コマ視察するとともに、教育委員会を訪れるなどして、教員、行政の実務者、研究者などと意見交換を行った。STEM教育とプログラミング教育の両方を視野に入れた教材とプログラムの開発および、それらを用いた実践は、予定通り複数回実施することができ、新たな知見を得ることができた。

令和 5 年度（2023 年度）

2022 年に撮影した、5・6 年生が 4 年生に教えることができるか確かめる実証実験の動画を公開した。また、プログラミングを組み込んだ STEM 教育授業実践のマニュアルは PC 版だけだったが、新たに iPad 版を作製した。さらに、このマニュアルを活用し 120 人の子どもたちに 2 時間半の授業実践を実施して成果を得た。この様子は、来年度以降に論文にまとめる予定である。

2022 年度に訪問した米国で得た知見は、広く公開するために改めて調べなおし報告書にまとめる作業を行った。5 年間の研究の成果として、本報告書を配布する成果報告会を開催し、広く成果を世に問う。

各種資料は、右の QR コードから閲覧・ダウンロードが可能。



研究課題： 我が国の小・中学校における STEM 教育普及に向けた
プログラム開発と人材育成

研究期間： 令和元年度～ 令和 5 年度

研究組織： 研究代表者 白敷 哲久 (昭和女子大学准教授・昭和女子大学現代教育
研究所所員)

研究協力者 岡崎 真幸 (成城学園初等学校教諭)
羽賀 京子 (通訳 米国視察コーディネーター)
星名 由美 (昭和女子大学現代教育研究所研究員)
吉澤 弘 (フレックスデザイン 工業デザイナー)
市村 賢一 (NPO 法人ガリレオ工房 エンジニア)
上口 恵美 (昭和女子大学附属昭和小学校教諭)
中島 敦子 (東京コミュニティスクール講師)
佐藤 那乃 (東京都江戸川区立第二葛西小学校教諭)
伊藤 愛美 (横浜市立平安小学校教諭)
大串 幸司 (埼玉県川口市立芝富士小学校教諭)
駒崎 麻里絵 (同 上)

研究経費：	令和元年度	1,991,245	円
	令和2年度	63,800	円
	令和3年度	0	円
	令和4年度	821,894	円
	令和5年度	423,061	円

計 3,300,000 円

発表論文等：

- 研究会口頭発表 (単独) 「教員養成大学学生と小学校児童の STEM 教育を媒介とした連携に関する研究」活動理論学会夏季合宿研究会,2019.
- 国際学会口頭発表 (単独) “Aiming to revive Japan’s Manufacturing Education”, The 6th ICASE World Science and Technology Education Conference 2019, タイ パタヤ ,2019.
- 国際学会口頭発表 (単独) ” Scientific Concepts in the Field of ZPD Growing up through the Interaction of Technology and Engineering -Through a Toy-making Workshop using Magnets” , The 6th

ICASE World Science and Technology Education Conference 2019, タイ パタヤ ,2019.

- 著書（共著）『〔新版〕科学の実験』小学館 ,2020.
- 動画（制作・監修）「未来の教室・オンライン図書館 STEAM ライブラリー「水」のプログラム 熱帯雨林の課題～土地の乾燥を防ぐには～」経済産業省 ,2021.
<https://www.steam-library.go.jp/lectures/201>
- 論文（査読付き・単著）「対話を促す科学読み物の活用に関する研究 ―文化 - 歴史的活動理論と知識構成型ジグソー法の援用―」日本教科教育学会誌 , 44(1),65-79,2021.
- 学会口頭発表（単独）「対話を促す科学読み物の活用に関する研究 ―文化 - 歴史的活動理論と知識構成型ジグソー法の援用―」令和3年度日本学校図書館学会研究発表大会 ,2021.
- 学会口頭発表（単独）「STEM教育推進に寄与する教材と教育方法の開発に関する研究 ―生活科・理科における「ものづくり」の再興」日本理科教育学会第72回全国大会 ,2022.
- 科研費中間発表報告書（共著）「理科教育研究グループ研究報告書 vol.4―STEM教育のものづくりとプログラミングの融合―」昭和女子大学現代教育研究所 ,2022.
<https://content.swu.ac.jp/iome/publication/co-creative-learning-session/>
- 動画「STEM教育のものづくり01―小型扇風機づくり」2022.
<https://www.youtube.com/watch?v=Szf9OtvqzEY&t=5s>
- 動画「STEM教育のものづくり02―小型扇風機で動かすものづくり」2022.
<https://www.youtube.com/watch?v=fvcvchqudnk&t=5s>
- 動画「STEM教育のものづくり03―プログラミング」2022.
<https://www.youtube.com/watch?v=kh5EP91t-U0>
- 論文（査読付き・単著）「STEM教育推進に寄与する教育方法の開発に関する研究 ―生活科・理科における「ものづくり」の再興―」学苑 昭和女子大学紀要 , (971),1-17頁 ,2023.
- 国際シンポジウム口頭発表（単独）“A Study on the Use of Science Books to Promote Dialogue: Using Cultural-Historical Activity Theory and Knowledge Constructive Jigsaw Method.” JSPS Grants-in-Aid for Scientific Research (A)“Making an Expansive School : Toward Forming Transformative Agency” 2nd International symposium., 東京 ,2023.
- 著書（共著）『しぜんキンダーブック8月号コップてじな』フレーベル館 ,2023.
- 科研費研究成果報告書（共著）「我が国の小・中学校におけるSTEM教育普及に向けたプログラム開発と人材育成 ―STEMとプログラミングの融合・米国FOSS事例研究―」昭和女子大学現代教育研究所 ,2023
- 科研費研究成果報告会「我が国のSTEM教育普及に向けたシンポジウム ―STEMとプログラミングの融合・米国FOSS事例研究―」昭和女子大学現代教育研究所 ,2023.
- 動画「STEM教育のものづくり04―小学生が小学生を教えたら」2024.（公開予定）
教材開発検討会及び事例的研究：

- [2021.5.29](#) 「マイクロビットプログラミングを子どもに教える教え方を考える」 昭和女子大学現代教育研究所 参加者 23 名
- [2021.6.26](#) 「STEM 教育を体験しようー紙で作る扇風機ー」 昭和女子大学現代教育研究所 参加者 16 名
- [2021.8.28](#) 「STEM 教育とプログラミングの接続を考える」 昭和女子大学現代教育研究所 参加者 14 名
- [2021.9.26](#) 「ばねの仕組みを知って、パンチングボールを作ろう！ & 3 色 LED の混ぜ合わせ」 昭和女子大学現代教育研究所 参加者 15 名
- [2021.11.3](#) 「磁石の性質を知ろう & 地球にやさしい風力発電器を作って LED を点灯しよう」 昭和女子大学現代教育研究所 参加者 15 名
- [2021.12.8](#) 「4・5・6 年生対象 紙とモーターで扇風機を作る工作」 東京コミュニティスクール 参加者 10 名
- [2021.12.10](#) 「4・5・6 年生対象マイクロビットで自分で作った扇風機を動かす工作」 東京コミュニティスクール 参加者 10 名
- [2022.1.13](#) 「5・6 年生が昨年度の振り返り新たなプログラムを検討する」 東京コミュニティスクール 参加者 5 名
- [2022.2.3](#) 「5・6 年生が 4 年生にマイクロビットプログラムを教えながら新たなプログラムと一緒に作る」 東京コミュニティスクール 参加者 10 名
- [2022.5.28](#) 「紙のへんしん & ギア比を考えるレゴブロック工作」 昭和女子大学現代教育研究所 参加者 16 名
- [2022.7.16](#) 「自由研究に適した実験の検討」 昭和女子大学現代教育研究所 参加者 12 名
- [2022.11.9](#) 「大学生のアイデアを実現するプログラミングとマイクロビットを接続した動きの指導の練習」 昭和女子大学大学生 参加者 10 名
- [2022.12.10](#) 「プラネタリウムと紙ばねのおもちゃづくり」 昭和女子大学現代教育研究所 参加者 7 名
- [2023.1.18](#) 「大学生が小学生にプログラミングを教える実証実験」 昭和女子大学附属昭和小学校理科サークル 参加者 27 名（小学生 17 名と昭和女子大学学生 10 名）
- [2023.10.18](#) 「大学生のアイデアを実現するプログラミングとマイクロビットを接続した動きの指導の練習」 昭和女子大学大学生 参加者 10 名
- [2023.11.1](#) 「大学生が小学生にプログラミングを教える実証実験」 昭和女子大学附属昭和小学校アフタースクール 参加者 20 名（小学生 10 名と昭和女子大学学生 10 名）
- [2023.11.3](#) 「プログラミングと STEAM 教育の実践的検討」 現代教育研究所 参加者 14 名
- [2023.11.12](#) 「プログラミングでランタンを光らせる」 三鷹市教育センター 参加者約 60 名
- [2023.12.3](#) 「プログラミングでランタンを光らせる」 三鷹市教育センター 参加者約 60 名

第 1 章

米国視察

1-1 FOSS 視察

米国カルフォルニア大学バークリー校開発の FOSS プログラム視察報告

昭和女子大学 白敷哲久

1. 問題の所在

我が国では、柳宗悦を中心として昭和初期に広がった民藝運動によって、職人の手仕事によって生み出される生活道具の美しさやものづくりの尊さが見直されるようになった(柳,1954)。工業的に作られた物に囲まれて生活する現代にあっても、一つ一つの製品を人の手によって作る町工場等は今日でも重要な役割を担っている。有史以来人にとって生活に必要な物を作るという行為はごく自然な営みであった。子どもは幼少のころから親などの熟達者が物を作る様子を見たりまねたりしながら自然に物の性質・構造・機能を学んでいった。しかし、今日ではこのような機会はほとんど失われている。

我が国の理科教育において「ものづくり」という言葉が登場するのは、平成 10 年告示の小学校学習指導要領からであるが、それ以前に「ものづくり」を通して物の性質、構造、機能を学ぶ教育活動は盛んに行われてきた。昭和 27 年改訂の小学校学習指導要領理科編(試案)には「制作」という項目があり、糸電話作り、動くおもちゃ作り、楽器作り、ブリキ板をはんだづけする活動を行うように記されている。昭和 55 年発行の小学校第 2 学年理科教科書(学校図書)には、空き箱やどんぐりで作るやじろべえ等のおもちゃ作りで、おもりの位置を変化させると動き方がどう変わるか調べる活動が 6 ページにわたって図示され紹介されている。このように集めた素材を一から組み合わせていく「ものづくり」においては、子どもは試行錯誤しながら手を動かし思考を巡らせ、発見の喜びを味わったり深い理解に至ったりする機会が多くなることが期待される。1980 年代には米国の STS 教育(Science,Technology,Society を緩やかに繋ぐ教育)への注目が高まり、わが国においても 1990 年代に理科教育における STS 教育の重要性が認知され広まっていった(梅埜,1993)。しかし、平成元年告示の小学校学習指導要領では低学年理科が無くなり生活科が新設され、「ものづくり」の機会は大幅に減少した。小学校第 3 学年以上では空気の性質を利用して動かすものが作れることや、てんびんを作りその釣り合いを利用し物の重さの違いを調べたり、電磁石を利用してモーターなどの道具をつくったりする活動が記されているが、時代の移り変わりとともにパッケージ化された教材を用いることが増えていった。パッケージ化された教材の活用は、子どもの「ものづくり」そのものを質的に変容させている。

2000 年代に入り、世界的な技術者不足と教科の枠を超えた柔軟な思考力を発揮できる人材育成の観点から、米国で急速に注目を集めるようになったのが STEM(Science, Technology, Engineering, Mathematics)教育である。これは、科学、技術、工学、数学等を有機的に結びつけ教科横断的に関連させた教育を指向するものであるが、科学技術の向上が国家戦略と直結することから国の施策や産学共同事業と連動し、国際的な理科教育の中心的な潮流の一つとなっている。例えば、2013 年に発行された、米国各州の理科教育

の基となる Next Generation Science Standards (NGSS Lead States,2013, 以下:NGSS) では、教科横断的な概念である「パターン」「原因と結果」「スケール・比率・数量」「システムとシステムモデル」「エネルギーと物質」「構造と機能」「安定性と変化」は、Science (科学) と Engineering (工学) の中心的概念と実践的理解の促進を促すことや、その際、数学的なアプローチが欠かせないことが示されている (pp.79-90)。NGSS の刊行を機に、我が国でも STEM 教育研究が活発に行われるようになり (松原・高坂,2017)、刊行から 5 年後の 2018 年に文部科学省と経済産業省が、日本が参考にすべき重要な海外の教育動向として STEM 教育を紹介するに至った。文部科学省の専門部会である「新たな時代を豊かに生きる力の育成に関する省内タスクフォース」(2018) は、高等学校教育に限定して、「生徒たちが多様な学びを行っていくためには、様々な専門学科等において、多様な主体と連携し、彩り豊かな特色のある教育課程が提供されなくてはならない。あわせて、思考の基盤となる STEAM 教育を、すべての生徒に学ばせる必要がある。こうした中で、より多くの優れた STEAM 人材の卵を産みだし、将来、世界を牽引する研究者の輩出とともに、幅広い分野で新しい価値を提供できる数多くの人材の輩出につなげていくことが求められている。」と述べている。また、経済産業省 (2018) は「「未来の教室」と EdTech 研究会第 1 次提言」で、米国、中国、オランダ、イスラエル、シンガポールにおける EdTech を活用した「STEM/STEAM」と「個別最適化学習」を紹介している。文部科学省が高等教育からの STEM 教育に限定して論じているのに対して、経済産業省は幼少期からの STEM 教育を紹介する等、立場の違いが見られる。経済産業省 (2019) はその後「学びの STEAM 化」を提唱し、「未来の教室プロジェクト」を立ち上げ「STEAM ライブラリー」を WEB で公開し地域に「STEAM 学習センター」を構築するなど、STEM 教育を広める事業を推進し今日に至っている。

このような時代の流れの中で、中央教育審議会 (2021) は答申で「STEAM 教育は、「社会に開かれた教育課程」の理念の下、産業界等と連携し、各教科等での学習を実社会での問題発見・解決に生かしていく高度な内容となるものであることから、高等学校における教科等横断的な学習の中で重点的に取り組むべきものであるが、その土台として、幼児期からのものづくり体験や科学的な体験の充実、小学校、中学校での各教科等や総合的な学習の時間における教科等横断的な学習や探究的な学習、プログラミング教育などの充実に努めることも重要である。」(下線筆者) と見解を整理し提言をまとめた。

ここまで述べてきた STEM 教育の系譜から、我が国の STEM 教育に関する教育施策は諸外国から 10 年ほど遅れて始まったと言える。しかし、我が国の施策に多大な影響を与える答申では下線で示した通り、高等学校に主眼を置き、小学校ではあくまでも高等学校教育の土台としての位置づけとして記述されていることから、今後小学校における STEM 教育の推進が迅速に進むかについては疑問視せざるを得ない。そこで、STEM 教育を強く推し進めてきた米国における STEM 教育の今日の様子について視察する必要があると考えて研究に取り組んだ。この報告書では、米国の理科プログラム FOSS のこれまでの歩みを踏

まえて、実際に教育現場で使用されている様子を調査した結果を掲載する。また、FOSSの軸となっている教授・学習法について、授業参観と開発者へのインタビューを通して迫っていきたい。

2. FOSSの特徴

FOSS(Full Option Science System)は、米国カリフォルニア大学バークリー校の科学教育機関ローレンスホール・オブ・サイエンス(以下:LHS)で開発された初等理科プログラムの1つである。古くからFOSSに着目しその先進的なカリキュラムを我が国に紹介してきた人見(2005)は、2005年の時点でFOSSはその研究開発に約30年の歴史をもっていると述べている。全米研究審議会(以下:NRC)が1996年に公表した『科学教育全米科学教育スタンダード』において最も重視されている「科学的リテラシーの育成」や「探究としての科学」という観点において、その趣旨とFOSSの理念は一致しているように見える。このことについて人見(2005)は、「科学リテラシー重視の流れとなっている現在、FOSSは、科学リテラシーの育成に沿ったプログラムとしても適切であることを、学習内容や学習方法の側面から明確にしている。(中略)FOSSにおいて、科学的探究は、科学の本質を理解することまで範囲を広げて重視して扱われている。」と述べている。このことから、FOSSは、全米科学教育スタンダードの発行以降、その理念に沿うように価値付けの範囲を広げたと考えることが出来る。また、FOSSのカリキュラムでは、具体的なモジュールと1時間の単元構成を、教師用指導資料や会員制のWEBサイトで把握することが出来ることから、全米科学教育スタンダードの理解においてもFOSSを参考にすることは有益であると言える。

小倉(2007)は、FOSSの最も重要な目標を、科学的リテラシーの育成と指導法的効果の2点にまとめ、次のように紹介している。

(1) 科学的リテラシー

すべての生徒たちに、認識発達段階に適した科学の経験、及び、ますます科学的、テクノロジー的に複雑化する世界で生きていくための準備としてより高次の考え方を身につけるのに役立つ科学の経験、を提供すること。

(2) 指導法的効果

すべての教師たちに、学習と指導法に関する最新の研究成果を反映した、完全でかつ柔軟でさらに使いやすい科学教育プログラムを提供すること。

また小倉(2007)は、教材化の理論について、認知発達のモデルと科学的思考のプロセスに関する研究に基づいていると述べ、次のように紹介している。

(3) 認知発達モデル

人間が一連の認知発達の段階を経て系統的に成長するというを示す研究に基づく、はじめの数年間、児童は観察したり記述したり並べ替えたり事物や生き物について知ったりといった直接的な体験によって最も良く学べる。小学校の後半に、分類したり、確かめたり、実験したり、事物と生き物の因果的関係を決定したりすることでより高度な概念を構築するようになる。FOSS の諸活動は、実際的な体験（ハンズオン）を伴う探索活動で展開するが、どの活動も、児童に期待する認知的要求が彼らの認知能力を超えないように注意して設計されている。発達の適切な活動によって、「水平的カリキュラム設計」（ある段階での多様な経験を提供する数多くの活動）を実現している。

(4) 科学的思考のプロセス

FOSS では、認知的段階に関連させて、発達の次のような思考プロセスを学習プログラムに組み込んでいる。

観察すること（情報を入手するための感覚の活用）/ コミュニケーションすること（話したり、描画したり、行為すること）/ 比較すること（対にすること、1対1の対応づけをすること）/ 組織化すること（グループにまとめること、順にすること、連続させること）/ 関係づけること（原因と結果、分類）/ 推理すること（上位/下位分類、条件推論、科学的法則性の導出）/ 応用すること（方略的計画づくり、発明）

さらに小倉(2001)は、実践的教育学と題し、次の5点をFOSSの特徴として紹介している。

- ハンズオン（実際的な体験的）アプローチ：小学校の生徒たちが確かな科学的知識の基盤をつくるのを助けるもっとも効果のあるやり方と考えられている。ハンズオン活動は生徒たちを動機づけ、好奇心を刺激する。FOSSの生徒たちは探索し、実験し、データを収集し、結果を整理し、生徒自身の行動に基づいて結論を導き出す。そうした活動で集める情報が、科学的に思考するやりかたの成長を促す。
- FOSS活動にはある学習サイクルが埋められている。活動はしばしば教材の自由な探索から始まり、見つけたことについての討論の中で、用語が導出され、さまざまな考え方が露呈される。そして、概念を強化するために教材を用いた補足の経験へと続く。用語は、いつも、生徒たちが直接経験した後の状況で導入される。
- 複数感覚手段：観察はしばしば見ていることに等しいが、FOSSでは、五感のすべてを観察に用いてよりよい理解を導こうとする。FOSSでは、肢体不自由児や学習遅進児に適用させるためだけでなく、すべての生徒たちにとって情報収集能力を強化するために複数感覚手段を用いる。
- 一人で一緒に作業する（幼-2学年）：初期の生徒たちは共通の班目標に向かった強調的な作業をはじめたばかりで、教材を共用しようとしなのが常である。FOSSの幼-2学年の活動は、しばしば生徒たちを4から10人の班に組織する。班の各生徒は、自分自身が作業する教材を有しているが、他の生徒たちと接近していることで、アイ

データの交換や見つけたことの伝達を容易にしている。私たちはこうした初期の児童の組織形態を「一人で一緒に作業する」(working alone together)と呼んでいる。

- 協力的集団 (3～6 学年)：協力は、科学という行為の本質である。3～6 学年における FOSS 活動は生徒たちが 4 人の班で作業をして、それぞれの班員がデータの収集や分析、結果の報告に対して貢献できるように設計されている。生徒個人の観察や考えは、常に班の意思決定に取り入れられる。協力的集団は、学級と生徒の管理に役立ち、生徒の学習を強化する。

3. FOSS の成り立ち

2022 年 9 月 19 日～23 日に、白敷哲久 (昭和女子大学准教授)、岡崎真幸 (成城学園初等学校教諭)、羽賀京子 (コーディネーター兼通訳) とで、米国カリフォルニア大学バークリー校の科学教育機関ローレンスホール・オブ・サイエンス (以下：LHS) を訪れた。目的は、そこで開発された初等理科プログラムの 1 つである FOSS (Full Option Science System) が、現場でどのように活用されているか知見を得るためである。

9 月 19 日に、LHS 設立当初からのメンバーである Larry Malone 氏から、LHS と FOSS の略歴と概要について年表に基づいて話を伺った。

1957 年	スプートニクショック
1961 年	Science Curriculum Improvement Study (SCIS) 設立
1968 年	LHS 併設の科学館が一般公開開始
1975 年	Public Law 94-142 に情緒障害の定義が採用された
1976 年	Science Activities for the Visually Impaired (SAVI) と Science Enrichment for Learners with Physical Handicaps (SELPH) の設立
1983 年	A Nation at Risk (危機に立つ国家)
1984 年	NSF (全米科学財団) 資金を活用したトライアドプログラム (介入研究) の開始
1988 年	NSF 資金を活用した 3-6 年生カリキュラム開発スタート
1992 年	NSF 資金を活用した K-2 年生カリキュラム開発スタート
1992 年	<u>FOSS K-6 プログラム ©1st edition 公開</u>
1993 年	AAAS (トリプル AS) ベンチマーク (科学技術リテラシーへの指準) 発表

1957 年ソ連による人類初の人工衛星「スプートニク 1 号」の打ち上げ成功によって、米国は衝撃を受け科学教育の在り方について危機意識を強めていった。そして、科学研究に対する支援が劇的に増加した。1968 年までに、米国科学財団の年間予算は約 5 億ドルに達した。このような支援を受けて設立したのが SCIS であり、それが後の LHS に引き継がれている。SCIS は、Robert Karplus らによって開発された (Karplus & Thier, 1969)。SCIS について斎藤・熊野 (2016) は、「科学者、教育研究者、教師その他のメンバーによる協同

で、日本で言う小学校段階の子どもたち (Elementary School Children) の科学的リテラシーを向上させるために行われた研究であり、後の BSCS(Biological Sciences Curriculum Study) の 5E モデルにつながる研究でもある。(中略) いくつかのキット、教員用指導書、児童用のマニュアルなどが、この研究の成果物であった」と述べている。また、斎藤・熊野 (2016) は、SCIS カリキュラムの全体像を概観し、物理科学・生命科学の両方に単元を用意しながら、システムの概念を中心に据えたカリキュラムの各単元は、Science for All Americans (AAAS, 1989) や Benchmarks for Science Literacy (AAAS, 1993)、National Science Education Standards (NRC, 1996) に見られる Common Themes (共通テーマ) や Unifying Concepts (統一概念) 等に見られる各概念と重複しており、SCIS の段階で既に具体的な教育内容として成立していたものを Science for All Americans の作成に合わせて抜き出したものと考えられると述べている。このことから、LHS における先駆的な教材キットをも含めたカリキュラム開発が、その後の米国の科学教育に多大な影響を与えたと言える。

1975 年の Public Law 94-142 は、すべての障害児が適切な教育を受けられることを保証した法律である。LHS 開発の SAVI/SELPH プログラムは、米国教育省によって資金提供された 2 つのプロジェクト、視覚障害者のための科学活動 (SAVI) と身体障害のある学習者のための科学強化 (SELPH) の成果を組み合わせたものである。SAVI/SELPH は学際的な多感覚科学強化プログラムであり、視覚障害のある学生、整形外科障害のある学生、学習障害のある学生、発達障害のある学生、精神障害のある学生、聴覚障害のある学生、および障害のない学生に効果的に使用されている。SAVI/SELPH プログラムには、①学生用キット、②障害のある学生のカリキュラムに科学を組み込むための教育哲学、③印刷されたアクティビティの説明が含まれている。

Malone 氏は、これらの開発を進めて実際に教材を使っていく中で大きな発見があったと述べた。それは、これらの教材が障害のない子どもたちにとっても効果的であるということだ。はじめは目の不自由な子どもたちのために開発した教材だったが、それは、全ての子どもたちにとって有用であり、現場からも使いたいという声が高まっていったという。全ての子どもたちというのは、民族の違いや貧富の差をも乗り越えていく平等性 (Equity) を指向している。全ての人が同じゴールを目指すべきであるという考え方が示されたのである。

1980 年代から米国の科学教育界は「科学教育の危機」を唱えて行くが、1983 年発表の連邦報告書「危機に立つ国家」で、米国の教育の危機的状况は白日のもとにさらされる。これを受けて「全米科学教育スタンダード」や様々なカリキュラムが作られていくことになる。LHS も NSF から資金提供を受けて、1984 年、1988 年、1992 年にカリキュラム開発が進んでいった。そして、1992 年に FOSS の 1st edition が公開された。このような研究がすすめられたのはカリフォルニア州の先駆的な取り組みの後押しがあったと言える。カリフォルニア州は、全ての子どもが科学リテラシーを得ることを掲げた独自の「科学フレームワーク」を 1989 年に発表している。

1995年	FOSS 中等教育提案設立
1996年	National Science Education Standards (NSES) 発行
2000年	<u>FOSS 科学読み物を導入した大幅改定 ©2st edition 公開</u>
2003年	NSF 資金を活用した Assessing Science Knowledge (ASK: 科学的知識評価研究) の開始
2012年	National Science Framework K-12 発行 <u>FOSS ©3st edition 公開</u>
2013年	Next Generation Science Standards(NGSS) 発行
2016年	<u>FOSS Next Generation K-5</u>
2018年	<u>FOSS Next Generation K-8</u>

FOSS の最大の特徴は、教材キットが用意されていることである。わが国では、子どもたちに教科書は与えられても、市販教材を子どもたちに与えるのには自治体の財政状況に依存し、たいていの場合には潤沢に予算があるわけではない。なぜ米国では教材キットを子どもたちに与えることができるのか質問した。

Malone 氏は、米国でもかつては日本と同じで、子どもたちに教科書しか届けられなかったと話した。教材を届けられるようになったのは、カリフォルニア州の議会において、キットの購入に予算を使うことができるように条文の一部を書き換えることができたからだと言う。その背景には、教材の準備が大変だという現場の声が強かったと言う。

米国は我が国と異なり、理科教科書は通常レンタルで、日本の教科書よりページ数は多い。毎年教科書を購入する必要がないので予算を実験用教材に回すことができる。また、FOSS が開発した科学読み物もそれぞれの単元に用意され充実している。FOSS の WEB サイトも充実していて、子どもは授業に連動する内容を WEB サイトでも学ぶことができる。また、学校会員の先生は、必要な単元の授業の資料や授業に必要な準備の仕方や授業の進め方の流れの全てを動画で見ることができる。

1996 年の NSES、2012 年の National Science Framework K-12、2013 年の NGSS は、我が国の学習指導要領理科編に近いものであるが、これらに基づいて州の科学教育スタンダードが作られるので、必ずしも直接的にこれらに準拠するわけではない。しかし、LHS のあるカリフォルニア州のスタンダードが変わるので、それに合わせて FOSS も変更が迫られる。準拠していないと採択されなくなってしまうのである。現在は NGSS に準拠したカリキュラムになっている。

また、Malone 氏は、理系ではない人にとっても理科は必要になっていることを指摘した。例えば生態系や汚染などの環境問題がそうである。科学は科学だけでなく社会にもつながっている。そのような学びのために必要なのは、観察である。すべての学びの始まりには観察と体験がある。そしてそれらを拡張させて世界とつながっていくことが大切である。

Malone 氏は、一方で、学び方の変化についても言及した。これまでは子どもにどのように興味を持たせて、先生がどう教えるのがよいかということを考えながら教材開発を行ってきたが、今はそうではないと言う。教師が子どもを教えるという構図が変わっていかなくてはならない。ICT 機器の活用についても検討が必要になっている。答えがあるわけではないが、教育は大きく変わっているのもそれに合わせた開発をしていかなくてはならないと語った。

米国の科学教育を 50 年間にわたり強力にけん引してきた、理論家であり実践家の Malone 氏が、未来の科学教育の在り方についてさらなる模索を続けていることに感銘を受けた。

LHS 内の会議室にて 左：Larry Malone 氏、右：Linda De Lucchi 氏、後：筆者



Malone 氏は、2023 年 6 月に他界しました。米国の科学教育の礎を作った功績に敬意を表するとともに、謹んでお悔やみ申し上げます。

Mr. Malone passed away in June 2023. I express my respect for his achievements in laying the foundation for science education in the US and extend my deepest condolences.

4. FOSS の教育デザイン

2022年9月19日に、LHSで長年にわたってFOSS (Full Option Science System) の教材開発と、その教育理論の検討と普及に努めてきた、Linda De Lucchi 氏から、FOSS の教育デザインについて、下記の図に基づいて話を伺った。



FOSS の教育は、子ども主体の科学的探究活動を中心にデザインされている。このデザインは、科学の概念を科学・工学の学習と結びつけようとするものである。科学的探究活動を取り囲みサポートするのは、幅広い経験である。これらの経験が、核となる科学的概念の理解を育んでいくことを助け、科学的にものを考える習慣を養うことに役立つ。

(1) 科学概念の形成は言語によって為される

この図を概観し、まず特筆すべき点は、はっきりと科学的概念の形成を目指しているところである。実物主義であり、具体的な活動に基づいて、自分の手で言葉を使ってノートに整理する過程を重視している。そして、科学を中心に据えた話し合い活動や科学読み物の活用によって新しい言葉を獲得していく。概念形成は言葉の発達と密接に結びついている。Lindaさんは、構成主義を踏まえ、子どもが言葉を使っていくことで徐々に概念を構築していくのだと語った。わが国では、重さの学習や、おもちゃの車を転がす実験があるが、そこで「重力」や「摩擦」という言葉は使われない。FOSSでは、「重力」や「摩擦」という言葉によって科学的概念が子どもの中に構築されていくと考えている。そして、これらの言葉を随意的に使用して現象を説明することで概念の強化が図られると考えている。

(2) 生活に根差した科学の追究

FOSSカリキュラムの開発者であるMalone氏は、「とにかく観察することが大切」と語っていた。それは、授業においてだけでなく、日常生活全てにおいてである。そこで出会った不思議なことや面白いことが学びにつながっていくのである。そして、学んだことを身の周りの科学技術に見出していくことも大切である。理科学習が日常生活と乖離しがちで、子どもたちが理科を学ぶ意義を感じにくいことが、わが国では長年の課題となっている。FOSSは、身近な素材を教材にし、また学んだことを日常に戻していくようにデザインされている。また、学びを教室内にとどめるのではなく、積極的に屋外とつなぐような仕掛けがなされている。

例えば、日本の風の学習では、送風機を使って風の強さをコントロールして、エネルギーとしての風について学ぶ。しかし、FOSSでは、風速計を手作りして自然の風を測定し、日や場所によって風の向きや速さが違うことを探究していく。日本の理科学習が日常生活と乖離しがちなのに対して、FOSSでは、日常の現象を学習に生かす試みがなされている点において優れている。



上の写真は、LHSの屋上公園の展示物である。左は一種の日時計である。右は、山から

海へと水が流れていく様子を表したモデルで、実際に水を流すことができる。子どもは石で流れをせき止めて遊ぶことができる。このような展示物からも、FOSS の理念を読み取ることができる。

FOSS の WEB サイト (http://archive.fossweb.com/pdfs/Taking_FOSS_Out_101011.pdf) には、子どもを自然とつなぐことによって、子どもが地球を好きになることや、その過程で話し合いの機会を持ち情報を共有するフローについて示されている。

(3) 形成的評価

FOSS 教材には、子どもの考えを書かせるワークシートがある。それぞれの単元で、どのような科学的概念を獲得させたいかについては、はっきりと示されている。教師は子どもの様子を見取って、一人ひとりの状態を評価して、全体の学習進度を検討する。わが国でも、単元最後に行われるペーパーテストよりも、途中で行われる形成的評価によって、子どもの実態を把握し、学習の在り方を検討しながら学びを進めてことの重要性が指摘されている。

子どもは、自分がどれだけ理解できたかを、教師によって判定されることなく、自分で把握できる。それが授業におけるディスカッションである。また、授業で出てきた重要な言葉や文は教室の壁に書き留められる。さらに、科学読み物によっても確認することができる。すなわち、子どもはメタ認知をはたらかせて自己評価することができるのである。Linda さんにループリックは使われているか尋ねたところ、一例を見せていただくことができた。これについては後述する。

(4) 学習サイクル

Linda さんは FOSS が考える学習サイクルを強調していた。学習サイクルは、構成主義的視点に基づいた教育モデルを採用していて、子どもに自分の学習に積極的に関与するよう呼びかけるものである。このモデルは、教師と学習者両方による科学教育への首尾一貫したアプローチを体系的に説明する。有名なモデルは、5E として知られていて、知的能力の 5 段階を一連で説明している。すなわち、「関与」→「探索」→「説明」→「精緻化」→「評価」である。基礎知識である本体が形づくった現代的な学習サイクルの考えは、連続的に FOSS カリキュラムデザインに組み込まれている。

今回の訪問では、5E の学習サイクルについて話を分に話を伺うことができなかったので、帰国後に調べた。大貫 (2018) は、この学習サイクル理論は、カリフォルニア大学バークリー校の量子物理学者であったカープラス (R. Karplus) を中心に提唱されもので、1980 年代に BSCS (Biological Science Curriculum Study) の責任者を務めた教育心理学者のバイビー (R.W. Bybee) に引き継がれ、学習への動機づけや評価を位置づけることで 5E 指導モデルへと精緻化された述べている。また、大貫 (2018) は、このモデルは、現在でも BSCS の教授モデルとして用いられているほか、NGSS に準拠した授業やカリキュラムの設計方法

や、学区のカリキュラムフレームワークなどに用いられるなど現在の米国の科学教育の中核に位置していると述べている。

5E 指導モデル (大貫,2018)

局面	活動の要約
関与	「関与」の局面で学習者に与えられる] 教師の課題やカリキュラムの課題は、学習者の既有知識に接近し、既有知識を引き出し、好奇心を刺激する短い活動を利用することで学習者が新しい概念に関与するようになる手助けをする。そのような活動を通しては、過去と現在の学習経験を結び付け、既有の概念を明らかにし、現在の活動の学習成果に到達することに向けて児童の思考を組織する。
探索	「探索」の経験は、児童に現在の概念（すなわち誤概念）やプロセススキル [の程度] が特定され概念変化が促進される共通の基盤となる活動を提供する。学習者は新しい考えを生み出し、問いや可能性を探索し、主要な調査を設計・指揮するために既有知識を使用する手助けとなる実験室の活動（labactivities）を遂行するかもしれない。
説明	「説明」の局面は、「関与」や「探索」の経験における特定の側面に児童の注意を向け、自らの概念的な理解やプロセススキルや行動を示す機会を提供する。この局面は、また教師が直接に概念やプロセスやスキルを導入する機会を提供する。学習者は概念に関する自らの理解を説明する。教師やカリキュラムから得られる [概念やスキルに関する] 説明は彼らをより深い理解に向けて導く。
精緻化	教師は児童の概念的な理解やスキルに挑戦し、拡張する。[拡張することで得られる] 新しい経験を通して、児童はより深く、より広い理解や多くの情報、十分なスキルを発達させる。児童は追加の活動を実施することによって自らの概念に関する理解を [様々な現象や事象に] 応用する。
評価	評価の局面は児童が自らの理解や活動を評価（assess）することを奨励し、教師に教育目標の達成に向けた児童の進歩を評価する（evaluate）機会を提供する。

5. FOSS モジュール

2018年に、NGSS完全準拠でSTEM教育を取り入れた、FOSS Next Generation K-8が公開となった。今日も使われているモジュールは、下記の通りである。

Grade	Integrated Middle Grades 中学生向け統合モジュール				STEM Enrichment
8	Heredity & Adaptation* ES, LS 遺伝と適応	Electromagnetic Force* PS, ES, E 電磁力	Gravity & Kinetic Energy* PS, E 重力と運動エネルギー	Waves* PS, E 波	Planetary Science PS, ES 惑星の科学
7	Chemical Interactions PS, ES, E 化学的相互作用		Earth History PS, ES, LS 地球の歴史		Populations & Ecosystems ES, LS, E 人口と生態系
6		Weather & Water PS, ES, E 天気と水		Diversity of Life LS 生命の多様性	Human Systems Interactions* LS 人体

PS: Physical Science content, ES: Earth Science content, LS: Life Science content, E: Engineering content
 *Half-length courses PS: 物理科学コンテンツ、ES: 地球科学コンテンツ、LS: 生命科学コンテンツ、E: 工学コンテンツ ※半期コース

Grade	Physical Science 物理	Earth Science 地球	Life Science 生命	STEM Enrichment
5	Mixtures & Solutions 混合物と溶液	Earth & Sun 地球と太陽	Living Systems 生命とシステム	
4	Energy エネルギー	Soils, Rocks, and Landforms 土壌・岩石・地形	Environments 環境	Sound Design† 音のデザイン
3	Motion & Matter 運動と物体	Water & Climate 水と気候	Structures of Life 生命のしくみ	
2	Solids & Liquids 固体と液体	Pebbles, Sand & Silt 小石・砂・シルト	Insects & Plants 昆虫と植物	
1	Sound & Light 音と光	Air & Weather 大気と天気	Plants & Animals 植物と動物	Forces in Action† 動きの中の力
K	Materials & Motion 素材と運動	Trees & Weather 木と天気	Animals Two by Two 動物のつがい	
Pre-K		Full-year Observing Nature 1年を通じた自然観察		

† STEM courses and modules can be purchased as a supplement to the FOSS curriculum or purchased separately for STEM electives or extracurricular activities.
 STEM コースとモジュールは、FOSS カリキュラムの補足として購入することも、STEM 選択科目や課外活動用に個別に購入することもできます。

FOSS モジュール改訂の背景には、2013年のNext Generation Science Standards(NGSS)の発行がある。日本の学習指導要領ほどの拘束力はない指針であるが、これに準じて州のスタンダードが作られていくことから、一定の影響を持った指針であると言える。NGSS序文にはNGSSの3つの側面に関する記述がある。この部分に関わって、白水(2013, <https://www.nier.go.jp/shirouzu/translation/ngss-first.pdf>)の訳の抜粋を、下記に引用する。

(1) 側面 1：プラクティス (Practices)

側面 1 では、(a) 科学者が世界についてのモデルや理論を調べ構築する際に用いる主要なプラクティス、(b) 工学者たちがシステムをデザインし構築する際に用いる重要な工学的プラクティスを示している。「スキル」といった用語ではなく、「プラクティス」を使用するのは、科学的な調査はスキルだけでなく、それぞれのプラクティスに固有の知識も必要とすることを強調するためである。同様に、これまでのスタンダード文書において、「探究」という言葉が盛んに言及され、長年にわたって科学教育コミュニティで多義的に解釈されてきたので、科学において「探究」が何を意味するかや、探究に必要な認知的、社会的、物理的プラクティスを特定するために、側面 1 でプラクティスに意図的に言及したのである。すべての科学教育の探究型アプローチのように、期待されるのは、生徒たちが主体的にプラクティスに従事することであり、単に人から聞いてそれらを学ぶことではない。直接そういったプラクティスを自分たちで経験することなしに、生徒たちは科学的プラクティスを理解することもできなければ、科学的知識それ自体が持つ本質の真価を十全に認めることもできない。

(2) 側面 2：領域横断概念 (Crosscutting Concepts)

領域横断概念はすべての科学領域を通して応用できる概念である。そういうものとして、側面 3 の中にあるさまざまな領域を結びつける一つの方法を示している。

(3) 側面 3：領域コア概念／コンテンツ (Disciplinary Core Ideas)

科学知識の絶え間ない拡大によって、ある領域に関する概念について K-12 で網羅的に指導することは不可能になっている。ところが、そもそもわれわれは情報時代に生きているのだから、事実上ちょっと触れただけで得られる多くの情報を考えてみると、科学教育の重要な役割は「全事実」を教えることではなく、むしろ後々になって生徒が自分で追加情報を獲得してゆけるような、十分なコア知識を提供することにある。科学や工学における限られた概念やプラクティスに焦点化した教育で、生徒たちは信頼できる科学情報のソースを評価し、選択できるようになり、K-12 の学校生活での学びをはるかに超えて、科学の学び手や知識の使い手、そしておそらく知識の作り手として成長し続けてゆける必要がある。

FOSS 設立当初、教科書だけではなく実験用素材をセットにした教材は他になかったが、今日では類似の教材が開発され販売されている。したがって、FOSS の採択と普及には、NGSS 準拠であることを謳う必要があった。FOSS 教材のシェアは現在も全米 1 位であり、LHS の Lindaさんは、およそ 10 数%の学校が FOSS で理科を学んでいると思うと語った。ただし厳密な調査はなく、正確に算出はできないようである。

2018 年発表の FOSS モジュールがこれまでと違っているのは、主に 3 点である。

- ・ Pre-K が新たに加わり低学年理科がより充実した。
- ・ 右列に新たに STEM Enrichment (STEM 充実) という選択領域ができた。
- ・ 6・7・8 年生は、物理、地球、生命という区分ではなく、総合モジュールとしてまとめられた。

以上を踏まえて、NGSS の 3 つの側面と、これらとモジュールを踏まえ、日本の理科教育との違いを考えていきたい。

(1) 低学年理科の重視

日本では理科教育は 3 年生 (8 歳) からであるのに対して、FOSS では、Pre-K を加えた 4 ~ 7 歳の子どもにも、盤石な理科教育を実施している。素材の性質への理解や、自然現象への理解を促すなど、身の回りの自然を理解するために必要な科学的な視点を持たせるようにデザインされている。2 年生で音と光を扱うなど、日本では中学年以上にならないと学ばない多くの内容を、すでに低学年で扱っている。

(2) STEM 教育の重視

モジュールの表の右列に新たに STEM Enrichment が加わった理由を LHS の Larry 氏に質問したところ、単元の再編の過程で入れられなくなった教材をここに配置したとのことだった。STEM 教育では、Engineering が特に重視されているが、6・7・8 学年において、いろいろな領域に E の要素が入っていることをこのモジュールから読み取ることができる。

(3) 領域横断概念に基づいた単元の編成

6・7・8 学年では、領域をまたがって単元が構成されている。そして、私たちの健康にかかわることや地球環境に関わること、それらに関する問題を解決するための科学技術をテーマに取り上げるように設計されている。子どもは学んだコアとなる知見を関連させて、自分なりの主張をすることから、自然に領域を横断した学びができるようになっている。

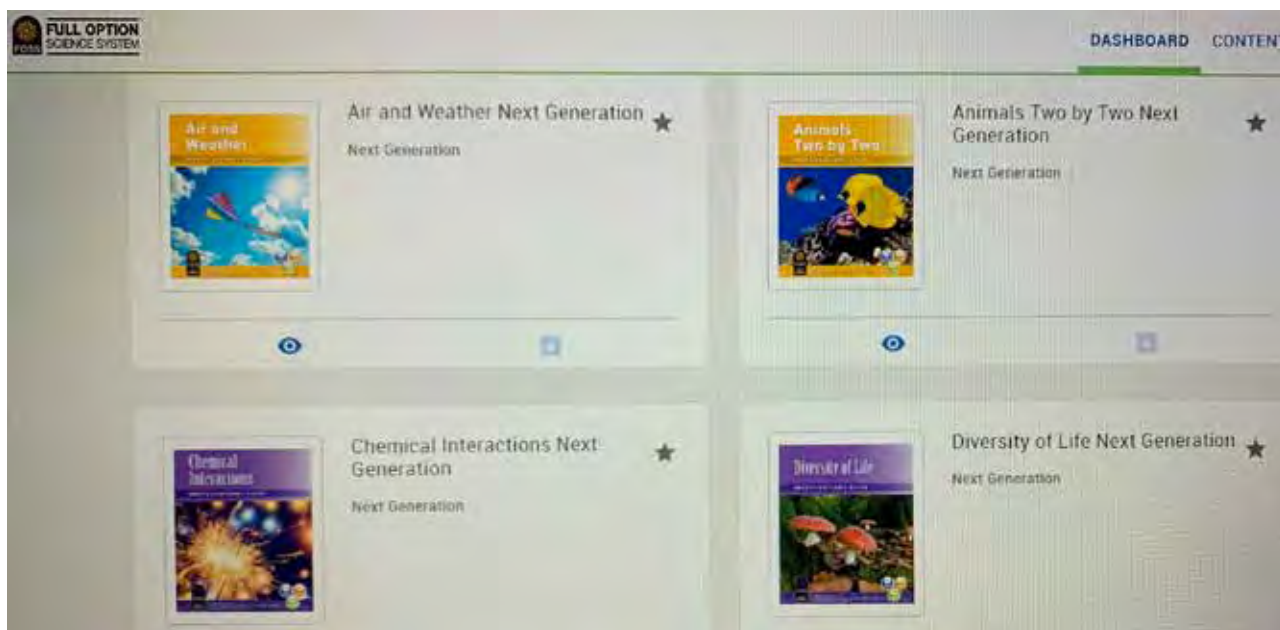
(4) 教師をサポートするサイトの充実

FOSS 教材を購入すると会員専用サイトが閲覧できるようになる。サイトでは、授業を行う上で必要なありとあらゆる情報を得ることができる。具体的には下記の通りである。

ノートに貼る用の発問が書かれた紙片 / 発問をまとめたスライド / 教材用のビデオ・スライド・科学読み物 / 各種ワークシート / 子どもの理解度をはかることができる質問紙 / 教材の準備方法や授業の仕方をわかりやすく短くまとめた動画 / 指導書

実際に授業を行う教師は、前日に動画を見ることで、どの教材をどのように使って、子どもたちにどのように語りかけて活動を引き出したらいいかについて理解し、自信をもつ

て授業に臨むことができる。経験の浅い教師であっても質の高い授業をすることが可能になるように、専用のWEBサイトによって手厚くサポートしている。これは、我が国には無い仕組みであり大いに参考にすべき点であるといえる。



6. FOSS の評価と学習サイクルの実際

FOSS では、単元最後に行われるペーパーテストよりも、途中で行われる形成的評価によって、子どもの実態を把握し、学習の在り方を検討しながら学びを進めてことの重要性が指摘されていることについては、先に述べた通りである。また、FOSS の学習サイクルは、構成主義的視点に基づいた教育モデルを採用していて、5Eモデルとして知られていること、すなわち、「関与」→「探索」→「説明」→「精緻化」→「評価」として、知的能力の5段階を一連で説明していることについても述べた。さらに、NGSS (Next Generation Science Standards) における、プラクティス (Practices)、領域横断概念 (Crosscutting Concepts)、領域コア概念／コンテンツ (Disciplinary Core Ideas) にかかわる考え方を組み込んでいくことについても触れた。

5Eモデルを踏まえて、もう一度FOSSの教育デザインにある「ノートにまとめる」「学びを屋外で適応させる」「科学を中心として言語発達を促す」「科学読み物の活用」「科学技術と結びつける」「形成的評価」に目を落とすと、5Eモデルとの連動があることに気付く。まず、「関与」「探索」では、科学的探究活動で発見したことをノートに書き留めていくだろう。時には、屋外に出て観察することもあるだろう。「説明」の段階では、仲間との話し合いを経て分かったことを説明することだろう。それによって様々な考えがあることが分かったところで、「精緻化」のための材料として科学読み物を活用したり、科学技術との関連性に気付いたりすることだろう。新たな科学的用語を手に入れた子どもが、自分の考えを補強していくのである。その際、追加の実験や観察をすることも有効である。新しいアイデアはノートに記されていく。それぞれの過程で折に触れて形成的評価は行われているが、最後に「評価」の段階となる。自分の考えを言葉にすることで、自己と他者から評価を得るのである。

では、実際の評価にはどのような基準が使われているのだろうか。Lindaさんにルーブリックは使われているか尋ねたところ、次のようなルーブリックを見せてもらった。ペーパークリップにひもをつけて、磁石で引き付けて宙に浮かせる実験で気付いたことを書いた後の評価である。

Item 7

This item provides evidence that students can construct an explanation of a cause-and-effect relationship of magnetic interaction between two objects not in contact with each other.

Code	If the student ...
4	indicates that you can hide the magnet in the lid of the jar and tape or glue the paper clip onto the back of the butterfly; you need to position the butterfly close enough to the magnet in the lid so that the magnetic field interacts with the paper clip to keep the butterfly suspended in the air.
3	similar to code 4, but is not clear about the positioning of the magnet and the paper clip to achieve the floating illusion.
2	writes something relevant to the explanation, such as paper clips and magnets don't have to touch in order to be attracted to each other.
1	writes anything else.
0	makes no attempt.

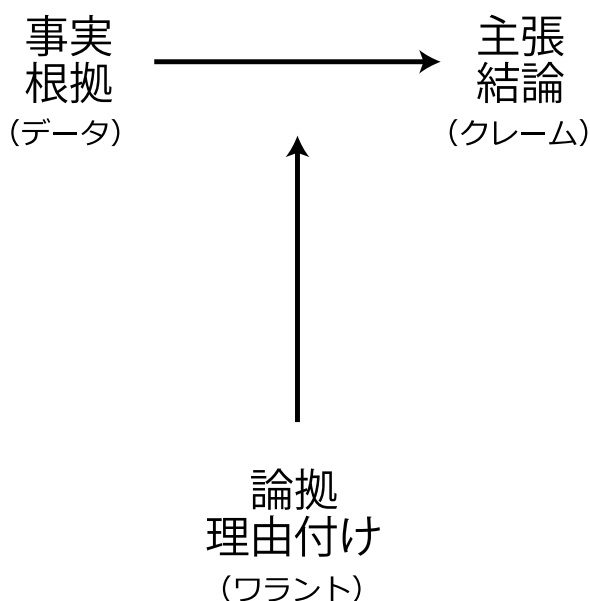
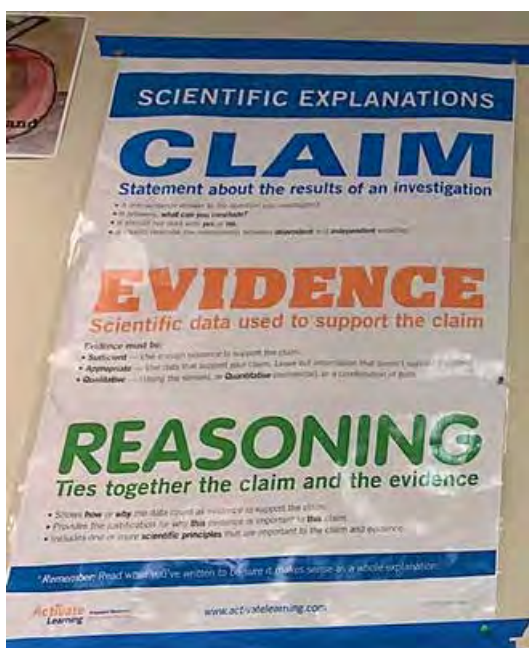
この事例は、子どもが説明を構築するための証拠を提供している。すなわち、2つの接触していない物の間に働く磁気に関する因果関係についてである。

コード	もし子どもが・・・
4	瓶のふたに磁石を隠してテープでとめたり、クリップを蝶の背に接着したりすべきだが、磁気の相互作用で蝶が宙に浮いたままになるように蝶とふたを十分近づけなくてはならないことを示していたら
3	4に近いが浮遊に必要な、クリップと磁石の位置の言及が明確でなければ
2	クリップと磁石は接していなくても引き合っている、というようなことを書いていたならば
1	何か書いていたならば
0	何もしていなければ

青字はプラクティス (Practices)、赤字は領域横断概念 (Crosscutting Concepts)、緑字は領域コア概念／コンテンツ (Disciplinary Core Ideas)を表している。ここでの学習のねらいは、

磁気に関する科学的概念と、因果関係という科学の方法を使うことである。そして、最も注目すべき点は、プラクティスのねらいが、説明を構築することになっていることである。

私たち日本の小学校理科の授業は、「問題」→「仮説」→「実験・観察」→「結果」→「考察」という、問題解決学習の枠の中で論じられることが常である。しかし、我が国に影響を与えたとされている、ヘルバルト派による5段階教授法、デューイの探究の過程、それらを日本に導入した梅根悟の実践のいずれにも「仮説」の段階がはっきりとあるわけではない。また、必ずしも1つの正解を導き出すようにはなっていない。しかし、理科教育の多くの場面で、1つの正解を導く手段として問題解決学習が用いられている。一般社団法人「こたえのない学校」代表理事の藤原さとの著書『探究する学びをつくる』（2020, 平凡社）では、なかなか答えが見つからない問いを立てることの重要性が謳われている。一つの答えに行きつくための授業で、その答えを教師が知っていることを子どもが察知している場面では、子どもは教師の表情を探りながら正解を探す。このような学びにおいては、教師と子どもの主従関係は強まり、正解に近づいていかねばならないという教師からの圧力を敏感に感じ取る子どもは、自由に発言するために相当の勇気を出さねばならない。後に述べるが、今回の視察で参観した授業において教師が正解をいう場面は全くなく、子どもは自由に自分の意見を述べていた。科学的な正解は、科学読み物を調べれば書いてあり、子どもが発見してそれを述べれば、教師があらためて強調して言い直す必要はなかったのである。それよりも、授業で話題になっていたのは、答が1つとは限らない問いが主だったことから、教師はそれぞれの子どもの意見を引き出し、子ども同士で様々な意見を交流させることに注力していたわけである。実際の教授段階はいたってシンプルな3段階になっていた。プラクティスの実際は説明の構築だったことを先に述べたが、教室には、それがいかに中心的な課題であることを示すように、ポスターが掲示してあった。このポスターは、今回視察した全ての教室に掲示してあった。



CLAIM とは、調査結果に対する自分の主張のこと、EVIDENCE とは、主張を裏付けるために用いられる科学的なデータのこと、REASONING とは、主張と証拠を結び付ける推論のことである。まず、子どもたちは学習課題に対してそれぞれが主張を持つ。子どもによって主張が異なるわけだから、あえて仮説を強調する必要はない。次に科学的探究によってデータを集める。最後にデータを精査して、どのデータを使えば自分の主張の確からしさを言えるか考えて挑戦する。学習の段階はいたってシンプルな3段階であり、子どもにもわかりやすい。わが国では、度々「結果」と「考察」の分離が話題となる。結果に推論が混ざってしまえば、結果を客観的にとらえることに反するからである。米国の3段階の最終局面では、両者の分離が自然にできている。5Eモデルの5番目の評価が隠れているからである。すなわち、証拠の客観性と、それが主張を裏付けているかが教室で評価されるからである。「推論」を最後に持つてくるところは、科学の不確実性を見事に表している。正解は1つではない。正しいと思われていることも変わるかもしれない。このような科学観があるから、教師は子どもの多声に耳を傾け、説明する力の向上を図るように授業デザインができるのであろう。

帰国後に、CLAIM について調べる中で、イギリスの哲学者スティーヴン・トゥールミンが提唱した、議論を評価し組み立てるためのプロセスである、トゥールミンモデル（1958）との共通点に気付いた。このモデルは、論証のパターンの枠組みのもっとも基本的な形として、データ（D: data、事実）、ワラント（W:warrant、論拠）、クレーム（C:conclusion）からなる枠組みを示している。このモデルの教育への援用について竹内（2022）は、松下（2021）の書籍を参考に、「三角ロジックやトゥールミン・モデルによって深い学びを実現しようという取り組みは、これまで各教科や各学校段階の枠内で議論されてきた。対話型論証モデルは、論理的・批判的に考えたり、意見の異なる相手と議論したりすることを助けて、自らのロジックをいったん対象化したり、他者と共有したりすることが可能となる。」と紹介している。今日では、この論理的な議論の組み立てという手法は、三角形ロジックや対話型論証モデル（2022）として、教育分野だけでなくビジネスにおけるディベートにも広く用いられている。FOSS のポスターからは、このモデルを参考にしたことやうかがい知ることができる。

繰り返しになるが、問題解決学習の5つのステップでは1つの正解に迫っていくのに対して、このモデルは、多様な答えを出そうとするものであり、拡散的思考を促す手法として注目に値する。

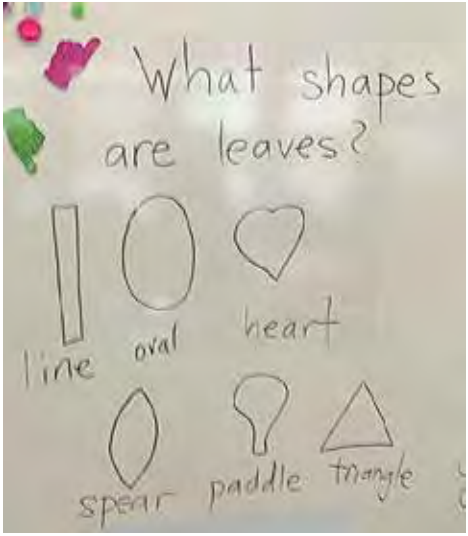

7. FOSS の授業—幼稚園年長（kinder 5～6 歳児）

見学日時：2022 年 9 月 23 日 9:00～9:58

場所：カリフォルニア州 オークランド Joaquin Miller Elementary 小学校

学年と人数：幼稚園年長（kinder 5～6 歳児）21 名

指導者：Emilly Tolosa 先生（理科専科：女性）

時刻	発話	様子
9:00	歌をみんなで歌う root of the tree / trunk is part of the tree bark of the tree / blanch of the sky leaves are of the tree foods	木の根 / 幹は木の一部 木の樹皮 / 空の枝 葉は木の食べ物です
9:05	ホワイトボードに教師が形を書きながら T：葉っぱは何の形？ C：まっすぐ、C：長丸、C：ハート C：槍、C：パドル、C：三角 （緑色のフェルトで作った模型を見せながら） T：だいたいまっすぐだね。 T：とげとげがあるけど・・・ （細かい違いを除外して分類することを意図して） C：長丸。 T：両端がとがっているのが・・・槍。 C：知ってる。 T：パドル・・・ボートの、知ってる？ C：（パドルが出てくる歌を自然発生的に歌う）	
9:15	フェルトの葉の模型を持って絵にあてはめながら C: 槍。 T: 私もそう思う。 T: 2人でやってみよう。(1人の子Hを前によぶ) T:(1人の子どもに対して) 私はそう思わないわ! T:(みんなに対して) どう思うかなあ。 C: 悲しい気持ちになる。 T: 違うと思ったらどういえばいいの？ C: それは好きじゃない。 C: そうかもしれないけど、私は違う考えがある。 T: みんな考えは違うからね。(前に来てもらった子どもに) ありがとう、Hさん。	 マットには自分の座るエリアが決まっている。 ホワイトボードに FOSS の資料を投影。

9:25

マットから椅子に移動。
子ども 1 人に 1 セットの教材が用意されている。
2 人組で話し合いながら、葉っぱの模型の形を仲間分け。




9:44

教師は、葉の形をノートになぞる方法を教える。
子どもたちも真似をしてなぞり、ノートに形を記録していく。教師が Leaf のスペルを教える。
(右の写真は、前の時間のノートの記録。前の時間に、木について学び、tree というスペルを習っている。)



おおよそ話し合っ葉の仲間分けができたところで、子どもたちは個人作業に移っていった。熱心に葉の形をなぞっていた。



<p>9:49</p> <p>教師は片付けの指示を出す。終わった子から前に。スクリーンに映した葉の形をいくつか見せる。</p> <p>T：何の形。</p> <p>C：パドル。</p> <p>C 楕円では？</p> <p>教師は、スクリーンで葉と形を重ねて示す。</p> <p>T：どれが正解ということはないね。だから、好きな形を選んで名前を付けてね。</p> <p>C：〇〇（一斉に思い思いの形を言う）</p> <p>T：みんなで拍手。</p> <p>9:58</p> <p>T：ありがとうサイエンティスト</p>		 <p>スクリーン上で葉と形を重ねてシュミレーションをすることができる。</p>
---	--	--

(1) 歌

学級担任ではない理科専科による授業だが、歌を通じて楽しい雰囲気づくりをして、子どもの緊張をほぐしていた。歌の歌詞には科学の意味が込められていた。歌を通して、FOSSが重視する科学的概念の言語化を図ろうとしているようだった。

(2) 分類

分類は横断的概念の1つである。共通点や差異点に基づいて判断をする。5歳児でもそれが可能なように、型を用意して、重ねることで判断できるようにしていた。授業後に実物の葉を用いない理由を聞いたところ、手触りや色の違い、大きさなど、別の特徴が気になるので、FOSS教材にはないフェルトを特別に用意して使っているとのこと。時間があれば、外で本物の葉を観察して形を調べることができたらいいと思っている様子だった。分類においては、細かいところを見るのではなく、大雑把におおよその形を捉えることが重要である。そのような科学的な見方の基礎を養うことを意図していることが分かった。



(3) 多様性を認め合意形成を図る

子どもと先生との劇形式で、否定されて悲しむ子どもという演出を見せていた。人種の違いなど多様性に富んだ米国では、お互いの違いを認めて合意形成を図っていくことが極めて重要である。幼少期の科学教育の中にそのような学習要素が入っていることが分かった。

(4) 教材と学習環境

FOSS では、2年生ぐらいまでは、2人組で学習することを推奨している。それでも、多くの教材は1人に1セット与えられ、それぞれが自分の活動をする。日本では、低学年でも4人組で活動したり、4人で1つの教材を使ったりすることが多い点で違いがある。教室は全体的に色彩が豊かで楽しい雰囲気にあふれている。決められた個人の机はなく、必要に応じて机を共用したり床に集まったりする。教師は、耳にかけるマイクと小型スピーカーを使って話していた。適度な声の大きさと違和感はなかった。日本では、教師は大きな声を出せなければ務まらないようなところがあるが、重要なのは、どの先生でも必要に応じて子どもに確実に声を届けることなのだと感じた。

(5) 言語化

様々な形を言語化していた。歌にも出てくるが、木の構造として、葉のほかにも、根、幹、樹皮、枝などを言葉にしていくことが、科学的概念の形成につながっていく。

(6) 子どもを大人として扱う

教師が正解を言う場面はなかった。どの子供の意見も尊重できる学習課題であった。最後に、「ありがとう、サイエンティスト」と言っていることから、ブルーナーの「子どもは小さな科学者」という、米国らしい考えが根付いていることと、子どもの人格を尊重していることを感じた。

【補足】 授業後のインタビューから

2021年はコロナの影響で1年間ずっとオンライン授業だった。リモート授業は約30分間。野外観察では、子どもが動画を撮影して編集して紹介することもあった。在宅勤務の保護者も多かったが、子どもはいろいろな家に預けられて転々とすることもあった。ようやく学校に子どもが戻ってきた。一緒に学ぶことになって協同作業の重要性を感じる。つまり、いつも1つの答えではないのだということが分かる。対面になってから教師は、どの子どもに何が必要か見出すことが大変で、日々頑張っていて取り組んでいる。

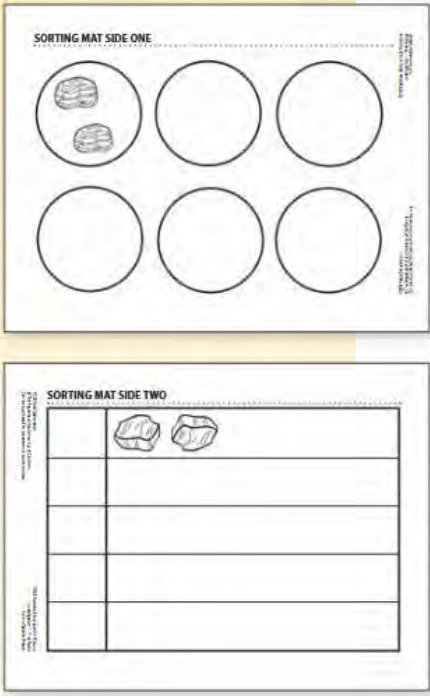

8. FOSS の授業—Grade2

見学日時：2022 年 9 月 20 日 11:10 ～ 11:50

場所：カリフォルニア州 オークランド Joaquin Miller Elementary 小学校

学年と人数：Grade2（7～8 歳児）20 名

指導者：Emilly Tolosa 先生（理科専科：女性）

時刻	発話	様子
11:10 11:15 11:20	<p>くじびきで数人の子どもを選び、今日楽しみなことを聞いていく。</p> <p>T：(子どもたちを科学者の皆さんと呼んで) How can rocks be sorted. (石はどのように分類できるでしょうか。)</p> <p>C：色、C：形、C：手触り、C：大きさ、C：模様</p> <p>T：2 人組で、石のペアを作ってみましょう。</p> <p>手順：① 1 人が丸の中に石を 1 つ置く。 ② もう一人が同じ特徴を持つ石を置く。 ③ 最初の一人が共通する特徴を当てる。</p> <p>ひとしきり活動をした後、みんなで、すごろくのようなボードに、共通する特徴を言いながら、次々に石をつなげて並べていく。</p> <p>例：石 A → 大きさの同じ石 B → 色が同じ石 C</p>	
11:40	<p>T：もう一つのシートで、石を分けてみましょう。</p> <p>手順：① 1 人が表の左に石を 1 つ置く。 ② もう一人が同じ特徴を持つ石を 1 つ置く。③ 特徴を言いながらこれを繰り返していく。</p> <p>T：シートの石をどかし、石の分類をしてみましょう。 (同じシートで、分類の観点を決めて、石の分類をする。)</p>	

【補足】 指導資料から

この単元は 4 次で構成され、小石、砂、シルトについて学ぶ、石が川で削れて砂になっていくこと、火山の石を学ぶ。4 次では、水源と土についてと、水による土地の浸食まで扱う。

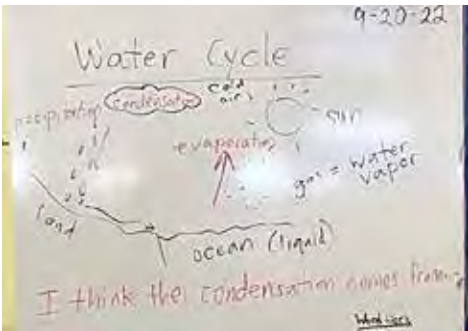

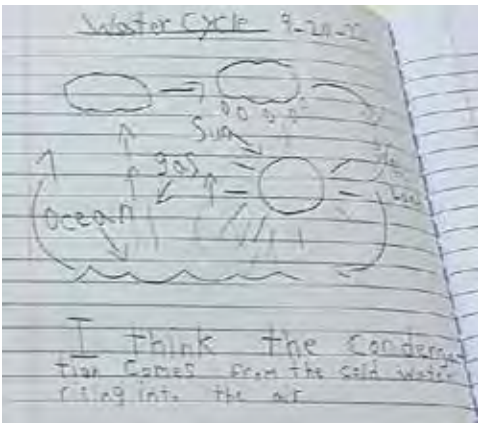
9. FOSS の授業—Grade3

見学日時：2022 年 9 月 20 日 9:15 ~ 10:00

場所：カリフォルニア州 オークランド Joaquin Miller Elementary 小学校

学年と人数：Grade3 (8 ~ 9 歳児) 21 名

指導者：Emilly Tolosa 先生 (理科専科：女性)

時刻	発話	様子
<p>9:15</p> <p>9:25</p> <p>9:40</p>	<p>水の循環のイラストをホワイトボードに書く。蒸発：evaporation と結露：condensation と水蒸気：water vapor の関係について簡単に話した後、これらの言葉を使った歌を歌う。</p> <p>実験助手が 2 人に青い水が入った 2 つのカップを配る。一つは冷やした水で、もう一つは常温。冷やした水が入ったカップの周りは結露で濡れているが常温の方は濡れていない。</p> <p>T：結露はどこから来たの？ コップの中から出ているみたいだね。コップの中からということに賛成できる？ (子どもたちはペーパータオルで結露を拭く。ペーパータオルは青くならない。周りの空気から水分が来たのではないかと考え始めている様子)</p> <p>水の蒸発と循環に関するビデオ (5 分間) を見る。</p> <p>T：結露はどこから来たの？ C：水蒸気が雲に入る。 C：水蒸気が雲を作る。 T：飛行機で上に行くとき？ C：とても寒くなる。</p>	 
<p>9:55</p>	<p>地球上の水の循環をカップのモデルに模して</p> <p>T：冷たいカップはどの部分？ C：上 T：カップの中の水が出たというのは本当？ C：雨から T：雨がここにあるの？ T：この部屋の空気から水ができるって信じられる？ T：ノートに書きましょう。 (I think the condensation comes from~ 結露は〇〇から～、の書き出しを示す。)</p>	 <p>イラストと、自分の考えをノートに書くのに、5 分ぐらいかかる。</p>

【補足】 コーディネーターと授業者へのインタビューおよび子どもの様子の観察から

この授業ではあえて教師が間違っただけを示しているところに特徴がある。すなわち、コップの外の結露は中の水がしみだしているという考え方である。生活の中で育まれる素朴概念に対して働きかけて概念変化を起こさせることが科学教育であるという、近年の認知科学を踏まえた教授－学習方法である。授業の最後には、ほとんどの子どもが、結露はコップの中の水がしみだして起きたのではないと理解していた。しかし、授業者は、ノートを見ながら、記述の不十分さを憂っていた。先に示した子どものノートには、「結露は空気の中にある冷たい水からくる」と書かれている。子どものノートをいくつか見たが、時間がなかったこともあり、書けていない子どもが多かった。目に見えない水蒸気の振る舞いについてイメージすることは大人であっても難しく、日本の理科授業においても長年の課題になっている。

なお、米国の NGSS における横断的概念の一つに「モデルを使う」という方法がある。机上のモデルと地球規模の水の循環とを関連付けて考えることも、重要な授業のねらいだった。

この2つの授業から感じたことを以下に述べる。

(1) ゲーム性とWEBサイトとの連携

2年生の石の授業では、学習というよりゲームをしているような感じだった。子どもは楽しみながら学んでいた。授業で行っていたすごろくのようなゲームは、WEBサイトでもフォローしていて、子どもは家庭で家族と一緒に取り組めるようになっていた。

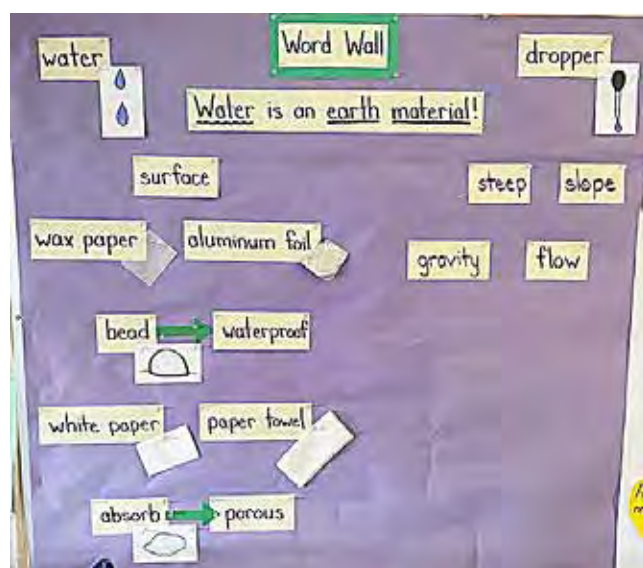


(2) 言語化

科学的概念は言語化されて構築されていくという、認知科学の理論に基づいている。石の分類では、教師用指導書に石の特徴として21もの観点が示されている。「丸みがある」「輝いている」など、科学的な分類の基礎となる用語も扱う。右の図は、常に教室に掲示されている模造紙。は横断的概念の1つである。防水：waterproof, 多孔質：porous, 重力：gravity といった言葉がある。豊富な語彙を獲得することが重視されているが、日本の小学校理科では、多孔質や重力という言葉は扱わない。米国では、これらの言葉が現象を説明するのに必要だと捉えられているように思う。

(3) 子どもの意見を否定しない

低学年では、複数の答えのある問いを立てている場面ばかり見てきたが、結露の授業では、正解のある問いが扱われていた。子どもは間違っただけを出すが、教師はそれを否定していなかった。インタビューでは、そのような場合は子ども同士で話し合わせて答えを導き出しているという取り組みを聞くことができた。



(4) 実験助手や支援員の存在

FOSS教材はどのように準備するか資料があるので、助手が準備することが可能。この他に、支援を要する子どもを見る人がいるなど、日本よりも授業を支えるスタッフが充実していた。

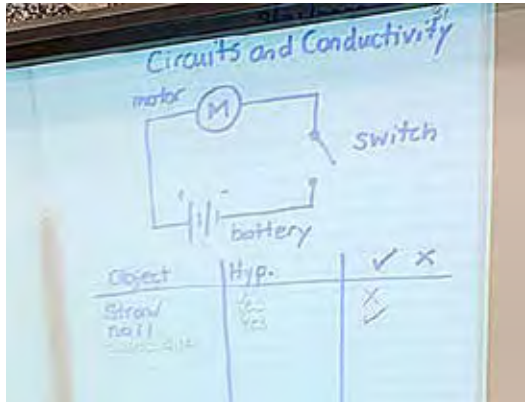
10. FOSS の授業—Grade 5

見学日時：2022 年 9 月 21 日 10:30 ~ 12:00

場所：カリフォルニア州 バークリー Washington Elementary 小学校

学年と人数：Grade 4・5 合同（9～11 歳児）20 名

指導者：Abby Paske 先生（理科専科：女性）

時刻	発話	様子												
10:30	<p>右のように実験キットが用意されている。多くの場合実験助手が準備をする。</p> <p>T: (右の図を示しながら) この電球は光る? どうして光るの? あるいは、どうして光らないの?</p>													
10:40	<p>C: つながってないから光らない。</p> <p>(他の子どもたちはハンドサインで賛成を表明)</p>													
10:50	<p>T: 回路にしなくてはならないね。では、モーターを回してみましょう。</p> <p>教材の説明をして、2人に1セット配布。</p>													
11:00	<p>子どもたちは、教材を使ってモーターを回す回路を作る。最初はスイッチを使っていないのでモーターは回りっぱなしになる。</p>													
11:20	<p>T: どうしたら ON と OFF ができるようになる?</p>													
11:25	<p>C: こうするのはどう? (バネのところに導線の先をはさんだり外したりすることを提案する)</p> <p>T: バネでね。</p>													
11:40	<p>教師はスイッチのエリアを使うことを紹介する。右の黒い線のように導線をつなぐとスイッチは役目をしないので、赤い位置にしなくてはならないことを説明する。</p>													
11:45	<p>子どもたちは、スイッチをはめて、それに導線をつなぎ変えて実験をする。</p>													
11:50	<p>電池、スイッチ、モーターの回路の図を書いていく様子をスクリーンに映す。子どもはそれをまねしながら一緒にノートに描く。</p>													
12:00	<p>物に導電性があるか調べるための表を、ノートの線に沿って書くように指示する。</p>	<p>↓回路 (circuits) と導電率 (conductivity)</p>  <table border="1" data-bbox="893 1859 1260 2016"> <thead> <tr> <th>Object</th> <th>Hyp.</th> <th>✓</th> <th>✗</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Straw</td> <td>no</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>nail</td> <td>yes</td> <td>✓</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Object	Hyp.	✓	✗	Straw	no			nail	yes	✓	
Object	Hyp.	✓	✗											
Straw	no													
nail	yes	✓												

11:00 いろいろな物が入った容器からペンを取り出してスイッチの間に挟んで電気が流れるか調べる実験を見せる。電気が流れるとモーターが回る。子どもたちはあらかじめノートに予想 (Hyp:Yes or No) する。予想があつていれば✓、予想が違っているときは×を書く。子どもたちは予想を書きながら実験をする。

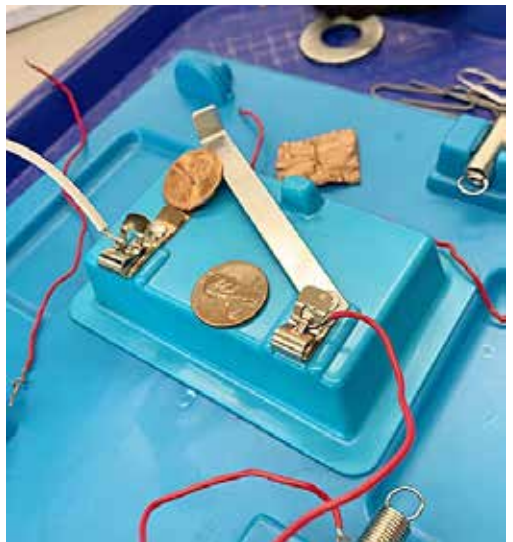
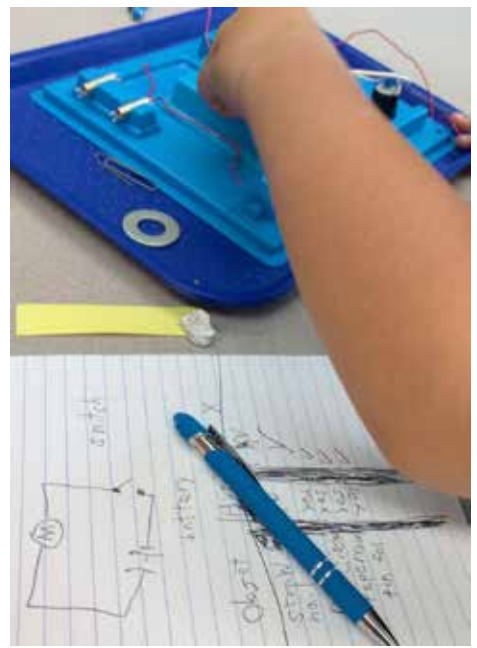
11:20

11:25 C: (スイッチの上からボール紙を押し付けてモーターが回るという間違つた結果がでて) 僕はばかだ。
T: そうじゃないよ、誰でもミスはするから次は気を付けなければいいんだよ。

11:40 11:45 導体 (conductors)、絶縁体 (insulators) という科学用語を示す。表に書いたもののうち、導体を緑、絶縁体を赤色に塗らせる。

T: 何が導体?
C: 金属 (metal)
T: 金属は見た目は同じ感じ?
11:50 C: 輝いて・・・硬くて・・・
C: 茶色や・・・さわると硬い。
T: 5つの導体、5つの絶縁体に分けられたね。身の回りのもので調べて、金属は導体か確かめてみよう。(眼鏡を調べる様子を見せる)

12:00 子どもたちは、ちりとりなどで試す。
実験を終える
C: ホチキスの針はだめだった。
T: なぜだと思う。
C: プラスチックが塗ってある。
T: (ホチキスの針の先をスイッチにまたがせるとモーターが回る様子を見せて) プラスチックが塗ってない先だと電気が流れる。
C: ちりとりは削るとできた。
T: 金属は導体だった? (子どもにハンドサインをさせる)
C: 子どもは手で賛成のサインをする。
Conductors are Metal =導体は金属 と書く
C: ホチキスの針はだめだった。
T: なぜだと思う。
C: プラスチックが塗ってある。



T: (ホチキスの針の先をスイッチにまたがせるとモーターが回る様子を見せて) プラスチックが塗ってない先だと電気が流れる。

C: ちりとりは削るとできた。

T: 金属は導体だった? (子どもにハンドサインをさせる)

C: 子どもは手で賛成のサインをする。

Conductors are Metal = 導体は金属 と書く
スクリーンで物を示しながらクイズを出していく。

釘、紙、ぬいぐるみ、リード線

T: 紙が電気が流れないの?

C: 紙は金属じゃないから

C: リード線はラバーだけど中に金属が入っている。
教師が導線の被覆を取って中の金属を取り出して見せる。

ドミノが全部倒れると電灯が光るビデオを見せる。

T: なんで光ったの?

C: 回路ができた。



8個の乾電池でシャープペンシルの芯が光るビデオを見せる。シャープペンシルの芯は導体じゃないけどたくさんの電池だと少しだけ流れるという例外にも興味を持たせていた。

この授業から感じたことを以下に述べる。

(1) スモールステップで構成された授業

90分の授業の中で、重要なポイントを一つ一つ積み上げていっていた。学んだことを繰り返し使って、次の課題を解いていくように授業が構成されている。すなわち、回路は輪である→スイッチを入れるには回路の中に挟まなければならない→導体か絶縁体か調べるにはスイッチの間に挟んで回路にしなくてはならない、という流れである。そして、「回路」「導体」「絶縁体」という言葉を繰り返し使って概念構築を図っていた。

(2) 優れた教材

乾電池、モーター、スイッチの置き場所が決まった教材を用いていた。ばねの間に導線の先をはさむことで、自在につなぎ、つなぎなおすことも簡単だった。全員同じ位置に配置されているので、平面の回路図にしたときに、実験しているものと図が対応しているので分かりやすい。

(3) 予想する（仮説を立てる）場面があった

日本でも近年の学力調査問題に、予想と結果の相違を踏まえて説く問題が出ることもある。しかし、日本の授業ではこのような思考力が鍛えられる場面はそう多くない。今回の事例では、例えば、ストローは電気を流すと思った場合は、表中の予想欄に Yes、結果欄に×を記入する。表に Yes と×がつくので、ストローが電気を流すか流さないかについては、もう一度考えなくてはならない。最終的な結果については、緑と赤で色分けする指示をだして分類をしていた。仮説検証型の科学の方法についての学びを意図していることが伺えた。



プレゼントした風力発電装置を持つ Abby Paske 先生（中央）

11. ディストリクト訪問

見学日時：2022年9月22日 13:00～15:30

場所：カリフォルニア州 オークランド Unified School District

面会者：Herberta Zulueta (STEM coordinator) ,Sam Berg(Computer Science Coordinator)

今回の訪問を受け入れ、様々な小中学校の理科授業見学をコーディネートしてくれたのは、Jessica Penchos (FOSS Senior Program Manager) さんと、Natalie Yakushiji (K-5 Specialist) さん。Jessicaさんは、2013年に来日し、FOSSを紹介する研修会の講師を務めた方。その研修会に、今回一緒に渡米した羽賀京子さんと私が参加していた。今回の訪米にあたり Jessicaさんがディストリクトへの訪問を強く勧めてくれたので訪問することにした。地域の学校教育の拠点だということだったので、日本の教育委員会のようなところだと予想し、正装で訪問した。出迎えてくれた HerbertaさんはTシャツ姿で、アクティブな方だった。また、仕事の内容も教育委員会とは違っていた。倉庫を見せてもらって、それを痛感した。ディストリクトの主なとりくみについて5つ紹介をしてくれたので、話に沿って報告する。



(1) FOSS をカリキュラムに位置づける

オークランド市には 50 の小学校と 20 の中学校がある。ここに、FOSS の教材を届けるのも重要な仕事の一つ。FOSS のシラバスでは、小学校の理科は年間 3 つの大単元で構成されている。

Grade	Physical Science	Earth Science	Life Science
5	Mixtures & Solutions (A)	Earth & Sun (B)	Living Systems (C)

例えば、小学校 5 年生には、上のように Mixtures & Solutions（混合物と溶液）、Earth & Sun（地球と太陽）、Living Systems（生命とシステム）という 3 つの大単元がある。1 年を秋、冬、春 3 期に分けて、教材を上 の A → B → C の順に使う学校は 21 校です。15 校は B → C → A、14 校は C → A → B の順で使うことで、地区全体で購入する教材を半分以上に抑えることができる。秋期が終わると、50 の小学校から教材が戻る。すると、ディストリクトが、子どもが使用して消耗する実験材料の補充をして、冬に別の小学校に教材を届ける。同じことを春の初めと終わりにも行う。教える先生が教材を準備する必要がないし、教材の使い方は指導書や WEB の動画で確認することもできる。ワークシートやミニテスト、評価資料など、授業をするのに必要なものはすべてそろっている。これらの教材の他に、生物教材の発注に備えて準備がなされる。わが国では、昆虫の学習ではモンシロチョウを扱うことがほとんどで、学習の時期が限定されている。FOSS では、真冬以外であれば育てられるカイコなどの生き物を扱う。ディストリクトは、これらの教材を学校の実情に合わせて届ける。これによって、教師の負担は大幅に軽減される。

わが国では、地域の教育委員会が、現場の先生方の意見を聞きながら教科書を選定することが多いが、数ある教材から FOSS の採択を決めたのはディストリクト。費用は主にオークランド市の税金で賄われている。なぜ FOSS を採択したのか聞いたところ、「教師向けのガイドが充実して、かゆい所に手が届くような教材であること。独自に開発された教材が多く資料が充実している。」という 2 つの理由を挙げてくれた。

(2) 中学校の教員研修

毎月 1 回、中学校教師を対象とした研修がある。その目的は、下記の 3 つ。

- ・中学校教師のコミュニティーを作ること
- ・FOSS を使うことで NGSS への理解を深めること
- ・生徒の学びにむけて指導計画を立てたり振り返ったりすること

(3) 理科教師リーダー（Science Teacher Leader）養成

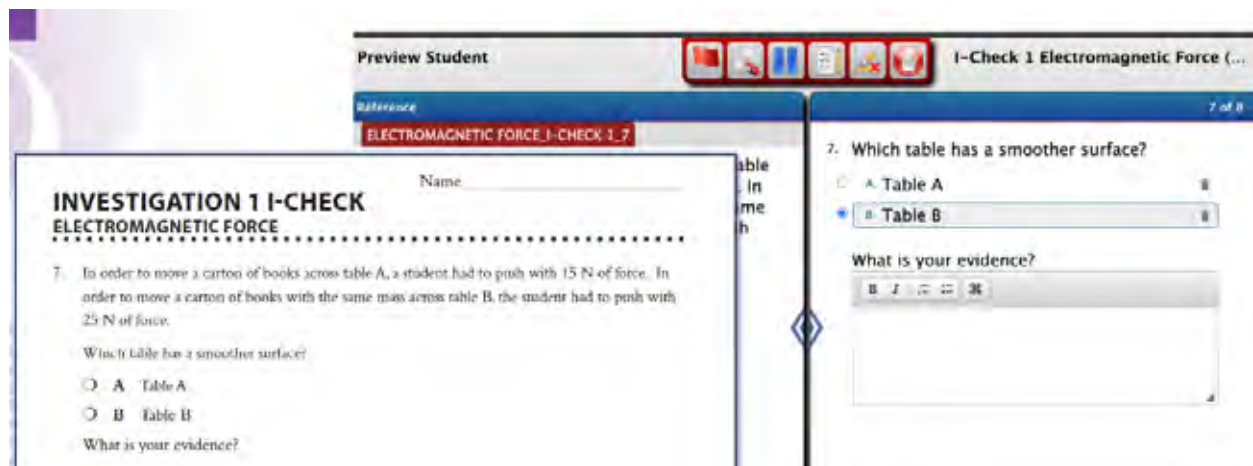
各学校には理科教師リーダー 1 人を養成する。その先生がディストリクトとの連絡役になり、教材のコーディネートをやる。NGSS や FOSS についての研修を受ける。生き物の扱い

方については必ず学んでもらう。研修は夏休みなどに行われることもある。

(4) 評価をカリキュラムに組み込む

形成的評価	総括的な評価
<ul style="list-style-type: none"> ・ エントリーレベル (子どもが新しいコースを開始する前に何ができるか、何を知っているかが示されます) ・ ノートの記入 ・ 重点的な質問への回答 ・ 回答シート ・ 業績評価 ・ 口頭発表・面接 	<ul style="list-style-type: none"> ・ I-Checks (子どもの学習のチェックポイントとして機能します。形成的なものになる可能性もあります。) ・ 事後テスト (単元の最後) ・ ポートフォリオ (子どもは各調査の最後に、コース終了時のプレゼンテーションや成績評価用の総括ポートフォリオに含める作品を選択できます。)

形成的評価は、授業の前や途中途中において、子どもがどれくらい理解しているか評価をする。これによって教師の働きかけの重点が変わる。FOSS ではこのように、教師は教材を準備したり指導案を作ったりする人ではなく、ファシリテーターだという点が強調されている。総括的な評価ではポートフォリオや FOSS の評価を取り入れている。FOSS の評価では、紙面による評価だけでなく、オンラインプラットフォーム FOSSmap で I-CHECKS を活用させる。これによって、子ども自身で自己評価ができるようになる。



(5) Science & Engineering Fair の開催

このフェアは、地域に根差したお祭りとして毎年5月に開催する。多くの子どもや大人が見に来る。子どもは、科学者やエンジニアとして、疑問を調査したり、問題を解決したりするために研究をする。学年レベルに適した科学や工学の内容と方法を理解し、活用する。自分の研究を発表することで、オーナーシップと誇りを感じ、STEM 理解を深めることができる。

(6) コンピュータサイエンスについて

科学教育については FOSS を採択したことで高いレベルの教育を実施できている。一方で、わが国でも課題となっているプログラミングについて伺った。Sam さんの話によれば、米国でも指導者不足が課題となっている現状があることが分かった。カリフォルニアにはコンピュータサイエンスのスタンダードがあり、運用をされていた。ディストリクトの担当者は、先生方が指導しやすくなるように考えていた。カリキュラムを見せてもらったが、小学校からデータサイエンスにつながるような、数量分析やシミュレーションに関する内容も盛り込まれていて、わが国よりも早くから情報の扱い方を学ばせていた。

まとめ

先生方の教育をサポートしてるのがディストリクトだった。その役割は教育委員会とは違っている。わが国でも地域によっては、教育センターといったような名称で先生方をサポートしている機関があるところもある。しかし、ディストリクトのように、地域全ての小中学校の理科の授業を一括して支えているという機関があることに驚き感銘を受けた。

良い理科授業のためには、「カリキュラム」「教材」「アセスメント（評価規準と評価のための仕組み）」「指導力のある教師」の4つが不可欠だ。わが国では、このうち教材の準備とアセスメント業務（テスト作りと採点）の多くが、学級担任にゆだねられている。どんなに力量のある先生でも、優れた教材と適切なアセスメントを用意できなければよい授業をすることは困難である。一方、経験の浅い先生であっても、教材とアセスメントが充実していれば、良い授業ができる可能性は高まる。

わが国にもディストリクトのように先生方を全力でサポートする機関が必要だと強く強く感じた。



左から、岡崎、Natalie、Jessica、羽賀、Herberta、Sam、白敷

1-2 FOSS プログラム視察を終えて－授業から STEM 教育について考える

成城学園初等学校 岡崎 真幸
コーディネーター 羽賀 京子

最後に、視察を行った3人でSTEMに特化した1つの授業を振り返り、FOSSにおけるSTEM教育について考察する。

ここで紹介する授業は、子どもが材料を使用して様々に坂道の上で転がったり、滑ったり、回転したりする時の動きのパターンを、試行錯誤から見出していくものである。坂道上で車輪を放す位置関係と移動距離の因果関係を調査から発見していく。子どもは、データを収集し、物体に作用する不均衡な力の結果としての動きの変化に関する証拠から他者へ説明する力を養っていく。




見学日時：2022年9月19日 13:55～15:00


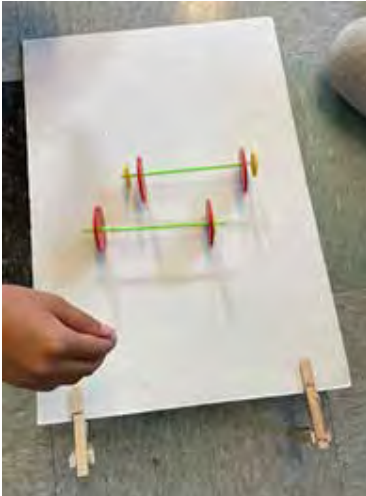



場所：カリフォルニア州 アラメダ Bay Farm Elementary 小学校

学年と人数：Grade3（8～9歳児）24名

指導者：Michele Kuttner 先生（理科専科：女性）

単元名「Motion and Matter Part1」

時刻	発話	様子
13:55	<p>(授業開始)</p> <p>T: 本日は「車輪の仕組み」について考えていきましょう。</p> <p>T: 今日はスロープと車輪を使います。</p> <p>教師はスロープ（ボール紙+洗濯ばさみ）の組み立て方を説明する。</p> <p>T: どうやったらうまく転がると思いますか？考えてやってみましょう。</p> <p>赤い車輪を一人一つ二人一組で自由思考する。</p>	   <p>教師は問を投げかけ、子ども同士で話し合う場面も見られた。</p>

<p>14:09</p>	<p>Why does the wheel eventually stop rolling? (車輪が最終的に回転しなくなるのはなぜですか?) C: 摩擦があるから</p> <p>When you let go of one wheel at the top of the ramp, what direction did it roll? (坂の頂上で車輪を放したとき、車輪はどの方向に転がりましたか?) T: 車輪は上らなかった? C: 下に T: どうして C: 重力 (gravity) があるら</p> <p>What other patterns of motion did you observe? (他にどのような動きのパターンを観察しましたか?) C: 曲がっていった。</p> <p>Do you have any ideas for getting the wheels to roll better or more effectively? (ホイールをよりよく、より効果的に回転させるためのアイデアはありますか?) C: 車輪が薄いからまっすぐ転がりにくい C: 2つの車輪の間にまっすぐな物を入れて2つをつないだらいい。 T: (shaft (車軸) を登場させる。)</p> <p>How can we change the motion of wheel and axial system (ホイールと軸の組み合わせをどうすると動き方を変えることができたの?) C: 左右の車輪の大きさが違うと転がる方向が違う。 T: (言葉の意味を子どもに説明させる) ramp(斜面) slope (坂) wheel (車輪) friction (摩擦) gravity (重力)</p> <p>T: 転がりには、重力と摩擦が関係している。</p>	    
--------------	--	--

この授業から感じたことを以下に述べる。

(1) 力という領域を大きく捉えている

日本の学習指導要領では、エネルギー教育の領域では「エネルギーの捉え方」「エネルギーの変換と保存」「エネルギー資源の有効利用」といったものに分けられている。今回のFOSSの授業は、物体を放す位置と移動距離の関係、つまり位置エネルギーについて扱っているが、日本の小学校の指導要領の中に重力を扱っているものはない。幼いころから児童がいつも感じている重力について扱うことで、力という領域をより深く捉えることができるのではないかと考えた。

(2) 児童の自由思考、試行錯誤から言葉を引き出している

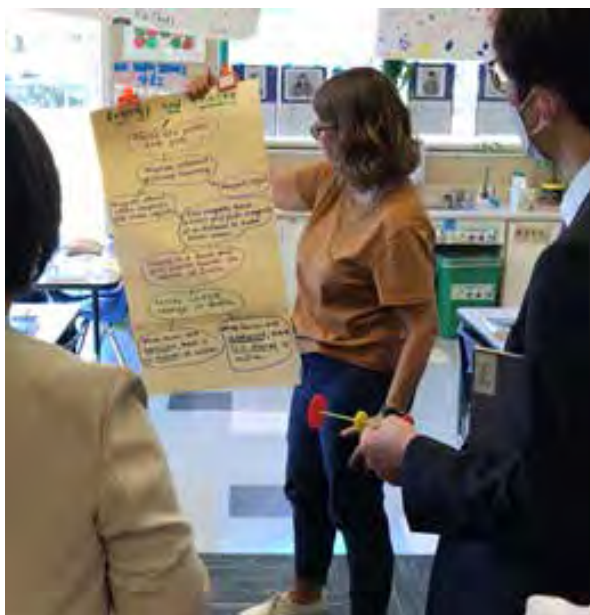
教師は、様々な材料を少しずつ出していきながら、「この場合はどう？こんな材料が加わったら？」という質問を繰り返しながら、授業を進めていた。児童は、その発問をもとに「あれ？この時はどうだったかな？」「この場合はどうなるのかな？」ということを考えながら試行錯誤していた。児童は必ずグループで自由思考を行うので、話し合いの中で感じた疑問や考えなどを共有しながら言語化していくことが大きな特徴であると考えた。

(3) STEAMのEngineering（工学）の要素が詰まっている

日本にも車づくりの授業はいくつかあるが、そのほとんどが工作キットを用いたものが多い。車輪もシャフトも車体も全員同じものを使用し、風や電池でその車を走らせる。そのため日本の子どもたちは、設計図通りに車を作ることができれば、ほとんど間違いなく車を走らせることができる。しかし、この授業では重力や摩擦といった概念を考え、どのような力が働いて車（車輪）が動いたり、止まったりするのかということを中心に話し合っていた。また、車輪の大きさが違うとどのように動くのか、シャフトがあるとどのように動きが安定するのかといった、「仕組み」に注目させるような授業であった。そのため、決められたものを製作するのではなく、自分で仕組みを考える力がつくのではないかと感じた。

(4) 科学的概念の形成にむけて

この後の授業の展開は、4輪で動く車づくりを行う。その際、厚紙にセロハンテープで貼り付けると車軸が回らなくなってしまう。このような失敗を解決するためにどうしたらよいか考えさせる。そして、左下の写真のようにクリップを使うように仕向けていく。なぜこのようにすることがよいかを説明するためには、「摩擦」という概念が必要になる。教師は子どもに「摩擦」という言葉を繰り返し使わせることによって、概念形成の促進を図っている。このように、物の構造と機能を考え、上手くいかなかった時には科学的概念を活用しながら、物を作ったり、分解したり、作り直したりするように授業がデザインされている。授業を通して、FOSSが進めているSTEM教育のねらいの一端を知ることができた。



←最終的に製作する車

シャフトや車体（ボール紙）、シャフトを連結させるパーツ（ダブルクリップ）など身近なものを使用し、車を製作している。日本のキット物の車とはだいぶ違う。「どうすれば車が走るようになるか？」について、仕組みを考える力がつくのではないか？



←授業後インタビューの様子

この授業の前に行った、エネルギーの転換についての授業のまとめ。マグネットによる磁力が互いにどのような影響を及ぼすのか。「力が動きの変化をもたらす」「バランスがとれていれば力に変化はない」「バランスがとれていなければ力に変化がある」ということをまとめていた。

(5) FOSS と STEM 教育

FOSS は視覚障害児を対象とした理科教育プログラム開発がきっかけで創設されたハンズオン中心の教材開発であり、リサーチプロジェクトである。民族的多様性、身体的な障害、家庭環境、性別、言語理解のレベル、学習能力のレベルなど、子どもたちを取り巻く環境が多様化している中でも、全ての子どもたちが公平に学習する機会を持てるよう、Universal Design for Learning (UDL) の原則に基づいて現在も開発が進められている。公平性を保つ手段として、言語学習を例にとると、アメリカでは英語を母国語としない家庭の子どもが多数いる中で、言語習得レベルが異なる状況に対応すべく FOSS は英語とスペイン語の 2 言語で展開されている。また、言語だけではなく、地域や学校に対しても改革努力のニーズに合わせて柔軟に対応できるとしている。

デジタル化が進む現在では FOSS の Web コンテンツも豊富になり、子どもたちは教室や家庭でタブレット端末等を使用して学習する機会が増えている。変化する政策や時代のニーズに合わせて新しい技術やアイデアを取り入れ、FOSS が柔軟に変化していることがわかる。

変化しつつも変わらないこともある。ノートを活用することである。授業で使うサイエンスノートブックと呼ばれるノートは FOSS のカリキュラムの中核を担っていると言えると思う。子どもたちは授業中、観察データを記録したり、自身の考えをまとめたりして常にノートを活用している。そしてこのノートを授業が進むにつれ繰り返し見返すこととなり、子どもたちは自分の理解度を知り、あるいは理解度の変化や成長を確認することにつながる。

データの記録や考察をまとめるという作業は、科学者たちが日常的に行っている作業である。FOSS の授業で子どもたちは、科学を通して科学を学習するのである。つまり、子どもたちは科学者たちが日頃行っていることを FOSS の授業を通して経験しながら科学的概念の理解を深めることができるのである。FOSS では低学年向けのモジュールでも科学、技術、工学分野の専門用語が使われているようだ。早い年齢のうちから専門用語に触れることは STEM 分野に対する苦手意識を持ちにくくすることに貢献するのではないかと思う。

アメリカでは STEM 教育の質を高め、強化しようとする動きがあるようだ。教育省のホームページ (<https://www.ed.gov/stem>) には、常に変化し、ますます複雑化する社会を生きていく若い世代は、物事を決定する上での根拠となる情報収集能力と得た情報を判定する能力を持ち、問題解決や情報理解へ導く知識とスキルを身につけておくことがなにより重要となっている。これらのスキルは STEM とコンピューターサイエンス分野で成長するスキルであり、次世代のリーダー、隣人、労働者が昨今の複雑な問題を解決でき、ダイナミックで進化する労働力需要に応えられるような国家を目指すためには学生のスキル、内容知

識、STEM 分野のリテラシーを構築することが不可欠であり、子どもたちがどこに住んでいようと質の高い学習環境を利用できる機会を得られるようにする必要があり、STEM リテラシーや教育の選択肢が住所で決まるべきではないとする背景が説明されている。

STEM 教育の質を高めるとはどういうことだろうか。STEM は理数系の分野だけに焦点が当たっているように思えてしまうが、物事を理解するには言語が必要なので STEM の質を高め強化することには言語の発達も必要不可欠となるだろう。FOSS は低学年から専門用語に触れ、教科書や読み物を読むことで言葉をインプットし、グループディスカッションや考察を取りまとめることで言葉をアウトプットする機会が非常に多い教材のため、言語学習の点においても高く評価すべき教材だ。

今回の視察で私達はオークランド統合学区 (Oakland Unified School District) 庁舎を訪問させて頂いた。この学区では FOSS の教材を一元管理しており、学区内の学校で教材を共有する仕組みが整っている。学区内には小学校だけで 50 校あるため全ての学校で同じモジュールを同時進行で学習するのではなく、学区側が学校ごとにモジュールの学習スケジュールを決め効率よく順番にキットを使用しているとのことだ。FOSS を利用する学校側は、学区事務所から送られてきた教材で該当モジュールの授業を行い、モジュール終了後に返却するだけでよく、使った消耗品については学区事務所で補充してから次の学校へ送るという仕組みなので、利用する学校側の負担はほとんどない。この統合学区庁舎を案内して下さった Herberta さんにこの学区で FOSS が採択された理由を聞いたところ、ハンズオンが豊富であることと支援的であるという点が挙げられた。支援的という点は、教える側(教師)へのサポートが多いということが含まれている。学習する側に対する研究だけでなく、FOSS は教える側に対する研究も進んでおり、教師をサポートするコンテンツが充実している。多様化したクラスルームで効率良く効果的な授業を行えるようデザインされていることは FOSS の大きな特徴だ。教師向けのサポートコンテンツは教師の負担や不安を軽減するだけでなく、教師の力量や資質に大きく左右されることなく子どもたちが公平に教育を受けられるという点でも非常に大きな役割を果たしている。

FOSS 創設者のおひとりである Larry Malone さんは、学習において大切なのは事実や現象を理解することであり、問題に対する答えを覚え、覚えた答えを回答するという答えありきの学習指導を変えたいというお話しをして下さり、Knowledge (知識 / 学問) と Subject matter (科目) は違うと繰り返しおっしゃっていたのが印象的だった。FOSS は決まった答えを覚える学習ではなく日常にある現象や事実から答えを導き出す能力を育むカリキュラムだ。アメリカの教育が目指す次世代像の輩出に FOSS が大きく関わっていくことに期待している。

引用・参考文献

- 柳宗悦 (1954) 『柳宗悦選集〈第二巻〉手仕事の日本』, 春秋社 .
- 梅埜國夫 (1993) 「STS 教育の理念と理科にとっての意味」理科の教育 42(11),8-11.
- NGSS Lead States (2013) Next Generation Science Standards For States,By States Volume2:Appendixes, The National Academy Press.
- 松原憲治・高坂将人 (2017) 「資質・能力の育成を重視する教科横断的な学習としての STEM 教育と問い」科学教育研究 41(2)pp.150-160.
- 新たな時代を豊かに生きる力の育成に関する省内タスクフォース (2018) 「Society 5.0 に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～平成 30 年 6 月 5 日」
- 経済産業省 (2018) 「「未来の教室」と EdTech 研究会第 1 次提言 2018 年 6 月」
- 経済産業省 (2019) 「「未来の教室」ビジョン 経済産業省「未来の教室」と EdTech 研究会 第 2 次提言 2019 年 6 月」
- 中央教育審議会 (2021) 「「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～(答申) 令和 3 年 1 月 26 日」
- 人見久城 「アメリカの科学教育における探究活動の強調 —初等科学教育プログラム FOSS を事例に—」『化学と教育』Vol.53(10), 2005, pp.536-539.
- 長洲南海男監修, 熊野善介・丹沢哲郎他訳 (2001) 『全米科学教育スタンダード—アメリカ科学教育の未来を展望する—』梓出版社 p.3.
- Lawrence Hall of Science, University of California at Berkeley (2008) Teacher Guide Air and Weather, Delta Education .
- 小倉 康 「平成 18 年度科学研究費補助金特定領域研究 領域「新世紀型理数系教育の展開研究」公募研究「科学的探究能力の育成を軸としたカリキュラムにおける評価法の開発」(課題番号 7011073)「研究報告書 第 9 章 FOSS: 米国における先進的初等科学教育プログラム」研究報告書 (2007), p.209.
- 小倉康「科学教育課程の改革、開発、実施に関する調査研究—米国、英国、シンガポールでの事例研究—」平成 10～12 年度科学研究費補助金 (課題番号 10041044)「米国における科学教育課程の改革、開発、実施について」研究報告書 (2001), pp.80-82.
- Karplus, R., Thier, H. (1969). A new look at elementary school science; science curriculum improvement study. Chicago: Rand , McNally.
- 齊藤 智樹・熊野 善介 (2016) LHS カリキュラムに見られる分析的な枠組みと現代スタンダードへの適用に関する研究 「日本エネルギー環境教育学会全国大会論文集」1 1 巻, pp86-87
- 大貫 守 (2018) .R.W. バイビーの 5E 指導モデルに関する検討 -- R. カープラスの学習サイクルとの比較を通して --. 京都大学大学院教育学研究科紀要 2018, 64: pp373-385.

- Stephen Edelston Toulmin (1958) *The Uses of Argument*, Cambridge University Press,(戸田山和久・福澤一吉 訳 (2011) 『議論の技法』東京図書 .
- 松下 佳代 (2021) 『対話型論証による学びのデザイン: 学校で身につけてほしいたった一つのこと』勁草書房 .
- 白水始 (2013) 「白水始の情報公開ページ NGS 翻訳ファイル」国立教育政策研究所 .
<https://www.nier.go.jp/shirouzu/translation/ngss-first.pdf>

第 2 章

STEM 教育

2-1 STEAM 教育推進に寄与する教育方法の開発に関する研究

昭和女子大学 白敷 哲久

1. 問題の所在

我が国の STEAM 教育に関する教育施策は諸外国から 10 年ほど遅れて始まったと言える。我が国の理科教育においては、STEAM 教育以前に「ものづくり」が重視されてきた。「ものづくり」が教科横断的に行われるようになったならば、STEAM 教育と同等の価値を持つと考えられる。しかし、我が国の小学校における「ものづくり」をめぐる状況は一変している。

平成 29 年告示小学校学習指導要領では、第 1・2 学年の生活科で遊びに使う物を工夫して作る活動を行うことが示された。また理科では、第 3 学年で 3 種類以上、第 4 学年で 2 種類以上、第 5 学年で 2 種類以上、第 6 学年で 2 種類以上、計 9 種類以上の「ものづくり」を扱うことが示された。しかし、生活科では子どもは自分の思いや願いに沿った「ものづくり」を行うことから、学級で共通の話題を出して深めることが困難である。また、物の性質・構造・機能を学ぶことを目的としていないことから、生活科において STEAM 教育を位置付けることは極めて困難である。

さらに、理科の「ものづくり」においては教材のパッケージ化が進んでいる。例えば、風やゴムで動く車セット、磁石遊びセット、電磁石実験セットを使うことが一般的になっている。多忙な教師にとって教材キットはありがたく、子どもたちは解説書を読みながら自分たちで組み立てていくので、教師がいろいろと準備する手間が省ける。子どもにも人気の高い教材であり、説明書を読み解く力が向上するという効果が期待できる。

しかし、説明書は、そこに書いてあることを忠実に再現するように求め、なぜそのように作るのか考えさせる暇を与えにくい。説明書を読み解きながら制作するという学び方は、従来理科教育でねらってきた「ものづくり」とは異なっている。素材の吟味に始まり自由な発想に基づいて行われる「ものづくり」では、子どもはトライアンドエラーを繰り返しながら創造力をはたらかせて作品を改良し続ける楽しさを味わい、物を生み出していく技術力と思考力を伸ばしていく。パッケージ化された教材の多用は、子どもが失敗から学ぶ機会を奪うことになりかねない。このことは、STEAM 教育推進の観点からも問題である。パッケージ化された教材以外に、子どもが自由な発想で組み立てる機会があるとよいが、教材キットの購入で予算は使い切り、他の教材を購入することはできない。米国では FOSS のように自由な発想で組み立てられる理科教材があるのに対して、わが国ではそのような教材はほとんど使われていない。

以上のことから、我が国の学校教育において「ものづくり」を通して行われる教科横断的な学習の推進は喫緊の課題であると言える。そこで、小学校生活科・理科に STEAM 教育を組み込んでいくことによって問題の打開を図ることができるのではないかという立場

から論考する。

2. 研究の目的と方法

本研究の目的は、小学校の生活科と理科における STEAM 教育推進に寄与する教育方法の開発を行うことである。研究仮説は次の 2 点である。

仮説① STEAM 教育に適した操作性の高い教材、適度な手掛かりがあれば、子どもは意欲的に手を動かし、教師による手助けが十分に無くても意欲的に手を動かし、Engineering, Art による学びが Science、Technology、Mathematics による学びを呼び覚まし相乗効果をもたらす。

仮説② 子ども主体の「ものづくり」の場では、教師は子どもの活動を先回りせず、「ものづくり」の過程を共に楽しみながら授業を構成することができるようになる。

これらの仮説の検証のため、第一に、我が国の「ものづくり」と STEAM 教育の共通点と差異点を吟味することによって未来を指向した新しい教育の姿を描く。第二に、我が国で STEAM 教育普及の障壁となっている原因について検討する。これを踏まえ第三に、障壁を乗り越えるために必要となる要件を整理し、適合する教材と教育方法を検討し、事例的研究によって得られた知見に基づいた提言をまとめる。

3. STEM 教育と「ものづくり」

3.1 Engineering の重視

STEM の要素である Science（科学）、Technology（技術）、Mathematics（数学）に比べ Engineering（工学）の意味は捉えにくい。Engineering の「工学」が意味するところは広く、物の構造や機能を追究することと目的を持って物の設計や制作をすることをも含んでいる。そこで本研究では Engineering を英字表記のまま用いることとする。

NGSS では、STEM の要素のうち特に Engineering の視点の重要性を強調し、その効果について「幼稚園から高校までのレベルでイノベーションと創造性の機会を提供する。」と、その教育的意義を強く主張している (NGSS Lead States,2013)。米国の科学教育施策を長年に渡って牽引してきた Bybee (2012) は、理科教育に Engineering の要素を導入する意義について「科学では、自然界についての問題が提起され、根拠に基づいた説明の形で答えを提案します。そして、Engineering では、人間にとっての必要性和望みは何であることを明らかにし、新しい制作物と制作過程という形で解決策を提案します。—科学と Engineering の実践は並行であり相互補完的です。」と述べ、両者が「理論の構築」と「活用による検証と提案」の関係にあることを示している。その具体例として、科学的アプローチでは、自然現象について説明をするのに役立つモデルの構築やシミュレーションを行うのに対して、Engineering 的アプローチでは、構築したモデルやシミュレーションの利用によってシステムを分析し、発生しそうな欠陥を特定したり新しい問題に対する解決策をテストしたりすることが紹介されている (Bybee,2012)。すなわち、Science、Technology、Mathematics を

従来型の教育と捉えるならば、Engineering では対象に働きかけることによって得られるリアクションによって逆説的に理解を深めているという教育方法を採択していると捉えることができる。このことを生活科・理科教育に援用すると、「ものづくり」によって新たに生じた問題を解決するために作品を改良したり学びなおしたりする過程で、習得と活用の往還を促す教育の推進として位置づけることができる。このことから、Engineering と「ものづくり」に通底する教育方法と教育効果への期待は酷似していると言える。

3.2 STEM 教育と Art

STEM 教育は、しばしば A を加えて STEAM 教育と表記される。A は芸術の概念に近い Art あるいは、教養の概念に近い Arts と捉えられるが、辻合と長谷川（2020）は、未だにそれぞれが混在し、場合に応じた概念を採用しながら推進されようとしていることには疑問があると述べている。しかし近年では、STEM に Art の要素は欠かせないという考えに立脚した論が広がりつつある（Sousa・Pilecki,2017 / Quigly・Herro,2019）。Sousa と Pilecki（2017）は、脳科学の視点から Art は脳を活性化させて拡散思考を促すことから STEM 教育に織り込むことで創造性をはぐくむことができると主張している。このことについて辻合・長谷川（2020）は、STEM 教育が収束思考に位置づくのに対して、Art はそれと対照的なものとして拡散思考に位置づくことと述べ、両者が合わさることでイノベーションが生まれることを表していると述べている（p.98）。

STEAM 教育は生産を指向したアート思考を内在している。人は購入する物を選ぶ際にその判断基準としてデザインを強く意識する場合があることから、制作の過程で使う人の受け取り方を推し量る必要が生じる。このことは、商品としての「物」だけでなくテレビ番組用の「物」の制作においても同様である。

NHK 教育テレビジョンが制作し 2010 年に日本賞を受賞した番組「大科学実験 discover science」では、太陽熱で巨大な袋を浮かばせて人を持ち上げる実験が行われた（原口・山本,2011）。効率良く安定的に浮力を生じさせる袋の形は円盤型であるが、番組制作ではデザイン



を優先し袋をクジラの形にして目を描き尾びれを付けた。膨らまない尾びれは風になびく錘となって袋を浮きにくくした。複雑な形になったことでサーモグラフィーによる内部温度の不均衡さや、尾びれが引き起こす予想外の空気抵抗の大きさといった様々な発見が生まれている。教育の場面においても子どもは、「よりきれいに」「よりかっこよく」といった思いや願いを形にしようとして制作を行う場合がある。袋をクジラの形にした事例のように形状の変更は、物の性質・構造・機能を再考する契機となり得る。このことは、Engineering と Art の相互補完性を示している。すなわち、一方を満足させようと制作を進

めると当初意図していなかった新たな現象が立ち現れ、思考力や創造力をはたらかせる場面が次々に訪れるようになるのである。

3.3 ティンカリングと自由試行ー Engineering と Art の親和性

ティンカリングは比較的新しい考え方であり、学校教育よりもむしろ民間の実験教室やプログラミング教室等で広がりを見せている。Martinez と Stager (2013) は、ティンカリングとは「あれこれ思いつくままに知恵を絞り工夫すること」だと紹介している。ティンカリングを理科の「ものづくり」の視点から検討した柚木と片平 (2016) は、ティンカリングの特徴を次の3点に整理している。

- ・明確の目標、計画（設計）が存在しない。
- ・遊戯性、熱意という心情的な側面を持つ。
- ・組み合わせる、分解するなどをして、様々な目的に合うように作り変えるという技術的な側面を持つ。

これら3つの視点のうち、心情的な側面と技術的な側面は Engineering と Art にも見られる。すなわち、子どもは遊戯性や熱意をもって制作にあたり組み合わせたり分解したりして作品を作り変えていくのである。情動に基づいて物をいじり回しながら組み合わせたり分解したりと試行錯誤を繰り返しながら思考を深めるティンカリングでは、現象と理論との結びつけは後回しになりがちである。学校教育においては、先に学ぶべき理論を置く顕在的カリキュラムに沿って学習が進行することから、しばしば子どもの側にある潜在的カリキュラムと対立する。しかし、単元の導入時にティンカリングを取り入れようとする試みは、我が国では古くから「自由試行」と呼ばれ行われてきた。「自由試行」は、実験器具や教材を渡された子どもが、それらをいじり回しやりたいことを自由に行って気付いたことをまとめていく学習方法であり、米国の Messing About に端を発している。森本 (1992) は、Messing About について、Hawkins によって開発された米国の初等理科カリキュラム ESS (Elementary Science Study) を支える中心概念で、構成主義の観点から、子どもの素朴概念から経験に束縛されない子供自ら説明する論理を構成することを目指す学習論であると、その優位性を主張している。「自由試行」を授業に取り入れて分析した杉山と山下 (1998) は、「自由試行をしていくことで興味が高まり、自分で法則を発見したという達成感や自ら探ろうとする意欲が出てきた。」と報告している。小学校生活科・理科に Engineering と Art を組み込んでいく際には「自由試行」に見られる教育方法を参考にすることが有効であると考えられる。

3.4 発達の最近接領域の場における STEAM 教育のフロー

Vigotsky, L.S. (1956, 訳, 柴田, 2001, p.298) は、子どもが現時点でわかっている水準を「現下の発達水準」とよび、「現下の発達水準」に対して、他人の助けを借りれば出来るようになる水準を「明日の発達水準」とよび、「現下の発達水準」と「明日の発達水準」の間

の領域を発達最近接領域 (Zone of Proximal Development: 以下, ZPD) と名付けた。ZPD の解釈について山住 (2004, pp.64-65) は、現代では、垂直方向の「より有能」であることへの引き上げとしてだけでなく、異質な世界が相互に出会っていく時空間としても捉えられ、人間の集団的活動の水平的・越境的拡張を通じた文化の再創造として再定義されるようになりつつあると指摘し「拡張的学習」の可能性を提起している。白敷 (2017) は、「拡張的学習」の視座から小学校第 1 学年生活科の学習の題材として鳥の巣を取り上げ、実践と科学読み物や専門家の助言によって、水平的相互作用と垂直的相互作用の相乗効果が起こり生活的概念と科学的概念の融合という帰結を見たことを報告している。この事例では、ツバメなどの巣の観察(自由な探索)が鳥の巣を真似してつくるという「ものづくり」(体験的な学び)に発展し、子どもたちは鳥のように美しい巣をつくるのがいかに難しいかということに気付いていった。また、ゲストティーチャーとして招いた鳥の巣研究者であり絵本作家でもある鈴木まもる氏から、鳥にとって巣は人のお母さんのおなかと同じような役割があることを学び、生活的概念(生活知)としての鳥の巣に関する知見と、科学的概念(学校知)としての鳥と人間の共通点と差異点に関する知見とが一体となり、深い学びが起きたと考えられる。

鈴木 (2017) は、芸術的な視点から鳥の巣を真似してつくる楽しさを紹介する書籍を発表し子ども向けのワークショップを実施している。鈴木が 2022 年 7 月 24 日に栃木県小山市にある小山市立博物館で実施したワークショップには、幼児 10 名、小学校低学年 4 名、小学校中・高学年 4 名、保護者 21 名が参加した。参加者は鳥の巣の実物と絵を見て巣の構造と機能を学んでから思い思いに巣を作っていく。図 1 はその時に参加した小学校第 4 学年の子どもの作品である。木の枝に枯草をのせて崩れないように毛糸でとめている。巣の中にはクッションになる綿を敷いて紙粘土で作った青い卵を置いている。台座はどんでり装飾している。ワークショップの中で子どもは、「何度やっても崩れた。よくくちばしと足だけでできるなと思いました。」「こんなのを作る鳥はすごいなと思いました。」といった感想を語った。この事例における鳥の巣作りは、巣の機能に関わる Engineering の要素と美しさに関わる Art の要素を融合させた好例である。また、ゴールのない自由な制作はティンカリングの要素を多分に含んでいると言える。さらに指導者である鈴木氏は制作前に作り方の説明をせず、思い思いに制作する子どもの様子を見て回り、必要に応じて材料を渡したり話しかけたりして子どもと共に制作を楽しんでいた。

これまで述べてきたことから、STEAM 教育においては、Engineering と Art は、一般的な学びの道筋の逆を辿っていることが示唆される。このことを「拡張的学習」の視座から ZPD の場における学習のフローとして模式化したのが図 2 である。Science (S)、Technology (T)、Mathematics (M) が伝統的な教授-学習法に従い、科学的概念の高次の特性である「自覚性・随意性」の領域から生活的概念の低次の特性である「個人的経験・具体性の領域」へ向かって成長するとするならば、「ものづくり」を伴う Engineering (E) と Art (A) は、その逆を辿る。

両者の相互作用を可能にするには、教師が先回りをせず共に学ぶ姿勢を持つことであることを鳥の巣作りの事例は示唆している。また、制作を通して鳥の巣の優れた機能に気付いた子どもの内面では、科学的概念（学校知）と生活的概念（生活知）の往還による相乗効果が起き概念形成が進んだと捉えることができる。



図1 子どもが作った鳥の巣

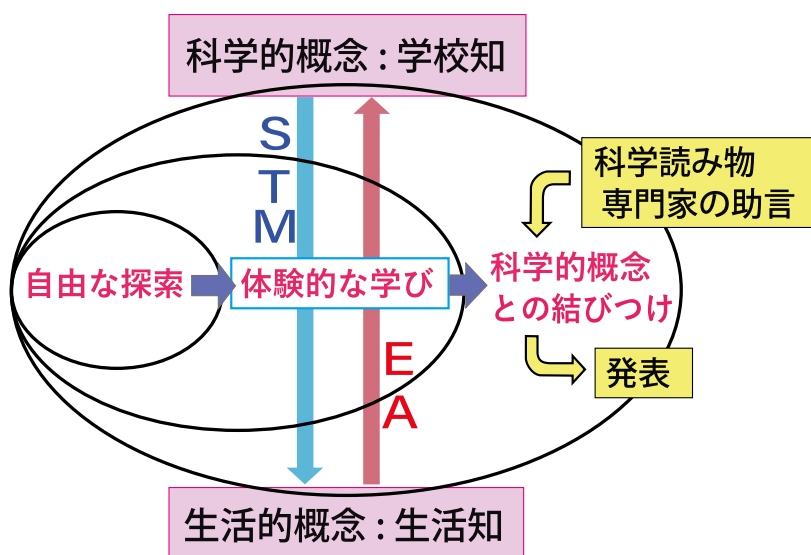


図2 ZPD の場における STEM 教育のフロー（白敷,2017 を改変）

4. 我が国で STEAM 教育が普及しない理由の日米比較による検討

4.1 カリキュラムにおける STEAM 教育の日米比較

米国では技術者養成の観点から国家の施策として NGSS において STEM 教育が位置付けられ強力に推進されている。対象は 5 歳児から高校生までと広い。一方、我が国では、問題の所在で述べたように、平成元年告示の小学校学習指導要領施行以降、低学年理科の廃止や教材のパッケージ化によって創造力をはたらかせる「ものづくり」の機会は減少している。5 歳からの理科教育の全分野で Engineering 的思考を単元の指導計画に組み込んでいく米国と比べ、我が国の「ものづくり」は極めて限定的で、単元構成の主軸になり得ないと言える。

4.2 教科書と教材の役割の日米比較

米国では一般的に教科書は 1 年間の貸与であり、学校に置いておき次の学年に引き継がれる。我が国の教科書よりページが多く、発展的な内容を多く含む。教師は教科書の全てを扱うのではなく、子どもは学習の情報源として必要に応じて活用する。

一方、教材については個別に渡されるものが多い。カルフォルニア大学バークリー校の LHS が開発している理科教育プログラム FOSS の教材を制作している教材メーカーは、クラスの人数に応じた教材を届けている。例えば、1~3 年の STEM 領域の単元 “Force in Action

(運動と力) ”では、人数分のビー玉やプラスチックカップ、2人で使う坂道になるレール、掲示用ポスター等、授業で使用する教材29種類が届けられる。この教材は完全にパッケージ化されているわけではない。教師はビデオ、指導書、ワークシートを参考にして教材を場面に応じて小出しに使っていく。この仕組みによって経験の浅い教師であっても質の高い授業を行うことができるようになる。我が国の教師が自ら単元の指導計画を立てて多くの教材を自ら準備している状況とはかなり異なっている。

5. 事例的研究

5.1 教材開発の趣旨

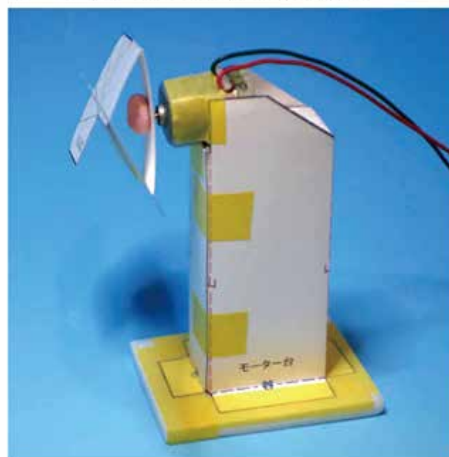
本研究では、「2. 研究の目的と方法」で述べた2つの仮説の検証を行うことを目的として教材開発と事例的研究を行った。

我が国の市販の「ものづくり」教材は、子どもが失敗せずに完成させられることを目指して設計されていることから、組み替えたり改良したりする操作性は高くない。一方、FOSSの教材には、自由にいじり回す活動を想定した素材が含まれ、子どもは物の性質・構造・機能を考えながら、それらを組み替えたり改良したりしやすいように設計されている。操作性の高い教材はティンカリングとEngineeringの観点から、子ども自身が説明可能な論理を構築するのに有効であると言える。

我が国でティンカリング的なアプローチで行われている単元に生活科の「動くおもちゃづくり」がある。ここでは、輪ゴム、厚紙、トイレットペーパーの芯等、身近な素材を使って自由な発想でおもちゃづくりを行う。しかし、子どもの思いや願いを重視することから子どもは動く仕組みの異なる多種多様なおもちゃを作る。思い通りにおもちゃが動かない時にこそEngineeringの視点に立った思考力を伸ばすチャンスであるが、子どもが多種多様なおもちゃを作っている場合は2つの理由でこれが困難となる。第一に、共通の経験が不足している状態では図2の体験的な学びにおいて子ども同士による水平的相互作用が起きにくくなり、科学的概念との結びつけが困難になる場面が増えることが懸念される。第二に、問題の解決には科学的知見に基づいた教師の適切なアドバイスが必要な場面があるが、クラスの構成人数が多く作るおもちゃの種類が多いと1人の教師で適切な

1 風送りプロペラ

モーターに、プロペラ大か小をつける。



2 回転ステージ

支柱小に、円盤を乗せる。

円盤に、風を受ける物をテープで貼りつける。



図3 写真資料の一例

タイミングで助言することが困難になる。また、我が国の理科においては、機能を追加したり構造に改良を加えたりすることが容易な操作性の高い教材が使われる場面や自由な発想に基づいて創造力を働かせて制作をする自由試行の場面は極めて少ない。このような我が国の生活科・理科の実情において、Engineering 的思考をはたらかせた「ものづくり」の実施は極めて困難であると言わざるを得ないことから、操作性の高い教材の開発と普及に課題があると言える。そこで本研究では、下記の観点で自由度の高い STEAM 教材の開発を行った。

- ・印刷して用いることのできる型紙、理科室にある教材、身近な材料だけで制作できる。
- ・型紙に印刷された解説と見本の写真を手掛かりに教師の説明や手助けが無くてもある程度自分だけ、もしくは友達と協力しながら制作できる。
- ・材料にいくつかの選択できる物があり、子どもが作りたいと思うものを材料を選んで制作できる。

5.2 開発した教材の概要

制作した教材は、小型扇風機と風で動くおもちゃである。小学校生活科と理科では、風に関する学習を扱うことが可能である。また、小型扇風機は身近な道具になり得ることから、子どもにとってその構造をイメージしやすく、興味の継続に期待が持てる。これらの理由から、教材として小型扇風機と風で動くおもちゃを選定した。

教材は、工業デザイナーの吉澤弘氏に開発を依頼し、昭和女子大学現代教育研究所研究員と検討会を重ねて改良して用いた。制作した教材はホームページで公開している（資料 1、資料 2）。公開している資料の一部を図 3 に示した。資料の通り、作り方の手順は細かく指示していない。図 3 の「1 風送りプロペラ」では、全体的な構造は分かるが、とめ方の順番やモーターの位置、羽根の止め方は写真から読み解くしかない。図 3 の「2 回転ステージ」では、風を受ける物をどのように円盤に貼るかは示していない。羽根は 2 種類から選べる。乾電池のつなぎ方、羽根の取り付け方、羽根の曲げ方についての指示は書いていないことから、子どもはトライアンドエラーを繰り返しながら学び進める。

5.3 実施校と対象

東京都中野区にある私立東京コミュニティスクールの第 4 学年 2 名、第 5 学年 7 名、第 6 学年 1 名を対象に、2021 年 12 月 8 日放課後の 16:30 ~ 18:00 に実施した。授業の様子は子ども及び保護者の同意を得てビデオで録画して分析に用いた。授業者は白敷(筆者)で、埼玉大学 STEM 教育研究センターに所属し STEAM 教育について研究をしている星名由美氏が授業のサポートに入った。

5.4 結果

扇風機作りでは、大人が指示をしたり手伝ったりすることなく、50分間で10人全員が扇風機を作ることができた。その後、20分間、子どもは集中して作品に改良を重ねていた。多くの子どもたちに見られた活動は次の5点であった。

- ・羽根が支柱にぶつからずスムーズに回るようにモーターの位置と羽根の位置を調整していた。
- ・風が強くなるように羽根の曲げ方を工夫していた。
- ・大きい羽根と小さい羽根でどちらが強い風が出るか比べていた。
- ・電池の向きを変えると風の出る向きが変わることに気付いた。
- ・乾電池を2個にして回り方が早くなるのを試した。

次に、個別に起きていた事例を2つ取り上げる。

5.4.1 事例1：乾電池の向きによる扇風機自体の動き方に関する気づきの場面

プロペラの回転数を上げることに取り組んでいた子ども(C1)は、図4のように2つの乾電池を直列つなぎにする試みをしていました。そして、回転数を上げることに成功したが、乾電池の繋ぐ向きによって扇風機自体が激しく動く場合があることに気付いた。その時の発話プロトコルと行動は下記の通りである。C1は当該児童でT1は授業者(筆者)である。()の中は、筆者による加筆である。



図4 乾電池の向きを変えて扇風機の動きを比べる子どもC1

C1 「(つなぎかたを) 逆向きにすると後ろに下がってっちゃう。」

リード線をつなぐとプロペラが回転し扇風機自体が激しく動く。

T1 「ああ、なんでだろう。」

C1 「つなぐ方向を逆にすると・・・」

T1 「自分で風をふきだして動いちゃうんじゃない。」

リード線のつなぎ方を戻しプロペラを回転させると風が前に出て扇風機は安定する。

C1 「換気扇になると動いちゃう。」

5.4.2 事例2：風で動くおもちゃ制作で助言が必要だった場面

風で動くおもちゃを作っていたC2は、図5のように作ったおもちゃが動かず困っていた。その時の発話プロトコルと行動は下記の通りである。C2は当該児童でT1は授業者(筆者)である。

C2 「動かない・・・。」(図4)

T1 「ここに羽根を立ち上げて、ちょっと切れ込みを入れて」

自分なりに考えながら円盤に切れ込みを入れて改良して試す（図6）。

5.4.3 授業後の指導者とTTの感想

授業後授業者である白敷（筆者）の感想は次の通りである。

- ・説明をすることが少なく制作にたっぷり時間をとることができた。
- ・配線はすぐにできていたが、羽根が支柱に当たらないようにバランスよくプロペラをつけるところが難しそうでした。
- ・風で動くおもちゃ作りは子どもと一緒にどうしたら摩擦を減らしてよく回るようにできるか一緒に考えるのが楽しかった。

授業のサポートに入った星名氏の感想は次の通りである。

- ・子どもたちは、これまでに勉強した知識も活かして、「もっと早く動かしたい！」と電池の組み合わせを変えて実験したり、羽根の折る角度を変えたりと、いろいろな実験をしていた。またそれを見て、自分もやってみよう！とチャレンジする子どもたちもいて、学びの深まりと広がりを感じた。組み立てて、動き出したときの驚きと喜びの笑顔も印象的だった。
- ・カチッと組み立てるキットとは違う、自由度のある教材だからこそ、子どもたちの工夫や実験が広がるのだなとも感じた。
- ・全体を通して、子どもたちが生き生きと、「こうしてみたい！こうしたらどうなる？」という好奇心をもって、体が前のめりになって活動しているワークショップで、こちらも、次にどんな工夫をするのかと見ているのも楽しい時間だった。



図5 なぜ回らないか考える子ども



図6 助言後のC2の作品

5.7 考察

5.7.1 仮説①の検証

扇風機作りでは、自分で作りたいものをイメージしそれに近づけるようにいろいろな物を組み合わせ、機構を考えながら作っていくことから Engineering の要素を多分に含んでいると言える。また、しっかり風を吹き出す扇風機の羽根は美しい曲線を備えていたり、風で動くおもちゃから点対称の形を見い出したりできるなど、Art の視点からも評価可能である。このように、扇風機作りでは図2における生活的概念（生活知）から科学的概念（学校知）へと向かう学びの道筋が見られた。

この扇風機作りの過程において、第一に「STEAM 教育に適した操作性の高い教材、適度な手掛かりがあれば、子どもは意欲的に手を動かす」という仮説の確からしさについて検討を試みる。扇風機作りでは、約 60 分間の間に、子どもたち自身で、モーターの位置と羽根の位置を調整したり、風が強くまっすぐ出るように羽根の曲げ方を工夫したり、大きい羽根と小さい羽根でどちらが強い風が出るか比べたりしていた。その後のおもちゃ作りも含めて 90 分間休みなく集中して制作に取り組んでいたことから、子どもは次々にやりたいことを見つけて意欲的に制作に取り組んでいたことが伺える。このように次々に活動がつながった理由として、自分で作りたい物を自由に選び作れるだけの教材がそろっていたことが挙げられる。

事例 1 では、子ども C1 は、リード線のつなぎ方によってプロペラの回転方向が変わり扇風機になったり換気扇になったりすることと、風の出方の違いが扇風機自身の安定性に影響を及ぼしていることを発見した。これらのことは試行してみないと分からないことであり、子どもは風が物体に与える影響を深く洞察しながら「ものづくり」を行っていた成果であると評価できる。

事例 2 の子ども C2 は、図 3 の写真を参考に制作を進めるが、図 5 に示したように作品が動かないことでなぜ動かないか思考を始めた。そこで、授業者が「ここに羽根を立ち上げて、ちょっと切れ込みを入れて」と助言をすることで C2 は手掛かりを得て見通しを得て作品を作り続けることができるようになった。授業者の助言は一度きりだったが、C2 は図 6 のような空気抵抗を大きくする部位を作って試すに至った。このことから、作り方の手順や完成図を示していない教材だったからこそ、C2 はトライアンドエラーを続けることができたということが出来る。これらのことから、操作性の高い教材、適度な手掛かりがあれば、子どもは意欲的に手を動かし、深く学ぶ方向へと向かう可能性が高まることが示唆された。

扇風機作りにおいては、乾電池のつなぎ方において理科で学んだことを活用する場面があった。すなわち、Science、Technology、Mathematics の要素を含んでいたということができる。このように、扇風機作りは、図 2 における科学的概念（学校知）から生活的概念（生活知）へと向かう学びの道筋を有していると言える。そこで、第二に、扇風機作りの過程において、「Engineering による学びが Science、Technology、Mathematics による学びを呼び覚まし相乗効果をもたらす」という仮説の確からしさについて検討を試みる。

扇風機作りでは、乾電池とモーターを輪のようにつないで回路を作った。また、乾電池の向きを変えて電流の向きを変えるとプロペラの回転方向が変わり、扇風機になったり換気扇になったりすることに気付いていった。さらに、よりプロペラの回転数を上げるために乾電池を 2 個使いたいと考えた場面では、乾電池の直列つなぎという知識や、乾電池を増やすと電流の流れも増えるという関数的な考え方を活用して「ものづくり」を行っている。このように、Science と Technology、Mathematics に関わる知識や技術を駆使して子どもは「ものづくり」を行っていたことが、子どもの行動観察の分析から見出すこと

ができる。これらのことから、「ものづくり」の Engineering の要素が Science と Technology、Mathematics で学んだことを呼び起こして相乗効果をもたらし、科学的概念との結びつけを質的に高めたことが示唆された。

5.7.2 仮説②の検証

本研究は、STEAM 教育の拡張的可能性を示すことによってその教育的価値を提起することを試みている。拡張的学習では、子どもを自ら学びを拡張することのできる有能な存在として捉え、時として教師を追い越し学習を先導する位置に立ってエージェンシーを発揮することによって学習が拡張していくと捉える。一方、STEAM 教育ではティンカリングや自由試行の視点が重要であることについて述べた。これらは教師が先回りすることなく子どものエージェンシーを保証する点において拡張的学習の学習方法と軌を一にしている。子どもと教師で共に作る学びには、先に鳥の巣作りの事例で述べたように、Engineering や Art の視点で子どもも教師も一緒に「ものづくり」を楽しむ場が重要な役割を担っていた。このような場では、図 2 に示した ZPD の場における STEM 教育のフローが起きる可能性が高まる。すなわち、Engineering や Art の要素が Science と Technology、Mathematics で学んだことを呼び起こして相乗効果をもたらすのである。

そこで、「教師は子どもの活動を先回りせず、「ものづくり」の過程を共に楽しみながら授業を構成することができるようになる。」という仮説が本研究の事例で見られたか、授業者（筆者）と授業のサポートに入った星名氏の感想から検討する。

授業者が、「羽根が支柱に当たらないようにバランスよくプロペラをつけるところが難しそうでした」と述べているように、子どもの活動の後に新たな学びの可能性を見い出している。また、「子どもと一緒にどうしたら摩擦を減らしてよく回るようにできるか一緒に考えるのが楽しかった」と述べているように、授業前には想定していなかった新たな課題の解決に共に取り組む課程の楽しさを見い出している。このことから授業者は子どもの活動を先回りせず、子どもの様子を見ながら授業を構成していることが伺える。また、星名氏は、「全体を通して、子どもたちが生き生きと、「こうしてみたい！こうしたらどうなる？」という好奇心をもって、体が前のめりになって活動しているワークショップで、こちらも、次にどんな工夫をするのかと見ているのも楽しい時間だった。」と述べている。このことから、子どもたちが主体的に楽しく学んでいただけでなく、見ている大人も子どもの工夫を見ることに楽しみを見い出していたと言える。

これらのことから、本事例では、指導者が子どもの活動を先回りせず、「ものづくり」の過程を共に楽し見ながら授業を構成していたことが明らかとなった。

6. まとめ

本研究では、生活科・理科における「ものづくり」の再興を目指し、Vigotsky, L.S. の「ZPD

理論」と山住の「拡張的学習」の理論を援用し、STEAM 教育推進に寄与する教材と教育方法の開発を目指した。

まず、我が国の「ものづくり」と STEAM 教育の共通点と差異点については、共通点は多いものの、Art やティンカリングの視点から再考し、あらかじめ明確な設計図を用意しないことや、遊戯性、熱意という心情的な側面を重視する必要性が示唆された。

次に、我が国で STEAM 教育普及の障壁となっている原因について検討した結果、5 歳からの理科教育の全分野で Engineering の考え方を導入する米国と比べると、我が国の「ものづくり」は極めて限定的で、単元構成の主軸になり得ていないことがわかった。また、米国では Engineering の考え方を学ぶのにふさわしい操作性の高い教材を子どもの人数に応じて渡すことが可能であることから、我が国では「ものづくり」の教材を子どもに届ける仕組みが十分に整っていないという問題点が浮き彫りとなった。

最後に事例的研究によって、STEAM 教育に適した教材の活用と、自由試行を取り入れた教育方法によって、子どもは教師による手助けが十分に無くても自ら意欲的に「ものづくり」を行うようになることと、Engineering と Art による学びが Science、Technology、Mathematics による学びを呼び覚まし相乗効果をもたらす可能性があることが明らかとなった。また、このような子ども主体の「ものづくり」の場において、教師が子どもの活動を先回りせず子どもの様子を見ながら授業を構成していったならば、教師と子どもは共に楽しみながら拡張的学習を作り出すことができるようになることが示唆された。

今日、STEAM 教育とプログラミング教育が接近し、ますます指導が難しくなっている。今後は、STEAM 教育推進に向けた方策を、プログラミング教育にも当てはめることができるか検討することが課題である。

註 1) 例えば、2019 年 12 月にタイで開催された ICASE (International Council of Associations for Science Education) 主催の理科教育に関する国際学会では、全発表 66 本中、タイトルまたはキーワードに STEM/STEAM が表記されているものは 19 本あった。全体の 29% が STEM 教育を視野に入れていることから、国際的に見て STEM/STEAM 教育への関心は高いと言える。

註 2) EdTech とはエデュケーションとテクノロジーとを組み合わせた造語で、進歩の著しい IT 技術を教育分野に活かす取り組み全般を包含する概念であると説明している (山田, 2019)

引用文献

・新たな時代を豊かに生きる力の育成に関する省内タスクフォース (2018) 「Society 5.0 に向けた人材育成 ~ 社会が変わる、学びが変わる ~ 平成 30 年 6 月 5 日」

https://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/_icsFiles/afieldfile/2018/06/06/1405844_002.pdf (2022 年 8 月 14 日アクセス)

- Bybee, R. W.(2012) “Scientific and Engineering Practices in K-12 Classrooms”, Harold Pratt(2012) The NSTA reader’s guide to a framework for K-12 science education : practices, crosscutting concepts, and core ideas, NSTA Press,pp35-43.
- 中央教育審議会（2021）「「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～（答申）令和3年1月26日」
- 経済産業省（2018）「「未来の教室」とEdTech研究会第1次提言 2018年6月」
- 経済産業省（2019）「「未来の教室」ビジョン 経済産業省「未来の教室」とEdTech研究会第2次提言2019年6月」
- 松原憲治・高坂将人(2017)「資質・能力の育成を重視する教科横断的な学習としてのSTEM教育と問い」, 科学教育研究 41(2),pp150-160.
- Martinez, Sylvia Libow., & Stager, Gary Stager. (2013) “Invent to Learn”, 訳：酒匂寛（2015）『作ることによって学ぶ Maker を育てる新しい教育のメソッド』, オーム社 .
- 森本信也（1992）「第1章学習論の変遷」, 日本理科教育学会編『理科教育学講座 第4巻 理科の学習論（上）』, 東洋館出版社 , pp23-30.
- NGSS Lead States（2013）Next Generation Science Standards For States,By States Volume2:Appendixes, The National Academy Press.
- Quigley, C. F., & Herro, D. (2019) “An educator’s guide to STEAM. Engaging students using real-world problems”, Teachers College Press.
- 白敷哲久（2017）『児童の科学的概念の構造と構成—ヴィゴツキー理論の理科教育への援用』, 福村書店 .
- Sousa, David A., & Pilecki, Tom. (2017) “From STEM To STEAM”, 訳：胸組虎胤（2017）『AI時代を生きる子どものためのSTEAM教育』, 幻冬舎 .
- 杉山良一・山下雅文(1998)「現代理科教育学からとらえた自由試行と中学校理科における実践」, 鳥取大学教育学部実践研究指導センター研究年報 第7号 .
- 辻合 華子・長谷川 春生（2020）「STEAM教育における“A”の概念について」, 科学教育研究 44(2),pp93-103.
- 梅埜國夫（1993）「STS教育の理念と理科にとっての意味」理科の教育 42(11),8-11.
- Vigotsky,L.S.（1956）“ Мышление и Речь ”, 訳, 柴田義松（2001）『思考と言語』, 新読書社 .
- 山住勝広（2004）『活動理論と教育実践の創造—拡張的学習へ—』, 関西大学出版部,
- 山田浩司（2019）『EdTech エドテック テクノロジーで教育が変わり、人類は「進化」する』, 幻冬舎 .
- 柚木翔一郎・片平克弘（2016）「テインカリングの観点を取り入れた生徒主体の「ものづくり」に関する研究」, 日本科学教育研究会研究報告書 , 30（6） .

参考文献

- ・原口るみ・山本栄喜（2011）『大科学実験 DVD-Book 空飛ぶクジラ』，小学館．
- ・鈴木まもる（2017）『鳥の巣をつくろう』，岩崎書店．

本稿は、下記論文に加筆・修正したものである。

- ・白數哲久（2023）「STEAM 教育推進に寄与する教育方法の開発に関する研究－生活科・理科における「ものづくり」の再興」，学苑昭和女子大学紀要 ,No.971,pp.1-17.

2-2 卓上扇風機

NPO 法人ガリレオ工房 吉澤 弘

卓上扇風機を作るこの工作は、できるだけ身近な材料と道具で作れるようにデザインしました。ケント紙に印刷していただくと丈夫で良いかと思えます。子どもが型紙に書いてある説明を読み、写真を参考に組み立てていくと、細かい説明をしなくてもおおよそ作れるようになっていきます。なお、作り方の手順書が詳しくすぎると子どもの自由な発想力を発揮しにくくなると考え、あえて大まかに書き工夫の余地を残しました。しかし、上手く作れずに悩む子どもがいるかもしれません。その際、次の3点を参考にいただければ幸いです。

- ・苦労しながら作ることで子どもは達成感を得る。できるだけ見守りたい。
- ・友達同士で教え合えるような環境があると発想は広がる。
- ・時間内に全員が同じゴールを目指す必要が無く、家に持ち帰って続きをしてもよい。

試行錯誤する中で、羽根が支柱にぶつからないように位置や角度を調節する必要性や、ちょうどよい穴の大きさにすることについての気づきがあることでしょう。また、支柱とプロペラの組み合わせを変えたり、余った紙で新しいパーツを切り出して貼るかもしれません。近年、子どもが自分でゴールを決め、自由に工作をする機会は少なくなっています。ぜひ、自由な工作の楽しさを子どもに味わってもらえたらと思います。



○用意するもの

モーター

FA130、配線済みのもの。

電池ボックスと電池と電線

2個直列で使います。

プロペラ部品

A4のケント紙にプリントしてください。

180kg(0.25mm)から220kg(0.3mm)程度の厚みがお薦めです。

マスキングテープ

ホームセンター等で売られている、黄色のものがお薦めです。100円ショップのものでも使えますが、強度が不足する事があります。

幅10mmから15mm程度のものをお使いください。

ひっつき虫

コクヨのものがお薦めです。配管の穴埋め等に使える充てん剤(例:ボンドテープ状コーク:コニシ株式会社)を1cm角程度に切ったものも使えます。

100円ショップのものは強度が不足します。

スナップ

10mmから12mm程度のものをお使いください。

プッシュピン

爪楊枝

一人5本程度使います。

竹串

直径3mm程度のもの。

ストロー

直径4mm程度のもの

網押さえゴム

ホームセンターで売られている網戸の網を押さえるゴムです。直径5.5mmのものをお使いください。

糸

ミシン糸よりも太いボタン糸~細めの刺繍糸がお薦めです。

おもり

十円玉程度のもの。

発泡スチロール板

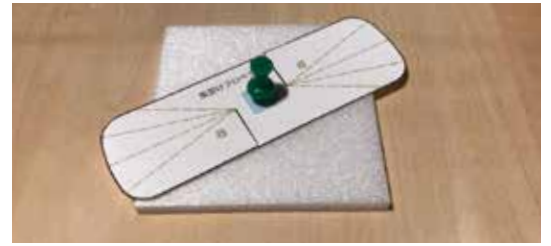
穴を開けるときの下敷きにします。百円ショップで売られている5mm~10mm厚程度のものがお薦めです。10cm角程度に切ってお使いください。

怪我を避けるため、穴を広げるときもこの上で穴に竹串を通してから、持ち上げて竹串を深く差し込み、広げるように指導ください。

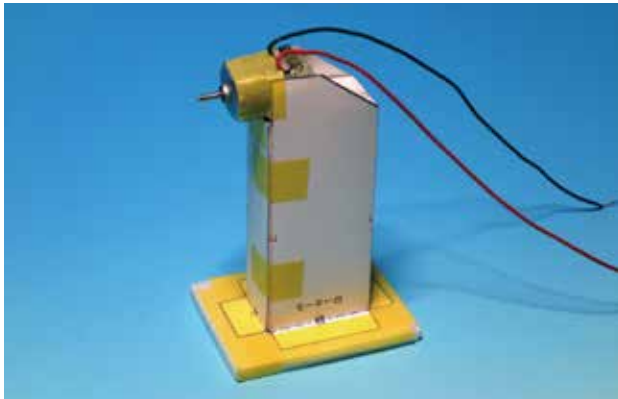
部品の組み立て

注意：穴を開ける時は発泡スチロールの上

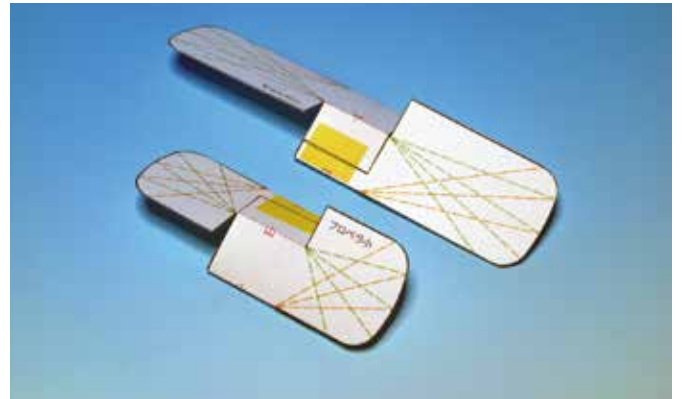
- 使う物 モーター (FA130)、マスキングテープ、ひっつき虫、プッシュピン、スナップ、つまようじ、竹串、細いストロー、



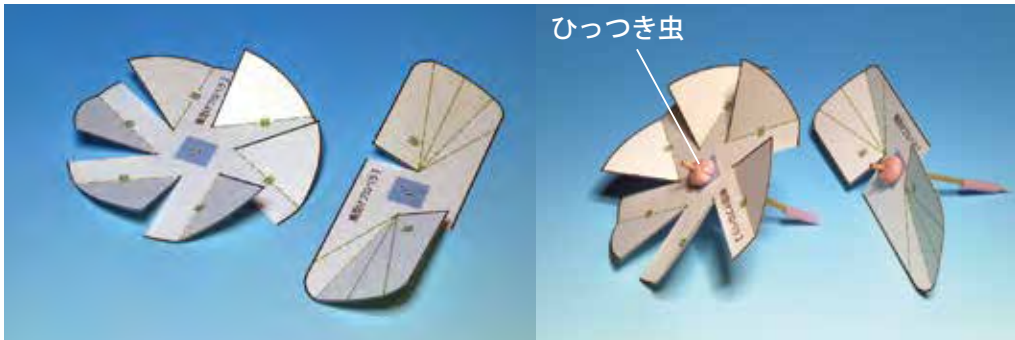
モーター台



プロペラ大 / 小



風受けプロペラ 1/2



ひっつき虫

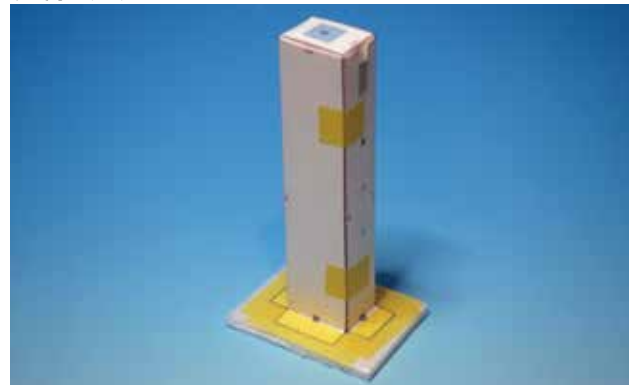
回転計



腕



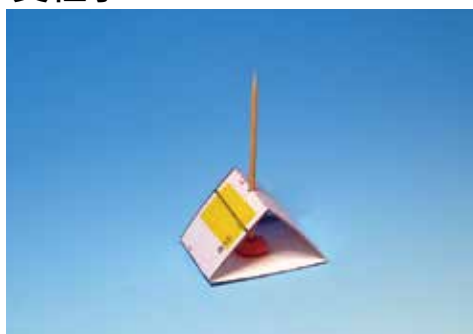
支柱大



円盤と円盤支え



支柱小

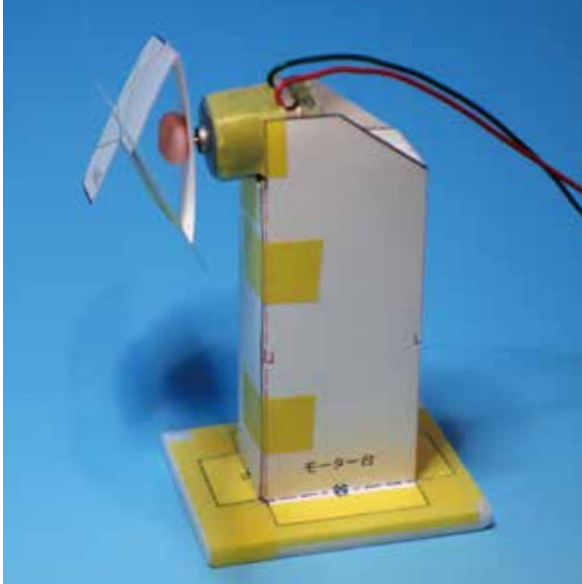


実験装置の組み立て

- 使う物 網押さえゴム (4.5mm)
糸、 ひつつき虫、 つまようじ
竹串、 おもり (10円玉)

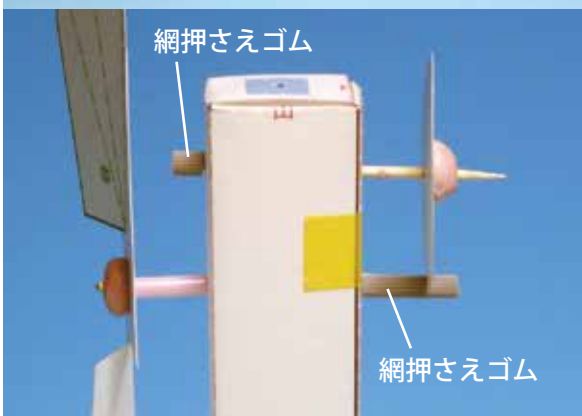
1 風送りプロペラ

モーターに、プロペラ大か小をつける。



4 スピードメーター

支柱大に、風受けプロペラと回転計をつける。
回転軸が入る穴は竹串で少し大きくしよう。



2 回転ステージ

支柱小に、円盤を乗せる。
円盤に、風を受ける物をテープで貼りつける。



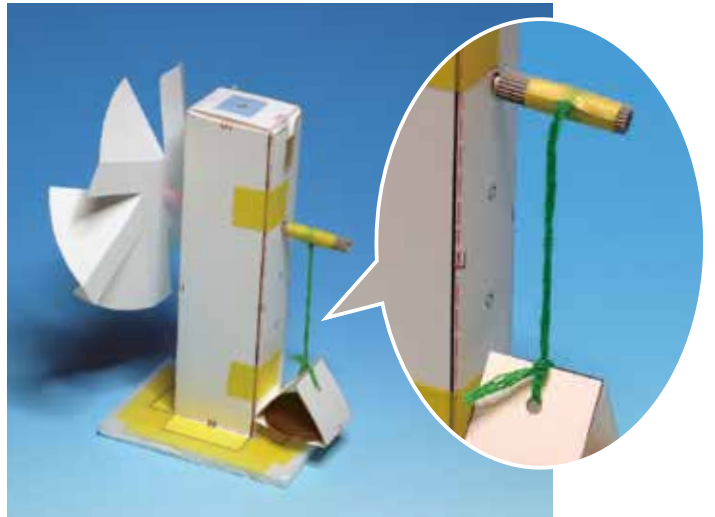
3 回転アーム

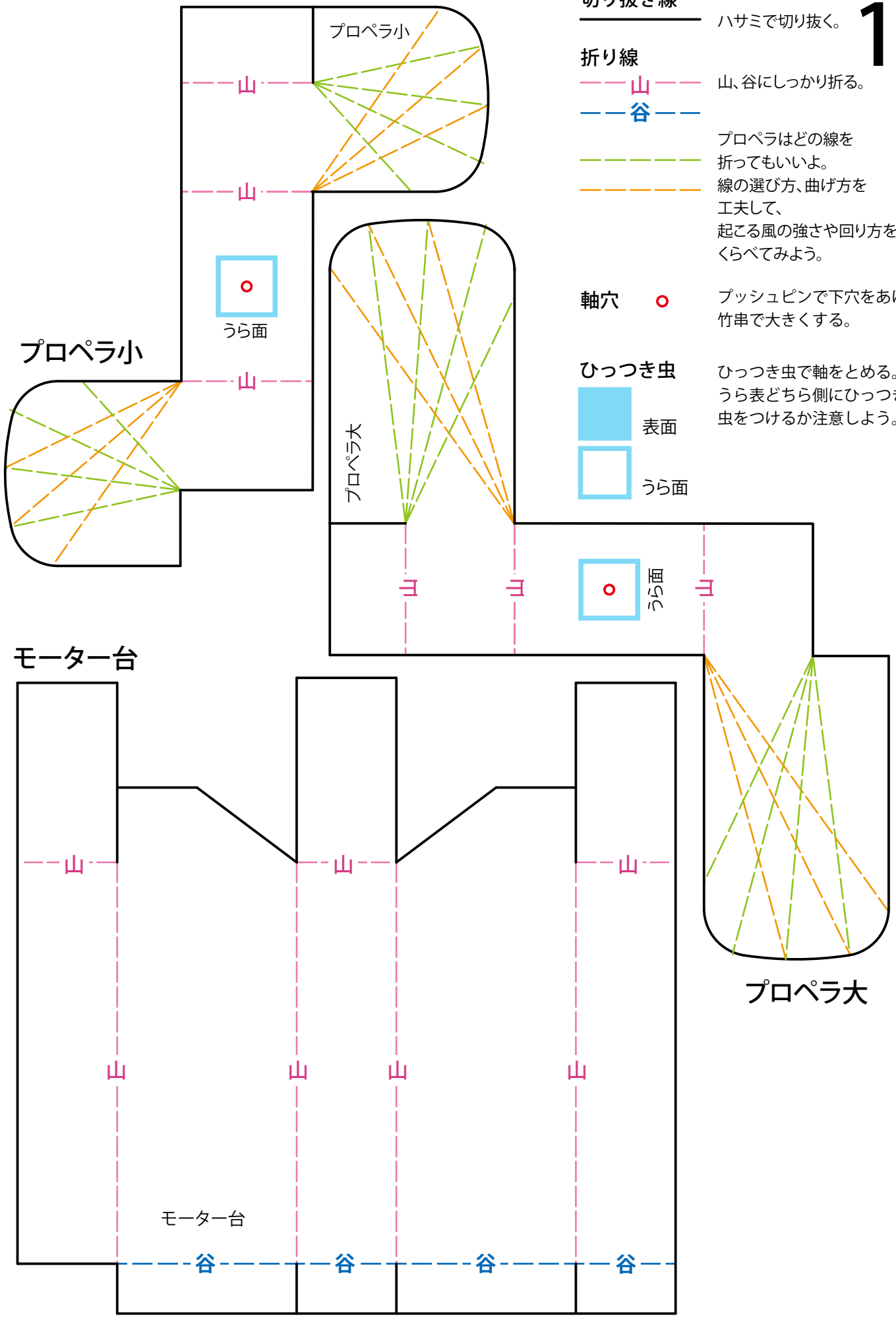
支柱大に、腕を乗せる。
腕に、風を受ける物をつり下げる。



5 パワーメーター

支柱大に、風受けプロペラをつける。
重り受けを糸でつりさげ、重りを乗せる。





切り抜き線

ハサミで切り抜く。

1

折り線

山 谷

山、谷にしっかり折る。

プロペラはどの線を折ってもいいよ。

線の選び方、曲げ方を工夫して、
起こる風の強さや回り方をくらべてみよう。

軸穴



プッシュピンで下穴をあけ、
竹串で大きくする。

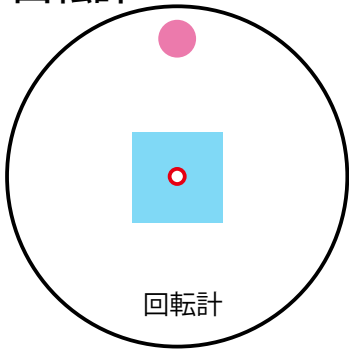
ひっつき虫



ひっつき虫で軸をとめる。
うら表どちら側にひっつき虫をつけるか注意しよう。

モーター台

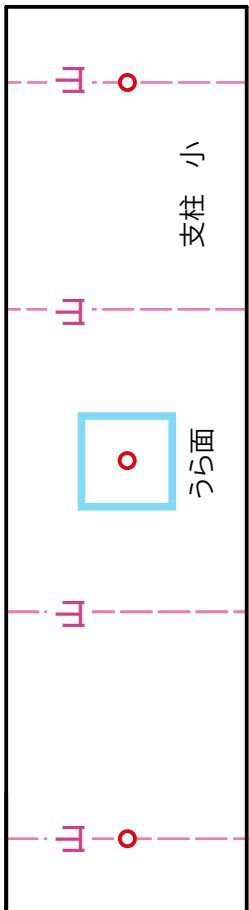
回転計



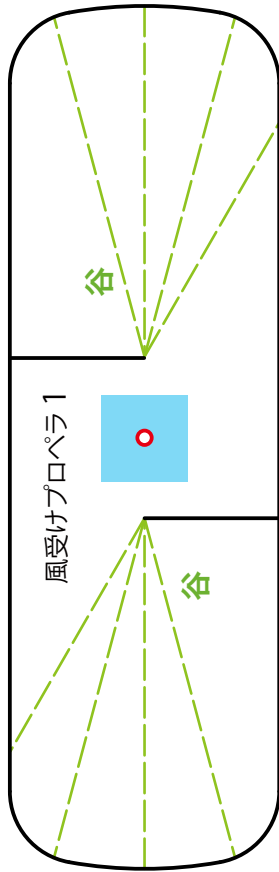
重り受け



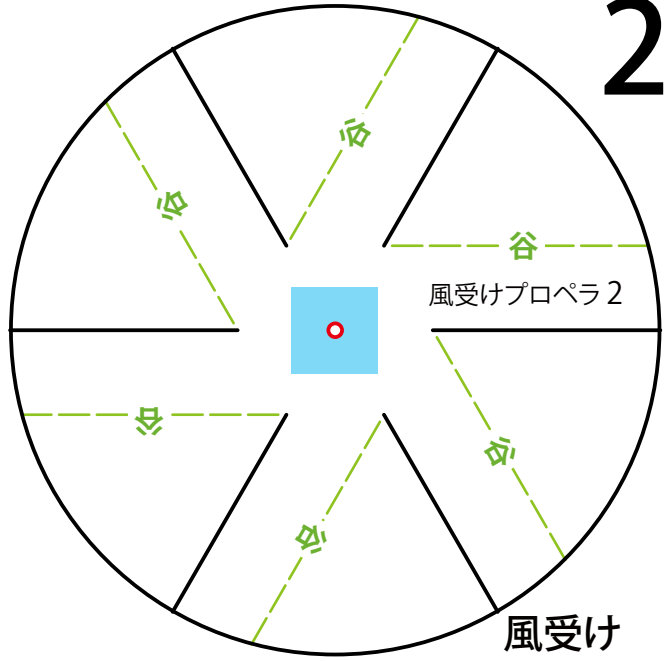
支柱 小



風受けプロペラ1

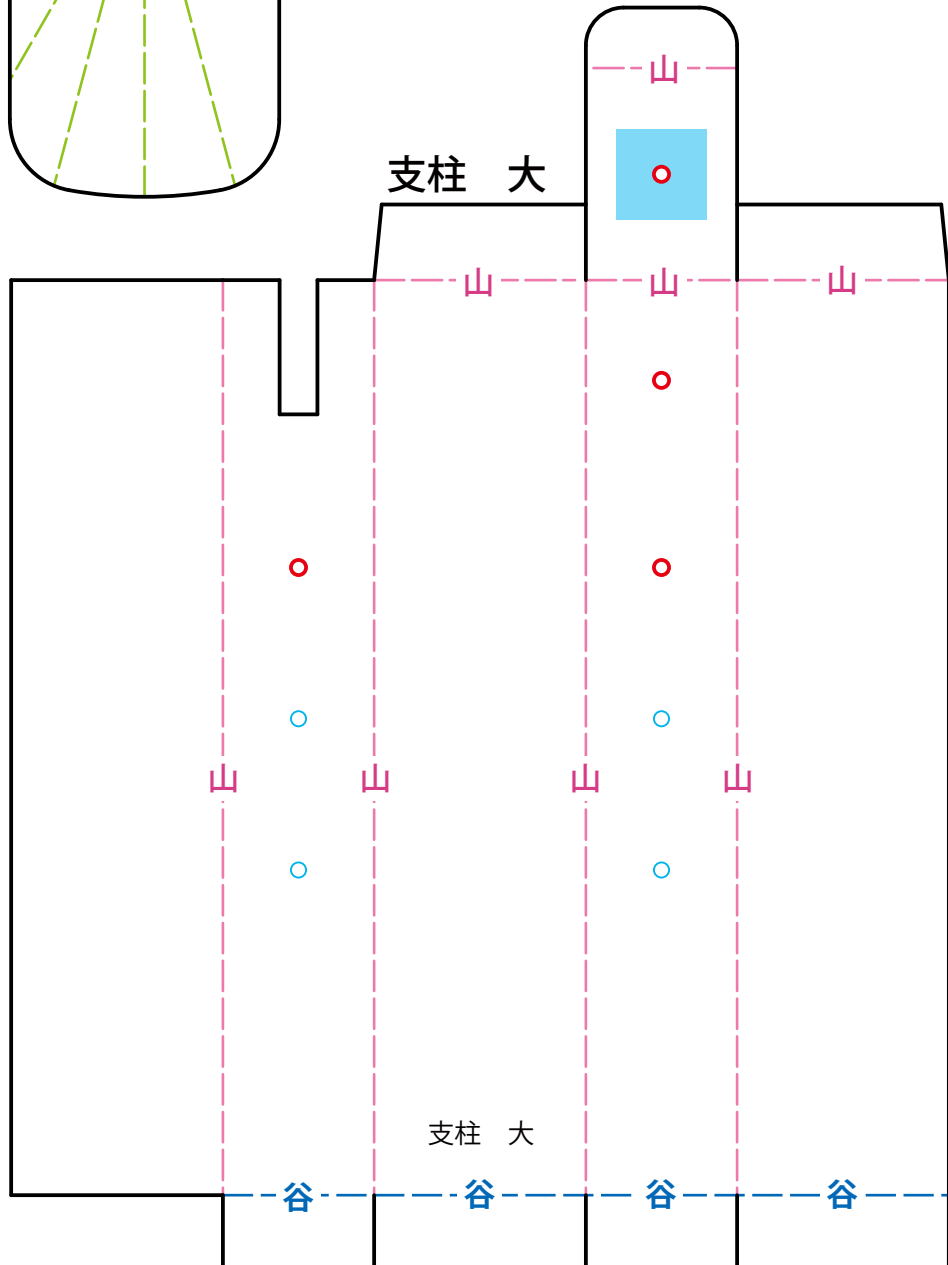


2

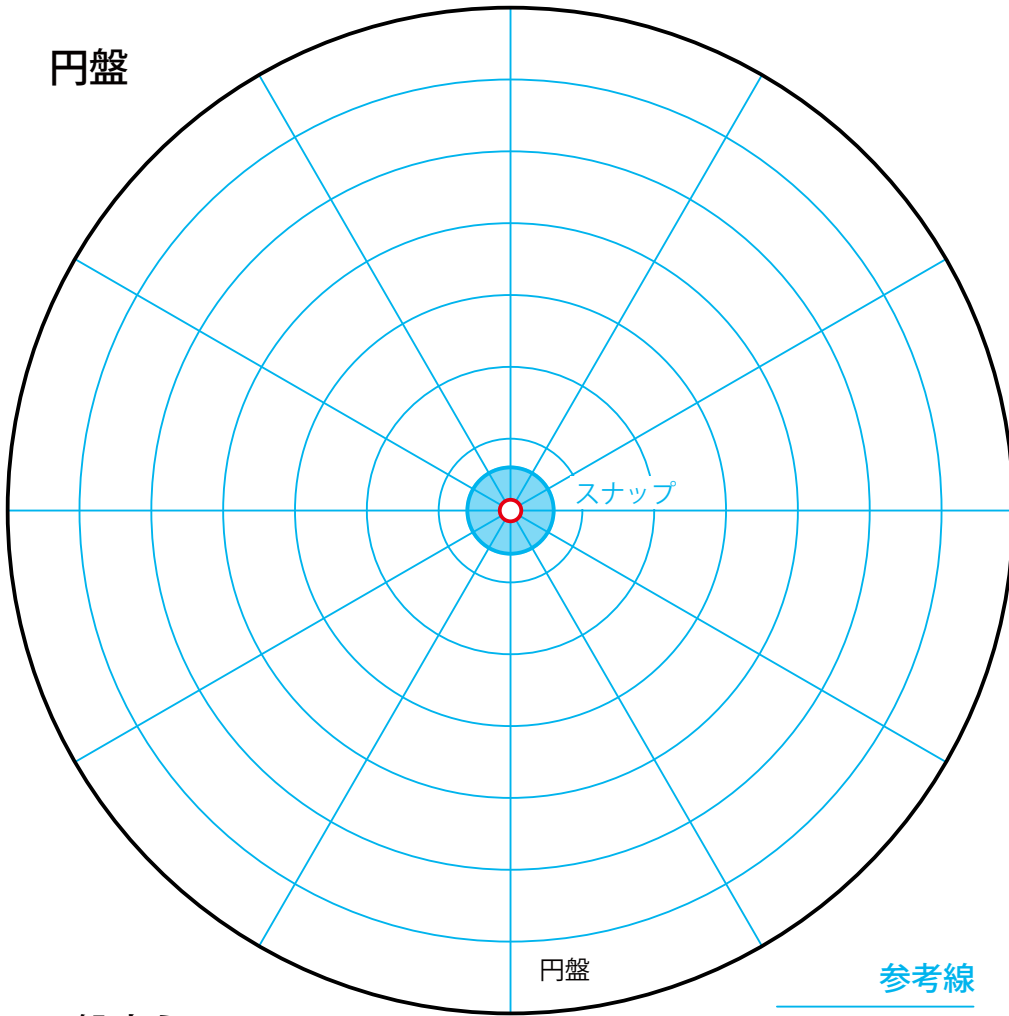


風受けプロペラ2

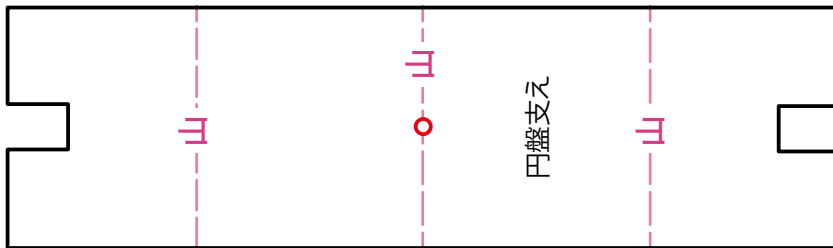
支柱 大



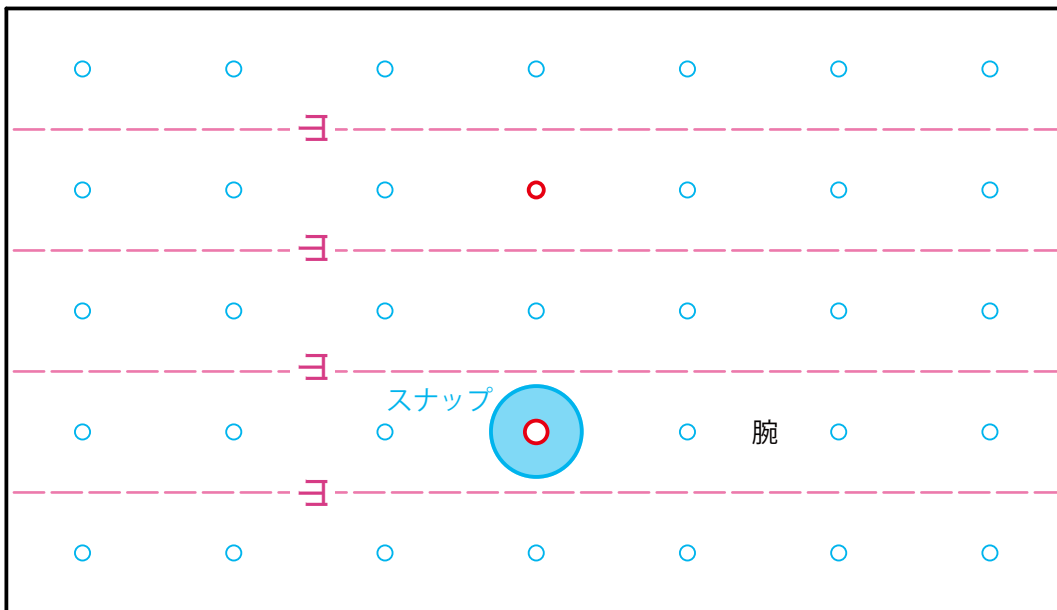
円盤



円盤支え



腕

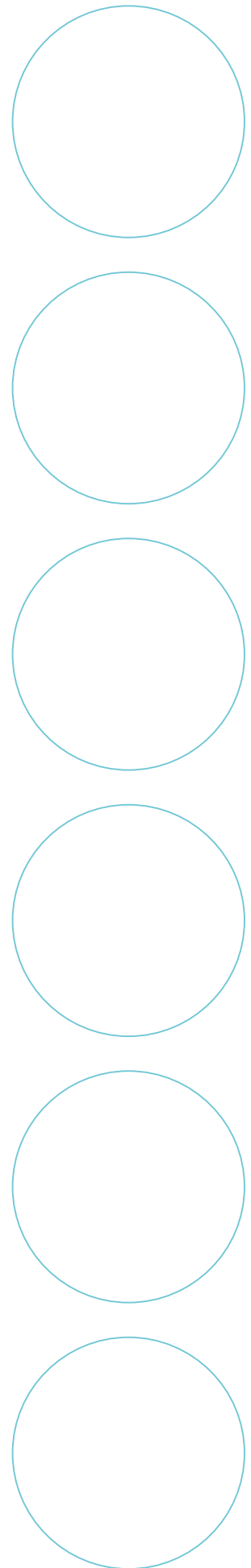
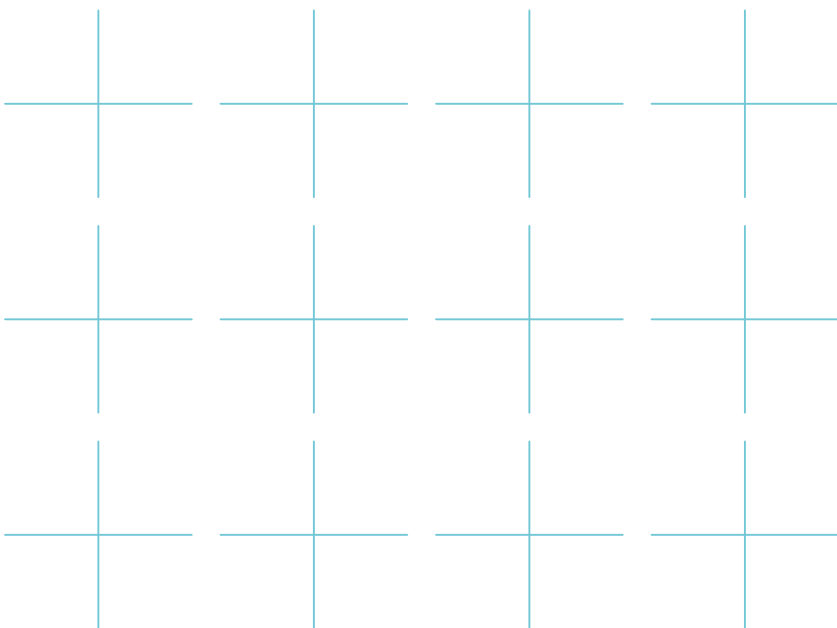
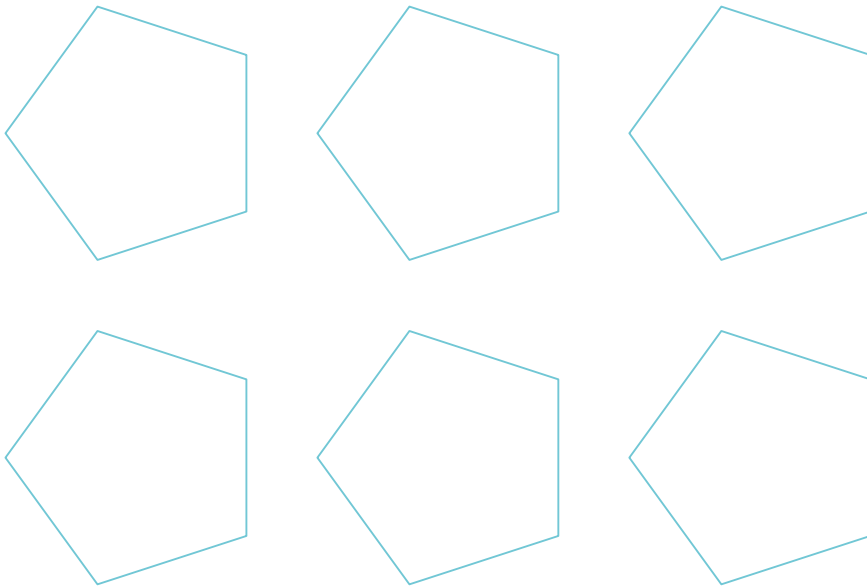


工作部品

4

工作部品

風を受けて回る物を自由に考えてください。
3の円盤や腕に貼り付けたり、ぶら下げて
使います。



第3章

STEM 教育とプログラミング教育の融合

3-1 大学生が小・中学生に教えた事例

伊藤愛美・佐藤那乃

筆者らは現職教員だが、大学生の時に小・中学生にプログラミングを教えるにはどうしたらよいか、事例的に研究を行った。本稿はその経験を踏まえて再考したものである。

1. 文部科学省による教育施策

文部科学省(2016a)は、これからの未来を担う子供たちに身につけてほしい力として「解き方があらかじめ定まった問題を効率的に解いたり、定められた手続を効率的にこなしたりすることにとどまらず、直面する様々な変化を柔軟に受け止め、感性を豊かに働かせながら、どのような未来を創っていくのか、どのように社会や人生をよりよいものにしていくのかを考え、主体的に学び続けて自ら能力を引き出し、自分なりに試行錯誤したり、多様な他者と協働したりして、新たな価値を生み出していくこと」の重要性を示している。また、このような力を身につけさせるために学校教育に「社会や産業の構造が変化し、質的な豊かさが成長を支える成熟社会に移行していく中で、特定の既存組織のこれまでの在り方を前提としてどのように生きるかだけでなく、様々な情報や出来事を受け止め、主体的に判断しながら、自分を社会の中でどのように位置付け、社会をどう描くかを考え、他者と一緒に生き、課題を解決していくための力の育成」(文部科学省, 2016 a)が必要であることを示している。

さらにこれらの資質・能力の育成に向けた教育課程の目指す方向と課題として、「目指す方向は、教科等を学ぶ本質的な意義を大切にしつつ、それぞれの教科等の学びを教科等の縦割りにとどめるのではなく、教科等間の相互の関連を図ることによって、子供たちが生きて働く知識を習得し、学びを人生や社会に生かそうとしながら、未知の状況にも対応することを可能とする教育課程である。新しい学習指導要領等には、こうした教育課程の編成や創意工夫にあふれた指導の充実に資するため、「生きる力」とは何かを資質・能力として具体化し、教育目標や教育内容として明示したり、教科等間のつながりを示したりしていくこと」(文部科学省, 2016a)を挙げている。すなわち、教科等の縦割りにとどめるのではなく、教科等間の相互の関係を図る教科横断型学習の必要性に言及していると言える。

平成27年8月27日に中央教育審議会の教育課程企画特別部会が新しい学習指導要領の目指す姿として示した「論点整理」(文部科学省, 2015)では、「各教科等の文脈の中で身につけていく力と、教科横断的に身に付けていく力とを相互に関係付けながら育成していく必要がある」と述べている。これらをふまえて松原・高阪(2017)は、「体系的な知識をどう使い、どのように社会・世界と関わっていくかを意識するためには、「何を学ぶか」に、教科横断的な内容だけではなく、社会・世界との関わりの中でそれを実践する場について

も含めることが重要である」と述べている。これまで『学習指導要領解説理科編』（文部科学省,2008）では「ものづくりなどの科学的な体験や身近な自然を対象とした自然体験の充実」等を図り、日常生活とのつながりを意識する場をある程度用意していた。しかし社会や周囲の環境、日常生活等における課題を発見し、児童生徒自身の知識を活用した「よりよく生きる力」を育成するには、現行の学習指導要領に基づいた各教科の教育だけでは教科横断型の学習形式や実践の場は十分であるとは言えない。これらの報告からわかるように、子ども達には様々な場面において対応できる資質・能力が求められているにも関わらず、日本の教育現場では教科ごとの領域の区分が細分化され、合科的な教育を推進する障壁となっている。このことから、教科横断型学習が活用しきれていないことがわかる。しかし、今後は児童生徒の課題発見・解決能力や知識を活用し、よりよく生きる力を育成するために、教科横断型学習等の場をさらに充実させる必要があると考えられる。

よりよく生きる力の育成のために学習指導要領がどのように改変され、新しく何が求められるようになったか検討するため、また、プログラミング教育の位置づけを比較するために、以下に前学習指導要領理科編（文部科学省,2008）と新学習指導要領理科編（文部科学省, 2018）の内容を記載する。

表1 新学習指導要領理科編（文部科学省, 2018）と旧学習指導要領理科編（文部科学省, 2008）の内容比較

新学習指導要領 理科	旧学習指導要領 理科
<p>第3 指導計画の作成と内容の取扱い</p> <p>2 第2の内容の取扱いについては、次の事項に配慮するものとする。</p> <p>(2) 観察、実験などの指導に当たっては、指導内容に応じてコンピュータや情報通信ネットワークなどを適切に活用できるようにすること。また、第1章総則の第3の1の(3)のイに掲げる<u>プログラミングを体験しながら論理的思考力を身に付けるための学習活動を行う場合には、児童の負担に配慮しつつ、例えば第2の各学年の内容の〔第6学年〕の「A物質・エネルギー」の(4)における電気の性質や働きを利用した道具があることを捉える学習など、与えた条件に応じて動作していることを考察し、更に条件を変えることにより、動作が変化することについて考える場面で取り扱うものとする。</u></p>	<p>第3 指導計画の作成と内容の取扱い</p> <p>2 第2の内容の取扱いについては、次の事項に配慮するものとする。</p> <p>(1) 観察、実験、栽培、飼育及びものづくりの指導については、<u>指導内容に応じてコンピュータ、視聴覚機器などを適切に活用できるようにすること。</u>また、事故の防止に十分留意すること。</p>

加えて、文部科学省は「小学校プログラミング教育の手引」(文部科学省,2019)のなかで、以下の3点を小学校プログラミング教育の大まかなねらいとして挙げている。

- ①「プログラミング的思考(自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力)」を育む
- ②プログラムの働きやよさ、情報社会がコンピュータをはじめとする情報技術によって支えられていることなどに気づき、身近な問題の解決に主体的に取り組む態度やコンピュータ等を上手に活用してよりよい社会を築いていこうとする態度などを育む
- ③各教科等の内容を指導する中で実施する場合には、教科等での学びをより確実なものとする

また、中学校学習指導要領総則(文部科学省,2017)において、プログラミング的思考を含む情報活用能力を育成していくことができるよう、「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るもの」とし、技術・家庭科の技術分野において指導することを規定している。

さらに、「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)」(平成28年6月16日小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議)では、学校教育として実施するプログラミング教育において次のような資質・能力を育むとしている。

- 【知識・技能】**
- (小) 身近な生活でコンピュータが活用されていることや、問題の解決には必要な手順があることに気付くこと。
 - (中) 社会におけるコンピュータの役割や影響を理解するとともに、簡単なプログラムを作成できるようにすること。
- 【思考力・判断力・表現力等】**
- ・発達の段階に即して、「プログラミング的思考」(自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力)を育成すること。
- 【学びに向かう力・人間性等】**
- ・発達の段階に即して、コンピュータの働きを、よりよい人生や社会づくりに生かそうとする態度を涵養すること。

以上のことから、小学校におけるプログラミング教育では、最終的に子供たちがプログラミングをできるようになることが目的なのではなく、プログラミング教育を通して論理的思考力を育むことや情報化社会に対応する力の育成が目的であるとわかる。さらに、中学校及び高等学校では、発達段階に応じた教科学習の中で問題解決能力や、適切

な情報を創造する力、情報活用能力等を育成することが目的であると考えられる。これらの力が求められる背景として我が国が目指すべき未来社会の姿がある。

2. ロボットと未来研究会

我が国のSTEM教育の研究において実践的な研究を重ねている埼玉大学STEM教育研究センターの成果は注目に値する。埼玉大学STEM教育研究センターでは、教育方法および指導者育成に関する研究専門家を中心に、外部共同研究機関、地域等と協力し埼玉大学STEM教育研究センターを設立している。埼玉大学STEM教育研究センターの資料では埼玉大学STEM教育研究センターの目的として以下のことを記している。

- ①ものづくりの活動を通じた教育方法に関する研究開発を行う
- ②従来の科学技術教育、理数教育を捉え直し、STEM教育として学習内容の体系化を進める研究開発を行う
- ③学校教育、社会教育で求められるSTEM教育を指導できる、指導者育成の内容と方法に関する研究開発を行う
- ④研究を推進するために、開発した新しい教育活動を実証研究するフィールドを大学内に設置する
- ⑤国内外の関係研究機関と連携してSTEM教育について国際的に情報発信できる研究拠点を形成する

埼玉大学STEM教育研究センターではこれらのことを目標としながら、様々な研究活動を行っている。例えば「ロボットと未来研究会」では実践的な研究とものづくり活動を通じて子どもたちの主体的な学びを推進している。また、小学校と連携した授業づくりも行っている。このような教育実践を通じて、将来的にもっとSTEM教育の有用性や活用方法を考え、学校現場で活用し、未来の子どもたちの生きる力や情報活用能力の向上を図っていくことが重要になってくると考えられる。また、積極的に学生や現場の教員がSTEM教育を用いた教育方法を学んだり、興味をもって研究機関に参加したりして子どもたちの21世紀型学力育成に尽力していくことが必要になると言える。

以上のことから21世紀型学力を必要とする未来社会を生きていく人材の育成に学校教育が関わっていく中で、できることの一つとして挙げられるのがものごとを論理的に考えるプログラミング的思考の育成である。「ロボットと未来研究会」で大切にしているのはモチベーション3.0をもとにした主体性を育てる取り組みと過干渉の回避である。モチベーション3.0とはアメリカの作家であるピンク(2010)が提唱した考えであり、変化の激しいこれからの時代を生き抜くために必要とされる「自分の内側から湧き出るような動機付け」のことである。モチベーション3.0の特徴は、①自主性(目的・課題等を自分で決める)、②成長(自身の目標達成のために鍛錬を重ねる)、③目的(利他的なもの)の3つとされ、これらを組み込むことで自主性や主体性を育成できると考えられる。

つい「教えてあげたい」「時間内に終わらせたい」という気持ちから子どもに対して、過干渉になりがちである。しかし教師の過干渉は学習に対して子どもを受け身にしてしま

いがちであり、今までに述べてきた資質能力のうち社会・世界との関わりの中でそれを発揮しようとする能力の育成は困難となる。Society5.0の社会を生きていく人材を育成していく教育は、これからプログラミング教育等を通じて主に主体性の育成を目指していくことが必要であると考えます。

これらのことを踏まえ、より短い研修時間の中でプログラミング教育の教育方法を得るとともに、幅広く活用でき、教員の不安や負担要素の解決ができる授業案を提案・実践していく。さらに、過干渉にならない指導の在り方についても着目していく。

3. 提案における視点

(1) STEM教育の視点から(工夫①)

STEM教育とプログラミング教育の包含関係を活用し、児童生徒の情報創造力、問題解決能力などの文部科学省(2010)が求めている21世紀型スキルの育成を目指す。今回はプログラミング教育を通じて、児童生徒自身で作成したいもののイメージを膨らませることによる「情報創造力」、作成し、動かすためにどうすればよいのかを考える「問題解決力」、プログラミングをスクラッチというアプリケーションを行うことによる「ICT活用力」等の育成を目指す。

(2) 教員にとっての実施しやすさ(工夫②)

教員にとってプログラミング教育は、自分が子どもの頃に習ってこなかった領域であり、その実施に関して不安を覚える教師が多い。不安を感じる主な理由として「日々の業務でプログラミング教育のことを考える時間や余裕がない」こと、「具体的な指導案や授業例などの情報を得られていない」こと、「具体的な指導案や授業例などの情報を得られていない。」ことが挙げられている(LINEみらい財団,2020)。そこで、現場の先生方がイメージしやすく且つ応用が利く授業案を考える。

(3) 主体性の育成(工夫③)

文部科学省(2019)は「小学校プログラミング教育の手引き」の中で小学校プログラミング教育のねらいの一つに「身近な問題の解決に主体的に取り組む態度やコンピュータ等を上手に活用してよりよい社会を築いていこうとする態度を育む」ことを挙げている。そこで、児童生徒がプログラミング教育を通じて、身近な物事に対し主体的に考え、作業することのできる授業を展開していく。

(4) 過干渉の回避(工夫④)

授業の中にモチベーション3.0の特徴を取り入れ、自主性や主体性を育成することをねらう。今回提案する指導案では、教師の過干渉を回避するために、プログラミングの方法については資料を見ればわかるように準備し、困っているときにのみ教師が声がけ

をするように計画した。また、児童・生徒が周囲との協力、話し合い等のコミュニケーションを通じて自身の思考が広がるよう工夫した。

4. 提案

(1) プログラミング教育とキャリア教育の横断的実践

教科横断的な授業展開の先駆けとして、プログラミング教育とキャリア教育を横断的に実践する。キャリア教育とは「一人一人の社会的・職業的自立に向け、必要な基盤となる能力や態度を育てることを通して、キャリア発達を促す教育」(中央審議会,2011)と定義されている。キャリア発達とは「社会の中で自分の役割を果たしながら、自分らしい生き方を実現していく過程」(中央審議会 同上)であり、多角的な視点の下に様々な選択肢を知ることが、キャリア教育において重要であるといえる。レゴブロックで物を作る「ものづくり」と、スクラッチを用いてプログラミングを組み立ててハンディファン(手持ちの小型扇風機)を動かすという「プログラミング教育」の2つの視点から行う本実践は、多角的かつ創造的に探究することが求められるキャリア教育と親和性が高いと考えられる。加えて、日常生活において身近である扇風機を作る過程を経ることで、実生活と関連させながら問題解決的に取り組むことが期待される。

(2) 授業モデル

本提案は中学生を対象とした授業内容である。高校進学や将来就きたい職業などを意識し始める中学生に向けて、プログラミング教育とキャリア教育の両立を図りたい。加えて、対話的かつ問題解決的な授業の実現を目指し、以下の3つに留意して行う。

対話を生むために、授業内の活動は全て3～4人のグループで行う。

- ・デザインの提示はせず、グループで話し合っ自分たちの作りたいハンディファンを作る。
- ・キャリア発達の観点から「自分で作ったものを自分の手で動かす」ことを重視するため、扇風機を動かすためのプログラミングは単純なものにする。

① 本時の目標

- ・情報機器の操作によって自分の作ったものを自ら動かすことで、情報機器の活用とものづくりそれぞれの重要性に気付く。
- ・道具を作る楽しさを実感する。
- ・キャリア教育の視点から、目的意識を持って学び続けていくことが、人や社会の役に立つことにつながっていくことを理解する。

② 本時の展開

	学習内容 ・ 生徒の活動	○留意点等 ○評価
導入 (5分)	1. 将来についてのイメージをもたせる。 ・ 将来就きたい職業や知っている職業について発表し、共有する	○キャリア教育の視点から、興味のある職業やその印象について発表させて共有することで、将来について意識を向けさせる。 ○生徒から出た職業から、ものづくりやプログラミングに関係する職業に着目し、今回の学習につなげる。
展開① (23分)	2. モーターを使った工作でハンディファンを作る。 ・ ハンディファンの特徴や、なくてはならない機能などを確認する。 ・ グループごとにハンディファンのデザインを話し合って考え、ワークシートに書く。 ・ どのレゴブロックを使えばいいか、分担はどうするかなどをグループで相談して決めておく。	○日常生活に身近なハンディファンを作ることで、日常生活に関わりを感じながら取り組めるようにする。 ○ハンディファンの特徴や、どんなハンディファンを作りたいかを全体で共有してハンディファンのイメージをもたせる。その際に、羽根が不可欠であることやモーターを付ける位置など、基本的なことは全体共有で押さえておく。 ○実際のハンディファンを見せることでイメージを具体化し、レゴブロックに親しみのない生徒も主体的にハンディファン作りに取り組めるようにする。 ○グループで相談して決めたハンディファンのデザインを書くワークシート(紙)を配布する。自ら決めたデザインを可視化することで、ものづくりへの関心を高める。
展開② (12分)	3. プログラミングをする。 ・ スクラッチを用いて、プログラミングに挑戦する。 4. プログラミングでモーターを制御してハンディファンを動かす。	○プログラミングの技術向上ではなく“自らのプログラミングによってハンディファンを動かす”という経験を重視する。そこで、参考資料を見ながら、生徒が自分でプログラミングをするように意識づける。 ○キャリア発達を意識して「どうしたら思った通りに動くだろう」「どんなハンディファンにしたい？」といった“プログラミング”と“ものづくり”の視点を繋ぐような声掛けを行う。例えば、外から家に帰ってきたときに、玄関に入るとハンディファンが回って洋服のついている花粉を吹き飛ばしてくれるようになど、ヒントを提示する。 ○上手くいかない場合があっても良いことを伝えておく。その上で、グループで原因を探して解決するように促す。情報機器を活用することで自ら物を動かす面白さに気付かせ、生徒が達成感を味わえるようにする。 ○作ったハンディファンの写真や動画を撮っておくように促すことで、次回以降のプログラミング学習に教員と生徒が生かせるようにしておく。
まとめ (5分)	5. 感想を共有する。 ・ ワークシートに感想を書かせて発表させる。	○ワークシートに感想を書かせ、発表させる。 ○ものづくりと情報機器の活用それぞれの重要性に気付くことができる。(発言・ワークシート)

5. 所感

筆者らが大学生のときに、中学生に向けてプログラミングを取り入れたキャリア教育の授業実践を行った。実際にプログラミングをしたり作ったものを動かしたりするとき、子どもたちはとても生き生きと活動していた。実践の最後の感想では「初めてプログラミングをやりましたが、自分で作った扇風機を動かすことができ嬉しかった。」「小学生のときにもプログラミングをやったことがあったので、またできて嬉しかった。」という発言を得ることができ、子どもたちが達成感をもって取り組んでいたことが伝わってきた。また、小学校からプログラミングに触れたりキャリア教育につなげたりする重要性を痛感した。筆者らは、勤務校ではICT担当をするなど、他の教員と連携しながら情報教育の推進に努めている。しかし、GIGA スクール構想が提示されてから数年経つ今でも、プログラミング教育やSTEAM教育が進められているとは言えない。要因に、タブレット端末を利用した教材の増加に伴い教員が覚えて教えなければいけないものが増えたり、多忙なためにプログラミングに関する教材研究の時間まで十分に確保できなかつたりすることがあることを実感している。プログラミングをただ覚えて教えるのではなく、STEAM教育やキャリア教育など、子供の将来に興味があるような教育を展開していきたいと感じる。そのためにも、今回の提案のように、教育現場で教員が実践できるような具体的な授業モデルが増えていくことを願う。



引用・参考文献

- ・文部科学省 (2016a) 『次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめ (第1部)』中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会。
- ・文部科学省 (2015) 『教育課程企画特別部会 論点整理』中央教育審議会初等中等教育分科会。
- ・松原憲治・高坂将人 (2017) 「資質・能力の育成を重視する教科横断的な学習としてのSTEM教育と問い」『科学教育研究』Vol.41, No.2.
- ・文部科学省 (2018) 「小学校プログラミング教育の手引 (第一版)」。
- ・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)」
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm
- ・日本STEM教育学会 HP <https://www.j-stem.jp/>
- ・Beyond編集部 (2018) 「モチベーション3.0とは? 持続する「やる気」で組織を活性化」。
<https://boxil.jp/beyond/a5527/>

- ・ 文部科学省 (2010) 『学校教育の情報化に関する懇談会（第7回）』 資料1
- ・ LINE 未来財団 (2020) 「LINE 未来財団、プログラミング教育必修化に関する調査を実施 不安を感じている教員が7割以上、特に20-34歳の若い世代は約9割」
<https://linecorp.com/ja/csr/newslist/ja/2020/259>
- ・ 中央教育審議会 (2011) 『今後の学校におけるキャリア教育・職業教育の在り方について(答申)』

3-2 埼玉県川口市立芝富士小学校の事例

星名由美・大串幸司・駒崎麻里絵

川口市立芝富士小学校では、令和元・2年度、川口市教育委員会の「プログラミング教育」に関する研究委嘱を受け、「プログラミング的思考を育てる授業の創造」について研究を推進した。学校全体としてカリキュラムマネジメントを実施し、発達段階に応じたプログラミング的思考を育成するための年間指導計画について研究を重ね、「芝富士小モデルとなるカリキュラムを作りたい」という目標の基に、研究委嘱後も「ICT・STEM教材の活用」について授業実践を行っている。毎年、本報告書の科研費研究と連動し、機器の提供と指導助言を受けて全教職員が参加するプログラミング教育に関する教員研修を行い、その成果を教職員が日々の授業実践を通して試行錯誤しながら取り組んでいる。

芝富士小学校では、低学年から教科の中でプログラミング教育を取り入れ、発達段階に応じた複数のSTEM教材を大学と連携して機器の提供を受けながら授業実践をしている。校内には、教材ごとのエラー一覧やヒントカードの掲示などの工夫も多い。現在、芝富士小学校では、様々な学年・教科で、系統的にプログラミング教育ができるようにカリキュラムが整いつつある。学校全体で指導案を共有し、次年度に担当する学年で改善を加えながら取り組んでいる。公立小学校では、教職員の異動も多く、プログラミング教育について一部の教職員だけで進めているとプログラミング教育の実践継続が困難であるため、複数の教職員を軸としながら学校全体で取り組み、移動してきた教職員も協働して実践しやすい環境づくりが必要である。また、プログラミング教育の取り組みについて不安を抱えている教職員が多いこともこれまでの研究から明らかになっている（星名・野村,2021）。

そのため、このように学校全体としての年間指導計画の枠組みがあること、またその指導案を共有していることから、学校によってプログラミング教育の取り組みに差があることを踏まえても、移動してきた教職員にとっても、不安を抱えている教職員にとっても、安心して授業設計に取り組める環境になっている。本報告書では、第3学年の教科で学んだことを活かし、第4学年の総合的な学習の時間でさらに問題解決的な課題につながっている系統的な学習の一端を指導案として紹介する。

第3学年 理科学習指導案

1 単元名「電気の通り道」

2 指導観

第3学年からプログラミン的思考について学習することについては、学習の発展的な段階「おもちゃづくり」として扱う。児童にとって電球が点滅するものは、自転車のライトや懐中電灯、おもちゃなど身の回りにたくさんある。また、スイッチを入れたり切ったり

して点滅させることは児童に容易にみられる操作であり、それを自動化させたいという発想は、児童にとって魅力のある活動でもある。プログラミング的思考についての学習に今回「micro:bit」を使った活動は、児童が主体的に体験的に活動することができ、「電気の通り道」で学習する内容をより確実に身につけることが期待できる。

3 単元の目標

乾電池と豆電球などのつなぎ方と乾電池につないだ物の様子に着目して、電気を通すときと通さないときのつなぎ方を比較しながら、電気の回路について調べる活動を通して、それらについての理解を図り、観察、実験などに関する技能を身に付けるとともに、主に差異点や共通点を基に、問題を見いだす力や主体的に問題解決しようとする態度を養うことができるようにする。

4 本時におけるプログラミング教育の位置付け

本単元は、学習指導要総則「プログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身につけるための学習活動」が明記されたことに基づき指導する。

また、「小学校プログラミング教育の手引き第三版（文科省）」の第2章小学校プログラミング教育で育む力「小学校におけるプログラミング教育のねらいは、（中略）①「プログラミング的思考」を育むこと、②プログラムの働きのよさ、情報社会がコンピュータ等の情報技術によって支えられていることなどに気づくことができるようにするとともに、コンピュータ等を上手に活用して身近な問題を解決したり、よりよい社会を築いたりしようとする態度を育むこと、③各教科等の内容を指導する中で実施する場合には、各教科等での学びをより確実なものにすること」に基づいて指導する。

5 単元計画（1 1時間）

- 第一次 電気の通り道（3時間）
- 第二次 電気を通すもの通さないもの（3時間）
- 第三次 深めよう 豆電球を使ったおもちゃ作り（3時間）
- 第四次 深めよう コンピュータで制御したおもちゃ作り（2時間）
 - （1） microbit の使い方を知る。
 - （2） microbit で制御してみよう（本時）



6 本時

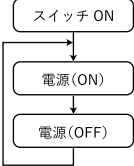
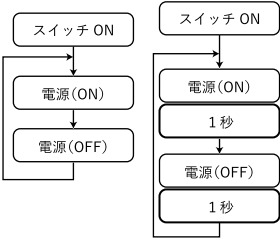
（1）目標

電気の回路についての事物・現象に進んで関わり、他者と関わりながら問題解決しようとしている。また、自動で点滅するライトについて、制御するプログラムを考えたり、再現

したりする活動を通して、電気を効果的に使用する仕組みを考えることができる。

(2) 展開

	学習活動	教師の働き掛けと予想される児童の反応	■評価 ◎ ICT 活用の留意点 ○その他の留意点
5	1 本時の課題をつかむ。	<p>T「理科の授業でパトカーのライトが点滅するおもちゃを作りましたね。その時は、地面にアルミ箔をセットしましたが、本当の道路にアルミ箔はありませんよね。では、パトカーのライトの点滅は、人が電気を点けたり消したりずっとしているのでしょうか。」</p> <p>C「いいえ。スイッチを押したら点滅するようにできていると思います。」</p> <p>T「点滅を自動化することができたら便利だね。作れるかな？」</p> <p>C「作ってみたいな」</p> <p>T「micro:bit で作ってみましょう。」</p>	<p>○ LED の回路の電源を点けたり消したり繰り返し操作をしながら質問する。</p> 
3	(1) 人の動作の手順を考える。	<p>T「人が点滅させる時の動作の手順を確認してみよう。」</p> <pre> graph TD A[スイッチ ON] --> B[電源 ON] B --> C[電源 OFF] C --> A </pre>	<p>◎ tfabworks の理科セットを資料する。</p> <p>◎機能拡張</p> <p>「tfabworks/stem」を使用する。その際の入力作業は補助する。</p> <p>◎はじめの電源は電池ボックスのスイッチを使用する。</p> <p>◎つかない原因について、すぐに答えを提示しない。</p>
10	(2) microbit に伝えるブロックを考え、確かめる。	<p>T「では、これを micro:bit に、どのように伝えればよいか考えましょう。出来たら実際に動かしてみてください。」</p> <p>※予想されるブロック</p> 	<p>◎点滅させるまでの人の手順を確認する。</p> <p>◎ LED 回路×2 使用</p>

<p>20</p>	<p>(3) 失敗の原因を話し合い、修正する。</p>	<p>C「先生、つきません」 T「ついていないように見えますよね」 T「人が点滅させる時の動作の手順をもう一度確認してみよう。」</p>  <p>T「ここで、どなたか実際に点滅させてくれる人はいますか。」 ※はじめの LED 回路を渡す。 ※2人選ぶ。1人目は、ゆっくりのリズムでスイッチの切り替えを教え、2人目は、早いリズムで教える。 ※2人同時だと点滅のリズムがずれることを確認する。</p> <p>T「1人でやると簡単ですが、2人で合わせるとなると、難しいですね。どうしてずれるのでしょうか。」 C「2人の点滅させるリズムが違うから。」 T「では、どうすればリズムを合わせられますか。」 C「『せーの』で合わせる。」「声で合わせる。」 C「相手を見て合わせる。」 T「組んだ相手によって毎回変わりそうですね。誰と組んでも同じリズムになる方法がないですか。」 C「リズムを決めればいいんじゃない。」 T「どうやってリズムを決めますか。」 C「メトロノームを使えばいい。」 T「教室には、時計しかありません。」 C「時計使えばいい。」 T「時計をどうやって使いますか。」 C「時計の秒針の動きに合わせていい。」 C「ちゃんと何秒って決めたらいい。」 T「時間を入れて考えてみましょう。」</p>  <p>C「これなら、同じリズムで点滅出来そうだ。」</p>	<p>■うまくいかない問題点について、自分の考えを伝えている。</p> <p>◎児童が電気を点けたり消したりする動作は、各々の児童が感じているリズムで点滅をさせている。(時間を意識していない)。よって、ここで他者とリズムを合わせさせ、時間を意識させる。 ○どうしても声や目に頼る時には、2人の間にパーティションを立てたり、喋らないことをルール付けたりする。</p> <p>○秒針のついた時計を示す。</p> <p>■人の思考と、コンピュータに必要なもの(「時間」など)とを比べて考えている。</p> <p>○時間(秒)のプレートを挟んで、視覚的に「時間」を意識させる。</p>
-----------	-----------------------------	---	---

	(4) 改良する	<p>T「時計に合わせて、やってみましょう。」 ※時計に合わせて2人で点滅させ、リズムが合っていることを確認する。 C「『時間』って大事だね。」 T「micro:bitに時間のブロックってあるのかな。」 C「先生、ありました。」 T「では、時間のブロックを入れて作ってみましょう。時間は何秒にしますか。」</p>   <p>C「先生、できました。」 C「先生、1秒だと点滅が遅くないですか。時間を調節して早くしてもいいですか。」 T「適切な点滅のリズムを皆さんで話し合って、決めてください。」</p>	<p>◎表示が「1000ミリ秒」となるが、「1秒」であることを伝える。</p> <p>○「理科セット」のLEDの大きさに合わせた「パトカー」を乗せ、児童にパトカーの点滅を視覚的にイメージできるようにする。</p>
5	3 学習のまとめをする。	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>「『時間』など micro:bit に必要なものは何かを考えてプログラムすれば、ライトの点滅を自動化することができる。」</p> </div> <p>C「自分で ON,OFF をやっているときは、「ずっと」や「時間」をあまり意識してなかったね。」 C「自動化したら、ずっとやってくれるから、便利だね。」 Micro:bit や電池、理科セットを丁寧に片付ける。</p>	<p>■人の思考と、コンピュータに必要なもの（「時間」など）とを比べて考えている。</p> <p>○丁寧に過不足なく片付けさせる。</p>
2	4 片付け		

引用文献

- ・星名由美・野村泰朗(2021)「STEM教育に基づくプログラミング教育の教員研修プログラム開発」, 埼玉大学紀要, 教育学部, 70(2), pp.269-277.

第4学年 総合的な学習の時間学習指導案

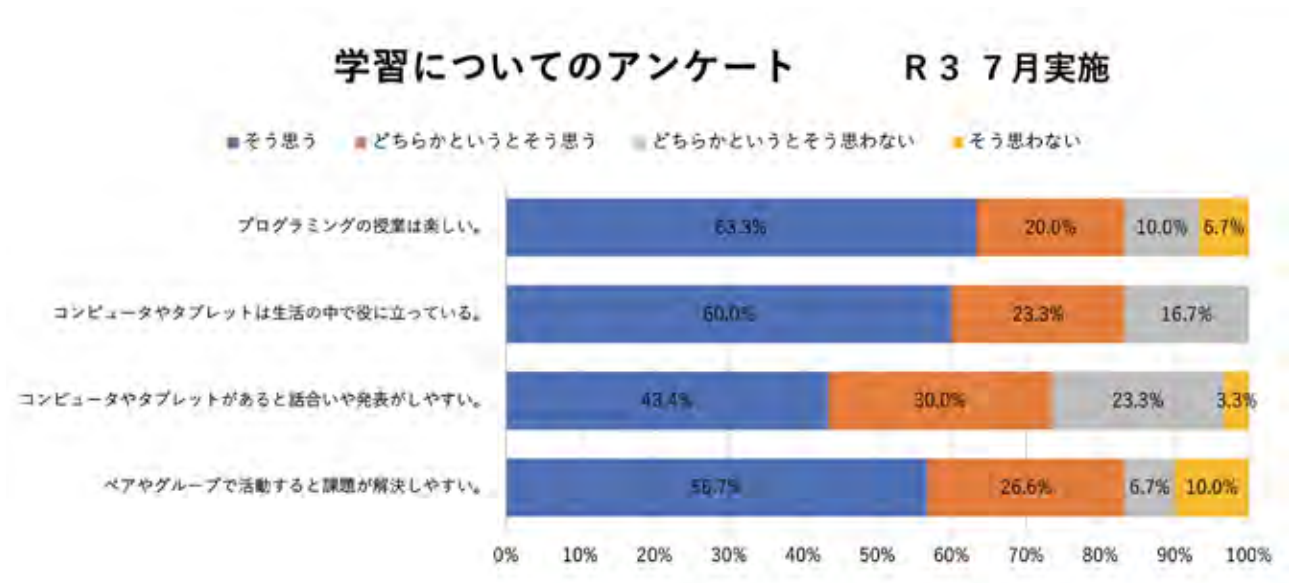
授業者 教諭 駒崎 麻里絵

1 単元名 福祉って何だろう(福祉)

2 単元について

(1) 児童の実態

本校の4年生を対象に「プログラミング教育」に関わる学習についてのアンケートを実施した。結果は以下の通りである。



この結果から、プログラミングの授業を楽しんでいる児童が多いことが分かる。授業の他にもクラブ活動や全校で取り組んでいる「プログラミングチャレンジ」等を通して、プログラミングと関わる機会が増え、プログラミングを身近に感じている児童が増えてきたのではないかと考える。また、90%の児童がコンピュータやタブレットを使うのは楽しいと感じており、ICT機器への抵抗は比較的少ないことが分かる。今年度から一人一台のタブレットPCが整備され、2学期にはオンライン授業も始まった。校内では、調べ学習でインターネットを活用したり、Formsで算数のクイズに回答したりと少しずつ活用の場が広がっている。

コンピュータやタブレットが生活の中で役に立っていると何となく感じている児童は多いものの、どのように役に立っているのか具体的に考えたことのある児童は少ないと予想している。また、コンピュータやタブレットがあると話合いや発表がしやすいと思う児童が半数以上いる一方で、8名の児童がそう思わないと回答している。それに関わり、ペアやグループで活動すると課題が解決しやすいと考える児童が多い一方で、5名の児童はそう思わないと回答している。授業の実態として、どの教科等でも課題解決に向かえるグループとそうでないグループがある。これらの結果を合わせると、ICT機器を用いて話合

いをしながらグループで課題を解決していくことにはまだ難しさがあり、成功体験が少ない。そのため自信のない児童が一定数いるのではないかと考える。

総合的な学習の時間について、1学期は「自然と環境を知ろう」をテーマに学習活動を行った。自分の課題を解決するために本やインターネットを用いて調べ学習をしたり、アンケートを実施したり、校務員さんにインタビューをしたり、自分で調べる方法を選んで活動することができた。学習のまとめとして、グループで新聞を作成し、発表会を行った。

(2) 教材観

本単元は、「福祉って何だろう」という単元で福祉をテーマとしている。1学期に調べた環境と異なり、多くの児童にとって身近なものという意識が低く、初めは難しく感じてしまうテーマであると予想される。そのため、まず福祉という言葉について調べ、一緒にウェビングマップを作成していく。その際に1学期に車イスバスケットボールを体験し、選手やスタッフの方に話を聞いた経験を想起させたい。その後、児童には「バリアフリー」や「盲導犬」など福祉を学習するうえで必要なキーワードについて本やインターネットを活用して調べさせ、障害がある人（目が見えない人、耳が聞こえない人、手足が不自由な人は何に困っているのか）を考えることを通して、障害のある人への理解を深めていく。また、アイマスク体験や車イス体験を行い、日頃生活する上での難しさや大変さを実感させたい。それらの活動を通して、福祉のために自分ができることや、障害があり困っている人を助けるためにはどのようなことができるのか、またどのようなものがあると便利なのかなどを考えさせる。実際に自分で考えたアイデアをもとにプログラミングを行い、道具を作ったり動かしたりしていく活動も入れ、学習を進めていく。

(3) 指導観

本単元は、福祉について課題をもち、調べたり体験したりする活動を通して、障害のある人やお年寄りへの理解を深め、共に住みやすい社会を築いていくためにはどうしたらよいかを考え、福祉に対して主体的に関わっていこうとする態度を育てることがねらいである。また、新学習指導要領解説では「探究的な学習における児童の姿」の中で①課題の設定、②情報の収集、③整理・分析、④まとめ・表現といった学習活動を発展的に繰り返していくと示されている。

1学期の総合的な学習の時間の反省点として、自分の考えを表現することが難しく、なかなか交流できないグループがあったことが挙げられる。これは、児童が自分にとって「解決したい」と強く思う課題ではなかったことが原因だと考えている。そのため、今回は事前アンケートや福祉に関するデータを用意してクラス全体で気付きや疑問を出し合うことにより、児童がより具体的で「解決してみたい」と思える課題が設定できるようにする。

本時で実施する「プログラミング教育」については、「プログラミング教育の手引第三版」において、「B 学習指導要領に例示されていないが、学習指導要領に示される各教科等の内容を指導する中で実施するもの」と分類されている。

本時では、総合的な学習の時間でこれまでに学習している「福祉」についての知識や

考えてきたこと、体験して実感した障害がある人の大変さをもとに、課題に取り組むことをねらいとしている。そこで「micro:bit」を活用し、「高齢者や障害のある人の生活をよりよくする道具を考える」をテーマにプログラミングをして作成する活動を行う。1学期に理科の授業で使用した教材（モーター、プロペラ、豆電球、台車等や micro:bit 用理科ボード（TFWRK2 と micro:bit を接続して、道具を作成する。道具を作成しながらアイデアを出し合い、よりよいものにできるように繰り返しプログラミングをしていく。具体物を操作しながら行うプログラミングはこれが初めてで、micro:bit は今まで1度も使ったことのない教材のため、基本的な使い方を知る時間も確保する。

プログラミングでトライ&エラーを繰り返しながら意図した動きに近づけていく過程で、うまくいかないことや分からないことが出てくる。その時にはペアでの活動を取り入れ、相談しながら課題を解決していく。アンケート結果にあるようにペアやグループでの活動を苦手としている児童にもそのよさや達成感を味わわせられるように、話し合いを助ける手立てとして掲示物を作成する。

3 研究主題とのかかわり

(1) 研究主題

研究主題 「プログラミング的思考を育てる授業の創造」

(2) 研究仮説と手立て

仮説1 プログラミング的思考を具体化したものを学習活動の中に意図的に組み込めば、論理的に考え、主体的に自分の考えを表現できるだろう。

【仮説1に迫るための手立て】

① 論理的思考を育むための活動

考えた道具を作成するには、どのようにプログラミングをすれば自分の意図する動きになるか考える。その際に、一連の動きを一つ一つの細かい動きに分けて、順序や組み合わせを考えていく。言葉にして書いたりペアの児童に説明したりすることで、自分の考えを整理していく。

② 思考の可視化

ワークシートを活用し、どんな道具を作りたいのか、そのような動きをする道具を作るためには、どんな命令をどの順番でしたらよいか等を具体的に計画させる。話し合いの際もワークシートを用いることで、自分だけではなく周りの児童も視覚的に命令を理解することができる。意図した動きにならない場合は、もう一度ワークシートを見て考え直すことができる。

仮説2 様々なツールを効果的に活用し、他者と協働しながら問題解決できれば、論理的に考え、主体的に自分の考えを表現できるだろう。

【仮説2に迫るための手立て】

① ICT・STEM教材の活用

本単元では、micro:bit を活用する。USB ケーブルで児童の GIGA 端末と接続し、ブロックを組み合わせるだけでプログラムを作ることができるので、児童が今までに使ったことのある Scratch と少し似ている。しかし、micro:bit は今回初めて使用する教材で慣れない部分があり、最初に行う準備操作にも時間がかかることが予想されるため、ヘルプカードを用意し、困ったときの一助となるようにする。

② 目的に応じた交流の場の設定

今回は一人一人が自分の考えた道具を動かすためのプログラミングを行う。分からないことやうまくいかないことが出てきた時にはペアの児童に相談し、課題を解決していく。人数が増えると、どうしても自分事にならない児童が出てきてしまう可能性があるので話し合いのできる最小限の人数にした。一つ一つの命令が何を表しているのか、どのように組み合わせたら自分たちが意図した動きに近づくのか、話し合いながら進められるようにする。

③ 全体共有・発表の場の設定

終末には、何人かの児童が作った道具を見せ、全体で共有する。道具が動く様子を発表して終わるのではなく、どうしてそのようにプログラミングをしたのか説明したり、友達の道具のよいところを発見したりすることで達成感をもたせ、次時への学びにつなげたい。

(3) プログラミング教育で育みたい資質・能力

本時の学習では「micro:bit」を活用して、高齢者や障害のある人の生活をよりよくする道具を考え、プログラミングして作成する一連の活動を通して、自分のしたいことを実現するために手順を順次・分岐・反復処理を利用して組み合わせることができる【組み合わせ】ようにすることを目指している。

4 単元の目標

- ・ 高齢者や障害のある人々の暮らしを支援する取組をもとに、支え合うための工夫や努力を続けることの大切さを理解することができる。【知識及び技能】
- ・ 高齢者や障害のある人々について、感じたことをもとに、課題をつくり、課題解決に向けて自分にできることを考えることができる。【思考力、判断力、表現力等】
- ・ 自分と身の回りの高齢者や障害のある人々との関わりを見直すことができる。【学びに向かう力、人間性等】

5 単元の評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
<p>①高齢者や障害のある人々の暮らしを支援する取組をもとに、支え合うための工夫や努力を続けることの大切さを理解している。</p> <p>②高齢者や障害のある人々との支え合い・関わり合いを通して、自分の生活に深く関わっていることを理解している。</p> <p>③高齢者や障害のある人々について調査や体験活動をしたりして収集した情報を図や文章にまとめる方法が分かる。</p>	<p>①高齢者や障害のある人々について、感じたことをもとに、課題をつくり、課題解決に向けて自分にできることを考えている。</p> <p>②「福祉」のために必要な情報を取捨選択したり、複数の情報を比較したり関係づけたりしながら解決に向けて考えている。</p> <p>③相手や目的に応じて、自分の考えをまとめ、適切な方法で分かりやすく表現している。</p>	<p>①自分と身の回りの高齢者や障害のある人々との関わりを見直そうとしている。</p> <p>②高齢者や障害のある人々について、得た知識や自分と違う友達の考えを活かしながら、課題解決に取り組もうとしている。</p> <p>③課題解決の状況を振り返り、あきらめずに高齢者や障害のある人々とよりよい関わり合いに向けて取り組もうとしている。</p>

6 指導と評価の計画（全24時間扱い 本時 16 / 24）

時	主な学習活動	学習内容	評価の観点・方法
1 2 3	<ul style="list-style-type: none"> 福祉という言葉について調べ、ウェビングマップを作成する。 車イスバスケットボール体験を想起する。 福祉に関する学級のアンケートと埼玉県のデータを紹介し気付いたことを出し合う。 高齢者や目が見えない人、耳が聞こえない人、手足が不自由な人について本やインターネットで調べる。 自分たちの住む町について調査する。 	<ul style="list-style-type: none"> 福祉 高齢者 視覚障害者 聴覚障害者 肢体不自由者 点字ブロック 盲導犬 手話 バリアフリー 	<p>【知識・技能①】</p> <p>高齢者や障害のある人々の暮らしを支援する取組をもとに、支え合うための工夫や努力を続けることの大切さを理解している。</p> <p>(ワークシート、授業中の取組)</p> <p>【思考・判断・表現①】</p> <p>高齢者や障害のある人々について、感じたことをもとに、課題をつくり、課題解決に向けて自分にできることを考えている。</p> <p>(ワークシート、授業中の取組)</p>
4	<ul style="list-style-type: none"> 車いす体験をする。 	<ul style="list-style-type: none"> 車いすの押し方 車いすの開き方、閉じ方 声のかけ方 	<p>【主体的に学習に取り組む態度①】</p> <p>自分と身の回り的高齢者や障害のある人々との関わりを見直そうとしている。</p> <p>(ワークシート、体験の様子)</p>
5	<ul style="list-style-type: none"> アイマスク体験をする。 点字の本に触れる。 	<ul style="list-style-type: none"> アイマスクの使い方 視覚障害者 介助の仕方 点字 	<p>【主体的に学習に取り組む態度①】</p> <p>自分と身の回り的高齢者や障害のある人々との関わりを見直そうとしている。</p> <p>(ワークシート、体験の様子)</p>
6 7	<ul style="list-style-type: none"> 調べたことや体験したことをもとに高齢者や目が見えない人、耳が聞こえない人、手足が不自由な人が何に困っているのか考える。 不自由を改善する道具や工夫などがあるか調べる。 自分でも不自由を改善するアイデアを考える。 	<ul style="list-style-type: none"> 支える道具 便利な道具 アイデアや工夫 バリアフリ 	<p>【知識・技能②】</p> <p>高齢者や障害のある人々との支え合い・関わり合いを通して、自分の生活に深く関わっていることを理解している。</p> <p>(ワークシート、授業中の取組)</p>
8 9 10 11	<ul style="list-style-type: none"> micro:bit の使い方を知る。 制御、処理、条件分岐、繰り返しなどの方法について知り、試してみる。 micro:bit を使い、豆電球を点灯させたり、モーターを動かしたりする。 	<ul style="list-style-type: none"> micro:bit の使い方 プログラミングの方法 ボタンの使い方 センサーの使い方 	<p>【思考・判断・表現②】</p> <p>「福祉」のために必要な情報を取捨選択したり、複数の情報を比較したり関係づけたりしながら解決に向けて考えている。</p> <p>(ワークシート、プログラミングの様子)</p>

12	<ul style="list-style-type: none"> 体験活動などを振り返り、改めて高齢者や目が見えない人、耳が聞こえない人、手足が不自由な人についてインターネットで調べる。 	<ul style="list-style-type: none"> 支える道具 便利な道具 アイデアや工夫 バリアフリー 	<p>【知識・技能②】</p> <p>高齢者や障害のある人々との支え合い・関わり合いを通して、自分の生活に深く関わっていることを理解している。</p> <p>(ワークシート、授業中の取組)</p>
13 14	<ul style="list-style-type: none"> 今まで調べたことや体験したことをもとに高齢者や目が見えない人、耳が聞こえない人、手足が不自由な人のためにどのような道具が作れるか考える。 	<ul style="list-style-type: none"> 支える道具 便利な道具 アイデアや工夫 バリアフリー 	<p>【思考・判断・表現②】</p> <p>「福祉」のために必要な情報を取捨選択したり、複数の情報を比較したり関係づけたりしながら解決に向けて考えている。</p> <p>(ワークシート、プログラミングの様子)</p>
15 16 17	<ul style="list-style-type: none"> 考えたことをもとに実際に micro:bit を用いてプログラムして動かしてみる。 動かしてみてもうまくいったこと、うまくいかなかったことを共有して、よりよいものにしていく。 	<ul style="list-style-type: none"> micro:bit の使い方 プログラミングの方法 ボタンの使い方 センサーの使い方 	<p>【主体的に学習に取り組む態度②】</p> <p>高齢者や障害のある人々について、得た知識や自分と違う友達の考えを活かしながら、課題解決に取り組もうとしている。</p> <p>(ワークシート、プログラミングの様子)</p>
18	<ul style="list-style-type: none"> 完成した道具を発表する。 	<ul style="list-style-type: none"> 友人のアイデアなど 	<p>【主体的に学習に取り組む態度③】</p> <p>課題解決の状況を振り返り、あきらめずに高齢者や障害のある人々とよりよい関わり合いに向けて取り組もうとしている。</p> <p>(ワークシート、授業中の取組)</p>
19 20 21 22	<ul style="list-style-type: none"> 調べたことをまとめる。(パソコンを用いてプレゼンソフトを使ってまとめる。) 	<ul style="list-style-type: none"> まとめ方の順序 プレゼンソフトの使い方 文字の打ち方 文字の入れ方 	<p>【知識・技能③】</p> <p>高齢者や障害のある人々について調査や体験活動をしたりして収集した情報を図や文章にまとめる方法が分かる。</p> <p>(授業中の様子)</p>
23 24	<ul style="list-style-type: none"> まとめたことを発表する。 	<ul style="list-style-type: none"> 相手に分かりやすい発表の仕方 	<p>【思考・判断・表現③】</p> <p>相手や目的に応じて、自分の考えをまとめ、適切な方法で分かりやすく表現している。</p> <p>(プレゼン資料、授業中の様子)</p> <p>【主体的に学習に取り組む態度③】</p> <p>課題解決の状況を振り返り、あきらめずに高齢者や障害のある人々とよりよい関わり合いに向けて取り組もうとしている。</p> <p>(プレゼン資料、授業中の様子)</p>

7 本時の学習指導 16 / 24 時


(1) 目標

- 高齢者や障害のある人の生活をよりよくする道具作りに進んで関わり、ペアの児童の考えを生かしながら、問題解決しようとする。

(2) 評価規準

- 高齢者や障害のある人々について、得た知識や自分と違う友達の考えを生かしながら、課題解決に取り組もうとしている。【主体的に学習に取り組む態度】

(3) 展開

学習活動	指導上の留意点・評価 ◎プログラミング的思考	◆仮説に迫る手立て	準備	時
<p>1 前時の振り返りをする。</p> 	<p>○センサーの種類を掲示し、視覚的に確認させる。</p> <p>○道具を作成する際の基本の命令であるため、条件分岐「もし～なら…」の意味をもう一度確認する。</p>	<p>◆仮説に迫る手立て</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <p>使えるセンサーは？</p> <p>人感 音 明るさ 温度 加速度 磁気</p> </div>	<p>・掲示① センサーの一覧</p> <p>・掲示② 命令ブロック</p>	5
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>生活をよりよくする道具を作るためには、どのようにプログラミングすればよいのだろうか。</p> </div>				
<p>3 ペアで今日やりたいことを確認し、命令を考える。</p>	<p>○うまくいったこと、うまくいかなかったことを確認し、今日やることを明確にする。</p> <p>◎入力・出力</p>	<p>◆仮説2〔手立て②〕</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <p>交流の場の設定 (ペア)</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <p>想定される</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;"> <p>うまくいったこと</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人が来たときプロペラが回った。 ・ボタンを押したら電気がついた。 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;"> <p>うまくいかなかったこと</p> <ul style="list-style-type: none"> ・明るさセンサーが反応しない。 ・音がすぐに止まってしまう。 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>今日やること</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「人が近く来たら」ではなく、「ボタンを押したら」にプログラミングし直す。 ・音が15秒間鳴るようにプログラミングする。 </div> </div>		

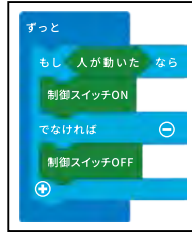
<p>4</p>	<p>⑩ micro:bit を使い、相談しながらプログラミングし、意図した通りに動くか試す。</p> <p>想定されるヘルプカードの内容 ①明るさセンサーが反応しない時は？ ②音がすぐに止まってしまう時は？ ③車を動かすには？ ④時間の設定をしたい時は？</p>	<p>○どのようにプログラミングをすればよいかかわからず、活動が止まってしまう児童には、他のペアのプログラムを参考にするよう声をかけたり、ヘルプカードを渡したりする。</p> <p>○micro:bit の操作でつまづく児童を減らすために、基本操作やプログラムの例を掲示しておく。</p> <p>◎制御 ◎条件分岐 ◎繰り返し</p>	<p>◆ 仮説1〔手立て②〕 ワークシートの活用</p> <p>◆ 仮説2〔手立て①〕 micro:bit の活用</p> <p>◆ 仮説2〔手立て①〕 ヘルプカードの活用</p>	<p>・ 掲示③ micro:bit 基本操作 ・ ヘルプカード</p>	<p>20</p>
<p>〔本時の評価〕</p> <p>高齢者や障害のある人々について、得た知識や自分と違う友達の考えを生かしながら、課題解決に取り組もうとしている。【主体的に学習に取り組む態度】（プログラミングの様子、完成したアイデア）</p> <p>A ペアの児童の考えを生かしたり、自分の考えを説明したりしながら、自分が意図した動きをプログラミングしている。</p> <p>B 自分が意図した動きをプログラミングしている。</p> <p>〔手立て〕</p> <p>B→A 意図した通りに動かせたら、さらに使いやすくするためにはどうしたらよいか考えさせたり、道具の説明の練習をさせたりする。</p> <p>C→B 掲示物を活用し、問題点を見つけ、プログラミングさせる。</p>					
<p>5</p>	<p>プログラミングした道具を紹介する。</p>	<p>○児童のタブレットを大型TVにつなぎ、全員が見られるようにする。</p> <p>○どのように命令をしたらどうなったのか論理的に説明させる。</p> <p>○順序立てて説明できるよう話型を掲示する。</p>	<p>◆ 仮説2〔手立て③〕 全体共有の場の設定</p> <p>【話型】 ・わたしは、□□のための道具を作りました。 ・この道具は、もし○○すると、△△になるようにプログラミングをしました。 ・それによって□□の人にとって・・・が便利になります。</p>	<p>・ 大型TV ・ H D M I ケーブル ・ 掲示④ 話型</p>	<p>10</p>
<p>6</p>	<p>本時のまとめと振り返りをする。</p>	<p>○どのような命令を使って何ができる道具を考えたのか、表に整理しながらまとめる。</p> <p>○活動を通して感じたことや考えたこと、次回への課題などを記入させる。</p>		<p>・ 振り返りカード</p>	<p>7</p>

(4) 板書計画

10/29 福祉って何だろう

課題

生活をよりよくする道具を作るためには、どのようにプログラミングすればよいのだろうか。



- 使う人の立場に立って考えることが大切。
- もっと大きな音が鳴った方が聞こえやすい？
- 周りの人にも気づいてもらうには？

どんな人？	使えるセンサーは？	出力は？
お年寄り	人感 音 明るさ 温度 加速度 磁気	<ul style="list-style-type: none"> • 電気がつく。 • 音が鳴る。 • 風がふく。 • アイコンが表示される。(LED) • 車が動く。
目が見えない人		
耳が聞こえない人		
手足が不自由な人		

※その他の掲示物は多目的室の側面に掲示する。

資料

動く、光る！ プログラミングマニュアル

micro:bit プログラミング PC 版 Ver.4

昭和女子大学現代教育研究所 理科教育研究プロジェクトチーム 資料作成:星名由美

◇◇ 本日の目標 ◇◇

- (1) micro:bit とパソコンをつなぐことができる
- (2) モーターを動かすための「STEM」ブロックを追加できる
- (3) micro:bit の基本的なプログラミングの手順がわかる
- (4) 人感センサーなどのセンサーを使ってプロペラを動かすプログラミングができる

1. micro:bit (マイクロビット) でプロペラを動かす準備をしよう



①パソコン



②micro:bit (micro:bit V2.0)



③USB ケーブル



④理科ボード



⑤プロペラ付きモーター回路

1. Web ページからブロックエディターを開こう

①パソコンの電源ボタンを押して、パソコンを起動し、インターネットに接続する



②ブラウザをダブルクリックで開く (ここでは、Google Chrome で説明)



③ 「makemicrobit」と検索し、一番上に出てくる「Microsoft MakeCode for micro:bit」をクリックしてブロックエディターのページを開く

URL: <https://makecode.microbit.org/>



①makemicrobit で検索する



②これをクリックする

④ 「新しいプロジェクト」をクリックし、次に出てきた画面の右下にある「作成」ボタンをクリックすると、プログラミングの画面が開く（プロジェクトの名前は、あとからつけられる）



①クリックする



②クリックする

名前はあとからもつけられる
日付をつけるとわかりやすい

2. モーターを動かす「STEM」ブロックを追加しよう

①ブロックのカテゴリボタンから、「拡張機能」をクリックする



言語を変えるのはここから

使わないブロックは、ツールボックスの上にドラッグすると消える

ドラッグ=マウスの左ボタンを押したまま引っぱること

シミュレーター
(プログラムの確認画面)

ブロックのカテゴリボタン
(ツールボックス)

micro:bit にプログラムを
書き込むボタン

プロジェクトの名前

ここをクリックする

プログラミングエリア

② 拡張機能の検索画面になるので、「tfabworks/stem」と入力して、虫めがねのマークをクリックして検索する



③ 検索結果をクリックすると、プログラミングの画面に切り替わり、「STEM」が見えるようになれば、準備完了！



【もし、上記の方法で、STEM ブロックが追加されない場合】

① 画面上の **micro:bit** のボタンをクリックして、プログラミングの最初の画面にもどる。



② **読み込む** ボタンをクリックする。



③ **URL から読み込む** をクリックし、tfabworks/stem と入力して、**つづける** をクリックすると STEM ブロックが読み込まれる。プログラム名が自動的につくので、あとから変更すればよい。



3. micro:bit とパソコンをつなごう

① USB ケーブルの小さい方を micro:bit に接続する。



② USB ケーブルの大きな方をパソコンに接続する。USB ケーブルの形とパソコンの差込口（ポートの形）を確認して、かみ合うように差し込む。（前のプログラムが動いている）



③ micro:bit とパソコンを以下の手順で接続する。

1. micro:bitをコンピュータに接続してください

① 「…」をクリックする

② 「デバイスを接続する」をクリックする

フォルダウィンドウが開いたら閉じてよい

③ 「次へ」をクリックする

接続されているときは②が「切断」と表示される

2. micro:bitをブラウザにペアリングしてください。

④ 「ペア」をクリックする

⑤ 文字列をクリックして、選択された状態にする（色がついていればOK）

⑥ 「接続」をクリックして完了

4. プログラムを micro:bit にダウンロードしよう

- ① 使わないブロック（最初だけ、ずっと）を真ん中のブロックカテゴリのエリアへドラッグして消す。
- ② ブロックカテゴリの「入力」から、「ボタン A が押されたとき」をドラッグして、プログラミングエリアへ入れる。次に、カテゴリの「基本」から、「アイコンを表示」ブロックをドラッグして、ボタン A を押したときの中へカチッと音がなるとプログラムのブロックがつながる。
- ③ **ダウンロード**のボタンをクリックして、micro:bit にプログラミングをダウンロードする。

① 使わないブロックは、ブロックカテゴリのエリアへドラッグして消す

② 見本のように、ブロックをつなげる

③ **ダウンロード**のボタンをクリックして、micro:bit にプログラムを書きこむ（うら面のライトが点滅する）

書き込めたら、ボタン A を押してみよう

2. プロペラを動かすプログラミングをしてみよう

1. micro:bit とプロペラ付きモーターを組み立てよう

①USB ケーブルの小さい方と micro:bit が接続されているのを確認する。



うら面を
見てみよう！



②プロペラ付きモーター回路のばねと、理科ボードを下側にある穴に入れて合体する。

③micro:bit おもて面の下にある番号の穴と、理科ボードの中央部分にあるばねの番号を合わせて合体して、プロペラの完成！ micro:bit の LED(おもて面)が上になっているのを確認しよう！



2. プロペラを動かすプログラミングをしてみよう

5つのポイントとこまったときのチェックポイントを確認してから、プログラミングしてみましょう！

プログラミングをするときのポイント

1. 関係するブロックは、同じ色でカテゴリボタンの中にまとまっている
2. ブロックは、マウスの左ボタンでクリックしたまま引っ張り（ドラッグ）、プログラミングエリアにもってくる ※**いらないブロックはカテゴリエリアへドラッグして消しておく**
3. 動きのきっかけ（=トリガー）となるブロックの中に、ブロックをつなげる
4. プログラムは上から下へ進む（動きがどうなるか考える）
5. プログラムが完成したら、左下の**ダウンロード**をクリックして、micro:bit にプログラムを書きこむ（ダウンロードすると、命令が動くようになる）

こまったときのチェックポイント

1. 理科ボードと合体している micro:bit の向きを確認する（おもて面が上）
2. micro:bit とパソコンが接続されているかを確認する
3. 簡単なプログラミングをダウンロードして動きを確認する
4. うまく接続できないときや動きを止めたいときは、USB ケーブルを一度抜く（新しいプログラムをダウンロードするときに、もう一度、USB ケーブルをつなげばよい）

実験1 micro:bit のボタンを押してプロペラを動かすプログラム

micro:bit のボタン A とボタン B を使って、プロペラを動かしたり、とめたりしてみましょう。

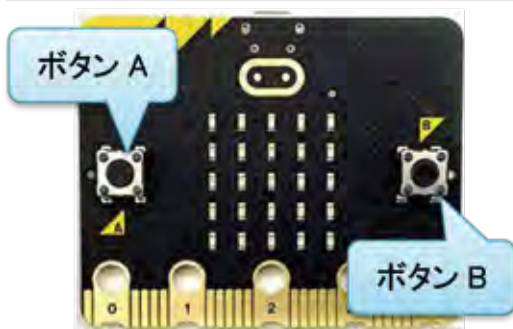
①見本のように、ブロックをつなげる

ボタン A と B の切り替えは▼

②ダウンロードのボタンをクリックして、micro:bit にプログラムを書きこむ

「ボタン A が押される」という信号が入力されたときという意味なので、「入力」カテゴリのブロック

モーターのスイッチの ON と OFF は「STEM」カテゴリのブロック



実験の結果をメモしておこう！ micro:bit 本体のボタン A とボタン B を押すとどうなったかな？

実験2 プロペラを動かすプログラム（モーターのスイッチを ON にする）

①見本のようにブロックをつなげる

実験1のブロックはカテゴリエリアヘドラッグして消す


②左下のダウンロードのボタンをクリックして、micro:bit にプログラムを書きこむ

ブロックの色がうすくなったときは、プログラムに組み込まれていないという表示

実験の結果をメモしておこう！

★スイッチ ON のブロックだけだと、次の命令がないので、ずっと動いたままになりましたね。では、次の実験をしてみましょう。

実験3 プロペラを動かしたり、とめたりするプログラム



①見本のように、ブロックをつなげる

②左下のダウンロードのボタンをクリックして、micro:bit にプログラムを書きこむ

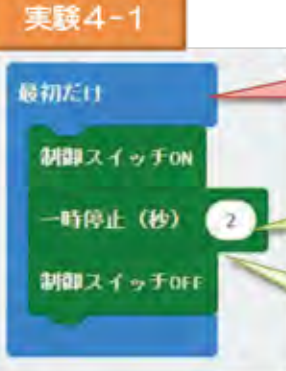
実験の結果をメモしておこう！

★プログラムは、上から下にすごいスピードで命令が進みます。スイッチ ON とスイッチ OFF を並べるだけでは、「スイッチ ON! スイッチ OFF!」とすごいスピードで命令されるので、プロペラは動いていないように見えます。では、プロペラを動かして、とめるのは、どうしたらいいのでしょうか？

実験4 プロペラの ON と OFF の時間を設定するプログラム

「スイッチ ON」をどのくらいの時間していればいいのかを時間で設定することができます。「最初だけ」と「ずっと」のきっかけブロックの違いも実験してみましょう。

実験4-1



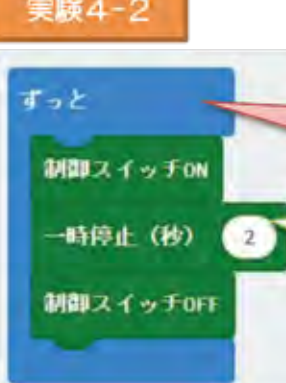
①見本のように、ブロックをつなげる

②左下のダウンロードのボタンをクリックして、micro:bit にプログラムを書きこむ

数字のところをクリックすると入力できる

「一時停止」は、そのまま●秒は次のブロックへ進まない
＝前のブロックを●秒続けたままにするという意味

実験4-2



③「最初だけ」のブロックを「ずっと」に変えてみる

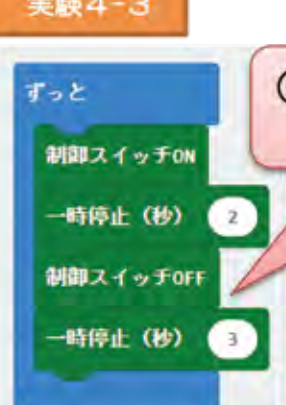
④左下のダウンロードのボタンをクリックして、micro:bit にプログラムを書きこむ

止まらない! どうして?

緑のブロックをドラッグするとまとめて移動できる

★ずっとプログラムを動かして、プロペラを動かしたり、とめたりするには、スイッチ OFF にも時間を設定する必要がありそうですね！

実験4-3



⑤「スイッチ OFF」のあとに、「一時停止」ブロックを追加する

⑥左下のダウンロードのボタンをクリックして、micro:bit にプログラムを書きこむ

実験の結果をメモしておこう！ どんなことがわかったかな？

3. 人が近づいたらプロペラが動くようにプログラミングをしてみよう

自動ドアや手をかざすと水が出る水道のように、人を感知してプロペラが動くようにプログラミングしてみましょう。緑の理科ボードの人感センサーを使います。

実験5 人を感知して、プロペラのONとOFFが切り替わるプログラム

①見本のように、ブロックをつなげる

「もし」は「論理」ブロック

「人が動いた」は「STEM」ブロック

②micro:bit にプログラムを書きこむ

ダウンロード

プロペラ1/19

プログラムをパソコンへ保存するボタン

どんなときに、どうなるようにプログラミングしているのかイメージしてみよう

実験の結果をメモしておこう！

人感センサーにチューブをつけて、感度を調整してみましょう。

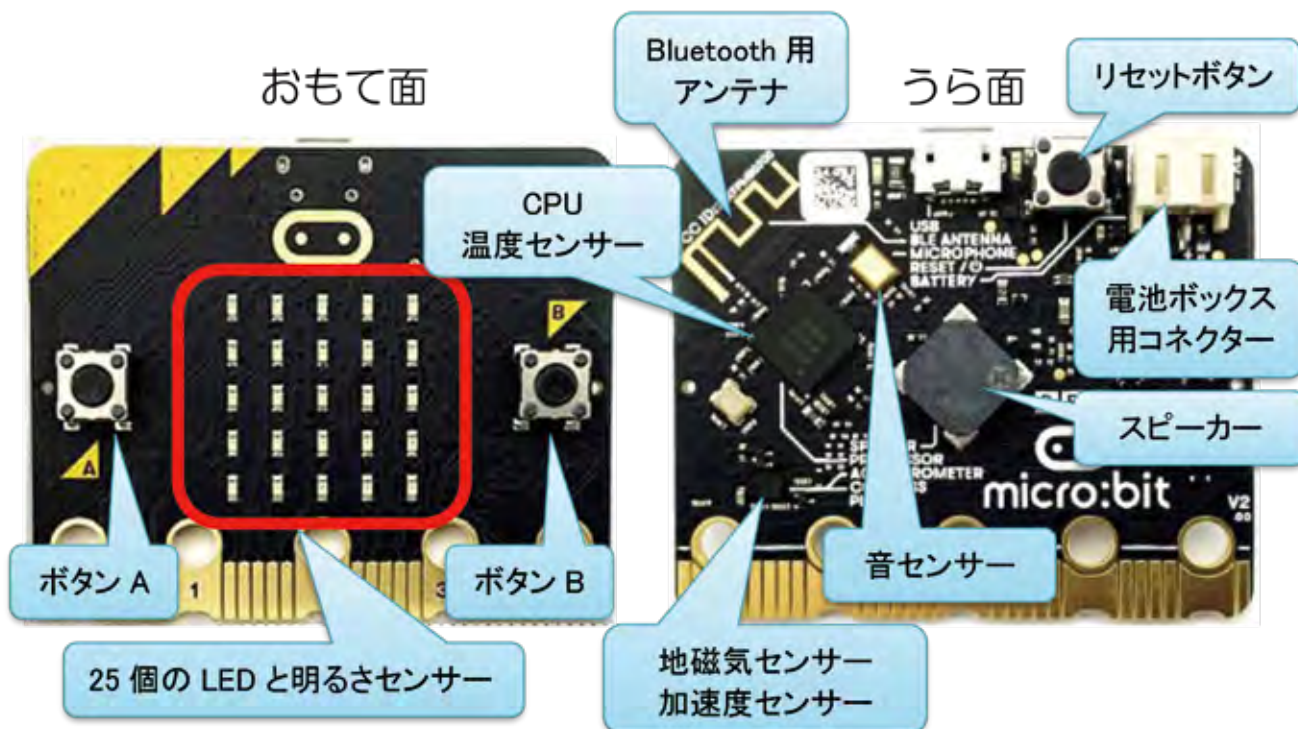
ここまでできたら大成功！
「こんなことができるかな？」
と考えて、実験してみよう！

micro:bit にプログラムをダウンロードした後、USB ケーブルを抜いて、micro:bit に電池ボックスにつなぐと、パソコンから離しても動きます。

ワニ口クリップを使って、工作したせんぶうきやおもちゃと理科ボードにつないで動かすこともできます。また、2つ以上の micro:bit を無線の機能を使って、通信しながら動かすプログラミングもできます。インターネットから「micro:bit 知りたいキーワード」で検索するとたくさんのヒントが出てきますよ！

4. いろいろな方法で、プロペラを動かすプログラミングをしてみよう

micro:bitには、いろいろなセンサーや機能があります。micro:bitを観察してみましょう。



実験6 明るさセンサーを使ってプロペラを動かすプログラム

micro:bitの表面にある明るさセンサーを、手で隠して暗くしたり、手をはなして明るくしたりして、プロペラが動くようにプログラミングしてみましょう。

The screenshot shows a Scratch-style programming environment with the following script:

- ずっと (Forever loop)
 - もし 15 より 暗い なら (If 15 or darker)
 - 制御スイッチ ON (Turn on control switch)
 - 一時停止 (秒) 2 (Wait 2 seconds)
 - でなければ (Otherwise)
 - 制御スイッチ OFF (Turn off control switch)
 - 一時停止 (秒) 2 (Wait 2 seconds)

Callouts explain the blocks:

- 「もし」は「論理」ブロック (The 'If' block is a 'Logic' block)
- 「●●より暗い」は、「STEM」のブロック (The 'Darker than ●●' block is a 'STEM' block)
- 数値はクリックすると書き換えられる。明るさ「0」が真っ暗。 (The numerical value can be changed by clicking. Brightness '0' is pitch black.)
- ①見本のように、ブロックをつなげる (Connect blocks like the example)
- ②左下の「ダウンロード」のボタンをクリックして、micro:bitにプログラムを書きこむ (Click the 'Download' button in the bottom left to upload the program to the micro:bit)

明るさの測定をしてみよう

明るさの値は、真っ暗が0、一番明るい255までの数値になります。動きのきっかけとなる境目となる値のことを「しきい値」といいます。しきい値は、micro:bitの表面にある明るさセンサーで測定して計算することができます。明るさの測定値は、LEDで数字が表示されます。手をかざすと値が変化するので、確認してみましょう。

The screenshot shows a Scratch-style programming environment with a '数を表示' (Show number) block. The number '明るさ' (Brightness) is entered in the block.

Callouts explain the blocks:

- 「数を表示」は、「基本」ブロック (The 'Show number' block is a 'Basic' block)
- 「明るさ」は、「入力」ブロック (The 'Brightness' block is an 'Input' block)

しきい値の計算方法

$$(\text{いちばん小さい値} + \text{いちばん大きい値}) \div 2$$

実験7 音センサーを使ってプロペラを動かすプログラム

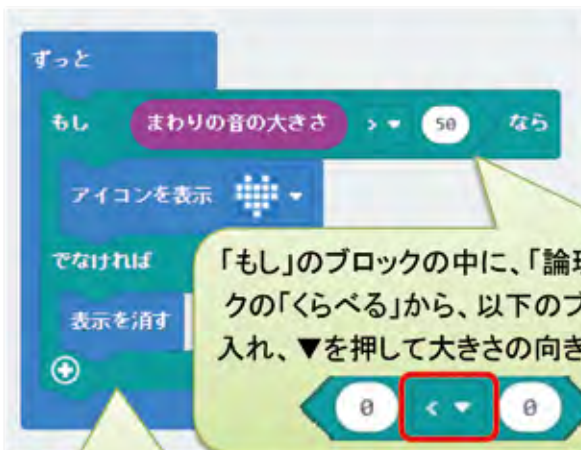
micro:bit の裏面にある音センサーを使って、音がしたらプロペラが動くようにプログラミングしてみましょう。無音 0～音が大きい 255 までの数値になります。実験①では、音で LED を光らせてみましょう。実験②の「でなければ」に、LED を光らせるとプログラムの動きが見えますね！



「数を表示」は、「基本」ブロック
「まわりの音の大きさ」は、「入力」ブロック

今回の使うブロックカテゴリ
「基本」・「入力」・「論理」・
「STEM」ブロック
他にも実験してみましょう

実験①



「もし」のブロックの中に、「論理」ブロックの「くらべる」から、以下のブロックを入れ、▼を押して大きさの向きをえらぶ

「まわりの音の大きさ」は「入力」ブロック
「アイコンを表示」・「表示を消す」は、「基本」ブロック

実験②



実験8 ゆさぶられたときに表示が変わるプログラム

micro:bit の加速度センサーを使うと、micro:bit をゆさぶったり、落としたりしたときのプログラミングもできます。理科ボードから micro:bit をはずして実験してみましょう。

「ゆさぶられたとき」は「入力」ブロック
あとは、「基本」ブロック、「STEM」ブロックから探そう



5. プログラムの保存をしよう

プログラムは、同じパソコンで micro:bit のプログラミングページを開くと、前に作ったプログラム（プロジェクト）が自動的に保存されています。自分のパソコンにダウンロードするときは、プロジェクト名の右の保存ボタンをクリックすると、パソコンの「ダウンロードフォルダ」の中に保存されます。パソコンに保存されたプログラムは、プログラミングエリアにドラッグすると、開きます。

プログラミングの保存ができて、micro:bit の実験を終えるときは、次の人のために、白紙のプログラム（ブロックがなにもない状態）をダウンロードしておきましょう。

micro:bit プログラミング iPad 版 Ver.4

昭和女子大学現代教育研究所 理科教育研究プロジェクトチーム 資料作成:星名由美

◇◇ 本日の目標 ◇◇

- (1) micro:bit と iPad をペアリングすることができる
- (2) モーターを動かすための「STEM」ブロックを追加できる
- (3) micro:bit の基本的なプログラミングの手順がわかる
- (4) 人感センサーなどのセンサーを使ってプロペラを動かすプログラミングができる

1. micro:bit (マイクロビット) でプロペラを動かす準備をしよう



1. micro:bit と iPad をペアリングしよう

- ① iPad の micro:bit アプリのボタンをタップして開く。



- ② **micro:bit を選ぶ** をタップする。
- ③ **新しい micro:bit をペアリング** をタップすると、右側の画面になる。



- ④ micro:bit をペアリングモードにするため、電池ボックスをつけた micro:bit のボタン A とボタン B をずっと押したまま、裏側のリセットボタンを1秒押しはなし、LED の赤いライトが全部ついたら、ボタン A とボタン B をはなして待つと、その micro:bit を見つけるためのライトの模様(ペアリングの模様)が表示されたら、iPad の **次へ** をタップする。ライトが左のように、全部つかないうちに、ボタンをはなしてしまった場合は、もう一度最初からやろう。



- ⑤ 「パターンを入力」の画面になるので、micro:bit に表示されているライトの模様に合わせて、たて列の模様が一番上のボタンを押して、同じ模様を作って、**次へ** をタップする。



- ⑥ 次ページ左上の画面のまま、micro:bit のボタン A をずっと押しながら、**次へ** をタップすると、「Bluetooth ペアリングの要求」という画面が出てくるので、**ペアリング** をタップして待つと、「ペアリングが成功しました」という画面が表示される。最後に **OK** をタップして準備完了！



2. プログラムを作る画面をひらこう

- ① 左上の「ホーム」をタップして、ホーム画面にもどる。



- ② **プログラムを作る** をタップする。



- ③ **新しいプロジェクト** をタップし、次に出てきた画面から、プロジェクトに名前をつけて、右下にある**作成** ボタンをタップすると、プログラミングの画面が開く（プロジェクトの名前は、あとからも変えられる）





3. モーターを動かす「STEM」ブロックを追加しよう

- ① 真ん中のツールボックスから、一番下の拡張機能をタップする。



② 拡張機能の検索画面になるので、「tfabworks/stem」と入力して、虫めがねのマークをタップして検索する

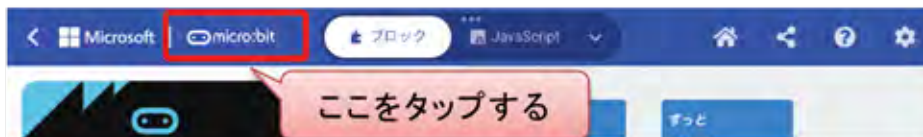


③ 検索結果をタップすると、プログラミングの画面に切り替わり、「STEM」が見えるようになれば、準備完了！



【もし、上記の方法で、STEM ブロックが追加されない場合】

① 画面上の **micro:bit** のボタンをタップして、プログラミングの最初の画面にもどる。



② **読み込む** ボタンをタップする。

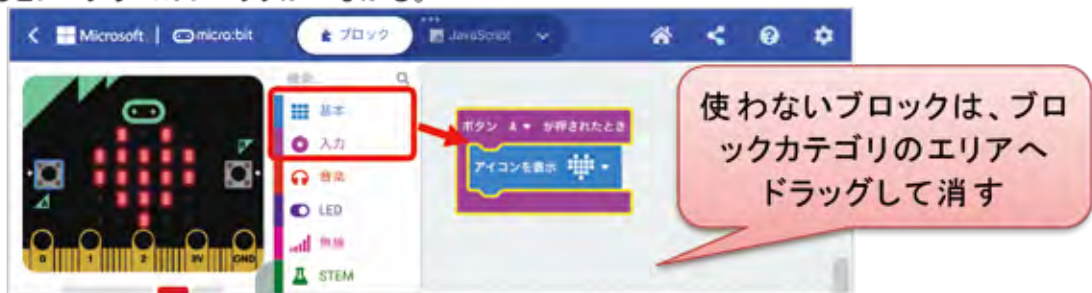


③ URL から読み込む をタップし、tfabworks/stem と入力して、つづける をタップすると STEM ブロックが読み込まれる。プログラム名が自動的につくので、あとから変更すればよい。



4. プログラムを micro:bit にダウンロードしよう

- ① 使わないブロック(最初だけ、ずっと)を真ん中のブロックカテゴリヘドラッグして消す。
- ② ブロックカテゴリの「入力」から、「ボタン A が押されたとき」をドラッグして、プログラミングエリアへ入れる。
- ③ ブロックカテゴリの「基本」から、「アイコンを表示」ブロックをドラッグして、ボタン A を押したときの中へカチッと音がなるとプログラムのブロックがつながる。



- ④ ダウンロードの準備のため、micro:bit にペアリングのためのパターンをもう一度、表示させる
ボタン A とボタン B をずっと押したまま、裏側のリセットボタンを1秒押しはなし、LED の赤いライトが全部ついたら、ボタン A とボタン B をはなして待ち、LED ライトのペアリングのパターンを表示させる
- ⑤ パターンが表示されたら、ダウンロード ボタンをタップする (うら面のライトが点滅する)
- ⑥ ダウンロードが成功したら、ボタン A を押してみよう



①ペアリングのためのライトの模様を表示させる



②ここをタップすると micro:bit へのプログラムのダウンロードがはじまる

2. プロペラを動かすプログラミングをしてみよう

1. micro:bit とプロペラ付きモーターを組み立てよう

- ①電池ボックスが micro:bit に接続しているのを確認する。
- ②プロペラ付きモーター回路の**ばね**と、理科ボードを下側にある**穴**に入れて合体する。
- ③**micro:bit おもて面の下にある番号の穴**と、理科ボードの中央部分にある**ばねの番号を合わせて合体して**、扇風機の完成！ micro:bit の LED(おもて面)が上になっているのを確認しよう！



2. プロペラを動かすプログラミングをしてみよう

5つのポイントとこまったときのチェックポイントを確認してから、プログラミングしてみましょう！

プログラミングをするときのポイント

1. 関係するブロックは、同じ色でカテゴリボタンの中にとまっている
2. ブロックは、マウスの左ボタンでタップしたまま引っ張り（ドラッグ）、プログラミングエリアにもってくる ※**いらぬブロックはカテゴリエリアへドラッグして消しておく**
3. 動きのきっかけ（=トリガー）となるブロックの中に、ブロックをつなげる
4. プログラムは上から下へ進む（動きがどうなるか考える）
5. プログラムが完成したら、**左下のダウンロードをタップして、micro:bit にプログラムを書きこむ**（ダウンロードすると、命令が動くようになる）

こまったときのチェックポイント

1. 理科ボードと合体している micro:bit の向きを確認する（おもて面が上）
2. もう一度、iPad とペアリングしてから、ダウンロードする
3. 簡単なプログラミングをダウンロードして動きを確認する

実験1 micro:bit のボタンを押してプロペラを動かすプログラム

micro:bit のボタン A とボタン B を使って、プロペラを動かしたり、とめたりしてみましょう。

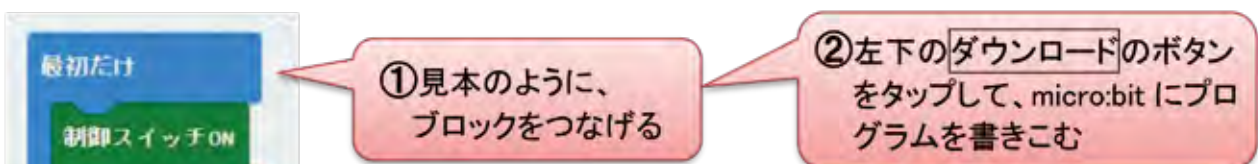


実験2 プロペラを動かすプログラム (モーターのスイッチを ON にする)



★スイッチ ON のブロックだけだと、次の命令がないので、ずっと動いたままになりましたね。では、次の実験をしてみましょう。

実験3 プロペラを動かしたり、とめたりするプログラム



実験の結果をメモしておこう！

★プログラムは、上から下に、すごいスピードで命令が進みます。このように並べるだけでは、「スイッチ ON! スイッチ OFF!」とすごいスピードで命令されるので、プロペラは動いていないように見えます。では、プロペラを動かして、とめるのは、どうしたらいいのでしょうか？

実験4 プロペラのONとOFFの時間を設定するプログラム

「スイッチ ON」をどのくらいの時間していればいいのかを時間で設定することができます。「最初だけ」と「ずっと」のきっかけブロックの違いも実験してみましょう。

実験4-1



①見本のように、ブロックをつなげる

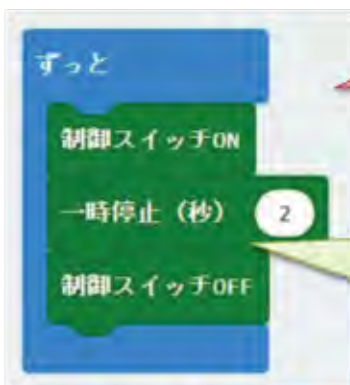
数字のところをタップすると入力できる

「一時停止」は、そのまま●秒は次のブロックへ進まない
＝前のブロックを●秒続けたままにするという意味

どんな動きになったかな？

②左下のダウンロードのボタンをタップして、micro:bit にプログラムを書きこむ

実験4-2



③「最初だけ」のブロックを「ずっと」に変えてみる

緑のブロックをドラッグするとまとめて移動できる

止まらない！ どうして？

④左下のダウンロードのボタンをタップして、micro:bit にプログラムを書きこむ

★ずっとプログラムを動かして、プロペラを動かしたり、とめたりするためには、スイッチ OFF にも時間を設定する必要がありそうですね。次のブロックを追加してみましょう！

実験4-3



⑤「スイッチ OFF」のあとに、「一時停止」ブロックを追加する

⑥左下のダウンロードのボタンをタップして、micro:bit にプログラムを書きこむ

実験の結果をメモしておこう！ どんなことがわかったかな？

3. 人が近づいたらプロペラが動くようにプログラミングをしてみよう

自動ドアや手をかざすと水が出る水道のように、人を感知してプロペラが動くようにプログラミングしてみましょう。緑の理科ボードの人感センサーを使います。

実験5 人を感知して、プロペラのONとOFFが切り替わるプログラム

①見本のように、ブロックをつなげる

「人が動いた」は「STEM」ブロック

「もし」は「論理」ブロック

②micro:bit にプログラムを書きこむ

ダウンロード

プロペラ1/19

どんなときに、どうなるようにプログラミングしているのかイメージしてみよう

プログラムを iPad へ保存するボタン

実験の結果をメモしておこう！

ここまでできたら大成功！
拡張編で、もっといろいろなことを
実験してみよう！

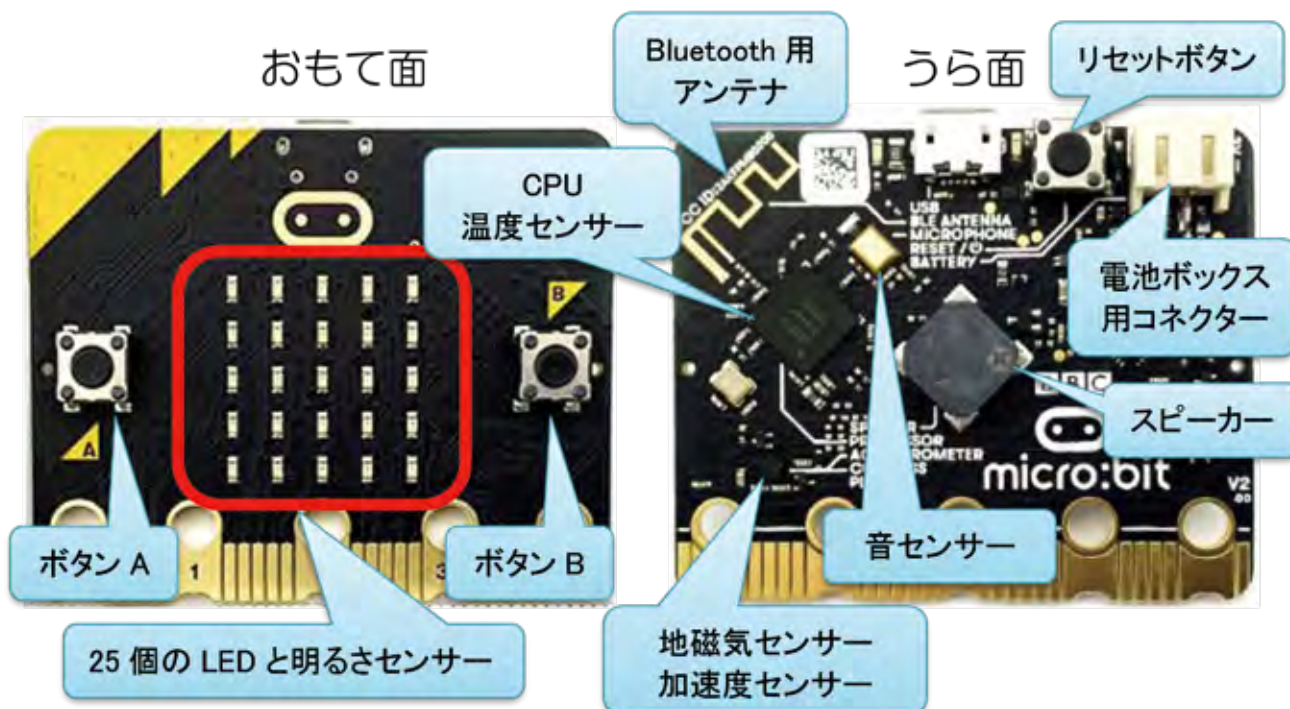
人感センサーにチューブをつけて、感度を調整してみましょう。



ワニ口クリップを使って、工作したせんぶうきやおもちゃと理科ボードにつないで動かすこともできます。また、2つ以上の micro:bit を無線の機能を使って、通信しながら動かすプログラミングもできます。インターネットから、「micro:bit 知りたいキーワード」で検索するとたくさんさんのヒントが出てきますよ！

4. いろいろな方法で、プロペラを動かすプログラミングをしてみよう

micro:bitには、いろいろなセンサーや機能があります。micro:bitを観察してみましょう。



実験6 明るさセンサーを使ってプロペラを動かすプログラム

micro:bitの表面にある明るさセンサーを、手で隠して暗くしたり、手をはなして明るくしたりして、プロペラが動くようにプログラミングしてみましょう。

The screenshot shows a Scratch-style programming block with the following steps:

- ずっと (Forever loop)
- もし 15 より 暗い なら (If 15 or darker)
- 制御スイッチON (Turn control switch ON)
- 一時停止 (秒) 2 (Wait 2 seconds)
- でなければ (Otherwise)
- 制御スイッチOFF (Turn control switch OFF)
- 一時停止 (秒) 2 (Wait 2 seconds)

Callouts explain the blocks:

- 「もし」は「論理」ブロック (The 'If' block is a 'Logic' block)
- 「●●より暗い」は、「STEM」のブロック (The 'Darker than ●●' block is from the 'STEM' category)
- 数値はタップすると書き換えられる。明るさ「0」が真っ暗。 (The numerical value can be changed by tapping. Brightness '0' is pitch black.)
- ①見本のように、ブロックをつなげる (Connect blocks like the example)
- ②左下の「ダウンロード」のボタンをタップして、micro:bitにプログラムを書きこむ (Tap the 'Download' button in the bottom left to upload the program to the micro:bit)

明るさの測定をしてみよう

明るさの値は、真っ暗が0、一番明るい255までの数値になります。動きのきっかけとなる境目となる値のことを「しきい値」といいます。しきい値は、micro:bitの表面にある明るさセンサーで測定して計算することができます。明るさの測定値は、LEDで数字が表示されます。手をかざすと値が変化するので、確認してみましょう。

The screenshot shows a Scratch-style programming block:

- ずっと (Forever loop)
- 数を表示 明るさ (Display number: Brightness)

Callouts explain the blocks:


- 「数を表示」は、「基本」ブロック (The 'Display number' block is a 'Basic' block)
- 「明るさ」は、「入力」ブロック (The 'Brightness' block is an 'Input' block)

しきい値の計算方法

$$(\text{いちばん小さい値} + \text{いちばん大きい値}) \div 2$$

実験7 音センサーを使ってプロペラを動かすプログラム

micro:bit の裏面にある音センサーを使って、音がしたらプロペラが動くようにプログラミングしてみましょう。無音 0～音が大きい 255 までの数値になります。実験①では、音で LED を光らせてみましょう。実験②の「でなければ」に、LED を光らせるとプログラムの動きが見えますね！

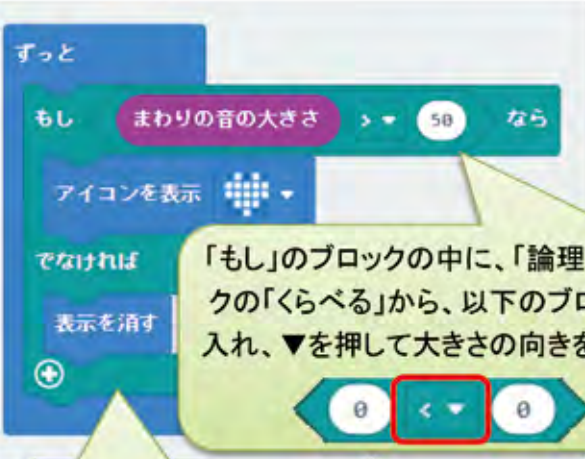


ずっと
数を表示 まわりの音の大きさ

「数を表示」は、「基本」ブロック
「まわりの音の大きさ」は、「入力」ブロック

今回の使うブロックカテゴリ
「基本」・「入力」・「論理」・
「STEM」ブロック
他にも実験してみましょう

実験①




ずっと
もし まわりの音の大きさ > 50 なら
アイコンを表示
でなければ
表示を消す

「もし」のブロックの中に、「論理」ブロックの「くらべる」から、以下のブロックを入れ、▼を押して大きさの向きをえらぶ

「まわりの音の大きさ」は「入力」ブロック
「アイコンを表示」「表示を消す」は、「基本」ブロック

実験②



ずっと
もし まわりの音の大きさ > 50 なら
制御スイッチON
一時停止(秒) 2
でなければ
アイコンを表示
制御スイッチOFF
一時停止(秒) 2
表示を消す

実験8 ゆさぶられたときに表示が変わるプログラム

micro:bit の加速度センサーを使うと、micro:bit をゆさぶったり、落としたりしたときのプログラミングもできます。理科ボードから micro:bit をはずして実験してみましょう。

「ゆさぶられたとき」は「入力」ブロック
「アイコンを表示」「表示を消す」は、「基本」ブロック



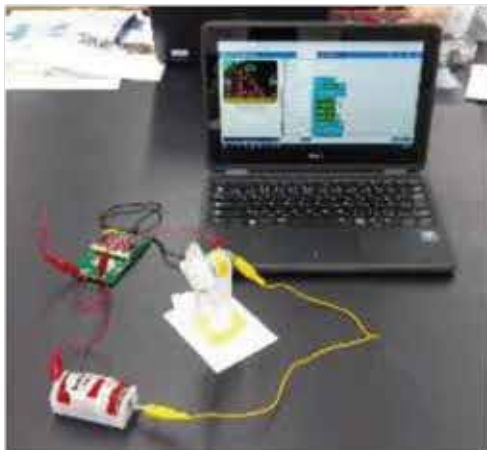
ゆさぶられたとき
アイコンを表示
一時停止(秒) 2
表示を消す

5. プログラムの保存をしよう

プログラムは、同じ iPad で micro:bit のプログラミングページを開くと、前に作ったプログラム（プロジェクト）が自動的に保存されています。自分の iPad にダウンロードするときは、プロジェクト名の右の保存ボタンをタップすると、iPad の「ダウンロードフォルダ」の中に保存されます。iPad に保存されたプログラムは、プログラミングエリアにドラッグすると、開きます。

プログラミングの保存ができて、micro:bit の実験を終えるときは、次の人のために、白紙のプログラム（ブロックがなにもない状態）をダウンロードしておきましょう。

micro:bit 活用事例集



micro:bit+紙工作せんぷうき



micro:bit+紙工作せんぷうきと風力の実験



micro:bit+理科モーターカー



micro:bit+理科風力カー



micro:bit+手作りランタン



micro:bit+手作りランタン
(卒業式で6年生が歩くと光る)

今後の展望

米国 LHS から FOSS の大単元「生命の構造」の教材を送っていただき、2023 年 11 月から 都内私立小学校において骨の学習をスタートさせている。授業プログラムの中には、子どもが迷ったり間違えたりしやすい仕掛けが入っている。また、人の足首の模型づくりを通して人の足首がどのように動くか考えていくプログラムは、STEM 教育の要素が強く興味深い。

プログラミング教育については 民間のプログラミング教室の拡大が続いていることから、学校においても産学協同の取り組みが増えていくことだろう。その際に、小・中学校の教育の専門家が、その取り組みが子どもの学びに繋がっているか検証して行くことが大切である。すなわち、プログラミングのスキルを高めることが主になるのではなくて、子どもの思考力や創造力を伸ばすことができているか、私たちの暮らしとの接点はあるか等について注視すべきである。

この度、この分野について先進的に研究しておられる 秋田県立大学の廣田千明先生にお会いし貴重なお話を伺うことができた。廣田先生は、秋田県子どもプログラミング研究会の創始者である。秋田市では、各小・中学校がプログラミングの専門家をリストから選んで、外部講師として招くことのできる仕組みができている。しかし、その利用率は必ずしも高くなく、積極的な運用が課題となっている。また、秋田市以外の地域で同様の仕組みを構築するのは簡単なことではない。そこで、大学生や同じ学校の上級生と共に熟達を目指すような、どの地域でも実現可能な方法の検討と検証が今後の課題である。

AI 技術の進歩により教育の在り様は急速に変化している。教育の ICT 化が進み、新しいシステムやソフトが次々に開発されている。この変化に対応するには一人の教師では限界があり、分業しながらチームとして取り組む時代になった。評価や出欠席の管理、ホームページやメール管理といった校務システムで分業が為されているように、授業においても、教材を開発する人、実践する人、子どもの理解度を分析する人など、分業は可能である。我が国では、これらのすべてを一人の教師が担うことができるようになって、はじめて優れた教師と言えるという風潮があるように思う。しかし、子どもの理解度の分析には時間がかかることから、一人の教師だけでは授業改善の客観的データを得にくい。したがって、優れた教材があれば、みんなで試して、お互いの授業を見あいながら子どもの理解度を分析して、よりよい指導法を検討していくことが可能になる。近年、多くの学校で、お互いの授業を気軽に見合っている場面を見かけるようになってきたのは、素晴らしい取り組みだと思う。これからは 優れた教材、優れたプログラムは地域や国の共有財産として、自由にアクセスできるようにしていくべきではないだろうか。我が国の教育センターなどが、米国の district のように、教材を準備して学校に届けるようになっていったならば、教師の多忙化が軽減され、教材研究はより進むようになるだろう。先生方の英知を結集できるプラットホーム作りと教材利用の自由化が、我が国の教育の未来を切り拓くと考え、今後も研究に取り組んでいきたい。

我が国の小・中学校における STEM 教育普及に向けた
プログラム開発と人材育成

—米国 FOSS 事例研究・STEM とプログラムの融合—

発行日 2024年2月12日

発行者 昭和女子大学 現代教育研究所

〒154-8533 東京都世田谷区太子堂 1-7-57

TEL: 03-3411-7398 <http://iome.jp/>

研究代表 白敷 哲久

印刷・製本 パープクリエイイト合同会社



本研究は JSPS 科研費 JP19K14210 の助成を受けたものです。



本研究は JSPS 科研費 JP19K14210 の助成を受けたものです。