

オンライン方式による小学生向け科学実験の実施

西野 智路・小林 義和・寺本 尚史・横山 保夫
榊 秀次郎・今田 良徳・丁 威・中嶋 龍一郎

Conducting online scientific experiments for elementary school students

Tomomichi NISHINO, Yoshikazu KOBAYASHI, Naofumi TERAMOTO, Yasuo YOKOYAMA,
Shujiro SAKAKI, Yoshinori KONDA, Wei Ding, Ryuichiro NAKAJIMA

(令和4年2月10日受理)

Since 2019, a summer science project has been carried out with the aim of raising children's interest in science, which will lead to the development of science and technology in the future. The summer science project has been held online for two years to prevent further spread of COVID-19. The participating elementary school students conducted joint experiments with Kosen students by communicating over the computer screen. In this paper, we introduce the details and effects of the project and analyze the results of the survey. The results show that most of the participants were satisfied with this project.

1. はじめに

子どもたちの「理科離れ」が問題になっており、将来の科学技術の発展を担う技術者や科学者をどのように育てていくかが課題とされている。また、国際数学・理科教育動向調査（TIMSS 2019）の調査において、理科の勉強が楽しいと答えた日本の中学生の割合は国際平均の 81%より低い 70%であり、理科を使うことが含まれる職業につきたいと答えた中学生の割合は、日本は国際平均の 57%より大幅に低い 27%にとどまるという結果が出ている[1]。この理由のひとつとして、小中学校における実験・実習の体験不足が挙げられると思われる。そのような状況下において科学の不思議さ・面白さに気付いてもらい、より深い興味や関心を持ってもらうこと、さらには工学系分野を志す動機付けになることを目的として、本校では中学生向けの公開講座を実施している。また、過去には中学生ロボコン[2]、近年では小学生を対象とした科学イベントなども併せて主催している。さらに、2019年度からは系が主体となり、近隣の小学校に通う 3～6年生を対象とした夏休みの自由研究をサポートする「夏休み自由研

究道場」を始めた。昨年と今年は新型コロナウイルス感染症拡大防止の観点から本校における対面での実施が難しく、オンライン方式で実施することとなった。本報では、小学生向けの科学イベント「夏休み自由研究道場」の概要ならびに昨年度から行っているオンラインシステムを用いた体験実験の実施について、見えてきた問題点と得られた知見について述べる。

2. 夏休み自由研究道場とは

夏休み自由研究道場とは、子どもたちが「不思議だな」、「なぜなのかな」と感じるだろう事柄をテーマに取り上げ、そのテーマに関連する実験を小学生と高専生が共同で行うことを通して、実験の進め方やまとめ方までを体験してもらい、自由研究のきっかけを見つけてもらう取り組みである。実験で必要となる器具などは、こちらで準備した実験キットを配布するが、できるだけ身近なものを用いて行えるよう、さらにイベント後は自分たちだけで行えるように内容等を工夫している。これは、子どもたちの理科実験に対する敷居を下げて「好き」をより刺

激したいという狙いからである。

夏休み自由研究道場の実施は、2019年度から始めて今年度で3回目となった。2019年度は小学生が秋田高専に来てもらい対面で実施することができた。しかし、昨年度から新型コロナウイルス感染症対策のため本校に小学生を招いてのイベント実施は難しいと判断し、ビデオ会議システムを用いたオンライン方式によって実施することとした。オンライン方式となり、実験に用いる器具などは実験キットとして事前配布し、ビデオ会議システム Microsoft Teams を用いて2時間の実験時間の中で実験の進め方や得られたデータのまとめ方などの説明をオンライン授業形式で配信することとした。また、今年度からは、これまでの物質・生物系の1系だけの実施から機械系ならびに土木・建築系も加わった3系合同での実施となり、研究テーマならびに対象とする小学校のエリアも増やすことができた。

3. 今年度の自由研究テーマ

3.1 暑さ寒さを電気に変えてみよう（物質・生物系）

物質・生物系では、暑さ寒さを電気に変えてみようというテーマで行った。オンライン実験とすることになり、本校で実験を行う場合と比較して、教員やTA（ティーチングアシスタント）学生が参加小学生の十分なサポートができないこと、また廃液処理ができないことを考慮する必要があった。そのため、自由研究のテーマは化学反応を伴う実験内容とせず、熱電変換材料である市販のペルチェ素子を用いた材料特性の測定、考察といった実験内容とし

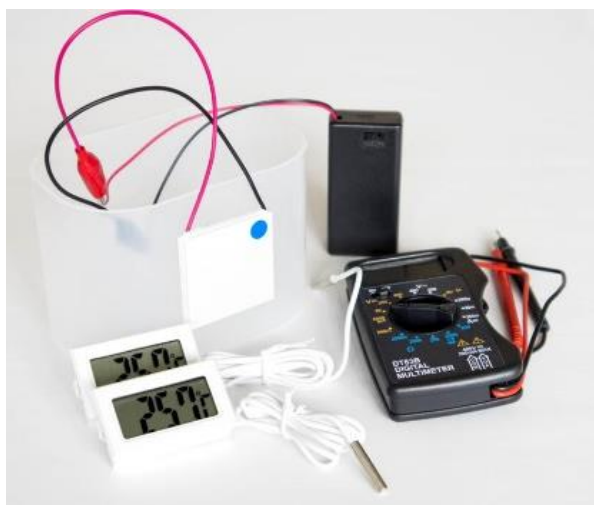


図1 配布した実験キット（物質・生物系）

た。事前送付した実験キットを図1に示す。キットには、液体を入れられるプラスチックケースにペルチェ素子を張り付けてペルチェ素子の片面を液体で冷却できるようにしたもの、テスター、デジタル温度計、電池、実験テキストである。実験の概要は、初めにペルチェ素子に電池を接続し、電気を流すとペルチェ素子が発熱・吸熱することを測定してペルチェ効果について学習してもらった。次に、ペルチェ素子にテスターを接続し、ペルチェ素子を手で温めると電気を生じること、さらにケースに氷と水を入れて冷却側と加熱側との温度差を大きくすると発電量が増えることを測定してゼーベック効果について調べてもらうことにした。また、オンライン実験時間内では実施しないが、ペルチェ効果において十分な冷却効果を得るためには効果的に廃熱する必要があり、廃熱方法を工夫するとよいこと、ゼーベック効果については氷水に塩などを入れて温度差と起電力の関係を調べるとよいことなど応用展開する内容についても口頭で説明することとした。

3.2 材料の形による強さを科学する（機械系）

機械系では、材料の形による強さを科学するというテーマで、機械の基礎となる実験で簡単にできるものを考えた。一般のコピー用紙を用いて、紙による試験片を用いた引張試験と、紙を丸めて円形断面、三角形断面、四角形断面とした筒形状を用いた座屈試験を実施した。遠隔で同様の実験を小学生にも体験してもらうこととした。引張試験と座屈試験で用いるおもりは、身近にある2Lペットボトルを各自用意してもらい、マジックでメモリをつけて水を入れることで重さをコントロールできるようにした。引張試験については紙にさまざまな切り欠きを入れたものを4種類用意した。座屈試験は先の3種類の筒形状を用い、ペットボトルの重さをだんだんと重くして実験をした。実験の前に、どの形状が一番強い、一番弱いかなどの順位付けの予想を行った。最後に残った形状が予想通りだったり、予想と外れたり小学生たちの反応も楽しそうに見受けられた。実験では3名のTA学生（本科4年）の助けを借りながら楽しく実験ができたと考えられる。実験後切り欠き部の応力集中は、カップラーメンのソースなどの袋の開けやすさのための切り欠きに利用されていること、座屈しにくい形状が身の回りの構造物等に多いことなどを説明し、最後に、金属の引張試験のデモンストレーションを行い機械の引張試験につ

いても学習してもらった。

3.3 パスタでブリッジ（土木・建築系）

土木・建築系では、身近な軽い材料（パスタ）で強い橋を作る事をテーマとし、最終的に 500 ml ペットボトル（重量 500 g）を載せても壊れない橋を目標に製作を行った。パスタ自体は非常に弱い材料で、数十 g の重りを載せれば簡単に折れてしまうが、パスタ同士を接合し、力学的な視点に基づいた形状となるよう工夫すれば、500 g を超える重さに耐える橋を製作する事が可能である。また身近な材料で家庭でも入手しやすい事、簡単に手で折れるため橋の製作に必要な長さに加工しやすい事などもパスタを材料とした理由である。

事前送付した実験キットは、パスタのほか、パスタ同士を接着するグルーガン、橋の両端を支える支持台、支持台の下に敷き、支点間距離を調整する厚紙シート、重りを入れるタッパー、橋製作時に必要となる見本用紙（計 5 枚）、クッキングペーパー、実験テキストである。このほか、重り材料（お米、水入りペットボトル）、重量を計測する料理用電子はかりの準備を各家庭で事前にお願ひした。

実習は、TA 学生がカメラの前で作業の見本を示し、その見本通りに小学生に作業をしてもらう形で行った。実習ではまずパスタ 2 本の簡易な橋を製作し、100 g の重りを載せる実験を行った（図 2 参照）。支持台の間隔が広がると弱くなること（支点間距離と耐力の関係）や、橋の端部を手で押さえると強くなること（固定端と自由端の関係）を学習してもらった。

次に、直方体の橋に斜材を入れたトラス構造（三角形形状）を基本とした橋を製作し、500 ml ペットボトルに耐えるかどうかの実験を行った（図 3 参照）。なお橋の長さはパスタの長さを考慮し 24 cm とした。参加小学生全員が実験に成功し、弱い材料からでも工夫次第で強い部材を作れることを体感してもらった。

4. 実施準備と配信方法

「夏休み自由研究道場」の概要と申し込み方法などを記載したパンフレットを各系でそれぞれ作成した。また並行して、秋田市教育委員会には後援の依頼をした。例えば物質・生物系のパンフレット（図 4 参照）には、今年度は秋田高専と自宅にある PC

をオンラインで接続して自由研究をオンライン方式で実施すること、参加条件としてパソコンならびに通信環境が必要となること、参加費は無料であるが実験キットを秋田高専まで取りに来てもらうこと、保護者のサポートが必要になることなど、応募にあ

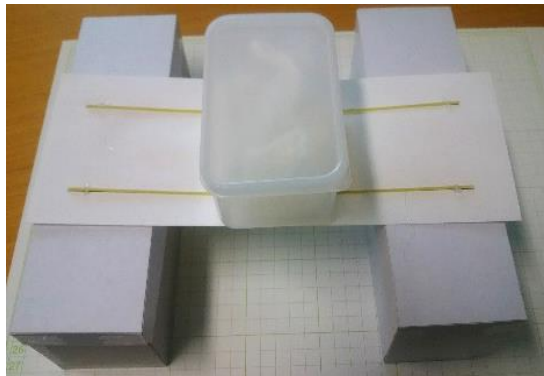


図 2 パスタ 2 本での実験

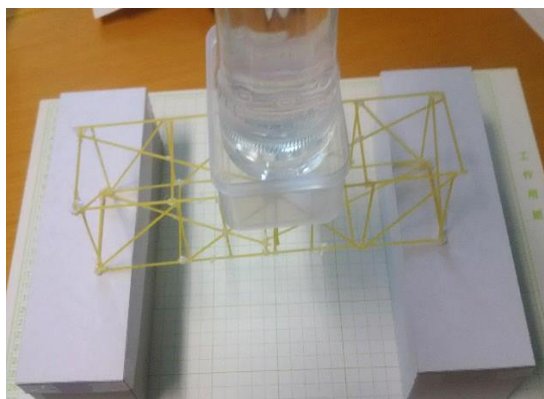


図 3 ペットボトルを載せる実験

第3回 夏休み自由研究道場 (暑さ寒さを電気に変えてみよう...?)

みんなの家と秋田高専をPCでつないで遠隔実験だぞ

保護者の方へ（申込には、下記の条件が必要です）

- ・メール受信、音声再生が可能なパソコンあるいはタブレット（PC など）
- ・通信量が無制限のネットワーク環境
- ・Web ブラウザ「Google Chrome」のインストール
- ・PC などを視聴しながらの実験可能な食卓など
- ・保護者のサポート
- ・実験キットの秋田高専での受取り（8/4～6・14～17 時を予定）

日程 2021年 8月 8日（日） 13:00～15:00

内容 温度差で発着する材料を用いた様々な実験をとおして、夏休みの自由研究を秋田高専の先生と協力して行います。自由研究に必要な実験キットと実験結果をゲットしませんか。

費用 無料（必要な材料はこちらから配布します。）

参加対象 小学3年生から6年生

定員 12名（事前申し込み必要。応募者多数の場合は抽選とさせていただきます。）

申し込み・問合せ先
秋田工業高等専門学校 物質・生物系（秋田市飯島文京町 1-1）
電話 (担当 西野), e-Mail: info@akita-nct.ac.jp

主催 秋田工業高等専門学校 物質・生物系 後援 秋田市教育委員会

図 4 パンフレット抜粋（物質・生物系）

たり必要となる条件を記載した。また、パンフレットならびに実験テキストなどは難しい言葉は避け、ふりがなを付けるなど配慮した。作成したパンフレットは、秋田高専近隣に位置する小学校 19 校に協力してもらい、対象としている小学 3～6 年生（土木・建築系は小学 4～6 年生）の約 4,200 人に配布してもらった。今年度から 3 系合同での実施となり、秋田高専近隣の小学校を 3 つのエリアに分けて担当する系を決めて配布した。これにより、実施側としては今後、担当する小学校のエリアを変えていくことで同じ実験内容を複数年で行うことができると考えている。

応募を開始したところ、37 名の定員に対して 18 人からの応募があり、申し込みのあった 18 人全員を受け入れることとした。対面で実施していた 2019 年度は、物質・生物系だけの実施で定員 30 名として 35 名を受け入れており、それと比較すると、コロナウイルス感染症あるいはオンライン方式による実施を懸念したためか、応募者が少なかった。応募した小学生の学年内訳は、3 年生が 2 人、4 年生が 3 人、5 年生が 8 人、6 年生が 5 人であった。そ



図 5 配信の様子（物質・生物系、一部画像処理しています）

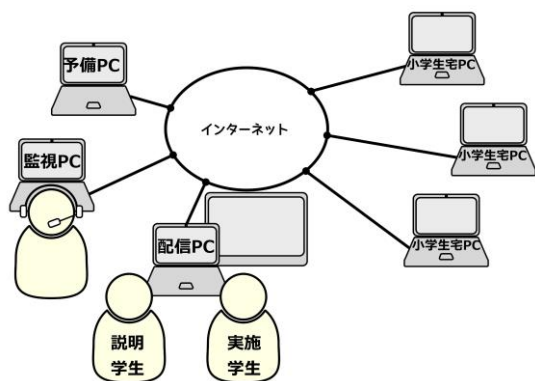


図 6 配信システムの概要

の後、参加者にはメールで接続テストならびに本番の会議の接続先リンクを送り、招待メールのリンク先をクリックすればソフトをインストールしなくてもブラウザ上で参加できるようにした。また、前日あるいは当日に接続テストを実施して、音声や映像が届くことを確認してもらった。接続テストで受信できないなどのトラブルがあった場合に備えて、感染予防対策を施したうえで来校してもらえるように教室等を準備していたが、すべての小学生と問題なく接続できることが接続テストで確認できた。

当日は、TA 学生のうち、先生役の学生が実験内容を口頭で説明して、生徒役の学生が実際に実験を行っていく様子を配信した。生徒役の実験風景も配信することにより、一緒にやっている雰囲気を出せるように工夫した。また、気を付ける点や注目してほしい場面では、矢印や注意マークをつけた指し棒で指し示すようにして、どの部分を注意して視聴すればよいかも分かりやすくなるようにした。当日の様子を図 5 に示す。配信システムの概要を図 6 に示す。使用した機材としては、映像ならびに音声を撮り配信する PC を 1 台、映像ならびに音声途切れることなく配信出来ているかの確認とロビー待機の小学生を承認したり、小学生側の PC の音声操作などを行ったりする PC を 1 台、そしてトラブル対応として予備 PC を 1 台準備することを基本として実施した。

5. アンケート結果および考察

本事業の効果やオンライン方式に対する意見など、来年度以降の参考にする資料を得るため、実験終了後にオンライン上で Google Form を用いて無記名によるアンケートを実施した。アンケートの回収数は 15 名で回収率はおよそ 83%であった。アンケート結果を図 7, 8 に示す。以下にいくつかの設問に対する結果と分析内容を示す。設問 3 参加しようと思った理由を教えてください。参加の動機を聞いたところ、夏休みに課せられる自由研究を支援することから参加動機の多くは「自由研究をしたい」あるいは「実験内容に興味を持ったから」に集中するものと予想していたが、実際は「自由研究をしたい」という回答が 13.3%、「実験内容に興味を持ったから」という回答が 25.7%で、それ以外は「家の人に勧められたから」という回答であった。次に、設問 4 参加した感想について教えてください。参

加しての感想を聞いたところ、「とても楽しかった」と「楽しかった」を併せて 93%以上の小学生が楽しかったという回答であった。参加者が活動内容に対して興味を抱いたか、つまり楽しかったと思っただろうかが本事業の成否を判断する一つの指標となることから、多くの参加者が「楽しかった」と回答したことで目的に対して一定の成果が得られていると判断される。設問 5 実験内容は難しかったですか。実験内容の難易度について聞いたところ、「普通であった」と回答したのが 46.0%であったが、「とても簡単」と「簡単であった」を併せて 27.0%、「難しかった」が 27.0%と回答がわかる結果となった。設問 6 実験の進むスピードはどうでしたか。進行について聞いたところ、60.0%の小学生が「ちょうどよかった」と回答したが、25.7%の小学生が「早かった」、そして 6.7%の小学生が「遅かった」と回答した。「早かった」と回答した小学生に学年による偏りは見られなかったが、理解度や実験能力も様々な小学生を相手にしているため、その進行スピードに配慮が足りなかったものと思われる。小学生が感じた実験内容の難易度と実験の進むスピードについてクロス集計の結果を表 1 に示す。ここに示す通り、「難しかった」と感じている小学生の内の半分（2 名）は実験の進むスピードが「早かった」と答えていた。対面での実験では、実験に戸惑ったりする小学生には TA 学生がサポートするなどの対応がとれたが、オンライン方式ではそれが難しかったことが問題点として明らかになった。今後、実験の一部を実験進行の早いグループと遅いグループに分けて対応するなどの検討が必要であると考えている。設問 7 オンライン実験をどう感じましたか。オンライン実験方式について聞いてみたところ、45.7%の小学生が家で実験ができたのでよかったと回答し、46.7%の小学生が秋田高専で実験をやりたいかと回答した。機械系では、学校内の設備などを撮影して配信しており、学内設備を含めて雰囲気により伝わるように工夫する必要があるものと考えている。設問 8 今年度の自由研究をどうしますか。小学校に提出する自由研究について聞いたところ、33.3%の小学生は今回の実験データをまとめたものを学校に提出つもりであり、40.0%の小学生が今回の内容についても一度実験をしてから提出すると回答しており、合わせると 73.3%の小学生が今回の実験内容で自由研究をまとめようと考えていることが分かり、実施した効果があったものと考えている。また、最後に

参加した感想を聞いたところ、「実験内容をとても分かりやすく説明していただき楽しんで実験ができ

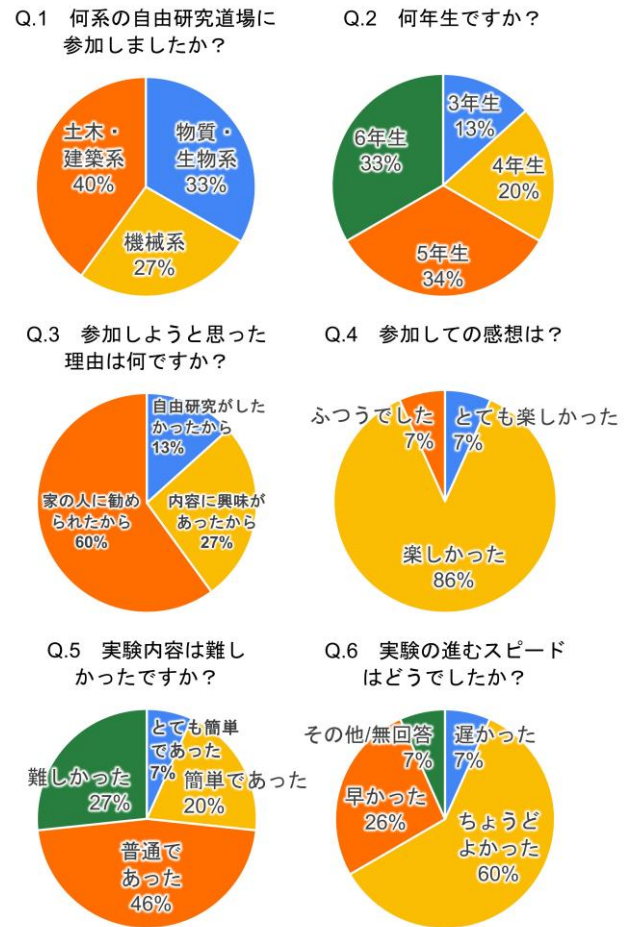


図 7 自由研究道場に関するアンケート結果 (1)

表 1 難易度と実験の進むスピードのクロス集計

	回答者数 (人)			
	実験の進むスピード			
	早かった	ちょうどよかった	遅かった	その他/無回答
とても易しかった	1	0	0	0
易しかった	0	3	0	0
普通であった	1	4	1	1
難しかった	2	2	0	0
とても難しかった	0	0	0	0

Q.7 オンライン実験方式は Q.8 自由研究は、どのようにしようと思っていますか？

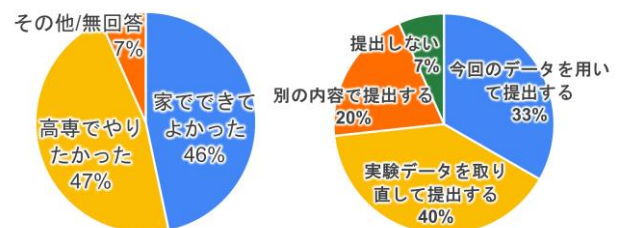


図 8 自由研究道場に関するアンケート結果 (2)

ました。」，「完成した時は華奢だと感じましたが，思ったより重さに耐えられることを知り驚きました。」などの感想が寄せられた。

また，先生役を TA 学生に依頼したことについて，小学生からすると教員より年齢差が少なく親しみやすく，工学系高等教育機関に入学した場合の良きロールモデルとなったようである。また，TA 学生にとっては，普段は教えられる立場から今回は教える立場になり，練習などを通してより分かりやすく説明する工夫をするなど，コミュニケーション能力だけでなく，ロールモデル役として積極性や自主性を育成する経験を積んだようであった。

6. おわりに

小学生に実験・実習に興味を持ってもらいたい，また工学系分野を志す動機付けにしてもらいたいという想いから，夏休みに小学校から課される自由研究をサポートする「夏休み自由研究道場」を計画・実施した。第3回目となる今年度は，昨年度に引き続きコロナ禍のためにオンライン方式での実施となったが，必要な材料などを実験キットとして配布し，参加した小学生にはテレビ画面越しに高専学生との共同実験を行ってもらった。さらに，自由研究の進め方やまとめ方などについての学習を通して，「不思議だな」という気持ちが実験を通して「そういうことだったのか」という声になる過程を楽しむことができたようであり，成功裏に終了することができた。ただし，対面では全体の進行状況について目視などによる把握が容易で，必要に応じて TA 学生による補助が行えたのに対して，オンライン方式ではサポートが必要な小学生の把握ならびに個別の具体的な補助を行うことが難しく，アンケート結果などからも改善が求められる点として明らかになった。しかし，少子高齢化の先進県であり，小学校なども広域に分散している秋田県において，オンラインシステムを用いた教育ならびに取り組みは非常に有効であり，オンラインシステムの不得意とする部分を認識した上で上手に活用していくことが望まれると感じた。

また，本事業について新聞記事としても取り上げてもらい，参加した小学生関係者以外にも広報効果があった。

謝 辞

本事業の実施に当たり，協力を頂いた野池基義先生，船木憲治先生，佐々木崇紘先生，そして TA 学生の皆さまには，深く感謝いたします。また，本事業は，令和3年度の校長裁量経費による援助を受けて実施されました。ここに記して，感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 国立教育政策研究所：IEA 国際数学・理科教育動向調査（TIMSS 2019）のポイント，pp.5-8，<https://www.nier.go.jp/timss/2019/point.pdf>
- [2] Yoshikazu Kobayashi and Tomomichi Nishino, “Engineering Education of Robocon students at a National College of Technology through planning Robot Contests for Junior High Schools”, Proceedings of the 7th International Symposium on Advances in Technology Education 2013, pp. 293-297, 2013