

プログラミング教育によって創造力と自己効力感を高める 小学校理科単元の開発と実践

Development and Implementation of a Unit of Elementary Science that Promotes Students Creative Thinking and Self-Efficacy Through Programing Education

土佐 幸子, 成田 達哉*, 廣野 達也**

Sachiko TOSA, Tatsuya NARITA*, Tatsuya HIRONO**

In this study, a unit of “How to make a good use of electricity” for 6th grade science lessons was developed through the incorporation of programming education. Two approaches were taken to see how the idea of “Making Things” is effective in order to raise students’ motivation in science learning. The results from survey and written artifacts indicated that the use of a programming tool called MESH was effective in raising student creative thinking and self-efficacy. However, many students expressed difficulties in understanding controlling mechanisms involved in programming.

Key words: Programming education, creative thinking, self-efficacy

1. 問題の所在

AIの開発やビッグデータの活用など、変化の激しい現代社会にあって、新たな価値を創造する力が世界的に重要視されている¹⁾。日本でも平成29年告示の小学校学習指導要領²⁾では、問題を解決し、新たな価値につなげることのできる資質・能力の育成が唱えられている。創造的思考力の育成のための1つの手立てとして、2020年から小学校においてプログラミング教育が必修化された³⁾。小学校理科では、第6学年「電気の利用」の単元において「目的に合わせてセンサーを使い、モーターの動きや発光ダイオードの点灯を制御するなどといったプログラミングを体験することを通して、その仕組みを体験的に学習する」としてプログラミングを取り扱って

いる。今や、プログラミング教育は避けて通れないものとなった。

一方、プログラミングについて、難しいと感じている子どもがいることが認識されている⁴⁾。新たに導入されたプログラミング教育の分野で、子どもの学習を支援する効果的な手立ての開発が急務となっている。

以上を踏まえて本研究では、プログラミング教育を通して子どもたちが困難な課題に直面した際にも自信を持って主体的に取り組み、豊かな創造性を働かせることで問題を解決し、学習を進めていく姿を期待する。本研究では、プログラミングを通して、子どもの創造的思考力および創造的な活動に対する自己効力感を高めるための効果的な指導法について探ることを目的とする。本研究を導く研究課題は次の2点である。

1) プログラミングを通して、創造的思考力の育成を促すにはどのような手立てが効果的か

2022.6.27 受理

*燕市立粟生津小学校

**元新潟大学附属長岡小学校

2) プログラミングを通して、児童の新しいことに対する自己効力感をどのように高めることができるか

本研究の重要性は、理科学習の中のプログラミングという新しい領域において、具体的な実践事例を紹介することにある。本研究において、プログラミングをどのように取り入れることが効果的であるかを示すことができれば、小学校理科授業における創造的思考力や自己効力感を高める指導の事例の一つとして、他の教員の参考になると期待される。

2. 理論的枠組み

2.1 構成主義的な学習観と科学的探究

本研究では、構成主義的な学習観を理論的枠組みとする。構成主義的な学習観に則れば、知識は一方的に伝達されただけでは構築されず、学習者が対象に積極的に働きかけることを通して自身で構築しなければならないとする⁵⁾。理科学習においては、学習者が日常経験を基に抱いている素朴概念を出発点として、自然現象を新たに観察したり実験したりすることにより、混乱や葛藤を経て、概念の同化や再構築を行う。その過程で大事な役割を果たすのが、言葉を通して他者と関わり、自分の考えを明確化したり、他者の考えを取り入れたりとすることである⁶⁾。また、学習者自身が構築すればどんな考えでもよいというわけではなく、構築された概念は、人類が長い間積み上げてきた社会的に認められた概念と整合性が図られていなければならない⁷⁾。

学習指導要領には、①課題設定→②仮説の設定→③検証計画の立案→④観察・実験の実施→⑤結果の処理→⑥考察・推論→⑦表現・伝達という一連の探究の過程が示されている¹⁾。理科の構成主義的な学習観に則ると、これらの探究の過程の中で、学習者が自ら（主体的に）他者と協働して（対話的に）1つ1つの活動に取り組み、自然の事物や現象について妥当な解釈を構築することが求められていると捉えられる。

2.2 構築主義的な学習観

本研究では構成主義に加えて、構築主義（コンストラクショニズム）的な学習観⁸⁾を理論的枠組として採用する。構築主義を唱えたパパートによれば、学習の過程において物を作ることが重要だとする。道具やモデル、そして他者との関りを通して物を作ることにより、学習者は考えを深め、概念構築がなされるとする。

プログラミングは、パパートも用いているように

構築主義に則って学習を捉えることができる好事例である。他方、必要なものを作り出すために、それをデザインし、作り、評価する一連の過程をエンジニアリング・デザイン・サイクルと呼び、米国の次世代科学スタンダード⁹⁾に取り入れられた工学的アプローチとして近年注目を浴びている¹⁰⁾。また、理科の学習指導要領に取り上げられている「ものづくり」も、物を作ることによって学習するという構築主義の流れを汲んでいる。本稿では構築主義に則った学習過程は、ものづくりによる学習過程、及びエンジニアリング・デザイン・サイクルを包括するものと捉える。プログラミングを用いて、機能や操作を作り出す過程は、ものづくりの過程の一種と考えられる。

構成主義的な探究過程と、構築主義的なものづくりの過程を交互に取り入れたアプローチの有効性が報告されている¹¹⁾。本研究ではその2つの過程を融合した形で授業実践を行い、プログラミングを通して、子どもの創造力と自己効力感に与えるインパクトを調査する。

3. 小学校理科におけるプログラミングを取り入れた単元開発と授業実践

3.1 対象とデータ収集期間

本研究では、ある小学校の第6学年2クラス計54名（1組27名、2組27名）を対象とした。開発と実践を行うのは、理科単元「電気の利用」の全12時間である。授業実践とデータ収集は2021年11月に行われた。

3.2 単元開発と授業実践方法

6年生2クラスのうち、1組を実験群とし、プログラミングを用いたものづくりの過程を大枠として授業展開を行うこととした。電気の内容についての学習は、その大枠の中の一部として探究的な学習を行うとした。他方、2組は対照群とし、電気の内容を探究的に学習することを大枠とした。プログラミングは探究学習の中に取り入れられたものづくり活動とした。両クラスのアプローチを図1及び図2に示す¹²⁾。

ものづくりの過程を中心とした単元構想（図1）では、単元の1時間目にプログラミングによるものづくりがこの単元の目標であることを児童に告げることにより、学習への動機づけが高まり、創造的思考力の育成と自己効力感の向上につながることを期待した。実験群では、1時間目に電気がどのようなところで使われているのかを考え、プログラミング

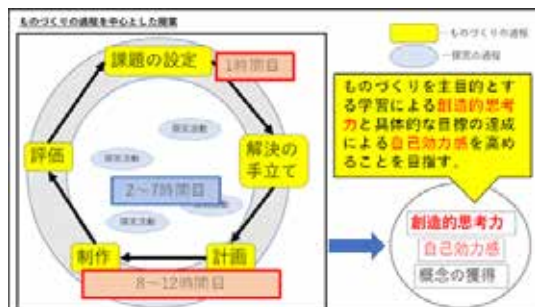


図1 ものづくりの過程を中心とした単元構想

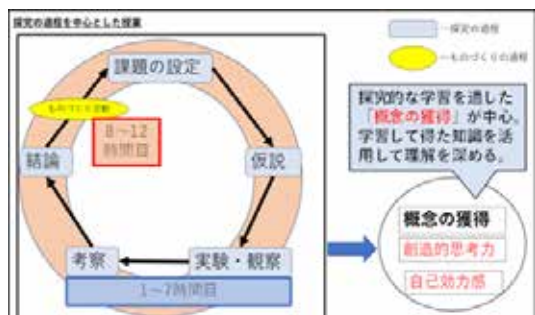


図2 探究の過程を中心とした単元構想

によって電気の使い方を制御できることを紹介する。他方、探究の過程を中心とした単元構想（図2）では、探究的な学習を通して概念の獲得が単元前半にしっかり行われることにより、単元後半には、得た知識を活用してプログラミングによるものづくりが活発に行われ、創造的思考力の育成と自己効力感の向上につながることを期待した。対照群の1時間目は、電気がどのようなところで使われているのかを考えた上で、単元の学習を通して、電気がどのように使われているのかを学んでいくことをクラスで確認する。2時間目以降は、両クラスとも同様に授業展開を行う。

研究データとして、授業のビデオ録画、自己効力感に関するアンケート回答（事前・事後）、授業ごとのワークシート、授業内に児童が作成したプログラムの記録を収集した。

アンケートは、次の5つの質問からなる：

- ①自分は新しいものを作ったり、考え出したりすることがよくやれると思う（自己効力感：能力）
- ②自分は問題をうまく解決するために新しいものを作ったり、考えたりすることができると思う（自己効力感：方略）
- ③自分は何度もやってみれば新しいものを作ったり、考え出したりできると思う。（自己効力感：努力）
- ④自分は新しいものを作ったり、考え出したりすることは楽しいと思う。（好感度）
- ⑤自分は新しいものを作ったり、考え出したりするとき、ひらめきがあると思う。（創造性）

括弧内は各項目の下位尺度を示す。それぞれの項目に「5. とてもそう思う」「4. 少しそう思う」「3. どちらでもない」「2. あまりそう思わない」「1. 全くそう思わない」の5件法によって回答を求めた。アンケートは単元の1時間目の最初と12時間目の最後に実施した。

ワークシートには、授業内で分かったことや考えたことの振り返りを記述してもらい、最後の授業では、班ごとに作成したプログラムの相互評価やプログラミング全体を通して考えたことなどを記述してもらった。

プログラミングツールとして「MESH」を用いる。MESHはセンサーが1つずつ独立しており、ビジュアルプログラムを用いて、タブレット端末上で視覚的にプログラミングを行うことができるという利点がある。両クラスとも、単元後半8時間目から、MESHを用いたプログラミング活動を行う。まずは簡単なプログラミングで操作に慣れるところから始め、電気を効率良く使うためにプログラミングを生かすことができる場面を考え、実際に条件などを設定しプログラムを作成する活動を行う。活動の集大成として、プログラミングを用いてエコハウスづくりを行うという目的を達成することに挑戦する。

4. 授業実践の結果

4.1 アンケート回答の分析結果

単元開始時（事前）と最終時（事後）に実施したアンケートの回答の平均点を組別に棒グラフで示す。

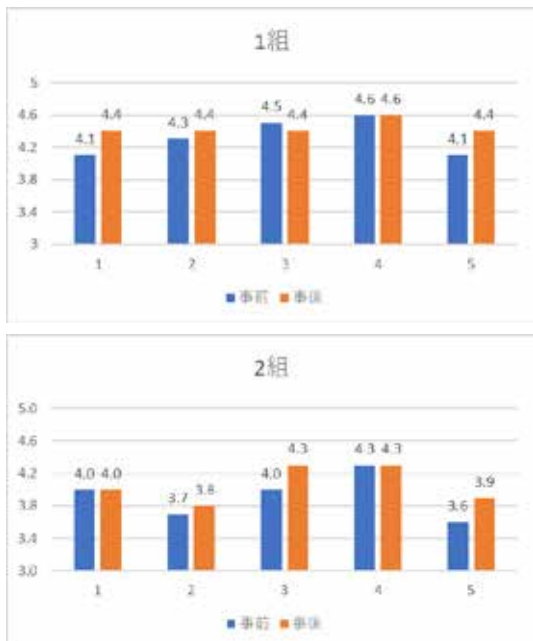


図3 アンケート回答の組別事前・事後結果
(上：実験群N=27, 下：対照群N=27)

表1 アンケート回答平均点の項目別t検定結果
(1組実験群N=27, 2組対照群N=27)

質問項目	自由度	t	P
1組①	24	-1.44	0.08
1組②	24	-0.25	0.40
1組③	24	0.53	0.30
1組④	24	0	0.5
1組⑤	24	-1.77	0.04
1組平均	4	-1.69	0.08

質問項目	自由度	t	P
2組①	26	0.25	0.40
2組②	26	-0.46	0.32
2組③	26	-1.27	0.11
2組④	26	-0.70	0.24
2組⑤	26	-1.36	0.09
2組平均	4	-2.19	0.05

t検定で統計的に有意差をもって現れた項目は少なかったが、全体の傾向として、プログラミングを行う前と後で、児童の創造的な活動に対する自己効力感（質問①～③）が高められていることがわかる。

特に、1組では質問①「自分は新しいものを作ったり、考え出したりすることがよくやれると思う」の平均点、2組では質問③「自分は何度もやってみれば新しいものを作ったり、考え出したりできると思う」の平均点が比較的大きく上昇した。さらに、両クラスに共通して質問⑤「自分は新しいものを作ったり、考え出したりするとき、ひらめきがあると思う」の平均点が比較的大きく上昇した。好感度（質問④）はもともと高く、両クラスとも事前・事後の変化はなかった。

4.2 ワークシートの記述の分析結果

最終授業において、プログラミング全体を通して考えたことの記述を質的に分析し、コード付けを行った。2クラス分のワークシートの記述について、5つのコードが同定された。コード名と人数を組別に表2に示す。

表2 最終時のワークシート記述のコードと組別人数
(1組実験群N=27, 2組対照群N=27)

コード	1組	2組	合計
思い通りに動かない	11	16	27
生活に役立つ	15	12	27
考えて、協力してできた	13	6	19
もっとやってみたい	10	7	17
楽しかった、面白かった	5	7	12

表2からわかるように、最終時の振り返りにおいて、「楽しかった」「思い通りに動かなかった」など、プログラミングに対して困難を感じていると思われる記述が27名の児童に見られた。しかし、そのようなネガティブな感想だけではなく、「いろいろ考えたり、協力したりしてできた」という記述が19名、「楽しかった」「面白かった」などの記述が12名に見られた。また、「プログラミングをすることで生活に役立つ（電気が節約できる）」という学習内容に関連する記述が27名に見られた。さらに、「もっとやってみたい」「生活に生かしたい」など、意欲を高めることができたと思われる記述が17名に見られた。

4.3 児童が作成したプログラムの分析結果

児童が班ごとに授業内で作成したプログラミングの計画図、及び実際にタブレット上で作成したプログラミングを分析し、多くの班で作成上の困難を抱えていたことが分かった。3つの困難が特定された。表3に困難と班の数を組別に示す。1組（実験群）は7班、2組（対照群）は8班分のデータを収集した。困難を2つ抱えていた班が5つあった。

表3 プログラミン上の困難と班の数

困難	1組	2組
複数のセンサーの組み合わせ方	5	4
センサーの感度の設定の仕方	2	3
自動で消せるプログラムの作り方	1	1
特になし	1	3

作成したプログラムの例を挙げる。図4は複数のセンサーの組み合わせ方と、センサーの感度設定の仕方の2つで困難を抱えていた班の例である。センサーへの命令が並列的になっており、連動させるという考えが難しかった様子がわかる。

作ろうとしたもの	人感と温度によって作動する冷暖房
使ったセンサー	人感・温度
計画と作成したプログラム	
困難	人感センサーと温度センサーがそれぞれ別のプログラムになっており、うまく組み合わせ設計することが難しかったと思われる。また、温度を〇度以上、〇度以下という設定をする場面でも苦労していたと思われる。

図4 児童が作成したプログラムと困難の例

5. 考察

5.1 プログラミングを取り入れた効果

まず、プログラミング活動を実施する前に行ったアンケート調査の結果から、児童の「新しいものを作ったり、考え出したりすることに対しての好感度」(質問項目④)の得点は、1組で4.6点、2組で4.3点となっており、どちらも他の項目の得点と比べて最も高くなっていた。このことから、多くの児童が新しいものを創造することの好感度に比べて、そのための能力や方略などの自己効力感が低くなっているということが考えられる。単元終了後に行ったアンケートでは、2クラス共にアンケートの「創造性」(質問項目⑤)の項目の平均点が上昇していることから、プログラミングを取り入れることは児童の創造性を高める効果があると考えられる。この結果についてt検定による分析を行ったところ、1組の創造性で5%、2組では10%の水準で有意差が確認できた。その他の項目においては、事前・事後で大きな変化はない。プログラミングの困難を十分に解消することができなかった班もあり、そのような班の児童は自己効力感や創造性を高めることが難しかったのではないかと推察される。

ワークシートの記述では、27名の児童がプログラミングによって電気を効率良く使ったり、生活に役立てたりすることができるという記述をしている。日常生活と結び付けながら自分自身の手でプログラミング活動を行ったことにより、電気の利用についての概念理解を深めることができたと考えられる。また、12名の児童が「楽しかった、面白かった」、16名が「もっとやってみたい」と記述をしていることから、児童にとってプログラミング活動が楽しく、学習への意欲を向上させることができたと考えられる。

1組と2組のワークシートの記述を比較すると、1組の方が2組よりも「思い通りに動かない」と記述していた人数が少なく、「考えて、協力してできた」と記述していた人数がおおよそ2倍となっていることから、1組で実践した、単元の初めにプログラミングを目標として設定してから探究学習を行うという手法は、児童の創造性を高めるための手法として効果があったと考えられる。しかしながら、27名の児童が「思い通りに動かない」に分類される記述をしていることから、プログラミング活動を取り入れることは、多くのメリットがあるものの、児童にとってはプログラミングが容易ではないということも分る。そのため、児童がプログラミングのどのよう

な点に困難を感じ、どうすればその困難を解消することができるかを考えることが今後のプログラミング教育の実施において重要であると考えられる。

5.2 プログラミングの困難

児童が実際に作成したプログラムの分析を行った結果、プログラミングに困難を感じると思われる点を3つに分類することができた。

1点目は、複数のセンサーと外部出力用のGPIOブロックを使う場合に、どのように組み合わせれば思い通りに動かすことができるかを考えることが難しかったという点であり、これが最も大きな要因であると考えられる。例えば、「人が来た時に、周囲が暗かったら明かりをつける」というプログラミングを作ろうとした際に、人感センサーと明るさセンサーを別々に接続してしまったり、条件による分岐の認識がなく、「2つの条件が同時に起こったとき」のようなプログラミングをしてしまったりするといったことが多かった。

2点目は、時間や温度・湿度などの細かい設定に関するものである。例えば、「温度によって作動する扇風機」を作ろうとしていた班では、温度の設定をし忘れていてうまく作動しなかったり、何度以上や以下に設定すればよいのかという点で苦労したりしている様子が見られた。命令としてプログラムされた以上のことはできないというプログラミングの特性の理解が不十分であったために、このような失敗が起ってしまったのだと考えられる。

3点目は、スイッチのオン・オフを自動で切り替えられるように作成するという点である。実際にプログラミングを作成した際に、スイッチをつけるプログラミングを作って終わりにしてしまう班や、スイッチを消すのは手動で行うといった班がいくつか見られた。しかし、そういった班では、「電気を効率良く使う」という点を意識させることによって自動でスイッチを切るといったプログラミングの必要性に気づき、比較的簡単に問題を解消することができていた。

以上のことをまとめると、児童にとってプログラミングの制御構造を理解することが困難であると考えられる。プログラミングによって機械を思い通りに動かすためには、様々な条件の順序や分岐を組み合わせで一連の動作を完成させなければならないが、児童にとってはそういったプログラミングによる制御の構造が、日常生活での思考と離れていたために理解に苦しんでいたものと思われる。今回の実践では、その認識を児童が十分に理解していないま

まプログラミング活動に取り組んだために、そのような困難が生じてしまったと考えられる。

5.3 全体を通しての考察

子どもにとってのプログラミングの困難は主に「複数のセンサーの組み合わせ方」、「センサーの条件設定」、「オンとオフを自動で切り替えるプログラム」という3点が挙げられ、思い通りに動かすことができなかったり、発想が不十分だったりしたために目的を満たすものを作ることが困難であったと言える。これらをまとめると、条件に合わせて順序や分岐を考えて設定しなければならないという、プログラミングによる制御の構造が子どもの日常と離れた思考であるために難しさを感じていたものと考えられる。今回の実践でこのような困難を解消できた班では、児童がいろいろな思考を働かせたり、協力したりしながら試行錯誤を繰り返し、問題を解決することができたと考えられる。アンケート回答やワークシートの記述に現れた自己効力感や創造性の向上は、そのような成功体験に基づいていると捉えることができる。その結果、「楽しかった」や「もっとやってみたい」という意欲の向上、及び生活に役立つなどの概念の理解につながったと考えられる。一方で、困難の解消が難しく、あまり成功体験を得ることができなかった児童には、自己効力感や創造性の上昇があまり見られなかったと考えられる。以上の考察を図5に図式化して示す。

6. 本研究の成果と今後の展望

本研究では、単元の初めにプログラミングを動機づけとして設定し、児童が最終的な目標を意識しながらの探究学習を行うことによって、創造性や自己効力感の向上が期待できるということが示唆され、プログラミング教育を、小学校理科において、どのように取り入れるのが効果的であるかということを示す1つの事例として示すことができた。さらに、プログラミングで児童が困難だと感じる要素を明らかにするとともに、思考力を働かせて仲間と協力したり、試行錯誤を重ねたりすることがそれらの困難を解決するための手立てとして重要であるということが分かった。

今後は自己効力感や創造性をさらに高めるために、プログラミングによる制御の構造という子どもの日常にない思考を理解させるための具体的な指導の手立てや、班活動が上手いかわからない児童への支援の方法などを検討していきたい。また、6年生で取り入れたプログラミングを、他学年や他の単元で活用す

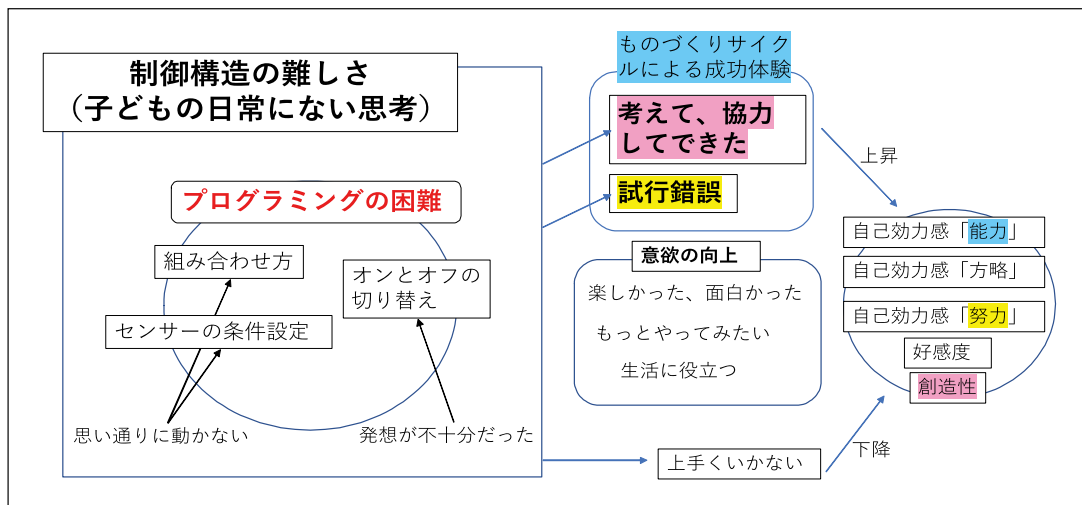


図5 児童のプログラミング活動における困難に関する模式

る方法や、実験データの測定・自然現象の理解など、ものづくり以外の手段としての活用などの検討もしたい。さらに、プログラミングツールを用いた活動が児童の興味関心や意欲を高めることができるという特性を生かし、理科以外の教科や学校生活での活用も今後の検討課題としたい。

引用文献

- 1) OECD教育研究革新センター編：メタ認知の教育学—生きる力を育む創造的数学力、明石書店、2015年
- 2) 文部科学省：小学校学習指導要領解説、2017年
- 3) 文部科学省：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、2016年
- 4) 文部科学省：小学校プログラミング教育の手引（第三版）、2020年
- 5) Fosnot, C. T. (Ed.): Constructivism-Theory perspectives, and practice, Teachers College Press, 2005年
- 6) Vygotsky, L. S.: Mind in society: The development of higher psychological processes, Harvard University Press, 1978年
- 7) Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P.: Constructing scientific knowledge in the classroom, Educational Researcher, 23(7), 5-12, 1994年
- 8) Situating Constructionism By Seymour Papert

and Idit Harel, 1991年. Retrieved from <http://www.papert.org/articles/SituatingConstructionism.html>

- 9) National Research Council: Next Generation Science Standards, 2013年
- 10) 木内裕佑・藤田剛志：エンジニアリング・デザインに基づくものづくり活動に関する実践的研究—中学校2年理科「電流とその利用」を通して—, 理科教育研究, 61(3), 417-428, 2021年
- 11) 土佐幸子・南暁大・加藤聡：「ものづくり」をいかに効果的に小学校理科授業に取り入れることができるか?, 新潟大学教育学部研究紀要人文・社会科学編, 13(2), 331-342, 2021年
- 12) 成田達哉：プログラミング教育によって創造力と自己効力感を高める小学校理科授業の開発, 新潟大学教育学部理科教育学研究室, 令和3年度卒業論文集, 2022年



図6 プログラミングに取り組む児童の様子