

プログラミング的思考についての基礎的研究 —— 小学校理科における授業実践を通して ——

山中 真悟⁽¹⁾・中山 貴司⁽²⁾・木下 博義⁽³⁾

本研究では、小学校理科における授業実践を通して、児童のプログラミング的思考の効果的な育成についての示唆を導出することを目的とした。この目的を達成するため、小学校6年生1クラス30名を対象に、理科「電気の利用」の単元で授業実践を行った。児童の自身の成長に対する自己認識、および創作提案の分析の結果、プログラミング的思考の効果的な育成には「使用するプログラミング教材の特徴を踏まえた指導計画の立案」「ソフト面とハード面を往還しながらの指導」が必要であることが示唆された。

キーワード：小学校理科，プログラミング教育，プログラミング的思考，論理的思考，創造的思考

1. 研究の背景と目的

高度情報化社会の今日、科学・情報技術の発展や、それを支える人材育成は、一層重要性を増しているといえる。このような時代の到来を受け、先進工業諸国ではSTEM教育（科学、数学、工学、技術の複合的な教育）等の充実が求められている（内海2017）。我が国においても、平成29年告示の小学校学習指導要領では、理科や算数・数学科におけるプログラミング的思考の育成が示されている。このプログラミング的思考について文部科学省（2018）「小学校プログラミング教育の手引き（第二版）」は、「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」と示しており、本研究ではこれを定義として用いることとした。また、同手引きでは、プログラミングを通して育成すべき資質・能力として、「情報技術の活用経験を積ませる事のみならず、論理的思考力や創造的思考力を育成する事」があげられており、プログラミング的思考は順序立てて考えると同時に、解決策を創造して

いくような思考であることも伺える。

一方、理科におけるプログラミング学習について、小学校学習指導要領解説理科編では「様々な目的に合わせてモーターや発光ダイオードを制御するプログラムを組ませる」学習活動が例として示されている。さらにプログラミング教材については、利根川・佐藤（2017）や中央教育研究所（2018）等が、教材の分類や実践例の紹介を行っている。

しかしながら、プログラミング教育については導入がなされたばかりであり、それぞれの教材がどのような資質・能力の育成に向いているのか、どのような指導展開が児童のプログラミング的思考を効果的に育成

表1 プログラミング教材の分類
(中央教育研究所2018より一部改変)

アン プラグド	コンピュータを使わずに、プログラミング的思考を学ぶ教材。
ソフト ウェア	コンピュータの画面上でプログラミングし、キャラクター等を動かす教材。
ロボット・ ブロック	コンピュータに接続したブロックやロボットをプログラミングで動かす教材。
マイコン	小型のコンピュータ。操作に難しさはあるが、うまく活用できれば本格的な電子工作も可能。

(1)福山市立大学教育学部児童教育学科

(2)広島大学附属東雲小学校

(3)広島大学大学院人間社会科学研究所

表2 Q1への児童の回答

1	何かを作るためにどうしてどれをどれにつなぐなどの答えまでに何回も色々やってみるという力。
2	今、自分達に必要なものを考える力。どれをどのようにして活用すればいいのか考える力。
3	考える力やそうぞうする力がついたと思います。
4	困っていることを解決しようとする力。理由はプログラミングで何を作ろうか考える時に、そういえばこんなことに困っているなどみんなが困っていることを解決しようとするからです。
5	いろんなことをやってみることで、それがどんなことに生かせるか、というのを考える力。また、この場面につかうには、どうしたらいいかと逆の考える力もついた。ためし、新しい物を生み出そうと考える力がついたと思います。
6	考えたり、工夫したりする力。どういう物が今必要なのかとか、どう工夫したらそれができるのかなど…。
7	頭の中で予想し、ためしてみる力。考える力。失敗した時に、どこをどう変えるのかを考える力。
8	こうするとこうなるということを考える想像力。
9	試行錯誤して自分でしっかり考える力。
10	どのようにすれば、どうなるのかという考えて予想する力がついた。
11	発そう力がついたと思う。理由は、どうすればMESHを上手に使えるかどうしたらやくだつかを考えたから。そして、もっとこうすれば良くなるなどと考えたから。
12	たくさんのプログラミングのやり方を学ぶことが出来ました。いろんなセンサーなどをみ出す力。
13	MESHをどういう場面で使うのかと思う力がついたのかと思う。
14	いろんな物を繋げて、深く考えたり物事をゆっくりと考え、構成していく力。
15	～なれば～なるということがわかりました。頭をよくつかってやれば、すごい道具ができるのではないかと思います。
16	いろんなことをやってみることで、それがどんなことに生かせるか、というのを考える力。また、この場面につかうには、どうしたらいいかと、逆の考える力もついた。
17	つなげてみて、どのようになるのかを想像したり考えたり試こうさくごしたりする力。
18	MESHを使って、どんな事が出来るか、これを作るにはどんなプログラムにすればいいのかなどを考える力。
19	失敗しながら、しこうさくごし、良い物をつくり出す力。
20	色々な物を創造する力。
21	考えて何かをつくる力がついたと思う。
22	力ではないけれど、プログラミングは楽しいと思いました。しっかりと考える力。どんなことができるか。
23	自分で物をそうぞうする力。考える力。
24	プログラミングの力。
25	どんな物をつくれるか、考える力。
26	考える力。物などを作る力。
27	色々なことを考えてこんなのがいいなとかを考えたから、想ぞう力がついたと思う。
28	考える力、想像力。
29	想像力。「どんなのができるかな」と想像する力がついたと思う。

できるのか等を実践的に調査した研究については、十分な蓄積がなされているとは言えない。

以上より本研究では、小学校理科における授業実践を通して、児童のプログラミング的思考の効果的な育成についての示唆を導出することを目的とした。

II. 研究の方法

本研究の目的を達成するため、まず文献等の調査を通して、本研究で用いる教材を選定した。次に選定した教材を用いて授業実践を行うとともに、教材および授業実践による影響をアンケート調査によって検討した。最後に分析の結果を踏まえて、児童のプログラミ

ング的思考の効果的な育成について、示唆を導出した。以下、その詳細について述べる。

1. 教材の検討

プログラミング教材は表1のように「アンブラグド」「ソフトウェア」「ロボット・ブロック」「マイコン」等に分類されている(利根川・佐藤2017, 中央教育研究所2018)。

一方、平成29年告示小学校学習指導要領解説理科編の第6学年「電気の利用」には、「身の回りには、温度センサーなどを使って、エネルギーを効率よく利用している道具があることに気付き、実際に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学習活動」と例示されている。この学習活動を実現可能な教材として、表1に示した分類のうち、センサーやダイオード、モーター等を含む「ロボット・ブロック」または「マイコン」の教材に着目した。その後、それぞれの代表的な教材を入手するとともに、比較・検討を行ったところ、SONY・スイッチサイエンス社製のブロック教材「MESH」が本研究に適していると判断した¹⁾。この教材は、パソコンやタブレット端末と無線通信を行うことのできる7種のブロックのセットであり、「明るさ」、「人感」、「温度・湿度」、「動き」、「ボタン」という、センサー等の役割を持つ5種のブロック、および「LED」、「GPIO」という、光や電流の出力が可能な2種のブロックで構成されている。また、パソコンやタブレット端末上の専用アプリケーションを用いてビジュアルプログラミングを行うことができ、例えば人感センサーとLEDブロックをアプリケーション上で連動させると、「人が近づくと明かりがつく」という、日常生活におけるセンサー付きライトのような状況を再現することができる。同教材はいくつかの先行研究においても使用されており(例えば小池2020)、児童にとってインターフェースが理解しやすく、他のプログラミング教材に比べて自由度が高いという理由から、本研究ではこの教材を用いて授業実践を行うこととした。

2. 評価の方法

選定した教材を用いた授業実践が児童に与える影響を分析するため、授業実施後にアンケート調査を行うこととした。この際、授業実践後の児童の認識を柔軟

に評価することと、児童のプログラム作成のパフォーマンスを質的に評価することを意図し、自由記述式のアンケートを採用することとした。具体的には、第一に、選定した教材による授業実践によって、児童自らに「どのような力がついた(と認識された)のか」を問うことで、教材の特徴とプログラミング的思考の育成の関係について示唆を得ることとした。第二に、プログラミングにより創りたいものの提案(創作提案とする)を児童に行わせることで、プログラミングについての具体的な認識をどの程度獲得できたかについて検討を行うこととした。

このため、次のようなアンケートを作成した。このアンケートは「Q1:MESHを使ってみて、自分にどんな力がついたと思いますか?」「Q2:センサーやプログラミングを使って、どんなものをつくってみたいですか?(自分で「こんなセンサーがあったらいいな」と思うものを加えてもいいです。)」の2問とした。このアンケートを授業実践後に実施することで、選定した教材や授業実践による影響を分析し、プログラミング的思考の効果的な育成への示唆を導出することとした。

3. 授業実践

授業実践は、2019年9月～10月にかけて、広島県内の国立大学附属小学校6年生1クラス30名を対象に、「電気の利用」の単元で行った。具体的には単元の第3次「電気の効率的な利用について」において、MESHを用いて作品を制作する活動を取り入れることとした。

第3次第1時では、電気を効率良く使うためにはどうすればいいか考えさせ、身の回りで使われているセ

表3 Q1への回答のカテゴリー毎の集計
(複数カテゴリーへの集計有)

カテゴリー	人数
考える力	7
試行錯誤する力	7
想像力	7
創造力	12
結果を予測する力	7
熟慮の態度	4
目的に向けて考える力	7
元の機能を活用する力	9
プログラミング技術	3

表4 Q2「つくってみたいもの」欄への
児童の回答

1	暑い時に外に出ちゃだめだと知らせる。
2	寝た時間/起きた時間が分かるもの。
3	何人, 部屋にははいりしたか分かるもの。
4	行方不明防止機。
5	病院のリハビリでどれだけ治ってきたか。
6	晴れかくもっているか知らせてくれるセンサ。
7	応援団。
8	目覚まし時計。
9	授業が始まる時間を教えてくれる。
10	起きたら音楽がなる。
11	休けいが始まって終わるまでに時間に間に合うように出来る物。
12	ろうかをはしっている人を数える。
13	防犯カメラ。
14	泥棒が入ったときに知らせてくれるもの。
15	アレクサ メッシュバージョン。
16	人の体の健康状態をすぐ読み取り記録する。
17	その日の気候や温度を知らせてくれるもの。
18	今日の天気を教えてくれる。
19	部屋の室温チェック。
20	子供や高齢者の生活を支えるもの。どこにいるか分かるMESH。
21	物が売切れたらわかるもの。
22	私のイヤホンを見が使う時に知らせてくれる。
23	顔にんしきで自動的にあくドア。
24	帰ってきたら通知がくるもの。
25	火事にならない。
26	誰が, 帰って来たのか知らせるもの。
27	大切な物を守る。
28	どろぼう対策。インターホンのかわり。
29	おふろのせんが抜けていたり電気の消し忘れなどを知らせてくれるもの。

ンサーに着目させるとともに, MESHを提示し, 基本的なプログラミングに習熟させるための自由試行を行わせた。

第3次第2時では, 3人1組のグループ毎に, MESHを用いて作品を制作するための計画を立てさせるとともに, ホワイトボードに描いてクラス全体に発

表5 Q2「つくってみたいもの」欄への回答の
カテゴリー毎の集計
(複数カテゴリーへの集計無)

カテゴリー	人数
学校生活に活用	4
日常生活に活用	12
社会で活用	5
防犯や防災に活用	8

表させた。

単元終了後, 前項で示したアンケート調査を行った。

III. 結果と考察

授業実践の影響を分析するため, 回収できた29名分のアンケート調査結果の分析を行った。まず「Q1:MESHを使ってみて, 自分にどんな力がついたと思いますか?」に対する児童の回答を表2に示す。なお, 表中の児童番号はランダムに当てたものである。

次に表2に示した各児童の記述から, 児童が自分について考える力を抽出し, カテゴリー化を行うとともに, カテゴリー毎の人数を集計した。結果を表3に示す。なお, カテゴリー化に当たっては, 複数のカテゴリーへの集計を可とし, 理科教育を研究する大学教員1名, 小学校教諭2名で妥当性を協議しながら行った。例えば番号1の児童については, 「何かを作るために～」という記述と「何回も色々やってみる～」という記述から, 『目的に向けて考える力』と『試行錯誤する力』のカテゴリーに集計した。

表3より, MESHを用いた授業によって, プログラミング教育の目標とされる論理的思考力に関わるカテゴリーである『結果を予測する力』(児童7, 8, 10, 11, 14, 15, 17)の向上が児童に自己認識されたことがうかがえる。また, 同じく創造的思考力に関わるカテゴリーである『創造力』(児童5, 6, 11, 12, 15, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 26)の向上が児童に自己認識されたことがうかがえる。後者の方が認識した児童が多く, 同教材の特徴として分析できる。さらに特徴として児童2, 5, 16, 18の様に, 『目的に向けて考える力』と『元の機能を活用する力』の双方の力が育まれたと認識した児童がおり, 問題解決に

向けて論理的に考える活動と、既存の機能から何が出来るか創造的に考える活動の、双方に適している可能性が示唆されたと考えられる。このほか、『試行錯誤する力』や『熟慮的態度』など、プログラミング教材特有の「トライ&エラー」体験が要因と考えられる認識も表出されている。

次に、「Q2:センサーやプログラミングを使って、どんなものをつくってみたいですか?」に対する回答の分析を行った。まずQ2の「つくってみたいもの」欄への児童の回答をカテゴリー化し、集計を行った(なお、カテゴリー化の手続きは前述のQ1と同様であるが、複数カテゴリーへの集計は行っていない)。

児童の回答内容を表4に、カテゴリー毎の集計を表5に示す。

表4、表5に示す様に、学校生活や日常生活において活用できる場面を挙げた児童や、社会における有効な活用方法を提案した児童等、4カテゴリーにわたる提案が表出された。特に、温度や人の接近を感知できるセンサーの特徴を生かし、防犯や防災のために活用しようと考えた児童も多く、前述の『元の機能を活用する力』が発揮できた例だと捉えられる。

さらにQ2において、児童が提案した創作物の「説明」欄について、回答の類型化を行った。具体的には、「類型①:創作テーマが発想できており、使用するセ

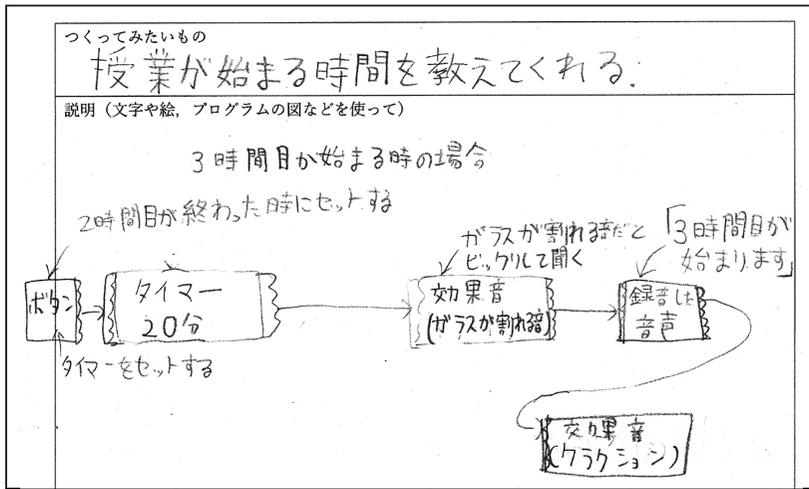


図1 児童AのQ2への回答

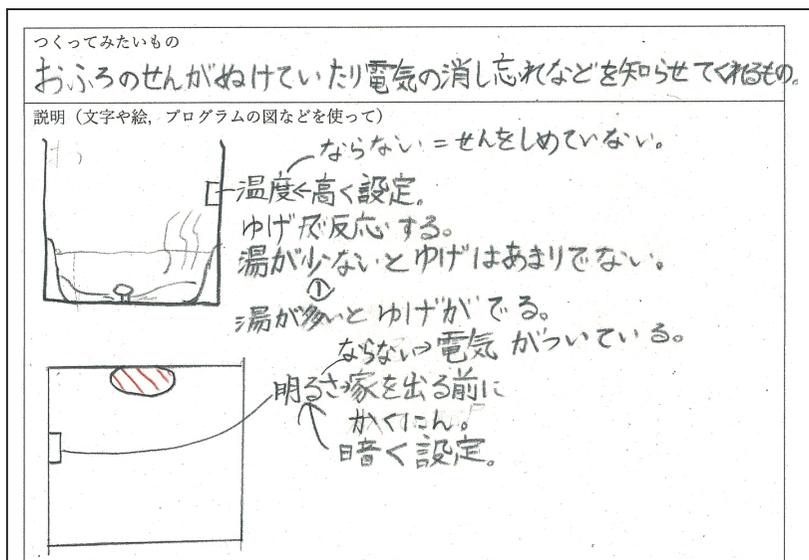


図2 児童BのQ2への回答

表6 Q2「説明」欄への回答の類型毎の人数集計

類型	類型の基準	人数
①	創作テーマが発想できており、使用するセンサー等や具体のプログラムの内容も立案できている。	14
②	創作テーマが発想出来ており、使用するセンサー等を具体的に立案できている。	13
③	創作テーマが発想出来ている。	2
④	創作テーマが発想出来ていない。	0

センサー等や具体のプログラムの内容も立案できている回答」、「類型②：創作テーマが発想出来ており、使用するセンサー等を具体的に立案できている回答」、「類型③：創作テーマが発想出来ている回答」、「類型④：創作テーマが発想出来ていない回答」の4つの類型に分類・整理を行った。なお、カテゴリー化に当たっては、理科教育を研究する大学教員2名、小学校教諭1名で妥当性を協議しながら行った。例として、類型①に分類された児童Aの回答、および類型②に分類された児童Bの回答を、それぞれ図1、図2に示す。

図1において児童Aは、学校生活に関わる創作物として、休憩時間後の授業開始を通知してくれるシステムを提案している。具体的には、MESHのボタンプロック、MESHアプリケーションの効果音機能やタイマー機能、録音・再生機能を活用し、ボタンを押してから20分後に3種類の音声順番に再生されるというプログラムを提案している。児童Aは使用するブロックや機能を具体的に記入するとともに、目的を達成するための具体的なプログラムを記入している。このため、児童Aを類型①に分類した。

図2において児童Bは、日常生活に関わる創作物として、お風呂の栓や電気の消灯を忘れてしまった際に通知してくれるシステムを提案している。具体的には、MESHの温度センサーや明るさセンサーを用いて、浴室の温度や部屋の明るさをモニターすることを提案している。児童Bは目標を達成するための具体的なセンサーについては記入しているものの、プログラムについては記入されていないため、児童Bを類型②に分類した。

以上の例のような手順で、全29名の児童の当該回答について類型化をした上で、類型毎の人数を集計した。結果を表6に示す。

表6に示したように、29名中27名と多くの児童が

具体的なセンサー等を含めた形で創作提案を行っていた。また、その中でも14名の児童は具体的なプログラムの内容まで立案ができていた。このことから、本研究で行った授業実践によって、児童はプログラミングについて具体性のある認識を獲得し、創作提案へ活用することができたと考えられる。

これまで述べてきたことから、プログラミング的思考の効果的な育成への示唆として、以下の2点が挙げられる。1点目は、プログラミング教育の目的や児童の実態だけでなく、使用する教材の特徴を踏まえた目標設定が必要な点である。今回使用した教材は比較的自由度が高く、児童の自己認識の分析では『創造力』の認識が多く表出された。一方でプログラミング教材の中には、アプリケーション内にあらかじめ課題が組み込まれているものも多く存在し、この場合は『目的に向けて考える力』等の育成への寄与が大きくなることが予想される（この点については未検証であるため、今後こういった教材を用いた効果検証を行う必要がある）。そういった知見を積み重ねた上で、プログラミング的思考の育成を目標に据えつつ、児童の実態も踏まえながら、教材の特徴に応じて最も効果的な指導計画を立案しておく必要がある。

2点目は、センサー等のハード面と、プログラム等のソフト面を常に往還させながら学ばせる必要がある点である。表6に示した児童の創作提案の分析では、多くの児童が創作テーマを発想し、使用するセンサー等を具体的に立案することができていたものの、具体のプログラムの内容まで立案できた児童はおよそ半数に留まっていた。日常生活や社会における実際の製品等では、両者が揃う事ではじめて機能を発揮できるため、授業の中で常に両者を一体として考えるような指導を行うことができれば、より多くの児童がソフト面も含めた立案ができるようになると考えられる。

IV. まとめ

本研究では、小学校理科における授業実践を通して、児童のプログラミング的思考の効果的な育成についての示唆を導出することを目的とした。選定した教材を用いた授業実践、および児童へのアンケート調査を行った結果、プログラミング的思考の効果的な育成に向けて、一定の示唆を得ることが出来たといえる。今後は教材の種類や指導過程と、育成される資質・能

力の詳細な関連について、他の教材や分析方法を組み合わせながら、より多くの示唆を導出していきたい。この際、本研究では結果の分析を質的な方法に依ったが、プログラミング的思考を量的に測定する方法を開発することで、様々な教材や指導過程の評価を比較・検討しやすくなることが予想されるため、その開発を進めていきたい。さらにはそれらによって得られた示唆を元に、使用する教材の特徴に応じた指導法開発を行うとともに、学校現場への教材の普及の現状分析などと合わせ、課題の整理を行っていきたい。

付記

本研究の一部は令和元年度福山市立大学重点研究費の助成を、他の一部はJSPS科研費（17H01980）の助成を受けて行われたものである。また、本稿は2019年度日本科学教育学会第9回研究会（中国支部開催）にて口頭発表した内容に新たな分析と考察を含め、加筆・再構成したものである。

注

1 当該教材の販売元と著者らは利害関係を有するものではなく、研究目的に照らして公正な観点から教材の選定を行ったものである。

引用文献

- 中央教育研究所（2018）：研究報告 小学校プログラミング教育ガイド，平成30年5月10日。
- 小池翔太（2020）：プログラミング既習の児童を大切にしたい理科の授業デザインの提案 - 6年「電気の利用」の実践を通して - ，理科の教育，2020年2月号，東洋館出版社。
- 文部科学省（2017）：小学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編，東洋館出版社。
- 文部科学省（2018）：小学校プログラミング教育の手引き（第二版），平成30年11月6日。
- 利根川裕太，佐藤智（2017）：先生のためのプログラミング教育がよくわかる本，翔泳社。
- 内海志典（2017）：イギリスにおけるSTEM教育に関する研究 - 成立とその目的 - ，科学教育研究，41（1），13-22。

（2020年10月21日受稿，2020年11月25日受理）

A Basic Research of Programming Thinking: Through the Practice in Elementary School Science

YAMANAKA Shingo⁽¹⁾ • NAKAYAMA Takashi⁽²⁾ • KINOSHITA Hiroyoshi⁽³⁾

In this study, we propose to get suggestions to effective upbringing of programming thinking through the practice in elementary school science.

For this purpose, we concluded a class in 6 grade science, unit of “the electric use” for 30 students at an elementary school. And after the unit, we conducted a questionnaire survey.

Based on the analysis, we get following two suggestions. First, we must design a program which based on a characteristic of teaching materials. Second, we must instruct about both as to software and hardware surface.

Keywords : elementary school science, programming education, programming thinking, logical thinking, creative thinking

⁽¹⁾Department of Childhood Education, Faculty of Education, Fukuyama City University

⁽²⁾Shinonome Elementary School Attached to Hiroshima University

⁽³⁾Graduate School of Humanities and Social Sciences, Hiroshima University