

# micro:bit を用いた小学校理科の協調的なプログラミング学習

遠山 紗矢香

**概要**：次期指導要領では、小学校6年生理科の授業においてプログラミングが導入されることが決まっている。プログラミングは子ども達を惹きつけることが知られている一方で、学校現場のプログラミングに対する不安感や、プログラミングに関する機材を整備する資金面の制約等も考慮する必要がある。そこで本研究では、プログラミング教育の教材の中でも安価に購入できる「micro:bit」を用いて、小学校教師が実践することを想定したプログラミングの授業案を提案する。また、授業案にしたがって同一の小学校にて6年生クラス2つを対象に2コマ連続の理科の授業を実施した結果を踏まえて、小学校でのプログラミングの授業案作りに資するポイントを報告する。授業は、小学校6年生理科「物質・エネルギー」の中での実施を想定したものであり、基本的な設計は、児童が協調的に話し合いながら考えを深めていくための学習法「ジグソー法」に基づくものである。

**キーワード**：小学校でのプログラミング教育，理科，協調学習，micro:bit

## Collaborative Programming Learning using micro:bit in an Elementary School

SAYAKA TOHYAMA

### 1. はじめに

次期指導要領では、小学校6年生理科の授業においてプログラミングが導入されることが決まっている[1]。これに対応するように「プログラミング教育の手引き（第二版）」[2]が公開されたり、「未来の学びコンソーシアム」[3]で先行事例が公開されたりという動きが見られる。一方で、一般的な公立小学校の現場から見たプログラミング教育に対する抵抗感は強い。将来的にはプログラミングを用いた授業が実施され、その授業を基盤として授業改善を行うなどの流れも生まれるはずだが、現状ではそれは先進校でのみ行われている。そこで本研究では、「micro:bit」<sup>a</sup>を用いた小学校教師が実現可能なプログラミングの授業案を提案する。また、授業案にしたがって同一の小学校にて6年生の2つのクラスを対象に授業を実施した結果を比較して、小学校でのプログラミングの授業作りに資するポイントを抽出する。

### 2. 背景

これまででない、まったく新しい活動を引き出すための新しいメディア[4]としてのプログラミングの可能性が評価され、子ども向けの教育が様々な形で提案されている[3, 5]。しかし、小学校の中で行うプログラミング教育については小学校外でのプログラミング教育と比べて事例が限られている。以下ではその原因について検討する。

### 2.1 プログラミングと小学校の教育課程

2020年度に全面実施される小学校の新学習指導要領でプログラミングが採り入れられることが決まっている[1]。新学習指導要領では、算数科と理科においてプログラミングを取り入れることについての具体的な記述が確認できる。算数科では小学校5年生B図形の領域で正多角形を作出する学習場面で、理科ではA物質・エネルギーの領域で電気の性質や働きとその動作条件の変化について学習する場面でプログラミングを用いることを示唆する記述がある。

算数科でのプログラミングによる正多角形の描画は、先行事例[6][7][8]にもあるように外角の視点に立ってプログラムを作成することが想定される。ただし、新学習指導要領でも小学校での正多角形の作図で学ぶのは内角の考え方であり、外角の考え方は中学校数学科の内容である。理科の電気の学習も同様である。センサを使って電気を効率よく利用する学習を実現するためには、センサが実世界の様子をどのような数値で報告するのかを学んだり、しきい値を決める必要性について学んだりすることも求められる。これらは新学習指導要領に明示されている学習内容ではないが、センサを利用する場面とセットで学習することで手続きの意味を理解しやすくなるだろう。したがって、小学校でのプログラミング教育を子ども達の学びを支える手立てとして位置付けるためには、学びを支援する教師などの大人が、プログラミングで新たな視点を獲得したり、学びの見通しを持たせたりすることができる利点を了解しておくことが重要だと考えられる。

†1 静岡大学  
Shizuoka University

a <https://microbit.org/ja/>

## 2.2 プログラミングと学習内容

プログラミング教育の内容を検討するためには、プログラミングを通じて学習者に何を学ばせたいのかという目的が明らかである必要がある。文部科学省[9]によれば、プログラミング教育の目的大きく分けて5つに分類できるとされている。例えば、このうちの1つである「新しいメディアを用いた新しい活動を行う」ことを達成したいのであれば、Resnick[10]にみられるように学習者がプログラミングを通じて創造的な活動をはじめよう環境を整えることになる。

一方で、「教科の内容を深める」ことを達成したいのであれば、プログラミングを目的志向の活動を支える手段として活用することになるだろう。例えば戸塚[6]では、葉の成長の段取りや天体の軌道をシミュレーションするための手段としてプログラミングを用いていた。これらの例は、問題解決を促すための手段としてプログラミングによるシミュレーションを行ったと解釈できる。さらに言えば、科学的な仮説検証のサイクルを勢いづけるためにプログラミングを手段として位置付けているとも捉えられる。

学習目標が定まれば、学習者の学びを前進させるための学習活動は先行研究や先行事例から様々なものを選択できる。プログラミングそのものの学習やプログラミングによって製品を創り上げるなど、プログラミング活動自体の質を高めるのであれば、複数名で話し合いながらプログラムを作成していくペアプログラミング[11]が効果的であることは広く認識されている。小学生程度の子どもについても、協調的なプログラミング学習の利点は示されている[12]。協調学習は、教科内容の理解を深めるうえでも有効であることが示されている[13]。したがって、協調学習がプログラミングと教科内容の学習の両方に同時に寄与する可能性もある。

## 2.3 プログラミングと評価

プログラミング活動の評価方法については大学生等のいわゆる大人を対象とした先行研究にて提案されている。中でも近年代表的な例は、ビジュアライゼーションツールを用いて学生が記述したプログラムの量、コンパイル回数、コンパイルエラーの数、記述内容などを時系列的かつ多角的に可視化することで、どのような課題が課せられたときにどのような行為が観察されるのかを説明しようとするアプローチだと考えられる[14, 15]。

一方で、新学習指導要領での小学校でのプログラミング教育のようにプログラミングの習得そのものが目的とされていない場合にどのような評価を適用すべきかは検討の余地がある。前述のように、プログラミングが教科内容への理解を深めるための手段として位置付けられるのであれば、教科内容と一体的な評価を行うことが妥当だと考えられる。また、理解の深まりを評価するためには、学習者に「楽しかった」「理解したと思う」といった主観評価をさせるので

は限界がある[16]ことを踏まえる必要がある。さらに、小学校での教育に焦点化した場合、児童個人の学びの深まりを評価するための手だてが必要になる。個人の学びの深まりを観察するための方法として挙げられるのは、ある学習課題について、学習の前後で学習者個人が考えを書き留めたものを比較する方法である[13]。つまり、プログラミング自体は新規なものだが、教育目的に沿って既存の枠組みを援用していくことが可能だと考えられる。

## 2.4 プログラミングから見た小学校の現状

公立小学校の予算はきわめて限られている。ある自治体では、消耗品費として扱われるのは2万円までだという。教材費用として使用できる金額から考えると、1クラスの児童を数名のグループにしたとき各グループに3~4万円の機材を購入することは困難だという。

各小学校にはパソコン教室が整備されているものの、パソコン教室には1クラスの児童全員と教師1名分程度の台数しかそなえられていない場合が多い[17]。デジタルカメラなど周辺機器の数や種類も限られている。さらに、子どもが昼休み等の自由時間にパソコンを使用する際の制限事項も少なくない[18]。Wi-Fiが完備されていない小学校も多く、たとえ完備されていたとしても、パソコン室の外からは接続できないこともある。

さらに、小学校の年間計画では、十分に授業を実施するだけの授業時数を確保するのが難しい状況となっている。また、次期学習指導要領では現行と比較すると、35時数分程度の授業内容の純増が見込まれていることも考慮すべきである。

## 2.5 本研究で目指すプログラミング教育の姿

以上、2.1節から述べてきたとおり、現在の小学校でのプログラミング教育を取り巻く状況は厳しい。プログラミングの授業の作成や評価方法の検討といった教育に直接関係する部分のハードルが高だけでなく、少なくない小学校教師がICTとは疎遠な環境で教育活動を行わざるを得ない状況にあり、授業時数の制約も強く、予算も限られているという間接要因の影響も強い。こうした状況でプログラミング教育に取り組むことができる教師は極めて限られていると言わざるを得ない。

そこで本研究では、以下の条件を満たすプログラミング教育の提案を行う。

- 条件 1 教科内容を深めるためにプログラミングを用いる。
- 条件 2 1つのクラスで全グループに配布するための台数を購入できる金額の教材を使用する。
- 条件 3 年間計画の中で無理なく実施できる授業案とする。
- 条件 4 児童が学びたい課題設定とする。
- 条件 5 児童同士の協調学習を活用する。
- 条件 6 児童の理解度を評価するための仕組みを設ける。

また、児童の達成度に基づいて授業案を見直すことで、プログラミング教育における授業改善の事例も示す。

### 3. 目的

以上を踏まえて、本研究の目的として以下の3点を設定した。

- 目的 1 6つの条件を満たす小学校でのプログラミング教育の授業案を開発する。
- 目的 2 開発した授業案を用いて授業を実施し、得られた結果を踏まえて授業案の改善を行う。
- 目的 3 2つの授業案を踏まえて、小学校でのプログラミング教育の授業作りに資するポイントを抽出する。

### 4. 研究方法

本節では、開発する授業案の方向性をいかに決定したか、また具体的にどのように授業を実施したかについて述べる。

#### 4.1 条件に沿った授業案の検討

授業案を開発するにあたり、以下に述べるように前述の5つの条件に沿って授業の概要を整理した。

##### 4.1.1 条件1 教科内容

本研究では、次期学習指導要領でプログラミングが導入される単元のうち、6年生理科「A 物質・エネルギー」の(4)に対応する内容をプログラミングで学ぶ授業案を作成することとした。これは、算数科におけるプログラミング教育の授業案は第2節で紹介した通り既に公開されているものが少なくないためである。

##### 4.1.2 条件2 プログラミング教材

条件1で選択した教科内容を鑑みて、本研究では教材としてmicro:bitを選択した。micro:bitは、理科で合目的に使用できる市販教材の中で、最も安価(2,000円程度)かつ容易に手に入れられる教材である。また、ボタンやLEDといった入出力機能だけでなく、温度センサ、明るさセンサ、傾きセンサなど多様なセンサが搭載されている点も教材として優れている(図1)。さらに、Makecode<sup>b</sup>と呼ばれるブロックプログラミング環境を用いてコーディングができるため、UIに類似点が多いScratch<sup>c</sup>でのプログラミングを経験した者にとっては比較的容易に使用できる。Bluetoothによる無線双方向通信機能もそなえているため、中学校技術科のプログラミング学習教材として使用できるポテンシャルもある(伊藤, 私信)。海外では実践例が蓄積されつつある。

##### 4.1.3 条件3 授業にかかる時間

著者が静岡県内で知り得た10校の公立小学校の年間計画を踏まえて、本研究で提案するプログラミング教育の授業は2コマ構成とした。これは、初めてプログラミングやmicro:bitに触れる児童が、プログラミングの基本的な考え方を学習し、micro:bitにプログラムを読み込ませて実行してみるところまでを完了するために要する時間として見積もった。パソコンに外付けデバイスを接続しないで行うプ



図1 micro:bit (USBケーブルでPCと接続)

Figure 1 micro:bit (Connected to PC via USB cable).

ログラミング活動の場合は1コマで完了することも考えられるが、micro:bitのように外付けデバイスが伴う場合、必然的に操作手数が増える。一方で、2節で述べたように授業時数を増やすことは現実的ではないため、2コマに収めることとした。

##### 4.1.4 条件4 課題設定

本研究に限ったことではないが、どのような工夫を凝らしても学習者が学びへと動機づけられなければ本末転倒である。そこで、条件1~3を満たしつつ現代の小学校6年生が学びたい課題を設定することとした。プログラミングそのものが児童の探究心を刺激する仕掛けではあるが、プログラミングを経験して終わりにしないために課題を工夫することとした。

##### 4.1.5 条件5および6 協調学習と学習評価

条件1を踏まえて、本研究では知識構成型ジグソー法[13](後述)を用いた授業およびそこで用いられている評価の枠組みを使用した。知識構成型ジグソー法は、東京大学CoREFにて開発された学習法であり、小学校から高等学校の各学年・各教科において1,000を超える授業例が集められている[19]。小学校6年生理科の授業例も存在する。授業例はいずれも1コマまたは2コマで完結するつくりになっているため、条件3を満たすことができる。また、児童向けプログラミング教育[7][16][20]においても適用した実績があるため、条件2を満たすことも可能だと考えられる。また、知識構成型ジグソー法では授業の前後に、学習者個人に対して同じ問いに2度回答させることで個人内での回答の変容を分析し、授業を通じた学習者の理解深化を評価する。本研究でもこの評価の枠組みを用いることで、条件5を満たすことができると考えた。

##### 4.1.6 知識構成型ジグソー法

知識構成型ジグソー法とは、参加者1人ひとりが考える

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

c <https://scratch.mit.edu/>

ための材料を持ち、異なる材料を持った仲間同士が集まって与えられた課題を解く活動形態である。教師は学習者へ与える課題を考えると同時に、課題について考えるための手掛かりとなる材料も用意する(エキスパート資料と呼ぶ)。エキスパート資料の数は決まっていないが、東京大学 CoREF に集約された実践例では3種類のものが多い。エキスパート資料は、すべての知見を組み合わせれば課題が解ける構成になっている必要がある。学習者は異なるエキスパート資料を担当した者が1名ずつ集まって話し合いながら課題に対する解を考える(ジグソー活動; 図2)。最後に、クラス内のグループ間で互いの解を共有し合う「クロストーク」を行う。

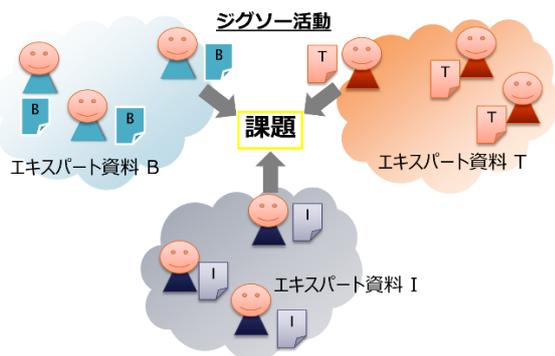


図2 ジグソー活動の典型例

Figure 2 Typical formation of the jigsaw activity.

#### 4.2 授業概要

静岡大学教育学部附属浜松小学校6年生の2クラス(35名及び34名)を対象に、2コマ続きの理科の特別授業として実施した。習熟度によらないクラス編成で、男女比は同等程度であった。授業は同小学校の理科室にて筆者が行った。いずれの授業にも同小学校の教諭1名が立ち会い、授業の記録を取るのと同時に必要に応じて児童の操作等の補助を行った。また、情報学を専攻する学生1名も、児童の支援に携わった。ただし授業Aのみ当該小学校で受け入れている教育実習生3名の見学があった。以降では、35名クラスを対象に実施した授業を授業A、34名クラスを対象に実施した授業を授業Bと呼ぶ。

授業の実施日は、授業Aが2018年6月6日(水)、授業Bが2018年6月21日(木)であり、授業実施時間帯はいずれも3~4校時(昼食直前の連続2コマ)だった。1コマの時間は45分で、コマの間には10分間の休憩があった。授業は普段通りの席順で開始し、座席位置に応じて適宜グルーピングをした。各グループの構成員は3名とし、端数が出た場合のみ4名とした。授業のねらいは「電気を効率よく使うためにはセンサの計測値に応じて出力を変える方法があることを学ぶ」ことであった。

理科室にはパソコンが設置されていなかったため、児童用として、筆者が持ち込んだノートパソコン(Windows7ま

たは10)11台を一時的に設置した。各ノートパソコンにはmicro:bitを1台有線接続した。ノートパソコンは小学校のWi-Fiに接続しMakeCodeにアクセス可能な状態にした。ノートパソコンのデスクトップ画面にはMakeCode及び「ダウンロード」のショートカットアイコンを設置した。micro:bitはノートパソコンと接続した。児童にはMakeCodeで作成したプログラムをmicro:bit本体へダウンロードして動作確認するよう指示した。希望者へ貸し出すためにmicro:bitに電源を供給できる電池ボックスを用意した。教師用のノートパソコンは理科室の教材提示用ディスプレイに接続してクラス全体に向けた演示ができるようにした。

授業の流れは次の通りである。冒頭の10分で、アンケートへの回答及び課題に対する児童個人の考えを書かせた。続く15分で、micro:bitでできることや操作方法(プログラムの作成方法、ブロックの紹介、プログラムのダウンロード方法)の簡単な紹介を行った。その後休憩をはさみながら、知識構成型ジグソー法としてエキスパート活動20分、ジグソー活動20分、クロストーク10分を行った。最後にアンケートへの回答及び課題に対する児童個人の考えを再度書かせた。

#### 4.3 2つの授業の相違点

授業Aを実施後に、授業を支援した者全員で振り返りを行い、授業Bを改善するための手掛かりを得た。これを踏まえて授業Bを作り直したため、授業Aと授業Bの間で細部に相違点が生じた。2つの授業の相違点は以下の3点である。以下で詳述する相違点も含めた各授業のデザインを表1に示す。

1点目が、授業の中で児童が取り組む具体的な課題である。授業Aでは「プログラミングとはどんなことだと思いますか?」という課題をメインに据えた。一方で授業Bでは「エアコンは、部屋の温度をちょうどよくするためにどのようなコントロールをしていると思いますか?」として、より具体的に手順を書き出すことを促す課題とした。これは、授業Aでは課題の達成基準が漠然としていたために、児童がエキスパート資料で学んだサンプルプログラムとほとんど同じプログラムを作成して満足してしまっていたためである。

2点目は1点目の変更に関連するもので、知識構成型ジグソー法でのエキスパート資料の内容である。授業Aでは、ボタン押下時のmicro:bit本体の傾き(ピッチ・ロール)の計測・一定時間間隔での温度計測の反復・不等号を用いた計測した明るさによる場合分けの3つの資料を用意した。一方で授業Bでは学習すべき要素を絞り込んで、一定時間間隔での文字列表示の反復・計測した温度による場合分け・不等号の使用法の3資料を用意した。これは、授業Aでは各々のエキスパート資料の内容が多すぎて3つの資料を統合的に捉える視点を児童持ち難かったためである。

3点目が、1点目及び2点目の影響を受けてジグソー活

動での補助発問を変更した点である。補助発問とは、各児童が自身の担当したエキスパート資料の内容を説明するだけでなく、3つのエキスパート資料をまとめて課題解決へ向かうことを動機づけるためのものである。授業Aの補助発問は「自分たちのオリジナル micro:bit を作ろう」とした一方で、授業Bでは「部屋の温度が高すぎる時に micro:bit が知らせてくれるようにするには、どのようにプログラム

を作ればよいだろうか？」とした。授業Bの補助発問は、授業のメインの課題と micro:bit のセンサやそれを制御するためのプログラムとを関連付ける視点を持たせ、一貫した流れの中で児童の学習を深めるためである。授業Aでは課題と補助発問の関連性が希薄で児童が何をすればよいのか迷っていた可能性が示されたため、上記の改善を行った。

表 1 各授業のデザイン  
Table 1 The design of each class.

	授業 A	授業 B
ねらい	電気を効率よく使うためにはセンサの計測値に応じて出力を変える方法があることを学ぶ	
使用教材	micro:bit (各グループに1台)	
課題	プログラミングとはどんなことだと思いますか？	エアコンは部屋の温度をちょうどよくするためにどのようなコントロールをしていると思いますか？
エキスパート資料 B	ボタンが押下された時の傾き (ピッチ・ロール) の計測	一定時間間隔での文字列表示の反復
エキスパート資料 I	一定時間間隔での温度計測の反復	計測した温度による場合分け
エキスパート資料 T	計測した明るさによる場合分け (不等号を使用)	不等号の使用法
ジグソー活動での補助発問	自分たちのオリジナル micro:bit を作ろう	部屋の温度が高すぎる時に micro:bit が知らせてくれるようにするには、どのようにプログラムを作ればよいだろうか？

#### 4.4 配布物と回収データ

いずれの授業でも、授業の前後で各児童が1人で課題に対する自分の考えを記入するためのプリントを配布した。授業内では、全児童に micro:bit の基本機能やプログラムのダウンロード方法等を記載した簡単なマニュアルを配布した。知識構成型ジグソー法による活動では、各児童にエキスパート資料 B, I, T のいずれかを配布した。ジグソー活動の際には、ジグソーグループ内で互いのエキスパート資料の話をメモしたり、補助発問に対する考えをメモしたりするためのプリントを配布した。授業終了後に、上記のうちマニュアルを除く全てのプリントを回収して複写した後、小学校へ返送して各児童へ返却いただいた。

授業の様子を記録するため、教室の前方と後方から全景を撮影するビデオカメラを設置した。また、各グループの卓上に全天球型ビデオカメラ及び IC レコーダーを設置して、学習活動中の詳細なプロセスデータを振り返ることができるようにした。さらに、各グループがノートパソコンに保存したプログラムを全て回収した。

## 5. 結果と考察

本節では、上述の授業デザインによる授業Aと授業Bそれぞれにおける児童の成果について述べる。

#### 5.1 分析対象

グループ成果としてのプログラムは、授業Aの11グループ、授業Bの11グループを分析対象とした。児童個人の回答は、授業Aに参加した児童35名のうち配布資料を回収することができた33名、授業Bに参加し配布資料を回収することができた児童34名を分析対象とした。

#### 5.2 各グループで作成されたプログラム

各グループが作成したプログラム全てについて、授業で提示した課題及び補助発問と照らし合わせてプログラムの完成度を評価した。

##### 5.2.1 授業 A

授業Aではグループごとにオリジナルなプログラムを作成するよう補助発問で求めたため、作成されるべきプログラムもグループによって異なった。表2に各グループの考プログラム案とそれら実装の有無を示す。

案に少しでも関連するプログラムを作成したのは11グループ中9グループだった(このうちグループ2が作成したプログラムは判断が困難だったが、ここでは案と一致しているものとした)。図3にグループ2が作成した「暇な人向け」と思われるプログラムを示す。「ゲーム」カテゴリにある「ゲームオーバー」のブロックが用いられていることから、彼らはゲーム性のあるプログラムを作成しようとしたと推測されるが、このプログラムではボタンAを押すと

micro:bit の傾斜が一度表示された後で「GAME OVER SCORE 0」の文字列が表示され続け、メロディは流れない。彼らが作成しようとしていたものが完成したわけではないことが推測される。

残りの 8 グループで作成されたプログラムは温度や明るさを表示したり文字列を表示したりするプログラムで占められていた。これらを児童のプログラム案と照らし合わせると、実現が容易な案が実装され、困難な案は触れられなかったことが推測される。以上より、本実践を設計した条件下では、児童らの期待する活動を十分に支援できなかった可能性が示された。

表 2 各グループが作ろうとしたプログラム  
Table 2 The plan for the coding of the groups.

No.	プログラムの案	実装されたプログラム
1	曲を流せるレコーダー	-
2	暇な人のひまをつぶせる, 計算が分からないとき, 朝起きられないとき, 障がい者のためになるもの	暇な人向け?
3	温度・時間・明るさ・傾斜を知らせる, ロボットクリエイター, ゲームクリエイターの役に立つ, 設定すると動く, 円周率を正確に出す	明るさに応じ表示変更
4	傾き・温度・明るさが知りたいとき, 体が不自由な人	傾き表示
5	朝起きられない人の目覚まし時計, 温度を測る, 音楽を聴く, 方角が分かる	温度表示
6	明るさ・角度・気温を知らせる, BGM を流せる, 計算してくれる	明るさ・温度表示
7	音楽が聴ける, 計算ができる, 寂しいときに文字で慰めてもらえる	文字列表示
8	大きい桁の計算, 気温がわからないとき, リラックスできる, 目覚まし時計がわり, 言葉がわからない人の考えを表す, 体が不自由な人に役立つもの	温度表示, 文字列表示
9	動けない人が電気をつける, 言葉を伝える (体が不自由な人), 発達障害の人の計算を助ける, 研究者の大きな数の計算で使う, 音楽を聴く, ゲームする	文字列表示
10	温度・明るさを知る, 体が不自由な人が電気を消す, 計算する (レジ)	明るさに応じ表示変更
11	店の予約ができる, 熱中症になりそうなときに知らせてくれる	-



図 3 グループ 2 が作成したプログラム

Figure 3 The program created by the group 2.

### 5.2.2 授業 B

授業 B で作成されることが期待されるプログラムは、以下のように「ずっと」(反復), 「もし」(条件分け) 及び不等号と温度計測結果を適切に組み合わせたプログラムである。模範回答としてのプログラムを図 4 に示す。



図 4 授業 B の模範回答としてのプログラム

Figure 4 The program for the exemplary answer in the B class.

全 11 グループが作成したプログラムを分類した結果を表 3 に示す。なお、プログラムは模範解答と同一でなくても、機能が同等であれば正解とした。表 3 の通り、8 グループはプログラムを完成させていた。残り 3 グループのうち 2 グループは、正解プログラムのうち 1 要素のみが欠落していた。残り 1 グループのプログラムのみが 2 要素以上欠落したものだだった。

以上より、授業 B では期待されるプログラムをほぼ全てのグループが作成できていたことが示唆された。また、期待されるプログラムが作成されたかどうかを授業者が評価することも比較的容易であることも示された。

表 3 授業 B にて各グループが作成したプログラム内訳

Table 3 The categorization of the programs created by each group in the B class.

正解	反復なし	不等号不備	2 要素以上欠落
8	1	1	1

### 5.3 授業前後での記述の変化

授業を通じた児童 1 人ひとりの変容を分析するため、授業の前後で各児童が課題について 1 人でどの程度回答でき

たかを分析した。

### 5.3.1 授業 A

児童の記述について、授業の課題に対して回答として得られることが予想される「パソコンやロボットへ命令する」、「ゲームを作る」、「アイデアを実現する」、「人や社会の役に立つ」の4つに関する記述の有無を数えた。数え上げでは項目間の重複を許した。結果を図5に示す。対応のある  $t$  検定を実施した結果、「人や社会の役に立つ」及び「パソコンやロボットへ命令する」で優位差が示された ( $t=3.02$ ,  $df=64$ ,  $p<.01$ ;  $t=2.00$ ,  $df=64$ ,  $p<.05$ )。

上記の結果から、授業前の児童らにとってプログラミングの一般的な説明は既知のことだったと考えられる。また、授業後に「人や社会の役に立つ」が増加したのは、補助発問「自分たちのオリジナル micro:bit を作ろう」にて何らかの役立つ機能を考案しようとしたことで、micro:bit を介したプログラミングが日常生活にも役立ち得ることを体験したためだと考えられる。ただし、児童は micro:bit とプログラミングのちがいを把握していたかについては疑問が残る。授業の課題が曖昧だったことで、概念的には正解だが作成したプログラムや micro:bit でできることとは乖離した表層的な回答を促してしまった可能性が指摘できる。

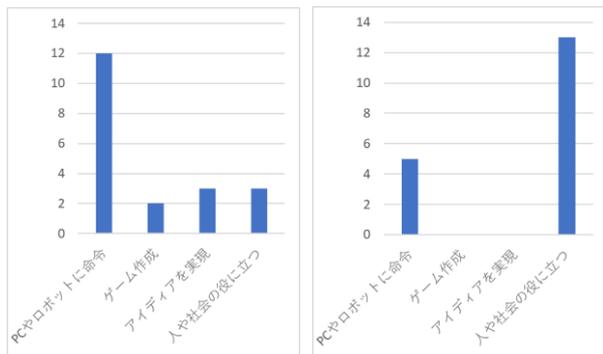


図5 授業Aの児童の回答の変容(左:事前, 右:事後)  
Figure 5 The transformation of the students' answers in the A class (left: pre, right: post).

### 5.3.2 授業 B

児童の記述について、授業の課題を解くうえで言及することが期待されるプログラミングの「反復」、「場合分け」、「しきい値」に関する記述の有無を数えた。また、理科的な要素として「温度計測」が必要になることへの言及の有無を数えた。数え上げでは項目間の重複を許した。結果を図5に示す。対応のある  $t$  検定を実施した結果、「反復」で有意差が見られた ( $t=2.38$ ,  $df=66$ ,  $p<.05$ )。また、「しきい値」で有意傾向が示された ( $t=1.93$ ,  $df=66$ ,  $p<.06$ )。

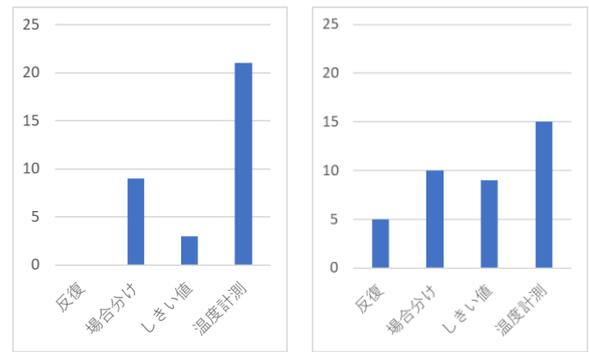


図6 授業Bの児童の回答の変容(左:事前, 右:事後)  
Figure 6 The transformation of the students' answers in the B class (left: pre, right: post).

上記の結果から、児童はプログラミングを経験したことによって、制御の場面で反復構造が働いていることや、設定したしきい値を基準として場合分けしていることに注意が向けられるようになったと考えられる。なお、授業後に温度計測についての記述が減少した原因は2つ考えられる。1つはプログラムの制御構造へ注意が向けられたため、2つは「プログラムで動いているから」といった個別の要素を記述しない回答だったためである。2つ目の回答は、筆者が設定した課題が不適切だったために得られた可能性がある。その可能性は、回答の中に「リモコンが(制御を)やっている」といった、授業者の期待に反するものも散見されたことから示唆される。

## 6. まとめと展望

本研究では、6つの条件を踏まえた小学校6年生理科の学習として行うためのプログラミング教育の授業案を開発した。最初に開発した授業Aを実践した結果を踏まえて改善を行い、授業Bを実施した。改善前の授業Aでは児童が構想したプログラム案を実現したり授業中の具体的な活動と直接結びついていないと思われる表層的な記述が見られたりしていた。一方で授業Bでは、授業のねらいである課題や補助発問と照らしあわせることで、児童が作成したプログラムからも記述したプリントからも、授業者が期待した学びが授業Aよりも引き起こされた可能性が示された。

以上の結果から、小学校での授業としてのプログラミング教育では、2節で整理した6つの条件のほかにも満たすべき条件が存在すると考えられる。その1つとして考えられるのは、実現すべき具体的なプログラムの全容が見えるように課題や補助発問、配布資料を構成することである。プログラミングは試行錯誤が行いやすい環境だからこそ、限られた時間の中でプログラミングの利点を児童に学んでもらうためには、探索的な試行錯誤を回避し、「建設的試行錯誤」を促す[21]必要があると考えられる。そのためには、課題を示し、児童にとって有望なプログラミングの断片的

知識を与えて道筋を示したうえで、知識を統合しプログラムを作成する過程を児童が楽しんで行うことができる支援を行うことが有効だろう。これは知識構成型ジグソー法でくり返し言われていることとほとんど変わらないが、プログラミングにも教科教育としての協調学習の知見が適用できることが見出されたのは前進だと考えられる。

なお、授業 A で作られたプログラムのバリエーションの方が多かったが、いろいろなブロックを組み合わせただけでうまく動作しないことが予想されるプログラムを作った挙句、授業の最後には「温度を表示する」などの単純なプログラムを作って終了しているグループが目についた。このことは、試行錯誤の時間を十分に確保するだけでは不足で、児童らの活動の質を一段階引き上げるための支援が必要であることを示唆しているだろう。

本研究の限界は、micro:bit を用いない場合に学習到達度がどのようになるかを検証していない点である。しかし、micro:bit あるいはこれに類するセンサ及びプログラミングがないことによってより学習が促されるとは考え難いため、micro:bit あり群・なし群のように条件を統制した実践は倫理的に実施が困難である。今後の可能性としては、micro:bit に類する他のデバイスを用いて児童の学びの深まりを評価することが挙げられる。

**謝辞** 富永浩司先生（磐田市立富士見小学校 主幹教諭・前 静岡大学教育学部附属浜松小学校 教諭）及び横山勝之先生（静岡大学教育学部附属浜松小学校 教諭）には、本実践の計画段階よりご協力いただきました。また、静岡大学教育学部附属浜松小学校の先生方には本実践の円滑な運営にご協力いただきました。伊藤亮先生（静岡県総合教育センター 教育主査（指導主事））との議論は、本実践を含む小学校でのプログラミング教育の在り方についての整理を進めるうえで大変有効でした。塩見彰睦先生（静岡大学情報学部 教授）には、授業で使用したノートパソコンを貸与いただきました。記して皆様に感謝申し上げます。本研究は JSPS 科研費（17K17786；研究代表者：遠山紗矢香）の支援を受けて実施されました。

## 参考文献

- [1] 文部科学省. 新学習指導要領.  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/1383986.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1383986.htm) (参照 2019-02-06).
- [2] 小文部科学省. 学校プログラミング教育の手引（第二版）.  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm) (参照 2019-02-06).
- [3] 未来の学びコンソーシアム. 小学校を中心としたプログラミング教育ポータル. <https://miraino-manabi.jp/> (参照 2019-02-06).
- [4] Kay, A. C., A personal computer for children of all ages. Proceedings of the ACM National Conference, 1972.
- [5] Computer science for all. <http://csforall.jp/> (参照 2019-02-06).
- [6] 戸塚滝登. コンピュータ教育の銀河. 晩成書房, 1995.

- [7] 遠山紗矢香. 第 4 章 学習と問題解決, 郷式徹・西垣順子 (編) 学習・言語心理学. ミネルヴァ書房, 印刷中.
- [8] NTT ラーニングシステムズ株式会社. 平成 30 年度 文部科学省委託 小学校プログラミング教育担当者等セミナー 教材. <https://nttl-edu.jp/mextkenshu2018/programmingseminar/> (参照 2019-02-06).
- [9] 遠山紗矢香. 第五章: プログラミング教育の動向. 「資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究」研究報告書 4~ICT リテラシーと資質・能力~, 国立教育政策研究所, 2017, p. 48-63.
- [10] Resnick, M. Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity through Projects, Passion, Peers, and Play. The MIT Press, 2017.
- [11] Beck, K. Extreme Programming Explained: Embrace Change. Addison-Wesley, 1999.
- [12] Tohyama S., Matsuzawa Y., Yokoyama S., Koguchi T., Takeuchi Y. Constructive Interaction on Collaborative Programming: Case Study for Grade 6 Students Group. In Tatnall A., Webb M. (eds) Tomorrow's Learning: Involving Everyone. Learning with and about Technologies and Computing. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 515. Springer, 2017, p. 589-598. (revised selected paper at WCCE2017)
- [13] 三宅なほみ, 東京大学 CoREF, 河合塾. 協調学習とは: 対話を通して理解を深めるアクティブラーニング型授業, 北大路書房, 2016.
- [14] Matsuzawa Y., Tanaka Y., Kitani T., Sakai S. A Demonstration of Evidence-Based Action Research Using Information Dashboard in Introductory Programming Education. In Tatnall A., Webb M. (eds) Tomorrow's Learning: Involving Everyone. Learning with and about Technologies and Computing. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 515. Springer, 2017, p. 619-629. (revised selected paper at WCCE2017).
- [15] Kishi, N., Yoshida, M., Yoshizawa, M. and Yoshida, A. VISURATCTH: Visualization Tool for Finding Characteristics of Teaching and Learning Process of Scratch Programmers. Conference Proceedings in Constructionism 2018, 2018, p. 325-333.
- [16] Tohyama, S. and Takeuchi, Y. How to Improve Children's Understanding of Code?: A Preliminary Study using Jigsaw Method for Computer Programming in Elementary School. Book of Abstracts, IFIP TC3 Open Conference on Computers in Education, 2018.
- [17] 文部科学省. 平成 29 年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果. [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/1408157.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1408157.htm) (参照 2019-02-06).
- [18] 豊福晋平. 初等中等教育における ICT の活用: 1. 日本の学校教育情報化はなぜ停滞するのか - 学習者中心 ICT 活用への転換-, 情報処理, 2015, vol. 56, no. 4, p. 316-321.
- [19] 東京大学 CoREF. 自治体との連携による協調学習の授業づくりプロジェクト 活動報告書. <http://coref.u-tokyo.ac.jp/archives/11519> (参照 2019-02-06).
- [20] 遠山紗矢香, 竹内勇剛. STEAM 教育としての協調的な音楽創作活動とその評価の提案-児童の自尊感情の変化に着目して-. ヒューマンインタフェース学会論文誌, 2018, vol. 20, no. 4, p.397-412.
- [21] 原田悠我, プログラミング学習における Tinkering の支援~建設的試行錯誤を促すシステムの開発~. 東京大学修士学位论文, 2018.