

理科における学びの教材作りを中心とした プログラミング教育の実践

加藤直樹^{†1} 保浦良太^{†1,2} 野沢朝輝^{†1,2} 松田孝^{†2} 上野朝大^{†3} 濱田大地^{†4}

概要：

2020 年度から実施される小学校学習指導要領では“プログラミング教育”が必須化された。文科省等から各種資料が出され、多くの小学校での研究も始まっているが、カリキュラム作りはまだまだ始まったばかりと言って良い状況にある。本稿では、今後のカリキュラム作りへの知見の提供を目指し、2017 年度から 2018 年度にわたって行ってきた、理科の学びの効果を向上するための教材をプログラミングで作る活動を取り入れた 5,6 年理科の授業案の開発とその実践について報告する。

キーワード：プログラミング教育、小学校、理科、フィジカル・コンピューティング

Practice of programming education focused on making learning materials in elementary school science

NAOKI KATO^{†1} RYOTA HOBO^{†1,2} TOMOKI NOZAWA^{†1,2}
TAKASHI MATSUDA^{†2} TOMOHIRO UENO^{†3} DAICHI HAMADA^{†4}

1. はじめに

2020 年度から実施される小学校学習指導要領には「児童が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付けるための学習活動」を「各教科等の特質に応じて計画的に実施する」と記された。「コンピュータに意図した処理を行わせる」とは、プログラムを作ることを中心としたコンピュータを操ることを意味し、この記載をもって、いわゆる“プログラミング教育”が必須化されることが定められた。

諸外国では同様の目的を持った学びのために新しい教科を設置しているところが多いが、日本では「各教科等の特質に応じて計画的に実施する」とあるように、プログラミング教育を行うための教科は作られず、さらにどの教科でどのような内容を実施するかが学習指導要領では定められなかった。

プログラミング教育の手引き（文部科学省）、小学校プログラミング教育必修化に向けて（未来の学びコンソーシアム）、小学校プログラミング教育導入支援ハンドブック 2018 (ICT CONNECT21) などの資料が出され、学校独自の校内研究や教育委員会による組織的な研究も始まっているが、プログラミングと小学校の学びの両方の知見を持つものが少なく、そもそもどのような学びを行えば上に

記した力が育まれるのかの知見もほぼないため、実施まで 1 年強となったこの時期にも関わらず、小学校 6 年間の教育課程全体を通しての体系的なカリキュラム作りはまだまだ始まったばかりと言って良い状況にある。

我々は、学習指導要領（案）が示された段階で、プログラミング教育のカリキュラム開発を進めていくためには、授業の実践を行う小学校と、実践案を研究する大学、そしてそれをサポートする企業が協力して実践研究を行うことが最適と考え、小金井市立前原小学校（以下、前原小）、東京学芸大学、株式会社 CA Tech Kids、株式会社アーテックによる、理科におけるプログラミング教育のカリキュラム作りへの知見を明らかにすることを目的とした共同研究プロジェクトを開始した[1]。本稿では、このプロジェクトで実施した実践研究の成果を報告する。

2. 実践研究の概要

本プロジェクトでは 2017 年度は 6 年理科の 3 単元、2018 年度は 5 年理科の 2 単元（本稿執筆時は 1 単元）で、プログラミング教育を組み込んだ授業案を開発し、実践を行った。授業は、保浦と野沢が前原小の当該学年理科専科講師（非常勤）を務め、松田と前原小の養手章吾教諭と共に実践した。また、小平市立小平第七小学校（以下、小平七小）の芦原拓也教諭にも一部の授業案を実践していただいた。

学習指導要領解説では、プログラミング教育を教科等の中で実施することに配慮し「教科等で学ぶ知識及び技能等をより確実に身に付けさせる」との記載がある。算数ではプログラミングをすること自体が算数の学びになるものが多いが、理科で学ぶ現象をプログラムで表現（シミュレ

^{†1} 東京学芸大学
Tokyo Gakugei university

^{†2} 小金井市立前原小学校
Koganei Maehara Elementary School

^{†3} 株式会社 CA Tech Kids
CA Tech Kids, Inc.

^{†4} 株式会社アーテック
Artec Co., Ltd.

ーション) しようとする高度すぎるものが多い。そこで本プロジェクトでは、プログラミングによって作った教材を理科の学び(実験)で用いることで、理科の学びの効果を上げることを基本方針とした。

なお、この研究の中で、CA Tech Kids はプログラミング教育を支援するメンターの育成モデルの開発、アーテックはプログラミング教育に適したワンボードマイコン関連のプログラミング環境の開発に取り組んだ。

3. プログラミング教育の実践

3.1 「生物の体のつくりと働き」でのプログラミング教育

3.1.1 背景と位置づけ

6年理科の単元である「生物の体のつくりと働き」の中の「心臓と血液の働き」では、聴診器を使って心音を聞いたり、指を動脈にあてて脈拍を感じたりして心臓が動き、それとともに血管も拍動していることを確認する活動を行う。また「呼吸の働き」を学ぶ時には、石灰水や気体検知管を用いた実験観察を行うことで、自分の息に含まれる酸素や二酸化炭素を計って体の仕組みを体感する。これらの実験では、目には見えない体の中の動きを見えるようにして、体の仕組みを学ぶ手がかりにしている。

現実の社会ではこれらの可視化はセンサとコンピュータを使った道具が利用されている。そこで、この道具をプログラミングによって作る活動をこの単元の授業に取り入れた。従来の実験方法を体験することも大切であるが、現実の社会で用いられている道具を使用することは理科の学びの目的から外れるものではなく、またその道具がどのような仕組みで動いているのか知り、コンピュータによってこのようなこともできるのかを気づくことはプログラミング教育としても成り立つ。

3.1.2 教材の概要

本案では、ワンボードマイコンとセンサ、LED をプログラムによって制御し、体の仕組みを調べる実験に利用する道具を作る活動を行う。

使用した機材は、アーテック社のワンボードマイコン Studuino と、seed 社の心拍センサと O2 センサ、アーテックロボ用 LED である(図1)。心拍センサはクリップ式になっており、クリップで耳たぶ等を挟むことで、挟んだ部分の血管の膨張を検出できる。

Studuino とセンサの接続は、センサから出ているメスコネクタとアーテックのセンサ接続コードのメスコネクタをジャンプワイヤで結び、センサ接続コードの反対側のコネクタを、Studuino の A0 から A5 端子のいずれかに差す。LED は D10,D11,D13 端子のいずれかに差す。

プログラミング環境は Scratch2.0 (オフライン版) を用いた。また、Scratch2.0 で Studuino を制御できるようにするために、その間を取り持つ機能を持った Scratio を利用した。センサの値は [センサ (A*) の値] ブロックで取得でき、LED の点灯消灯は [デジタル (D*) オン/

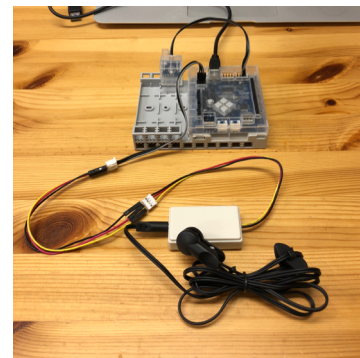


図1 Studuino と心拍センサ、ロボ用 LED
Fig.1 Studuino, Heart Rate Sensor, and LED for ArtecRobo



図2 脈拍数を表示するプログラム
Fig.2 Program code to display heart rate

オフ] ブロックで行える。Studuino の標準プログラミング環境 (StuduinoBPE) を使わなかった理由は、コンピュータ画面上で脈拍を可視化したり、計測した脈拍数を表示したりしなかったためである。なお、現在の Studuino BPE では同様なことができるようになっている。

3.1.3 実践した授業内容

(1) 前原小「心臓と血液の働き」の授業内容

2017年度1学期に、前原小の2クラスでそれぞれ4時間の授業を行った。1クラスの4時間目は公開授業として実施した[2,3]。授業は松田が行った。

1時間目は、脈拍の説明の後、教師が提示した脈拍に合わせて LED が点滅するプログラムを真似して入力する活動を行った。前学年で Studuino BPE を使ったロボット制御のプログラミングを行っておりビジュアルプログラミング (ブロックプログラミング) にはある程度慣れている児童であったが、Scratch は初体験であったため、まずは見本を真似る活動とした。

2,3時間目は、Scratch におけるタイマーと変数の使い方の説明後、教師が提示した1分間の脈拍の数(脈拍数)を数えるプログラム(図2)を参考に、15秒で脈拍数を求めるプログラムを作る活動を行った。児童が行うプログラミングは、終了判定の条件を60秒を超えた時から15秒を超えた時に変更し、数えた数を4倍したものを脈拍数として表示するように変更する活動になる。これができる児童は1秒で求めるプログラムを作り、うまくいかないことを確認した後、逐次求め続けるプログラム作りに挑戦した。

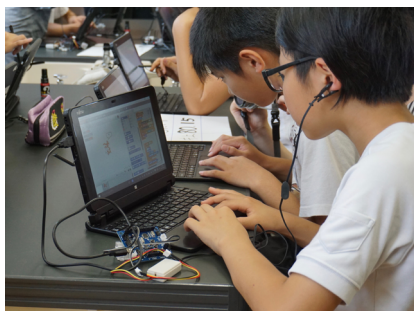


図3 プログラミング活動の様子 ([*]より)
 Fig.3 Scenery of programming activities

考察で記載するが、このプログラムは難しいため、4時間の授業の中で例を掲示した。

4時間目は、徐脈、頻脈について説明した後、頻脈（1分間当たりの脈拍数がある値以上になった時）をLEDの点灯や音を鳴らすなど自由な方法で知らせるプログラムを作る活動を行った（図3）。逐次脈拍数を求めるプログラムの脈拍数を表示するところに条件分岐文を入れるプログラミングになる。

(2) 小平七小「心臓と血液の働き」の授業内容

2017年度1学期に、小平七小において2時間の授業を行った。授業者は芦原拓也教諭である。

1時間目は、教師の耳たぶにセンサをつけると心拍に合わせてコンピュータの画面上のハートの絵の色が変わる状態を見せ、ハートの絵の変化が何を表しているのかを考えさせる導入から、まずセンサの値を表示するプログラムを作る活動を行った。プログラミングは、図4上を提示し一つ足りないブロックを考えさせ、組み立てさせた。次に図4中のプログラムを一齐指導のもとで組み立てた後、想定する動きになるように条件式の数値を決める活動を行った。

2時間目は、脈に合わせて音が鳴るプログラムに変更させ、音が連続して鳴ってしまうことを体験させた後に、説明をしながら図4下のプログラムまで組み立てた後、求める動きになるように条件式の数値を決める活動を行った。その後、作った道具や聴診器を用いて、脈拍を感じられる（調べられる）体の箇所を探す活動や、代表者の体に複数のセンサをつけたり聴診器を当てたりして脈拍の性質を調べる活動を行った。

(3) 小平七小「呼吸の働き」の授業内容

2017年度2学期に、小平七小において2時間の授業を行った。授業者は小平7小の芦原拓也教諭である。

最初に、センサを入れたビニール袋の中の空気呼吸をするとセンサの値が減っていくことを見せ（図5）、吸う空気と吐き出した空気何がかわるのか、センサは何を計測しているのかを考えさせた。

次に、センサの値を表示するプログラム（「心臓と血液の働き」と同様）を作った後に、酸素が少ない空気を吸うと危険なことを教え、センサの値が小さくなったら何らかの方法で危険を知らせるプログラムを自由に作らせた。先に作ったプログラムに条件分岐文を入れるプログラミン

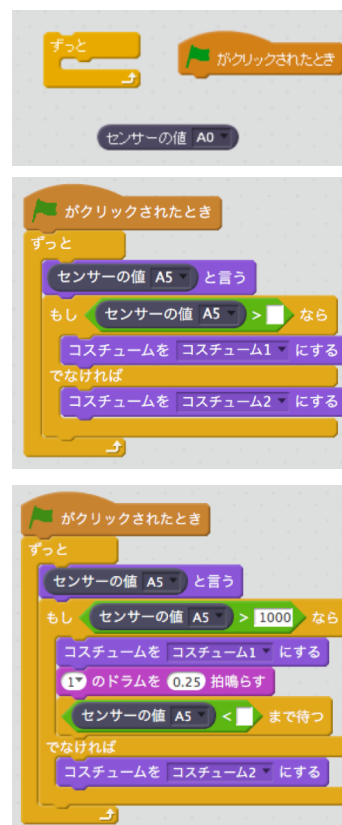


図4 脈拍を可視化するプログラムの雛形
 Fig.4 Program code model for visualizing heart beats

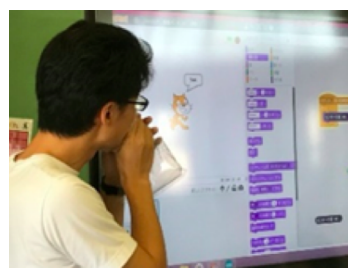


図5 酸素の量を表示するプログラムの実演
 Fig.5 Demonstration of a program to display the amount of oxygen

グになる。その後、実際に呼吸した時の酸素の変化を観察した。なお、危険を知らせる値は実際の危険な値よりも十分に大きな値とさせた。

最後に、酸素の量の変化を折れ線グラフで表すプログラムコードを印刷した紙を配布し入力させ、実際に呼吸した時の酸素の変化を観察し、どのようなことがわかるかを話し合わせた。

3.2 「電気の利用」でのプログラミング教育

3.2.1 背景と位置づけ

6年理科の単元である「電気の利用」では、手回し発電機や蓄電器を使って、電気を作ったり蓄えたりできること、またその電気を豆電球や電熱線、モータに流し、光や熱や動力に変換できることを、実験を通して学ぶ。

加えて、身の回りには電気の性質や働きを利用した道



図6 豆電球の明るさを変えるプログラム
Fig.6 Program to change brightness of small light bulb

具があることについての学びも内容に含まれているが、これまでこの扱いは大きくなかった。しかし次期学習指導要領では、センサを使って電気の流れを制御するプログラミングを体験することを通して、そのような道具の仕組みを学ぶことが例として記載された。そこで、この指導要領の例示に沿った授業実践を行った。

3.2.2 教材の概要

本案では「生物の体のつくりと働き」と同様にワンボードマイコンとセンサ、出力デバイスをプログラムによって制御し、エネルギーを効率よく利用する道具を作る活動を行う。

使用した機材は、アーテックのワンボードマイコン Studuino と、出力デバイスとしてモータ、ブザー、豆電球、センサとしてスイッチセンサ、光センサ、温度センサ、音センサ、フォトフレクタ、及び電池である。出力デバイスは従来の理科の実験で用いていたものを使った。また、センサはアーテックロボ用のものを使った。

センサはアーテックのセンサー接続コードを用いて Studuino の A0 から A7 端子に差す。電池はアーテックのスタディーノ用みのむしリード線を用いて Studuino の POWER 端子に差す。出力デバイスもスタディーノ用みのむしリード線を用いて Studuino の M1 または M2 端子に差す。このように接続することで電池からの電流が出力デバイスに流れるようになる。

プログラミング環境は StuduinoBPE を用いた。M1,M2 端子に流す電流の大きさと向き（電圧の大きさの極性）は [DC モータ (M*) を (正転/逆転/停止)] ブロックと [DC モータ (M*) の速さを (数) にする] ブロックで変えられる。センサの値は [〇〇センサ (A*) の値] ブロックで取得できる。

3.2.3 実践した授業の内容

前原小の 2 クラスでそれぞれ 7 時間の授業を行った。1 クラスの 5 時間目を公開授業として実施した[4]。授業者は前原小の養手章吾教諭と保浦である。

1 時間目は、豆電球と電池からなる回路の間に Studuino を入れ、豆電球の明るさ（電流の大きさ）を変化させるプログラムを作る活動を行った（図6）。図6右上のプログラムでは意図通りに動作しないことを実演して示し、繰り返しを使う必要があることを引き出した後、プログラムを作

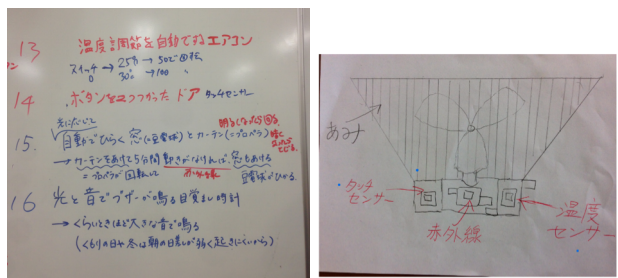
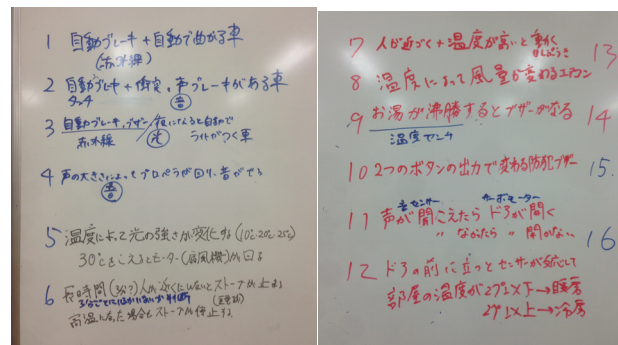


図7 児童が考えたエコな電気機器のアイデア一覧
Fig.7 Ideas of eco electric equipment proposed by children

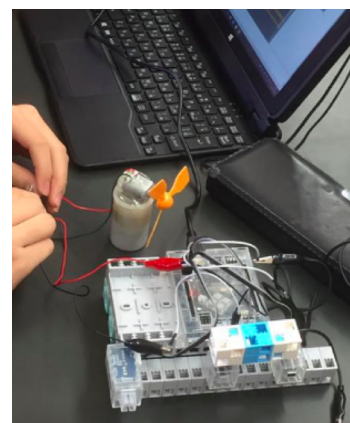


図8 エコな電気機器を開発している様子
Fig.8 Scenery developing eco electric equipment

り上げ、豆電球の明るさを変える方法を確認した。

2 時間目は、各種センサを Studuino につなげ、それぞれのセンサがどのような時にどのような値を出力するかを調べる活動を行なった。

3 時間目に、センサの値に応じて電気の大きさを変えることで実現できるエコな電気機器のアイデアを考える活動を行なった（図7）。そして、4,5,6 時間目でアイデアを実装し（図8）、7 時間目に発表を行なった。当初、実装は 2 時間の計画であり、多くの児童が実装を終えていたが、児童が夢中になって取り組んでいたため、1 時間増やしさらに工夫をさせることにした。アイデアは個人で考えさせたが、出したアイデアと児童の特性を考慮した 2,3 名のグループに分け、4 時間目以降はグループ活動とした。なお、4,5 時間目には 2 班に 1 名程度の大学生メンターが入った。

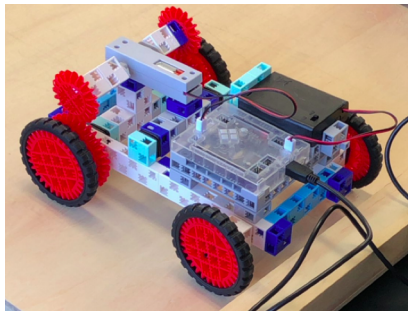


図9 モータを回す力とモータの回転をタイヤに伝える
歯車を変えられる四輪車

Fig.9 Automobile that can change power to turn the motor
and a gear that transmits the rotation of the motor to the tire

3.3 「てこの規則性」におけるプログラミング教育

3.3.1 背景と位置付け

6年理科の単元である「てこの規則性」では、てこ実験器を用いて、支点の左右にぶら下げたおもりの距離や重さを変えたときの棒の傾きを観察することで、つり合う時には関係式「左側のおもりの重さ×支点からの距離＝右側のおもりの重さ×支点からの距離」が成り立つことを学ぶ。加えて、小さな力で重い物を動かすなどの身の回りのてこの規則性が利用されて道具についても学ぶ。

後者では、たとえばくぎぬぎや輪軸滑車などの説明が行われるが、小学生にはあまり馴染みのない道具である。てこの規則性が使われている小学生にとってもっとも身近な道具は自転車のギアであろう。そこで、ギアによって生じる規則性を観察するための実験道具をプログラミングによって作り観察する、具体的にはギアの歯車の大きさを変えることで坂道を登るのに必要な力がどのように変わるかを観察する活動を、この単元の授業に取り入れた。

3.3.2 教材の概要

本案では、アーテック社のアーテックロボを使って作った四輪車(図9)を用いて、四輪車が坂道を登るために必要な力を測る実験を行う。

四輪車は、モータの回転を、モータにつながった交換可能な歯車から、前輪につながった歯車を介して前輪に伝えるようになっている。また、モータは Studuino の M1 端子とつなげ、モータにかかる電圧を制御できる。プログラミング環境は StuduinoBPE を使い、[DC モータ (M1) の速さを (数) にする] ブロックで 0 から 100 の値を指定することで、モータにかかる電圧の制御ができる。

なお、四輪車が動いたことを得るために、走らせる土台に引いた黒線を光センサ等で検出する方法や、動き出すと障害物にぶつかりそれをスイッチセンサ等で検出する方法考案・検証したが、本実践では次に記すような目視で十分と判断し、取り入れなかった。

3.3.3 実践した授業の内容

2017年度の3学期に、前原小の2クラスでそれぞれ5時間の授業を行なった。4時間目は公開授業として実施し

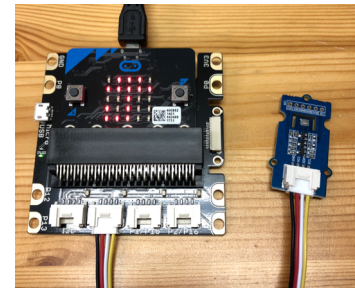


図10 micro:bit と気圧センサ

Fig.10 micro:bit and atmospheric pressure sensor

た。授業は保浦が行った。

1時間目は、大きさの違う歯車の組み合わせ(ギア)への力のかかり方を体験し、既習事項であるてこの規則性(支点、作用点、力点)とギアの仕組みの関係を整理した。

2時間目は、モータにかかる電圧(モータにつながった歯車を回す力)の大きさを指定できるプログラムを作り、傾斜10度の坂を登れる最小の力を見つける活動を行った。力を変えられる回数を3回に限定し、最小の力を見つける効率的な方法を考えさせ、その後バイナリサーチの紹介を行った。

3時間目は、繰り返しと変数を使って、モータにつながった歯車を回す力を徐々にあげるプログラムを作り、動き出したときの力を読み取る活動を行った。プログラミングは、「電気の利用」とほぼ同じであるため、0からプログラムを作らせた。4時間目は、モータにつながった歯車として大小二つを使い、それぞれの歯車に対して動き出す力を調べる活動を行った後、歯車の大きさ(支点と作用点の距離)と力との関係について考えさせた。そして、5時間目にその考えを共有し、歯車が小さいと支点と作用点の距離が短くなり必要な力が小さくて済むことを気づかせた。

3.4 「天気の変化」におけるプログラミング教育

3.4.1 背景と位置付け

5年理科の単元である「天気の変化」では、雲を中心とした空の観察を行い、天気を変化させる雲の動きや種類に気がつかせたり、数日間にわたる気象衛星の雲画像を比較することで天気の変化の規則性を捉えたりする活動を行う。この単元では雲と天気の関係を学ぶことになるが、天気予報などでは気圧という言葉が日常的に使われ、小学生でも耳にしている。この気圧は雲の発生や天気の変化と大きく関係する。

そこで、学習指導要領の範囲を超えて気圧を取り上げ、気圧から天気を予想する道具をプログラミングによって作る活動を、この単元の授業に取り入れた。

3.4.2 教材の概要

本案では、ワンボードマイコンとして micro:bit を使い、気圧センサとしては seed 社の温度・湿度・気圧センサ (BME280) を用いた(図10)。気圧センサと micro:bit の接続は、micro:bit に seed 社の micro:bit 用 GROVE

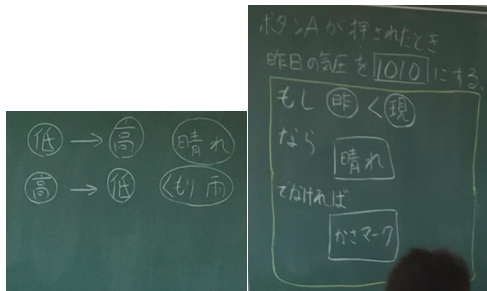


図 11 気圧と天気の関係の考察時の板書
Fig.11 The contents on a board at the time of consideration of the relationship between atmospheric pressure and the weather



図 12 天気予想プログラムの雛形
Fig.12 Program model of forecasting weather

シールドを取り付けることで行った。

プログラミング環境は、web ベースの MakeCode エディターを用いた。センサからの気圧の値は、拡張機能として weatherbit を組み込み、[start weather monitoring] ブロックを最初に呼び出した後、[pressure] ブロックで取得することができる。

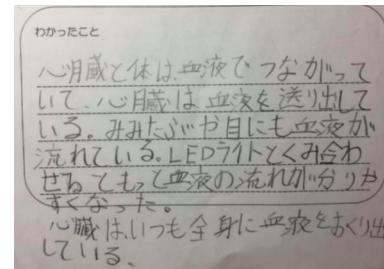
今回の実践では、気圧センサをグループの数分用意することができなかつたため、気圧センサを取り付けた micro:bit を 1 つサーバとして用意し、そこから無線通信で児童の micro:bit にデータを送る形とした。

3.4.3 実践した授業の内容

2018 年度 2 学期に、前原小の 2 クラスでそれぞれ 4 時間の授業を行った。授業は野沢が行った。

1 時間目は、気圧と雲のでき方の関係を説明し、2 時間目はその実証のために、ペットボトルを使って雲を発生させる実験活動を行った。

3,4 時間目では、前日の気圧と今日の気圧から明日の天気を予想するプログラムを作る活動を行った。まず、ある日の気圧とその前日の気圧と次の日の天気の関係の表から、次の日の天気を予想するルールを話し合った (図 11 左)。次にそのルールを表現する流れ図を考え (図 11 右)、プログラミングをする活動を行った。プログラミングは、サーバからデータを受け取る部分などを組んだプログラム (図 12) を配布し、これを元に予想した天気を表示する道具を作り上げた。条件分岐で異なるパターンの LED を表示す



感想

今までやってきたことのまとめみたいで分かることがおおくておもしろかった。
60を超えたらバイタルサインが鳴るというプログラミングがうまくできてよかった。いままでのすこしくわえるだけでうまくプログラミングができたのでびっくりした。

図 13 「心臓と血液の働き」における振り返りカードの一例

Fig.13 A case of reflection card in "function of the heart and blood"

- ①できたこと、できなかったこと
- ②プログラミングと理科の授業を合わせて感じた事
- ③自由な感想

- ①本当は赤外線センサーでモーターが、回る仕掛けを作るはずだったけど更にタッチすると止まる仕掛けも作れた。
- ②プログラミングをして自分達の思い通りにプロペラや豆電球が動いたりついたりして面白かった。

- ③普通の理科より楽しかったです!

図 14 「電気の利用」における授業後の振り返りの一例
Fig. 14 A case of reflection card in "Utilization of electricity"

るコードを書くことになる。

4. 考察

実践を考察し、得られた知見を整理する。

4.1 興味の喚起

小平七小の「心臓と血液の働き」の実践において、導入の段階では、通常の授業の後であつたにも関わらず、血液の流れと心拍を関連付けることができない児童がほとんどであつたが、授業の感想の発表や振り返りカード (図 13 上) への記録から、心臓のはたらきで血液が全身に送られていくことを理解し、また脈の速さが変わるなどにも気がついたことが示された。2 時間目に行った作った道具や聴診器を用いた活動によって得られたものと考えられる。聴診器だけでも可能な活動ではあるが、脈拍に合わせて LED が点灯するツールによって、興味を引き出すことができた。

前原小の「心臓と血液の働き」の実践では、授業後の振り返り (37 名が記録) において、8 名がプログラムで脈拍数を測れる道具が作れることが興味深かつたとの回答



図 15 1分あたりの脈拍の数を求めるプログラムコード
Fig.15 Program code to measure the number of heart beats per minute



図 16 明るさに応じて LED の明るさを変えるプログラム
Fig.16 Program code to change LED brightness according to the surrounding brightness

をし、授業の最後に教師が作った脈拍数を用いた嘘発見器の実演に対して7名がすごかったと答え、1名は自分でも作ってみたいと意見を書いていた。また、20名ができて嬉しかったとの感想を述べており、特に5名が他の人と一緒にやってできた、わかった、そのうち1名は今度は自分が教えるようになりたいと答えており、グループによる活動の効果が見られた。加えて、2名がそれまでに行ってきたプログラムを少しずつ変えることでできることに気がつき、それが楽しかったとの感想を述べている(図13下)。このような楽しさを引き出すためにも、時数を確保して、体系的なプログラミングの体験をデザインすることが重要であることがわかる。

また、「電気の利用」の身の回りの道具の学びについては、これまでの授業では事例を探したり、創造するにしても考えるところで止まっていた。プログラミング活動を取り入れたことで実際に作り上げることが可能になり、意欲の向上や電気の働きについて妥当な考えを作り出すことにつながったと考える。授業後の振り返り(図14)からは、33名中11名から、電気で動くものや便利なものを作れて楽しかった、普段の理科より面白かったなどの意見が得られた。この効果を生むためにも、この単元では、決まったものを作るだけでなく、児童が考えたものを自由に作れるようにすることが重要である。

一方で、どの実践においても、できなかった、難しかったと感想に残す児童がいた。自己否定感を生まないためにも、十分な時間の確保やできない児童のための手立てが必要である。

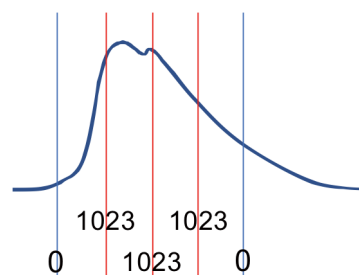


図 17 血管の膨張とセンサの値の関係
Fig.17 Relationship between blood vessel expansion and sensor value



図 18 脈拍の数を数えるプログラム
Fig.18 Program code to count the number of heart beats

4.2 教科横断的な学び

「心臓と血液の働き」の実践において、逐次脈拍数を求めるプログラムを作るには、単位量当たりの大きさの考え方を持っている必要がある(図15)。単位量当たりの大きさは、現行の学習指導要領では5年と6年、次期学習指導要領では5年の算数で学ぶ。本実践では、時間単位当たりの大きさ(速さ)を学ぶ前の時期であったことと、時間の単位を秒から分に変換するか、1秒あたりの回数を求めてから1分あたりの回数に変換する必要がある難しさがあったため、逐次脈拍数を計算するプログラムを作れる児童は少なかった。

また、「電気の利用」の実践では、環境の明るさによって豆電球の明るさを制御したい場合、条件分岐を使うと条件分岐を単純につなげたり入れ子にしたりすることになる(図16上中)。ここで算数の「変化と関係」の二つの量の関係の考え方ができていれば、一つのブロックで表現できるが(図16下)、そのようなプログラムを自力で作る児童はいなかった。

教科横断を意識したカリキュラム・マネジメントと授業作りをすることで、他教科の深い学びと高度な論理的思考のトレーニングの両方が可能になる。

また、「電気の利用」の実践は、家庭科における日常生活の中の問題の解決、図工における楽しく豊かな生活の創造、社会における工業生産に関する学びにも関係づけられる。授業の観察から、児童が十分な発想力やプログラミング力があれば、単なる理科にとどまらず、これらの教科の学びとしても成立すると感じた。教科横断的な授業とす

ることで、時数の確保も柔軟になる。

4.3 学びの系統性

「心臓と血液の働き」の実践において、心拍センサの値は脈拍のリズムとは異なる間隔で取得することになり、1回の脈拍の間に数回値を得る可能性がある(図17)。そのため、図18上のようなプログラムコードであると1回の脈拍を複数回に数えてしまう。そこで、図18下のように、1度数えたら血管が収縮するまで数えるのを止める必要がある。また「呼吸の働き」では、酸素量の変化を見やすくするためには折れ線グラフを描画することが最適である。

今回の実践では難易度が高いと考えこれらのプログラミングを自力でさせることはしなかったが、プログラミングのための論理的な思考のトレーニングとして面白い課題であるので、試行錯誤が可能のように、この單元までに十分なプログラミング体験の時間を確保して、児童の力を育んでおくことが重要である。

また、「電気の利用」の実践では、最初の2時間を電流の大きさをプログラムで制御することや、センサの使い方を知る導入に当てた。電気を扱う單元は3年次からあり、プログラミング教育を適時組み込んで行けば、この單元において導入にかかる時間は少なく済む。「てこの規則性」の実践では、たとえば社会科の工業生産の單元で自動運転を取り上げるなどしてライントレースカーを作るなどの体験をしておけば、四輪車が動き出す瞬間をライン検出で行うことを取り入れることができるかもしれない。

上記のような効果を生じさせるためにも、小学校6年間の教育課程全体を通しての系統的なカリキュラム・マネジメントが重要である。

4.4 他単元と他教材への展開

酸素センサを用いる教材は「燃焼の仕組」での利用も可能である。土壌湿度センサを用いることで同じようなプログラムで「植物の発芽、成長、結実」にも活用できる。「てこの規則性」で用いた四輪車も、先に示した社会科やロボット社会をテーマにした総合で用いることが可能である。また、本稿で述べた実践では、ワンボードマイコンとしてStuduinoとmicro:bitを用いたが、センサ等との接続の仕方は変わるが互いに交換が可能である。

一つのハードウェアを様々な単元で使えることは、予算が限られる学校では重要である。しかし、小学校の教師は別のハードウェアに置き換える知識や技術はない。あるハードウェアを使う授業案ができたときには、別のハードウェアを利用する方法を提示していくことが必要であろう。

5. 関連研究

富永らは、総合的な学習の時間と理科「電気の働き」「電気の利用」の教科横断型のカリキュラムを提案している[5]。教科の時間は割けないが、総合の時間をプログラミング教育に割り当てられる場合のカリキュラムモデルとして参考になる。宮内[6]は電気関連の單元でのプログラ

ミング教育にStuduinoの利用可能性を述べている。また、製品に対する改善案を提示している。

佐藤らは、5年理科「振り子の運動」の單元における実践を報告している[7]。説明を読みながらのプログラミングであったにも関わらず、單元に関連したプログラミングをした児童は、関連しないプログラミングをした児童よりも單元に関するテストや思考力調査の結果が良かった。プログラミング活動を教科の学びに取り入れることの有用性を示した貴重な結果である。

横山らは、教員養成系大学の学生に意識調査を行い、小学校理科の各單元に比べてプログラミング教育の内容が理解できておらず、指導に自信がないと考えていることを明らかにした[8]。教員養成の学部教育で取り上げる質を持った授業案を開発し、体験と授業研究を行っていく機会を設ける必要がある。

6. おわりに

本稿では、今後のプログラミング教育のカリキュラム作りへの知見の提供を目指し、2017年度から2018年度にわたって行ってきた、理科の学びの効果を向上するための教材をプログラミングで作る活動を取り入れた5,6年理科の授業案の開発とその実践、その実践からの考察を述べた。

今後は、今回の実践をもとに、縦横の單元、及び他教科でのプログラミング教育と関連付けをしながら、体系的なカリキュラムの開発を進めていきたい。なお、本稿の発表時点では5年「電流がつくる磁力」の単元の授業実践が終わっている予定である。後に報告する予定である。

参考文献

- [1] “CA Tech Kidsら4者、「理科×プログラミング」の共同研究を開始”, CA Tech Kids Press Release, 2017年6月1日
- [2] “前原小、理科×プログラミング「人の体のつくりとはたつき」授業公開”, ICT教育ニュース 2017年7月7日
- [3] “2020年度本格実施の小学校プログラミング教育、産学共の授業研究がスタート”, Impress Watch 2017年7月19日
- [4] “前原小、6年生がフィジカルコンピューティングで「電気」を学ぶ”, ICT教育ニュース 2017年10月30日 (2017)
- [5] 富永直也: 小学生を対象としたプログラミング学習カリキュラムの開発, 立命館教職教育研究, 4, pp. 81-90 (2017)
- [6] 宮内主斗: 理科の「電流」の学習が体験的に進められる教材, 総合教育技術, 73(11), pp.104-107 (2018)
- [7] 佐藤和紀他: 小学校理科におけるプログラミング教育の効果の分析: 第5学年「ふりこのまわり」を事例として, 日本教育工学会研究報告集, 17(4), pp.115-120 (2017)
- [8] 横山隆光他: 教員養成系大学の学生のプログラミング教育に対する意識, 日本科学教育学会年會論文集, 41(0), pp.359-360 (2017)

謝辞

本研究の一部は、科学研究費: “教科の学びへのプログラミング体験の具体化とそれを元にしたカリキュラムモデルの開発”(18K02930)の補助による。

正誤表

下記の箇所に誤りがございました。お詫びして訂正いたします。

訂正箇所	誤	正
3 ページ 図 3 見出し	プログラミング活動の様子（[*]より）	プログラミング活動の様子（[3]より）