

プログラミング教育における教材開発 I

小林 秀 明

(文教大学教育学部)

Development of Teaching Materials for Programming Education I

KOBAYASHI HIDEAKI

(Faculty of Education, Bunkyo University)

要 旨

2020年度から全ての小学校においてプログラミング教育が必修化される。しかし、教育現場からは、新たにプログラミング教育を行う時間的な余裕がなく、何からはじめて良いかもわからないという意見が多くある。また、いまだに難しいプログラミング言語を扱うという誤認識や新たに猛勉強を強いられるという不安の声もみられる。そこで新学習指導要領とその解説、小学校プログラミング教育の手引（第一版と第二版）および小学校を中心としたプログラミング教育ポータルサイトについて詳細な分析をおこない、プログラミング教育の方向性について検討を行った。さらに、現場の教員の意識改革に寄与し、スムーズな導入が可能な理科のプログラミング教育用のツールの選定をおこない、3年生用と6年生用の新たなプログラミング教材の提案をおこなう。

キーワード：小学校理科 学習指導要領 プログラミング教育 micro:bit 教材開発

はじめに

本学の理科教育研究室では、卒業研究生（以降卒研生）を四年次より受け入れている。入室した学生には小学校理科の教材開発を課しており、私が本学に就任してから受け持った全13名の学生（内訳は2018年3月の卒研生5名、2019年3月の卒研生8名）全員が教材開発の論文を仕上げ卒業した。その中で2020年度から小学校で実施される「プログラミング教育」について関心を抱いて教材開発を試みた学生が2019年3月卒業の学生の中に2名いた。また、本年度も理科教育研究室に在籍している5名の卒研生のうち2名がプログラミング教育の教材開発に取り組んでいる。卒業した2名の学生は、小学校の教員に就き、現卒研生2名も小学校の教員を志望している。プログラミング教育が現実味を帯びて差し迫っていることのあらわれであろうか、卒研で

プログラミング教育に取り組む学生が続いている。

また、筆者の研究の一環として、小学校でのプログラミング教育の教材としてマイコンボードのひとつであるmicro:bitの有用性を検討している。本稿では、小学校でのプログラミング教育のあり方についての提言をおこない、卒研生とともに検討してきたツールとしてのmicro:bitのさらなる可能性についての考察を試みる。さらにこのmicro:bitを用いた理科教材について提案する。

I プログラミング教育とは

1 学習指導要領¹⁾ および学習指導要領解説²⁾ 中の記載

(1) 学習指導要領におけるプログラミング教育の位置づけ

平成29年3月告示の学習指導要領における

総則では、プログラミング教育は以下のように位置付けられている。

第3 教育課程の実施と学習評価

1 主体的・対話的で深い学びの実施に向けた授業改善

各教科等の指導に当たっては、次の事項に配慮するものとする。

中略

(3) 第2の2の(1)に示す情報活用能力の育成を図るため、各学校において、コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を活用するために必要な環境を整え、これらを適切に活用した学習活動の充実を図ること。また、各種の統計資料や新聞、視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図ること。

あわせて、各教科等の特質に応じて、次の学習活動を計画的に実施すること。

ア 児童がコンピュータで文字を入力するなどの学習の基盤として必要となる情報手段の基本的な操作を習得するための学習活動
イ 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

また、第3 指導計画の作成と内容の取扱いでは以下のように記述されている。

2 第2の内容の取扱いについては、次の事項に配慮するものとする。

中略

(2) 観察、実験などの指導に当たっては、指導内容に応じてコンピュータや情報通信ネットワークなどを適切に活用できるようにすること。また、第1章総則の第3の1の(3)のイに掲げるプログラミングを体験しながら論理的思考力を身に付けるための学習活動を行う場合には、児童の負担に配慮しつつ、例えば各学年の内容の〔第6学年〕の「A物

質・エネルギー」の(4)における電気の性質や働きを利用した道具があることを捉える学習など、与えた条件に応じて動作していることを考察し、更に条件を変えることにより、動作が変化することについて考える場面で取り扱うものとする。※下線は筆者加筆

(2) 学習指導要領解説における記述

第6学年 (4) 電気の利用 アの(ウ)

『身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具があること。』

これに対する解説部分には、

日常生活との関連としては、エネルギー資源の有効利用という観点から、電気の効率的な利用について捉えるようにする。このことについて、例えば、蓄電した電気を使って、発光ダイオードと豆電球の点灯時間を比較することが考えられる。また、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といったことが考えられる。※下線は筆者加筆

また、第4章 指導計画の作成と内容の取扱い 2 内容の取扱いについての配慮事項では以下のように記されている。

(2) コンピュータや情報通信ネットワークなどの活用

中略

観察、実験などの指導に当たっては、直接体験が基本であるが、指導内容に応じて、適宜コンピュータや情報通信ネットワークなどを適切に活用することによって学習の一層の充実を図ることができる。

コンピュータや視聴覚機器などで扱われる映像などの情報については、それぞれの特性

をよく理解し、活用することが大切である。また、学習を深めていく過程で、児童が相互に情報を交換したり、説明したりする手段として、コンピュータをはじめとする様々な視聴覚機器を活用することが考えられる。これらの機器の特性を踏まえて効果的に活用することにより、理科において育成を目指す資質・能力の実現を図ることができると考えられる。なお、これらの機器を活用する場合は、その操作について適切な指導を心掛けることが必要である。

「プログラミングを体験しながら論理的思考力を身に付けるための学習活動」については、第1章総則第3の1（3）イに掲げられているとおり、小学校段階において体験し、その意義を理解することが求められている。そこでは、意図した処理を行うよう指示することができるといった体験を通して、身近な生活でコンピュータが活用されていることや、問題の解決には必要な手順があることに気付くことを重視している。

理科において、これらの活動を行う場合には、児童への負担に配慮しながら、学習上の必要性や学習内容との関連付けを考慮して、プログラミング教育を行う単元を位置付けることが大切である。視聴覚機器の有効活用といった観点と同様に、プログラミングの特性を踏まえて、効果的に取り入れることにより、学習内容と日常生活や社会との関連を重視した学習活動や、自然の事物・現象から見いだした問題を一連の問題解決の活動を意識しながら論理的に解決していく学習活動などが充実すると考えられる。※下線は筆者加筆

学習指導要領と指導要領解説から読み取れることをまとめると以下の通りである。

- ①コンピュータや情報通信ネットワークなどを適切に活用できるようにすること
→プログラミング以外にもプレゼンテーションのツールとしての活用も考えられること

- ②与えた条件に応じて動作し、条件を変えることで動作が変化すること
→身近な生活の中にはプログラミング応用機器があること、およびプログラミング的試行について育むこと
- ③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ことを体験する
→プログラミングの実体験
- ④さまざまな日常の問題解決には、必要な手順があることに気付くこと
→プログラミング的思考を育むこと
- ⑤学習上の必要性や学習内容との関連付けを考慮して、プログラミング教育を行う単元を位置付けること
→学習指導要領 理科の第6学年、2 内容A 物質・エネルギー（4）電気の利用アの（ウ）として 身の回りの電気の性質や働きを利用した道具 としての扱いが例示されているが、関連付けさえしっかり行えば、小学校の理科のどの単元でも扱うことが可能であること

このように学習指導要領や指導要領解説を読み解くと、小学校三年次より始まる理科の授業の中で以下の内容（『学習上の必要性や学習内容との関連付けを考慮して、プログラミング教育を行う単元を位置付ける』）に配慮すれば、教材開発の余地、および価値は十分にあると考えられる。

では続いて文部科学省が作成している「プログラミング教育の手引」について分析した結果を示す。

2 「小学校プログラミング教育の手引」について

（1）第一版から第二版への改訂点

2020年度からの小学校プログラミング教育の全面実施に向けて、文部科学省からは「小学校プログラミング教育の手引（第一版）」が作成（平成30年3月）³⁾されているが、説明の充実や指導例の追加などを行った改訂

版「小学校プログラミング教育の手引（第二版）」（平成30年11月）⁴⁾が公表された。第二版で改定された内容は、以下の通りである。

1. C分類のプログラミング教育としてのねらいを明確化し、C分類の取組例を提示したこと
2. A分類（総合的な学習の時間）、B分類及びC分類の指導例の追加等を行ったこと

第一版においてC分類が「各学校の裁量により実施するもの（A、B及びD以外で、教育課程内で実施するもの）」と記載されていたものが、「教育課程内で各教科等とは別に実施するもの」と表現をかえたことと、教育課程内の各分類（A～C）に対していくつかの指導例が追加されたことである。

これによりプログラミング教育の学習活動の分類例が以下のように示されるようになった（図1）。なお、手引中には、教育課程内で実施されるA～D分類の指導例が示されている。

A	学習指導要領に例示されている単元等で実施するもの
B	学習指導要領に例示されていないが、学習指導要領に示される各教科等の内容を指導する中で実施するもの
C	教育課程内で各教科等とは別に実施するもの
D	クラブ活動など、特定の児童を対象として、教育課程内で実施するもの
E	学校を会場とするが、教育課程外のもの
F	学校外でのプログラミングの学習機会

図1 小学校段階のプログラミングに関する学習活動の分類

(2) 「小学校プログラミング教育の手引（第二版）」の内容分析

冒頭部分には『はじめに』と題して、なぜ小学校にプログラミング教育を導入するのかといった記載があり、要約すると以下のようになる。

1. コンピュータが「魔法の箱」ではなく、主体的に活用できるツールであること
2. これからの社会を生きていく子供たちに

とって、コンピュータの活用は極めて重要であること

3. 学習指導要領に例示された教科・学年・単元等に限定することなく、各学校の創意工夫を生かしたプログラミング教育に期待していること
4. 「未来の学びコンソーシアム」の運営するWebサイト「小学校を中心としたプログラミング教育ポータル」との連携とプログラミング教材を提供していること
5. 教師が自らプログラミングを体験し、プログラミングに対する抵抗感を減らす努力をすること

そして小学校プログラミング教育のねらいと位置づけについて（図2）と本手引きにおける指導例の対象範囲について（図3）が示されている。図2については第一版とほぼ同じであり、図3については、社会と家庭、そして総合的な学習の時間内の指導事例が新たに追加された。

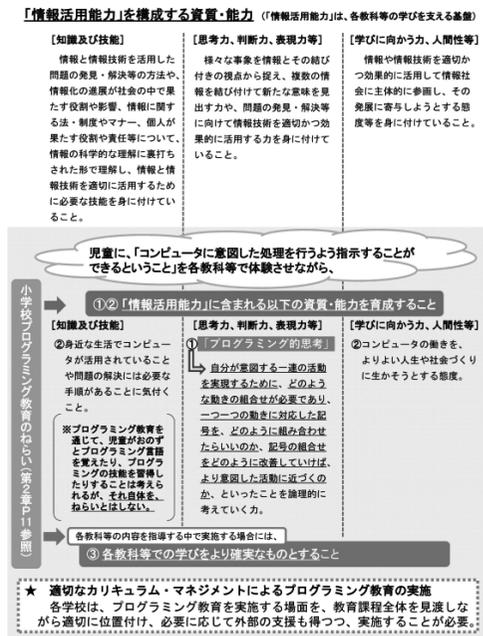


図2 小学校プログラミング教育のねらいと位置づけについて

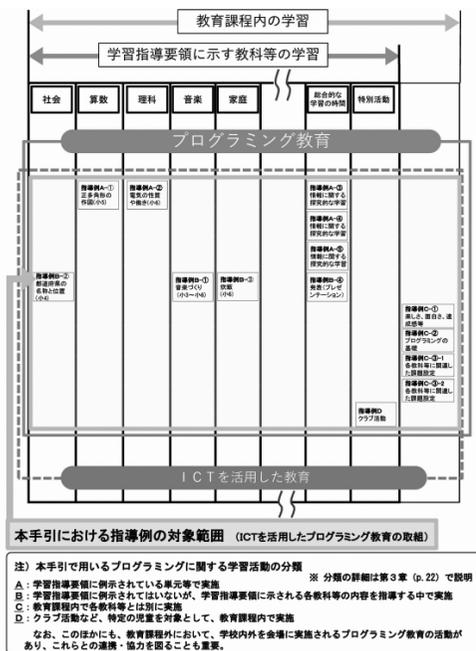


図3 本手引きにおける指導例の対象範囲について

次に『小学校プログラミング教育導入の経緯』についてまとめると以下の通りである。

1. 有識者会議によって小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について議論され「プログラミング的思考」は、将来どのような進路を選択しどのような職業に就くとしても、普遍的に求められる力であるとした。
2. 「プログラミング的思考」とは、「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」であると説明している。
3. 資質・能力の「三つの柱」については、以下のように整理している。

【知識及び技能】身近な生活でコンピュータが活用されていることや、問題の解

決には必要な手順があることに気付くこと。

【思考力、判断力、表現力等】発達の段階に即して、「プログラミング的思考」を育成すること。

【学びに向かう力、人間性等】発達の段階に即して、コンピュータの働きを、よりよい人生や社会づくりに生かそうとする態度を涵養すること。

ここでは「プログラミング的思考」が普遍的に求められている力であるとしたことが大きな意味を持っているが、この発想はあくまでも有識者会議での議論から出てきているものであることを注視しておきたい。

次に、『プログラミング教育のねらい』として、次の3点を挙げている。

- ①「プログラミング的思考」を育むこと
- ②プログラムの働きやよさ、情報社会がコンピュータ等の情報技術によって支えられていることなどに気付くことができるようにするとともに、コンピュータ等を上手に活用して身近な問題を解決したり、よりよい社会を築いたりしようとする態度を育むこと
- ③各教科等の内容を指導する中で実施する場合には、各教科等での学びをより確実なものとする

有識者会議「議論の取りまとめ」では、プログラミング教育で育む知識及び技能について、小・中・高の学校段階に応じて、次のように示されている。

参考 有識者会議「議論の取りまとめ」(抜粋)
 (小) 身近な生活でコンピュータが活用されていることや、問題の解決には必要な手順があることに気付くこと。
 (中) 社会におけるコンピュータの役割や影響を理解するとともに、簡単なプログラムを作成できるようにすること。

(高) コンピュータの働きを科学的に理解するとともに、実際の問題解決にコンピュータを活用できるようにすること。

ここで注目したいのは、小学校段階での「気付き」である。これに対しては、プログラムを作成する上でのアルゴリズム（問題を解決する手順を表したもの）の考え方やその表現の仕方、コンピュータやネットワークの仕組み、コンピュータを用いた問題の発見・解決のための知識及び技能等については、中学校や高等学校の各教科等で学習するので、小学校段階では、こうしたことへの「気付き」が重要と記されている。

また、プログラミング的思考として、次のような例が示されている。

コンピュータを動作させるための手順（例）

- ① コンピュータにどのような動きをさせたいのかという自らの意図を明確にする
- ↓
- ② コンピュータにどのような動きをどのような順序でさせればよいのかを考える
- ↓
- ③ 一つ一つの動きを対応する命令（記号）に置き換える
- ↓
- ④ これらの命令（記号）をどのように組み合わせれば自分が考える動作を実現できるかを考える
- ↓
- ⑤ その命令（記号）の組合せをどのように改善すれば自分が考える動作により近づいていくかを試行錯誤しながら考える

これについては「正三角形をかく」場合についてのプログラムの例が紹介されており、実践的な内容に入り込んできた印象である。つまり、このような簡単な実践を行い、学びの結果としてプログラミング的思考を育み、問題解決に必要な手順について気付くことが求められている。

なお、プログラミング的思考について以下

のような解説図が掲載されている（図4）。

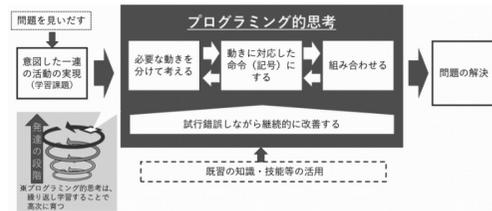


図4 プログラミング的思考

さて、「小学校プログラミング教育の手引」（第二版）の第3章では、プログラミングに関する学習活動の分類と指導の考え方について述べられており、本稿ではA 学習指導要領に例示されている単元等で実施するものの中で、理科に関するものを取り上げて考察してみたい。なお、以下の文章は「小学校プログラミング教育の手引き」の中の文章である。

A-②身の回りには電気の性質や働きを利用した道具があること等をプログラミングを通して学習する場面（理科 第6学年）

プログラミングを通して、身の回りには電気の性質や働きを利用した道具があることに気付くとともに、電気の量と働きの関係、発電や蓄電、電気の変換について、より妥当な考えをつくりだし、表現することができるようになります。

ここでは、身近にある、電気の性質や働きを利用した道具について、その働きを目的に合わせて制御したり、電気を効率よく利用したりする工夫がなされていることを、プログラミングを通して確認します。

（学習の位置付け）

この学習は、電気の利用の単元において、電気は作りだしたり蓄えたりすることができること、光、音、熱、運動などに変換できること等について学習した後、身の回りにはそうした電気の性質や働きを利用した道具があることについての学習に位置付けて展開

することが想定されます。

(学習活動とねらい)

学習活動としては、例えば、日中に光電池でコンデンサに蓄えた電気を夜間の照明に活用する際に、どのような条件で点灯させれば電気を効率よく使えるかといった問題について、児童の考えを検証するための装置と通電を制御するプログラムとを作成し実験するといったことが考えられます。具体的な実験装置としては、手回し発電機や光電池などでコンデンサに蓄えた電気を電源とし、物体との距離を計測するセンサーにより通電を制御するスイッチをつないだ、発光ダイオードの点灯回路を作成し、その上で、このスイッチの通電を制御するプログラムの作成に取り組みます。なお、児童が取り組みやすくなるよう、実際の道具よりも単純化したモデルとすることが大切です。

児童は、人が必要とする明るさは確保しつつ、照明が点灯したままにしないなど電気を無駄なく効率よく使うためには、センサーが人を感知する距離や時間などの条件をどのように設定すればよいかなどの疑問をもち、センサーを用いた通電の制御（自分が意図する動き）はどのような手順で動作するのか、それを再現するには命令（記号）をどのように組み合わせればよいのかを考え、試行錯誤しながら（プログラミング的思考）プログラムを作成します。さらに、こうした体験を通して、人を感知するセンサーで制御された照明などが住宅や公共施設などの身近なところで活用されていることや、電気を効率的に利用したり快適に利用したりできるようプログラムが工夫されていることに気付くことができます。※下線は筆者加筆

そして以下のようなプログラム例が示されている（図5）。

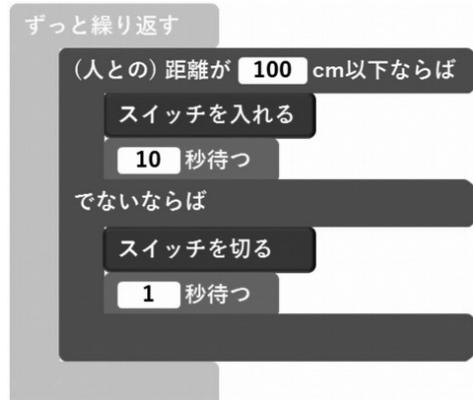


図5 通電を制御するプログラム例

3 小学校を中心としたプログラミング教育ポータルサイト ～2020年からの必修化に向けて～⁵⁾ について

(1) サイトの運営団体「未来の学びコンソーシアム」について

このサイトを運営している組織は「未来の学びコンソーシアム」といい、平成29年3月9日に、文部科学省、総務省、経済産業省が連携して、教育・IT関連の企業・ベンチャーなどととも設立された団体である。デジタル教材の開発や学校における指導に向けたサポート体制構築を推進することを目的としている。また、当面は小学校プログラミング教育の充実・普及促進の実現に貢献すべく取り組みを推進していく団体である。組織の概念図は以下のようにコンソーシアム組織としてHP内に示されている（図6）。



図6 未来の学びコンソーシアムの組織図

(2)「プログラミング教育ポータル」について

次の画面は2019年9月のホームページ（以下HP）のトップ画面であり、2-（1）で示したプログラミング教育の学習活動の分類例の項目ごとの実施事例が簡単に閲覧することができるようになっている（図7）。



図7 プログラミング教育ポータルのHP

4 2020年4月よりおこなわれるプログラミング教育についての現状

(1) 学習指導要領〔解説〕と現場の動向

学習指導要領および解説では、各教科等の特質に応じて、次の学習活動を計画的に実施することとあり、その学習活動は「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もの」であることが明記されている。※下線は筆者加筆

各教科の特質に応じてということから、算数や理科といった特定の教科だけでなく、すべての教科、または教科外においても活用可能であることがわかる。このことは「2. プログラミング教育の手引」について（1）第一版から第二版への改訂点」でも示したよう

に、手引きの中では教育過程内（A～D分類）でのプログラミング教育を想定しており、本稿でも教育課程内での教材開発を試みた。そのため学校を会場とするが、教育課程外のもの（E分類）、学校外でのプログラミングの学習機会（F分類）といった教育課程外の教材については、テーマとして考慮しないこととした。

次に理科の特質に合った単元として第6学年（4）電気の利用 アの（ウ）『身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具があること。』が例示されている。しかし、先行事例などをプログラミング教育ポータルサイトで検索してみると、すでにいくつかの指導案に基づく授業が行われており、動画サイトにも詳しい実践例が投稿されているのも実情である。つまり、プログラミング教育の学習活動の分類例のA分類である「学習指導要領に例示されている単元等で実施するもの」については、すでに現時点でも、数種の教材が提供されていると考えて良い。

そのような中で新たな教材開発を試みる上で重要なことを挙げると、

- ①新たなツール選びとその特性を活かした教材であること
- ②安価で小学生にも扱いが容易なツールであること
- ③全国のどの小学校でも入手が容易でトラブルも少ないこと
- ④小学校の理科の教材開発では、プログラミング教育の学習活動の分類例のA・B分類に相当する教材を開発することなどである。

また、最近行われているプログラミング教育に関する教育産業界によるワークショップを調べてみると、その対象学年が小学校低学年～中学年であり、6年生を対象としていないことがわかる。その背景には、6年生は受験を控えており新たなプログラミング教育を

行う時間的な余裕が残されていないという実情があるようである。また、ワークショップ関係者への聞き取りでは、低・中学年でのプログラミング教育の導入例が欲しいという現場の教員からの要望も多いと聞く。小学校の現場では、現時点ではプログラミング教育の対象学年が定まっていないのが実情といえよう。2020年度以降、学習指導要領に対して学校現場がどのように対処したか興味をひくところである。今後、学習指導要領が施行された後、現場の教員に実施状況についてアンケートをとるつもりである。

(2) 学習指導要領〔解説〕と「小学校プログラミング教育の手引」とのギャップ

「小学校プログラミング教育の手引」で気になるのが「プログラミング的思考」の多用である。またプログラミング教育のねらいの筆頭に「プログラミング的思考」を掲げているのも気になる。また、有識者会議の議論のまとめ（抜粋）では、「問題の解決には必要な手順があることに気づくこと」とあり、気づくのは手順であり、プログラミング的思考を重視していることがここでもわかる。

さらに、手引中には以下のような文面がある。『ここでは「プログラミング的思考」が普遍的に求められている力であるとしたことが大きな意味を持っているが、この発想はあくまでも有識者会議での議論から出てきているものであることを注視しておきたい。』

この但し書きとも読める文面が掲載された経緯については、有識者会議の議論の内容を精査する必要がある。

確かに学習指導要領と解説から読み取れることとして、

- ・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こと
- ・さまざまな日常の問題解決には、必要な手順があることに気付くこと

などを挙げた。

これらの内容が「プログラミング的思考」を表現していると考えてよいが、その扱い（優先順位）や考え方には、小学校プログラミング教育の手引との違いがみられる。つまり「プログラミング的思考」を最終目標や大前提として扱うことは、興味関心や楽しさを育みたい小学校の低・中学年では困難である。おそらく現場の教員は、手引のほうを参照するはずである。その際、現場でプログラミング教育を扱う上で、学習指導要領および解説との間で解釈に齟齬が生じることが考えられる。

II プログラミング教材の開発

1 ツールの選定

プログラミング教育用のツールは、いくつか市販されており、それらの特徴の分析を行った。

(1) micro:bit 2,160円

イギリスのBBCが主体となって作った教育向けのマイコンボード。25個のLED、2つのボタン、加速度センサー、明るさセンサー、磁気センサー、温度センサー、無線通信機能を備える。

(2) プログラミングロボ コード・A・ピラー 6,912円

対象年齢を3～6歳にしている商品。モーターで動く頭と8個のパーツで、前進、左折、右折など、走行ルートを自由自在にプログラムすることができる。

(3) レゴR WeDo 2.0 26,500円（コアセット）

教育用に作られたLEGOの関連商品。自分がプログラミングした一つ一つの命令でロボットが動いていることを理解することができる。パワーモーター、モーションセンサー、チルトセンサーを備える。

(4) Studuino（スタディーノ） 3,715円

周辺教材が充実しており、自分でためた電気を制御したりすることも可能。タッチセン

サー・光センサー・音センサー・赤外線フォトフレクター・加速度センサーを備える。

調べた四種類のツールの中では、micro:bitが最も安価で購入でき、小学校理科の学習に必要なセンサー類が組み込まれていることが確認できた。児童一人一人に体験させるうえでは安価であることが望ましい。近年、周辺機器も充実してきておりツールとしてはmicro:bitが最適と考えツールとして選定した。なお、理科教育の卒研生である池田莉都⁶⁾、渡邊由佳⁷⁾も同様の見解を示している。

2 micro:bitとは

micro:bitとは、イギリスの国営放送局であるBBCが子ども達の教育のために開発したマイコンボードである（図8）。イギリスでは11歳～12歳の子供全員に無償で配布されており、授業の中で活用が進んでいる。



図8 micro:bit（本体）

マイコンボードとは、小型のコンピュータのことであり、ユーザーがプログラムを組むことで他の機械を動かしたり、周囲にある様々なデータを取り組んだりすることができるPCのことである。ボードには25個のLED、2つのボタンスイッチの他、地磁気センサー、加速度センサー、明るさセンサー、無線通信機能などが組み込まれている。利点としては、主に3つ挙げられる。1つ目は、プログラミングソフトが使いやすいことである。micro:bitに用意されたプログラミングソフト

「Makecode」は、ブロックを組み合わせるだけでプログラムすることができる。そこで本研究は、テキストベースの言語「JavaScript」のコードに加え、この「Makecode」で簡単に操作することができる、米国マイクロソフト社が開発した教育用ブロックプログラミング環境「JavaScriptブロックエディター」を用いて行った（図9）。



図9 micro:bitの操作画面

JavaScriptブロックエディターはブラウザ上で動くため、あらかじめパソコンにインストールしておく必要はない。インターネットが使えるパソコンさえあれば、環境が変化しても誰でも使うことができる。また、USBにデータを保存しておくことで、最初からプログラムを作り直すことなく記録として残すことができる。しかし、欠点としては、ブラウザ上で作ったプログラムを、そのまま直接micro:bitに送り込むことができない点である。一度作ったデータをダウンロードし、ダウンロードファイルを開いてからmicro:bitに送り込まなければならない。

3 micro:bitの教材としての可能性

(1) 小学6年生 電気の利用への応用

小学校6年生、電気の利用の単元で、プログラミング教育を行うために「電気を効率よく利用するためにはどうすれば良いか」といったテーマに対して、どのようなプログラミングがmicro:bitで可能なかを検証した。そこでmicro:bitを使った「小学校プログラミング教育の手引（第一版）」分類（区分）6年

生理科の作成例、およびmicro:bitで始めるプログラミング⁸⁾ およびBBC マイクロビット公式ユーザーガイド⁹⁾を参考に、以下の3点のプログラミングを実際に行ってみた。

①暗くなったら自動点灯 (明るさセンサー+外付けLED)

②光る明るさを自動調節 (明るさセンサー+内蔵LED)

③一定時間操作がなければ消灯 (明るさセンサー+内蔵LED)

①暗くなったら自動点灯 (明るさセンサー+外付けLED)

micro:bit本体の明るさセンサーと外付けのLEDを使い、街路灯 (防犯灯) のように暗くなったら点灯し、明るくなったら自動的に消灯するプログラミングを行った。なお、室内でmicro:bitを手で覆った場合、micro:bitのセンサーの度数が10~18になるため、20を基準値とした。また、micro:bitから送られる電圧は0~3.3Vまで可能であり、その大きさを0~1023の1024段階でプログラミングしている。つまり、アナログ出力の値の500はmicro:bitから外付けLEDに送られる電圧が半分の値の約1.6Vであることを示している (図10~12)。

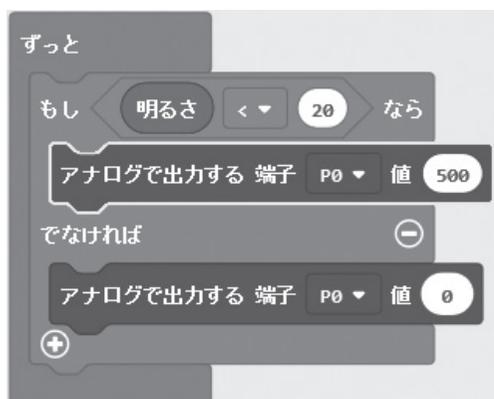


図10 暗くなったら自動点灯のプログラミング例

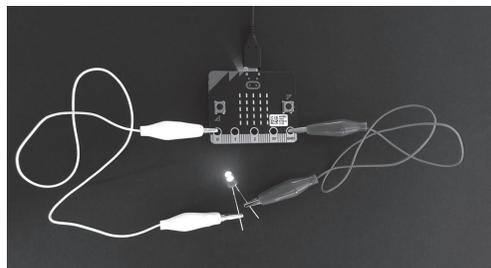


図11 暗いとき外付けLEDの明るさ500 (点灯)

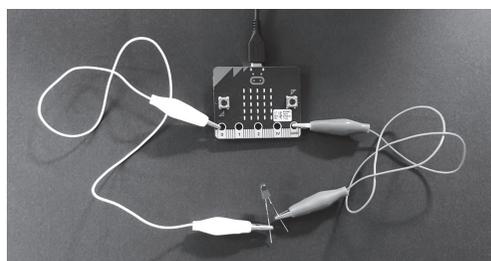


図12 明るいとき外付けLEDの明るさ0 (消灯)

②光る明るさを自動調節 (明るさセンサー+内蔵LED)

micro:bit本体の明るさセンサーと内蔵LEDを使い、暗くなったら点灯 (センサーの感度が50以下で、明るさを255に設定)、明るくなったら消灯 (自動的に明るさ0) にするプログラミングを行った。micro:bitのLEDの明るさ設定は0~255の256ステップで、255は最も明るい値である。(図13~15)。

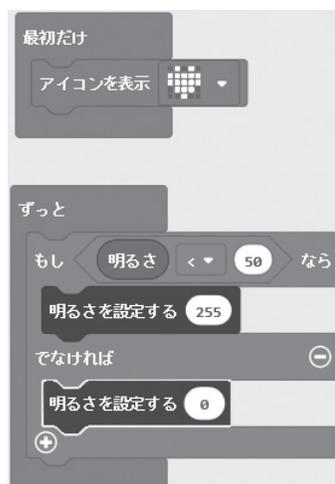


図13 光る明るさを自動調節のプログラミング例

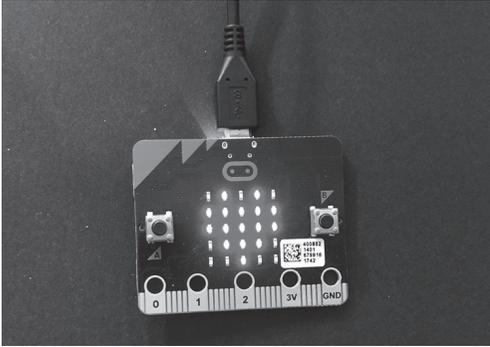


図14 暗いとき内蔵LEDの明るさ255 (点灯)

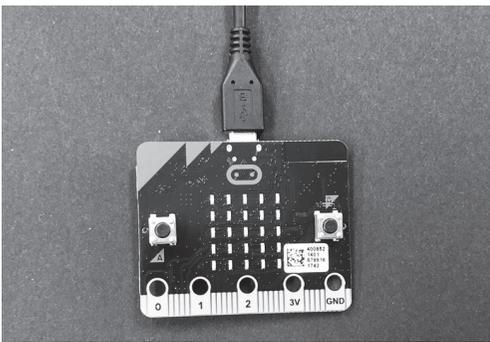


図15 明るいとき内蔵LEDの明るさ0 (消灯)

③一定時間操作がなければ消灯 (明るさセンサー+内蔵LED)

micro:bit本体のAボタンを使い、一定時間(5000ミリ秒=5秒)Aボタンを押さないと明るさ0に(消灯)するプログラミングを行った(図16~20)。



図16 一定時間操作がなければ消灯するプログラミング例

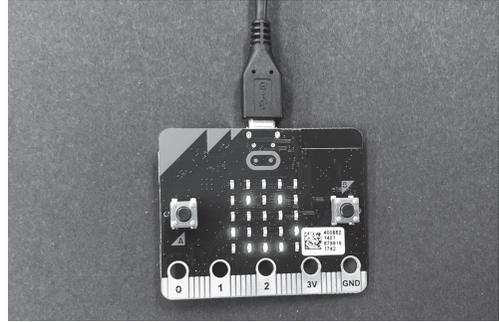


図17 最初だけアイコンを表示

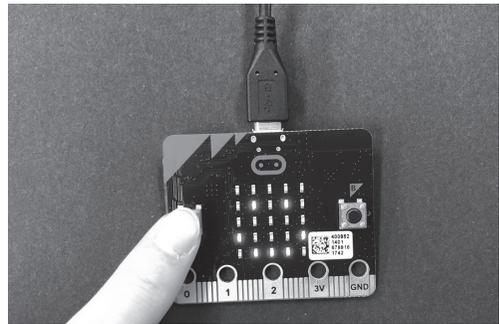


図18 ボタンAを押してもアイコンを表示

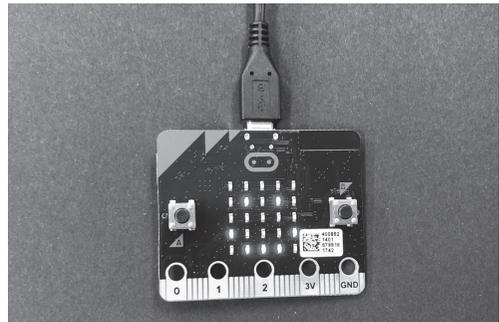


図19 しばらくアイコンを表示

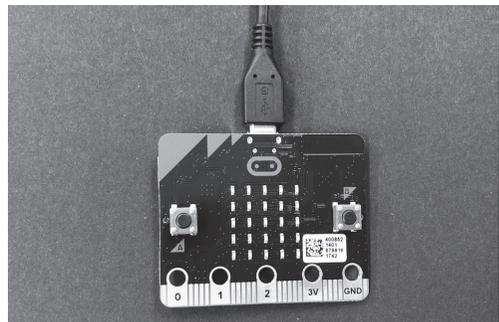


図20 一定時間 (5000ミリ秒=5秒) 経過するとアイコンが消える

(2) 現場での実践

本教材の児童に対する実践は、理科教育研究室に所属していた池田莉都によって2019年1月11日と18日の2時間ずつ、文京区立柳町小学校の6年生を対象に行われた。また、授業前後には児童・教員を対象にアンケートを行った。

2019年1月18日に行われた授業の目標は、「順序を考えてプログラミングする。省エネを考えてプログラミングする。」であった。この目標が達成できているかを検証するために行ったアンケート結果(図21、22)では、順序を考えてプログラミングできましたかという質問に対して、アンケート結果では、できた・ややできたと答えた児童が70%であった。次にプログラミングをして、省エネについて考えることができましたかという質問に対して、アンケートの結果では、できた・ややできたと答えた児童が68%であった。

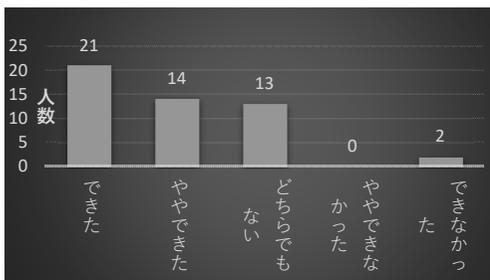


図21 「順序を考えてプログラミングできましたか」という質問に対する回答(池田莉都提供)

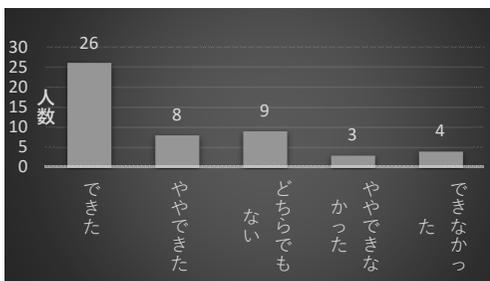


図22 「プログラミングをして、省エネについて考えることができましたか」という質問に対する回答(池田莉都提供)

このように両質問に対して、肯定的な回答は7割ほどであったが、どちらともいえない、または否定的な回答を寄せた児童が2~3割いたことも事実である。具体的な意見はさまざまであったが、プログラミング的思考を聞いた第一の質問事項では、質問の意図が理解できていなかったことなどが考えられ、第二の質問では、電気の利用を学習した後にもかかわらず省エネについて理解が薄かった。この点についてはプログラミング工程に意識が向きすぎて、授業の主軸(幹)である省エネに児童の視点が向かなかつたことが考えられる。

(3) 小学3年 こん虫のかんさつへの応用

小学校では教科理科は3年生から始まる。先述のような6年生の電気の効率を扱ったようなプログラミング学習を行うことは難しい。よってプログラミング教育の学習活動の分類例の中ではC分類「教育課程内で各教科等とは別に実施するもの」の①プログラミングの楽しさや面白さ、達成感などを味わえる題材などでプログラミングを体験する例に基づいた教材開発を試みた。

具体的には学習の定着を図ることを目的に、理科が始まる最初の単元(春の自然観察)から昆虫を調べる活動までを踏まえ、それぞれの昆虫ごとに・すみか・食べ物・体の構造における正しい答えを順番に考えさせるパズルを検討した。児童があいまいな記憶で間違えてしまいがちな昆虫の体の構造について考察する選択肢を与えるようにした。また、すべての教科書に挙げられていたモンシロチョウを例に昆虫生態パズルを作成した。

3年生にとっての興味付けにはmicro:bitの拡張機能の一つである回転サーボモーターを装填したプログラムカーを作成した(図23)。このプログラムカーが机の上に置かれたパズルの上を解答順に走るのである。

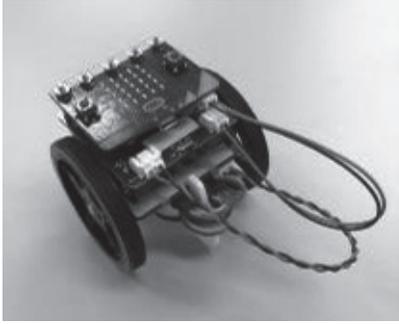


図23 サーボモーターを装着したmicro:bit

このプログラムカーは、小学生が使用する机4つを合わせた上で車の移動が完結できるよう、昆虫生態パズル（後述）の1区画（およそ20cm四方）ごとの距離を動くようにした。また、ボタンを押すと同時に、前進するという段階を経てプログラミング通りに左右に90度ずつ曲がって進むようにした。そして、どちらへ動いているのか視覚的に分かりやすくするために、矢印をmicro:bitのLEDに表示させた。

いずれの教科書にも記載されている生物であるモンシロチョウを例に、モンシロチョウのすみか、食べ物、体の構造1（足が生える位置）、体の構造2（頭・胸・腹）の4つの分岐で児童が選択できるように作成した。区画1つの大きさは20cm×20cmの正方形で、マスの数やルートを最小・最短にした結果、以下のようなパズルになった（図24）。

プログラムカーに正解の道筋をプログラミングする際は、スタートから上（花）→上（みつ）→右（むねから足が6本）→左（頭・むね・はら）→右（ゴール）の5つを順に組み込まなければならない。そこで、児童にはプログラムカーの動きを命令するパターンを以下の3つに絞った（図25）。つまり前進する動きを“状態1”、右に移動する動きを“状態2”、左に移動する動きを“状態3”として、その動かしたい方向を順番に組み合わせて状態1から3をプログラムブロックの中にドラッグして動かすものである。

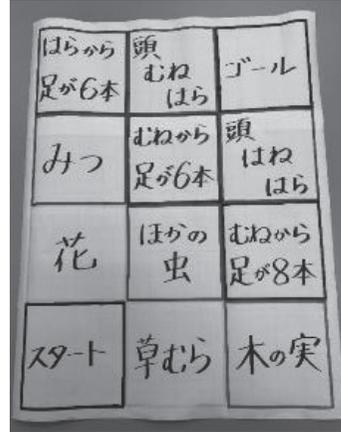


図24 モンシロチョウの生態パズル（渡邊由佳提供）

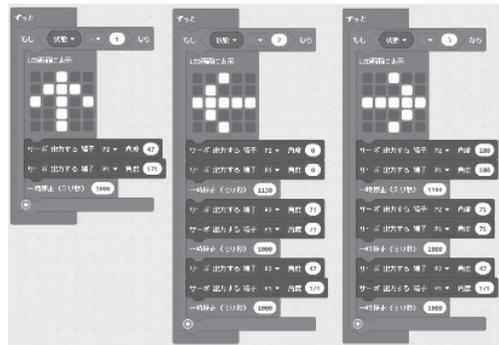


図25 状態1～3の各プログラム（左が上移動、中央が左移動、右が右移動）

実際に児童が行うのは、3つの状態プログラムブロックを複数個画面上に用意しておいたものを左上の「ずっとボタンAが押されたとき」のブロック中に順次ドラッグしていけばよい（図26）。

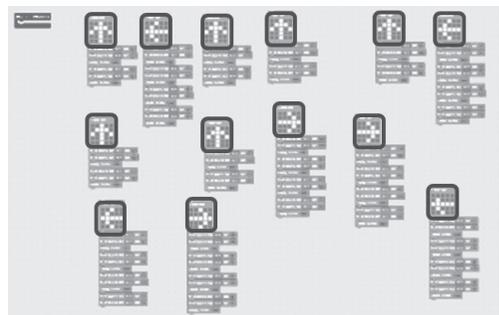


図26 児童が操作する画面

これらの状態プログラムブロックを児童が考えたプログラムカーが移動する方向順に「ずっとボタンAが押されたとき」の中にドラッグした様子(図27)。

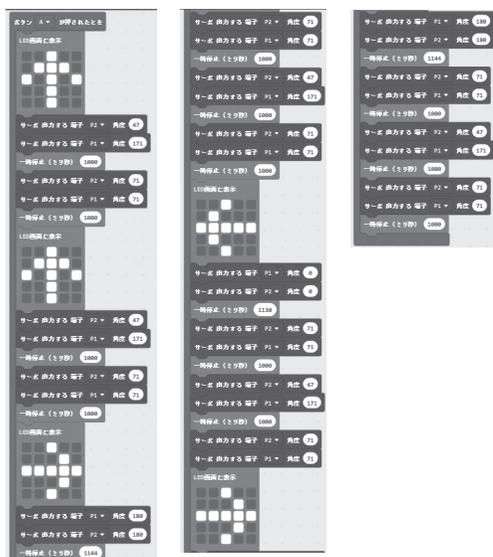


図27 状態プログラムブロックを「ずっとボタンAが押されたとき」の中にドラッグしたときの画面

現場では、このプログラムを教師がダウンロードしmicro:bitに組み込むことになる。このプログラムを組み込んだmicro:bitはAボタンを押すと、生態パズル上を移動していく(図28)。

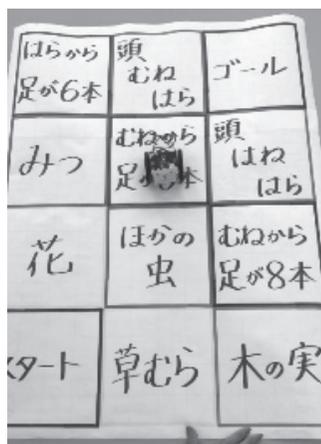


図28 生態パズル上を移動するプログラムカー

III まとめと課題

2019年は小学校におけるプログラミング教育の必修化が始まる前年度にあたる。そこで学習指導要領とその解説を分析し、さらには現場の教員がスムーズにプログラミング教育を行うことができるように文部科学省から公表された小学校プログラミング教育の手引きの第一版と二版、それぞれについて検討をおこなった。さらには文部科学省もバックアップしている「プログラミング教育ポータル」サイト中の先行研究を試行し、新たなツールの選定を行い、そのツールを実際の理科の単元でどのように活用できるかの検証を行った。その結果、以下のような課題と提案を行う。

- 1 学習指導要領や解説のみでは、イメージが掴めず、どうしても先行例に頼ってしまうことが考えられる。
- 教科書や指導書による、教科書会社による手引き書があると良い。
- 2 小学校プログラミング教育の手引きでは、具体的な実践例が紹介されているが、プログラミング的思考に重きを置いた指導に偏ってしまう傾向がある。
- 高学年においてはプログラミング的思考が実践できるような授業展開例をさらに充実させたい。
- 中学年以下では、プログラミング的思考よりも、プログラミング教育の学習活動の分類例のC分類の①「プログラミングの楽しさや面白さ、達成感などを味わえる題材」を新たに開発すべきである。
- 3 プログラミング教育が実施される2020年4月以降、現場ではどのような授業が行われたのかを調査する必要がある。

次に今回開発したプログラミング教材は、6年生用と3年生用の2例であった。このうち児童にプログラミングを体験させることができたのは、6年生の「電気の利用」の単元を終えた児童たちであった。micro:bitの光セ

ンサーを使った省エネを考えさせることをめあてとしたものであったが、現場での授業に立ち会ったところ、コンピュータ画面を前にただで落ち着きがなくなる児童もいれば、課題をすぐに終わってしまう児童、操作の理解に時間がかかる児童もいた。一人の教師が児童全員（25名）を指導するのは難しいことがわかった。児童のPCに対する興味関心には、家庭でのPC環境の違いが大きく影響していると考えられる。さらに本時のめあてである省エネについて、プログラミングの過程と関連付けて考えていた児童はそれほど多くなかった。指導案の見直しが必要である。また、もう一つのめあてでもある順序を考えたプログラミングについては、試行錯誤をしながらプログラミングを行う児童もいたが、やはり一部の児童には教師からの助言や指導が必要であった。全体指導の難しさを感じた。教育現場では、授業評価も重要な要素であるが、このようなプログラミング授業での評価のしかたについても今後考える必要性を感じた。

3年生用のプログラミング教材については、児童への実践は残念ながら行っていない。6年生用のプログラミング教材の実践例を教訓に、指導案から練り直すつもりである。

謝辞

micro:bitの操作方法や授業での現物貸し出しなどでは、SHIGSの金子茂氏には多大なる協力と援助をいただいた。また、文京区柳町小学校の理科専科の石野祥子教諭には、授業実践の機会とPC教室の使用を認めていただいた。そして、理科教育研究室の池田莉都卒業生と渡邊由佳卒業生には、データや写真を提供してもらった。稿を終えるにあたり諸氏には深く感謝申し上げる。

引用・参考文献

1) 文部科学省『小学校学習指導要領』平成21年3月公示

http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1413522_001.pdf
(2019年9月26日取得)

- 2) 文部科学省『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編』平成21年7月公示
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387017_005_1.pdf
(2019年9月26日取得)
- 3) 文部科学省『小学校プログラミング教育の手引（第一版）』平成30年3月
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/11/07/1410886_01_1.pdf
(2019年9月26日取得)
- 4) 文部科学省『小学校プログラミング教育の手引（第二版）』平成30年11月
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/11/06/1403162_02_1.pdf
(2019年9月26日取得)
- 5) 文部科学省、総務省、経済産業省『小学校を中心としたプログラミング教育ポータル ～2020年からの必修化に向けて～』平成29年3月9日
<https://miraino-manabi.jp/>
(2019年9月26日取得)
- 6) 池田莉都『プログラミング教育を見据えた「電気の利用」の教材開発』文教大学卒業研究論文 平成31年2月2日
- 7) 渡邊由佳『プログラミング教育を踏まえた興味付けとなる教材の提案』文教大学卒業研究論文 平成31年2月2日
- 8) スイッチエデュケーション編集部『micro:bitではじめるプログラミング』オライリー・ジャパン社 2017年11月24日
- 9) ガレス・ハルファクリー、金井哲夫『BBC マイクロビット公式ユーザーガイド』日経BP社 2018年10月2日