

小学校における社会科の学習単元に連携して学ぶ IoT 技術教育の試み*

宮崎敬*1・平田久貴*2

IoT technology education associated with the learning units
of social studies in elementary school

MIYAZAKI Takashi and HIRATA Hisataka

キーワード：プログラミング教育，小学校社会科，micro:bit，フィジカルコンピューティング，IoT

1. ま え が き

インターネットがスマホの普及とともに社会インフラとしての重要な位置を占め、通信速度が 4G から 5G へと飛躍的に向上する中で、さらに高度な ICT 社会へと発展を遂げようとしている。現在、このネットワークの利用がスマホや PC に限らず、家電へとさらに広がりを見せ、多くのものがインターネットに接続される IoT 社会という新たな社会構造が形成されようとしている。こうした時代背景を受けて、文部科学省は、令和 2 年度より小学校における「プログラミング教育」を漸くスタートさせたところである。

海外の動向に目を向けると、2004 年にアメリカのニューヨーク大学のトム・アイゴラを中心に、PC のブラックボックス的な利用に危機感を感じ、従来のマウス・キーボード入力とディスプレイ表示というコンピューティングを様々なセンサやモータなどのアクチュエータを使い、人間の身体的な活動と融合させたモノづくりに重点を置いたフィジカルコンピューティング教育（Physical Computing）が提唱され、今ではその教育が多方面に広がりを見せている^{1)~6)}。この教育は、技術の創造的な活用方法を求める ITP（Interactive Telecommunications Program）は、工学分野にかぎらず文学や社会科学や芸術などの分野の学生にもテクノロジーを教えることも、もう一つの目的に掲げている。さらに、アメリカを中心に IoT 社会に対応するために科学（Science）・技術（Technology）・工学（Engineering）・数学

（Mathematics）に重点をおいた STEM 教育、そこに芸術（Art）を加えた STEAM 教育なども導入されている。これらは、単に科学技術や IoT 技術に特化するものでなく、これらの技術を駆使して新たな時代に必要とされる創造性や、判断力や問題解決力を養うという本質的なねらいがある。

また、2005 年からイタリアの大学で誕生したオープン・ソースのマイコン Arduino を用いたプロジェクトが⁷⁾、今では教育界から産業界にいたるまで世界的な広がりを見せている。2014 年にイギリスでは、1999 年から始めていた小学校の「ICT」科目を「コンピューティング」に変更し、BBC 放送が小学生にマイコン micro:bit を無償配布し、IoT 教育を推進させる活動を始めている。

このようなフィジカルコンピューティング教育の流れに対して、筆者の一人は、2013 年から将来の IoT 社会を担うエンジニアになるだろう高専生にとって必要な IoT 技術の基礎を習得するために Arduino と、Raspberry Pi をそれぞれベースに各種センサやアクチュエータなどと組み合わせた教材を製作し、カリキュラムの中に取り入れて実践してきた^{9)~13)}。こうした IoT 教育に対応すべく文部科学省の指導要領の改訂により、小学校での「プログラミング教育」が急遽スタートすることとなった。しかし、小学校や自治体の教育委員会では、適切な教材や指導者不足のため、十分に体制が整っていないのが実情である。今回、飯山市教育委員会からのプログラミング教育の支援依頼を受けたため、小学校の教員と協議して小学校 4 年生の社会科の学習単元と連携させて学ばせる計画を立てた。また、使用するマイコンは BBC が開発した micro:bit を使い、プログラミングの要素と IoT 技術の基礎にも触れられるような教材を製作した。本稿では、これを用いた授業を飯山市立小学校で実施したので¹⁴⁾、これについて報告をする。

* 2020 年 2 月 29 日 日本教育工学会 2020 年春季全国大会で一部を発表

*1 電気電子工学科 嘱託教授

*2 飯山市立木島小学校 教諭

原稿受付 2021 年 5 月 28 日

2. 小学校におけるプログラミング教育

2-1 プログラミングの学習活動の分類

文部科学省の学習指導要領によれば、小学校におけるプログラミング学習の段階は以下のように例示されている。

- A) 学習指導要領に例示されている単元で実施するもの
- 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、教育課程以外のもの
- F) 学校外でのプログラミングの学習機会

今回開発した教材は、B) に該当し、小学4年の社会科の学習単元「ごみの問題」の中で、プログラミング教育を行おうとするものである。

2-2 社会科と連携させる意義

小学生のプログラミング教育を考える場合、まず科目としての特質から数学や理科の学習単元と結び付けたものを想定する。当然のことながら、こうしたプログラミング教育の題材はすでにいくつも存在している。今回小学校でのフィジカルコンピューティング教育を念頭に、現代のIoT社会に繋がるような観点からプログラミング教育を捉えることにした。そのため、社会科ではごみの問題、エネルギーの問題、水の問題などを扱うため、適切であると考えた。そして、マイコンを使ったもの作りから始め、プログラムにより製作物を動作させることで、プログラミングの原理を学び取ってもらうことを考えた。

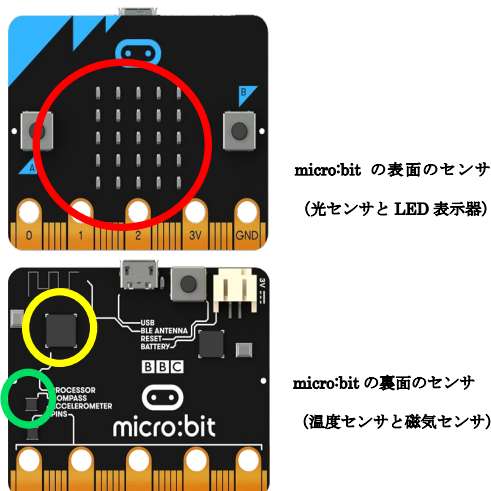


図1 micro:bit に搭載されているセンサ類

3. プログラミングの学習教材

3-1 使用する micro:bit の特徴

ワンボードマイコンの micro:bit を図1に示す。このマイコンの特徴は、約5平方センチメートルの基板上に CPU をはじめ、表1に示すような4つのセンサおよび入出力関係を備えていることである。このため、マイコンボードと基本センサとを配線をする必要もなく、気軽にマイコンによるセンシングを体験できる。また、プログラムは MakeCode という Scratch に似たブロックコーディングによるもので、すでに Scratch を学習済みの生徒には大変なじみやすいプログラミング環境といえる。さらに、価格も2000円程度のため個人購入による活用にも適しているものである。

表1 micro:bit のハードウェア

CPU	ARM 16MHz
RAM	16KB
ROM	256KB
通信規格	Bluetooth Low Energy (BLE)
センサ	磁気, 温度, 光, 加速度
入力	A ボタン, B ボタン, リセットボタン
出力	ドットマトリックス LED (5×5)

3-2 教材の検討

今回、飯山市の木島小学校4年生の社会科の学習単元である「ごみ処理」をテーマに取り上げ、その中にマイコンを活用できないかという検討を行い、「分別」というところに焦点を当てることで、micro:bit を活用できるのではないかという結論に至った。特に、子供たちも日常的にペットボトルや缶飲料を利用しているため、これらを分別させるロボットをテーマにすることで、リサイクルについて考えさせられるのではないかと考えた。マイコンの micro:bit には光センサと磁気センサが搭載されているため、適切な題材であることが分かった。また、分別の仕組みには角度制御がしやすいサーボモータを使用した。これらのセンサの動作と、モータの角度制御を行わせることにより、プログラムの動作を学ばせる教材を作ることができた。

3-3 「容器分別ロボット」の製作

図2に製作する教材の部品と材料を示す。製作する分別ロボットの材料には、日常的に利用している手に入れやすく、また機構が理解できるように透明なペットボトル (1.5l×3本, 1.0l×1本) を使っている。また、マイコンの micro:bit は、リサイクル容器を分別するためのセンサ判定と、分別した容器をそれぞれのごみ箱に振り分けるためのサーボモータ

を制御するために使っている。次に、ロボットの製

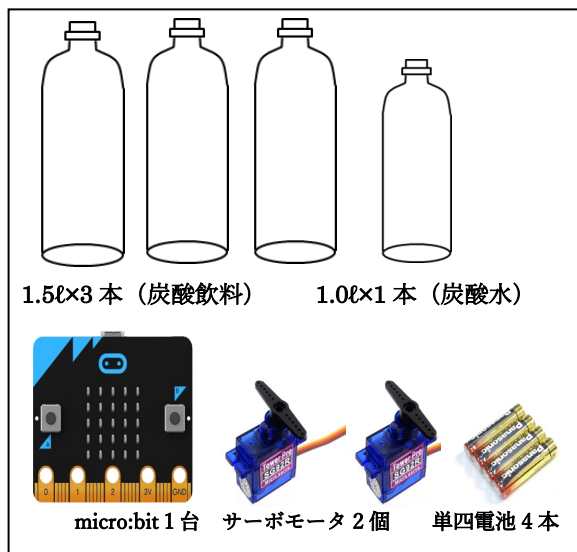
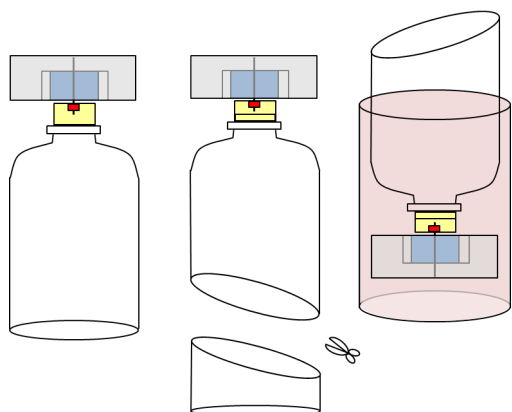
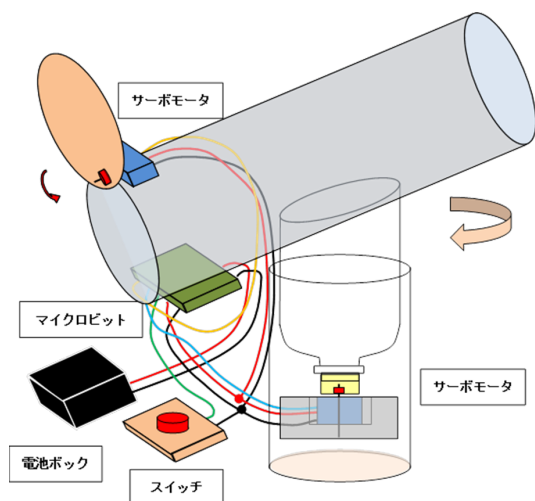


図2 本教材に使用する部品および材料



(1) 回転部分の製作



(2) 容器の分別判定の表示

図3 容器の分別用ごみ箱

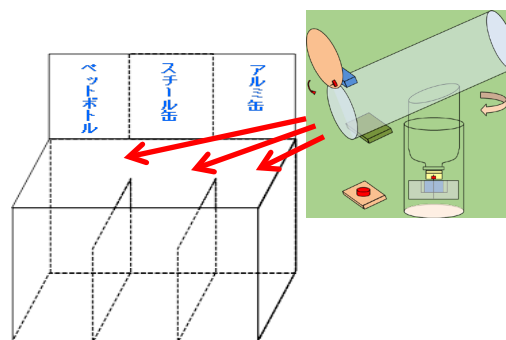


図4 分別のごみ箱の配置

作の過程を図3に示す。分別された容器のごみ箱は、段ボールを使って図4のように各容器別に横一列に区分けしたものを製作した。

4. 学習内容

4-1 基本学習

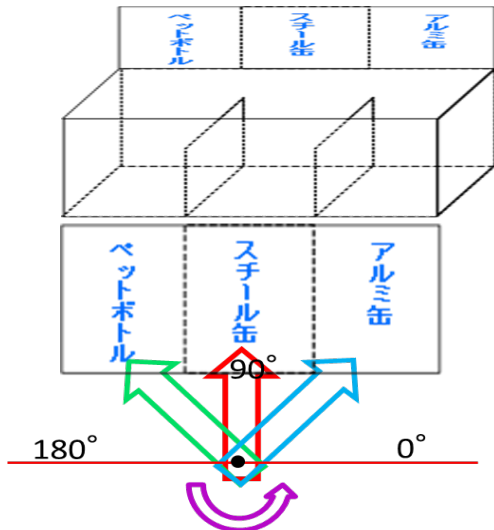
本教材を使って学習する場合、それまでに Scratch などのブロックコーディングの経験がない生徒には、micro:bit 用の MakeCode の基本学習を行う必要があるので、プログラミングの基本である条件判断と繰り返しのまでの内容を講義するように考えている。逆に、既習の場合には、この基本学習を飛ばしてロボット教材の製作から行い、ロボット制御の仕組み・動作をプログラムとともに学習することになっている。ただし、小学校のプログラミング教育の狙いは、必ずしもプログラミング言語の修得ではなく、プログラミング的思考としているため、MakeCode の詳細なるプログラミングの文法を教える内容ではなく、「条件を判断するとは」とか「繰り返しとは」という概略を示す程度にしている。

4-2 「容器分別ロボット」による総合学習

学習内容は、次のような流れで実施する。初めに、分別容器として、アルミニウム缶、スチール缶およびペットボトルについて、温度センサ、磁気センサまたは光センサのどれを使うと判定できるかを考えさせ表2を作成する。また、各センサのプログラムを用いて各容器が判定できるかを調べる。

表2 各容器を識別させるセンサ

センサ	ペット ボトル	アルミ缶	スチール缶
光	○	×	×
温度	室温	室温	室温
磁気	×	×	○



(1) 分別場所を変更したとき角度を調査



(2) 容器の分別するためのサーボの角度



(3) 分別場所をの記入

図5 分別ロボットを使ったプログラム学習

次に、分別ロボットの容器振り分けノズルが、各容器に対応するごみ箱に対する角度として、それぞれ何度になればよいかをノズル回転プログラムを使って確認する。次に、どの分類かを判定する条件文に対して、容器ごとのごみ箱に対応するようにプログラム内に容器の名前を記入する。最後に、総合的な演習として、各容器のごみ箱の位置を変更したとき、プログラムをどのように変更すればよいかを考えさせる演習を行った。

5. 授業の実施と結果

今回製作したリサイクル容器の「分別ロボット」を用いて、令和元年9月26日および30日の2日間、飯山市立木島小学校4年生の社会科の授業の中で、社会科の学習単元としてプログラミング教育を実施した。本クラスはすでにScratchの利用経験があるため、MakeCodeの基本学習は割愛し、「分別ロボット」の製作とその制御に関するプログラミング学習を1日目に、そして2日目にその時学んだ技術を使った生徒自身による発想による応用課題の作製を実施した。2日間ともに飯山市の教育委員会をはじめとする関係者および教員と、マスコミも加わった中で公開授業を行った。

生徒からの感想の多くは楽しく学習ができたというもので、その他にはこんな小さなコンピュータでもこんなことができるのかという驚きをもったようである。合わせて応用課題に関しても完成までには至らなかったが、様々なアイデアの発想が生まれていた。さらに、リサイクルに対する意識が深まった感想が寄せられており、今回の授業は、総合的に判断して当初の目的は、十分に達成ができたのではないかと感じられた。

6. あとがき

今回、令和2年度から小学校でスタートした「プログラミング学習」のための教材として、micro:bitを使って社会科の「ごみ問題」の単元と融合した「ごみ分別ロボット」を製作した。このロボットを使って飯山市立木島小学校での2回にわたる授業を実施した。時間の制約もあり全グループが完成するところまではいかなかったが、マイコンの使われ方として「ごみ問題」を扱えたことは、実社会の中でのIoT技術の基礎につながる学習ができたのではないと思う。その効果はアンケートからも、生徒には非常に良いものとして表れていることが分かった。しかし、限られた授業内ではその十分な時間を確保できない状況である。今後、効率的な教育方法を模索す

るとともに学習内容を他の単元とも融合した教材づくりを考えている。

謝辞 本研究は、飯山市教育委員会の支援のもとに飯山市の受託研究として実施したものである。また、本授業の実施に当たり授業時間を割り当ていただきました飯山市木島小学校塚本真里子先生と、本教材の開発にご協力いただいた長野高専電気電子工学科 5 年生の海老原魁君、徳竹慎太郎君、宮澤元輝君および村松星耶君に感謝します。また、日本学術振興会 科学研究費基盤 (C) 21K02875 の助成を受けてまとめたものである。

参 考 文 献

- 1) Dan O. Sullivan, Tom Igoe: Physical Computing, Sensing and Controlling the Physical World with Computers, Thomson Course Technology, (2004).
- 2) 小林 茂: フィジカルコンピューティング概論, 情報処理学会誌 Vol.52, No.8 , pp.914-916, (2011).
- 3) 難波宏司: フィジカルコンピューティングの教育教材の研究, 園田学園女子大学論文集 Vol.51, No.8 , pp.71-91, (2017).
- 4) 辻 明典, 桑折範彦, 井上 浩: フィジカルコンピューティング教材を用いた情報技術教育の実践, 徳島大学開放実践センター紀要, 第 27 卷, pp.23-30, (2018).
- 5) 大見嘉弘: フィジカルコンピューティング導入教育の取り組み, 東京情報大学研究論集 Vol.22, No.1 , pp.115-121, (2018).
- 6) 小山善文, 森川治雄, 山崎充裕, 堀本 博, 光金丸鈴美: フィジカルコンピューティングを志向した小学生を対象とするプログラミング教育の実践, PC Conference 2018, pp. 253-256, (2018).
- 7) Massimo Banzi: Getting Started with Arduino, O'Reilly Media, (2009).
- 8) Matt Richardson, Shawn Wallace: Getting Started with Arduino, O'Reilly Media, (2012).
- 9) 堀内泰輔, 宮寄 敬: Arduino と Raspberry Pi を用いた高専向けフィジカルコンピューティング教育システムの開発, 長野工業高等専門学校紀要 第 51 号 2-4, pp.1-5, (2017).
- 10) 堀内泰輔, 宮寄 敬: IoT 社会に求められる技術力と創造性を育むフィジカルコンピューティング教育の実践, 長野工業高等専門学校紀要 第 52 号 2-4, pp.1-6, (2018).
- 11) 宮寄敬, 堀内泰輔, 淀優介: IoT 社会を見据えた Arduino によるフィジカルコンピューティング教育の導入とその実践, 長野工業高等専門学校紀要 第 53 号 2-2, pp.1-6, (2019).
- 12) 堀内泰輔, 宮寄敬: フィジカルコンピューティングを活用した, 並列プログラミング教育環境の構築, 長野工業高等専門学校紀要 第 53 号 2-4, pp.1-4, (2019).
- 13) 宮寄敬: Python 言語による IoT 基礎技術につながる Raspberry Pi の教育プログラムと実践報告, 長野工業高等専門学校紀要, 第 54 号 2-2, pp.1-5, (2020).
- 14) 平田久貴, 宮寄敬: 社会科における課題解決の為のプログラミングの活用, 日本教育工学会, 2020 年春季全国大会, 5-N201-2, (2020).