

小中学生の制作者志向の育成を目的とした 電子工作学習用ロボット教材の開発

島根 夢之進^{*1}・齋藤 楓日^{*1}・今村 悠祐^{*2}

指導教員：徳竹 圭太郎^{*3}

Email: t24388gez@toyo-ushiku.jp

*1: 私立東洋大学附属牛久中学校・高等学校 3 年

*2: 私立東洋大学附属牛久中学校・高等学校 1 年

*3: 私立東洋大学附属牛久中学校・高等学校

◎Key Words 教育用ロボットキット, 電子工作, Fab Lab

1. はじめに

近年、学校教育における情報環境は大きく変化している。文部科学省が推進する GIGA スクール構想のもとで、児童・生徒に一人一台の情報端末を整備し、これを日常的に活用する環境が全国の学校に広がった⁽¹⁾。また、2020 年度から全面実施された小学校学習指導要領ではプログラミング教育が必修化され、論理的思考力やプログラミング的思考の育成が学習の基盤として位置づけられるようになった⁽²⁾。これにより、情報技術に触れる機会は一部の関心の高い児童・生徒に限られたものではなく、すべての学習者に開かれたものとなりつつある。

しかし、こうした ICT 環境の活用の多くは、用意されたアプリケーションやサービスを利用することに重点が置かれている。完成された道具を上手に使う消費者としての技能の習得が中心であり、自ら技術を用いて新たに何かを生み出す制作者としての経験を得る機会は、依然として限られているのが現状である。プログラミング教育においても、その学習の多くは画面の中で完結しており、自分の書いたプログラムが現実の世界で物を動かすという体験に乏しい。

これに対して、電子工作やロボット開発は、学習者に制作者としての経験を与える有力な題材である。第一に、実物が目の前で動くという感動がある。自分の組んだ回路と書いたプログラムによって機械が光り、音を鳴らし、体を動かす様子は、学習者の興味関心を引き立てるものであると考える。第二に、ソフトウェアだけでなくハードウェアも併せて学べる。部品の役割や配線、電気的な仕組みといった、目に見える形で知識を同時に身につけることができる。第三に、思いどおりに動かないものに向き合う経験が得られる。ロボットは設計どおりに動かないことが多く、その原因を探り、仮説を立てて修正していく試行錯誤そのものが作り手として欠かせない学びとなる。

このように、自ら手を動かしてものを生み出す経験は、消費者的な技能の習得だけでは得たい価値をもつ。本研究では、こうした「制作者志向」を小中学生のうちから育むことを目的とし、電子工作の基本を体験的に学べる学習用ロボット教材を開発した。

本稿では、教材の設計方針、部品構成と製作工程、小中学生への指導を前提とした教材化の工夫を報告するとともに、

地域の小中学生を対象とした電子工作教室の運営計画を示す。

2. 関連する取り組みと本研究の位置づけ

2.1 基盤としての校内 FabLab

本研究の教材開発は、校内 FabLab である ICT Lab を基盤として行われた。ICT Lab は、生徒のアイデアを形にするための設備を整え、成果物や情報を共有する場を設け、学習者自身に運営方針を決定させることで、自発的かつ協働的な学びを支援する学習環境として学校内に構築されたものである⁽³⁾。

これまで ICT Lab は、ある程度の知識や明確な目標をもった生徒が自らのプロジェクトを進める場として機能してきた。本研究において制作する教材は、そうした段階に至る以前の、電子工作に初めて触れる小中学生が最初の一步を踏み出すための入り口を整えるものであり、ICT Lab の取り組みを年齢の低い初學者層へと広げ、地域全体の ICT 環境の活性化を目指すものである。

2.2 既存のロボット教材との比較

教育用のロボット教材として広く知られているものに、レゴ®社が提供している SPIKE™ Prime がある。これは、ブロックを組み合わせて構造を作り上げる組み立て式の教材であり、小学生を中心として使用されている。これらは直感的に扱える優れた教材である一方、いくつかの制約も抱えている。まず、本格的なセットを揃えようとすると、数万円程度の費用がかかることが多く、個人が手元で気軽に始めるには負担が大きい。また、こうした教材ではブロックを組み合わせる形式のプログラミング言語が用いられることが多い。視覚的で分かりやすい反面、表現できる処理の自由度には限りがあり、そこで身につけたスキルが、その後に学ぶ一般的なプログラミング言語へ必ずしも直接つながらないという課題もある。本教材は、これらの教材を入り口とした学習者が次の一步を踏み出すための、一段進んだ位置づけを意図している。

2.3 学校のプログラミング学習・FabLab との比較

学校におけるプログラミング教育は、情報技術の基礎を体系的に学ぶ上で重要な役割を担っている。しかし、そ

の多くはPC上での作業に閉じており、プログラムが正しく書いているかという論理的な側面に学びが偏りやすい。これに対してロボット開発では、プログラムが正しくても、部品の接続や機械的な負荷といった物理的な要因によって思いどおりに動かない事態に必ず直面する。学習者はそのたびに、原因が回路にあるのか、部品にあるのか、プログラムにあるのかを自ら予想し、一つずつ確かめながら解決していかなければならない。この経験こそが、画面の中だけでは得がたい問題解決の力を育てると考える。

これらの観点に基づいてデジタルファブリケーション機器を学校教育に取り入れる実践は進められており、高等学校の情報科の授業に三次元プリンターやレーザーカッターを導入することで、生徒のものづくりに対する敷居が下がったことが報告されている⁽⁴⁾。こうした取り組みは、ものづくりを学校の学びに位置づける重要な先行例である。一方で、こうした実践は比較的高価な機器や外部の支援を前提とする場合が多く、より身近な題材で初学者が手元で完結して取り組める電子工作教材に関する研究は十分に行われていない。

2.4 研究の目的

本研究の目的は、小学生を中心とした児童・生徒の制作者志向を育成することにある。これを実現するため、低予算で電子工作を学べるロボット教材を開発する。この教材は、約3000円という低予算で構成でき、一般的なプログラミング言語によって高い自由度と将来への発展性を備える。また、思いどおりに動かない物理的な壁に向き合い、その原因を自ら考えて解決する経験を通じて、問題解決の力を育む。これにより、完成された道具を使う消費者的な技能の習得にとどまらず、自ら手を動かしてものを生み出す制作者志向を、小中学生のうちから育てることを目指す。

3. 提案する教材の設計思想

3.1 設計コンセプト

本教材の設計にあたって、二つの基本的なコンセプトを掲げた。一つは「子供向けの製品でも力を抜かない」ということである。対象が初学者や子供であっても、作りの甘い間に合わせの教材にはせず、完成度の高いものを目指した。次に「誰が見ても関心を持てる」ということである。製作者である高校生はもちろん、大人が見ても面白いと感じられるような魅力を備えることを重視した。また、本教材は他のデバイスに依存せず、ロボット単体で動作することを前提として設計している。外部の機器と連携させることでより高度な機能を実現できる拡張性も持たせているが、その拡張機能も含めて、基本的には本体だけで完結して動かせるようにしている。これにより、学習者は余計な準備をせずとも、PCと手元のロボットだけで開発と動作確認のサイクルを回すことができる。

3.2 ロボットの形態

本教材では、ロボットの題材としてシマエナガをかたどった形状を採用した。小中学生が興味を持ち、気軽にロボット開発を楽しめるようにするためには、まず手に取りたくなる親しみやすさが重要である。

そこで、可愛らしく愛着の湧く外見をもつ題材を選ぶ

ことで、学習者が技術的な内容に踏み込む前の段階で心理的な抵抗を感じにくくなるよう配慮した。愛らしい見た目は完成したロボットを動かしたときの喜びを高め、学習を続ける動機づけにもつながると考えている。サイズは20cmであり、基板などの部品を収納しつつ、片手で持てるサイズ感を重視した。

3.3 手を動かして学ぶ設計

本教材は、実際にロボットを作り上げる楽しさを体験できるよう、手を動かして学べることを重視して設計した。基板をロボット本体に固定し、ケーブルを接続し、モーターを取り付けるといった一連の組み立て作業を学習者自身が行う。

こうした作業を通じて、学習者は部品の役割や全体の構造を体で理解していく。画面の中だけでは得られない現実の物に触れながら学ぶ感覚を大切にしている。限られた活動時間のなかでも完成までたどり着けるよう、回路・機構・プログラムの各要素は、初学者にとって必要十分な範囲に整理して統合している。

3.4 編集可能なソフトウェアと公開・拡張性

プログラミングを学べるように、ロボットの動作を記述したコードのうち一部を容易に編集できるソフトウェア設計とした。学習者は与えられた完成品をただ動かすだけでなく、コードに手を加えることで自分なりの動きを試すことができる。これにより、プログラムを書き換えると振る舞いがどう変わるかを実際に確かめながら学習を進められる。

さらに、本教材では製作したロボットをその場限りで終わらせるのではなく、学習者が持ち帰って自分なりにカスタマイズし続けられることを重視している。そのために、開発に必要なすべてのデータをGitHub上で公開し、誰でも参照・改変できるようにした。また、基板を拡張できる設計とすることで、学習者が新たな部品や機能を追加し、自分だけのロボットへと発展させていく余地を残している。

4. システム構成と実装

4.1 マイコンとプログラミング言語

本教材の中核となる制御装置には、マイコンとしてFreenove ESP32 WROOM-32Eを採用した。小型でありながら十分な処理能力と入出力端子を備えており、初学者向けのロボットに適している。プログラミング言語にはMicro Pythonを採用した。ロボット開発ではC言語が使用されることが多いが、C言語は文法が厳格で初学者がつまづきやすい要素が多く、電子工作の入り口としては扱いにくいと判断した。そこで、マイコンのファームウェアを書き換え、より平易に記述できるMicro Pythonで動作するようにした。Micro Pythonは構文が簡潔で読みやすく、書いたコードをすぐに試せるため、試行錯誤を繰り返しながら学ぶ本教材の方針と合っている。初学者にも親しみやすく、将来にプログラミング言語を学ぶ際の素地ともなる。実際に制作した基板を図1に示す。

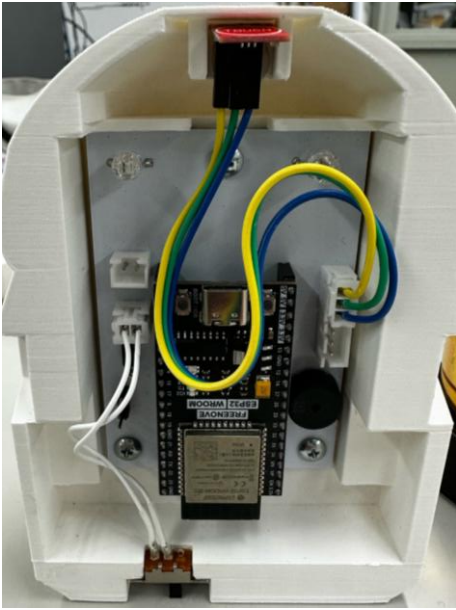


図1 内部基板

4.2 構成要素と機能

本ロボットは、複数の入出力部品を組み合わせることで感情表現とゲーム機能を実現している。頭部にはタッチセンサーを備え、撫でられたことを検知して操作の入力として用いる。両目の位置にはフルカラーのLEDを配置し、色の変化によってロボットの感情や状態を表現する。翼にはサーボモーターを用い、動きによって表情豊かな振る舞いを与えている。さらに、可変抵抗をつまみとして用いることで動作モードを切り替えられるようにし、パッシブブザーによって鳴き声や効果音を鳴らす。

これらの部品を組み合わせることで、ロボットは撫でられると反応し、色や音、動きによって感情を示し、簡単なゲームを楽しめるなど、単なる機械を超えた愛らしい振る舞いを実現できる。限られた部品であっても、その組み合わせと制御の工夫によって豊かな表現を生み出せることは、ものづくりの面白さを学習者に伝える上で重要な要素であると考えられる。



図2 完成したロボットの外観

5. 今後の実践計画

5.1 ロボット教室の構想

今後、地域の小学校六年生を対象としたロボット教室を開講する予定である。参加した児童が本教材を用いて実際にロボットを組み立て、プログラムを編集しながら動作を確かめる体験を提供することを想定している。

教室では部品の取り付けやケーブルの接続といった手を動かす作業と、コードを書き換えて動きを変える作業の双方を経験できるよう構成する計画である。対象を小学校高学年とすることで、初学者が無理なく取り組める本教材の特長を生かしつつ、ものづくりへの興味が生まれやすい時期に働きかけることを狙いとしている。

5.2 評価の観点と方法

本実践では、主に二つの観点から学習効果を検証することを計画している。第一に、技術やものづくりに対する意識の変化である。ロボット開発を体験する前と後とで、参加者が技術やものづくりをどのように捉えるようになったかを比較し、作り手としての関心の高まりを確認したいと考えている。第二に、ロボット作成スキルの向上である。組み立てやプログラムの編集にどの程度取り組めるようになったかを通じて、実際の技能の伸びを把握することを想定している。これらを検証するにあたっては、技術への興味、ハードウェアへの理解、ものづくりに対する興味関心といった観点に着目し、講座の事前事後でアンケート調査を実施し、その回答内容の変化を分析することを検討している。

6. おわりに

本研究が目指すのは、初学者が気軽に電子工作へ踏み出せる入り口を整え、消費者として道具を使うだけでなく、自ら手を動かしてものを生み出す制作者志向を、より多くの小中学生に育てることである。今後の実践とその検証を通じて、開発した教材の教育的な有用性を確かめるとともに、得られた知見を踏まえて教材や進め方の改善を重ねていきたい。校内 Fab Lab という制作の場と、本教材という具体的な題材とを結びつけることで、実物に触れながらつくることを学ぶ学習の一つの形として、広く活用されていくことを目指す。

参考文献

- (1) 文部科学省：“GIGA スクール構想について”，https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_0001111.htm (2026年6月閲覧)。
- (2) 文部科学省：“小学校学習指導要領(平成29年告示)”および「小学校プログラミング教育の手引」，https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm (2026年6月閲覧)。
- (3) 徳竹圭太郎, 佐久間大：“校内 Fab Lab における自発的な学びを支援するための学習環境の構築”，CIEC 春季カンファレンス論文集, Vol. 14, pp. 27–32 (2023)。
- (4) 松浦李恵, 岡部大介, 渡辺ゆうか：“高等学校における FAB LAB の公教育導入実証実践の事例報告”，日本教育工学会論文誌, Vol. 44, No. 3, pp. 325–333, (2020)。