

ロボットを動かそう

Let's move a robot

笠原 美左和¹⁾

Misawa Kasahara¹⁾

Abstract : In Japan, STEM education is gradually spreading to develop human resources in science and technology. In this paper, we propose new learning contents based on the summary report of the open lecture (OPC) conducted as a practical example of STEM education using Lego blocks and microcomputers and the results of the questionnaire conducted after the OPC.

Keywords : Lego block, M5stack, programming education, STREAM education

1. はじめに

技術革新の急速な進展に伴い、21世紀社会に必要な資質・能力を育成するため、多くの国でSTEM教育に取り組んでいる。日本でも、文部科学省が2020年度から小学校、2021年度から中学校、2022年度から高等学校へと段階的にプログラミング教育必修化を決定[1]し、プログラミング教育を含む、STEM教育[2, 3]に取り組んでいる。

STEM教育[2, 3]とは、子供のうちからロボットやIT技術に触れて「自分で学ぶ力」を養う新しい時代の教育法である。

これまでは、ひとつの分野を深く掘り下げていく教育が主であった。一方、STEM教育は、科学・技術・工学・数学などさまざまな学問を横断的に学習することが主となっている。STEM教育は、分野を超えて学ぶことにより、それぞれの分野にある問題を発見し、それを解決する能力を養うことを目的としている。複雑化・多様化する現代社会の中で、広い知識と視野を持つことは、人間にとって非常に重要な力となる。これからの社会は、誰もがロボットを設計したり、使いこなしたりするスキルが必須という考えから、STEM教育に「A(芸術)」と「R(ロボット技術)」を足した、STREAM教育も提唱されている。

STEM教育の重要な1項目であるプログラミング教育は、情報を読み解く力、情報技術を手段として使いこなし、

論理的・創造的に思考する力、課題を発見・解決し、新たな価値を創造する力、感性を働かせ、よりよい社会や人生の在り方について考えるなどを養う目的で導入されている。プログラミング教育は、「順序立て考え、ものごとを解決する力」を養うためであり、「プログラミング教育必修化 = パソコンを使うスキルを身に付ける」が目的ではない。プログラミング教育の目的の一つに「問題を論理的に捉え、解決法を考える能力を育成する」というものがあり、コンピュータに触れる前の試行錯誤をする段階にも大きな意味がある。そのため、パソコンを使わずカードやボードゲームを使ったグループワークや、身の回りにあるコンピュータの処理がどのような順序で行われているかなどを考えることも、立派なプログラミング教育となる。このようにパソコンなどの電子機器を使用せず、プログラミング的な思考に基づいて行う学習をアンプラグド・プログラミング[4]と言い、特に小学校低学年を対象としたプログラミング教育で実施されている。

様々な民間や団体がアンプラグド・プログラミング教育やプログラミング教育、STEM教育、STREAM教育に関するサービスや学習用の製品を提供している。開発された教材を用いた実践事例も数多く報告されている[5-7]。

その中には、レゴブロックを用いた教材開発に取り組んでいる様子が多数紹介されている。

¹⁾東京都立産業技術高等専門学校 ものづくり工学科 ロボット工学コース

レゴ社は、レゴブロックを通じて子どもたちに工学分野への関心を持たせることに積極的で、プログラミングやロボット工学に関する専用キットを数多く発売している。レゴブロックはもともと子どものおもちゃとして与える親も多く、子どもにとっては馴染みのあるアイテムである。工学分野に苦手意識を持っている子どもでも、レゴで遊ぶという感覚からスタートすれば、スムーズに学習を始めるきっかけになっている。

本稿では、M5Stack Fire とレゴブロックを用いた実践事例として公開講座（OPC）の概要報告及び OPC 終了後に実施したアンケート結果を基に、新たな学習内容について提案する。

2. 教材開発

科学・技術・工学・数学を横断的に学習する教材の開発を行う。プログラミング技術に興味を持たせつつ、センサやプログラミングの働きを理解させるため、レゴブロックで車両型ロボットを制作し、ライトレースが可能な教材の開発を行う。さらに、拡張できる教材の開発を目指す。

2.1 ブロックの選定

自分で考え、製作し、自由に様々なものを短時間で組み立てるため、ブロックを使用する。近年、様々なブロックが発売されているが、本研究では LEGO Mindstorms [8] を使用する。LEGO Mindstorms は、レゴ社とマサチューセッツ工科大学が共同で開発したロボット開発環境であり、モータやセンサ、インテリジェントブロック（コンピュータユニット）がすべてレゴブロックの形で用意され、レゴブロックを組み立てると同じ感覚でロボットを作り上げることができるようになっている。さらに、ブロックの形をした部品を組み合わせることで直観的にプログラムを作成できるアプリケーションが付属している。LEGO Mindstorms のシリーズは、1998 年発売の RCX、2006 年発売の NXT、2013 年発売の EV3 がある。シリーズがアップすると、組み立てブロックの形状はほとんど変わらないが、インテリジェントブロックの全体の性能や、同梱されているセンサ類の性能が上が

っている。便利なブロック教材であるが、2021 年 7 月をもって、LEGO Mindstorms EV3 の販売および部品供給サービスを終了となった。そこで、OPC では、インテリジェントブロック（コンピュータユニット）は使用せず、レゴブロックのみを用いるものとする。

2.2 マイコン選定

2022 年末をもって、レゴ社のロボット型ブロックセットである“LEGO Mindstorms”の販売終了が決定した。ブロックセットが中止となっても、ブロックやモータを使用することが可能となる。そこで、インテリジェントブロックと同等でかつ、安価なマイコンの選定し、新しい教材の開発を行う。

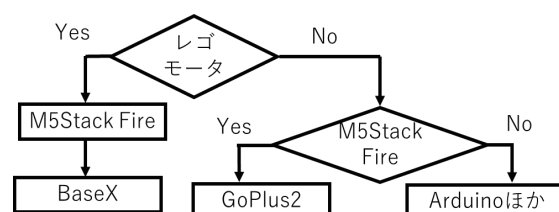


図1 マイコンの選定

マイコンの選定は、図 1 に示すように、レゴモータを使用するかどうかで変わってくる。

一般に発売されている DC モータやサーボモータ、レゴブロックと互換性にある Geckerservo モータのコネクタには、リード線を用いている。これらモータを用いた教材では、Arduino [5] や micro:bit [9] などをマイコンとして選定している。

レゴブロックに付属しているインタラクティブサーボモータ L やインタラクティブサーボモータ M のコネクタには、RJ11 コネクタが採用されている。このコネクタを利用し、簡単に接続できるマイコン M5Stack Fire [10] (図 2 参照) がある。センサやモジュールの種類が多く、拡張しやすいのが特徴である。

この M5Stack Fire は、ESP32 チップをベースとし、320×240 の TFT カラーディスプレイ、microSD カードスロット、1W スピーカーを備えたコンパクトで便利な開発モジュールである。このモジュールは、トップと、大

容量バッテリー(500mAh), レゴ用の取り付け穴, アナログマイクروفोन, LED バー, Grove ポートが搭載されているボトム(図2 参照)に分けられる. また, 磁石で固定される M5Stack FIRE 充電ドックが付属している. さらに, UIFLOW(Blockly), Arduino IDE, MicroPython と複数の言語を用いてプログラムすることができる. また, ベース部はレゴ互換になっているのも特徴であり, 別売の GPS や各種センサ, キーボードなどのモジュールを縦に積み重ねて(stack), 機能を追加することができる. さらに, 追加モジュールを変更することで, 一般的に発売されている DC モータやサーボモータを駆動させることが可能となる.

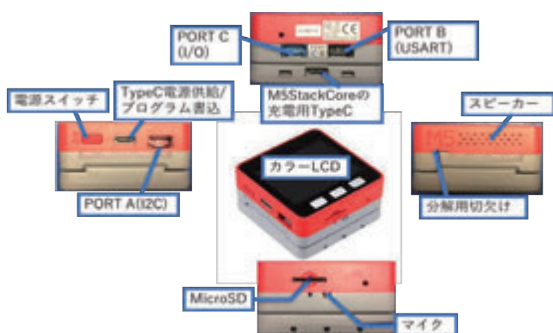


図2 M5stack Fire の概形

2. 3 拡張ユニット

モータの駆動ユニットには, レゴモータの制御用 BaseX モジュール, GOPLUS2 モジュールがある.

2. 3. 1 BaseX モジュール[11]

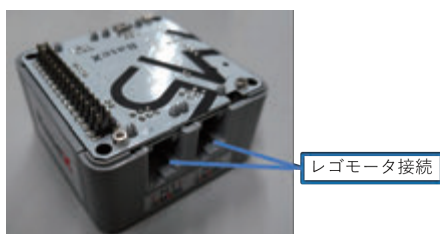
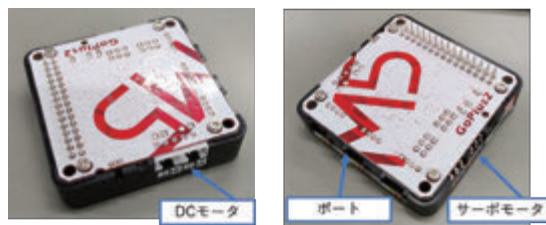


図3 BaseX モジュール

BaseX モジュール (図3 参照) は, レゴモータに接続されている RJ11 コネクタを用いて同時に 4 つのモータを接続でき, 角度/速度の読み取りと制御をサポートしてい

る. M5stack FIRE のトップに, この拡張モジュールを使用し, レゴモータを簡単に駆動させることができる.

2. 3. 2 GOPLUS2 モジュール[12]



(a) 右側面

(b) 左側面

図4 GoPlus2 の概形

図4にGoPlus2モジュールの概形を示す. モータ制御やサーボ制御, 入出力, IR送受信を簡単に行うためのベースモジュールである. 二つのDCモータと四つのサーボモータを制御できるモータードライバ, IR送受信のLEDを各1個, 拡張GPIOを3基内蔵している.

2. 4 センサユニット

図5において, 左から, 距離を測定するToF測距センサユニットと色を測定するCOLORセンサユニット, Port A(I2C)拡張ハブユニットを示す.



図5 PaHUBユニット・COLORセンサ・ToFセンサ

2. 4. 1 ToF 測距センサユニット

レーザーによって提供される人工光信号の往復時間を測定する技術 (ToF) で, ターゲット反射率に関係なく正確な距離測定を提供する距離測定センサを使用する. GROVE 互換インターフェースで M5Stack FIRE に接続し, コア部分と I2C で通信する.

2. 4. 2 COLOR センサユニット

TCS3472 カラーセンサを搭載した、物体表面の色を検出する M5Stack 用拡張ユニットである。GROVE 互換インターフェースで M5Stack FIRE に接続し、コア部分と I2C で通信する。

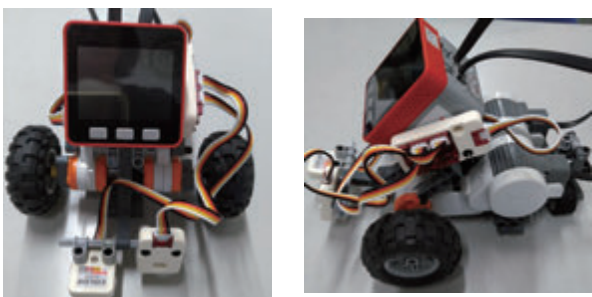
2. 4. 3 M5Stack 用 Port A(I2C) 拡張ハブユニット

ロボットに搭載する ToF 測距センサユニットとカラーセンサユニットはともに I2C 接続である。しかし、M5Stack FIRE には I2C ポートが 1 つしか搭載されていない。そこで、複数の I2C 接続センサを接続する場合は M5Stack の I2C GROVE ポートを 6 つのチャンネルに拡張するハブユニットを使用する。

2. 5 車輪型ロボット

レゴモータを使用した車輪型ロボットとレゴと互換性のある DC モータを使用した車輪型ロボットを提案する。どちらの車輪型ロボットにも、ToF 測距センサとカラーセンサを搭載する。

2. 5. 1 レゴモータを使用した場合



(a) 正面 (b) 側面

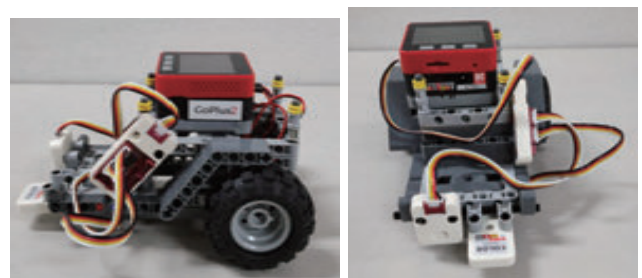
図 6 レゴモータ車輪型ロボット

レゴモータは、パワフルながらも 1 度単位の精度でフィードバック可能な回転センサを備えたモータである。内蔵された回転センサにより、同じ速度で直進できるよ

うに他のモータと速度を合わせることができるといった特徴を持っている。また、外観はギアなどと組み合わせやすいデザインになっている。

M5Stack FIRE のトップに拡張モジュールを接続し、教育用モータを駆動する。教育用 NXT に同封されている、組み立て説明書を参考に車両型ロボットを作成する。作成した車輪型ロボットを図 6 に示す。

2. 5. 2 DC モータを使用した場合



(a) 正面 (b) 側面

図 7 DC モータ車輪型ロボット

OSOY00 Building Block Robot Car for Arduino にて紹介されている a simple robot car を参考に、レゴと互換性のある DC モータ (Geekservo モータ) を用いて作成した車輪型ロボットを示す[13] (図 7 参照)。

3. プログラム開発環境

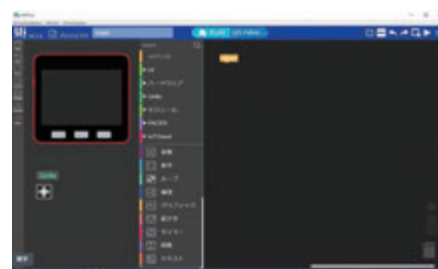


図 8 プログラミング環境 UIFlow[14]

M5Stack Fire に使用できるプログラム開発環境には、MicroPython, Arduino, UIFlow(Blockly)[14]の3つがある。UIFlow 環境 (図 8 参照) は、M5Stack 社が開発したブロックタイプの開発環境である。ブロックは Python で書かれている。「ブロックを組み合わせるプログラミングを行っている = 実際には Python でプログラミング

ングを行っている」のだが、ユーザーは意識せず、プログラミングが可能となるため、学校教育などでプログラミング授業を行う場合には UIFlow が適している。

この UIFlow 環境は、PC や USB メモリにインストールすることが可能である。PC に UIFlow 環境をインストールした場合は Wi-Fi 環境が必要であるが、USB メモリに UIFlow 環境をインストールして使用すると Wi-Fi 環境が必要ないのでどんな環境でも利用可能である。

4. OPC

小学生 5, 6 年 8 名, 中学生 1 名に対し、レゴ社が開発した“LEGO MINDSTORMS”に含まれていると教育用モータを用いた車輪型ロボットを製作した。このブロックは、プラスチック製のブロックである。さまざまな形や色のブロックを組み合わせ、好きなモノを作って遊べるのが特徴である。金属加工やネジを使った組み立てをせずに車輪型ロボットを製作することができるためこのブロックを採用した。駆動モータは、同じ速度で直進できるように 2 つのモータの速度を合わせることが出来るレゴモータを使用した。コントローラは M5Stack FIRE を採用した。モータ駆動回路は M5Stack FIRE の拡張モジュール BaseX を採用し、BaseX は M5Stack Fire のトップに接続した。講師は、教員 2 名, 高専 5 年生 3 名の合計 5 名である。プログラム開発環境である PC は学校の設備を使用し、OS は Windows を用いた。プログラム開発環境は USB にインストールした UIFlow-Desktop-IDE を使用した。

3 時間で行った OPC の内容を以下に示す。

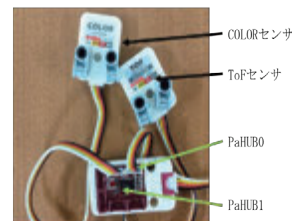
- 1) 高専の説明や当日のガイダンスを行った。
- 2) プログラム開発環境 UIFlow の使い方を説明した。
- 3) ディスプレイに Hello World と出力するプログラムを作成した。
- 4) 車両ロボットの組み立てを行った。限られた時間の中ですべての組み立てを行わせることが難しいため、教育用 NXT に同封されている、組み立て説明書を参考に車輪部分は事前に担当教員と指導学生が作成した。OPC 参加者は、センサ、マイコン本体を車体に取付けた。実際に行った組み立て工程を図 9 に示す。



(1)マイコンを取り付ける



(2)タイヤを付ける



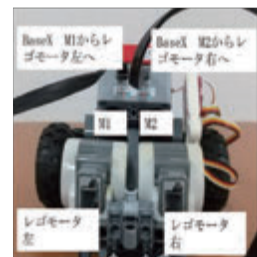
(3)センサ類をケーブルで接続する



(4)センサ類をLEGOカーに接続する



(5)PaHUBとマイコン正面に向かって左手にあるPortAを接続する。



(6)BaseXとレゴモータを接続する

図 9 組み立て工程

5) 車両型ロボットを使用し、プログラム作成および実習を行った。

演習(a)：前進や後退。

演習(b)：四角形を書く。

