

LEGO ブーストを活用した入門STEM教育

鈴木治郎^{*1}, 松本成司^{*2}

^{*1,*2} 信州大学 全学教育機構

^{*1}szkjiro@shinshu-u.ac.jp, ^{*2} matsu@shinshu-u.ac.jp

キーワード STEM 教育, ロボティクス, LEGO マインドストーム

1 はじめに

STEM 教育の広がりの中で LEGO 社のマインドストームシリーズはそのためのロボティクス教材として、代表的な地位を築きつつあるように思える。筆者らも同シリーズの RIS に始まり、LEGO 社の提供廃止と転換に伴い第 2 世代の NXT, 第 3 世代の EV3 とロボットキットを移行時期には混ぜての利用を行う中で、教材利用の中心を遷移させてきた [1, 2].

STEM 教育への注目が集まる中で、LEGO 社マインドストーム以外にも多くのロボットキットが登場してきた。ところで、STEM 教育あるいは STEAM 教育の呼び名における“A”は、芸術の A というよりも、設計（ビジネス社会ではデザイン思考ということばで頻繁に取り上げられるようになった）を表すものである。これを意識するとき、目的の作業に対して、柔軟な設計に応じた実現方法を示してきたことが、マインドストームシリーズと他社のロボットキットとを差別化する大きな要因の一つになっている。

筆者らは利用キットを第 4 世代のスパイクシリーズにまだ転換していないが、それは基本セットのみでも 6 万円余りすることも理由にある。だから何セットも必要となるクラス単位の導入を考えれば、価格の高さが壁となる場合は多いだろう。

本稿では、本体コンピュータの処理能力はマインドストームキットと比べて低いが安価な同社の「ブースト」キットを活用することで、筆者らがマインドストームシリーズ初期の RIS で取り組んできたロボティクス入門の内容とほぼ同等の演習を実際に企画できた [3] ことを報告する。ブーストキットの場合、たとえば Amazon での実勢価格は 1.6 万円から 2 万円ぐらいであり、約 25 万円あれば、2 人 1 組で 15 組のゼミクラスにロボットキットを用意することが可能である。

2 LEGO ブーストキットの仕様とプログラミング環境

LEGO ブーストでは、ロボット胴体を担うコントロールユニットにムーブハブ (MoveHub) 製品が使われている。同じムーブハブをもつロボットキットに「ドロイドキット」があり、筆者らは両方とも利用した。

- LEGO ブースト クリエイティブボックス 17101
- LEGO スターウォーズ ドロイドコマンダー 75253

前者を使った作例は LEGO 社の公式サイトに掲載されており [4], また文献 [5] においても様々な組み立てのアイデアが紹介されている。一方、スターウォーズの R2D2 などの完成モデルを学習の動機付けに活用できる、後者にも魅力がある。筆者らは、購入時期にブーストより若干安価であったドロイドコマンダーを 10 キット揃えた。

2.1 ハードウェアの特徴

ここでは、マインドストームシリーズの内、RIS および、その機能を大幅に刷新した次のモデル NXT を取り上げ、ブーストと比較する。これにより、センサー類の高性能化を除けば、ロボティクスを学習する課題が 20 年来あまり変化のないこと、さらにロボットキットは残念ながら、それほど安価になっていないことも実感できると考えた。

実際の演習においては、ロボティクスプログラミングの入門的学習でしばしば用いられる、以下の手順で作業を進めた。

1. プログラミングのための準備をする（キットおよびプログラミングを行う PC 環境設定の双方）
2. 左右独立に回転するタイヤを装着したドライブベース（走行ユニット）の製作をする
3. センサー類を追加装着することにより、課題に応じたロボットを製作し、プログラミングを進める

以下の比較もこれらの作業に関わる観点による。

キットに含まれるブロック RIS と同じく標準的な LEGO のスタッド（いわゆるポッチ）付きブロックが中心であり、NXT に比べテクニック系のリフトアームなど、スタッドなしのブロックは比較的少ない。ブーストではコントロールユニット本体にモーターを 2 個内蔵しているため、RIS や NXT に比べるとドライブベースは大幅に小型化・簡易化できる。

コントロールユニットと周辺センサーなどとの接続

NXT と同様にモジュージャックタイプのケーブルで接続する。ただしモジュージャックの形状は、**Powered Up** と呼ばれる最近の電装システム [6] で採用されているものであり、第 3 世代までのモジュージャック利用デバイスとの直接接続はできない。RIS では LEGO 基本ブロックに似た、接点をもつ特殊ブロックで接続する。しかし組み立て時や経年変化による接触不良が起りやすかった。

コントロールユニットと PC との接続 Bluetooth で接続できる。RIS では赤外線送信機を PC に接続して通信した。NXT では Bluetooth の他に USB ケーブル接続もできる。

利用できるセンサー RIS や NXT で使えたタッチセンサーは付属しないが、カラー距離センサーにより同様の課題に取り組める。ただし、NXT 付属の超音波センサーとは異なり、相対的な距離を測定できるだけである。このため精度のよい距離測定はできない。また本体に内蔵の IMU（慣性計測ユニット；3 軸加速度センサーおよび 3 軸ジャイロセンサー）が用意されている。

接続ポートの数 RIS では最大でモーター 3 個とセンサー 3 個を接続できるポートが装備されていた。NXT ではセンサーポートがさらに 1 個追加されて 4 個となった。一方、ブーストの場合はモー

ターとセンサーの共用ポートで 2 ポートしかなく、モーターとセンサーを一つずつ接続すれば埋まってしまう。しかしブーストに付属のセンサーには、カラーセンサーと赤外線距離センサーが一体になったカラー距離センサーがあり、またモーター 2 個と IMU は本体に内蔵である。このため入門的な使用であれば、ポートの少なさは致命的な欠点にはならないであろう。

2.2 プログラミング環境

ロボティクス教育を進める上では、ロボットキットに関わらず、現在は Python と Scratch が広く用いられるようになってきている。そしてブーストキットには、Scratch に似たタイルタイプのプログラミング環境の提供がある。

さらにブーストでは、MicroPython をベースに開発された Pybricks[7] を利用できて、Python によるプログラミング演習もできる。Pybricks は、ブラウザ上で作成したスクリプトをボタン一つでムーブハブなどのコントロールユニットに転送して実行する機能を持つので [8]、Web Bluetooth に対応したブラウザさえあれば [9]、別途アプリケーションをインストールする必要がなく、直ちにロボットを動かすことができる。

3 実際の演習内容

ロボティクス入門ゼミで実施した 15 回の内訳は以下の通りである [3]。

1. プログラミングのための準備
2. とりあえず動かしてみる
3. robotics モジュールを使ってみよう
プログラミングの際には、Pybricks の用意する DriveBase クラスを使用した。これを用いれば、ロボット本体の速度・加速度および回転時の角速度・角加速度、あるいは移動させたい距離や回転させたい角度を指定するだけで容易にロボットが制御でき、プログラムも簡略化（つまりデバイスに対する制御量ではなく運動自体に関する値を与えること）ができる。
4. 動作の繰り返し
5. 関数を使おう

6. カラー距離センサーを使おう
7. 机の縁に沿って動くロボットを作ろう
8. ライントレース・ロボットを作ろう (1)
9. ライントレース・ロボットを作ろう (2)
10. ライントレース・ロボットを作ろう (3)
ライントレースの課題では、急カーブや交差点などを含むコースにも挑戦した。
11. 物体との距離に応じて動きを変化させよう
12. IMU (慣性計測ユニット) を使おう
13. 最終課題 (ロボコン課題) の準備 (1)
14. 最終課題 (ロボコン課題) の準備 (2)
15. 最終課題報告 (ロボコン)
課題ではコース上に置かれた 3 個のピンポン玉を運搬し、所定の場所に設置した 350ml の缶の上に置くというミッションを設定し、チームごとに得点を競うゲーム要素を持たせた。

4 ブースト使用上の注意

プログラミング演習としてのロボティクスを考えたい人にとって、最大の欠点はメモリーが小さいことであろう [10, 11].

ブースト 16KB RAM, 128KB Flash
RCX 512KB RAM

このため、機械学習で用いられるような大きな配列を使ったプログラムや何百行もあるような複雑なプログラムを動かすのは難しい。また NXT と違い、浮動小数点の計算ができないため、Pybricks の umath モジュールに含まれている三角関数などが使えない (ただし、RCX も整数演算のみであった)。

さらにロボット間の通信も、RCX は赤外線、NXT は Bluetooth で実現できた。しかしブーストの場合、現時点ではロボット間通信ができない。

5 おわりに

以上、簡単に述べたように LEGO ブーストを活用することで、通常の入門的ロボティクスキット教材でよく扱うライントレースや物体探し・障害物回避などのロボット制御を体験できる。安価であるにも関わらず、LEGO 特有のロボット設計・製作の柔軟さを備え

る LEGO ブーストは魅力あるロボットキットであると考えられる。このキット利用によりロボティクスの学習の裾野が広がることを期待したい。

参考文献

- [1] 松本成司, 鈴木治郎, 『ロボティクスを題材にした実習型授業の総括』, 2006 PC カンファレンス論文集, 2006 年
- [2] 松本成司, 鈴木治郎, 『マインドストーム EV3 を活用した Python の入門的学習』, 2021 PC カンファレンス論文集, 2021 年
- [3] 松本成司, Pybricks で楽しむロボティクス, <http://yakushi.shinshu-u.ac.jp/robotics-pybricks/>
- [4] <https://www.lego.com/ja-jp/kids/sets/boost/creative-toolbox-8c2400c256a843f0b25483ee45acd48c>
- [5] Yoshihito Isogawa, The LEGO BOOST Idea Book: 95 Simple Robots and Hints for Making More! (English Edition), No Starch Press, 2018
- [6] <https://www.lego.com/ja-jp/themes/powered-up>
- [7] <https://pybricks.com/>
- [8] <https://code.pybricks.com/>
- [9] https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Web_Bluetooth_API
- [10] <https://bricks.stackexchange.com/questions/9148/what-internal-electronics-does-lego-boost-use>
- [11] <http://crynwr.com/lego-robotics/>