「石巻専修大学　研究紀要」第32号　121—130　2021年３月

レゴマインドストーム EV3 を用いたプログラミング教材の開発

工藤　周平[1]

Developing Educational Materials for Programming with LEGO MINDSTORMS EV3

Shuhei KUDO[1]

[1]*Department of Business Administration, Faculty of Business Administration, Ishinomaki Senshu University, Miyagi 986-8580, Japan*

Abstract

This paper proposes an educational material for programming with LEGO MINDSTORMS EV3. The importance of programming education has been growing in the world. To provide a fulfilling programming education is a key to invigorate Ishinomaki city. The Family Robot Class, the event of robot programming with LEGO MINDSTORMS EV3 for elementary school students, had been held in Ishinomaki and Higashimatsushima cities and Onagawa town by Fujitsu Computer Technologies (FCT) and Ishinomaki Senshu University. This study develops a programming educational material based on know-how, skills, and knowledge gained from the Family Robot Class. The robot programming with LEGO MINDSTORMS EV3 is useful for beginners to cultivate programming intellect because results of programming appear as robot motion. Collaboration between educational institutions, companies, community-based organizations, and government is essential to promote programming education in Ishinomaki city.

1　はじめに

本研究の目的は、平成 29 年度、平成 30 年度、令和元年度に石巻市、女川町、東松島市で開催した家族ロボット教室やロボットプログラミング体験教室の内容に基づいて、石巻市におけるプログラミング教育のための教材を開発することである。ICT を有効活用してさまざまな問題に対応する能力を高めることは、企業や地域社会の発展のための重要なカギとなっている。プログラミングスキルを向上させることは情報リテラシーや ICT 活用能力を高めることにつながり、そのための教育を充実させていくことが必要不可欠となっている。石巻市を今後さらに活性化させていくためには、石巻市の地域においてプログラミング教育を充実させることが重要な課題となる。特に、教育機関、企業、地域に密着した活動をする組織、行政が連携しながらプログラミング教育を通じて地域社会の課題に取り組んでいかなければならない。しかしながら現在のところ、石巻市においてそのための教材が十分開発されているとはいえない。このような課題を解決するために、本研究では、これまで石巻専修大学の高大産連携プロジェクトの一環で実施してきたイベントで得られたノウハウや知見に基づいて、夏休みに小学生を対象としたロボットプログラミング教室を開催するための教材を開発する。

2　プログラミング教育の社会的な広がり

2.1　プログラミング教育の最近の動向

(1) 小学校におけるプログラミング教育

平成 28 年頃から小学校段階におけるプログラミング教育の導入が有識者会議や中央教育審議会で本格的に議論されるようになった。そして学習指導要領改訂において、小・中・高等学校を通じてプログラミング教育を充実することとなり、2020 年度から小学校においてもプログラミング教育を導入することとなった[1]。

文部科学省が作成する『小学校プログラミング教育の手引（第３版）』では、プログラミング教育で育む資質・能力として、「知識及び技能」、「思考

[1]石巻専修大学経営学部経営学科

力、判断力、表現力等」、「学びに向かう力、人間性等」という3つの柱が示されている。「知識及び技能」では、小学校、中学校、高等学校の段階ごとに求めるコンピュータやプログラミングに関する知識や技能が示されている。「思考力、判断力、表現力」では、プログラミング的思考力を育成することが重要な要素となっている。プログラミング的思考力とは、「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」[1]と定義されている。「学びに向かう力、人間性」では、コンピュータを社会や身近な問題の発見・解決に主体的に活かそうとする態度、協調性、ねばり強くやり抜く態度、著作権や情報セキュリティといった情報モラルを育むことが重視されている。『小学校プログラミング教育の手引(第3版)』では、カリキュラム・マネジメントの重要性も指摘されている。プログラミング教育のねらいを実現するための手順の例として、まずプログラミングによって育てたい力を明らかにすること、次に必要な指導内容を教科等横断的に配列し、それらを計画的かつ組織的に取り組むこと、最後に育てたい力や指導内容の配列などを見直すとことが示されている。

未来の学びコンソーシアムが運営する「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」において、主に小学生を対象としたさまざまなプログラミング教育の事例が示されている[2]。『小学校プログラミング教育の手引』ではプログラミングに関する学習活動が「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はいないが、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」の6つに分類されているが、ポータルでは分類ごとにプログラミング教育事例が示されている。たとえばAの分類では、小学校5年生の算数の授業でScratchというツールを使って正多角形のプログラムをかくという事例が紹介されている。Bでは、小学校5年生の国語の授業で、Scratchを使って敬語の使い方を考えるという事例、Cでは、小学校3年生を対象に、Viscuitというツールを使って、たまごを描き、たまごにタッチすると割れるという仕組みのプログラムを作るという事例、Dでは、小学校4、5、6年生を対象に、BBC micro:bit、Scratch、Viscuitというツールを使って、パソコンクラブでプログラミングを体験するという事例が示されている。

(2) 外部組織と連携した教育

『小学校プログラミング教育の手引』では、プログラミング教育を充実させるに当たって企業・団体や地域等と積極的に連携することが重要であるとしている。先の学習活動分類のEとFでは、地域や企業・団体等においてこれらの学習機会が豊富に用意されることが期待されている。先のポータルにおいてEやFの事例も紹介されており、たとえば、小学校3、4、5、6年生を対象に、Scratch、AruduinoX、サーボモーターを使って、古くから人形浄瑠璃が盛んだった徳島県で人形浄瑠璃をプログラミングで動かすという地域伝統芸能復興の事例や、日本マイクロソフトが実施主体となって、小学校3、4、5、6年生を対象にMakeCodeと教育版マインクラフトというツールを使った講座を提供する事例が示されている。

大学や企業と連携して地域におけるプログラミング教育を充実させようとする取り組みも進んでいる。総務省は平成28年度〜29年後に「若年層に対するプログラミング教育の普及推進」事業を実施しており、その事業内容や事例が総務省のホームページで公開されている[3]。たとえば、新潟県では、新潟医療福祉大学、新潟コンピュータ専門学校、新潟県内の小中学校、NSGグループ株式会社チアリ—が運営するスタープログラミングスクールが連携して、新潟県内の小中学生に対するプログラミング教育を実施している。Scratchを使って「新潟市をPRするプロジェクトを開発する」というテーマでグループワーク等を行い、新潟出身の有名歌手と名産のお菓子を使ったゲームや新潟のコメをPRするゲームといった作品が

最終成果として開発されている[4]。大阪府では、寝屋川市内及び近隣地域の大学、寝屋川市立石津小学校、上越教育大学、ECC コンピュータ専門学校、NTT 西日本、キャスタリア株式会社が連携して、小型ロボット「Ozobot」を活用した小学生向けプログラミング講座を実施しており、大阪の「ものづくり DNA」を継承する人材育成を目指している[5]。

2.2　レゴマインドストーム EV3 を用いた教育

(1) 企業研修での活用

レゴマインドストーム EV3 を活用した社員研修がさまざまな企業で実施されている。日本では、株式会社アフレルという企業がレゴマインドストーム EV3 を活用した教室やイベントの開催、研修プログラムの提供を積極的に行っている。アフレルは、LEGO Education の日本正規代理店であり、エンジニア向け研修サービス、教育機関向け実習教材開発販売、家庭学習ロボット教材開発販売、ロボットコンテスト／教室／イベントの運営受託サービスを行っている[6]。

アフレルは、レゴマインドストーム EV3 を使った内定者・インターンシップ向けの研修プログラムを提供している[7]。2 日間のプログラムとなっており 2 人 1 組で行うチームプロジェクトを体験する。教育版 EV3 ソフトウェアの使い方等の説明の後に演習課題を実施し、作成したプログラムやシステムを客観的に評価し、振り返りとして開発工程のまとめを行う。

アフレルのホームページにはアズビル、NTT データ、キャタピラージャパン、キャノンイメージングシステム、富士通ラーニングメディア、ブラザー工業、マツダ、三菱電機といった企業の研修の様子が掲載されている[8]。NTT データはアフレルの研修をカスタマイズし、「Web で注文が入った場合に集荷と配送をロボットが行う」というアプリケーション実装体験研修を、マツダは 2 人で 1 チームとなり C 言語でロボットを動かして課題に取り組むという社員研修をそれぞれ実施している。三菱電機は新入社員を対象に「組込みソフトウェア開発実習」というマインドストームを使った 5 日間のプログラムを実施したが、そのプログラムを通じてソフトウェアの分析・設計・実装・テストという開発の全工程を体験できるようになっている。キャタピラージャパンは 1 日 8 時間で構成される 3 日間の研修プログラムを実施し、受講者は「自動搬送システムの開発」などの課題に取り組んだ。

アフレルのホームページには企業が研修等でレゴマインドストーム EV3 を導入した動機や研修の効果などが示されているが、それらをまとめると「導入の容易さ」、「チームワーク」、「モチベーション」、「開発プロセス全体の学習」、「現実世界での理解」に分類することができる（表 1）。

(2) 教育機関での活用

教育機関でもレゴマインドストーム EV3 が導入されている。たとえば、立命館大学理工学部の

表 1　企業研修におけるレゴマインドストーム EV3 導入の効果

項目	効果
導入の容易さ	● 技術的な知識が乏しくてもソフトウェア開発プロセスを体験できる ● プログラミングスキルに差があっても、全員が GUI ベースでプログラムを組むことができる ● 短期間でシステム開発の流れを体得できる
チームワーク	● チームワークを発揮できる ● 技術的バックグラウンドの異なるエンジニア同士のコミュニケーションが促進される
モチベーション	● ものづくりの楽しさを実感できる ● 全員が研修に夢中になってくれる ● プログラミングに対するネガティブなイメージや、未知なるものへの不安感が取り除かれる ● 自分でつくったものが動く達成感とそこに至る過程での難しさを体感できる ● ゴールに到達するための多種多様なアプローチが用意されている
開発プロセス全体の学習	● ソフトウェア開発プロセスの全工程を体験できる ● ソフトウェア開発工程の前後の繋がりを意識できる ● 良いシステムを設計するためには、実装技術を理解しておかなければならないことが学べる
現実世界での理解	● 自分が設計・実装した内容を実際にロボットの動作でその正しさを確認できる ● 自分たちが手掛けたシステムが現実世界にどのような利便性をもたらしているかを理解できる ● IT システムの構成や動作原理を手を動かしながら習得できる

演習科目ではロボットプログラミング教育のためにレゴマインドストームEV3を導入し、「レゴマインドストームEV3を使って独自のすごいものをつくって動かす」といった課題を課している[9]。立命館慶祥中学校・高等学校は「RITS KIDS PROGRAMMING　プログラミングでロボットを動かしてみよう」という、レゴマインドストームEV3をプログラミングで動かす講座を開講している。この講座は慶祥中学1年生や小学生を対象に自然科学部ロボット班の中学生によって提供されている[10]。筑波学院大学は「Androidでレゴマインドストームを制御」研修会を実施し、大学3年生の学生が研修会の内容の説明や支援を行っている。これは、Android端末を使ってレゴマインドストームのロボットを動かすという高等学校の授業のための研修会である[11]。法人研修やシステム開発を手掛けるGKIは、子供たちの好奇心や創造性を刺激する知的教材としてレゴマインドストームEV3を用い、小中学生が遊びながらプログラミングを理解できるようなプログラミングスクールを開催している[12]。

3　ロボットプログラミング教室の開催

石巻専修大学の高大産連携プロジェクトの一環として、平成29年度、平成30年度、令和元年度に石巻専修大学、石巻市の高等学校、株式会社富士通コンピュータテクノロジーズ（以下、FCT）が連携して、石巻市およびその周辺地域の小学生や高等学園の生徒を対象にロボットプログラミング教室を開催した。

(1)　家族ロボット教室の開催

平成30年度、令和元年度に石巻市、女川町、東松島市で小学3年生から6年生を対象に家族ロボット教室を開催した。家族ロボット教室は、東日本大震災の復興支援と科学およびものづくりへの興味の向上を目的に、石巻市およびその周辺地域の小学生がロボットの組み立てやプログラミングを体験し、ものづくりの楽しさを共有し、科学技術に関する知識を深め、将来への選択肢を広げる機会とすることを目的としている。

FCTや石巻専修大学・高大産連携プロジェクトが主催し、石巻西高等学校、石巻工業高等学校、一関工業高等専門学校、WRO Japan／アフレルの協力によって実施した（図1）。

平成30年度は、平成30年9月29日（土）に石巻専修大学、平成31年2月2日（土）に東松島市コミュニティセンターを会場に2回、令和元年度も同様に、令和元年10月5日（土）に石巻専修大学、令和2年1月25日（土）に東松島市コミュニティセンターにおいて2回実施した。家族ロボット教室は午前の部3時間と午後の部3時間の2部構成となっており、小学生とその家族の2名1組が受講する。開催した4回すべての教室で午前の部に14組、午後の部に14組の家族が参加した。

家族ロボット教室では、レゴマインドストームEV3を使用したロボットプログラミングを実施する。FCTが開発したロボットの組立図や課題等の教材を使い、タブレット端末にインストールしたプログラミングツールを使ってプログラムを作成し、そのプログラムを組み立てたロボットに送信してロボットを動かすという内容で、ロボットの組み立てに40分、プログラミングに90分、ロボットレースに40分、表彰式等に10分という時間配分で教室は進行する。

家族ロボット教室は小学生とその家族の2名1組で受講するが、それぞれの組に対して小学生の作業を補助する1名のトレーナーをつける。家族ロボット教室が開催される前日にトレーナー研修というトレーナーのための研修会が開催され、それに参加しないとトレーナーになることができない。研修会では教室に臨む心構えや注意点、当日の進行や作業等の研修が行われる。トレーナー研修を受けた石巻専修大学、石巻西高等学校、石巻工業高等学校、一関工業高等専門学校の学生が、トレーナーとしてロボットの組み立て、プログラミング、ロボットレースにおける小学生の補助を行った。

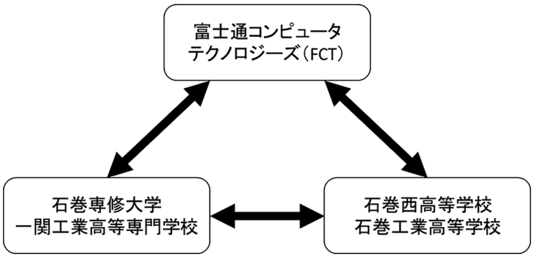

図1　家族ロボット教室の実施体制（平成30年度）

●　ロボットの組み立て

レゴマインドストーム EV3 には多くのレゴブロックパーツ（部品）が用意されており、それら部品を組み合わせて目的に応じた多様なロボットを組み立てることができる。ロボットを動かすためには、インテリジェントブロック EV3（図 2）という CPU が内蔵されたパーツが必要であり、それを使うことで、タブレット端末で作成したプログラムのロボットへの送信、ロボット上でのプログラムの選択や実行が可能となる。

家族ロボット教室では、まず FCT が開発した組立図を見ながら車型のロボットを組み立てる（図 3）。車型ロボットには、触れたかどうかを検出できるタッチセンサーと明るさや色を検出するカラーセンサーの 2 つのセンサー部品が取り付けられており、この 2 つのセンサーを使うことで車型ロボットの発進や停止、ロボットが色のついた線上を辿る（ライントレース）という動作が可能となる。ロボットの組み立てには 40 分の時間を配分しているが、実際に家族ロボット教室を 4 回実施してみて、小学生が余裕をもって FCT の車型のロボットを組み立てるためには 50 分程度の時間が必要になると感じた。

図 2　インテリジェントブロック EV3

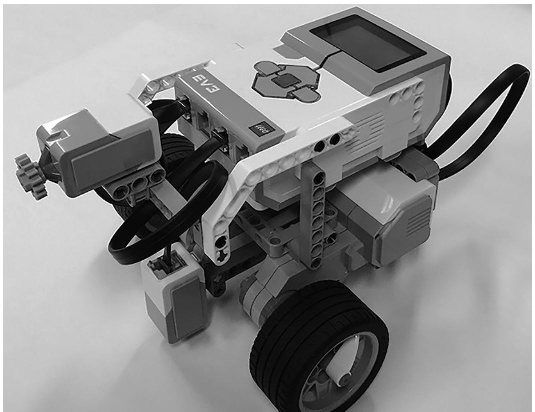

図 3　FCT が開発した車型ロボット

●　プログラミング

レゴマインドストーム EV3 には「教育版 EV3 ソフトウェア」というプログラミングツールが用意されており、グラフィカルにプログラミングを行うことができる（図 4）。図 4 は車型のロボットを前進させるプログラムを示している。プログラミングパレットという領域にさまざまなプログラミングブロックが用意されている。プログラミングパレットには、動作、フロー制御、センサー、データ操作、拡張、マイブロックの 6 種類があり、必要なプログラミングブロックをパレットから選んでドラッグ・アンド・ドロップによって上部のプログラミングキャンバスに展開する。複数のプログラミングブロックを組み合わせることができ、それによってロボットを動かすプログラムを作成する。図 4 は、動作パレットから「タンク」という名称のプログラミングブロックを使用している。プログラミングブロックにはパラメータが用意されており、数値を変更することで異なる動作をロボットにさせることができる。

教育版 EV3 ソフトウェアで作成したプログラムをロボットに送信し、ロボット上でプログラムを実行させることでロボットを動かす。家族ロ

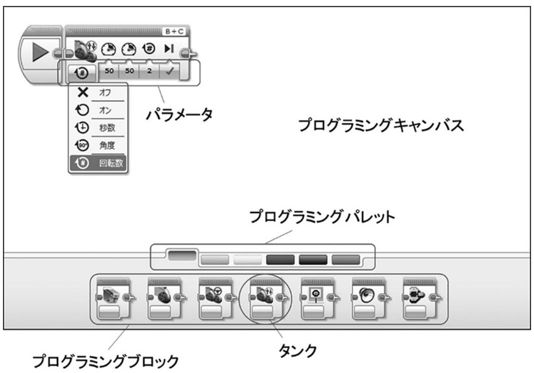

図 4　教育版 EV3 ソフトウェア

ボット教室では、「ロボットの進行を曲げる」、「ロボットをジグザグに走らせる」、「ロボットが黒線を見つけられるようにする」、「ライントレースする」、「タッチセンサーでロボットを止める」ためのプログラムを作成するという課題を出し、小学生はトレーナーの補助を受けながら課題に取り組んだ。

● ロボットレース

家族ロボット教室では、最終課題としてロボットのレースを行う。7 人ずつの 2 グループに分かれて、練習レース、1 回戦、敗者復活戦、決勝戦の 4 回のレースを行う。小学生はこれまでの課題を総合していかに速くゴールできるかを競う。トレーナーは、レースに向けた小学生のプログラミングに対してアドバイスを行い、レース時にはレースの監督とストップウォッチで時間の計測を行う。トレーナーの注意点として、答えを教えることなく小学生がゴールできるようにアドバイスすることが挙げられる。

ロボットレース終了後は、すべての小学生に家族ロボット教室に参加した感想を発表してもらい、記念品を贈呈して、全体の教室が終了する。

参加した小学生からは、たとえば平成 30 年度に石巻専修大学で開催した家族ロボット教室におけるアンケート調査では、回答のあった 27 名中 25 名が「またやってみたい」と回答し、1 番楽しかったこととして多く挙げられていたのが「ロボットレース」であった。難しかったこととして、「プログラミング」や「プログラムの調整」が多く挙げられていた。またトレーナーとして参加した石巻専修大学の学生からは、「教えることの難しさや大変さがわかった」、「今回の活動を通してプログラミングに興味を持った」、「子どもたちから教えてもらうことが非常に多かった」、「相手の立場に立って説明すること、コミュニケーションを取るという部分については成長に繋がるきっかけになった」という感想が得られた[13]。

(2) ロボットプログラミング体験教室の開催

FCT や石巻専修大学・高大産連携プロジェクトが主催し、一関工業高等専門学校や WRO Japan ／株式会社アフレルの協力で、宮城県立支援学校女川高等学園の 2 年生を対象に、平成 29 年度、平成 30 年度、令和元年度にそれぞれ 1 回、ロボットプログラミング体験教室を開催した。ロボットプログラミング体験教室の目的は、高校生や大学生がロボットの組み立てやプログラミング体験を通して、ものづくりの楽しさを共有し、科学技術に関する知識を深め、将来への選択肢を広げる機会とすることである。石巻専修大学と一関工業高等専門学校の学生が事前のトレーナー研修を受け、女川高等学園の学生の補助にあたった。家族ロボット教室と同様に、午前の部 3 時間と午後の部 3 時間の 2 部構成となっており、午前と午後のそれぞれの部に毎年 13 名前後の学生が参加した。ロボットプログラミング体験教室の内容は、家族ロボット教室とほぼ同じで、レゴマインドストーム EV3 を使って車型のロボットを組み立て、プログラミングを行い、ロボットレースを行う。ロボットレースは、ロボットがある地点まで行ってそこから引き返して元の場所まで戻ってくるプログラムを作成し、より速く走るためにプログラムを改良し、速さを競うという内容で行った。平成 30 年度に石巻専修大学で実施した「高大産連携プロジェクト」では、女川高等学園の生徒から「コンピュータがどのように動いているか分かった」、「ロボットの部品が細かく大変だったが楽しく作れた」、「自分で作ったロボットを動かせてうれしかった」、「ロボットが動き出した瞬間とてもうれしかった」、「繰り返し失敗しながら成功に近づけた」という感想の発表があった。

4 プログラミング教材の開発

本研究では、石巻市、女川町、東松島市で開催した家族ロボット教室やロボットプログラミング体験教室で得られたノウハウや知見に基づいて、夏休みに石巻市の小学生を対象としたロボットプログラミング体験教室を開催するための教材を開発する。これは『小学校プログラミング教育の手引』で示されている学習活動の「F：学校外でのプログラミングの学習機会」に相当する。対象学年は小学校第 3 学年、第 4 学年、第 5 学年、第 6 学年とし、使用ツールとして、レゴマインドストーム EV3、教育版 EV3 ソフトウェア、タブレット端末、タブレット端末用のタッチペンを用いる。石巻専修大学が実施主体となり、FCT から家族

ロボット教室を引き継いだ家族ロボット教室の会の協力の下で実施する。石巻専修大学の学生や石巻市内の高校生にもトレーナーとして参加してもらう。会場は、石巻専修大学の5号館3階の5302教室を利用する。

● 教室のねらい

石巻市でロボットプログラミング体験教室を開催する目的は、石巻市の小学生にプログラミングを学習する機会を提供すること、レゴマインドストーム EV3を実際に動かすことによってプログラムに応じて機械が動く感覚をつかんでもらうこと、プログラミングを身近に感じてもらうこと、試行錯誤を伴うプログラミングの楽しさと難しさを知ってもらうことである。また、石巻専修大学の学生や石巻市の高校生がトレーナーとして教室に参加することにより、大学生や高校生はプログラミングや情報通信技術（ICT：Information and Communication Technology）に対する理解を深めるだけでなく、他者に何かを教えることの喜びや難しさを学ぶことができる。ロボットプログラミング体験教室を通じて、小学生、高校生、大学生といった石巻市の将来を担う若い世代のプログラミングスキルや情報リテラシーを高め、石巻市の活性化に貢献することが期待できる。

● 到達目標

小学生が、ロボットが身近な生活をどう支えているのか、またロボットやICTがプログラムによって動いていることを理解できる。ロボットをどう動かしたいのか自分の意図を明確にし、自分が意図する動きをロボットにさせるために命令を組み合わせることができる。また、自分が意図する動きに近づけるためにプログラムを改善することができる。主体的に問題解決に取り組み、試行錯誤しながらねばり強くやり抜くことができる。大学生や高校生がロボットの仕組みやプログラミングを理解し、小学生が最後までねばり強く取り組めるように、小学生の自主性を尊重しながら適切な補助を行うことができる。

● 内容と教材

表2は、ロボットプログラミング体験教室の構成を示したものである。小学生の夏休み中に、途中休憩を10分挟んで1日に100分、合計3日間の教室を開催する。小学生1～2名に対してトレーナーを1名配置し、ロボット組み立てやプログラミングの補助を行う。

表2　ロボットプログラミング体験教室の構成

1日目	テーマ	プログラミングでロボットを動かそう！（100分）	
	内容	①挨拶、講師・トレーナーの紹介、教室の説明	15分
		②ロボットの組み立て	50分
		（休憩）	10分
		③プログラミングツールの説明	5分
		④ロボットを前進させる	5分
		⑤ロボットを後進させる	5分
		⑥ロボットを前後に動かす	5分
		⑦2日目の内容の説明	5分
2日目	テーマ	ロボットが線の上を走るプログラムを作ろう！（100分）	
	内容	①挨拶、内容の説明	5分
		②前回の復習	10分
		③ロボットの進行を曲げる	10分
		④ロボットを繰り返し動作させる	10分
		⑤カラーセンサーの使い方	10分
		（休憩）	10分
		⑥黒い線にロボットを反応させる	10分
		⑦タッチセンサーの使い方	10分
		⑧コースを1周させる	20分
		⑨3日目の内容の説明	5分
3日目	テーマ	ロボットレースをやってみよう！（50分）身近な生活で使われるロボットを知ろう！（20分）	
	内容	①挨拶、内容の説明	5分
		②ロボットレース	50分
		（休憩）	10分
		③ロボットが動く仕組みの説明	10分
		④身近な生活で使われるロボットの説明	10分
		⑤参加した感想、修了証の授与	10分
		⑥閉会の挨拶	5分

1日目はプログラミングによって実際にロボットを動かしてみるというテーマで、ロボットを組み立て、ロボットを動かす最も基本的なプログラムを作成する。

最初に挨拶、教室の趣旨説明、講師・トレーナーの紹介、約束事などを説明し、ロボットの組み立てに入る。ロボットは、家族ロボット教室で使用した車型のロボットを用いる。家族ロボット教室の経験から40分間では組み立てに少し余裕がない印象を持ったので、50分間の時間を取る。トレーナーが小学生の横で組み立ての補助を行い、組み立て終わった後に、講師がロボットが正しく組み立てられているかをチェックする。正しくロボットが組み立てられていることを確認して、小

学生は席に戻って休憩に入る。トレーナーは小学生の休憩中に、タブレット端末を席に用意し、電源を入れて教育版 EV3 ソフトウェアを立ち上げるなど、次のプログラミングのための準備作業を行う。

休憩後は、プログラミングツールの操作方法や注意点を説明し、ロボットの最も基本的な動作である前進と後進のためのプログラムを作成する。回転数などプログラミングブロックで設定するパラメータについて説明した後に、小学生はプログラミング作業に入る。ロボットを前進させる課題、後進させる課題、前進と後進を組み合わせた動作の課題を出し、参加者全員が課題を解決できたことを確認して1日目は終了となる。

2日目は、ロボットがライントレースを行うためのプログラムを作成する。最初に1日目の復習を行う。次に、ロボットが前進した後に左または右に曲がるプログラムを作成する。プログラミングブロックを組み合わせながら、ロボットを右に動かす場合、左に動かす場合で設定をどのように変化させる必要があるのかを理解してもらう。ここまでで、小学生は前後左右にロボットを動かすという車型ロボットの基本動作のためのプログラミングができる状態になっている。

次の段階として、ロボットの基本動作を繰り返すためのプログラムを作成する。これはプログラミングにおける繰り返し処理に相当する。教育版 EV3 ソフトウェアのフロー制御パレットには「ループ」という繰り返し処理のためのプログラミングブロックが用意されている。最初は小学生に「ループ」のブロックを知らせずに、手動でロボットの基本動作のプログラムを何度も実行させてロボットを動かすという作業を行ってもらう。その後に、「ループ」のブロックを説明し、何度も手動でプログラムを実行させる必要がないことを説明する。これによって小学生は、ロボットに同じ動作をさせるためには繰り返し処理のためのブロックを使えばよいことを理解でき、プログラミングの繰り返し処理をロボットの動きで理解することができる。

次に、カラーセンサーを使ったプログラムの作成について説明する。車型のロボットはカラーセンサーを使って地面の色を判定できるようになっており、カラーセンサーが地面の色を黒と判定した場合と白と判定した場合で、ロボットに異なる動きをさせるプログラムを作成する。これはプログラミングの条件分岐の処理に当たる。フロー制御パレットに「スイッチ」というプログラミングブロックが用意されており、それを使って条件に応じた動作をさせるプログラムを作成する。A1 サイズの用紙を黒と白に半分ずつ塗りつぶし、その用紙の上をロボットに走らせ、白の場合は前進、黒の場合は後進するプログラムを作成する。ここまでで、小学生はロボットを連続して前後左右に動かし、状況に応じてロボットの動作を変えるというプログラムを作成することができる。

休憩後は、ロボットが線の上を走れるようにするプログラムを作成する。カラーセンサーの使い方で A1 用紙半分の大きさの白黒に応じて動作を変えるプログラムを作成したが、今度は黒い線をセンサーで読み取って黒色の線上と白色の部分で異なる動作をするプログラムを作成する。カラーセンサーの使い方で作成したプログラムのままでは、ロボットは線の上をうまく走ることができない。理由は、車輪の回転数である。線が細いために、車輪の回転数が大きいと黒色を読み取る前にカラーセンサーが線を通り過ぎてしまい、黒色を感知しないからである。ここでは小学生が車輪の回転数に気づくことができるかどうかが重要なポイントとなる。トレーナーはすぐに答えを言うのではなく、実際に手を使って車輪を動かしながら小学生が気付けるように指導する必要がある。

次にタッチセンサーの使い方を説明する。タッチセンサーを使ったプログラムを作成することで、タッチセンサーに何かが触れた後でロボットに意図した動きをさせることができる。2日目のまとめとして、用意した走行コースをロボットが1周するという課題に取り組む。ロボットがコースから外れてしまいゴールできない小学生も出てくるが、ここでは小学生に試行錯誤させることを重視し、講師やトレーナーは答えを教えるのではなく、うまくアドバイスしながら小学生に考えさせ、最終的にコースを1周できるようにすることが重要となる。コースを外れる原因として、車輪の回転数と回転の大きさに問題があることがしばしばある。講師やトレーナーは、車輪の回転数や

回転の大きさに注意しながらうまく指導を行う必要がある。

3日目はこれまでの学習のまとめを行う。ロボットが走行コースを1周するスピードを競うレースを行う。また、ロボットの動く仕組みや身近な生活で使われるロボットの説明を行う。最後に、小学生に教室に参加した感想を発表してもらい、ロボットプログラミング体験教室の修了証を授与して全体の教室が終了となる。

レースは、個人戦と団体戦を行う。個人戦は小学生10人を5人ずつのグループに分けて、練習レース、1回戦、敗者復活戦、決勝戦の4回のレースを行う。A1サイズの用紙を用い、家族ロボット教室におけるロボットレースと同じ走行コースでレースを行う（図5）。

スタートラインにロボットをセットし、タッチセンサーを押したらロボットが動く状態で待機する。講師の「位置について、用意、ドン」の掛け声で小学生がタッチセンサーを押してロボットをスタートラインからボックスの方向に前進させる（図5-①）。ボックスにタッチセンサーが触れた後にロボットを後進させ（図5-②）、180度回転させる（図5-③）。そして再び、線の上を走らせる（図5-④）。最後に、ボックスにタッチセンサーが触れてロボットが停止し、ゴールとなる（図5-⑤）。小学生は5人ずつ2グループに分かれ、練習としてそれぞれのグループで1回ずつレースを行い、プログラムの設定を調整する。試行錯誤しながら、指示通りにコースを外れることなく、できるだけ短い時間でゴールさせるプログラムを作成する。練習レースが終わった後に、1回戦としてそれぞれのグループで1回ずつレースを行い、各グループで速さが上位2名の小学生が決勝戦に進む。次に敗者復活戦として、1回戦で決勝に進めなかった小学生のグループでレースを1回行い、その中で最も速くゴールできた小学生1名が決勝戦に進む。決勝戦は小学生5人でレースを行い、最も短い時間でゴールできた小学生が優勝となる。トレーナーは、小学生のプログラムの調整に対してアドバイスを行うとともに、レースの監督や時間の計測を行う。

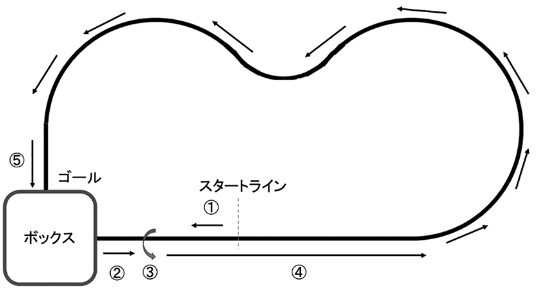

図5　ロボットレースの走行コース

個人戦の後に団体戦を行う。団体戦のレースは、ロボットを使った5人の全員リレーである。小学生を5人ずつに分けて練習レースと団体戦の2回のレースを行う。図5の走行コースをA0サイズの用紙に拡大したコースでレースを行う。レースの方法は個人戦と同様である。前のロボットと後ろのロボットの交代は、トレーナーが監督する。トレーナーは、前のロボットがボックスに到達して停止したのを確認してから、「スタート」という掛け声をかけ、次の小学生はその掛け声を聞いてからタッチセンサーを押してスタートラインからロボットを動かす。全体でより速くゴールしたグループが勝利となる。トレーナーは、全てのロボットがコースを外れることなくゴールできるように指導し、前と後のロボットの交代時の監督を行い、はっきり聞き取れる声で掛け声をかける必要がある。

最後にレゴマインドストームEV3のプログラミングで実施した内容を取り上げながら、ロボットやICTが動く仕組みや身近な生活で使われているロボットについて説明を行う。小学生がロボットプログラミング体験教室に参加した感想を発表し、講師から修了証が手渡されて、全体の教室が終了する。

5　おわりに

本研究では家族ロボット教室で得られたノウハウや知見を基にして、石巻市におけるプログラミング教育のイベントのための教材を開発した。これらの教材を用いることによって、小学生、トレーナーとして参加する大学生や高校生が、プログラミングやロボットの仕組みに関する基礎的な知識や技能を獲得するとともにプログラミング的思考力を高めることができ、発展的にプログラミングを学習するための基礎力を身につけることができ

る。今後は本研究で開発した教材を使って、実際に石巻市で小学生を対象としたイベントを開催し、教材の有効性を検証する必要がある。また、中学生や高校生を対象としたプログラミング教育のための教材について検討する必要がある。本研究ではロボットプログラミングにおいて車型のロボットを採用したが、車型以外のロボットを使った教材の開発を試みることも今後の課題として残されている。石巻市でプログラミング教育を充実させていくためには、石巻市でプログラミング教育を実施する講師やプログラミング教育を補助できる人材の育成が必要不可欠となる。教育機関、企業、地域で活動する組織、行政等がより一層連携しながらプログラミング教育のための人材育成を促進することが、石巻市の地域活性化のための重要な課題となる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、令和元年度 IK 地域研究助成を受けたことを記し、ここに謝意を表す。

参考文献

[1] 文部科学省「小学校プログラミング教育の手引（第三版）」、2020 年 2 月。 https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm ［参照日：2020 年 9 月 16 日］

[2] 未来の学びコンソーシアム「小学校を中心としたプログラミング教育ポータル」 https://miraino-manabi.jp/ ［参照日：2020 年 9 月 16 日］

[3] 総務省「若年層に対するプログラミング教育の普及推進事業」 https://www.soumu.go.jp/programming/index.html ［参照日：2020 年 9 月 17 日］

[4] 総務省「世界に発信！地域密着プログラミング学習による新潟市 PR プロジェクト」 https://www.soumu.go.jp/programming/star.html ［参照日：2020 年 9 月 17 日］

[5] 総務省「ものづくり DNA の継承をめざした、地域完結型プログラミング教育モデル」 https://www.soumu.go.jp/programming/ntt-west.html ［参照日：2020 年 9 月 17 日］

[6] アフレルホームページ「企業情報」 https://afrel.co.jp/company/profile ［参照日：2020 年 9 月 16 日］

[7] アフレルホームページ「内定者・インターンシップ向け研修」https://afrel.co.jp/engineer/intern ［参照日：2020 年 9 月 16 日］

[8] アフレル学び研究所 https://learninglab.afrel.co.jp/blog/case/engineer/ ［参照日：2020 年 9 月 2 日］

[9] 立命館大学理工学部電子情報工学科「LEGO Mindstorms によるロボットプログラミング」 http://www.ritsumei.ac.jp/se/re/izumilab/lecture/16robo/MindStorms.pdf ［参照日：2020 年 9 月 16 日］

[10] 立命館慶祥中学校・立命館慶祥高等学校ホームページ「What's New「RITS KIDS PROGRAMMING」開講しました」 http://www.spc.ritsumei.ac.jp/news/17news/180314-RITSKIDS/180314-RITSKIDS.html ［参照日：2020 年 9 月 16 日］

[11] 筑波学院大学ホームページ「新着情報 「Android でレゴマインドストームを制御」研修会実施」https://www.tsukuba-g.ac.jp/whats_new/%E3%80%8Candroid%E3%81%A7%E3%83%AC%E3%82%B4%E3%83%9E%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%83%89%E3%82%B9%E3%83%88%E3%83%BC%E3%83%A0%E3%82%92%E5%88%B6%E5%BE%A1%E3%80%8D%E7%A0%94%E4%BF%AE%E4%BC%9A%E5%AE%9F%E6%96%BD/ ［参照日：2020 年 9 月 16 日］

[12] 住泰一郎「教育版レゴマインドストームを使った実践：「遊びながら学ぶ」・「考えるを学ぶ」を目指したスクール」 https://gkij.net/wp-content/uploads/2018/08/fa0ab19e72516ab52daa119a4e5b01c1.pdf ［参照日：2020 年 9 月 16 日］

[13] 石巻専修大学ホームページ「［高大産］小学生が楽しくプログラミング体験！」https://www.senshu-u.ac.jp/ishinomaki/news/nid00004345.html ［参照日：2020 年 9 月 27 日］