

小学校から大学までの情報教育用教材の開発

藤井 隆司^{*1}

要 旨

文部科学省の「教育の情報化に関する手引」によると、小学校の早い段階から「教育の情報化」を目指している。その中では「プログラミングを体験しながらコンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付けるための学習活動を計画的に実施」としており、算数、理科、総合的な学習の時間においてもプログラミングを積極的にとり入れることが学習指導要領に記載されている。このように、小学校、中学校、高等学校においてもプログラミングを含めた情報教育が必須となる中で、情報教育（主にプログラミング）について、小学校高学年や中学校、高等学校、大学のプログラミング教材の開発を行った。

キーワード

情報教育、アルゴリズム、GUIプログラミング教材、Scratch、micro:bit

1 はじめに

2022年4月から高等学校では「情報Ⅰ」が共通の必須科目となった。また、2025年度入試からは、大学入学共通テストにおいても「情報」が出題されるようになる。現在の学生は、GIGAスクール構想のもとで、初等教育の段階から情報の教育を受けている¹⁾。高等教育においても、初等、中等教育で、どのような学習が行われており、大学でどのような内容の教育を行う必要があるかの検討が必要であり、それらをふまえた上で講義内容を組み立てる必要がある。今回、中学校、高等学校の教員から情報に関する授業教材についての相談があり、中学校、高等学校の情報教育の現状をそれぞれ伺い、共同で教材の開発を行った。

2 初等中等教育における情報教育

文部科学省の「教育の情報化に関する手引」²⁾³⁾によると、小学校の早い段階から「教育の情報化」を目指している。具体的に小学校では、「コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を活用するために必要な環境を整え、これらを適切に活用した学習活動の充実を図る」こと、また、「各種の統計資料や新聞、視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図ること」とした。あわせて、「児童がコンピュータで文字を入力するなどの学習の基盤として必要となる情報手段の基本的な操作を習得する」及び「児童がプログラミングを体験しながら、コンピュータに意図

した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付ける」ための学習活動を、各教科等の特質に応じて、計画的に実施することとしている。なお、プログラミングを体験する学習活動については、算数、理科、総合的な学習の時間において例示がされている。一方、中学校では、「コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を活用するために必要な環境を整え、これらを適切に活用した学習活動の充実を図る」こと、また、「各種の統計資料や新聞、視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図ること」としている。小学校でプログラミング教育が必修化されたことなどを踏まえ、技術・家庭科の技術分野「情報の技術」において双方向性のあるコンテンツのプログラミングが追加されるなど内容の充実が図られ、「生活や社会を支える情報の技術」、「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングによる問題の解決」、「計測・制御のプログラミングによる問題の解決」、「社会の発展と情報技術」を全ての生徒に履修させることとしている。高等学校では、「コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を活用するために必要な環境を整え、これらを適切に活用した学習活動の充実を図る」こと、また、「各種の統計資料や新聞、視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図ること」としている。共通教科情報科について、生徒の卒業後の進路等を問わず、情報の科学的な理解に裏打ちされた情報活用能力の育成が一層重

^{*1} 人間力創成教育院 情報教育プログラム 講師

要となってきたことから「社会と情報」及び「情報の科学」の2科目からの選択必修を改め、共通必修履修科目「情報Ⅰ」を設けるとともに、「情報Ⅰ」の発展的な選択科目として「情報Ⅱ」を設けた。専門教科情報科について、知識基盤社会の到来、情報社会の進展、高度な情報技術を持つIT人材の需要増大に対応する観点から、従前の13科目を「情報産業と社会」「課題研究」「情報の表現と管理」「情報テクノロジー」「情報セキュリティ」「情報システムのプログラミング」「ネットワークシステム」「データベース」「情報デザイン」「コンテンツの制作と発信」「メディアとサービス」「情報実習」といった12科目に改めるといった内容となる。その中でも「プログラミング教育」については、当初(平成28年)において、小学校に関しては、「直接的な言語教育ではなく、プログラムの思考能力を身につける」ことが目標となっていたが、令和2年の追補版からは、「プログラミングを体験しながらコンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付けるための学習活動を計画的に実施」と具体的にプログラムを行うこととなった。また、算数、理科、総合学習においてもプログラミングを積極的にとり入れることが学習指導要領に記載されている。このように一般的に情報教育として小学校からプログラミング学習が行われるようになり、中学校、高等学校、大学の情報教育の内容もそれぞれ見直す必要があると考えた。そこで本学が開催している小学生を対象としたジュニアセミナーで実施するプログラミング講座、中学校の技術家庭の技術の教材、高等学校のプログラミング教材、大学の情報スキルの教材とロボットプログラミング教材の開発を中学校や高等学校、大学の講義担当の教員らとディスカッションを重ねて開発を行った。

3 情報教育用教材の開発

小学生(4年生～6年生)から中学生、高校生、さらに大学生向けの情報教育用教材を開発した。小学生用の教材は、地域講座やミニ講座などで、中学生用の教材は、中学校「技術」、高校生用の教材は、高等学校への出張講座やクラブ活動などでのプログラミング導入教育での利用を想定した。大学生用の教材は、情報スキル活用やプログラミング言語(Python言語)の導入教育としての教材開発を目的とした。

3.1 小学生用プログラミング教材の開発

小学生(4年生～6年生)を対象とした「プログラミング講座」で使用する教材の開発を行った。教材で使用するプログラミング環境はScratch(スクラッチ)とした⁴⁾。ScratchはMITのメディアラボが開発した

GUI(Graphic User Interface)プログラミング環境である。複雑なキーボードによるプログラミング言語の入力はなく、マウスを使用して、**図1**のようにブロックを接続していき、直感的にプログラムが作成できるようになっている。

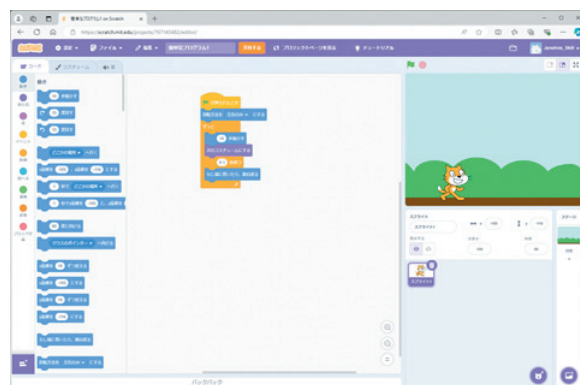


図1 Scratchプログラム画面

小学生を対象としたプログラミング講座は、1回90分、全3回の構成とした。その内容は

- 第1回 アルゴリズムとプログラム
- 第2回 反復処理(タートルグラフィックス)
- 第3回 条件分岐(ミニゲーム作成)

である。単にプログラミングを実施して終わるのではなく、初回にアルゴリズムについて学び、その後、アルゴリズムを考えた上でのプログラム学習という流れとした。プログラムに触れたことがなくても、講座の終わりには簡単なゲームを作って動作させることを目標としている。

第1回は、プログラミングを行う前に、アルゴリズムについて学習する。アルゴリズムの表現方法としてフローチャートを用いた。その理由として、フローチャートでは、プログラムの流れを上から下へ表現する。Scratchも同様に上から下へプログラムをつなげていくという特徴を持つためアルゴリズムをそのままプログラム化することができる。また、フローチャートで使用するパーツはScratchと非常に類似性が高いため、フローチャートでプログラムの流れが正しく表現できていればScratchプログラミングを行う際に簡単にプログラム化が可能となる。アルゴリズムの説明後、Scratchのサイトへ接続し、画面構成やプログラムブロックの説明などを行い、実際にスプライトと呼ばれる猫のキャラクターを上下左右に動作させる基本的なプログラムの作成を行う。

第2回からは応用プログラミングとなる。Scratchは、**図2**のようにプログラムの命令がすべて日本語で表示されており、C言語やPython言語のように、それぞれの構文のルールを覚える必要がなく、直感的に

組み合わせて使用できる特徴がある。



図2 Scratchの命令（繰り返しと条件分岐）

反復（繰り返し）命令を使用したプログラムは、タートルグラフィックス（図形の描画）を使用して学習する。Scratchの拡張機能として「ペン」がある。このペンを追加することで様々な線画を描くことが可能となる。「ペンを上げる」を実行して移動した後、「ペンを下ろす」命令の後に移動命令を実行することで線を描くことができる。これを繰り返すことにより、様々な線画を描くことができる。繰り返し命令を組み合わせることで幾何学模様も描くことができるため、1つ1つの動作をプログラムさせるのではなく、繰り返しを使用することでプログラムが簡略化できることの説明を行う。また、二重の繰り返しを用いることで図3のような少し複雑な図形を描くことができることも紹介する。

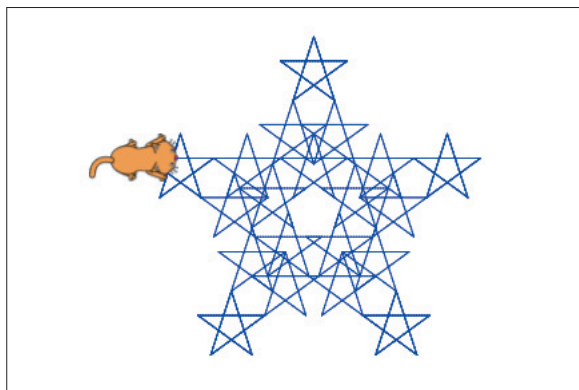


図3 「繰り返し」による星の描画

Scratchでは、作成した作品は基本的に公開となるため、誰でも他の人の作品を見ることができる。また、そのプログラムソースコードも見ることができるため、たとえば、私が作成したプログラムを参考にすることができる。図3のような図形を描画するプログラムのソースコードも図4のように公開されており、参照して自分で作ることもできる。

第3回では、条件分岐「もし～なら」を使用したプログラムを学習する。ここでは、簡単なゲームを作成しながらプログラムのしくみを学習する。「もし～なら」をゲーム内では「当たり判定」として使用する。図5のようにメインキャラクター(猫)と障害物(カニ)、

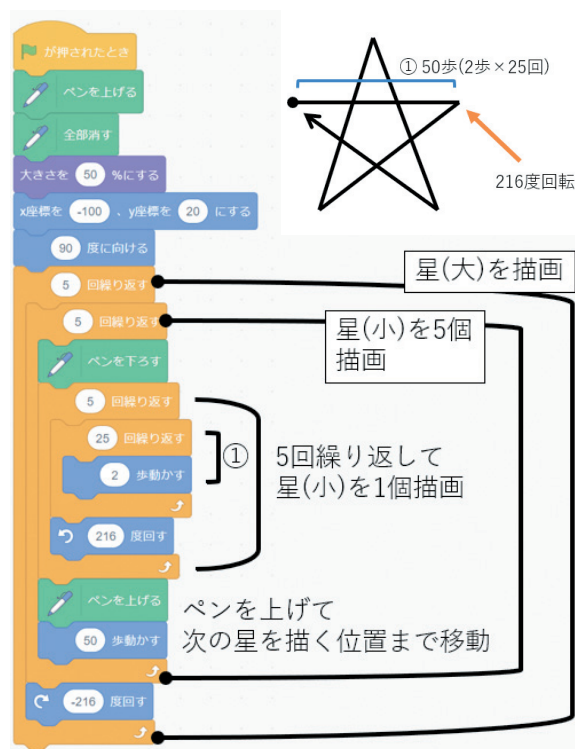


図4 星で星を描くプログラム

ゲームクリアのための宝石を画面上に配置する。猫とカニの接触や猫が宝石を取る（接触する）ところで「もし～なら」の命令を使用することで、当たり判定やゲームクリア（プログラム終了）の判定を行っている。これを応用することで、上からリングが落ちてきて、それをキャッチするゲームや、障害物を避けながら進むゲームなども作成可能となる。

第2回に学習した繰り返し命令と第3回で学習した条件分岐命令を組み合わせることにより、第1回、第2回、第3回と学習が進行するにつれて、知識が身についていると実感できる。以上によって、この講座を受講すると、アルゴリズムの学習とプログラムの基本である「反復」と「条件分岐」について体系的に身につけることができる。

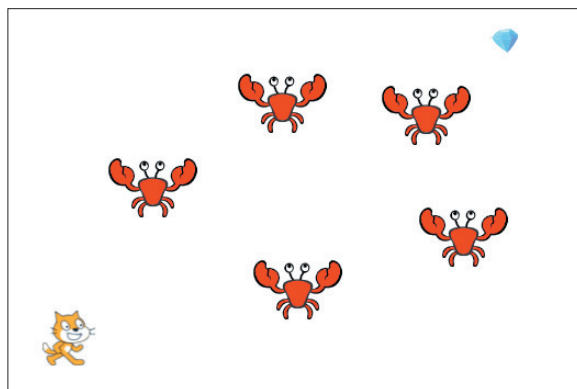


図5 「もし～なら」を用いたミニゲーム

3.2 中学生用教材の開発（技術分野）

中学校の技術で使用する教材の開発を行った。中学校の技術の授業は、材料と加工、生物育成、エネルギー変換、情報と多岐にわたる。そのため、教員のスキルも広い分野が必要となる。教材開発の相談のあった中学校では、技術の授業では、それぞれのテーマ毎に市販の教育教材を生徒に購入させている。図6はテーマ「エネルギー変換」で購入している教材である（山崎教育システム株式会社、ロックオン・ユニット YM-550）。この教材を活用して、他のテーマでも再利用できるような教材の開発を行った。

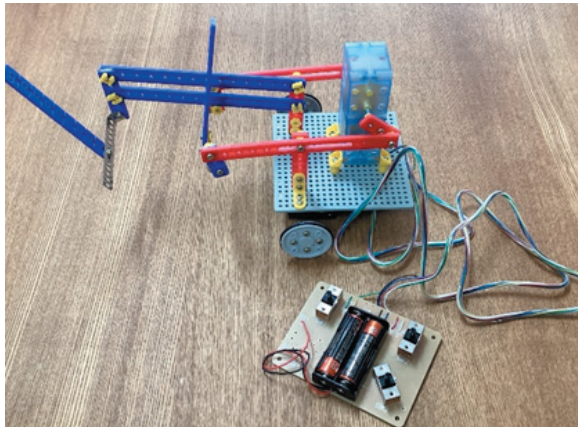


図6 テーマ「エネルギー変換」の教材

図6の市販キットを組み立てた状態では、アームのリンク機構、モータとギア（歯車）の学習を行うことができる。動作指示は有線接続された簡易的なリモコンを使用して行う。今回の教材では、下の台車部分を別のテーマでも活用することとした。そのため、上部のリンク機構のアーム部を取り外し、アナログ回路を組む込むことができるように、ブレッドボードを取り付けた。ブレッドボード上に赤外線センサやトランジスタなどを配置することによって、図7のようにアナログ回路のみで、障害物に近づくと停止するロボット（車両）を作成した。学習者は、このロボットを製作する過程で、回路部品の名称と役割、回路図や図記号、電気・電子回路動作の仕組み、アナログ回路を学習することができる。

次に、図7のブレッドボード上のアナログ回路部分をmicro:bit⁵⁾に変えることにより、さらに複雑な動作が可能な教材とした。micro:bitは、入出力ポートやLED、ボタンスイッチが1枚のマイコンボードに集約された教育用マイコンボードである。ロボットの外観を図8に示す。アナログ回路のみのロボットは、赤外線センサを使用していたが、このロボットでは超音波センサを使用した。超音波センサにより、障害物との距離を測定することができ、距離によってロボット

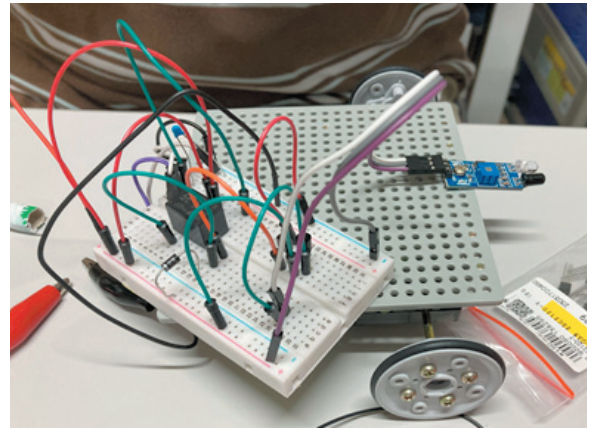


図7 アナログ回路のみで動作するロボット

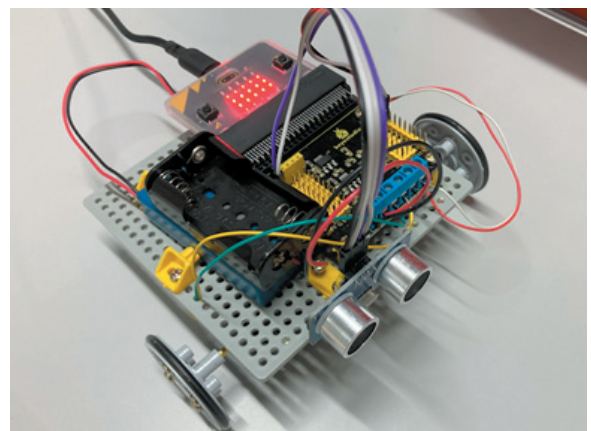


図8 micro:bitを搭載したロボット

の動作を変えることができる。

micro:bitのプログラム開発環境はMicrosoft MakeCode⁶⁾を使用した。Microsoft MakeCode（以下MakeCode）のプログラム開発画面を図9に示す。micro:bitとセンサを用いることにより、周囲の環境の変化によってインタラクティブに対応が可能なロボットを設計することができる。MakeCodeはScratchと同様、GUIでプログラムを作成することができる。画面に表示されているパーツもScratchと同じ機能であるため、容易にプログラムを作ることが可能である。

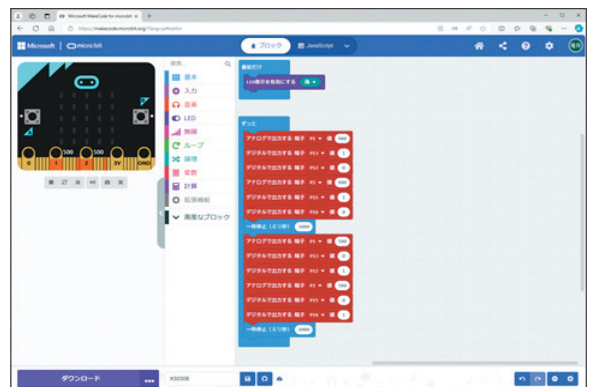


図9 Microsoft MakeCodeのプログラム開発画面

また、外部入力センサとしてmicro:bit用に様々なものが市販されており、アイデア次第でいろいろなことができるようになっている。中学校の技術の科目要件では、問題の発見と解決が盛り込まれている。そこで、次のステップとして、micro:bitとセンサ類を活用して生徒にどんなことができるか（したいか）を提案してもらい、設計、実装を行う。たとえば、土壌の水分量を調べ、不足しているようであれば、自動で水やりを行うシステムなどが考えられる。このような事例を用いた場合、技術教科中の「生物育成」「計測・制御のプログラミングによる問題解決」の教材としても利用可能となる。

3.3 高校生用教材の開発

高等学校のプログラミング教材としてLEGO SPIKEによるGUIプログラミングの教材の開発を行った。LEGO SPIKEは教育用LEGOのセットであり、いくつかのモータと数種類のセンサが付属しており、プログラミングによって動作や制御をすることができる⁷⁾。最初にプログラムの基本的な操作方法とモータ、センサの使い方を学習する。そのために図10のようにセンサとモータを組み合わせた「ベースロボット」の組み立てを行う。このロボットを使用して、モータ制御や各種センサのプログラミングの学習を行う。

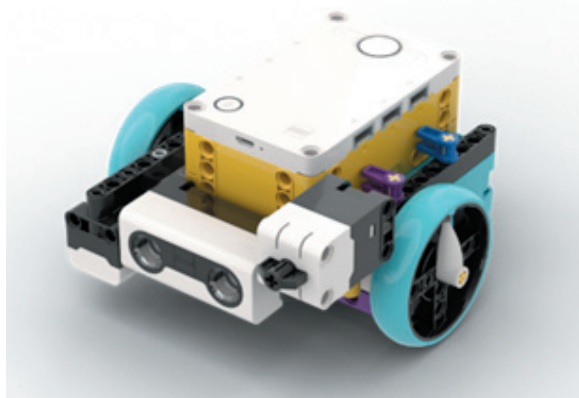


図10 LEGO SPIKEベースロボット

LEGO SPIKEでは、付属するアプリを使用することで、GUIプログラムとPython言語のどちらでもプログラム開発が可能である。GUIプログラミング画面は図11となる。高校生用の教材は、GUIプログラムで作成した。こちらもScratchと同様なデザインとなっており、直感的にプログラムを作ることができる。

モータ制御、フォースセンサ（タッチセンサ）による障害物回避、超音波センサによる障害物回避、カラーセンサによる色認識、カラーセンサを用いたラインレース、ジャイロセンサ、LED表示など実習を行い

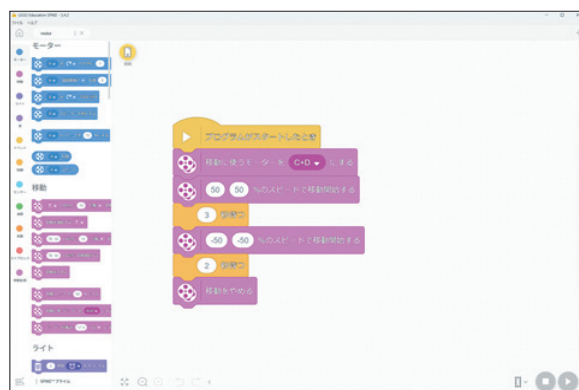


図11 LEGOロボットプログラム画面（GUI）



図12 高等学校の授業の様子

ながらトライ・アンド・エラーで学習する（図12）。最後の課題としてラインレース競技を行う。

LEGOを教材として利用すると、ハードウェア（ロボット）の仕様変更が容易であり、トライ・アンド・エラーのサイクルを早く回すことができる。また、ほとんどの生徒が幼少期にLEGOに触れたことがあるため、苦手意識が少なく、学習の導入がスムーズとなる。

3.4 大学生用教材の開発

大学生用の教材として、1年生の秋学期に全学科を対象に開講されている「情報スキル活用」の教材と、工学部 情報工学科および、理工学部 AIロボティクス学科のプログラミング言語の導入教育で使用するロボットプログラミング教材の開発を行った。

3.4.1 情報スキル用教材の開発

本学のスキル科目の1つである「情報スキル活用」は、AI数理データサイエンスプログラム（リテラシーレベル）の選択科目の1つとなっている⁸⁾。そこでAIの学習教材として、図13のTeachable Machine⁹⁾を使用したAIの学習教材の開発を行った。Teachable Machineは、Web上で簡単に学習モデルの制作が可能であり、また学習結果の外部での利用も可能である。

複雑なプログラムは必要なく、Webブラウザを介して画像や音声などを入力するだけで、学習モデルを構築できるツールとなっている。今回の教材の作成では、画像入力を使用して学習を行う教材とした。



図13 Teachable Machine

画像入力画面を図14に示す。画像の入力は、Webカメラを使用する。本学の学生は入学時から自分のノートPCを所有している。ノートPCは標準でWebカメラが内蔵されているものが多いため、新たにWebカメラを用意する必要はない。今回は自分の手の指がどちらの方向へ向いているかを学習させた後、自動的に判別させるシステムを構築する。右・左のそれぞれのパターンの静止画像をWebカメラにより200～300枚程度撮影を行い、学習作業を行う。学習終了後は、Webカメラで指を撮影し、左右どちらの方向を向いているかをリアルタイムで認識させる。サンプル量によって学習結果が変化するため、Webカメラで取り込んだ画像とTeachable Machineの判定結果が異なる場合は、追加で学習用の画像を取り込むことで判定精度が向上する。この再学習のプロセスを繰り返すことによって、学生は実践の中で、AIの学習について学ぶことができる。



図14 Teachable Machine (画像の学習)

Teachable Machineで学習した結果は、外部で利用することが可能となっているため、今回の教材で

は、機能拡張したScratch¹⁰⁾を使用する。図15は、Teachable Machineの学習結果をScratch内で使用した例である。

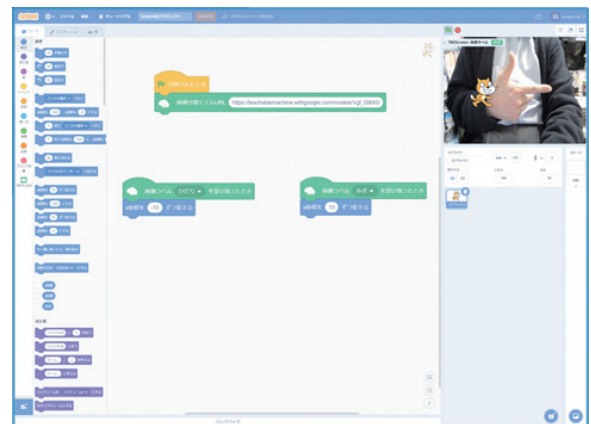


図15 Scratchへの応用

Teachable Machineで認識された結果をScratchが受信することによって、スプライト(猫)が左右に動くプログラムとなっている。このようにTeachable MachineでAIの学習の概要を学習し、Scratchプログラミングと連携させることにより、体系的に学習することができる。

3.4.2 ロボットプログラミング用教材の開発

高校生の教材として使用したLEGO SPIKEは、大学のプログラミング導入教育としても利用できる。情報工学科では、2002年から創造性教育とプログラミングの導入としてLEGOを使用している^{11) 12)}。しかし、旧バージョンの教材であるため、内容を見直す必要があった。そこで、本学の情報工学科およびAIロボティクス学科のプログラミング言語の導入教材として新たに開発を行った。高校生向けの教材では、プログラミング方法はGUIプログラムを使用していたが、大学生向けの教材では、AIなどのプログラム開発で使用されるPython言語を使用した教材とした。プログラム開発画面を図16に示す。プラットフォームは、GUIブ



図16 LEGOロボットのPythonプログラム環境

プログラミング教材で使用したソフトウェアと同じである。

学習手順は高校生用教材と同様、基本となるベースロボットを用いてモータ制御、フォースセンサ（タッチセンサ）による障害物回避、超音波センサによる障害物回避、カラーセンサによる色認識、カラーセンサを用いたライントレース、ジャイロセンサ、LED表示などを学ぶ。大学生用教材では、倒立振子のフィードバック制御や並列タスクなども学ぶ。またPython言語特有のリストなども学習する。最終の課題は2人または3人1組で行われ、目的達成型のミッションをクリアすることを目標としている。

4 おわりに

小学生高学年、中学生、高校生、大学生を対象とした教材の開発を行った。いずれの場合においても、プログラミング学習を基軸として、生徒や学生が興味を持って学習してくれるような教材を目指した。小学生の教材としてScratchを用いたプログラミング教材を作成した。教材では、アルゴリズムからGUIプログラミングを学習する中で、プログラミング言語への応用が可能な反復と条件分岐について知識を身につけることができる教材とした。中学生の教材は、1つの市販教材を別のテーマでも利用可能とした。その中で、アナログ回路でできること、マイコンを搭載することでできることを学び、マイコンの汎用性やプログラミングによって、様々な問題が解決できるということについて学習できる教材とした。また、様々なセンサを用意することによって、自由な発想で応用が可能な教材とした。高校生の教材は、LEGOを用いた教材とした。LEGOを使用することで、基本的なロボットの設計が容易となるが、組み合わせによっては、複雑な機構を実現することも可能となるため、生徒の能力にあわせた授業が設定できる。また、目的達成型の教材とすることで、1人1台のロボットで授業を受けた場合はハードウェアとソフトウェアの両方を学習することができ、複数の生徒が1台のロボットを使用する場合は、役割分担とコミュニケーション能力を身につける事が可能となる。また、大学生の教材として、情報スキル活用とロボットプログラミング用の教材を作成した。情報スキル活用では、Teachable MachineとScratchプログラミングを用いたAIの学習教材とした。ロボットプログラミング教材は、LEGOを使用したPythonプログラムの導入教育用の教材を開発した。これらの教材は、地域連携講座や中学校の技術の授業、高等学校の情報授業、大学の講義で使用される。今後は、作成した教材が生徒、学生に対してどのような学習効果があるか、改良や修正、資料や内容の更新を行っていく。

謝辞

小学校の教材作成と中学校の教材作成に関しまして、中部大学地域連携課の職員の皆様には大変お世話になりました。また、中学校の教材作成に関しましては、学校法人海陽学園 海陽中等教育学校 生田祐介先生に、高等学校の教材作成に関しましては、愛知県立日進高等学校 松尾俊宏先生に情報の提供と多くの助言をいただきました。大学の教材作成には、藤吉弘亘教授、鈴木裕利教授、板井陽俊講師に助言、ご指導いただきました。この場を借りまして感謝の意を表したいと思います。

参考文献

- 1) 文部科学省 GIGAスクール構想の実現について、
https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_00001.htm（アクセス日：2024年10月7日）
- 2) 文部科学省 教育の情報化に関する手引(令和元年12月), https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/mext_00724.html（アクセス日：2024年10月7日）
- 3) 文部科学省 教育の情報化に関する手引について、
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/mext_00117.html（アクセス日：2024年10月7日）
- 4) Scratch, <https://scratch.mit.edu/>（アクセス日：2024年10月7日）
- 5) micro:bit, <https://microbit.org/ja/>（アクセス日：2024年10月7日）
- 6) Microsoft MakeCode, <https://www.microsoft.com/ja-jp/makecode>（アクセス日：2024年10月7日）
- 7) LEGO education, <https://education.lego.com/ja-jp/>（アクセス日：2024年10月7日）
- 8) 中部大学AI数理データサイエンスプログラム, https://www.cmsai.jp/education_program/（アクセス日：2024年10月7日）
- 9) Teachable Machine, <https://teachablemachine.withgoogle.com/>（アクセス日：2024年10月7日）
- 10) 拡張機能Scratch (Stretch3), <https://stretch3.github.io/>（アクセス日：2024年10月7日）
- 11) 藤井, 藤吉, “LEGO Mindstormsを用いたプログラミング教育”, 中部大学教育研究, 81-87, 2003.
- 12) 藤吉, 藤井, 鈴木, 石井, “創成科目における創造性教育の実践とその学習成果の評価：情報工学科創成Ⅱロボットプログラミングにおける取り組み”,

中部大学教育研究, 53-58, 2006.

Development of Educational Materials for Information from Elementary School to University

FUJII Takashi^{*1}

^{*1} Senior Assistant Professor, School of General Education, Chubu University

Abstract

According to the "Guide for the Digitization of Education" by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, the goal is to promote the digitization of education from an early stage in elementary school. Within this framework, it is stated that learning activities should be systematically implemented to develop the logical thinking skills necessary to make computers perform the intended tasks through programming experiences. Additionally, the curriculum guidelines state that programming should be actively incorporated into subjects such as mathematics, science, and integrated studies. As information education, including programming, becomes mandatory in elementary, middle, and high schools, we have developed educational materials that build upon the content of information education at each level—elementary, middle, high school, and university—primarily focusing on programming.

Key words

Information Education, Algorithms, GUI Programming Materials, Scratch, micro:bit