

初学者向けプログラミング教材の開発

小久保 温[†]・安達 勇希^{††}・蛭澤 秀光^{†††}・佐藤 利樹^{††††}

Development of Programming Teaching Materials for Beginning Students

Atsushi KOKUBO[†], Yuki ADACHI^{††}, Hidemitsu EBISAWA^{†††} and Kazuki SATO^{††††}

ABSTRACT

We developed programming teaching materials for beginning students. We conducted classes using the materials and examined effectiveness of them. With our materials, Students are expected to learn essences of programming such as structured programming, messaging, etc. by using Scratch on Raspberry Pi computer. The students evaluated that our materials were fun and easy to understand. Our teaching materials have been released to the Internet.

Key Words: Scratch, programming education, beginning student

キーワード: Scratch, プログラミング教育, 初学者

1. はじめに

2020年から小学校でプログラミング教育が必修化される。平成28年6月に行われた文部科学省の有識者会議における「議論の取りまとめ」¹⁾によると、「身近な生活の中でもコンピュータとプログラミングの働きの恩恵を受けており、これらの便利な機会が「魔法の箱」ではなく、プログラミングを通じて人間の意図した処理を行わせることができるものであることを理解できるようにすることは、時代の要請として受け止め

ていく必要がある」としている。その上で、①ICT環境の整備、②教材の開発や指導事例集の整備、教員研修等の在り方、③指導体制の充実や社会との連携・協働などが、プログラミング教育の実施のために必要であるとされている。

われわれは、教材の充実が求められていると考え、その開発に取り組むことにした。教材は主に小学校でプログラミングの初学者を対象として授業をするときに使用するものを想定することにした。

2. 教材の要件

教材を小学校などで使用することを想定すると、次のようなことが求められると考えた。

まず、内容としては、①子どもたちが楽しみ、飽きないこと、②小学校の教員が教えられること、③発展性があること。それから、今回開発する教材はクラス単位で授業が実施できるように、④教材を用意することが安価で、簡単で手

平成30年12月10日受付

[†] 工学部システム情報工学科・教授

^{††} 株式会社シップス (システム情報工学科・平成29年度卒)

^{†††} 株式会社ワイ・デー・ケイ (システム情報工学科・平成29年度卒)

^{††††} 工学部システム情報工学科・4年

間がかからないことを要件とすることにした。

3. 授業の形式

授業の形式としては、教員がプログラミングを実演し、子どもたちも一緒に手を動かしてプログラムを作る「実習形式」の授業にすることにした。前述の文部科学省の有識者会議の「議論のまとめ」¹⁾でも、プログラミング教育とは「体験」を通じて「プログラミング的思考」を育成することであるとされている。

また、今回は、プログラミング教育の導入部で使用することを想定し、教員が子どもたちに知識を伝達する形式の授業の教材を開発することにした。教材による導入が終わった後は、子どもたちが自分で作りたいものを企画し、計画を立てて制作し、評価を行うといったプロジェクト型の授業を実施することなども考えられる。

4. 教授内容

教材の教授内容としては、将来、プログラミングを仕事にするような場合にも役に立つように、プログラミングのエッセンスを教えることにした。具体的には、プログラムを構成する一つ一つの命令列(いわゆる文)、構造化プログラミング²⁾、変数、オブジェクトとメッセージングである。

このうち、構造化プログラミングでは、順次・反復・分岐などのプログラムの構造を理解し組み合わせることで、自分の意図した通りにコンピュータを働かせることができるようになることを学ぶ。前述の文部科学省の有識者会議の「議論のまとめ」¹⁾でも、「プログラミング的思考」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」とされている。

また、近年のプログラムはオブジェクト指向言語で書かれているため、オブジェクトおよびオブジェクト間でメッセージを送受信するプログラムを学ぶことは役に立つと考えた。

5. 使用するハードウェア

小学校において実習形式で授業を行うには、児童の人数分ハードウェアを用意する必要がある。そこで、安価で導入に手間のかからない小型コンピュータRaspberry Pi 3 Model Bをハードウェアとして使用することにした。

Raspberry Piシリーズは、ラズベリーパイ財団³⁾が開発している、主に教育での利用を想定したコンピュータである。Raspberry Piには、LinuxのDebianディストリビューションをベースにしたRaspbianという標準OSがあり、さまざまなプログラミング環境が用意されている。

Raspberry Piの記憶媒体は、標準的にはSDカードで、これにラズベリーパイ財団の提供するOSのイメージを書き込んで使用するのが一般的であり、容易に環境を構築できる。ただし、SDカードの取り扱いには注意が必要である。後述の2017年の公開講座で使用するためにRaspberry Pi 3 Model Bを21台用意したが、記憶媒体であるSDカード16GBクラス10が3枚破損して交換した。つまり、24枚中3枚が破損した。

6. プログラミング環境

プログラミングに用いるソフトウェアは、Scratch⁴⁾を使用することにした。ScratchはRaspberry PiのOS Raspbianにバンドルされている。

Scratchでは、プログラムの基本的な命令列や制御構造を表すブロックを組み合わせることでプログラミングを行う。定められた文法規則⁵⁾もあるが、他のプログラミング言語のように文法を

記憶して意図的に記述しなくても、ブロックの形状や入力欄などにより自然に文法規則に沿ったプログラムを作成できる。このため、文法エラーは発生せず、例示しながら教える授業形式ならば、教員1人対して多数の子どもがいても指導が可能である。

7. 教材の構成

授業での使用を想定し、1単元40から50分の8単元で教材を構成することにした。最初にScratchの使い方を説明し、構造化プログラミング、変数、メッセージの順にプログラミングのエッセンスを学ぶ。最後にそれらを組み合わせてゲームを作る。また、ゲームでよく利用する乱数についても、ゲームを作る前に紹介する。具体的な構成は以下の通りである。

1. Scratchを学ぼう

- ・ Raspberry PiとScratch
- ・ Scratchによるプログラミング

2. くり返しを学ぼう

- ・ 前回のふりかえり
- ・ 同じことを繰り返し記述する
- ・ 回数を指定してくり返す
- ・ ずっとくり返す
- ・ 練習問題

3. 条件を学ぼう

- ・ 前回のふりかえり
- ・ もし～なら
- ・ もし～なら、そうでなければ
- ・ 練習問題

4. 構造化プログラミングを学ぼう

- ・ 前回のふりかえり
- ・ 順次・反復・分岐という制御構造
- ・ 制御構造の入れ子
- ・ 練習問題

5. 変数を学ぼう

- ・ 前回のふりかえり
- ・ 変数とは

- ・ 変数の作り方

- ・ カウンタとしての変数の利用

- ・ 練習問題

6. メッセージを学ぼう

- ・ 前回のふりかえり
- ・ メッセージとは
- ・ メッセージの作り方と送り方
- ・ メッセージの受け取り方
- ・ メッセージのやりとり

7. 乱数を学ぼう

- ・ 前回のふりかえり
- ・ 乱数の作り方
- ・ 乱数の使い方
- ・ もぐらたたきゲーム

8. 迷路ゲームを作ろう

- ・ ステージの作り方
- ・ 迷路ゲーム

一部例外はあるが、それぞれの回は、基本的に前回のふりかえり、その単元の内容の説明、練習問題で構成した。前回の授業から期間があいても大丈夫のように、最初に前回のふりかえりを行っている。集中して1日にまとめて授業をするような場合には、前回のふりかえりは割愛することも可能である。また、知識の定着を高めようと、それぞれの単元の最後に練習問題を用意している。

8. PowerPoint資料

教材として、Microsoft PowerPointで各単元平均25枚程度のスライドを作成した。この枚数には、タイトル1枚、クレジット2枚を含んでいる。

スライドは、教員が投影して実演しながら、子供たちが一緒に手を動かして授業を進めることを想定して作成している。小学生でも短時間で読んで理解できるように、平易な表現を心がけ、センテンスを短めにした。また、投影したものが読めるように、文字や画像を大きめにした。画像ははっきり見えるように解像度を調整

している。今回は行わなかったが、明るめの教室でも見やすくするためにコントラストを強調してもよかったかもしれない。

9. 教材の検証

教材は開発中に、実際に使用して検証を行い、改善を行なっている。検証を行なったのは、2017年の八戸工業大学学園祭、2017年の八戸工業大学公開講座である。

まず、学園祭までに教材を一通り作った。学園祭では、小さい教室を用意して、さまざまな年齢層の来場者に短時間で教材を体験してもらい、個別に体験者の反応を確認し、教材の課題を洗い出した。それを元に公開講座までに教材を改善した。公開講座では、小学校高学年以上、高校生以下の20人程度を対象に授業を行い、実際に小学校での使用が可能かどうかを検証した。

なお、学園祭および公開講座は、集中実施のため、各単元の最初の前回のふりかえりなどは割愛した教材を用いている。

以下、それぞれについて詳細に述べる。

9.1 学園祭での検証と改善

2017年10月7、8日に開催された第45回八戸工業大学学園祭で、検証を行った。学園祭では、小さな教室にプロジェクターとスクリーンを用意し、講師1人と受講者3人分の席を用意し、それぞれの席にコンピュータを設置した。来場者に教材を使った授業を行い、説明がうまくできるかを確認し、受講者の反応をうかがった。教室では、同時に3人まで授業を行うこともできたが、学園祭というイベントの性質上、来場者がバラバラに訪れるため主に1対1で授業を行うことになった。

受講者にアンケートを実施し、社会人を中心に25人から回答が得られた。アンケートの結果は、わかりやすく楽しくていいに対応してくれてよかったというものが多かった。小学校低学年の来場者も多かったが、授業内容を小学校高学

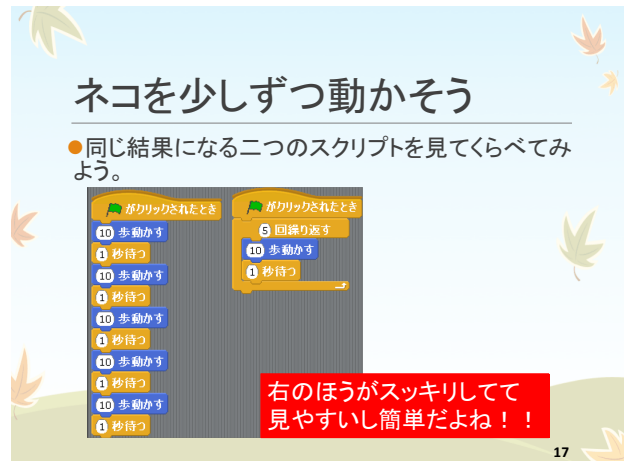


図 1 くり返しを使わない例と使った例を同一ページに併記

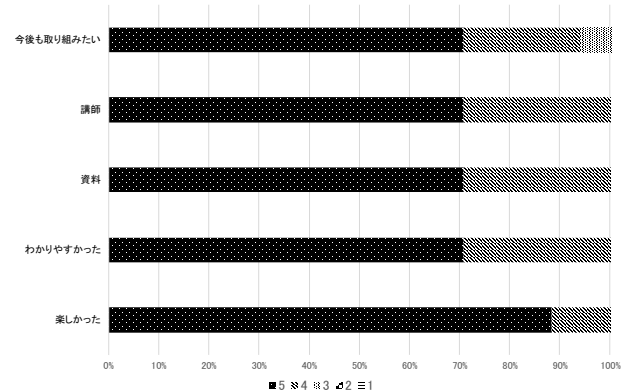


図 2 公開講座のアンケート結果(1～5の5段階評価で5が高い)

年以上向けに構成していたため難しいと判断し、ゲームで遊んでもらうだけにした。小学校低学年の来場者にはアンケートをとっていない。

学園祭での検証を元に、教材を改善して、公開講座に臨んだ。具体的な改善の例としては、反復の説明に関して、繰り返しを用いた場合と用いない場合について、別々のスライドで説明していたものを、両者を併記して説明するスライド(図1)を用意し、わかりやすくしたことなどがある。

9.2 公開講座での検証

2017年10月28日に開催された八戸工業大学公開講座「ジュニアプログラミング体験講座」の午前の部で検証を行った。会場は八戸工業大学I202コンピュータ演習室であった。参加者は小学校高学年から高校生までの17人で、およそ3分の2が小学生であった。授業では、本研究を行った大

学生2人(蛭澤・安達)が講師を務め、サポートとして教員3人、学生2人が協力した。

アンケートの実施結果を図2に示す。「講義は楽しかったか」に対し、「とても楽しかった」が88%、「楽しかった」が12%で、「普通」「あまり楽しくなかった」「楽しくなかった」はなかった。講義、資料、講師の説明についても、それぞれ「とてもわかりやすい」が71%、「わかりやすい」が29%であった。「これからもプログラミングをしてみたいと思ったか」は、「とてもやりたい」76%、「やりたい」18%、「普通」5%であった。ていねいな教材を用いて、講師がわかりやすく、はっきりした口調で説明したことが高評価につながったと考えられる。

9.3 比較参考事例

本研究で開発した教材を用いていないが、Scratchによる授業をいくつか行っており、参考までにこれらを紹介する。

(1) ハーバード大学CS50をベースにした講座

2017年8月1, 2日, および2018年8月2, 3日に八戸工業大学第二高等学校サマーサイエンスプログラムで、はじめてプログラミングにふれる高校1, 2年生10人程度を対象に、2日間それぞれ半日の講座を実施した。初日にハーバード大学のコンピュータ科学の入門の授業CS50⁶⁾を参考にしてScratchを用いてプログラミングのエッセンスを紹介し、2日目にゲームの自由制作を行なった。CS50は大学生向けの内容であるが、はじめてプログラミングを学ぶ高校生でも十分理解することができ、自由制作に取り組むことができた。

また、2017年八戸工業大学公開講座「ジュニア・ドローン・プログラミング体験講座」午前の部では、小学校高学年を中心とする7組12人の参加者を対象に、CS50の内容を参考してScratchの使い方を最初に紹介した。参加者は小学生がほとんどであったこの講座で、大学生向けのCS50の内容を参考にしたのは、講師をつとめた大学生のミスであった。もちろん、この講座で使用した教材も、子どもにわかりやすい日本語表現

になるように留意して制作されていた。しかし、体験を通じて概念を学ぶというよりは、概念をトップダウンで体系的に説明するものであった。アンケートの結果は、講座自体はおもしろかったという感想が得られたが、理解度に関してはわれわれが本研究で開発したものに比べると若干低くなった。これは、われわれの開発した教材の方が子どもには理解しやすいものであることを示唆している。

(2) Scratchで外部の対象を操作する講座

子ども向けのプログラミング言語Logoには、タートル・グラフィックスという機能がある。これはプログラムで画面の中の「亀」を操作して、その移動の軌跡で「絵」を描く機能である。これにより、子どもたちが、プログラムの基本要素を組み合わせ、自分の描きたい絵をどのように実現したらよいかを考えて実際に制作するという授業が行われてきた。これは、前述の文部科学省の有識者会議の「議論のまとめ」⁷⁾の「プログラミングを通じて人間の意図した処理を行わせることができるものであることを理解」することに相当する。ただし、LogoのプログラミングはScratchほど簡単ではない。われわれは、Scratchを用いて外部の対象を操作し、タートル・グラフィックスの描画に相当する試みも行なってみた。

1つ目は2017年10月28日の八戸工業大学公開講座「ジュニアプログラミング体験講座」の午後の部である。この講座では子どもたちに人気のゲームMinecraftをScratchからプログラミングした。Minecraftは、仮想3次元空間内で地形や建物を作ったり壊したり、冒険するゲームである。MinecraftにはRaspberry Pi Edition⁷⁾があり、プログラミング言語Python用のプログラミング・インターフェイスが提供されている。これを經由して、Scratchから、ゲーム内の3次元空間で建築物を作った。実施してみたところ、仮想3次元空間での座標や移動が理解しにくく、小学生を中心とした参加者には難しかったようだ。

2つ目は2017年八戸工業大学公開講座「ジュニ

ア・ドローン・プログラミング体験講座」午後の部である。この講座ではScratchを用いてRyze Technology社の小型ドローンTello⁸⁾を操作した。Telloは、自身が無線LANの親機になり、子機からUDP通信により操作することができる。これを通じてScratchからプログラミングするためのソフトウェアが提供されている。実施してみたところ、仮想3次元空間を扱うMinecraftに比べて、実3次元空間を扱うドローンのプログラミングの方が子どもにもわかりやすく、好評であった。ただし、プログラミング可能な教育用ドローンは何社から販売されているが、1台1万3千円程度すること、風に弱く無風で広い飛行空間を確保する必要があり、バッテリーが十数分しか保たないこと、電波の混信の関係で数台以下しか同時に飛ばせないことなどの制約があり、教室での授業には向かない。クラブ活動などでの利用は可能だと思われる。

10. 教材の公開

開発した教材は、クリエイティブ・コモンズ・ライセンス 表示継承2.0のもとにインターネットに公開⁹⁾している。このライセンスはScratchのライセンスを継承したものである。

11. まとめ

小学校でのプログラミング教育のための教材を開発した。ハードウェアはRaspberry Pi 3 Model Bを想定し、プログラミング環境はScratchを用いた。教材では、プログラミングのエッセンスである構造化プログラミング、変数、オブジェクトとメッセージングを教え、それらを組み合わせたゲーム開発のチュートリアルを用意した。開発した教材を用いて、八戸工業大学の学園祭と公開講座で授業を行ったところ、好評を博した。

教材は、インターネットで公開している。

参考文献

- 1) 文部科学省「小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議」,「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について(議論の取りまとめ)」,平成28年6月18日, http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/houkoku/1372522.htm (2018年12月10日アクセス).
- 2) E. W. ダイクストラ・C. A. R. ホーア・O. -J. ダール(野下 浩平・川合 慧・武市 正人訳),『構造化プログラミング』,サイエンス社,1975年
- 3) Raspberry Pi Foundation, <https://www.raspberrypi.org/> (2018年12月10日アクセス).
- 4) M. Resnick, J. Maloney, A. Monroy-Hernández, N. Rusk, E. Eastmond, K. Brennan, A. Millner, E. Rosenbaum, J. Silver, B. Silverman, Y. Kafai, "Scratch: programming for all", Communications of the ACM, vol. 52, Issue 11, pp.60-67, 2009.
- 5) J. Maloney, M. Resnick, N. Rusk, B. Silverman & E. Eastmond, "The Scratch Programming Language and Environment", ACM Transactions on Computing Education (TOCE), vol. 10, No. 4, Article 16, 2010.
- 6) 石原 正雄,『スクラッチではじめるプログラミング』,カットシステム,2014年
- 7) Minecraft Pi Edition, Microsoft, <https://minecraft.net/en-us/edition/pi/> (2018年12月10日アクセス).
- 8) Tello, Ryze Tech, <https://www.rzyzerobotics.com/jp/tello> (2018年12月10日アクセス).
- 9) 蛭澤 秀光・安達 勇希,「Scratchを使ってプログラミングを楽しく学ぼう!」,八戸工業大学小久保研究室,2018年, <https://github.com/akokubo/scratch-materials> (2018年12月10日アクセス).

要 旨

小学校におけるプログラミング教育のための教材を開発した。そして、それを用いて授業を行い、有効性を検証した。教材は、Raspberry Pi の上で Scratch を用いて、構造化プログラミングやメッセージングなどのプログラミングのエッセンスを学べるように構成した。受講者からは、楽しくわかりやすかったという評価が得られた。教材は、インターネットで公開している。

キーワード：Scratch, プログラミング教育, 初学者