

プログラミング的思考を育む ブロック入力型学習ゲームの開発

飯田 楓花^{1,a)} 鈴木 優^{1,b)}

概要: 2020年度より、新たに全国の小学校でプログラミング教育が必修化された。既存の教科の中でプログラミング学習が行われる場合、苦手意識がある教科内での学習が思うように進まないという課題が考えられる。また、決められた時間内で学習が行われる場合には、同じ空間で学んでいたとしても、人によって進捗度合いに差が生まれてしまう。これらの課題はプログラミング教育において重要な、児童がプログラミングに取り組んだり、コンピュータを活用したりすることの楽しさや面白さ、ものごとを成し遂げたという達成感を味わうことが損なわれる原因となる。このことから本研究では、家庭でのプログラミング的思考の学習を支援することを目的に、遊び感覚で直感的に取り組むことができる学習ゲームを開発した。最低限のルールや言語などの事前知識で、直感的にプログラムの入力ができるよう物理現象を題材にした。また、タンジブルな入力方法を採用し本学習ゲーム専用のブロックを制作した。この学習ゲームは、学習者に論理的思考を働かせ、家庭でのプログラミング学習を補うことに貢献する。

Development of a Learning Game Using Tangible Interfaces for Programming Education

1. はじめに

2020年度より、小学校でプログラミング教育が必修化された。プログラミング教育とは、「プログラミング的思考」を育むため、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、それに必要な論理的思考力を身に付ける学習活動を計画的に実施するというものである。小学校において、プログラミング教育は大きく以下の3つねらいの実現を前提として取り組まれる。

プログラミング的思考を育む

プログラミングの体験を通して、プログラミング的思考を育む

気付きと態度

プログラムの働きやよさ等への「気付き」を促し、コンピュータ等を上手に活用して問題を解決しようとする「態度」を育む

各教科の学びの強化

各教科等の内容を指導する中で実施する場合には、各教科等の学びをより確実なものとする

各教科等で育む資質・能力と同様に、プログラミング教育で育む資質と能力について、「三つの柱」に沿って次のように整理し、発達の段階に即して育成するとしている。一つ目の知能及び技能では、身近な生活でコンピュータが活用されていることや、問題の解決には必要な手順があることに気付くこと、二つ目の思考力、判断力、表現力では、発達の段階に即して、「プログラミング的思考」を育成すること、三つ目の学びに向かう力、人間性では、発達の段階に即して、コンピュータの働きをよりよい人生や社会づくりに生かそうとする態度を涵養することを目指している。以上のことを踏まえ、児童がプログラミングに取り組んだり、コンピュータを活用したりすることの楽しさや面白さ、ものごとを成し遂げたという達成感を味わうことが重要となる [9]。

しかしながら、プログラミング教育には、各教科等の内容を指導する中で実施する場合や、決められた時間内での学習が行われる場合に、以下の課題が考えられる。

- 苦手意識がある教科内での学習が思うように進まない
- 進捗度合いに差が生まれる

¹ 宮城大学
Miyagi University, 1-1 Gakuen, Taiwa-cho, Kurokawa-gun,
Miyagi 981-3298, Japan

a) p1720016@myu.ac.jp

b) suzu@myu.ac.jp

この2つの課題は、プログラミング教育において重要な、楽しさ、面白さ、達成感が損なわれる原因となってしまう。課題の解決方法として、一つ目の課題である苦手意識が先行してしまうことに対しては、勉強からではなく遊びから着手させることで、教科の得意不得意のハードルをなくすることができる。次に二つ目の課題の、時間に縛られずに自分のペースで試行錯誤するためには、家庭学習で取り組むという方法が挙げられる。このことから、家庭学習で遊びながら取り組むことができる、プログラミング学習が必要といえる。そこで、本研究では家庭でのプログラミング的思考の学習を支援することを目指す。

2. 既存のプログラミング教育

2.1 プログラミング教育の手法

2.1.1 擬似言語教育

擬似言語とはC言語やJavaなどの他のプログラミング言語とは異なり、自然言語などによる抽象度の高い記述などを交えることが許されている、アルゴリズムの理解を助ける目的などで使用される言語のことである。擬似言語教育のうち、プログラミング教育ではビジュアル型プログラミング言語とテキスト型プログラミング言語が用いられる。ビジュアル型はScratch[2]に代表されるような、ブロックを積み上げるように命令を組み合わせることににより、簡単にプログラミングできる言語である。言語の細かな文法を気にせず、短時間で基本的な使い方を覚えられるのが特徴である。一方で、テキスト型はそれぞれの言語の文法の理解が必要となるが、英数字だけでなく日本語で記述できるものや、文法的な誤りを指摘してくれるものなど、児童でも比較的取り組みやすい言語である[8]。

2.1.2 アンブラグド教育

アンブラグド教育とはルビィのぼうけん[5]のようなパソコンを使わないプログラミング教育である。パソコン操作を必要としないため初等教育でも始めやすいプログラミング教育といえる。ゲームやクイズやパズル、物語を用いることで意識せずに論理的思考を働かせることができるため、事前知識がなくても抵抗なく始められる。また専門的な知識が不要であることから指導者による差が生まれにくいのも特徴である。

2.1.3 評価点と課題

擬似言語教育のうち、Scratchなどのビジュアル型は、キーボードによる入力を極力減らしタッチ操作を中心としているため、タイピングに慣れていなくとも取り組みやすいが、タッチ操作で選択するブロックの種類や組み合わせなどの独自のルールが求められる。テキスト型は、熟練者にとっては汎用性の高いものとなるが、キーボードなどの操作による基本的なスキルが求められるほかに、入力する言語への理解が必要となる。アンブラグド教育は、専門知識やスキルを必要としないため指導者による差が生

まれにくい一方で、パソコンを一切用いないことから、1章で述べたプログラミング教育のねらいの「気付きと態度」と、資質と能力の「知能及び技能」を満たすことが難しいといえる。

以上のことから、プログラミングの手法にはルールや言語の事前知識を必要としない、実際に手を動かしてプログラミングを体験できるものが必要となるといえる。

2.2 プログラミング的思考を育めるコンテンツの種類

近年のプログラミング教育への注目の高まりから、2.1節で記述したプログラミングの手法の発展として、プログラミング学習ができるコンテンツやおもちゃが多く提供されている。それらは、主に次の3つのタイプに分けられる。

ロボットタイプ

embot[1]のような、ロボットを組み立てたり、ロボットにプログラミングすることにより、実際にロボット等を操作する教材。

ゲームタイプ

教育版マイクラフト[6]のような、ゲーム的手法を用いてプログラミングを学ぶことができる教材。創意工夫してプログラミングしながら遊ぶことができ、幅広い年代が取り組める。

タンジブルタイプ

Osmo Coding Awbie[3]のような、形のないもの（命令、情報、プログラムなど）を、直接触ることができる形のあるものとして操作できる教材。

1章で述べたように、遊び感覚で自分のペースで取り組めるプログラミング学習が必要であることから、ゲームタイプから遊び要素取り入れる。また、ルールを理解する時間を最小限にし、プログラミング学習の本質を学ぶ時間を十分に設けるために、タンジブルタイプの直感的にプログラムできる入力方法を参考にする。以上のことから、ゲームタイプとタンジブルタイプそれぞれを組み合わせたタイプのゲームを目指す。

3. 学習ゲームのデザイン

本研究では、プログラミング教育と既存の手段の課題から得られた以下のデザイン指針の基、家庭でのプログラミング的思考の学習を支援する学習ゲームを開発する。

- 遊び感覚で自分のペースで取り組められる
- 最低限のルールや言語の事前知識で、実際に手を動かしてプログラミングを体験できる

3.1 学習ゲームのコンテンツデザイン

本学習ゲームは、身近な物理現象を題材にし、遊び感覚で直感的に取り組めるものを目指した。物理現象に従って落下する球体を、あらかじめ用意されたスタートからゴールまで導くコースを作成するという内容である。

3.2 学習の流れ

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のことである [9]。学習者は解決すべき問題を発見した後、試行錯誤を経て問題の解決を目指していく。プログラミング的思考の学習モデルを図 1a に示す。この学習モデルを基に、本学習ゲームの学習の流れをモデル化した (図 1b)。与えられるミッションを基に落下する球体のスタートからゴールまでの行方を考え、その道のりを作るために、ブロック (球体が転がる道) を選択し、ルートを作成を行いステージのクリアを目指す手順で学習を進める。



(a) プログラミング的思考の学習モデル



(b) 本学習ゲームでの学習モデル

図 1: プログラミング的思考の学習手順

3.3 ユーザインタフェース

ルールや言語の事前知識を最小限にするため、プログラムの入力にタンジブルユーザインタフェース [4] を採用する。本研究では、重力の作用で落下する球体を、受け止める役割として専用ブロックを製作する。マウスやキーボード、各種コマンドなどのコンピュータ独特の操作ルールをほとんど学ぶ必要がなく、現実空間の操作ルールをそのまま適用することができる。

3.4 使用機材

タブレット端末を使用する。今回は 12.9 インチの iPad Pro を用いる。タブレット端末を使用する理由は以下の 3 つにある。

- タブレット端末の普及率
- タブレット端末の使用性
- タンジブルインタフェースとの相性

1,080 人の小学生のインターネット利用状況を調査した結果、86.3%がインターネットを利用していると答えた。利用されているインターネット機器は上位から、スマートフォン、携帯ゲーム機、タブレット、ノートパソコンとなっている。タブレット端末は家庭で用意しやすいインターネット接続機器の一つである [7]。タブレット端末は操作がパソコンよりも簡単に指で直接画面に触れて操作するため、コンピュータ独特の操作ルールを学ばなくとも簡単に操作することができる。またタンジブルインタフェースとの兼ね合いを考えると、タブレット端末は画面に直接入力ができるため、別途カメラやセンサなどの大掛かりな機材を用意する必要がない。以上のことから本学習ゲームではタブレット端末を使用することを前提に開発を行っていく。

4. 学習ゲーム「ロジコロック」の開発

4.1 学習ゲームの概要

タブレット端末上に、本学習ゲーム専用のタンジブルなブロックを配置し、落下する球体をスタートからゴールまで導くコースを完成させるゲームである (図 2)。ゲームは複数のステージに分かれ、課題の発見、分析、解決をそれぞれのミッションを基に試行錯誤してクリアを目指す。



図 2: 学習ゲームを操作する様子

4.2 専用ブロック

4.2.1 専用ブロックの種類

道ブロック、ワープブロック、ジャンプブロック、条件ブロックの 4 種類の働き異なるブロックを用意する (図 3)。道ブロックは落下してくる球体を受け止め、球体を誘導する道の役割を果たす。ワープブロックはブロックにふれると 2 点間を瞬時に移動する。ジャンプブロックは球体をブロックが示す方向に移動させ、ブロックを伸縮させることで移動距離を調節できる。条件ブロックは 2 つの道ブロックに関係性を持たせることができ、一方に触れたら一方の入力状態を切り替えることができる。以上の 4 種類の専用ブロックを制作した。

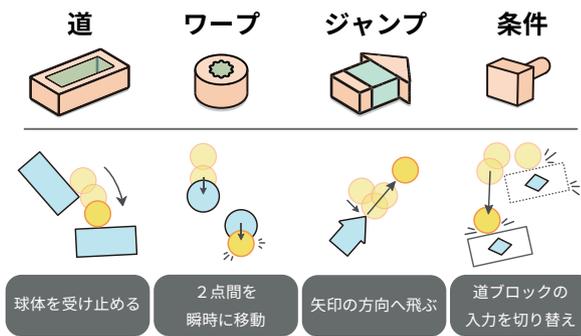


図 3: 専用ブロックの働き

4.2.2 専用ブロックの静電マーカによる入力方法

青木ら [10] がリング型物理オブジェクトに実装した、静電式マーカを用いる。静電式マーカとは、物理オブジェクトに導電部を複数配置し、その配置パターンを工夫することで、静電容量方式のマルチタッチスクリーンが取り付けられたタブレット上でのさまざまな操作を可能とする。物理オブジェクト内にバッテリーやマイコン、電子機器を含ませると、ブロックの大きさに影響を与えてしまう。静電式マーカ用いることによって、電気的接続部分を最小限にすることができタブレット上に複数配置するという働きを保つことができる。また、ブロックの入力状態を把握するための、ブロックの一部を透明な素材にすることも可能となる。本研究では、3点式のマーカを作成した(図4)。認識点同士の距離やその関係性から、それぞれのブロックを認識する。



図 4: 静電マーカの配置

4.2.3 専用ブロックの設計

専用ブロックを設計する要件を下記のように整理した。

- タブレット上に複数個並べられる大きさにすること
- 入力の状態が分かりやすいこと
- ブロックの形からブロックの働きと入力方法が推測できること
- 児童が安全に使用できること

4.2.4 専用ブロックの制作

4.2.3 項で整理した専用ブロックの設計要件を基に、4.2.1 項で示した4種類のブロックを製作した(図5)。ブロックはMDF板とアクリル板、導電性粒子ゴムと導電性PLA樹脂フィラメントの4種類の素材から構成されている。導電性粒子ゴムはタブレット端末と接する静電マーカに使用し、静電マーカと指に電気的繋がりを持たせるために導電

性フィラメントを各ブロックごとにモデリングを行い、3Dプリンタで出力し、持ち手の一部に組み込んだ。ブロックの入力状態が分かるよう、各ブロック透明なアクリル板をはめ込み、タブレットの画面を透かして入力情報を得られるようにした。ブロックの安全性を高めるためにMDF版を使用し丸みと温かみのある見た目に仕上げた。



図 5: 専用ブロック

4.3 遊び方

手もとに、タブレット端末と専用ブロックを用意する。ステージを選びミッションをチェックする。球体をスタートからゴールまで運ぶルートを描画し、指でなぞって線を描画する。計画したルートを基に専用ブロックを配置し、スタート(球体を落下)させる。ミッションをクリアできなかった場合や、ゴールができていない場合は球体のルートを計画し直し、ステージのクリアを目指す。ステージをクリアしたら次のステージへ進む。

4.4 ステージ構成

ステージは4つに分かれ(図5)、下記のようにそれぞれに専用ブロックの使用制限とアイテムの獲得目標が課せられている(表1)。

表 1: ステージの内容

		使用できるブロック (個)				アイテムの獲得
		道	ワープ	ジャンプ	条件	
ステージ	1	5	0	0	0	3個以上
	2	5	1	0	0	すべて
	3	5	0	1	0	すべて
	4	5	0	0	2	4個以上

ステージが始まる前にブロックの説明を受けた後に、各ステージに挑戦する。ステージを進むごとに新しく使用できる専用ブロックの種類が増える。専用ブロックを小出しにすることにより、専用ブロックの使用ルールを少しずつ確実に身につけることができる。ミッションをクリアするために、球体の行方を考え、専用ブロックを試行錯誤して配置してルートを作成することを想定してステージの構成を行った。

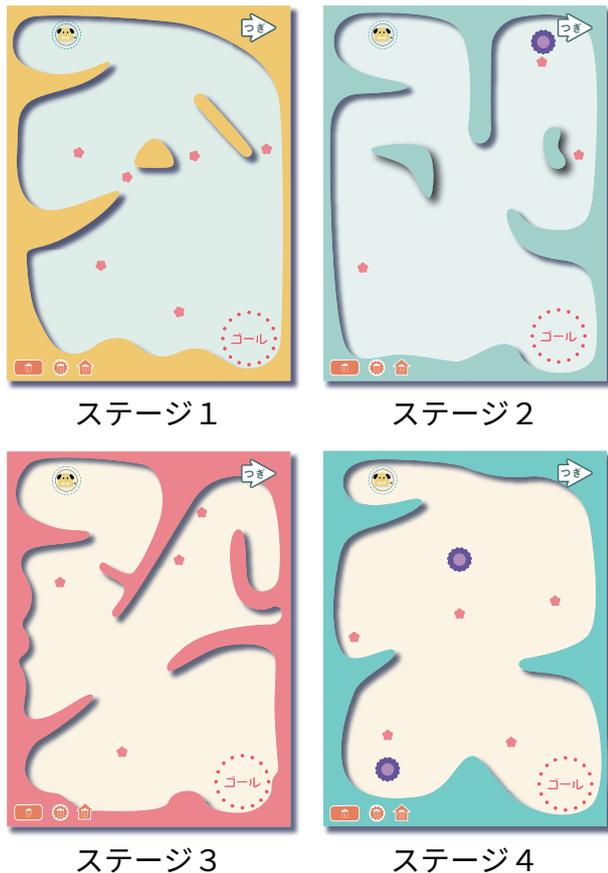


図 6: ステージ画面

5. まとめと今後の課題

本研究では、遊び感覚で取り組むことができる家庭でのプログラミング的思考の学習を支援することを目標に、タブレット端末と専用ブロックを用いてタンジブルインタフェースを取り入れた学習ゲームの開発を行った。最小限の事前知識で遊び感覚でプログラミング的思考を養えるように、物理現象を題材にゲーム部分を構築し、操作面においても現実空間の操作ルールをそのまま適用することができる物理的なブロックでの入力を検討した。専用ブロックの入力方法は、ブロックの大きさと働きを考慮して電子機器を含まない、静電式マーカを採用した。

本学習ゲームの今後の発展のために、ゲームにストーリー性を持たせ男女ともに興味を示すようなデザインをする必要がある。ゲームの各ステージに課せられる専用ブロックの組み合わせとミッションをともに増やすことでより多くの考え方ができるようになる。

参考文献

- [1] e Craft. embot. <https://www.embot.jp/>.
- [2] Mitchel Resnick et al. Scratch: Programming for all. In *Communications of the ACM, Volume 52, Issue 11*, pp. 60–67, 2009.

- [3] Tangible Play Inc. Osmo. <https://www.playosmo.com/ja/>.
- [4] Hiroshi Ishii and Brygg Ullmer. Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '97*, p. 234–241, New York, NY, USA, 1997. Association for Computing Machinery.
- [5] Linda Liukas. Hello ruby. <http://www.helloruby.com/>.
- [6] Microsoft. Minecraft education edition. <https://education.minecraft.net/>.
- [7] 内閣府. 令和元年度 青少年のインターネット利用環境実態調査. <https://www8.cao.go.jp/youth/youth-harm/chousa/r01/net-jittai/pdf/2-1-1.pdf>.
- [8] 文部科学省. プログラミング教育. https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1375607.htm.
- [9] 文部科学省. 小学校プログラミング教育の手引き (第三版). https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_002.pdf.
- [10] 青木良輔, 宮下広夢, 井原雅行, 大野健彦, 千明裕, 小林稔, 鏡慎吾. くるみる: 複数導電部もつ枠型物理オブジェクトを用いたタブレット操作. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 6, pp. 1–8, 2011.