

きずぷろ：組み立て遊びによるプログラミング的思考力の育成アプリの開発

稲富峻祐^{†1} 大井翔^{†2} 後藤壮史^{†3} 佐野睦夫^{†1}

概要：2020年度から小学校におけるプログラミング教育が必修化されている。小学校におけるプログラミング教育はプログラミングを体験し、論理的思考力を身に付けることが挙げられているが、実際のプログラミング言語を用いるのではなく、論理的思考力に内包されているプログラミング的思考を育むことが目的である。従来研究では、小学校高学年を対象としていることや、キャラクターやロボットを動かすシステムばかりであるため、本研究では、小学校低学年から使用でき、レゴブロックの組み立て遊びに着目したアプリケーションを開発する。そのアプリケーションを活用することでプログラミング的思考を評価し育成することができるのかを検証する。今回は前段階として、小学校中高学年 31 名に対して、実験を行い、プログラミング的思考のいくつかの項目において影響を与える可能性があることが分かった。また、中高学年でも少し難しかったことから、システムを再検討する必要があることがわかった。

1. はじめに

近年、情報化社会の進展に伴い、小学校においても、プログラミング教育が求められるようになってきている。平成 29 年度に告示された小学校における学習指導要領では、プログラミング教育の必修化が大きな注目を集めている。また、学習活動に関して、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つけることが挙げられている[1]。

小学校プログラミング教育の手引きによると、プログラミング教育で育む資質・能力について、各教科で育む資質・能力と同じように、資質・能力の「三つの柱」に沿って、以下の表 1 のように整理されている[2]。

本研究では、表 1 の「思考力、判断力、表現力等」で説明されている「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。」に着目する。

小学校におけるプログラミング教育では、実際にプログラミング言語を用いてコーディングするのではなくプログラミング的思考を育むことが目的である。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み合わせが必要であり、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、記号の組み合わ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」と述べられている[3]。

本研究では、プログラミング的思考の育成を目的としている。プログラミングで育成する資質・能力の評価基準[4]を参考に Kids Block Programming App(きずぷろ)アプリを開発した。レゴブロックの組み立て遊びに着目し、図 1 に示すように端末上で与えられた目標物に対して、ビジュアル

表 1 プログラミング教育で育む資質・能力

知識及び技能	思考力、判断力、表現力等	学びに向かう力、人間性等
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。	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。	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。

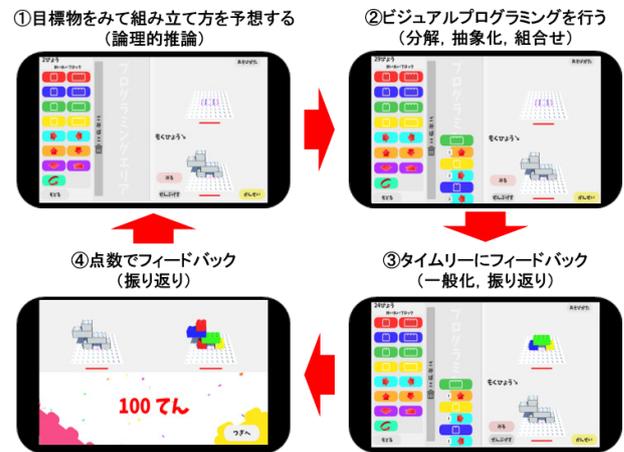


図 1 「きずぷろ」システム

プログラミングを用いて同じ形を組み立てていくことでプログラミング的思考の育成を狙う。本研究では、プログラミング的思考の 6 項目[4]を以下のように解釈し、システムに組み込んだ。

- ① 論理的推論：組み立て方を予想すること
- ② 分解：命令の数を正しく選ぶこと
- ③ 抽象化：命令の種類を正しく選ぶこと
- ④ 組合せ：命令で正しく手順を作ること
- ⑤ 一般化：命令の似た並べかたに気付くこと

^{†1} 大阪工業大学 情報科学部 〒573-0196 大阪府枚方市北山 1-79-1

^{†2} 立命館大学 情報理工学部 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1 丁目 1-1

^{†3} 奈良県王寺町立王寺小学校 〒636-0012 奈良県北葛城郡王寺町本町

⑥ 振り返り：振り返って間違いに気付く

これら6項目を満たすことで論理的思考力に内包されているプログラミング的思考を育成できると考えた。

また、過去に行った学生実験[5]の結果から、次の事柄について修正した。まず、プログラミング的思考に関するアンケート内容が難しいことが分かったため、本システムと関連付けてアンケートを修正した。次に、小学校低学年の児童では難しいという意見が複数あったため、前段階として小学校中高学年の児童を対象に実験を行った。さらに、既存システムである Scratch と本システムとの比較実験を行うことで、改善点を明確にできるのではないかと考えた。

2. 関連研究

プログラミング教育に関連する研究としては、大井らが行ったレゴブロックを用いた組み立て遊びにおける論理的思考力向上を目指した研究がある[6]。組み立てる際にルールが設けられており、児童らはそのルールに従いレゴブロックを組み立て、最後にシステムからフィードバックされた点数を見て、どの過程が良かったか悪かったかを考えるシステムである。小学校1年生～3年生を対象に実験が行われ、2,3年生に対して実施可能で効果があることが分かっている。一方で、1年生ではルールの理解が難しいことが分かっており、ルールを簡単にするなどの必要がある。

田中らが行ったレゴブロックを取り入れ、プログラミングを行う研究がある[7]。レゴブロック作品を3Dモデルに変換し、プログラミングで動かすシステムであり、Scratchと同等以上の評価を得たとある。この研究は、小学校中高学年を対象にしている。また、3Dスキャナ、PC、レゴブロックなど費用がかかる。

萩原らが行ったレゴマインドストームNXTを用いて、プログラムでロボットを動かす研究がある[8]。児童の興味を引き思考的トライ&エラーを行ううえで優れていたが、自由度の高い製品であるため、ある程度の費用が必要になる。学校現場の実情に合う、自由度と価格のバランスのとれたシステム開発が重要であることが挙げられている。この研究は小学校高学年を対象に行われた。

藤沼らが行った小学校3年生を対象として、レゴ社のEV3でロボットプログラミングする研究がある[9]。この研究では、ロボットを動作させるのに十分なスペースが必要である。児童が楽しみながら実施していたことが分かったが、PCに不慣れな児童がいたことや、センサーを理解することが難しい点が挙げられている。

また、レゴブロック等を使用したシステム以外に、ビジュアルプログラミングを活用したものがある。代表的なツールとしては、Scratch[10]が挙げられる。Scratchは、PCの画面上で、指示の書かれた命令ブロックをつなぎ合わせることで簡単にプログラミングができる。森らが行ったScratchを用いた小学校での研究がある[11]。この研究では、

小学校4年生を被験者としており、小学校中学年を対象に小学校段階でプログラミングが可能であることが確認できたとある。

Giannakoulas らが行った RunMarco という教育ゲームを使用し、小学校5年生を対象とした実験がある[12]。これはビジュアルプログラミングを使用するゲームであり、プログラミングを学ぶことができることがわかっている。一方で、RunMarcoは2Dゲームであり、グラフィックスの良いゲーム経験を持つ児童の関心を高めることができなかったとある。

その他、ビジュアルプログラミングを活用した学習ツールには、MakeCode for Minecraft[13]がある。MakeCode for MinecraftはMinecraftを使用している。Scratchのように命令ブロックを組み合わせることでコーディングができる。また、Scratchは2次元空間であるのに対して、こちらは3次元空間に配置でき、自由度の高いシステムとなっている。一方で、PCを必要とする点やMinecraftとMakeCodeの環境設定が必要であるなどの問題点がある。

そこで、本研究では以下の項目を目的とする。

- ① 関連研究から低学年の論理的思考力向上に効果があったレゴブロックの組み立て遊びに着目する。
- ② 組み立て遊びにビジュアルプログラミングを取り入れることで論理的思考力に内包されているプログラミング的思考の育成を狙う。
- ③ 費用やスペースを抑え、家でも利用可能にすることや、PC経験を必要としないようにするため、タブレット端末を活用する。

以上3項目を目的とし、タブレット端末を活用したプログラミング的思考の育成を狙うアプリの開発を行った。

3. 「きずぷろ」：プログラミング的思考力の育成アプリ

3.1 「きずぷろ」の概要

「きずぷろ」は小学校低学年から使用できるようにキーボードやマウスを必要とせず、タブレット端末などでタッチ操作により直感的に操作できるシステムとした。また、スペースを取らず、安価で学校現場などでも使用しやすいシステムとなっている。

レゴブロックの組み立て遊びを題材とした理由は、関連研究から、実際のレゴブロックの組み立て遊びにおいて小学校2,3年生に効果があったことや、その他、関連研究でレゴブロックが頻繁に使用されているためである。さらに、従来のビジュアルプログラミングツールは2Dでキャラクターを動かすことを題材としているものが多く存在するが、小学生向けのプログラミング的思考に関する書籍[14]を確認すると、2次元空間を活用した問題のほかに3次元空間を活用した問題も含まれている。そのため、レゴブロックの組み立て遊びに着目し、3次元空間を利用することで

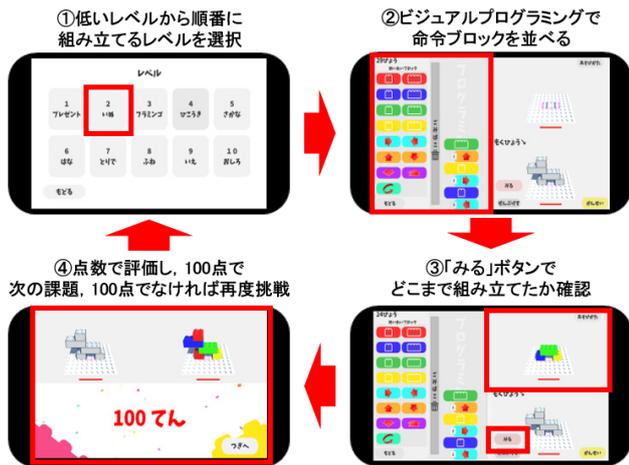


図2 「きずぶろ」の使用手順

プログラミング的思考を育成できるのではないかと考えた。

3.2 「きずぶろ」の使用手順

図2は「きずぶろ」を使用する際の手順である。まず、プレイするレベルを選択する。選択するレベルは低いレベルから順番にプレイする。次に、目標物とビジュアルプログラミングを行うスペースが表示されるため、目標物を確認しながらビジュアルプログラミングを行うことで目標物と同じ形を組み立てていく。さらに、「みる」ボタンをタッチすることでどこまで組み立てたかをタイムリーにフィードバックでき、間違っている部分や組み立て方が類似している部分を考えることができる。最後に、完成したと思った時点で「かんせい」ボタンをタッチし、点数を確認する。100点でなかった場合、「みる」ボタンをタッチしたときと同じようにどこで間違えたかを結果画面の上部に表示されている目標物と自身が組み立てた物を比較し考え、再度挑戦する。100点であれば次の課題に移る。このように、目標物を見てビジュアルプログラミングを行い間違いがあれば修正していく作業は、実際にコードを書いてデバッグし、エラーがあれば修正する作業と類似した内容となっている。これを繰り返し行うことでプログラミング的思考を育成する。

3.3 目標物の表示

ビジュアルプログラミングを行う際に、仮想空間上で組み立てる目標物のレゴブロックを3Dモデルで表示する。図3が組み立てる目標物である。目標物は、LEGO®Classic Building Instructions[15]を参考にレベルを設定した。

3.4 ビジュアルプログラミング

組み立てる目標物を見ながら図4の画面でビジュアルプログラミングを行う。命令ブロックはイラストで示されており、レゴブロックを配置する命令ブロックが8個、レゴブロックを移動させる命令ブロックが7個の計15個の命令ブロックが存在する。また、レゴブロックは下から順番に組み立てる形となっているため、命令ブロックも同様に下から順番に並べてプログラムを組むことで直感的に操作で

レベル1 プレゼント	レベル2 いぬ	レベル3 フラミンゴ	レベル4 ひこうき	レベル5 さかな
レベル6 はな	レベル7 とりで	レベル8 ふね	レベル9 いえ	レベル10 おしろ

図3 組み立て目標物



図4 ビジュアルプログラミング画面



図5 命令ブロック

きると考えた。レゴブロックを移動させる命令ブロックには図5のように数字が示されており、タッチすることで数字を変更し、動作をまとめることができる。

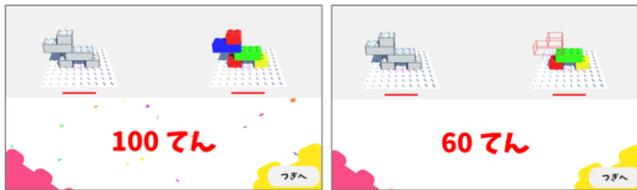
3.5 評価とフィードバック

完成したと思った時点で「かんせい」ボタンを押すことで図6の結果画面に移動する。結果のスコアは100点満点で表示される。今回は、ルールを簡単にするため、同じ形を組み立てることができれば100点とする。点数は、組み立てたレゴブロックの正解数に100を掛け、目標物のレゴブロックの数で割った数である。

4. 実験

4.1 実験の概要

2020年11月16日(月)に奈良県王寺町立王寺小学校の



● $5 \times 100 / 5 = 100\text{てん}$ ● $3 \times 100 / 5 = 60\text{てん}$

図 6 結果画面

4年生3名, 5年生16名, 6年生12名の計31名を対象に実験を行った。本実験は, 小学校低学年の児童に体験してもらい前段階として, 小学校中高学年の児童に体験してもらった。図7が実験風景である。

実験の流れは, 初めに, 既存のプログラミング学習ツールである Scratch[9]を体験してもらい「きずぷろ」と比較ができるようにした。Scratchの画面は図8である。課題は魚のキャラクタを動かす[16]ことである。次に, 「きずぷろ」をレベル1から順番に体験してもらい。また, システム体験後に Scratch と「きずぷろ」に関するアンケートに回答してもらい。アンケートはシステムに関するアンケートとプログラミング的思考に関するアンケートに回答してもらい。また, 体験時間は合計で40分程度であった。

本実験は, 大阪工業大学倫理委員会(2019-20)および立命館大学における人を対象とする研究倫理審査委員会の審査(衣笠-人-2019-29)に基づき実施した。

4.2 アンケートの内容

アンケートはリッカート尺度を用いて, 5段階評価で回答してもらった。5段階評価は「1. とても当てはまる」「2. 当てはまる」「3. どちらでもない」「4. 当てはまらない」「5. 全く当てはまらない」の5つの中から回答してもらった。アンケート項目は以下である。

- [1] このシステムは簡単だった。
- [2] このシステムの操作は分かりやすかった。
- [3] このシステムは家でも使いたいと思った。
- [4] 命令ブロックの意味がすぐに理解できた。
- [5] このシステムを体験して, 分かったことやできたことについて教えてください。
 - [5.1] 目標に対して, どのように進めて行けば良いのか予想することができた。
 - [5.2] 目標に対して, 命令ブロックの数を正しく選ぶことができた。
 - [5.3] 目標に対して, 命令ブロックの種類を正しく選ぶことができた。
 - [5.4] いくつかの場所で似たような命令ブロックの並べ方をしていることに気が付いた。

以上の項目について, 5段階評価で回答してもらい, 質問番号【1】～【4】についてはなぜその数字を選んだかについての理由を記述式で回答してもらった。また, 最後の

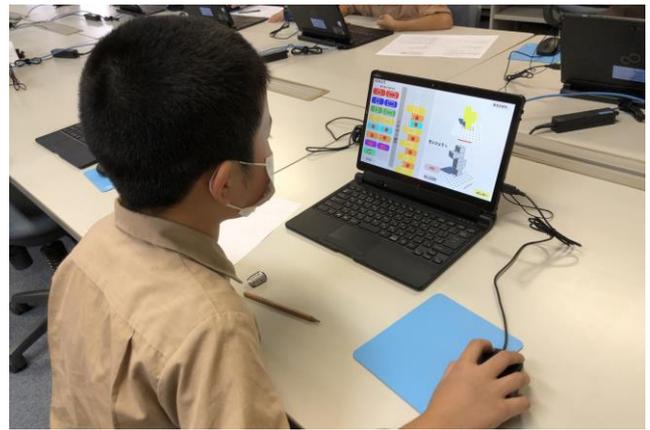


図 7 実験風景

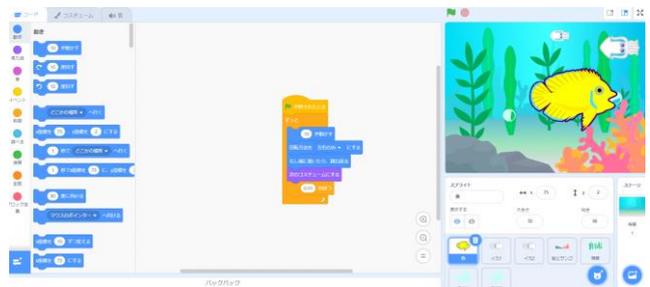


図 8 Scratch の画面

質問番号【6】では体験した感想を自由に書いてもらった。

5. 結果と考察

実験後の「きずぷろ」および Scratch のアンケート結果について表2に示す。また, 「きずぷろ」の結果を表3, Scratchの結果を表4に示す。

5.1 難易度について

表2の【1】「このシステムは簡単だった。」という質問に対して, 「きずぷろ」では, 「1. とても当てはまる」が2名, 「2. 当てはまる」が11名であった。また, 自由記述では, 「命令数が少なく分かりやすい。」「レベル2の「いぬ」から難しい。」という意見が得られた。

それに対して, Scratch では, 「1. とても当てはまる」が5名, 「2. 当てはまる」が13名であった。また, 自由記述では, 「家や授業で慣れていて簡単だった。」「説明してもらおうとわかった。」という意見が得られた。

以上のことから, 難易度については Scratchの方が簡単であるという結果が得られたが, 自由記述の内容から, 慣れによるものや, Scratchについて詳しい先生の説明が分かりやすかったため, 評価が高くなった可能性が考えられる。また, 「きずぷろ」の自由記述ではレベル2から難しいという意見があり, 表3の結果をみてもわかるように, レベル1をクリアできた児童は多いがレベル2以上をクリアできた児童は半数以下となっている。体験時の動画を確認すると, レベル2をクリアできない児童の多くがレゴブロック

表 2 きずぷろと Scratch のアンケート結果

質問番号	質問内容	きずぷろの分布					Scratchの分布						
		1	2	3	4	5	無回答	1	2	3	4	5	無回答
【1】	このシステムは簡単だった.	2	11	9	6	1	2	5	13	8	2	1	2
		(1)	(3)	(4)	(3)	(0)	(0)	(1)	(5)	(3)	(2)	(0)	(0)
【2】	このシステムの操作は分かりやすかった.	8	10	6	4	1	2	10	14	4	1	0	2
		(1)	(6)	(4)	(0)	(0)	(0)	(3)	(6)	(2)	(0)	(0)	(0)
【3】	このシステムは家でも使いたいと思った.	9	8	5	5	2	2	11	5	7	3	3	2
		(3)	(3)	(4)	(1)	(0)	(0)	(3)	(1)	(5)	(1)	(1)	(0)
【4】	命令ブロックの意味がすぐに理解できた.	6	8	6	5	3	3	7	12	5	4	1	2
		(2)	(4)	(3)	(2)	(0)	(0)	(3)	(3)	(1)	(4)	(0)	(0)
【5.1】	目標に対して、どのように進めていけば良いのか予想することができた.	7	13	5	3	1	2	6	14	5	3	1	2
		(2)	(7)	(2)	(0)	(0)	(0)	(1)	(6)	(2)	(2)	(0)	(0)
【5.2】	目標に対して、命令ブロックの数を正しく選ぶことができた.	5	11	8	4	1	2	9	9	10	1	0	2
		(3)	(5)	(2)	(1)	(0)	(0)	(2)	(2)	(7)	(0)	(0)	(0)
【5.3】	目標に対して、命令ブロックの種類を正しく選ぶことができた.	8	14	3	3	1	2	5	12	11	0	0	3
		(2)	(8)	(0)	(1)	(0)	(0)	(1)	(4)	(6)	(0)	(0)	(0)
【5.4】	いくつかの場所で似た命令ブロックの並べ方に気が付いた.	5	10	12	1	1	2	1	9	6	0	1	14
		(3)	(2)	(6)	(0)	(0)	(0)	(0)	(4)	(2)	(0)	(1)	(4)

※ ()内はScratch経験なしの結果

表 3 きずぷろの結果

到達レベル	人数
不明	1
なし	2
1	17
2	5
3	6
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
合計	31

表 4 Scratch の結果

課題	人数
不明	2
未達成	3
達成	26
合計	31

を配置する命令と動作の命令の順番を逆に並べていたためだと考えられる。そのため、命令の並べ方を検討する必要があることや、命令がどこにかかっているのかをわかりやすくするため、同じ背景色で囲む等の工夫が必要である。また、表 4 から Scratch では、ほとんどの児童が課題を達成しており、達成できなかった児童は 3 人であった。3 人の内 2 人は一切命令を並べていなかったが、1 人は命令の順番を間違えていたため、未達成となっていた。ビジュアルプログラミングツールでは命令の並べ方をわかりやすくする必要があることがわかった。

5.2 操作性について

表 2 の【2】「このシステムの操作性は分かりやすかった。」という質問に対して、「きずぷろ」では、「1. とても当て

はまる」が 8 人、「2. 当てはまる」が 10 人であった。また、自由記述では、「選択肢が少なくわかりやすい。」「動かし方がわからない。」という意見が得られた。

それに対して、Scratch では、「1. とても当てはまる」が 10 人、「2. 当てはまる」が 14 人であった。また、自由記述では、「先生の説明がわかりやすい。」「どこに命令があるかわからなかった」という意見が得られた。

以上のことから、操作性についても Scratch の方がわかりやすいという結果が得られた。しかし、自由記述を確認すると難易度に関するアンケートと類似する意見があり、改善点についても同じであると考えられる。また、Scratch の自由記述で命令の場所が分からなかった理由は、それぞれの命令がメニューで分けられているため、一目見てわかりづらいのではないかと考えられる。

5.3 面白さについて

表 2 の【3】「このシステムは家でも使いたいと思った。」という質問に対して、「きずぷろ」では「1. とても当てはまる」が 9 人、「2. 当てはまる」が 8 人であった。また、自由記述では、「レベルが上がって難しくなるのが楽しい」「腕を磨きたい」という意見が得られた。

それに対して、Scratch では、「1. とても当てはまる」が 11 人、「2. 当てはまる」が 5 人であった。また、自由記述では、「楽しい・面白いから」「一人でやるのが難しい」「PC がない」という意見が得られた。

以上のことから、家でも使いたいかについては、どちらも同程度の評価であった。Scratch の自由記述で PC がいないためできないという意見があったことから、本システムをタブレット端末やスマートフォンで利用できるシステムとしたことに意味があったのではないかと考えられる。また、Scratch 経験のない児童だけの評価を確認すると、Scratch の評価よりも「きずぷろ」の評価が少し高い評価であった。また、自由記述では意欲的な意見が多かったことから、本システムは児童の興味を引くことができたのではないかと考えている。

5.4 命令ブロックの理解について

表 2 の【4】「命令ブロックの意味がすぐに理解できた。」

という質問に対して、「きずぷろ」では、「1. とても当てはまる」が6人、「2. 当てはまる」が8人であった。また、自由記述では、「絵が描かれていてわかりやすい」「命令の出し方が難しい」という意見が得られた。

それに対して、Scratch では、「1. とても当てはまる」が7人、「2. 当てはまる」が12人であった。また、自由記述では、「文字が書いてある通りできた」「先生の説明で分かった」「やったことがあるから」という意見が得られた。

以上のことから、命令ブロックについては、Scratch の方がわかりやすいという結果が得られた。しかし、自由記述をみると説明がわかりやすかったことや過去に Scratch を使用したことがありそれらが影響している可能性がある。そこで、Scratch 経験なしの結果をみると「4. 当てはまらない」が Scratch の方が多いことから Scratch 経験のない人ではイラストで描かれている方がわかりやすいのではないかと考えられる。また、文字がわかりやすいと答える児童もいたことからイラストと文字を併用することで改善できるのではないかと考えている。また、命令の出し方が難しいという意見については、Scratch がドラッグ&ドロップの操作であるのに対して、「きずぷろ」はボタン操作であったためだと考えられる。

5.5 プログラミング的思考について

表3の結果を確認すると、「きずぷろ」では児童のほとんどがレベル1をクリアしており、レゴブロックの配置の命令が初めにくると、手順を正しく作ることができるのではないかと考えられる。しかし、レベル2、レベル3をクリアできた児童が全体の約3分の1程度であることから、難易度を調整することや簡単なチュートリアルを設ける必要がある。

表2の【5.1】～【5.4】についてはプログラミング的思考に関するアンケートである。アンケート結果から、【5.1】、【5.3】については Scratch よりも「きずぷろ」の方が少し高い評価であることがわかった。【5.1】の予想するについては目標物が明確に示されていたためわかりやすかったのではないかと考えている。また、【5.3】の命令の種類を正しく選ぶことについては、命令がイラストで明確であったため、種類を選びやすかったのではないかと考えられる。また、【5.2】の命令の数を正しく選ぶことについては、Scratch の評価が高く、課題に使用する命令が少なかったためではないかと考えられる。また、Scratch 経験なしの結果を確認すると全体的に「きずぷろ」の評価が高かったことから、経験の有無の影響は大きいのではないかと考えられる。最後の質問である【5.4】の類似した命令の並べ方に気付くことについては、アンケート用紙のレイアウトの問題で無回答が多くみられた。

6. まとめ

本研究では、レゴブロックの組み立て遊びに着目し、ビ

ジュアルプログラミングを行うことでプログラミング的思考を育成することを狙いとしたアプリの開発を行った。PC 使用経験を必要とせず、低学年から使用できるようにするためタブレット端末を用いた。実験の結果、本システムはプログラミング的思考のいくつかの項目において影響を与える可能性があることがわかった。

今後の課題としては、ビジュアルプログラミングの並べ方の修正、簡単なチュートリアルの追加、レベルを現在より大幅にさげ、命令ブロックの動作をわかりやすくすることで低学年でも使用できるシステムを目指す。

参考文献

- [1] 文部科学省. 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) . 2017.
- [2] 文部科学省. 小学校プログラミング教育の手引き (第三版) . 2020.
- [3] 文部科学省. 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) . 2016.
- [4] 中川一史, 井上昇, 金子和男, 山中昭岳, 清水匠, 津下哲也, 戸田市教育委員会, 大阪市教育委員会, 柏市教育委員会, 柏メディア教育研究会, 赤堀侃司, 小泉一, 中川一史, 森本康彦, 石戸奈々子, 阪上吉宏, 日本マイクロソフト株式会社. 第2版「プログラミングで育成する資質・能力の評価基準 (試行版)」 Ver.2.0.0. 2018.
- [5] 稲富峻祐, 大井翔, 後藤壮史, 佐野睦夫. きずぷろ: 組み立て遊びによるプログラミング的思考の育成のための学習アプリの検討. 教育工学研究会, 2020.
- [6] 大井翔, 並里翔平, 後藤壮史, 佐野睦夫. こんぷれ: 組み立て遊びによる論理的思考力の訓練システムの提案. 教育工学研究会, 2020.
- [7] 田中元気, 谷口航平, 桑原宏輔, 葛尾耕平, 安達拓也, 濱川礼. 「ものづくり」を取り入れたプログラミング教育システムの提案. マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2017) シンポジウム, 2017.
- [8] 萩原克幸. 小学校におけるロボットプログラミングの実践について. 2017 年度三重大学教育学部研究紀要, 第 68 巻, pp.307-pp.315 頁, 2017.
- [9] 藤沼航, 坂本弘志, 松原真理. 小学校3年生を対象にしたプログラミングの授業実践. 宇都宮大学教育学部教育実践紀要, 第 3 号, 2017.
- [10] “Scratch”. <https://scratch.mit.edu/>, (参照 2020-12-18).
- [11] 森秀樹, 杉澤学, 張海, 前迫孝憲. Scratch を用いた小学校プログラミング授業の実践～小学生を対象としたプログラミング教育の再考～. 日本教育工学会論文誌 34(4), pp.387-pp.394, 2011.
- [12] Andreas Giannakoulas, Stelios Xinogalos. A pilot study on the effectiveness and acceptance of an educational game for teaching programming concepts to primary school students. Education and Information Technologies volume 23, pp2029–pp2052, 2018.
- [13] “MakeCode for Minecraft”. <https://minecraft.makecode.com/#>, (参照 2020-12-18).
- [14] 島袋舞子, 兼宗進. ドリルの王様 1,2 年のたのしいプログラミング 新学習指導要領対応. 新興出版社, 2019.
- [15] “the LEGO Group: Building Instruction | LEGO®Classic”. <https://www.lego.com/en-us/themes/classic>, (参照 2020-12-18).
- [16] “NHK 「Why!?!?プログラミング」 ”. <http://www.nhk.or.jp/gijutsu/programming/>. (参照 2020-12-18).