

きずぷろん：小学校プログラミング教育のための論理的思考力に 基づくブロック組み立て遊びアプリの開発

織原知賢^{1,a)} 稲富峻祐¹ 大井翔^{1,b)} 後藤壮史²

概要：小学校段階におけるプログラミング教育が文部科学省によって必修化されている。小学生を対象にプログラミング教育を行うための教育用ツールは様々なものが開発されている。その中で、我々はこれまでに小学生を対象とした、ブロックの組み立て遊びに着目したプログラミングアプリ「きずぷろん」を開発した。本研究では、「きずぷろん」では含まれていなかった論理的推論力の育成と発達段階に合わせた教育ができる「きずぷろん」の開発を行っている。今回は、前段階として大学生を対象に実験を実施する。

キーワード：プログラミング教育，プログラミング的思考，論理的思考，組み立て遊び，ビジュアルプログラミング

Kids Programming with Logistic Thinking: Development of Computational Thinking through Block Constructing Plays for Programming Education

TOMOTAKA ORIHARA^{1,a)} INATOMI SHUNSUKE¹
OOI SHO^{1,b)} GOTO TAKESHI²

Abstract: The Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology (MEXT) has made programming education compulsory for elementary school students. Researchers have been developed a variety of educational tools to provide programming education for elementary school students. Among them, we have developing "KidsProgramming," a programming application for elementary school students that focuses on the play of building blocks. This study develops "KidsProgramming with Logistic Thinking" to foster logical reasoning and provide education tailored to developmental stages, which "KidsPro" did not include. This time, as a preliminary step, we will experiment with university students.

Keywords: Programming Education, Computational Thinking, Logical thinking, Constructing Plays, Visual Programming

1. はじめに

近年、情報化社会に伴い、小学校段階においてもプログラミング教育が求められている。平成 29 年度に告示された小学校学習指導要領では、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[1]。その中で、国語や理科などの学習活動に関して、児童がコンピュータで文字を入力するなどの情報手段の基本的な操作の習得や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。

小学校における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・能力と同様に、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]。

表 1 プログラミング教育で育む資質・能力

Table 1 Qualities and abilities nurtured through programming education

知能及び技能	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づくこと。	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。

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

1 大阪工業大学
Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology
2 奈良県王寺町立王寺小学校
Oji Elementary School

a) tomotaka.orihara@mix-lab.net
b) SHO.OOI@outlook.jp

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].

プログラミング的思考を育成する方法としていくつか提案がされている。我々はこれまでに、図1に示すような「きずぶろ*1」の開発を行っている[4].「きずぶろ」は小学校低学年からでも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ようなシステムである。ブロックの組み立て遊びを題材としており、学習者はレベル別に設定された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。これによりプログラミング的思考の育成を試みるものである。

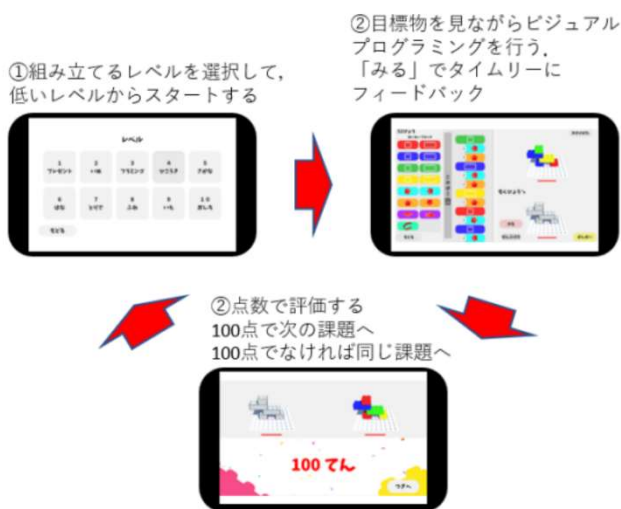


図1 「きずぶろ」システムの概要
Figure 1 Overview of KidsPro

「きずぶろ」の問題点として、「みる」ボタンによって一連の活動の道筋を大まかに考えるといった論理的思考を行った痕跡が残らないことと、発達段階に即したプログラミング的思考の育成手法が目標物のレベルのみで分けられており、各学年に応じたブロックの組み立て方を考える上での難易度の調整が含まれていない。これらの問題点を踏まえて小学校プログラミング教育のためのツール「きずぶろん*2」の開発を行う。

「きずぶろん」とは従来の「きずぶろ」に論理的思考の「ろん（論）」を足して命名した。「きずぶろん」では「き

ずぶろ」で達成できなかった論理的思考の育成に重きを置いており、具体的な方法として、ブロックのビジュアルプログラミングを行う前に、どのようなブロックをどのような置き方で配置すれば目標物になるかといった全体のおおまかなビジュアルプログラミングの流れを予想する工程を取り入れたものである。また、発達段階におけるビジュアルプログラミングへの負荷としては目標物の図のブロックとブロックの境界を失くすことで、それぞれどの部分にどのブロックが使われているのかわからないようにし、体験者に考えさせる仕組みである。

2. 従来の「きずぶろ」について

2.1 「きずぶろ」の流れ

「きずぶろ」の流れを図2.1に示す。「きずぶろ」は大きく4つのパートがある。

- (1) レベルの選択
- (2) 「もくひょう」を見てどのようにブロックを組み立てるか考える
- (3) 「みる」ボタンを押すことでデバッグを行う
- (4) 「かんせい」ボタンを押すことで評価をフィードバックする

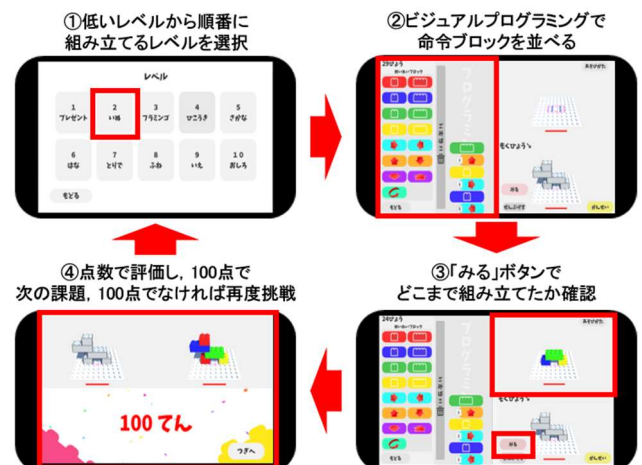


図2 「きずぶろ」の使用手順
Figure 2 How to use KidsPro

プレイするレベルを低いところから選択する。次にビジュアルプログラミング画面が表示されるため、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。このとき、「みる」ボタンを押す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、自身の間違いなどを考えることができる。最後に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

*1 きずぶろ: Kids Programming の略から命名

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。

2.2 目標物

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[5]を参考にレベルを設定した。

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

Figure 3 Assembly target

2.3 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、ブロックを配置する命令ブロックが8個、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、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きると考えた。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。



図4 ビジュアルプログラミング画面

Figure 4 Visual programming screen

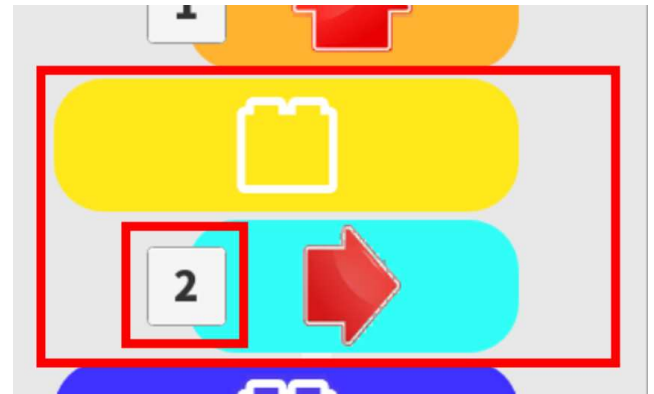
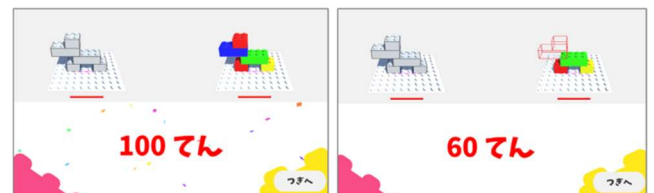


図5 命令ブロック

Figure 5 Instruction block

2.4 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、組み立てたブロックの正解数に100を掛け、目標物のブロックの数で割った数である。



● $5 \times 100 / 5 = 100$ てん ● $3 \times 100 / 5 = 60$ てん

図6 結果画面

Figure 6 Result screen

2.5 「きずぶろ」の課題点

小学校低学年から利用することのできる「きずぶろ」の開発を行っているが、「きずぶろ」の課題点として主に二つのことが挙げられる。

1つ目が「みる」ボタンによる論理的思考能力育成の欠如である。「みる」ボタンを押すことによって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のプログラミングでも行われている作業である。しかし、一つ一つのブロックごとに「みる」ボタンを使うことで一つのブロックに対して一度動かして正解か検証、もう一度動かして正解か検証といった具合に、一つずつ合否判定を得ることができ、プログラミング的思考の目的の要素である一連の活動の実現のためのそれぞれの動きの組み合わせを考える力が育成されないと考える。この目的を達成するために物事の道筋を考えて段階的に判

断していく思考を論理的思考と呼ぶ。プログラミング的思考はこの論理的思考の中から、より効率の良い手順を考えることをいうため、論理的思考、論理的推論が大切であると考える。

2つ目が発達段階に即した思考への負荷の欠如である。小学校の児童を対象としたプログラミング教育に関する研究として大井らが行ったブロックを用いた組み立て遊びにおける論理的思考力の向上を目指した研究がある[6]。このシステムは小学校低学年も活用することができ、学校現場で導入しやすいようにブロックとスマートフォンを用いる。画面に表示された目標物の形を確認し、スマートフォンを上部に取り付け、ブロックを3つのルールに従って組み立てていく。組み立てる際の3つのルールは「条件1：同じ形を組み立てる」、「条件2：隣合う色は重ならないように組み立てる」、「条件3：少ない色で組み立てる」であり、四色定理を参考としている。組み立て時には設置したスマートフォンでブロックを識別しており、最後にシステムからフィードバックされた点数を見て、過程のよし悪しを考えるシステムである。「きずぶろ」は、小学校低学年向けとして開発したアプリであるが、実際に実験したのはPCクラブに所属する4,5,6年生であった。低学年にも利用してもらおうことを考え、ステップアップしていくために、学年別に前述のようなレベルに違いを設けるべきではないかと考えた。

本研究では、1つ目の課題である論理的思考力を可視化するシステムについて述べる。

3. 「きずぶろん」：論理的思考に基づくプログラミング的思考育成アプリ

3.1 論理的推論力の育成

従来の「きずぶろ」ではどのような手順でブロックを配置すれば目標物になるか大まかな予想をした際の痕跡が残らない。そこでビジュアルプログラミングを行う前に目標物を確認し、あらかじめ使用する命令ブロックを入力する要素を考案した。つまり、「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」を取り組んだシステムとする。図7に示す画面を図2の①レベル選択画面と②ビジュアルプログラミング画面の間に挿入する。

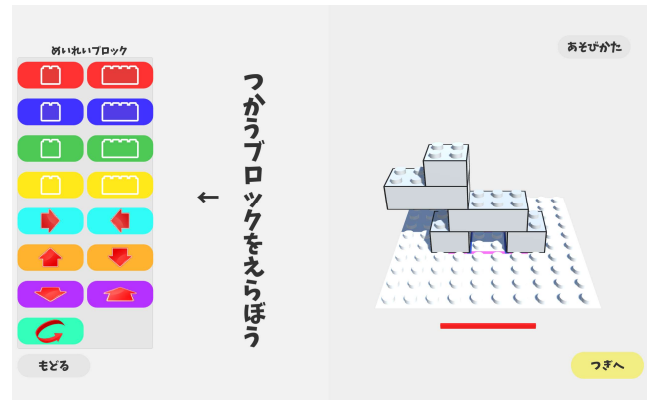


図7 命令ブロック選択画面

Figure 7 Instruction block selection screen

命令ブロックを押した数だけ選択され、図8のように数字が出力される。

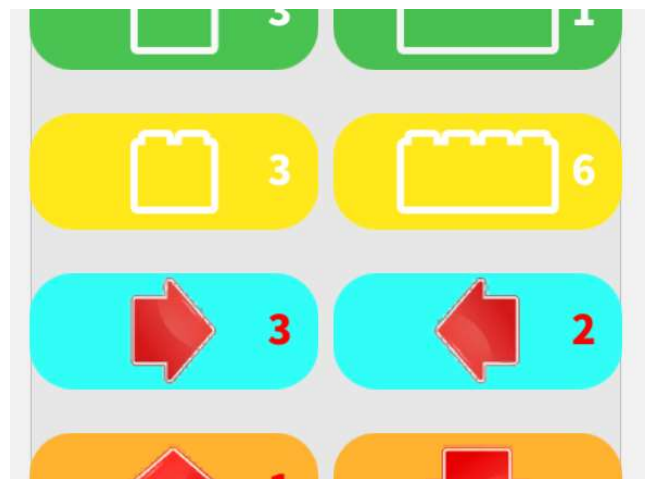


図8 選択された命令ブロック

Figure 8 Selected instruction block

すべての命令ブロックを選択した後、「つぎへ」ボタンを押すと図9で示すビジュアルプログラミング画面に移動する。この時命令ブロックにいくつ使用できるかといった数字が出力されており、この数字は押すごとに減っていく。こうすることでビジュアルプログラミングをする前に目標物をどのような道筋で組み立てればよいか考える必要があり、論理的推論力の育成を図る。

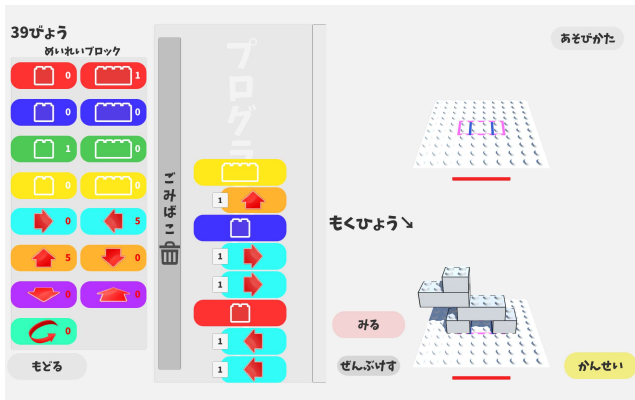


図9 命令ブロックを選択した後のビジュアルプログラミング画面

Figure 9 Visual programming screen after selecting instruction blocks

3.2 発達段階に即したプログラミング的思考

従来の「きずぷろ」では目標物のレベルが存在するが、どのレベルも考え方は同じである。これでは思考の仕方がワンパターンであると考えられる。また、従来の目標物の図を確認しながらどのブロックを使うかといった命令ブロックを選択することは容易であるため、追加する発達段階に即したレベルとして、目標物の図のブロックとブロックの境界線を失くし、図10のようにシルエットのみにするというものである。こうすることでどのブロックをどの場所で使用するのかという一段階複雑な思考が必要となり、発達段階に即した思考を試みる。

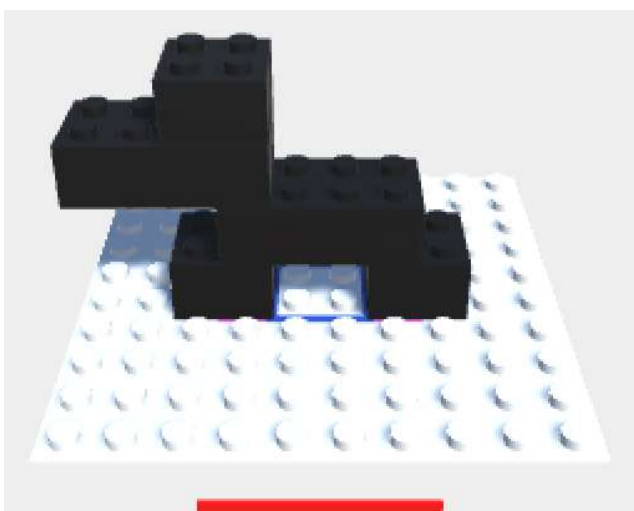


図10 シルエットのみの目標物 (いぬ)

Figure 10 Silhouette only target (dog)

4. 実験

4.1 実験の概要

実際に小学生に使用してもらう前に、2021年12月8日

(水)に大阪工業大学の「きずぷろ」を使用したことのない4年生5人を対象に学生実験を行った。図10が実験風景である。



図10 学生実験の風景

Figure10 Scene of a student experiment

学生実験で確認したことはシステムの難易度、操作性、面白さ、命令ブロックのわかりやすさ、改善点やプログラミング的思考と論理的思考を育成できるかどうかである。実験の流れとしては「きずぷろ」と「きずぷろん」の違いの説明を5分ほど筆者から行った後、目標物をシルエットにする機能を使用せず、「きずぷろん」のそれぞれのレベルを体験してもらい、その後アンケートに回答してもらった。アンケートには5段階のリッツカート尺度を用いて行い、「1. とても当てはまる」「2. 当てはまる」「3. どちらとも言えない」「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。アンケート項目は従来研究と同様で以下の通りとした[4].

- (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、わ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、どのように進めていけばい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のかに

表2 アンケート結果

Table 2 Questionnaire Results

質問番号	質問内容	1	2	3	4	5
(1)	このシステムは簡単だった.	0	1	2	1	1
(2)	このシステムの操作は分かりやすかった.	0	2	1	1	1
(3)	このシステムは家でも使いたいと思った.	0	2	1	1	1
(4)	命令ブロックの意味がすぐに理解できた.	1	2	0	2	0
(5.1)	目標に対して、どのように進めていけばいいのか予想することができた.	0	5	0	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.	0	3	1	1	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.	1	2	1	1	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.	2	2	1	0	0

ついで理由を任意で記述式で回答してもらった。また、最後の質問番号 (6) では体験した感想を自由に書いてもらった。本実験において大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の承認を経て実施した (承認番号:2021-44)。

5. 結果と考察

実験後のアンケート結果について表2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「2. 当てはまる」が1名、「3. どちらとも言えない」が2名、「4. 当てはまらない」「5. 全く当てはまらない」が1名ずつであった。また、自由記述では「かなり考えないと、うまく作れない。」「ルールの理解に時間がかかるが、理解してしまえば簡単だった」という意見が得られた。これは使用するブロックを選択する時点ですべてのブロックの位置を正確に理解する必要があるため、難しく感じた学生が多いのではないかと考えられる。小学校の児童が予想するには難易度が高いと考えられるため、今回の結果を基に調整する必要がある。

考えられる調整として命令ブロック選択画面の目標物の図を図10のようにシルエットのみし、どの形の何色のブロックを使用するかを入力する。つまりブロックの置く場所を移動させる命令ブロックの選択は行わないシステムである。シルエットのみの目標物に対してどのブロックをどの部分に置けばよいかを考えることを想定している。これについてさらに実験が必要であると考えられる。

5.2 操作性について

表2の(2)「このシステムの操作は分かりやすかった。」という質問に対して、「2. 当てはまる」が2名、「3. どちらとも言えない」「4. 当てはまらない」「5. 全く当てはまらない」が1名ずつであった。また、自由記述では「慣れないとなかなか操作がうまくできない」「UIがシンプルで分かりやすい」「タブレットでの操作はやりやすいが、命令ブロックが積み重なりすぎて見にくい」という意見が得られた。これはプログラミングエリアに置かれた命令ブロックはドラッグ操作で順序の変更やごみばこに移動させることができるが、左の命令ブロック入力欄はドラッグ操作ではプログラミングエリアに配置することができないため

だと考えられる。

また、プログラミングエリアやあそびかたのスクロールバーに気付かず、隠れていたページなどを見ることができていなかった学生も多かった。これに関して色を濃くすることや、背景の色を変えるなどの改善が必要であると考えた。

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、「2. 当てはまる」が2名、「3. どちらとも言えない」「4. 当てはまらない」「5. 全く当てはまらない」が1名ずつであった。また、自由記述では「慣れると面白かったので家でもやりたい。」「将来、子供のいる家庭で使いたい。」「従来にないものだと思うが、面白みがない。」という意見が得られた。このことから小学校の児童が自宅等で課外学習をする上ではスマートフォンやタブレット端末で使用できるシステムのため、有効ではないかと考えられる。

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「1. とても当てはまる」が1名、「2. 当てはまる」「4. 当てはまらない」が2名ずつであった。また、自由記述では「直感的には分かりづらかった。」「補足説明がないと分からない。」という意見が得られた。これは左右と奥、手前に動かすよう指示する命令ブロックがどのくらいの距離動くのか書かれていなかったためだと考えられる。小学校の児童が見やすいように文字を書かないようにしたが、改善が必要である。

5.5 プログラミング教育について

表2の(5.1)～(5.4)については論理的思考、プログラミング的思考に関するアンケートである。使用する命令ブロックを入力することで表2の(5.1)「目標に対して、どのように進めていけばいいのか予想することができた。」という質問で5名全員「2. 当てはまる」と非常に高い評価を得ることができた。これは命令ブロック選択画面ですべてのブロックの予想を立てる必要があったためだと考えられる。(5.2), (5.3)については目標が明確であり、ビジュアルプログラミング中のみるボタンのデバッグ作業によって正しく選ぶことができたのではないかと考えられる。(5.4)ではプログラミングにおいて重要な要素のひとつである繰り返し

に気付くことができる可能性が示唆されたと考えられる。

6. まとめ

本研究では、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前に全体の大まかなブロックの組み立て方を予想することで論理的思考と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。学生実験の結果より、システムがプログラミング教育、論理的思考の育成に有効である可能性が示唆された。また、難易度や操作性に関する結果より、システムの改善点を見出すことができた。

今後の課題としては、先述のシルエットをみて使用するブロックの命令ブロックを選択するシステムの導入、レベルの調整、命令ブロックの動作をわかりやすくすることが挙げられる。また、実際のブロックを使用するシステムも取り入れたいと考えている。

今後は実際の小学校の児童を対象に実験を行い、「きずぷろん」の評価を行う予定である。

謝辞 本研究の実施に当たり、JSPS KAKENHI Grant Number JP19K20750 の支援を受けた。本稿の作成、並びに本研究にご協力いただいた皆様に、謹んで感謝の意を表する。

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(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] 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力の育成アプリの開発,情報処理学会インタラクション 2021
- [5] the LEGO Group: Building Instruction |LEGO@Classic,<https://www.lego.com/en-us/themes/classic> (最終閲覧日:2021/7/27).
- [6] 大井翔,並里翔平,後藤壮史,佐野睦夫:こんぶれ: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.