

こみゅぷろ：伝達プログラミングによるプログラミング的思考力向上システムの開発

小川 虎次郎^{1,a)} 大井 翔^{1,b)}

概要：小学生の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が行われ、小学生を対象とした様々なプログラミングツールが開発されている。その中で我々はこれまで小学生を対象とした、ブロック組み立て遊びに着目したプログラミングツール「きずぷろ」の開発を行ってきた。本研究では「きずぷろ」にさらに伝達コミュニケーションを組み合わせた小学生のプログラミング的思考力を育成ができる「こみゅぷろ」の開発を行った。実験を行った結果は、システムの体験は楽しい一方で難しいとの意見があった。また、本提案システムは、プログラミング的思考の向上の可能性があったことが分かった。

1. はじめに

近年、情報化社会に伴い小学生の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 小学校段階におけるプログラミング教育で育む資質・能力 [2]

知識及び技能	思考力、判断力、表現力等	学びに向かう力、人間性など
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。小学生におけるプロ

プログラミング教育では、実際にプログラミング的思考を育むことが目的である。文部科学省によるとプログラミング的思考は、「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、記号を」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、といったこと論理的に考えていく力 [3]」と述べられている。

このような背景の中、我々は図 1 に示すような対話コミュニケーションをしながらプログラミングを行う「こみゅぷろ」を開発した。「こみゅぷろ」の命名は、コミュニケーションとプログラミングから命名した。

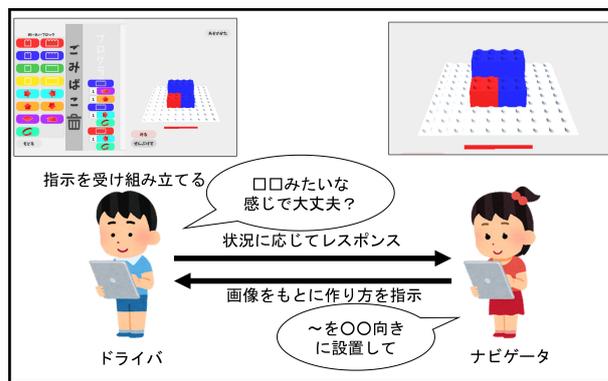


図 1 「こみゅぷろ」の概要

現在までに、プログラミング教育に関する研究は盛んに行われている。萩原らはレゴマインドストーム NXT を用いて、小学校高学年の児童がプログラムでロボットを動かす研究を行った [4]。藤沼らは小学校 3 年生を対象として、

¹ 大阪工業大学

^{a)} kojiro.ogawa@mix-lab.net

^{b)} sho.ooi@outlook.jp

レゴ社の EV3 でロボットプログラミングする研究を行った [5]。ロボット活用に関する研究では、費用や十分なスペースが必要なことや、PC やセンサ等に不慣れな児童がいたことが挙げられている。

森らはビジュアルプログラミングツールである Scratch[6] を活用した小学校 4 年生を対象に実験を行った結果として、小学校段階でプログラミングを学ぶことが可能であることが分かった。

大井らが行ったレゴブロックの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 [7]。小学校 2, 3 年生に実施可能で効果があり、小学校 1 年生にとってはルールが難しかったことを述べられている。

これらのように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おり、我々はこれまでに、図 2 に示すような「きずぶろ」の開発を行っている [8]。

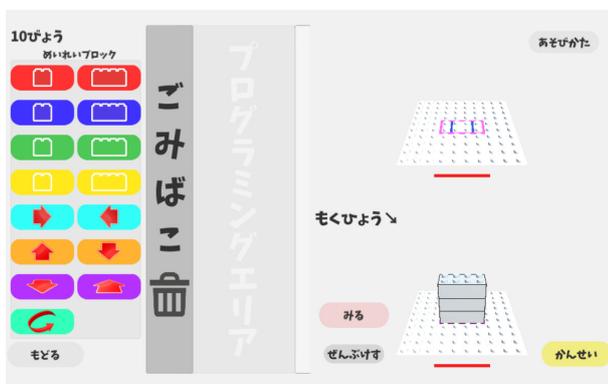


図 2 「きずぶろ」のプレイ画面

「きずぶろ」はプログラミング的思考の目標である、「コンピュータの働きを自らの問題解決で使うために論理的推論を行うこと」、「自分が意図する一連の活動を実現するために、大きな動き（事象）は小さな（事象）に分割すること。いわゆる分解」、「分割した動き（事象）の中から適切な側面・性質だけを選び出し、ほかの部分を除くこと。いわゆる抽象化」、「記号（動き）の類似部分を特定して、別の場合でも利用できる内容にすること。いわゆる一般化」、「目的に合わせてよりよい手順を創ること」、「目的に対して、必要十分な評価の観点を考え、実行したことが、意図した活動に近づいているかどうか評価すること」これら 6 つの内容に分かれており [9]、アプリケーションに組み込まれている。

「きずぶろ」は KidsProgramming の略から命名され、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での直感的な操作が可能となるシステムである。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。また、文部科学省が定めた GIGA スクール構想により、1 人 1 台端末環境の実現を目指しており [10]、児童がタブレット端末を身近に所持する環境が用意されていることから、自宅や学校といった環境を問わずに行うことができる。「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といった論理的思考を行った痕跡が残らないという点が挙げられる。この問題点をふまえて図 1 に示す新たなシステム「こみゅぶろ」の開発を行った。

我々の開発している「こみゅぶろ」では、目標だけを見て指示を行うナビゲータと、ナビゲータからの指示を受け組み立てを行うドライバの 2 人で協力し目標の組み立てを行うといった「きずぶろ」にペアプログラミングを取り入れたようなシステムである。図 1 に示すように、ナビゲータは組み立てる方法を頭の中で順序だて相手に伝える必要があり、ドライバはナビゲータからの指示を正確に組み立てる必要があるようにし、体験者のプログラミング的思考力を育成する仕組みである。

研究の目的は、低学年の児童でも実用可能であり、ビジュアルプログラミングと伝達コミュニケーションを取り入れ、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、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新たなアプリケーションの開発である。

2. 関連研究

萩原らが行ったレゴマインドストーム NXT を用いて、小学校高学年の児童がプログラムでロボットを動かす研究がある [4]。レゴマインドストームは、ロボットプログラミングの学習を主とするため、ロボットは事前に組み立てられたものを活用している。実験は、小学生 5, 6 年生を対象に行われ、1 クラスあたり 30 名前後の児童で行われた。授業時間は 4 限で行われた。1 限目は講義形式の授業を実施し、2 限目～3 限目は教育学部生のサポートの下で、実習が行われた。その後、学習のまとめが行われた。結果として、ロボットプログラミングは児童の興味をひき、思考的トライエラーを行う上で、優れた教材であることが分かった。しかし、問題点としてある程度の費用が必要であると述べられている。

藤沼らが小学校 3 年生を対象として行った、レゴ社の EV3 でロボットプログラミングする研究がある [5]。EV3 はレゴ社が開発したロボット教材であり、比較的プログラムが簡単なことや、センサの種類が多く組み立てができる等の応用が広い。実験は小学生 3 年生の 2 クラスで実施し、2 時間連続で 3 週間行われた。2 人 1 台を用いた。1 時間目のガイダンスや手書きのアルゴリズム、2 時間目にパソコンの扱い方やロボットとソフトウェアの扱い方、3, 4 時間目ではロボットを車に見立てて、車庫入れするプログラム課題、5, 6 時間目にはセンサで停止する動作を加え、

コースを完走するプログラム課題に取り組んだ。アンケートの結果や授業での様子から、楽しみながらプログラミングしていることが分かった。しかし、PC に不慣れな児童がいたことや、センサを理解することが難しい児童がいたと述べられている。また、ロボットを動かすには十分なスペースが必要となる。

森らが行ったビジュアルプログラミングツールであるScratch[6]を用いた実験がある。小学校4年生を対象に計26時間にわたり実験を行った。実験は4段階に分かれており、1段階目に、命令ブロックの意味を探る課題、1段階目にScratchで図を描く課題、3段階目にインタラクティブな作品作りの課題、4段階目に4~5人のグループでセンサーボードを活用した作品作りを行った。結果として、26時間の授業を通して、制御や繰り返し、条件分岐等のプログラミングができ、「楽しかったか」という質問に対しても、肯定的な意見が多かった。

大井らが行ったレゴブロックの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[7]。このシステムでは、小学生低学年でも活用でき、安価で学校現場にも導入しやすいように、レゴブロックとスマートフォンを活用している。タブレット端末に表示された目標物を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：隣り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」である。組み立て時には、上部に設置したスマートフォンでレゴ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、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。このシステムは小学校1年生~3年生8名を対象に実験が行われ、小学校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。

3. こみゅぶろ：伝達プログラミングによる論理的思考力向上システム

3.1 システム概要

「こみゅぶろ」はWebアプリケーションであるためアプリをインストールすることなくインターネットにつながれる環境であればどこでもプレイすることが可能である。オンラインでプレイすることが可能であり、オンラインシステムの実装にはPhotonPUN2[11]を使用した。

3.2 「こみゅぶろ」の流れ

「こみゅぶろ」の流れを図3に示す。「こみゅぶろ」には大きく分けて3つのパートがある。

- (1) レベルの選択
- (2) ナビゲータからの指示をドライバが受け目標物を組み立てる
- (3) 「かんせい」ボタンを押して完成したものに対する評

価をドライバ、ナビゲート2人に行う

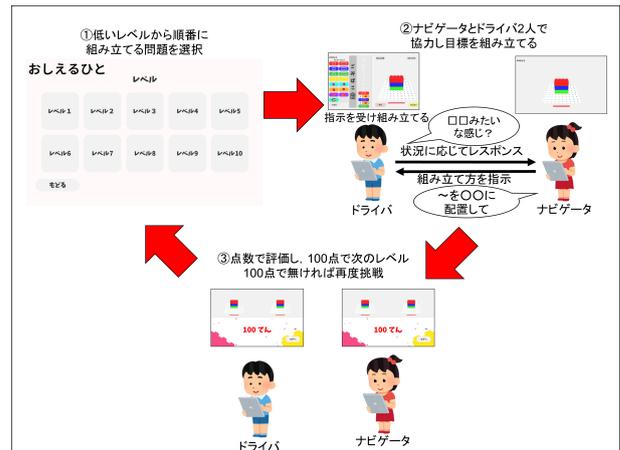


図3 「こみゅぶろ」の流れ

選択するレベルは低いレベルから選択する。次に目標物を組み立てるドライバにはビジュアルプログラミングを行うための画面が表示され、ドライバに組み立ての指示を行うナビゲータは目標物が画面に表示される。ナビゲータが目標物を組み立てるための指示をドライバに行い、ドライバはナビゲータの指示を受けビジュアルプログラミングを行う。完成したと思った時点でドライバが「かんせい」ボタンをタッチすると、ドライバ・ナビゲータともに点数と目標物、組み立てたものが表示される。100点でなかった場合、ナビゲータとドライバ2人でどこが間違っていたのかなどを話し合い、再挑戦を行う。100点であれば次に課題に挑戦する。このようにドライバは目標物がわからない状態で目標物を組み立て、ナビゲータは頭の中で相手の状況を組み立てていく必要があるこのような作業を繰り返して、プログラミング的思考力を育成する。

3.3 目標物

ビジュアルプログラミングを行う際に、ナビゲータ側の画面に組み立てる目標物のブロックを表示する。図4が組み立てる目標物である。目標物はLEGO® ClassicBuildInstruction[12]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4 組み立て目標物

3.4 ドライバ

ドライバはナビゲータからの指示を受け図5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個の目入れブロックが存在し、上にブロックを配置する命令ブロックを配置し、その下にブロックを移動させる命令ブロックを組むことでブロックを自由な位置に配置することができる。また、命令ブロックは数字が書かれており、タッチすることで数字を変更し、命令ブロックをまとめることができる。

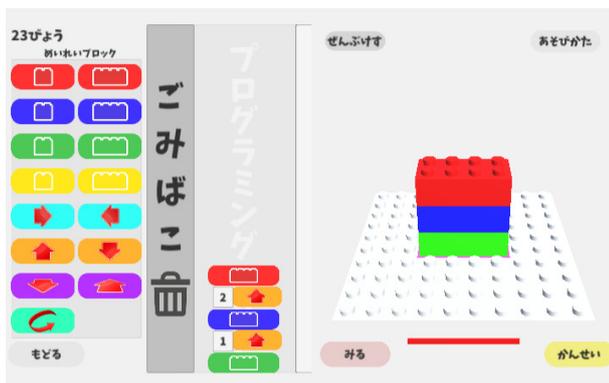


図5 結果画面

3.5 ナビゲータ

ナビゲータは図6に示すように目標物と時間のみが画面に表示されており、表示されている目標物をドライバに伝える必要がある。ここでナビゲータが伝えるのは目標物の形だけでなく、色も一致するようにドライバに伝えなければならない。

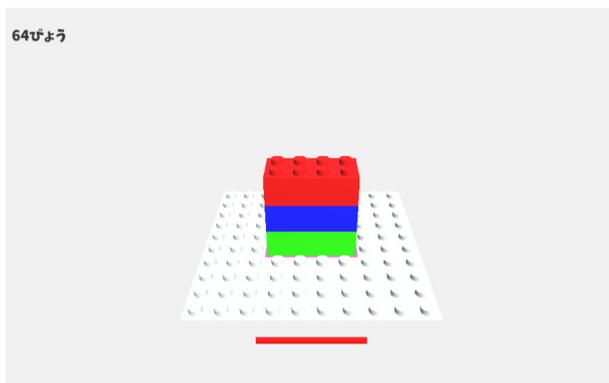


図6 結果画面

3.6 評価とフィードバック

完成したと思った時点でドライバの画面にある「かんせい」ボタンを押すことで図7のドライバ・ナビゲータとも

に結果画面に遷移する。点数は目標物と組み立てたブロックの形が一致していれば50点、目標物と組み立てたブロックの色が一致していれば50点の100点満点となっている。点数は、組み立てたブロックと目標物の位置が一致している数に50を掛け、目標物のブロック数で割った数に、位置が一致していなかつ色が一致していた数に50を掛け、目標物のブロック数で割った数を足した数となっている。

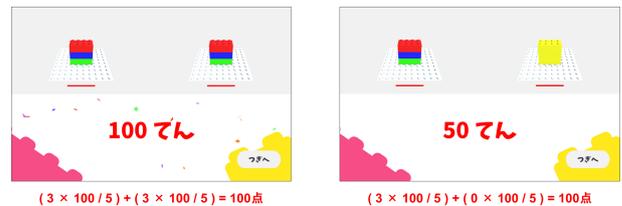


図7 結果画面

4. 実験

「こみゆぶろ」の効果を検証するために、ドライバ1名、ナビゲータ1名の計2名成人済み男性を対象として、システムを体験してもらい、その後質問調査を行った。実験の様子を図8に示す。



図8 実験風景

5. 結果と考察

質問調査の結果を表2に示す。「こみゆぶろ」の質問調査を行った結果、全員が「楽しかった」と回答したことから、システムの内容に関しては問題がないと考えられる。しかし、全員が「とても難しかった」回答していることから、難易度は難しいが、システムとしては楽しむことができる

表 2 質問調査内容

質問内容	1	2	3	4	5
システムの難易度は	2	0	0	0	0
システムの操作は	0	1	1	0	0
システムの楽しさは	0	0	0	1	1
システムを家で活用するか	0	0	0	2	0
目標を作るために、どの様なやり方で進めるか考えることができたか	0	0	1	1	0
目標をつくるために、命令ブロックの数を正しく選ぶことができたか	0	2	0	0	0
ブロック組み立て後の話し合いで自分の間違いが分かったか	0	0	0	2	0

とわかった。また、目標を作るために、「どの様なやり方で進めるか考えることができたか」という質問と「ブロック組み立て後の話し合いで自分の間違いが分かったか」という質問に対して、全員が肯定的な回答をしていることから、プログラミング的思考に影響を及ぼすことができるのではないかと考えられる。

6. まとめ

本研究では、ブロック組み立て遊びと伝達コミュニケーションに着目し、相手の状況を頭のなかで考え組み立て目標の組み立てを行うことでプログラミング的思考を育成することを目的としたアプリの開発を行い実験を行った結果、難しくはあるが楽しいシステムであり、プログラミング的思考に影響を及ぼすのではないかと分かった

今後として、本システムを実際に小学生に使用してもらい、「こみゅぶろ」さらなる評価を行う予定である。

謝辞 本研究の一部は、JSPSKAKENHIGrantNumberJP19K20750 の支援を受けた。

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). 入手先 <<https://www.lego.com/en-us/themes/classic>>2016.
- [4] 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, pp307-pp315 頁, 2017.
- [5] 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
- [6] Scratch 入手先 (<<https://scratch.mit.edu/>>)
- [7] 大井翔, 並里翔平, 後藤壮史, 佐野睦夫, こみぶれ: 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.
- [8] 稲富峻祐, 大井翔, 後藤壮史, 佐野睦夫, きずぶろ: 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, 2021
- [9] 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, 小泉力一, 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.2.0.02018

[10] 文部科学省, 教育の情報化, 2020

[11] Phthon Engine PUN2 入手先 <<https://www.photonengine.com/ja-jp>>

[12] the LEGO Group : Building Instruction LEGO ® Classic Buiild Instruction, 入手先 <<https://www.lego.com/en-us/themes/classic>>