

小学生のプログラミング的思考力の定量的測定とその分析

矢野 里奈¹ 谷岡 広樹² 松浦 健二² 佐野 雅彦² 上田 哲史²

概要: 2020 年度より小学校ではプログラミング教育が必修化されるが、小学校で実施される授業が生徒にどのような教育効果を及ぼすのか、その測定手法に関する情報は未だ少ない。本研究では、プログラミング教育の教育効果を客観的・定量的に測定するため、プログラミング的思考力を測定する問題を開発し、徳島県内のプログラミングワークショップで、参加者の小学生のプログラミング的思考力を測定することを試みた。本稿では、その測定結果について、学年やプログラミングの経験、ワークショップの前後での結果の差などに注目して考察を行い、開発した問題の有効性を評価する。

Quantitative Measurement and Analysis to Thinking as a Way of Programming for Elementary School in Japan

Abstract: Programming education will be compulsory in elementary schools in Japan from 2020, but there is still little information on how to measure the effects of lessons conducted for students. In this study, in order to objectively and quantitatively measure the educational effect of programming education, we developed a test of measuring an ability of thinking as a way of programming. In this paper, we evaluate the measurability of the test using the Fisher's exact test for elementary school students' answers, focusing on the grade, the programming experience, and the difference between the results before and after the workshop.

1. 序論

1.1 背景

2020 年度より全国の小学校でプログラミング教育が必修化されることが文部科学省決定された。文部科学省から発行されたプログラミング教育の手引き [1] には、プログラミング教育の目的や、プログラミング教育で育む「プログラミング的思考」の内容などが記載されている。また、未来の学びコンソーシアムが運営している Web サイト「小学校を中心としたプログラミング教育ポータル」[2](以下、教育ポータル)では、全国各地の小学校やイベントなどで実施されたプログラミング教育の模擬授業についての事例が数多く紹介されている。このほか、プログラミング教育の実施事例は数多く存在するが、その実施事例が小学生にどのような教育効果をもたらしたのか、という点については事例ごとに評価手法が異なっている。また、プログラミ

ング教育の手引きでも、教育効果の測定手法については言及されておらず、どのような手法を用いるかの判断は現場の教員に委ねられているのが現状である。

1.2 プログラミング的思考力

プログラミング的思考については、プログラミング教育の手引き [1] では「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」と述べられている。また、記号の組み合わせについては、「コンピュータを動作させるために命令(記号)の組合せを考える際には、たとえば、命令(記号)を順序立てたり、条件を設定して命令(記号)を分岐させたり、命令(記号)を繰り返させたりすることなどが考えられます。」と述べられ、プログラミングの基本処理に触れている。これらにより、プログラミング的思考が身につけていると判断する基準は以下の通りであると考えた。

(1) 一連の活動を実現するために、異なる動きを組み合わせることができる

¹ 徳島大学理工学部理工学科
Faculty of Science and Technology, Department of Science and Technology, Tokushima University

² 徳島大学情報センター
Center for Administration of Information Technology, Tokushima University

- (2) 記号化と動きが対応している場合、記号を組み合わせ
て動きを表現できる
- (3) 動きを改善するために記号の組み合わせを修正できる
- (4) プログラミングの基本処理である「順次」「条件分岐」
「繰り返し」について理解し、それを用いて動きを表現
できる

1.3 目的

本研究は、プログラミング教育によって受講者にもたらされる教育効果の客観的かつ定量的な測定手法を開発することを目的としている。本稿では、プログラミング教育によって育まるとされるプログラミングの思考力を測定するための手法を提案し、教育効果を測定できているか実験と考察を行う。

2. 関連研究

小学生のプログラミング能力や論理的思考の測定については、様々な手法を用いたアプローチが試みられている。教育ポータル [2] で紹介されている全 56 件のうち、23 件は授業の効果について言及していないか、又は授業内で実施した振り返りの内容からの検討に留めている。

2.1 アンケートによる評価

教育ポータルで教育効果について言及している事例 33 件のうち、受講者やメンターを対象としたアンケートを用いて教育効果について評価している事例は 31 件であり、プログラミング教育の教育効果を測定する際に現在最も用いられている手法は、アンケートであるといえる。和田 [3] は、小学生向けのロボットキットとビジュアルプログラミング言語の一つである Viscuit [4] を使用したワークショップを実施し、その教育効果の測定手法の一つとして、受講者へのアンケートを実施した。このアンケートは楠見ら [5] が開発した批判的思考態度を測定するものである。アンケートの結果から、Viscuit を利用したプログラミング教育の実施によって物事を考えるという志向が強まったと推察した。

しかしアンケートによる評価は、受講者の主観によるものに過ぎない。より客観的に教育効果を測定する手法が求められる。

2.2 成果物による評価

ワークショップや模擬授業のなかで受講者が作成した成果物を用いて教育効果を測定する手法がある。教育ポータルで教育効果について言及している事例 33 件のうち、受講者が作成した成果物を用いて教育効果について評価している事例は 1 件存在する。太田ら [6] はプログラミング能力の獲得段階を明らかにすることを目的とし、Scratch を用いて日本の小学校 4～6 年生の生徒が作成した Scratch プ

ログラムを対象に、コンピュータシミュレーション・シンキング概念をもとに開発した評価基準を用いて定量的な分析を実施した。分析の結果として、小学校 4・5 年生と 6 年生の間に、プログラミング能力が向上することを示した。

成果物を用いたプログラミング能力の測定は、定量的かつ客観的に実施することが可能である。しかしその一方で、作成された成果物が、他者が作成した作品を例として模倣した成果物であるか、それとも目的を達成するために必要な構成を理解し、独自に作成した成果物であるかの判別が難しい。

2.3 テストによる評価

プログラミング教育による教育効果を測るために、ワークショップ、あるいは模擬授業の実施前と実施後でテストを行い、その結果を比較する手法がある。教育ポータルで教育効果について言及している事例 33 件のうち、テストを用いて教育効果について評価している事例は 1 件存在する。このことから、テストを用いた評価はプログラミング教育の教育効果を測定する際に用いられている手法の一つであるといえる。斎藤 [7] は小学 1 年生から 6 年生の受講者を対象にワークショップを実施し、その前後でテストを行った。事前テストと事後テストのあいだで成績に有意差があるか分析を行った。その結果、事前テストと事後テストの間には有意差が認められたことから、プログラミングの能力が向上したことが示されたと述べた。

ワークショップの前後でテストを行うことにより教育効果を測定する手法は定量的かつ客観的な手法であり、教員に高いスキルが求められることもないため小学校教育にも導入しやすい。しかし、ワークショップを経てテストの成績が上がったとしても、その変化が受講者の問題に対する慣れによるものなのか、ワークショップの効果によるものなのかについては見分けることができない。そのため、ワークショップや模擬授業を受講するグループを事前テストと事後テストに分けて検証する必要がある。

3. 提案手法

3.1 提案手法の内容

本研究で提案する手法は、全 5 問の問題を用いて被験者のプログラミング的思考力を測定するという手法である。問題の内容は、紙面上で疑似的にロボットプログラミングを行うものになっており、プログラミング的思考が身につければ解くことができることを想定している。

第一問の内容を図 1 に示す。この問題は指定された矢印通りにロボットを動かすために、「1 マスすすむ」と「みぎにむく」のブロックを組み合わせて命令を出す問題である。順次が理解できていれば正答できる。

第二問の内容を図 2 に示す。この問題は指定された矢印通りにロボットを動かすために、「1 マスすすむ」と「みぎ

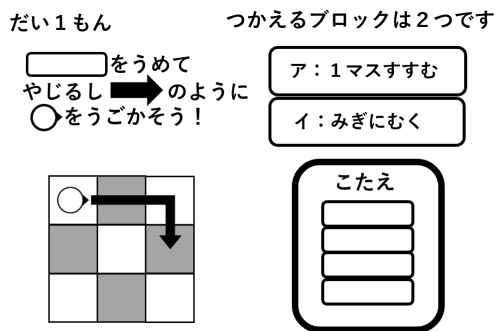


図 1 第一問

にむく」のブロックを組み合わせる命令を出す問題であるが、解答用紙にはすでに繰り返しの処理が組み込まれている。必ず繰り返しを用いて解答しなければならない。順次と繰り返しが理解できていれば正答できる。

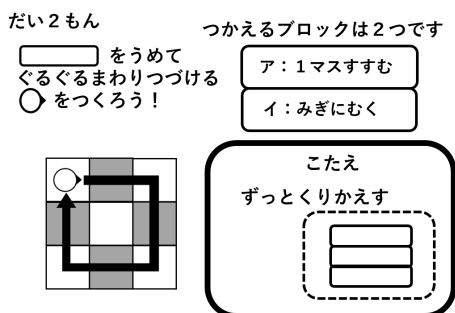


図 2 第二問

第三問の内容を図 3 に示す。この問題は指定された矢印通りにロボットを動かすために、「1 マスすすむ」と「みぎにむく」のブロックを組み合わせる命令を出す問題であるが、解答用紙にはすでに繰り返しと条件分岐の処理が組み込まれている。必ず繰り返しと条件分岐を用いて解答しなければならない。順次・繰り返し・条件分岐が理解できて

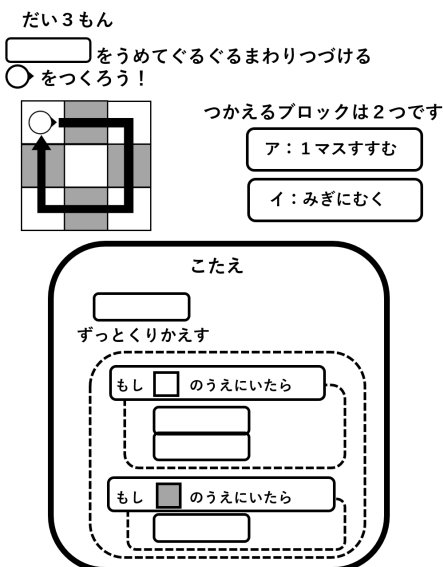


図 3 第三問

いれば正答できる。

第四問の内容を図 4 に示す。この問題は指定された場所へロボットを動かすためにすでに作られたプログラムを修正する問題である。動きを改善するために記号の組み合わせの改善ができれば正答できる。

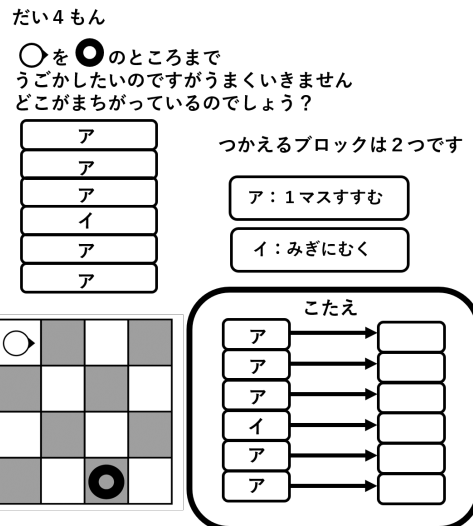


図 4 第四問

第五問の内容を図 5 に示す。この問題は指定された場所へロボットを動かすために自由にブロックを組み合わせる問題である。第一問から第四問までは解答欄から使用するブロック数などのヒントを得ることができるが第五問は完全に自由記述である。そのため、「1 マスすすむ」と「みぎにむく」のみで解答することも、条件分岐や繰り返しを用いて解答することも可能である。記号を組み合わせる動きを表現できれば正答できる。

○を●のところまでうごかししょう！

つかえるブロックは5しゅるいです。
ブロックはなんこつかってもかまいません。

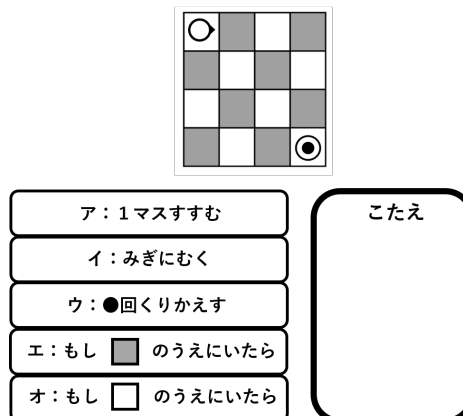


図 5 第五問

4. 実験及び評価

本章では、提案手法を用いた実験結果とその考察について述べる。

4.1 実験概要

地域イベントにて小学生を対象としたプログラミングのワークショップ (以下 WS) を開催した際に実験を行った。WS は 20 分程度のもので、Viscuit[4] もしくは Scratch[8] を使用した。WS の前後どちらかで、提案手法を用いて被験者のプログラミング的思考力を測定することを試みた。表 1 に実験の概要を示す。

表 1 提案手法評価実験概要

被験者	41 名 (男性 18 名 : 女性 15 名 : 無回答 8 名)
対象	地域イベントに参加した小学校 1~5 年生
実施日	2019 年 11 月 2 日・2019 年 11 月 3 日
評価方法	ワークショップの前後どちらか 1 回問題を解く

4.2 結果の評価

今回の実験では小学校 1~6 年生の児童計 41 名を対象に実験を行った。これらをカテゴリーごと、例えば学年ごとに分けると、一学年当たりの人数は 5~8 名と非常に少なくなる。よって、今回の実験結果を、標本の大きさが小さい場合に用いられるフィッシャーの正確確率検定 (Fisher's exact test) を用いて検定を行った。表 2 にその評価を示す。 $p \leq 0.05$ の場合は強い相関 (**) を、 $0.05 \leq p \leq 0.10$ の場合は弱い相関 (*) を持つものとする。

表 2 フィッシャーの正確確率検定による評価

	学年	性別	WS 前後	経験
合計点	0.02**	0.66	0.49	0.24
第一問正答率	0.53	0.61	0.28	1.00
第二問正答率	0.41	0.58	0.61	0.57
第三問正答率	0.10	0.45	1.00	0.26
第四問正答率	0.01**	0.16	0.28	0.06*
第五問正答率	0.06*	0.16	0.69	0.01**

この評価結果から、合計点数と学年には強い相関が見られることがわかった。また、第四問の解答結果は、学年と強い相関があり、被験者のプログラミング経験とも弱い相関があることがわかった。これに対して第五問の解答結果は、被験者のプログラミング経験と強い相関があり、被験者の学年とも弱い相関があることがわかった。このことから第四問・第五問ではプログラミングの経験によって養われる能力の違いが測定できるといえる。

4.3 考察

実験結果の評価から、提案手法に対する考察を行う。実験で用いた全 5 問のうち、第四問と第五問の正答率はプログラミング経験の有無・被験者の学年と相関があることが分かった。また、全 5 問の合計点数は被験者の学年と相関があることが分かった。この結果から第四問と第五問は学年とは関係なくプログラミングの経験があるほうが正答率が高いといえる。このことから第四問と第五問はプログラミング的思考力を定量的に測定する手法として用いることができると推察される。

5. 結論

本稿では、プログラミング的思考力の定量的な評価手法の開発を目的として、プログラミング教育の手引き [1] を参考に「プログラミング的思考力」を定義し、プログラミング的思考力を測定するための手法として、全 5 問の疑似的なロボットプログラミングを行う問題を用いた手法を提案した。この問題を用いて小学校 1~5 年生を対象に本手法の評価実験を行った。実験結果から、全 5 問のうち第四問・第五問は正答率を用いてプログラミング的思考力を評価できる可能性が示された。このことから、プログラミング教育の教育効果を定量的・客観的に測定する際に、第四問・第五問を用いて測定できる可能性が推察される。今後はより正確にプログラミング的思考力の測定が可能となる手法の開発を目指し、さらなる改善を行う。

謝辞 実験に協力していただきました CoderDojo Tokushima の皆様、あすたむらんど徳島スタッフの皆様、実験に参加していただいた小学生の皆様とその保護者の方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 文部科学省. 小学校プログラミング教育の手引 (第二版). 2018.
- [2] 文部科学省, 総務省, 経済産業省. 小学校を中心としたプログラミング教育ポータル, 2018.
- [3] 和田重雄. 探求技能の習得に通じるプログラミング教育教材の開発と実践. 日本科学教育学会研究会研究報告, Vol. 33, No. 4, pp. 33-38, 2019.
- [4] ビジュアルプログラミング言語 Viscuit. <https://www.viscuit.com/> (2020 年 2 月 08 日参照).
- [5] 楠見孝, 村瀬公胤, 武田明典. 小学校高学年・中学生の批判的思考態度の測定. 日本教育工学会論文誌, Vol. 40, No. 1, pp. 33-44, 2016.
- [6] 太田剛, 加藤浩, 森本容介ほか. 子供のプログラミング能力の獲得段階に関する定量的分析: 小学校 4~6 年生の scratch プログラミングを対象として. 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ (TCE), Vol. 5, No. 3, pp. 35-43, 2019.
- [7] 齋藤大輔. 子どもを対象としたプログラミング学習がもたらす学習効果-第四次産業革命に向けて-. しごと能力研究, Vol. 6, pp. 50-61, 2018.
- [8] ビジュアルプログラミング言語 Scratch. <https://scratch.mit.edu/> (2020 年 2 月 08 日参照).