

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：31302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K03090

研究課題名(和文) 子どもを対象としたプログラミング能力と論理的思考力の因果関係の分析

研究課題名(英文) Causal Analysis of Programming Ability and Logical Thinking Ability in Children

研究代表者

松本 章代 (MATSUMOTO, Akiyo)

東北学院大学・教養学部・教授

研究者番号：40413752

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、「子どもにとって好奇心を抱かせ、主体性を引き出すプログラミング教育をいかに提供するか」ならびに「プログラミング教育を継続することによって『論理的思考力』は本当に身につくのか」について明らかにすることである。
そのために、本研究では独自の子ども向けプログラミング教材を企画・開発し、それを用いて小中学生に継続的にプログラミング教育をおこなった。さらに、論理的思考力を評価するテストについて作成し、そのテストを用いてプログラミング経験と論理的思考力の関係性を分析した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

子どもがプログラミングを学ぶことの意義・目的とは「プログラミング的思考」を育むことであり、プログラミング体験をとおして論理的思考力を身につけることが期待されている。しかし本来、論理的思考力は様々な経験によって培われるものである。一方で、プログラミングの体験は、子どもにとって圧倒的に好奇心をかきたて、主体性を引き出す力を持っている。さらに何歳からでも始められる間口の広さがプログラミングを用いたトレーニングの利点である。
このような背景を踏まえ、本研究では「子どもに好奇心を抱かせ主体性を引き出すプログラミング教育方法の確立」ならびに「プログラミング経験と論理的思考力の関係性の検証」を目指す。

研究成果の概要(英文)：The first purpose of this research is to establish a method for conducting programming education that arouses curiosity in children and draws out their independence. The second purpose is to clarify whether logical thinking ability can really be acquired by continuing programming education.

In this research, we have planned and developed original programming teaching materials for children, and have conducted continuous programming education for elementary and junior high school students using these materials. Furthermore, we have created a test to evaluate logical thinking ability, and have analyzed the relationship between programming experience and logical thinking ability using the test.

研究分野：応用情報学

キーワード：プログラミング的思考 プログラミング教育

1. 研究開始当初の背景

近年、子ども向けのプログラミング教育に注目が集まっている。特に文部科学省が小学校でのプログラミング教育を 2020 年度から必修化する方針を打ち出して以来、世間的な関心も顕著に高まっている。

2017 年 6 月に文部科学省のウェブサイトにおいて公開された、新しい小学校学習指導要領解説の総編によると、小学校段階のプログラミング教育について次のように記述されている [1]。

「子供たちが将来どのような職業に就くとしても時代を越えて普遍的に求められる「プログラミング的思考」(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)を育むため、小学校においては、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付けるための学習活動を計画的に実施することとしている。」

このように、子どもがプログラミングを学ぶことの意義・目的とは「プログラミング的思考」を育むことであり、プログラミング体験をとおして「論理的思考力」を身につけることが期待されている。しかしながら、「論理的思考力」はプログラミングだけで伸びるものではなく、読書や算数、作文、論理パズルなど様々な経験によって培われるものである。一方で、プログラミングの体験は、子どもにとって圧倒的に好奇心をかきたて、主体性を引き出す力を持っている。さらに何歳からでも始められる間口の広さがプログラミングを用いたトレーニングのメリットである。

このような背景を踏まえ、本研究では「子どもにとって好奇心を抱かせ、主体性を引き出すプログラミング教育をいかに提供するか」ならびに「プログラミング教育を継続することによって『論理的思考力』は本当に身につくのか」について明らかにする。

2. 研究の目的

「プログラミング教育は論理的思考力を養う」と言われ、子どもにプログラミング教育を行うことが昨今ブームになっているが、果たして本当に効果があるのかについて科学的に検証した研究・論文が国内ではほとんど見当たらない。そもそも学童期のプログラミングの経験が論理的思考力にどのような影響を与えるのかについて検証する手法が確立されていない。しかしながら、プログラミングを子どもに学ばせる親や教育者の立場からすれば、客観的な効果を測ることは必要不可欠である。

そこで本研究では、まず独自のプログラミング教材を開発し、小中学生を対象として主体的かつ継続的なプログラミング教育を行い、プログラミング経験が論理的思考力の向上につながるのかどうかについて検証し、因果関係を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 子ども向けプログラミング教材の開発

「子どもにとって好奇心を抱かせ、主体性を引き出すプログラミング教育」を実現するためのプログラミング教材を開発する。

近年では、子ども(かつ初心者)向けのプログラミング環境には、タイピング技術が不要でとっつき易いビジュアルプログラミング言語が用いられるのがポピュラーとなっている。ビジュアルプログラミング言語には様々な種類があり、またプログラムの制御対象も様々なハードウェアが選択肢としてありうるが、子どものプログラミング教育で採用されているケースは圧倒的に Scratch が多い。PC 以外のハードウェアが必要なプログラミング環境は、一度に体験できる人数が機材の数に依存する、導入時や故障時の費用・メンテナンスの手間がかかる等の難点があるため、小中学校の多人数教育では敷居が高いのだと考えられる。

そこで本研究では、BBC micro:bit を利用する。micro:bit とは、BBC が開発した子ども向けプログラミング教育用のマイコンボードで、イギリスでは 11 歳~12 歳の児童全員に無償配布されプログラミングの授業で用いられている。日本でも 2017 年 8 月の発売以来、注目されているプログラミング教材のひとつである。micro:bit は、わずか 4cm×5cm と非常に小さいサイズで廉価(約 3,000 円)ありながら、25 個の LED、AB ボタン、加速度センサー、照度センサー、温度センサー、無線通信機能などを有しており、かつビジュアルプログラミング言語を利用して子どもでも容易にプログラムを作成することができる。micro:bit というハードウェアを制御する

プログラミング体験を提供することにより、小中学校で広くおこなわれているプログラミングの授業と差別化を図ることで好奇心につなげる。

子どもの主体性を引き出すため、講師の指示に従って画一的なプログラムを作成するのではなく、子ども自身が発想したものを形にできる体験となるよう配慮する。

さらに、子どもたちの作品は講座終了後に任意で提出してもらいウェブ上に公開する。公開することでモチベーションの向上につながることを期待できる。

また、子どもたちに少しでも多くのプログラミング経験を積みさせるため、本研究で実施するプログラミング講座での体験から家庭での自発的・継続的な取り組みにつながるような工夫をおこなう。

(2) 論理的思考力を測るテストの作成

プログラミングを学ぶ目的が「コーディング技術を身につけること」であれば、達成度を測ることは比較的たやすい。一方、その目的が「論理的思考力を身につけること」になったとたん、その達成度を測ることが困難となる。既存の論理的思考力を測るテストには、文献[2]などがあるが、文章の読解力を測る問題が中心となっており、プログラミングで身につく力を測るためには独自のテストを開発する必要がある。

難易度は小学5年生～6年生を想定し設定する。テストはオンラインで実施できるようにし、制限時間を設けられるようにする。

(3) 小中学生を対象としたプログラミング教育およびテストの実施

小学4年生～中学生を対象に年に数回、プログラミング講座をおこなう。1回あたり120分間とし、以下の流れで実施する。

- ① まずイベントの冒頭で、プログラミング的思考力を測るテストを実施する。
- ② 全体に対し、プログラミングとはどのようなものか、プログラムがどのように社会に関わっているのか、といった話をまずおこない、その後イベントの内容について説明する。
- ③ 子どもがテキストを見ながら各自のペースでプログラミングを体験する。この間、講師は質問に答えて参加者のプログラミングをサポートする。
- ④ プログラミング終了後、再びプログラミング的思考力を測るテストを実施する。テストの内容は、イベント開始直後のテストと類似した問題である。
- ⑤ 最後に、子どもと保護者それぞれにアンケートに回答してもらう。

アンケートでは主にプログラミングの経験（期間や頻度）について問い、テストの点数と併せて分析をおこなう。

4. 研究成果

(1) 子ども向けプログラミング教材の開発

研究1年目である2019年度はmicro:bitとMakeCodeを組み合わせ、モーターやスピーカーを接続して制御する内容とした。しかし、2020年度以降は新型コロナウイルス流行の影響によりオンラインでのプログラミング講座の実施を余儀なくされたため、micro:bitとScratch3.0を用いることにした。Scratchと組み合わせることによって出力先がPCのディスプレイモニターになるため、トラブルが起こりにくいという判断からである。micro:bitを利用せずScratchのみでプログラムを作成すると、プログラミングから実行までScratchの中だけで完結してしまうが、Scratchとmicro:bitをBluetoothで接続し連携することで、micro:bitを入力装置としたPCのゲームを作ることが可能となる。たとえば、micro:bitには加速度センサが付いているため、それを利用してmicro:bitを傾けるとそれに応じてPC画面上のキャラクタを動かしたりすることができる。Scratchのみのプログラミングは多くの子どもが体験済みであるが、Scratchとmicro:bitを組み合わせる体験はほとんどの児童にとって未経験であり、強い関心を抱かせることができた。

家庭での自発的・継続的な取り組みを促す工夫として、講座内で作成したプログラムをさらに拡張するための教材や様々な作品の作り方を載せた資料を配布した。さらに講座で使ったmicro:bitは返却不要としてそのまま参加者に進呈した。その結果、多くの子どもたちが家庭でもプログラミングに取り組んでいる状況を確認できた。

(2) 論理的思考力を測るテストの作成

研究期間中に小学生向けのプログラミングドリルが数種類市販されたため、それらも参考にしながら論理的思考力を測るためのオリジナルの問題を考案した。順序・繰り返し・条件分岐・変数をテーマにした問題をそれぞれ作成した。作成した問題数は研究期間の4年間で合計約300問である。

(3) 小中学生を対象としたプログラミング教育の実施

小学4年生～中学生を対象に、2019年度と2022年度は年間4回、2020年度と2021年度は年間3回、プログラミング講座を実施した。参加者の実人数は2019年度が29名、2020年度が22名、2021年度が27名、2022年度が48名である。

2020年度からは新型コロナウイルス流行の影響により、Zoomを利用したオンラインの形態になったため、教材を郵送するといった対応が必要となったが、結果的には対面のときと同様の水準のプログラミング教育を実践することができた。

(4) テストの実施と結果の分析

プログラミング講座の参加者全員に毎回テストを受けてもらい、個人ごとの得点の推移やプログラミング経験との相関などについて分析をおこなった。また比較対象として、民間のプログラミングスクールに協力を依頼し、同年代の生徒48名に同じテストを受験してもらった。

その結果、プログラミング体験前後で得点の上昇傾向が明らかに認められた。プログラミング講座に毎回参加するようなプログラミングに意欲がある子どもは初回から得点率が高いことも確認された。また、各被験者において初参加、2回目、3回目と参加回数を重ねるごとに得点が増加していくかどうかについては該当しない被験者が多く相関関係は認められなかった。一方で「日常的なプログラミングの習慣のない講座参加者」と「プログラミングスクールに通う児童」では、特に小4・小5の低年齢層において、プログラミングスクールに通う児童の方がテストの得点が増加傾向にあるという結果が得られた。

<参考文献>

- [1] 文部科学省：“小学校学習指導要領解説”，http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1387014.htm
- [2] 学習塾ロジウム：“ロジカルキッズワーク”，学研プラス(2016)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 松本章代, 村上弘志, 菅原研	4. 巻 188
2. 論文標題 オンラインによる子ども向けプログラミング公開講座の実施	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 東北学院大学教養学部論集	6. 最初と最後の頁 205-216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 松本章代, 稲垣忠, 菅原研	4. 巻 2021-CE-159
2. 論文標題 子ども向けプログラミング体験オンラインイベントの実施と学習効果の調査	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松本章代, 稲垣忠, 菅原研	4. 巻 34(6)
2. 論文標題 家庭での継続につながるような子ども向けプログラミングイベントの開催	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 教育システム情報学会研究報告	6. 最初と最後の頁 23-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松本章代, 高橋幹太, 菅原研	4. 巻 19(5)
2. 論文標題 視覚障害をもつ子ども向けプログラミング環境の開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本教育工学会研究報告集	6. 最初と最後の頁 143-148
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高橋 凌人, 加藤 誠人, 羽柴 歩夢, 菅原 研, 松本 章代
2. 発表標題 視覚支援学校のための低学年向けプログラミング教育支援システム
3. 学会等名 計測自動制御学会東北支部 第341回研究集会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松本章代, 松木李玖, 菅原研
2. 発表標題 視覚支援学校小学部におけるプログラミング教育にカuttingマシンを活用するシステムの開発
3. 学会等名 INTERACTION 2023 第27回 一般社団法人情報処理学会シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 羽柴歩夢, 加藤真琴, 高橋凌人, 松本章代, 菅原研
2. 発表標題 視覚支援学校における低学年児童向けプログラミング授業教材
3. 学会等名 2022年度 情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松木李玖, 菅原研, 松本章代
2. 発表標題 タートルグラフィックスを二次元図形の実体として出力するシステムの開発
3. 学会等名 2022年度 情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 稲垣忠, 松本章代, 泰山裕, 後藤康志, 豊田充崇
2. 発表標題 情報活用能力の育成状況の可視化に関する調査
3. 学会等名 第48回 全日本教育工学研究協議会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松本章代, 菅原研
2. 発表標題 視覚支援学校におけるプログラミング教育に3Dプリンタを活用するシステムの開発
3. 学会等名 第21回情報科学技術フォーラム (FIT2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松本章代, 菅原研
2. 発表標題 視覚障害児のプログラミング授業に3Dプリンタを用いる提案
3. 学会等名 第47回 教育システム情報学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 熊谷 愛未, 庄子 水萌, 松本 章代
2. 発表標題 小中学生向けのプログラミング教材開発とオンラインイベントの実施
3. 学会等名 2021年度 情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 児玉 晃典, 菅原 研, 松本 章代
2. 発表標題 視覚支援学校のためのプログラミング教育支援システム：低学年児童を対象として
3. 学会等名 2021年度 情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 桑原 彩夏, 渡邊 弥音, 菅原 研, 松本 章代
2. 発表標題 視覚障がい児向けのプログラミング教材開発と授業の実施
3. 学会等名 2021年度 情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菅原研, 児玉晃典, 松本章代
2. 発表標題 視覚障害児童のためのプログラミング学習システム
3. 学会等名 第22回計測自動制御学会システムインテグレーションSI部門講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菅原 研, 川崎 空, 児玉 晃典, 松本 章代
2. 発表標題 視覚支援学校のためのプログラミング教育システム
3. 学会等名 第39回 日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 細屋静花, 菅原研, 松本章代
2. 発表標題 視覚障害児向けのプログラミング教材開発
3. 学会等名 教育システム情報学会2020年度学生研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊太郎, 畠竜斗, 松本章代
2. 発表標題 小学生向けプログラミング教材開発とイベント開催～プログラミング的思考力は養われるのか～
3. 学会等名 2020年度 情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎空, 菅原研, 松本章代
2. 発表標題 視覚支援学校における低学年向けプログラミング教育環境の開発
3. 学会等名 2020年度 情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋 幹太, 菅原 研, 松本 章代
2. 発表標題 視覚障害者向けプログラミング環境の試作
3. 学会等名 2019年度 情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三澤 慶, 今野 夏希, 松本 章代
2. 発表標題 家庭での自発的な学習につながるような子ども向けプログラミングイベントの開催と教材開発
3. 学会等名 2019年度 情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋幹太, 菅原研, 松本章代
2. 発表標題 視覚障害の子ども向けプログラミング環境の開発
3. 学会等名 計測自動制御学会東北支部第327回研究集会ポスター講演
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	菅原 研 (SUGAWARA Ken) (50313424)	東北学院大学・教養学部・教授 (31302)	
研究分担者	稲垣 忠 (INAGAKI Tadashi) (70364396)	東北学院大学・文学部・教授 (31302)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------