

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：11401

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K14255

研究課題名（和文）小学校算数科におけるプログラミング教育の系統的かつ効果的实践に向けた教材開発

研究課題名（英文）Research on Development of Mathematics Teaching Material on Programming Education for Elementary School Students to Realize Systematic and Effective Practice

研究代表者

加藤 慎一（Kato, Shinichi）

秋田大学・教育文化学部・講師

研究者番号：30825443

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、小学校算数科におけるプログラミング教育の系統的かつ効果的实践に向けた教材を開発し、その教材の可能性と限界について、理論的かつ実証的に検討を行った。児童が適及的に推論することを重視した本研究で開発した教材は、児童におけるプログラミング的思考を促進し、それは結果として、数学的な見方・考え方を発動し、深い学びを創出する契機になることを、理論的かつ実証的に明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Society5.0時代の到来によるAIやIoTなどの急速な技術の進展にともない、学校教育において、次代を切り拓く児童には新たな価値を生み出す豊かな創造性が求められる。このような背景を踏まえ、2020年から小学校においてプログラミング教育が必修化され、各教科でプログラミング教育の充実を図ることが求められている。本研究成果の学術的かつ社会的意義は、児童における新たな価値を生み出す豊かな創造性をはぐくむために、小学校算数科におけるプログラミング教育の系統的かつ効果的实践に向けた教材を開発し、その有効性を理論的かつ実証的に明らかにしたことである。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed teaching materials for systematic and effective practice of programming education in elementary school mathematics, and theoretically and empirically examined the possibilities and limitations of the teaching materials. The teaching materials developed in this study, which emphasizes retroductive inference by elementary school students, promote programming thinking in elementary school students, which in turn triggers mathematical thinking and creates deep learning. It was clarified theoretically and empirically.

研究分野：数学教育学

キーワード：適及的推論 アブダクション 数学的な推論 プログラミング的思考 コンピューテショナル・シンキング
数学的な見方・考え方 小学校算数科 プログラミング教育

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

2020年度から小学校において、プログラミング教育が必修化されている。そのねらいは、プログラミング的思考をはぐくむこと、プログラムの働きやよさ、情報社会がコンピュータをはじめとする情報技術によって支えられていることに気付き、身近な問題の解決に主体的に取り組む態度やコンピュータ等を上手に活用してよりよい社会を築いていこうとする態度などをはぐくむこと、各教科等での学びをより確実なものとする、こと、である。そして、そのねらいを達成するために、各教科等において、プログラミング教育の系統的かつ効果的な実践に向けて教材を開発することおよびカリキュラム・マネジメントを推進することの必要性和重要性が指摘されている(小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議(以下、「有識者会議」とする), 2016; 杉野, 2005; 杉野, 2014)。

各教科等において、プログラミング教育を実施する場合には、各教科等の特質に応じた見方・考え方を働かせた「主体的・対話的で深い学び」の中で実現し、各教科等における教育の強みとプログラミング教育のよさが相乗効果を生むような指導内容を具体化することが期待されている(有識者会議, 2016)。

杉野(2005; 2014)は、児童が数学的な見方・考え方を働かせながら図形の概念形成を促進するために、プログラミング教育のよさを生かしながら教材を開発するとともに、開発した教材を理論的かつ実践的に検討し、その有効性を検証してきている。

一方で、杉野(2005; 2014)において、小学校算数科におけるプログラミング教育の系統的かつ効果的な実践に向けて、どの単元のどの学習内容にプログラミング教育を位置付ければよいか、どのような教材がよいか、などについてさらに検討していく必要があることが指摘されているように、小学校算数科のプログラミング教育における教材やカリキュラムについて十分な検討がなされているとはいえない。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえ、本研究では、杉野(2005; 2014)のように、児童の数学的に考える資質・能力をはぐくむために、プログラミング教育のよさを生かすと考える立場から、小学校算数科におけるプログラミング教育の系統的かつ効果的な実践に向けた教材を開発し、その教材の可能性と限界について、理論的かつ実証的に検討することを目的とする。その目的達成のために、次の4つの下位目標を設定して、研究を進める。

目標 小学校算数科におけるプログラミング教育の困難性の同定と特性の分析

目標 プログラミング教育における系統的かつ効果的な実践に向けた教材の開発

目標 開発した教材の可能性と限界についての理論的検討

目標 開発した教材の可能性と限界についての実証的検討

3. 研究の方法

目標 小学校算数科のプログラミング教育における困難性の同定と特性の分析

小学校算数科におけるプログラミング教育の現状と課題を把握するため、そして児童の実態に応じた教材を開発するために、小学校算数科におけるプログラミング教育における困難性や特性を明らかにする。そのために、小学校算数科におけるプログラミング教育に関する文献研究および小学校で算数の授業観察を行い、それらによって得られたデータの分析を行う。

目標 プログラミング教育における系統的かつ効果的な実践に向けた教材の開発

目標 で明らかになった小学校算数科におけるプログラミングに関する困難性を克服する、かつ小学校算数科におけるプログラミングに関する特性をふまえながら教材を開発する。目標での分析をもとに、どの単元のどの学習内容にプログラミング学習を位置づけることが適切かつ効果的であるかを熟考しながら教材を開発する。

目標 開発した教材の可能性と限界についての理論的かつ実証的検討

目標 で開発した教材の可能性と限界について理論的かつ実証的に検討する。そのために、文献研究および実験室的研究によって理論的に、かつ児童の学びの事実に基づいて実証的に検討する。目標 で開発した教材を、理論的かつ実証的に検討し、その結果から再度教材を見直し、修正を図ることで、再開発することとする。再開発した教材を、再度理論的かつ実証的に検討する。

4. 研究成果

(1) 小学校算数科におけるプログラミング教育の困難性の同定と特性の分析

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」のことである(有識者会議, 2016; 文部科学省, 2020)。本研究では、児童がプログラミング的思考を働かせるプロセスにおいて、数学的な推論が重要な役割を果たしていることを明らかにした。特に、プログラミングの思考のうち、より意図した活動に近づくために、試行錯誤しながら継続的に記号の組み合わせを改善するプロセスにおいて、**Peirce** が提唱するリトロダクション(アブダクション/遡及的推

論)が重要な役割を果たしていることを明らかにした。小学校算数科のプログラミング教育において、児童が数学的に推論する、特に遡及的に推論する局面を創り出すことが必要かつ重要であることを明らかにした。

リトロダクションとは、驚くべき事実の観察からそれを説明しようと考えられる仮説を形成する推論のことであり、事実や法則、理論の発見などに用いられるなど、帰納的推論よりも高い発見的機能を有する推論のことであり(Peirce et al., 1932 ; Peirce et al., 1935)。リトロダクションでは、直接には観察不可能なものを仮定することもあるため、結果から原因を遡って推論するときに、推測の飛躍が生じることがある。また、児童の発達段階によって推論の質が異なる。それらのことを考慮しながら児童が遡及的に推論することを重視して、深い教材研究に根ざした授業の構想と展開が必要かつ重要であることを明らかにした。

(2)プログラミング教育における系統的かつ効果的実践に向けた教材の開発

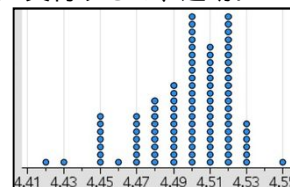
目標 で明らかにした小学校算数科におけるプログラミング教育に関する困難性を克服する、かつ小学校算数科におけるプログラミング教育に関する特性をふまえながら教材を開発した。開発した教材の1つに、小学校第6学年の「データの活用」領域の教材がある。児童がプログラミク的思考を働かせながら自動販売機ではどのように硬貨が判別されているか、硬貨を判別するためにどのようなプログラムを作成すればよいかについて考える教材である。

本教材は、自動販売機で飲み物を買おうとしてコイン投入口に硬貨を投入すると、硬貨がコイン返却口から出てきてしまったという経験から、投入した硬貨がコイン返却口から出てきてしまったのはなぜかという問題を見いだすことができるようにしている。プログラミク的思考や数学的な見方・考え方を働かせながら、自動販売機では硬貨をどのように判別しているか、そのしくみを明らかにする教材である。

(3)開発した教材の可能性と限界についての理論的かつ実証的検討

児童が遡及的に推論することを重視した本研究で開発した教材は、児童におけるプログラミク的思考を促進し、それは結果として、数学的な見方・考え方を発動し、深い学びを創出する契機になることを、理論的かつ実証的に明らかにした。

児童が遡及的に推論する文脈や状況を設定することによって、さまざまな要素から着目すべき要素を抜き出したり(抽象化)、抜き出した着目すべき要素の組み合わせ方を考えたり(自動化)する活動の促進を図る契機になっていることが示唆された。開発した教材の1つである、第6学年の「データの活用」領域における教材では、自動販売機が硬貨をどのように判別しているかを探るために、硬貨の重さや直径、厚さ、材質など、さまざまな要素から着目すべき要素を抜き出し、抜き出した要素をどのように組み合わせればよいかを考える。その過程において、例えば、重さに着目した場合、何gのときに10円硬貨と判別すればよいかを考え、プログラムを作成する必要がある。仮に10円硬貨1枚の重さを計測してプログラムを作成・実行すると、適切に10円硬貨を判別できない場合が生じる。作成したプログラムで10円硬貨を判別できないのはなぜかを説明しようと考えられる仮説を形成し、それを検証するときに、10円硬貨の重さのデータを収集・分析し結論づける活動が考えられる。例えば、ドットプロットを用いて、10円硬貨の重さのデータの散らばりの様子を捉え、何gのときに、10円硬貨であると判別するプログラムを作成すればよいかを考える。



このように、児童が遡及的に推論する局面を創り出したことによって、プログラミク的思考が促進され、数学的な見方・考え方を発動し、深い学びを創出する契機になることが示唆された。

また、本教材の有効性を示した一方で、遡及的に推論することに困難が生じる低学年のための教材のさらなる検討が必要であることを明らかにした。

<引用文献>

文部科学省(2020). 小学校プログラミング教育の手引(第三版). (https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_002.pdf)(最終閲覧日: 2022年6月15日)

小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議(2016). 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). (https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm)(最終閲覧日: 2022年6月15日)

杉野裕子(2005). Logo プログラミングによって概念の意味と関係を認識する方法-四角形の構成を通して-, 数学教育論文発表会論文集, 38, 571-576.

杉野裕子(2014). 数学概念形成のための LOGO プログラミングコンテンツの開発: 図形概念のイメージ化と言語化を促すために, 教科開発学論集, 2, 95-106.

Peirce, C et al. (1932). Collected Papers of Charles Sanders Peirce, Volumes and : Principles of Philosophy and Elements of Logic, Harvard University Press.

Peirce, C et al. (1935). Collected Papers of Charles Sanders Peirce, Volumes and : Pragmatism and Pragmaticism and Scientific Metaphysics, Harvard University Press.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 加藤 慎一、森本 明	4. 巻 -
2. 論文標題 数学の授業過程における創造的な活動の具現化に関する事例的考察：生徒における数学的な推論に光をあてて	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 東北数学教育学会誌	6. 最初と最後の頁 53～64
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.34568/tsme.0.53_53	査読の有無 有
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 Kato S	4. 巻 -
2. 論文標題 Research on development of teaching material put emphasize on retroductive inference to develop statistical thinking in mathematics education	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the Asian Technology Conference in Mathematics	6. 最初と最後の頁 366～375
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 有
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 加藤 慎一、森本 明	4. 巻 -
2. 論文標題 数学の授業過程に数学的なプロセスを創出する教師の役割に関する省察：授業における教師の「聞くという行為」に着目して	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 東北数学教育学会誌	6. 最初と最後の頁 14～26
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.34568/tsme.0.52_14	査読の有無 有
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 加藤慎一、江森英世、森本明	4. 巻 13
2. 論文標題 教師をめざす学生における数学的コミュニケーション能力の測定－数量の関係を表す絵や図、式、線分図に焦点をあてて－	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 大谷大学教職支援センター研究紀要	6. 最初と最後の頁 1-27
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 加藤慎一	4. 巻 61(11)
2. 論文標題 教師自身が問い続けることの大切さ - 座右の書 - 数学教師人生を変えたこの一冊 (第96回) 手島勝朗 (1992) 「知的葛藤を生み出す算数の授業」	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 教育科学 / 数学教育	6. 最初と最後の頁 104-105
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 加藤 慎一, 森本 明	4. 巻 51
2. 論文標題 数学的なプロセスを重視した授業の構想と展開についての事例研究: 高等学校数学科「三角関数」を事例として	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 東北数学教育学会誌	6. 最初と最後の頁 17~26
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 有
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 加藤慎一	4. 巻 27
2. 論文標題 教師をめざす学生における数学的な見方・考え方をはぐくむプログラム開発に向けた試み	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 奈良佐保短期大学研究紀要	6. 最初と最後の頁 23~30
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 有
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 加藤 慎一, 江森 英世, 森本明	4. 巻 2
2. 論文標題 教師をめざす学生における数学的コミュニケーション能力の測定に向けた評価枠組みの構築 数量の関係を表す絵や図、式、線分図に焦点をあてて	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 大谷大学初等教育学会研究紀要	6. 最初と最後の頁 46~59
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5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 kato S
2. 発表標題 Research on development of teaching material put emphasize on retroductive inference to develop statistical thinking in mathematics education
3. 学会等名 The 26th Asian Technology Conference in Mathematics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kato S
2. 発表標題 PROGRAMMING DEVELOP MATHEMATICAL THINKING: CASE OF STATISTIC
3. 学会等名 14th International Congress on Mathematical Education (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤 慎一
2. 発表標題 小学校算数科における児童の遡及的推論を重視したプログラミング教育の意義
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森本 明, 米山 文雄, 加藤 慎一, 佐藤 玲
2. 発表標題 数学教師をめざす聴覚障害学生における学習者の言語を媒介とした活動デザインの探究過程 - 思考の反覆による活動デザインに光をあてて -
3. 学会等名 日本特殊教育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤 慎一, 森本 明
2. 発表標題 関数的な見方・考え方のよさが分かる活動デザインの探究過程 - 教師をめざす学生の探究過程における思考の反覆に光をあてて -
3. 学会等名 日本科学教育学会
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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------