

デバッグに着目した小学校プログラミングの実践

三輪 理人* 梅田 恭子**

* 大学院学生

** 情報教育講座

Programming Education in Elementary School Focused on Debugging

Rihito MIWA* and Kyoko UMEDA**

*Graduate Student, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

**Department of Information Sciences, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

I. はじめに

平成29年、30年に告示された各校種の学習指導要領では、急速に進化するAIやIoTなどを用いる情報社会の到来を念頭に、情報教育の重要性が示されている。例えば、高等学校の情報科では、「情報I」が必修となり、すべての高校生がプログラミングを学習することとなった。また、小学校では教科はないものの、プログラミング的思考を学ぶことが必須となり、各教科や総合的な学習の時間などでプログラミング教育が行われている。令和4年度全国学力・学習状況調査でもプログラミングに関連した問題が出題されるなど、大きな注目を集めている。

小学校におけるプログラミング教育（以下、「小学校プログラミング」）では、プログラムを作成したり、プログラミング言語を習得したりすること自体が目標ではなく、「プログラミング的思考」を養うことが目標として掲げられている。プログラミング的思考とは、小学校プログラミングの手引き（2020）において「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」とされている。すなわち、小学校プログラミングの実施にあたっては、実現したい最終的なゴールを明確にすること、そのために必要な動作・記号の組み合わせ方を考案すること、その記号の組み合わせを改善することなどの力を養うことが必要であると考えられる。

本研究では特に「記号の組み合わせを改善すること」、すなわちデバッグに注目する。そもそも、プロ

グラムを構成すること自体に困難を抱える初学者の段階では、記号の組み合わせを改善することは更に困難であるように思われる。例えば、Fitzgeraldら（2008）は、15～20週程度の、演習を含む初習プログラミングコースを修了しても、半数以上の学習者がデバッグ手法を身に付けていないことを明らかにしている。また、児童がデバッグを適切に行えない場合には教師が適切なフィードバックを行うことが求められるが、中村ら（2022）は、小学校プログラミングの指導にあたる教師が、児童が作成したプログラムを修正することに不安を感じていることを明らかにしている。

以上から、小学校プログラミングにおいては、児童のデバッグに関する力を養う必要があるものの、デバッグの力の習得自体が困難であるとともに、指導する教師もデバッグを行うことに不安を感じていることがわかる。そこで、教師の指導力の育成や不安の解消を行っていくとともに、小学校プログラミングの学習活動を通して、児童自らが、自身が作成したプログラムを改善していく力を養うことは重要であり、それを達成できる授業法が必要であると考えられる。

II. 先行研究と本研究の目的

小学校プログラミングでは様々な授業が行われているが、前章で述べたプログラミング的思考に沿っており、かつ教科等に依らない授業法として、完田・小林（2021）の「プログラミング的思考5つの手順（Ver. 2）」がある。5つの手順はそれぞれ、①問題分割：複雑で難しい問題に出会ったときは、問題の内容を整理したり、単純化したりして、具体的で解きやすい問題に小分けする、②活動（命令）の発見：問題解決までの要素（活動・命令など）を理解や解決しやすいように、

いくつかの部分に分ける，③計画：問題解決までの要素（活動）を組み合わせて，ゴールまでの計画を立てる，④場合分け：計画した過程をイメージしながら，起こりうる事象を予測して対応を準備する，⑤デバッグ：出した答えを検証し，正誤判断したり，改善したりして次の活動につなげる，である。この手法では，本研究で着目するデバッグも位置付けられており，これに沿った授業デザインを行うことで，プログラミング的思考のうちのデバッグに関連する力も養うことができると考えられる。

デバッグ教育を充実させるための考え方として「誤りからの学習」という考え方がある。誤りからの学習（Learning from Mistakes）とは，学習者に誤りを認知させ，それを回復しようと努めさせることにより起こる学習である。平嶋・堀口（2004）は，ここでいう「誤りを認知する」とは，単に誤りであることを知ることではなく，知識を構成・修正することによって，誤りを回復すべきであると学習者自身が認識している状態であると述べている。すなわち，学習者自身が誤りについて納得し，主体的に修正していこうとする状態である。

誤りからの学習を取り入れた具体的な指導の方法も検討されている。藤井（1997）は，誤りからの学習を行う際には，学習者の答えを肯定したうえで，そのおかしさに学習者自身が気付くことが有効であると述べている。誤りからの学習は，誤りを学習者自身が発見したうえで，それに納得してその誤りを回復していこうとするものである。この一連の過程は，プログラミングにおけるデバッグ行為と重なる部分が多くあるように思われる。そこで，小学校プログラミングにおけるデバッグの学習に誤りからの学習の具体的な指導法を取り入れることで，デバッグの支援につながることを期待できる。

また，小学校プログラミングに誤りからの学習を当てはめて考えれば，プログラミングの特定の考え方や

概念の誤りに児童が気付き，それを主体的に修正していくことであるといえる。したがって，デバッグに関する力のみならず，プログラミング的思考における他の力や考え方についての支援につながることも考えられる。

以上から，デバッグの力を育むためには，デバッグを扱うプログラミング的思考に沿った授業のなかで，藤井が述べているような，児童の誤りを肯定したうえで，誤りに気付かせるような指導法（以下，「誤りに気付かせる指導法」）を取り入れることが有効であると考えられる。また，その結果としてデバッグ以外のプログラミング的思考の支援につながることも考えられる。しかしながら，実際に誤りに気付かせる指導法を取り入れた授業実践によって，プログラミング的思考にどのような影響を与えるのかは不明である。

そこで本研究では，まずはプログラミング的思考に沿った授業のデバッグ場面で，誤りに気付かせる指導法を取り入れることで，児童のプログラミング的思考に対する考え方にどのような変化が見られるのかを明らかにすることを目的とする。

Ⅲ. 研究の方法

1. 実践の概要

児童のデバッグの力を育むことを目指し，以下のような授業実践を行った（表1）。児童は，ビジュアル型言語を用いて，主発問「2年生が遊べるコロコロ迷路を作ろう」に取り組んだ。コロコロ迷路とは，段ボール等を用いてビー玉を転がす迷路のことを指すが，本実践ではタブレット端末のジャイロ機能を用いて，同様の遊びが可能な迷路をタブレット端末上で作成することとした。

授業は，2023年1月に愛知県内A小学校で第5学年2クラス52名を対象に行った。授業は第1著者が行い，それぞれのクラスで授業2時間分（90分）ずつ実施した。

表1 授業の流れと5つの手順

	学習活動	5つの手順
1	<ul style="list-style-type: none"> ・プログラミングとは何か知る。 ・プログラミングのアプリを起動する。 ・アルゴリズムの制御構造を知る。 <ul style="list-style-type: none"> ・順次構造 ・分岐構造 ・反復構造 ・主発問を捉える。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">2年生が遊べるコロコロ迷路を作ろう</div> <ul style="list-style-type: none"> ・キャラクターを動かしてみる。 	問題分割 ↓ 活動の発見
2	<ul style="list-style-type: none"> ・センサとは何か知る。 ・ジャイロセンサを使ってみる。 ・迷路に追加したい要素を考える。 ・迷路の要素を作る。 <ul style="list-style-type: none"> ・迷路・動く敵を出す ・触れたらスタートに戻る装置作る 	↓ 計画 ↓ 場合分け，デバッグ

2. 各時の学習活動

第1時では、プログラミングに慣れることも目的に、以下のように授業を進めた。

まず、アルゴリズムの三つの制御構造として、順次構造、分岐構造、反復構造について扱った。この際、事前配布したサンプルプログラムを実際に加工する活動を行い、児童がこれらの制御構造を体験的に学習できるように配慮した。次に、本実践の主発問である「2年生が遊べるコロコロ迷路を作ろう」を提示した。主発問を児童が捉えることで、一連の学習でどのようなものを作るのかを意識することができる。

その後、コロコロ迷路づくりに必要な要素を明示したうえで、実際にキャラクターを動かすことに取り組みさせた。この活動は、コロコロ迷路づくりの最も基本的なプログラミングである。この段階は、全体のなかから個別の活動を取り出して行っていることから、プログラミング的思考5つの手順の①問題分割、②活動(命令)の発見にあたる。

第2時では、主発問の問題解決を行った。まず、実際にコロコロ迷路を作るために、タブレット端末のジャイロセンサについて触れ、センサからどのような入力を与えることで期待する機能が実現するのかを考える活動を行った。この活動も、②活動(命令)の発見にあたる。

そのうえで、迷路を難しくするための仕掛けを、児童自身の試行錯誤により作成した。この段階では、どのような要素を付け足していくかを児童自身が考える活動を行っており、③計画にあたる。

最後に、実際に何度も遊んでみて、考えていた機能が実現できているか、もっと面白くなる機能はどのようなものかなどを考え、改善する活動を行った。この活動は、④場合分け、⑤デバッグにあたる。

3. 本実践と誤りに気付かせる指導法

本節では、学習活動と誤りに気づかせる指導法の関係について整理する。本実践において、次の活動で誤りに気付かせる指導法をそれぞれ取り入れた。

まず、第1時の制御構造を学習する段階では、タブレット端末への入力を待機するための分岐構造の役割について確認した上で、それを用いたプログラムを作成させた。その際、反復構造を用いないことによって処理が1度しか行われず、入力待機が実現できていないことを認識させた。授業者と児童が対話しながら、授業者が児童の考えに同調する形で誤りのあるプログラムを実際に作成し、その実行によって誤りに気付くような展開とした。

第2時の迷路の仕掛けを作成する段階では、授業者と児童の対話で、児童が考えるプログラムを肯定しつつ、意図的な誤りを実演した。それにより、児童らがクラス全体で考えたアルゴリズムが誤っていることを

認識させた。ここでも第1時の活動と同様に、授業者と児童が対話するなかで、児童の考えを肯定したプログラムを作成し、実行によって誤りに気付かせる展開とした。

IV. 評価の方法

本実践の前後で、児童のプログラミング的思考に対する考え方にどのような変化があるのかを明らかにするために、事前・事後の質問紙調査を無記名で行った。なお、質問項目はベネッセコーポレーション(2018)を参考に作成し、5件法で回答を求めた。また、事後調査では、本実践の感想についても自由記述形式で回答を求めた。

V. 結果

授業の前後で児童のプログラミング的思考に対する考え方にどのような変化があるのかを明らかにするために、事前と事後の質問紙調査を用いて分散分析を行った。その結果、デバッグに関連する項目を含むすべての質問項目において、事前に比べて事後が1%水準で有意に高かった。本実践を通して、児童のプログラミング的思考に対する考え方に向上が見られた。なお、特にデバッグに関連する項目の分析結果を表2に示す($F(1,51) = 34.21$)。

VI. 考察

児童のプログラミング的思考に対する考え方の質問紙調査を分析した結果から、本研究で実施した授業実践は、児童のプログラミング的思考に対する考え方の向上につながったことが明らかになった。事後調査の自由記述では、最初はプログラミングについて難しそうと考えていたが、この授業を通してプログラミングに取り組んでいくうちに、楽しんでできるようになったといった意見が多く見られたことなども踏まえると、本実践を通してプログラミングに対する苦手意識を軽減できたことが、プログラミング的思考に対する考え方が変化することにつながったと考えられる。

また、本実践では誤りに気付かせる指導法を取り入れたデバッグ活動を行った。誤りに気付かせる指導法は、「誤りからの学習」に基づいており、学習者自ら

表2 デバッグに関する項目の分散分析結果

	命令の組み合わせをどう改善すれば、自分が考える動きに近づいていくのか試す	
<i>N</i>	52	52
<i>Mean</i>	4.23	5.09
<i>S. D.</i>	1.10	0.97

が誤りを認識して主体的に修正していく学習である。そのため、こうした考え方に基づくデバッグ活動により、プログラミングに関わる全体に向上が見られたことにつながったことも考えられる。

VII. まとめと今後の課題

本研究では、児童のデバッグに関わる力を育むことを目的に、まずはその前提となるデバッグに対する考え方やプログラミング的思考に対する考え方の変化を明らかにした。実践の結果、誤りに気付かせる指導法を取り入れたデバッグ活動を経て、児童の考え方に正の変化が見られた。初学者にとって困難であると考えられるデバッグにおいても変化が見られたことから、本研究で行った実践は有用性があると考えられる。

今後は、本研究の結果も踏まえ、誤りからの学習の考え方に基づくデバッグ活動によって、実際のプログラミング的思考にはどのような変化が見られるのかや、児童が作成するプログラムにはどのような上達が見られるのかといった、より深い評価が必要である。それにより、児童のプログラミング的思考そのものを向上させるための教材や授業の開発に資することができる。また、本研究では全児童に対して誤りに気付かせる指導法の考え方に基づくデバッグ活動を取り入れた授業実践を行ったため、異なる考え方に基づくデバッグ活動を取り入れた場合などとの比較を通して、誤りからの学習の考え方を取り入れたデバッグ活動の教育効果について考察する必要がある。以上のような課題に取り組み、児童のデバッグに関わる力の育成に資するような教材や授業を開発していきたい。また、異なる校種におけるプログラミング学習との接続を踏まえたデバッグ学習についても研究を進めたい。

謝 辞

本授業にご協力くださった皆様に感謝申し上げます。また、本研究の一部はJSPS科研費JP20K03207の助成を受けたものです。

引用・参考文献

- 文部科学省 (2017) 小学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説 総則編
- 文部科学省 (2017) 中学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説 総則編
- 文部科学省 (2018) 高等学校学習指導要領 (平成30年告示) 解説 総則編
- 文部科学省 (2018) 高等学校学習指導要領 (平成30年告示) 解説 情報編
- 文部科学省 (2020) 小学校プログラミングの手引き (第三版) Sue Fitzgerald, Gray Lewandowski, Renée McCauley, Laurie Murphy, Beth Simon, Lynda Thomas, Carol Zander (2008) "Debugging: Finding, fixing and flailing, a multi-institutional study of novice debuggers", Computer Science Education, 18, 2, pp.93-116
- 中村佐里, 三尾忠男, 波多野和彦 (2022) 小学校でのプログラミングの教育指導にかかわる不安要因について, 日本教育工学会研究報告集, 2022, 1, pp.147-150
- 完田八郎, 小林祐紀 (2021) 問題解決能力を育成するプログラミング教育～小学校6年間を見通した指導計画～, 2020年度鳥取大学附属小学校研究紀要, pp.96-104
- 平嶋宗, 堀口知也 (2004) 「誤りからの学習」を指向した誤り可視化の試み, 教育システム情報学会誌, 21, 3, pp.178-186
- 藤井育亮 (1997) 数学学習と認知的コンフリクト, 学校数学の授業構成を問い直す (日本数学教育学会編), pp.122-134
- ベネッセコーポレーション (2018) 第2版「プログラミングで育成する資質・能力の評価基準」<https://benesse.jp/programming/beneprog/2018/08/31/2ndstandard/> (閲覧日: 2023年9月19日)

(2023年9月25日受理)