

原著 (Article)

小学校におけるプログラミング教育の学習過程の工夫

——「試行錯誤」・「言語化」・「物語化」を取り入れて——

**Devices of learning process of programming education in elementary school:
taking in trial and error, make a language and tell a story**

森 和久*・相川 保敏**・福岡 なをみ***・永田 義彦***

MORI, Kazuhisa* AIKAWA, Yasutosi** FUKUOKA, Naomi*** NAGATA, Yosihiko***

キーワード：プログラミング教育，試行錯誤，言語化，物語化

Key words : programming education, trial and error, make a language, tell a story

1. 研究の背景と目的

2017年3月に公示された学習指導要領に「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」、いわゆる「プログラミング教育」が盛り込まれた。学習指導要領総則編の解説では、「プログラミング教育」の目的を、「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』を育むため」とし、「プログラミング的思考」を、「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」と規定している。そして、「小学校段階において学習活動としてプログラミングに取り組むねらいは、プログラミング言語を覚えたり、プログラミングの技能を習得したりといったことではない」と明記している。

特定のプログラミング言語を用いて、仕様通りのプログラミングを作成する「コーディング」が目的ではなく、論理的思考力、「プログラミング的思考」の育成が目的なのである。具体的にどのような場面での学習が想定されているかというと、文部科学省の「小学校プログラミング教育の手引（第二版）」によれば、以下の通りである。

A：学習指導要領で例示されている単元等で実施するもの

(算数：[第5学年] B図形(1)正多角形，理科：[第6学年] A物質・エネルギー
(4)電気の利用，総合的な学習の時間：情報に関する探究的な学習)

B：学習指導要領に例示されていないが、各教科等の内容を指導する中で実施する

* 椋山女学園大学教育学部/椋山女学園大学附属小学校

** 名古屋市立白鳥小学校

*** 椋山女学園大学附属小学校

もの

C：教育課程内で各教科等とは別に実施するもの

D：クラブ活動など、特定の児童を対象として実施するもの

Aのように学習指導要領上に明記されているのは、ごく僅かであり、後のB～Dは、各学校のカリキュラム・マネジメントにゆだねられているのである。しかし、「平成29年度次世代の教育情報化推進事業教育コンテンツの開発促進のために必要な要件等に関する調査研究報告書」によると、学校現場では、プログラミングに関する、「情報不足」、「人材不足」、「予算不足」が大きな課題となっている。また、「情報不足」の範疇として、「どの教科のどの内容の中で行うのか」「教科の中でプログラミング学習を行うことによって、本来の教科の目標から授業内容がずれてしまわないか」という課題が指摘されている。

こうした現状に対して、坂巻ら（2017）は、「教科の目標との整合性」を持たせるために、「プログラミング教育によって可能なまなび」と「学習指導要領に示された教科の目標で該当すると考えられる項目」でマトリックスを作成する方法を提案している。そして、例えば、小学校、国語3・4年の「カ 主語と述語との関係、修飾と被修飾との関係、指示する語句と接続する語句の役割、段落の役割について理解すること」とプログラミング学習の「ものごとの組み立てを分解して理解する力」との「親和性が高い」とし、「国語のこの学習場面で教材としてプログラミング学習を用いることができないか」と提案している。また、久野ら（2015）は、プログラミング学習を含む情報教育を、中学校では情報科を設置し、小学校段階では「算数科・国語科・生活科・社会科などの教科の中に情報教育の単元を埋め込む」ことを提案している。

一方、川原田ら（2018）はプログラミングの学習到達水準表を検討した上で「教科としての成立条件を満たしている」と指摘しているが、授業時数確保の問題もあり、教育課程を編成する上で、プログラミングを学校独自の教科として位置づけることのハードルは高い。独自の教科としないのであれば、各教科との「親和性」を考え、各教科の目標達成の方法としてどんな場面でプログラミングの学習を行うことが有効なのかを考えるということが現実的である。

しかし、あらかじめプログラミングの仕方について一定程度習得していなければ、教科の学習に生かすことが難しい場合が多く、プログラミングの学習と教科学習のマッチングについては、系統立てたプログラミングの実践を一定程度積み重ねることでもこそ見えてくるのではないかと考える。

本稿は、相山女学園大学附属小学校で、2017年から2018年にかけて行ったプログラミング教育の実践を報告するとともに、プログラミング教育の具体的な実施方法について考察することを目的とするものである。

2. 梶山小学校でのプログラミング教育

梶山女学園大学附属小学校では、主に総合的な学習の時間においてプログラミングの学習を行っている。手軽に学べるものから、より高度なものになるよう低学年は WeDo 2.0, codeSpark, Tynker, 高学年は EV3, Swift を基本の教材として選定している。プログラミングを教科の学習の中で行うにしても、基本的な操作方法や考え方を習得していなければならない、そのためには一定の時間を取って系統的に学んでいくことが必要であると考えたからである。しかし、マニュアルに従ってプログラミングを行い、その通りに動作したというだけでは、プログラミングの仕組みの理解にはなっても、論理的思考力を育成することにはつながりにくい。そこで、本校で各指導者が共通して意識するようにしたことが、「試行錯誤」と「言語化」である。

まず「試行錯誤」であるが、目的とする動作をするために、どのようなプログラムにすればよいのか考え、動作させてみて、不具合を修正するという過程を学習の中に意図的に組み入れるということである。プログラミングによる学習は、どのようにプログラミングをしたらよいのか考え、プログラミングを作成し、実際に動作させてみて、問題点を把握し、修正点を考えるといった「試行錯誤」を、短時間に何回も行うことができるという特性をもつ。また、理科の実験で留意しなければならないような危険性は少なく、例えば間違ったプログラムを動作させたとしても、基本的には安全である。また、例えば失敗を繰り返しても、薬品や素材を消費することがなく、コストもかからない。このようなプログラミングによる学習の特性を生かし、試行錯誤をできるだけ児童に行わせるために、指導者は次の点に留意し、授業の構成を考えるようにした。

- ① 新たなプログラミング言語について教師が教えるのではなく、そのプログラミング言語を入力し動作させると、どのような結果になるのか、児童に調べさせることにより、プログラミング言語の意味を習得できるようにする。
- ② 習得したプログラミング言語を活用し、目的の動作をさせるためのプログラミングを児童に考えさせる。目的の動作は、既存のプログラミング言語の組み合わせで実行でき、かつ変数やプログラミングの順序に工夫が必要なものとする。
- ③ 目的の動作を達成するために、児童が「ア 目的の動きをさせるには、どのようなプログラミングをすればよいのか考える」「イ 考えたプログラムを実行する」「ウ 正しく目的の動きをしたか確かめる」「エ 目的の動きをしなかった場合、問題点を考える」という PDCA サイクルを繰り返して、目的の動作にたどりつくようにする。

このように試行錯誤を重視した学習の流れを基本とすることで、児童は筋道立てて考える「プログラミング的思考」を身につけていくと考える。

次に、意識したことが「言語化」である。この場合の「言語化」とは、自分の試行錯誤の過程を言葉にすることである。「はじめ私は、〇〇だと考えプログラムを作りました。けれども動かしてみると△△になってしまいました。そこで、□□のように修正しました。すると……」のように試行錯誤の過程を、口頭で説明するか、文章に書くのである。この活動を取り入れることによって、何となく行いがちな「試行錯誤」がより自覚的なものとなり、行き当たりばったりの「試行」ではなく、見通しをもった「試行」を行うことができるようになると考える。

3. 実践の概要

(1) 実践1

4年生では、大まかに以下の流れで、レゴ社のマインドストーム EV3というロボットによるプログラミングの学習を行っている。

- ① タブレットとEV3を接続する方法，解除する方法を覚えよう。
- ② EV3を前進させよう。
- ③ EV3を後進させたり，向きを変えたりしよう。
- ④ 超音波センサーを使って，障害物の前で停止させよう。
- ⑤ 超音波センサーで，障害物をゲットしよう。

初めてEV3を動かすので，まず基本的な動かし方を系統的に習得しなければならない。しかし，2で述べたように単にマニュアルを再現する学習にとどまってしまうのではなく，「試行錯誤」と「言語化」を重視して学習過程を考えた。

例えば②の「EV3を前進させよう。」では，まず，教師が「パワー」「回転数」のブロックを使ったプログラムを提示し，児童はそのプログラムを実行してみることで，ブロックの役割を掴む。その後，「パワー」と「回転数」を変えてみて，走行距離を測る。次に「秒数」を変えてみて，走行距離を測る（図1）。これらの結果を総合し，「1m前進走行させるためのプログラミング」を考える。

児童は，測定結果を踏まえ，「パワー」「回転数」もしくは「パワー」「秒数」の組み合わせを試行錯誤しながら，最適な組み合わせを導き出していた。そして，その結果わかったことを

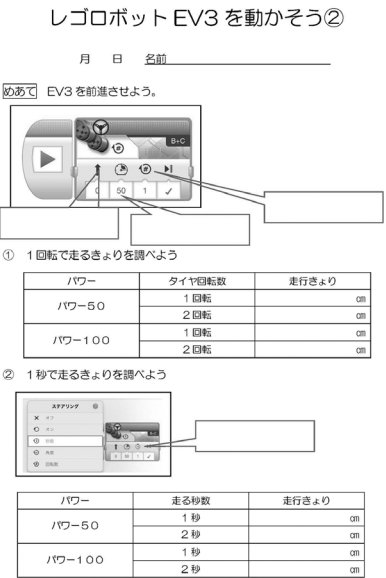


図1 ブロックの役割をつかむ

文章に表した。

④の「超音波センサーを使って、障害物の前で停止させよう。」でも同様に、初めは教師が提示するプログラミングを実行し、そのプログラミングの意味を推測した。「超音波センサーが障害物を見つけ、停止する」ということに児童は気づき、次に「自分で超音波センサーを使うプログラミング」を考えた。児童は、例えば「前進し、障害物を6センチ手前で察知し止まる」「前進し、左に曲がった後、超音波センサーで、障害物を感知したら右に曲がってまっすぐ進む」などのオリジナルのプログラムを考えることができた。

まとめの「気がついたこと」では、次のような記述が見られた。

「今回のプログラミングでは、ちょう音波センサーを使って、障がい物を見つけさせて止まるという前回よりも少し高度なプログラミングをしました。私はちょう音波センサーを使ってこのプログラミングをしたら、この黄色いブロックの中の二つの数字は何を表しているの？ という質問が出てきました。すると『4』という数字は人間で言うしやの広さなどをちょうせつしている事がわかりました。次回はちょう音波センサーでもっと長いプログラムをしたいと思いました。」

「私は超音波センサーを使いブロックの前で止まらせることを100未満にさせました。すると、前進もしなければ右回も左回もしないので不思議に思いました。そこで『10』にしてみるとブロックをおいこしてしまいました。(超音波センサーがついているのはんのうしなかった!! なぜ?)と考えて、(もしかしたら数字が下がっていくごとにはんのうするのかな?)と思って実験をしました。予想は、はずれてどんどんつき進むので、きっと超音波センサーははんのうするのが入れた数字なのだと考えました。だから超音波のきのうがついていれば、決してなくなったりはせず、入れた数字通りにはんのうするということがわかりました。」

「しきい値」という意味が理解しにくい変数について、いずれも、筋道立てて考えながら試行錯誤をし、それを言語化しようとしていることがみてとれる。

⑤の「超音波センサーで、障害物をゲットしよう。」では、①から④の学習で習得したEV3の動かし方を組み合わせて、自分たちでプログラムを考えるようにさせた。その際に提示した課題は、「ひよこを救おう」というものである。「障害物をひよこの人形にし、ワニやヘビの人形を置いたコースを提示し、ひよこを救い出す」よう指示をした。この課題を解決するためには、コースを前進し、その先にあるひよこをアームで確保し、元の場所まで戻るといったプログラムを組まなければならない。児童は前進や超音波センサーによる障害物の感知、ロボットアームを動かすといった既有知識を組み合わせ、プログラミングに取り組んだ。しかし、前進しても超音波センサーがひよこを感知しなかったり、感知してもアームがひよこを確保できなかったりして、なかなか思うように目標を達成できない。超音波センサーの向きやロボットアームの動きなど細かい設定を修正し、まさに試行錯誤の繰り返しで、児童は課題の克服に取り組んだ。

すべてのロボットの動きがひと目でわかるようにしたコースや、「ひよこを救う」という課題をリアルにするために置いたワニやヘビのおもちゃも大変効果的で（図2）、習得した知識を活用して課題解決する場が、児童にとって意欲を持って取り組むことができるものになっていた。単に「障害物を確保し移動させよう」ではなく、「ひよこを救おう」という設定はたいへん有効なものであったと考える。



図2 ひよこを救うためのコース

(2) 実践2

5年生では、「人に役立つプログラムを考えよう！」という課題で、4年生で習得した動作を組み合わせ、EV3に椚山小学校の校内を案内させる活動を行った。学校説明会の折に来校するお客様に、図書館やエントランスホールといった小学校の各所を紹介するためのプログラムを考えるのである。児童は、「どの場所を案内するのか」「どのようにパフォーマンスしたらお客さんが楽しむか」を考え、次にロボットのデザインや具体的なプログラムを考えていった。「前進、後進、曲がる」「アームを下ろす、上げる」「音を鳴らす」などの機能を組み合わせ、例えば「お客さんの前で、あらかじめ録音しておいた説明を流し、回転して説明のフリップをアームで上げる」というような、説明のためのパフォーマンスをEV3にさせることができた。

児童は、実際にロボットをお客さんの前で動作させ、学校の案内役を務めなければいけないため、切実感をもってプログラミングに取り組み、多くのお客さんから賞賛を得たことで、大きな達成感を得ていた。この実践の中でも多くの「試行錯誤」があった。また、お客さんの質問に答え、自分のプログラミングについて説明することで、「言語化」を行うことができていた。

(3) 実践3

3年生は、EV3よりもプログラミングが易しいWeDo 2.0を用いてプログラミングの学習をしている。レゴブロックで、ロボットの形を変えて、人工衛星や扇風機に見立てたものを制作し、そのプログラミングを考える学習を行う。そしてその後に、「動くしくみを使って作りたいロボット」を考えた。児童は、メリーゴーランド、洗車機、ゴミ回収機などの「マイロボット」のデザインを考え、それに基づき制作し、動かすためのプログラムを作っていた（図3）。



図3 児童の考えたロボット例

既習事項を活用し、自分が実現したいことがらのためのロボットを自ら創作するという点では、難易度こそ違うが、5年生の実践と基本的には同じ枠組みであり、「試行錯誤」や「言語化」を行うことができていた。

4. 考察

(1) 必要感を持たせる題材の工夫としての「物語化」

各学年とも、マニュアル通りに制作して動かすのではなく、筋道立てて考える中でプログラミングについて学んでいくことができるよう学習過程を工夫した。そしてその学習過程の中に「試行錯誤」と「言語化」を取り入れた。詳細な検証を経ているわけではないが、教師の実感としては、この学習過程に手応えを掴んでいるところである。今回、実践を組み立てるに当たって大切にしようと考えたことは「試行錯誤」と「言語化」であった。それに加えて、実践を重ねる中で見えてきた重要な要素が「物語化」ということである。

実践1では、「既習事項を用いて、1メートル先の物をアームで確保して、持ってくるプログラムを考えよう」という一般的な言い方ではなく、「アヒルを救おう」という「物語」の中での課題を設定した。教師の自然発生的な工夫なのであるが、「物語化」したことで、ロボットの制作に必然性を持たせることができた。実践3では、マイロボットを作ろうという投げかけに対して、「アームみたいなところで、ゴミを集めるロボット」などのロボットを工夫して考えていた。現実の世界ではほとんど実用性に耐えうるものではないものではあるが、児童の考えた仮想の「物語」世界の中で、機能するロボットになっている。

実践2では、学校説明会の中で、校内のいろいろな場所を紹介するプログラミングを考えた。これは、仮想的な「物語」ではなく、現実場面での活用であるかのようなものはあるが、私はこれも「物語」の中で成立しているものだと考える。校内の各所をロボットが紹介するといっても、EV3の機能には限界があり、小学生がプログラミングをしたという割にはかなり複雑な動きをしていたとは言えるものの、各所の紹介という点で実質的に十分な役割を果たしていたとまでは言い難い。参観者は、子どものごっこ遊びに参加するときのように、稚拙なロボットの動きを共感的に受け止め、ロボットが学校を案内する仮想の「物語」に参画していた。つまり児童も参観者も、見立てられた「物語」世界の中に入って、ロボットの説明が機能している状況を共有していたのである。

宮川ら(2016)は、「一般的なプログラミングの学習の場合、学習者が取り組むプログラムの課題は、特定のアルゴリズムを習得するための演習課題として位置づけられるケースが少なかった。このスタイルの学習は、学習者がプログラムを学ぶ必要感を持ち得ないという問題があった」と指摘し、学習者が学ぶ上での「題材の選定」が重要な意味をもつとしている。

今回、自然発生的にはあるが指導者は題材を工夫し、学習者が必要感をもって学ぶことができるようにするために、「物語化」を行っており、児童の学習意欲を大いに高める効果があったと考える。

(2) 物語世界での社会参画を促す

文部科学省の「小学校プログラミング教育の手引（第二版）」では、プログラミング教育のねらいの一つとして、「コンピュータ等を上手に活用して身近な問題を解決したり、よりよい社会を築いたりしようとする態度を育むこと」を挙げている。プログラミングによって問題解決をしたり、よりよい社会に結び付けたりすることは、現実の世界の中で実際に起こっていることである。しかし、阪東ら（2017）が「『プログラミングをよりよい人生や社会づくりに生かす』ことの具体として、技術ガバナンス力育成の視点が明確に位置づけられていない」と指摘するように、子どもたちが考えるプログラミングを社会に生かすことは、現状ではギャップが大きい。ましてや「特定のアルゴリズムを習得するための演習課題」を行っているだけでは、社会とのつながりは感じられにくいであろう。

この現実世界と自分たちの技術力のギャップを埋めるためには「物語化」は有効なのではないだろうか。実践3で、ゴミ収集ロボットや洗車ロボットなど役に立つロボットを子どもたちは考えていた。実際には、これらのロボットはゴミを集めることも洗車することもできない。しかし、「物語」の中では、それは有効に機能し得る。自分たちの稚拙なプログラミングでも有効に機能する「物語」の枠組みがあることで、子どもたちは想像力を働かせ、物語世界の中での社会参画をしていく。そしてそのことは、現実世界での「コンピュータ等を上手に活用して身近な問題を解決したり、よりよい社会を築いたりしようとする態度」につながっていくと考える。

磯部ら（2016）は、「コンピューショナル・シンキング」と呼ばれる問題解決法について述べる中で、「現実世界の問題を抽象化によって分析し、それに基づき、問題を解決するための手順（アルゴリズム）を構築するという二段階の思想活動からなる」と述べている。問題解決には、「抽象化」と「自動化」が重要なのである。いわゆる「コーディング」ではなく「プログラミング的思考」の育成をめざすプログラミング教育にとって示唆に富んだ指摘であると考えが、ここでいう「問題の抽象化」の一つとして、「物語化」を考えることは今後の研究課題として意義があるのではないかと考える。

(3) 教科の学習と結び付けるための「物語化」

「現実世界での社会参画につなげるための物語世界での社会参画」という枠組は、プログラミング教育を教科の学習に位置づけるためにも有効であると考えられる。教科の学習には、それぞれのねらいがあり、そのねらいを達成するためにプログラミングが有効かという点必ずしもそうでない場合が多い。そこで、教科の学習とプログラミン

グとの「親和性」を探るわけであるが、なかなかうまくマッチングがいかず、かなり無理矢理感がある実践例が多い。また、プログラミング教育にも系統性が必要であり、段階的に習得させなければならないため、教科の学習とのマッチングはますます困難になる。

そこで、教科学習とプログラミングをそれぞれの探究段階でマッチングさせるために、「現実世界での社会参画につなげるための物語世界での社会参画」という枠組を用いてはどうかと考える。多くの教科の探究段階では、学習したことをもとに「身近な問題を解決したり、よりよい社会を築いたりしようとする」学習が行われる。その方法の一つとして、プログラミングを活用するのである。もちろん現実を変革するような高度なプログラミングはできないので、「物語化」された枠組の中で考える。

例えば、光村図書5年生の社会科教科書には「まとめる 広げる」学習活動として「自動車工業」について学んだ後、『10年後の自動車』の企画書を作ろう」という学習が設定されている。探究的な学習を促す教材であるが、この学習で、「10年後の自動車」の企画書の作成で終わるのではなく、プログラミングで擬似的なものを作り、それをプレゼンするということが考えられる。こうすることによって、プログラミングにより自分の構想を具体化していく体験を味わうことができる。しかし、当然本物の未来自動車を作ることができるわけではないので、「物語化」された擬似的な場の中でのプレゼンテーションということになる。しかし、実践3で見られたように、構想した物を、実際に動く物へと具体化する作業は、論理的思考力を活用し、社会の中で役立てるための疑似体験と言える活動であると考ええる。

他にも、6年生の歴史学習後に「もし、織田信長が現代に生きていたら」という設定で、信長のそれまでの施策からどんな行動を取るかを考え、その施策を実現させるためのプログラミングを考える、農業での現状の課題を軽減し、生産性を高めるプログラミングを考えるなど、探究的な学習においてプログラミングを活用した活動がいくつか考えられる。

このように、教科の探究的な学習の中で、「物語化」された枠組の中で機能するプログラムを考えるということは、現実世界の課題解決の際に「プログラミング的思考」を生かそうとすることにつながっていくのではないだろうか。こうした考え方は、教科の内容を指導する中でプログラミングを実施するための一つの手がかりになると考える。

5. まとめ

以上、「試行錯誤」と「言語化」を取り入れることを共通理解して行った椋山小学校でのプログラミング教育の実践から、新たに「物語化」という題材設定の方法が見いだされた。今後、この方法の有効性を明らかにするとともに、さらなる教材開発を進めていきたい。

■引用文献

- 文部科学省（2017）小学校学習指導要領解説総則編 http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/05/07/1387017_1_2.pdf（2018年11月30日閲覧可能）.
- 文部科学省（2018）小学校プログラミング教育の手引（第二版）http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/11/06/1403162_02_1.pdf（2018年11月30日閲覧可能）.
- 政策研究所（2018）平成29年度次世代の教育情報化推進事業「教育コンテンツの開発促進のために必要な要件等に関する調査研究」報告書 教育委員会等における小学校プログラミング教育に関する取組状況等について http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/_icsFiles/afieldfile/2018/06/22/1370024_1.pdf（2018年11月30日閲覧可能）.
- 坂巻若菜・福島健介（2017）授業実践から考える小学校におけるプログラミング教育の課題・方向性. 2017 PC Conference：151-154.
- 久野靖・和田勉・中山泰一（2015）初等中等段階を通した情報教育の必要性和カリキュラム体系の提案. 教育とコンピュータ（情報処理学会論文誌），1（3）：48-61.
- 川原田康文・大森康正・磯部征尊・上野朝大・山崎貞登（2018）小・中学校一貫したロボット及びプログラミング学習実践と教育階梯別の学習到達水準表との対応. 上越教育大学研究紀要第38巻，1：135-144.
- 福岡なをみ（2017）小学校におけるプログラミング教育による論理的思考力の育成. 梶山人間学研究，13：169-191.
- 阪東哲也・黒田昌克・福井昌則・森山潤（2017）我が国の初等中等教育におけるプログラミング教育の制度化に関する批判的検討. 兵庫教育大学学校教育学研究2017年：173-181.
- 宮川洋一・森山潤（2016）学習者の思考力を高めるプログラミング教育の学習支援，192 pp., 風間書房，東京.
- 磯部秀司・小泉英介・静谷啓樹・早川美德（2016）コンピューショナル・シンキング，212 pp., 共立出版，東京.
- 石毛直道他（2015）社会5，229 pp., 光村図書，東京.