

# STEM 教育とプログラミング的思考

野村 泰朗<sup>1)</sup>

## 要 旨

筆者は、主体的な問題解決力を育むために日本の総合学習の考え方に根ざしたものづくり活動を通した STEM 教育を提案している。情報社会が進展する中、コンピュータやネットワークを組み合わせたモノづくりが当たり前となり、自分のアイデアを表現する手段の一つとしてプログラミングの役割、計測制御の考え方の重要性が増して来ている。ここでは、それを使いこなせるためにプログラミング的思考力が必要であることを論ずる。

### 1. プログラミング「を」と「で」の区別の必要性

次期学習指導要領において、小学校段階からプログラミング的思考力の育成を目指す学習事項が新たに導入される予定であり、すでにその指導について多くの議論と実践が進められている。しかし、現状は、プログラミングができるために必要な、アルゴリズム、データ構造といったコンピュータサイエンスの基本的な見方考え方を伝えるよりも、プログラミング体験を重視する傾向が強いように感じられる(文科省 2014, 教育家庭新聞 2017)。中には、ただ順序立てて考えることがプログラミング的思考かのような教材や実践も見られるが、どのような問題状況で順序立てる考え方が必要なのかそのよさを吟味せず、ただ順序立てることが大事だといった<脱文脈>の指導には疑問がある。次期指導要領では、ICT活用の一環でコンピュータ「で」より効果的な授業の工夫だけでなく、特に小学校段階において教科等の活動においてプログラミング的思考「を」学習できる授業が求められている。しかし、「を」が単なる体験ではなく、より本質的に、情報社会が進展する中で、コンピュータにより制御される人工物に囲まれた生活があたりまえとなっている現在の<文脈>を意識し、「機械に使われる」ことなくその仕組みを理解し活用するために必要なプログラミング的思考の指導内容の明確化が大事である。

### 2. カリキュラムマネジメントとプログラミング教育

現行指導要領では小学校でも「外国語活動」として英語等の学習が始まっているが、これにさらにプログラミング教育が加わることを単純な内容の足し算と見るのではなく、カリキュラムマネジメントの観点から、①同じシンボルを用いたコミュニケーションについて学ぶ観点から国語科、算数科、外国語活動とプログラミングとの【内容系統生】からの関連づけ、②社会の中でコンピュータ技術が果たす役割を知り、プログラミングと問題解決との【目的有用性】からの関連づけ、の両面から導入方法を検討することが必要であると考えられる(野村ら 2017)。例えば、筆者らは、機械とのコミュニケーション手段としてのプログラミングに着目し、国語教育や外国語教育との類似性を生かした指導法の有効性について研究している(野村)。すでに、日本語接続詞の選択や文章の構造化により論理的な文章をよりよく作文できる者は、基本的な制御構造を必要とするプログラミングもよりよく書けることが示唆されているが、他方でプログラミングの学習によってよりよく書けるようになると最初の時点で論理的な作文ができていた子が逆にできなくなってくる現象が見られた。一つの仮説として、すでに日本語の文章表現パラダイムを<意味>レベルで理解している者は、意味理解の枠組みとしてそれを頼りに新しい言語パラダイムを学習しやすいのではないかと考えられる。他方で、日本語の文章表現パラダイムが不完全であり形式的にしか理解できていない者は、新しいプログラミングパラダイムを学習する中で一旦<意味>がわからない状況に陥り、そこから独自の意味パラダイムを構築しようとするため、その後、もともとの不完全な日本

1) 埼玉大学教育学部・STEM教育研究センター  
tairo\_nomura@mac.com  
<http://www.stem-edulab.org/>

語の文章表現パラダイム自体を再構築していこうとする中で作文に迷いや悩みが起るのではないかと考えられる。つまり、プログラミングを指導するとは、日本語と英語で対象の捉え方が違うと同様に、プログラミング言語の対象の捉え方に目を向かせるためにさまざまな物の見方考え方を意識し区別できるように「意味」レベルでの【内容系統性】からの指導の工夫が必要であると考えられる。

### 3. ものづくりとプログラミング教育

構成主義的な考えに立つと、対象を言葉で説明できたり状況に応じて使うことができることによって、学習者のプログラミングの理解度を知ることができると考えられるが、そもそも日本語が不完全であると言語的な報告だけで把握することが困難なことがある。ここでは、構成主義的なアプローチにより、プログラミングと処理結果の可視化、実体化を組み合わせ、動作結果を体感させられる指導方法が有効であると考えられる。筆者は、日本の総合的な学習の時間の考え方がヨーロッパ型のSTEM教育の理念である様々な分野の知識・技能を「統合(integration)」することにより問題解決できる力を育成することと通じる点に着目し、「日本型STEM教育」として、従来の総合的な学習の時間を深化させ、よりSTEM領域の内容を加味したカリキュラムを開発することを通してSTEM教育を展開することが日本においては合理的であると主張している(野村2013)。しかし、このようなプロジェクト的な学習活動はハードルが高く感じられ、学習者の学習意欲が重要となる。筆者らは、身近な家電製品の仕組みや人命救助やバリアフリー、宇宙デブリといった社会的問題

をテーマに、コンピュータで制御され動くものによって問題解決ができることに気づかせ、仕組みやプログラムの動作の理解を深め、さらにはプログラミングを学ぶ意義に結び付ける【目的有用性】からの指導法とカリキュラムの研究開発を教育臨床的に進めている(野村2011, 2013)。

### 4. Scratchの世界観に馴染めない学習者とプログラミング的思考の本質

2017年5月13日にScratchを用いて迷路ゲームを作ってみようという2～2.5時間のワークショップを実施した。小学生8名が親子で参加し、キャラクターをキーボードで操作して、背景に描いた迷路の壁に接触しないようにスタートからゴールまで操作できたら成功となる単純なゲームの製作を通して、プログラムの基本機能を知ることを目指した。ここで、従来の手続き型の記述ではなく、キーが押されたというイベント毎にルーチンを分ける書き方、動く障害物を別スプライトで用意し、障害物に接触したらスタート地点に戻るといった機能の追加まで行なった。講師の例示したプログラムをもとに、障害物を2つに増やす等自分の思うように改良できる参加者がいる一方で、「命令をどこに書いたらいいかわからない」とスプライトやイベント毎に機能を分けて記述するオブジェクト指向、イベント指向のパラダイムに馴染めず全てを一つのルーチンにまとめようとする参加者がいた。体験から帰納的に学習する手法は一般的であるが、他方で自らその言語が持つ世界観を説明できるパラダイムを獲得できる必要がある。それは、ただ文法や命令を知る演繹的学習を組み合わせればよいというものではなく、俯瞰的包括的に辻褄の合うように世界を説明しようとする、



図1 Scratchを用いたワークショップの様子



図3 免許更新講習のSTEM教育講座

理論を構築できる思考力の育成が必要である。さらに、プログラミングパラダイムは、プログラミング言語によって手続き型、関数型、オブジェクト思考型、さらにハイブリッド型などさまざまにあり(Bruce 2011)、プログラミングができるためにはその言語が持つパラダイムで問題を捉えて表現できなければならない。

以上から、プログラミング的思考を育むことは、コミュニケーション力を育むということの一環と捉えることができる。コミュニケーション力を育成するためには、相手の立場に立ち、両者の背景知識やおかれた文脈に応じた、適切な手段と表現を選ぶことができる力、すなわち情報活用能力を高めることが必要である。具体的な文脈では、例えば英語教育は、ただ英単語と英文法を学ぶことだけでは外国人とコミュニケーションができるようにはならず、相手の国の文化や歴史、それに根ざした思考様式を知った上で、適切な表現ができなければいけない。プログラミングやプログラム言語は、機械とのコミュニケーションのための手段であり。よりよくプログラミングできるためには、相手である機械、すなわちコンピュータの特性を知り、コンピュータの世界観(パラダイム)を知ることにより適切な表現を選ぶことができることが必要となる。プログラミング的思考とは、機械の立場に立って考えることができるようになる思考様式(パラダイム)を獲得することであると考えられる。

## 5. 問題解決にコンピュータを役立てる

2016年8月26日に埼玉大学が主催する免許状更新講習の選択講座としてScratchとブロック教材、モータ、センサを組み合わせて、扇風機や自動車など身近なもの仕組みを理解し、さらにコンピュータ技術によっ

て問題を解決できることを知るSTEM教育の授業アイデアについて考える講習を実施した。全校種の教員を対象としているが、コンピュータ技術の必要性や学ぶ意義についてはほぼ全ての教員が【目的有用性】の観点から納得できた。他方で理科、算数数学科、技術科の内容をはじめ、学校で学ぶ学習事項を系統的に捉えて、具体的なものづくりを通じた問題解決に反映させることは容易ではなかった。

## 参考文献

- 教育家庭新聞(2017) 各教科・各学年でプログラミング  
野村泰朗・北條汐莉・大石柁洋・中村圭介(2017)  
STEM教育の視点から位置付けるプログラミング教育の本質と指導の工夫, 情報科教育学会第10回全国大会  
野村泰朗(2015) 小学校からのプログラミング教育の意義とカリキュラムの考え方~国語科作文指導におけるプログラミングを活用した指導法の試行を例に~, 日本教育工学会第31回全国大会講演論文集, 電気通信大学.  
野村泰朗・小川裕也(2013) 現職教員との協働によるSTEM教育カリキュラム設計モデルの開発~理科, 算数をつなぐ総合学習の設計と試行~, 日本教育工学会第29回全国大会, 山形大学.  
野村泰朗(2011) 小中学校で活用できる安価な計測制御教材の開発, 第12回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演論文集, 京都大学.  
Bruce A.Tate(2011) 7つの言語7つの世界, オーム社.  
文部科学省(2014) プログラミング教育実践ガイド

