

# STEM教育における指導者の指導態度と指導のあり方に関する考察

—「プログラミング教育」とその指導者研修を見据えて—

峯村恒平	目白大学教育研究所／埼玉大学教育実践総合センター
星名由美	埼玉大学教育実践総合センター
小山航太	埼玉大学教育実践総合センター
野村泰朗	埼玉大学教育学部

キーワード：STEM教育、プログラミング教育、ものづくり、指導者、STEM教育の指導法

## 1. はじめに

2020年から始まる新しい小学校学習指導要領（文部科学省，2017）では、総則においてプログラミング教育について明示されるとともに、算数、理科、総合的な学習の時間の各教科等において具体的な取扱い等について例示された。更に、小学校学習指導要領解説（文部科学省，2017）によれば、例示以外の教科等でもプログラミング教育は実施可能であり、カリキュラム・マネジメントの中で実施学年や単元等を学校の教育目標や児童の実情等に応じて取り入れることを求めている。また、いよいよ小学校でのプログラミング教育の導入を見据え、『プログラミング教育実践ガイド』（文部科学省，2014）や『プログラミング教育の手引き』（文部科学省，2018）が公表されたり、各種教員向け書籍も出版されたりしているなど、指導者に向けた情報も様々な方法で提供され始めており、プログラミング教育導入に向けた施策が徐々に進んでいる状況にある。

しかし、2018年2月～3月に市区町村教育委員会に対して実施した調査（政策研究所，2018）では、「プログラミング教育の情報を収集している。もしくは特に取組みはしていない」という回答が69%に上り、具体的な研修などが進んでいない現状がわかっている。また、同じく調査では、「プログラミング教育の趣旨、目的、基本的な考え方などの情報が不足している」という回答が60%を超え、そもそも考え方などについての周知が進んでいないことがわかる。

この「考え方」については、プログラミング教育導入の前提となった、文部科学省が設置した協力者会議である「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」（以下本文中では協力者会議と呼ぶ）において、「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」（協力者会議，2016）が報告されている。当該報告において、プログラミング教育は、将来どのような職業に就くとしても、時代を超えて普遍的に求められる力としての「プログラミング的思考」などを育成するものであるとし、この「プログラミング的思考」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る力」であるとした。

この「力」について、峯村・野村（2017）は、海外で進んだ理数教育・技術教育改革の潮流、具体的にはSTEM教育の考え方から、日本におけるプログラミング的思考を育むプログラミング

教育の考え方や指導法について検討している。これによると、Boehm (1988) による「スパイラルデザインモデル」のような、一直線ではなく、様々「思考」を経ながら完成に向かう、具体化・最適化していくという過程について着目することや、Silviaら (2012) による「インテレーティブ・デザイン・モデル」のような、デザインと開発のステップを「インテレート」(反復)しながら、完成に向かい取り組んでいくものなどを紹介しながら、完成を目指すことよりも「思考の過程を重視」する必要性を述べている。また、その「思考の過程」についても、「Learning-by making (作ることによって学ぶ)」という発想を取り入れ、特にコンストラクショニズムの発想からこれらを整理している平野ら (2014) が提案した (1) 具体的なものづくり活動であること、(2) 学習者の積極的な姿勢があり、学習者自身が知識を構築していくこと、(3) 共同作業者の存在があること、(4) 選択制や多様性を兼ね備えた学修対象であること、の4要素の重要性を述べている。これらを踏まえ、エンジニアリングデザインのような反復を含む思考の過程を重視しながら、実際に作って学ぶ、という考え方が、プログラミング的思考を育むプログラミング教育において重要であることを指摘している。

一方で、峯村らは同じ論文で「指導人材の育成」が課題であると指摘している。具体的には、こういったプログラミング的思考についての理解が不十分な指導者が、実践において過剰な「指導」をしてしまい、子どもの発想を奪ってしまうという危険があることを指摘している。これを宮沢 (2018) は「過干渉」という表現で、その改善を提案しているところであるが、どのような指導態度、すなわち考え方への理解が、どのような指導のあり方と結びついているのかといったことについて検討されておらず、その関係性はやや曖昧なものにとどまっている。しかし、先にも述べた2018年2月～3月に実施された教育委員会向けの調査では、研修等を行っている教育委員会の研修内容の84%が「プログラミング教育に用いるツールの研修」に終始し、結果、40%以上が「プログラミング教育の趣旨、目的、考え方などの情報が不足している」と答える状況になっている。確かにプログラミング教育の実践においては、プログラミング教育に用いるツールの利用について学ぶ必要はあるが、ツールについて学ぶことに終始する一方、考え方が適切に理解されなくては、プログラミング的思考を育むためのプログラミング教育という理念、方針がまったく形骸化し、本来子どもに身につけさせたい能力が全く身につかない教育活動が展開されかねない。

そこで、本研究ではこのような危惧、危機感を持った上でプログラミング教育の指導者の指導態度と指導のあり方の関係性について明らかにし、考え方をもって指導を行うことの重要性とそれを踏まえた指導者研修のあり方に向けて一定の考察をすることを試みた。

## 2. 方法

### 2-1. 調査対象及び時期

調査は、インターネット上での調査票調査 (Web調査) で、埼玉大学STEM教育研究センターのアウトリーチ活動である、主に小中学生を対象としたSTEM教育実践「ロボットと未来研究会」として実施している活動で実際に指導を行っている大学生を対象に2018年9月に実施した。

本活動は、毎週土曜日を中心に、1回90分、計15回を「一期」として活動している。2002年から活動を開始しており、今回対象としたのは第33期として2018年5月から9月の活動の事後、である。なお、当該第33期目については、小学生、中学生合わせて約100名が参加し、参加した児童・生徒の希望にあわせて、LEGO®やプラスチック段ボールを使った工作、Scratchを使ったゲー

ムクリエイターコースなどのものづくり活動、プログラミング教育活動を展開した。エンジニアリングデザインや、コンストラクショニズムの考え方に従い、子どもが「自らが作って学ぶ」、「失敗したら他の方法を試して最適化していく」ということを本活動では最重要視している。そのため、参加者である児童・生徒を「研究員」と呼ぶこととし、活動を補助する指導者を「リーダー」と呼んでいる。また、活動の進め方、また活動の振り返りは、Silvia (2012) らのインテレーティブ・デザイン・モデルを参考にした「問題解決」を軸としたステップ、具体的には「1.問題は何だろう」、「2.何を作ろう」、「3.どうやって作ろう」、「4.うまくできたかな?」と、教育向けのエンジニアリングデザインモデルを検討したRobartら (2013) や郡司 (2016) の段階のうち、問題解決の要素を除いて埼玉大学STEM教育研究センターが整理した「情報活用」を軸としたステップ、具体的には「1.情報を集める」、「2.情報を分析する」、「3.情報を発表する」の2つの軸をマトリクスとして12段階にした「問題解決マトリクス」に沿って行っている。

指導者である大学生は、埼玉大学の学生であり、当該活動に関わってみたいという教育学部などの学生であり、おおむね1コース5名前後を1名の指導者が担当した。また、指導にあたっては、2018年5月にプログラミング教育、STEM教育の考え方やなどが書かれた「指導者マニュアル」を全員に配布すると同時に、任意参加の事前研修を行っている。

## 2-2. 調査内容

調査は無記名で、リーダーの経験期数、「うまく指導できたと感じる場面とその理由」、「もう少し上手く指導したかったと感じる場面とその理由」、「想定場면을提示した上でどのように指導するか」を聞いた後、「自由記述」として実践を通じてプログラミング教育について思ったことや感じたことを聞いた。

想定場面について、リーダーはそれぞれ異なる子どもに当然それぞれの指導を行っていることから、現実には「同じ事例」について指導方法や指導態度について検討することは困難である。そこで、想定場면을提示することで、同じ条件を想定した指導の方法や態度について、調査することとした。想定場面は、「今、あなたのコースに参加している5人の研究員に、「モーターを1つ使って動く身近なものを20分で作ろう」という課題をさせています。このあと、作ったモデルを使ってプログラムでモーターを制御する方法を学ぶことが今回の目標です。すると、このうち1人だけが進度が遅れて、時間までに完成しそうにありませんでした。あなたはどのようにこの子に働きかけますか?」という場面教示とした。当該教示は、本論の共著者で検討を行い、実際に活動中で想定される場面で、指導者の指導態度と実際の指導とのあり方が聞けることが想定でき、かつ、先に述べた「問題解決マトリクス」の2軸である「問題解決」と「情報活用」どちらの要素も求めることができる教示であると判断し設定をした。

## 2-3. 倫理的配慮

調査は無記名であり、調査依頼の際に本調査の目的、処理の方法、活動の評価等ではないこと、本調査の結果をもとに今後一個人への指導がされることは当然無いこと、調査協力は自由意志に委ねられており、答えたくない質問は答えなくて良いこと、答えないことによって今後の指導に一切の不利益が無いこと、そもそも無記名調査であり、回答した・していないことそのものも調査者には分からないこと等も明示した。

## 2-4. 分析手続き

分析は、まず「想定場면을提示した上でどのように指導するか」について、Berelson, B (稲葉ら訳, 1957) の内容分析の発想や、舟島ら (2007) の内容分析における手順を応用し、以下の方法で検討をした。まず、(1) 当該場面指導への回答について「課題」を抽出する、というリサーチクエスチョンを設定する。(2)次に、回答の中から不要な場면을削除し、素データを作成する。(3)できる限り単純化する。ただし、Web調査による自由記述の分析でありインタビューではないので、削除を検討する必要があるほどデータ量が多くないため、(2)と(3)のステップは省略した。(4)本分析として類似した意味内容の要素を探し、それを適確に表す表現へと置き換える。(5)カテゴリーの信頼性を確認する。特に、今回は回答者数も多くなく、また指導にあたっての考え方の理論や概念も明確になっているため、そういった理念や概念も参照しながら各回答の検討を行い、(5)の手続きとしてSTEM教育やプログラミング教育の考え方について造詣が深い者を含めた研究者3名で検討を行い、一致をみた。

当該検討を踏まえ、次に「うまく指導できたと感じる場面とその理由」、「もう少し上手く指導したかったと感じる場面とその理由」については、想定された場面指導での指導について得られた要素と、実際の指導においてなにを「良い指導」だと感じているのか、何が「よりうまく指導したい」と感じているのかとを照らし合わせ、プログラミング的思考を育む指導ができていのかどうかを検討し、指導態度と指導のあり方について検討、考察を行った。なお、当該検討、考察を行う上でもどのような要素なのかを研究者3名で検討を行い、解釈については引き続き一致をみながら進めた。

## 3. 結果と考察

### 3-1. 回答者属性

調査対象とした2018年5月～9月期の活動には、16名のリーダー(指導者)が参加し、当該リーダー全員に調査のお願いを配布した。その上で、回答があったのは12件で、かつすべての設問に回答がされたのは、7名であった。回収率は75%、本論で利用する有効回答はリーダー16名中の43.8%、回答があった12件中の58.3%である。なお、リーダーの経験期数は、6名が1期目(第33期が初めて)であり、残りの1名がそれ以外であった(個人が特定される可能性があるため何期目かは明記しない)。

### 3-2. 「想定場面」と想定場面上での課題

まず、「想定場면을提示した上でどのように指導するか」についての回答を分析した結果について示す。改めてだが、「今、あなたのコースに参加している5人の研究員に、「モーターを1つ使って動く身近なものを20分で作ろう」という課題をさせています。このあと、作ったモデルを使ってプログラムでモーターを制御する方法を学ぶことが今回の目標です。すると、このうち1人だけが進度が遅れて、時間までに完成しそうにありませんでした。あなたはどのようにこの子に働きかけますか?」という場面教示の上で回答をしてもらった。

回答は、内容分析の結果6つの内容を抽出した。「手助け」、「過剰な指導」、「状況の整理」、「思考時間の確保」、「周りを参考にする」、「周りに相談する」である。手助けについては「多めに手伝える」等の回答、過剰な指導については「複雑な部分はリーダー自身で処理する」等の回答、状

況の整理については「手順を聞きながら進めさせる」等の回答、思考時間の確保については「ほんの少し時間を長くとり」等の回答、周りを参考にすることについては、「周りを観察してみて、と声をかける」、「別の子に話を聞いてみたりさせる」等の回答、周りに相談については、「全員で考える時間を設ける」等の回答であった。

これら抽出した内容のうち、「手助け」と「過剰な指導」については、宮沢（2018）がいう「過干渉」に相当するものであるため、親カテゴリーとしてネガティブ要素である「過干渉」に含まれると考えた。また、「状況の整理」と「思考時間の確保」は、問題解決の進め方、あるいはその方法であるため、先に述べた問題解決マトリクス上の軸の一つである「問題解決」という親カテゴリーに、「周りを参考にすること」、「周りに相談すること」というのは、情報収集や情報活用に相当するものであるため、先に述べた問題解決マトリクス上の軸の一つである「情報活用」という親カテゴリーを設定した。

これらを踏まえ、回答の内容分析によって得られた含まれる要素は表1の通りに整理された。多くのリーダー（指導者）は、作業時間ではなく、思考時間を確保させ、考えることを促せていたが、考えるための状況の整理にまで記載があったのはEとFの二人であった。ネガティブ要素について記載があったものは、DとGの2名であり、Gについては問題解決マトリクス上の要素については記載がなく、過干渉な指導に終始してしまう様子がわかる。このように、場面を想定させ回答をさせるという方法をとることで、指導者の指導に対する指導態度について、抽出させることができた。

表1 想定場面についての回答を内容分析した結果抽出された要素

	ネガティブ要素		問題解決マトリクス上の要素			
	過干渉		問題解決		情報活用	
	手助け	過剰な指導	状況の整理	思考時間の確保	周りを参考にすること	周りに相談すること
A				○		○
B				○		
C				○		
D		○			○	
E			○	○	○	○
F			○	○		
G	○	○				

### 3-3. 「うまく指導できた場面」との関係

先に表1の通り明らかになった指導態度の結果を踏まえ、更に実際に「うまく指導できた場面」だと感じているところについて検討をしながら、指導態度と実際の指導のあり方について検討を進めていく。

まず、問題解決マトリクス上の要素がなく、過干渉な指導の要素のみがあったGについては、良い指導として「知識の伝達」について書かれており、研究者間でその解釈が一致した。知識の伝達、としては従来型の授業のように、指導者が子どもに知識や技能を伝授する方法である。少なくとも、従来型の授業のような知識の伝達は、プログラミング的思考を促す指導法ではない。プログラミングをする、ロボット作りをする、というその「仕方」を理解しており、それを子どもに伝えることはできても、プログラミング教育としてプログラミング的思考の考え方を理解し、どの

ように指導するかを理解していないと、知識の伝達に終始してしまう可能性があることを示唆している。

逆に、過干渉な指導の要素がなく、問題解決マトリクス上の要素すべてに「○」があったEについてである。Eはうまく指導できた場面として「子どもが考えた案で、失敗すると予想できても、それは言わずに、とりあえずやってもらうことで、改善すべきところを具体的に子ども自身で見つけられていた」と記述していた。「Learning by making」、作ることによって学ぶそのものであるし、失敗が予想できても、指導者としてあえて、「指導をしないという指導」がされている。あえて要素として抽出するならば「プログラミング的思考を促す指導」そのものであるといえよう。

両極で対称的ではあるが、GとEの結果についてみた。その他の回答については極端に場面だけが詳細に書かれすぎていて、指導の内容として要素が抽出することができなかったが、この2名だけを見ても、指導態度と実際の指導における「良い指導」の考え方の差を明確にみることができた。

### 3-4. 「もう少し上手く指導したかった」と感じる場面との関係

引き続き、表1の通り明らかになった指導態度の結果を踏まえ、「もう少し上手く指導したかった」と感じる場面とについて更に検討しながら課題を明らかにしていく。

まず、BとCの回答についてだが、「状況整理の仕方の課題」がその要素として抽出された。BとCは、表1で示すとおり、ともに過干渉はしていないが、問題解決マトリクス上の要素としては1つだけ「思考時間の確保」のみが抽出されていた。BとCの回答では、「ノートのとめ方」や「振り返りの仕方」を、より上手く指導したかった、といった内容が書かれており、問題解決のためにはどのような指導が必要か、という部分に関しての理解が十分ではなく、指導に困難さを感じている可能性がある。

次にA、D、E、F、Gの回答についてだが「子どもへの指導そのもの」がその要素として抽出された。子どもの集中力や飽き、考えさせるといふ難しさ、子どもの特性などについての内容が書かれており、どのような子どもにどのような教材で、どう指導するか、ということについてさらに検討をしていく必要があるだろう。

## 4. まとめと展望

本論では、埼玉大学STEM教育研究センターのアウトリーチ活動である、主に小中学生を対象としたSTEM教育実践「ロボットと未来研究会」で行われるものづくり教育やプログラミング教育に着目し、そこで指導者として指導にあたった大学生を対象とした調査から、指導者の指導態度と指導法のあり方の関係について明らかにすることを試みた。指導者はそれぞれの指導を行っており、全く同じ事例が存在しないことから、まず、研究者らで作成した「想定場面」について回答させることを通じて、同じ条件を想定した指導者の指導態度について明らかにすることを試みた。その結果は内容分析を通じて、6つの内容、具体的には「手助け」、「過剰な指導」、「状況の整理」、「思考時間の確保」、「周りを参考にする」、「周りに相談する」を抽出した。これらのどの内容と、実際の指導場面で良い指導だと感じた場面、もう少しうまく指導したかったと感じた場面についての回答とを照らし合わせ、課題を検討してきた。

その結果、想定場面で「手助け」、「過剰な指導」について記述していた回答者からは、よい指

導としても「知識の伝達」が要素として抽出された一方、想定場面で問題解決や情報活用について多く記述していた回答者からは、よい指導として「プログラミング的思考を促す指導」が抽出され、その違いを見ることが出来た。「知識の伝達」として抽出された要素のような知識伝達型の指導では、冒頭で述べたような子ども自身の学びや思考を促すことに繋がらず、プログラミング的思考が身につくことに繋がらない。どのような理念の、どのような指導態度が求められ、そしてそれに基づく指導方法とはどのようなものか、ということを精緻に検討しながら、実際に研修等で身に付けさせていくことがまさに必要である。

その一方、もう少しうまく指導したかったと感じた場面についての検討では、「状況整理の仕方の課題」が抽出され、実際の指導においてどのように記録をとらせて思考を促したり、どのように振り返りをさせたりすればよいのか、といったことに課題を感じていることが見てとれた。単に時間を確保するだけでは思考を促すことには繋がらず、思考を促すためにどのように情報を整理したり、振り返りをさせたりしたらよいのか、といったことはプログラミング的思考を養う指導のために重要な視点である。森本ら（2013）も Resnick（2007）のモデルを応用し、プログラミング教育のような創作活動の各段階において「Share（共有）」と「Reflect（振り返り）」を取り入れた「スパイラル&タックモデル」を提唱し実践を行いながら、やはり振り返りの仕方については課題を残している。プログラミング教育の中でどのように振り返りをさせながら思考を促すか、ということについてはさらに検討を行いながら、これもやはり指導者に指導を行っていく必要が認められる。また、やはり子どもの特性に合わせた教材の活用、指導のあり方ということも、今後さらに検討を進めながら、実際に指導者に指導を行っていくことが必要であろう。

最後に、本論の調査では最後に、自由記述欄で実践を通じてプログラミング教育について思ったことや感じたことを聞いた。本論中では詳細に分析することは出来なかったが、その中には「答えを言わない」という指導観について触れていたものがあつた。従来の指導観では教師が子どもに「教える」ことが中心であったが、「答えを言わない」というのはプログラミング教育、STEM教育の実践、特に「Learning by making」の発想特有のものである。このような指導観を通じた新しい教師や教師像のあり方も含め、その意識変容にも今後着目しながら、プログラミング教育の展開に向けた指導者養成について検討していくことが必要である。

#### 引用文献

- Berelson. B (稲葉三千男・金圭煥 訳) (1957)『社会心理学講座第7 大衆とマス・コミュニケーション内容分析』みすず書房.
- Boehm, B. (1998) A Spiral Model of Soft-ware Development and Enhancement. IEEE Computer, 21 (5), pp.61-72.
- Resnick, M. (2007) All I Really Need to Know (About Creative Thinking) I Learned (By Studying How Children Learn) in Kindergarten. Peper presented at the Proceedings of the 6th ACM SIGCHI conference on Creativity & Cognition.
- Sylvia, L. M., Gary, S. (2012) Invent to Learn: Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom. Lightning Source. (=酒匂寛訳 (2015)『作ることで学ぶ』オライリー・ジャパン.)
- 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」.
- 株式会社政策研究所 (2018)「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」

- 平野由貴・紅林秀治 (2014) 「コンストラクショニズムに基づく学習の過程の検討」 静岡大学教育学部付属教育実践総合センター紀要, Vol.22, pp.29-37.
- 舟島なをみ (2007) 『質的研究への挑戦』 医学書院.
- 峯村恒平・野村泰朗 (2017) 「STEM教育の視点から見た「プログラミング的思考」の本質と指導法の構築」 『未来を拓く教育実践学研究』 No.2, pp.150-159.
- 宮沢隼人 (2018) 「過干渉を回避し子どもの主体的な問題解決を育む指導に関する研究」 埼玉大学教育学部2017年度卒業論文 (未刊行)
- 森本竜也・高田秀志 (2013) 「教室内創作活動のための共有・振り返り支援システムによる創造的思考の育成」 『グループウェアとネットワークサービス』 2013-GN-86, pp.1-7.
- 文部科学省 (2014) 「プログラミング教育実践ガイド」.
- 文部科学省 (2017) 「小学校学習指導要領」.
- 文部科学省 (2017) 「小学校学習指導要領解説」.
- 文部科学省 (2018) 「プログラミング教育の手引き」.

(2018年10月31日提出)

(2018年11月16日受理)