

# 計算論的思考の視点からみた小学校プログラミング事例の教材及び学習形態の分析

山本 朋 弘 [鹿児島大学教育学系 (教職大学院)]

堀田 龍 也 [ 東 北 大 学 大 学 院 ]

Characteristics of case examples of elementary school programming education from the viewpoint of computational thinking

YAMAMOTO Tomohiro and HORITA Tatsuya

キーワード：小学校プログラミング教育、計算論的思考、事例研究、プログラミング的思考

## 1. はじめに

近年、初等教育からのプログラミング教育の重要性が指摘されるようになり、国内外において、小学校でのプログラミング教育が先行的に実施されるようになった。しかし、小中高校では情報教育及びプログラミング教育の体系的な実施が十分ではない。大学での情報処理教育と比較しても、小学校での先行的な事例が十分とはいえ、今後本格的な実施を進める上で解決すべき課題も抱えている。堀田（2018）は、今後の方向性として、小学校段階で学び取った能力について、中学校や高等学校への接続を含めて可視化し、系統的に指導することが重要であることを示した。

海外の状況では、英国や米国等において、初等教育でのプログラミング教育を関連付けた教育や教科化が進められている。文部科学省（2015a）の海外調査報告によれば、イングランドでは、小学校段階から、「Computing」という教科を設けて、育成すべき能力や学習目標を明確にし、教師用指導資料や教材を積極的に提供し、各学校においてプログラミング教育を継続的に進められるようにしている。特に、Computational Thinking（以下：計算論的思考）について触れ、抽象概念や論理、アルゴリズム、データ表現を含む、コンピュータサイエンスの原理と概念の基礎を理解し、学習に応用できることとしている。

計算論的思考は、中島（2015）が、Wing（2006）の Computational Thinking（以後は計算論的思考）を翻訳したものであり、新たな時代のすべての子供に必要な分析的思考能力といえる。また、磯辺ら（2016）は、計算論的思考は、問題を抽象化、モデル化して解析し、最終的には自動処理によるアルゴリズムを構成するとしている。

太田ら（2016）は、英国や米国、オーストラリアのカリキュラムを調査し、プログラミング教育を包含する計算論的思考の考え方を中核にし、抽象化、問題の分析、アルゴリズム、データ活用、評価、協働作業等の能力の育成を目指した学習内容や指導方法を共通して定義していることを示した。また、ISTE（2010）は、計算論的思考が問題解決の過程で展開されることが重要であるとして

おり、CSTA（2017）は、コンピュータサイエンスの規準とその指導計画を公開して、問題解決を踏まえた指導を段階的に学習させるための方策を提供している。

国内での小学校プログラミング教育では、小学校に新たな概念やツールを導入して展開することとなる。諸外国においては、教育の情報化や情報教育等を普及過程モデルに基づいて展開する場合がある。これまでに、木原ほか（2014）、中尾ほか（2014）、清水ほか（2006）が実施した調査研究では、ICT活用の普及過程を検討している。さらに、小学校へのプログラミング教育導入のように、国家レベルで政策として展開することも想定され、政策の根拠となる知見も求められる。このように、計算論的思考といった新たな概念やツールの導入を検討することは極めて重要である。

これまでに、文部科学省（2015b）や総務省（2015）、黒田・森山（2017）の調査において、プログラミング教育に関する現状把握が行われている。しかし、小学校プログラミング教育に関する事例収集や研究結果の考察が十分でなく、特に、計算論的思考等の新たな概念の導入に関する事例分析までには至っていない。

そこで、本研究では、小学校プログラミング教育で実施された事例を収集整理し、計算論的思考の視点に基づいて、その特徴や課題を分析することを目的とする。

## 2. 研究の方法

小学校プログラミング教育に関する書籍や報告書、論文を収集し、掲載された事例での学習活動等を分析した。書籍は、市販の書籍を購入して分析し、報告書は、Web上で公開された小学校プログラミング教育に関する報告書を収集した。報告書は、文部科学省や総務省の委託事業、国立教育政策研究所の教育情報共有ポータルサイト内の事例を対象とした。書籍や報告書は、授業の実践を取り上げた事例であることから、以後は、「実践報告」と表記する。論文は、Web上で学会等の論文誌から選定し、学年や教科、実践の具体的内容等がわかる実践研究を取り上げた。研究成果を報告していることから、以後は「研究報告」と表記する。

## 3. 研究の結果

### 3.1. 対象となった事例数

小学校プログラミング教育に関する報告書や書籍、論文から180件の実践事例を収集し、整理・分析した。その結果を表1に示す。書籍90件、報告書8件での実践報告が98件となった。研究報告は82件となり、論文が19件、研究報告46件、大学紀要が17件であった。

表2は、事例における実施教科等を集計したものである。実践報告では、算数が35件と最も多く、全体の約3割程度であった。次に理科14件、国語12件で、算数や理科での事例数が多い結果であり、国語、社会、算数、理科の4教科に集中していた。

研究報告では、教育課程外が19件と最も多く、算数12件、総合的な学習の時間10件の順であった。さらに、どの教科等で実施したかが明確でない報告が30件見られた。

表 1 収集した事例数と割合

種別	事例数	割合
実践報告	98 件	54.4%
書籍	90 件	50.0%
報告書	8 件	4.4%
研究報告	82 件	45.6%
学会論文	19 件	10.6%
研究報告	46 件	25.6%
大学紀要	17 件	9.4%
合計	180 件	100.0%

表 2 事例における実施教科等

教科等	実践報告	研究報告	合計
国語	12	1	13
社会	7	0	7
算数	35	12	47
理科	14	5	19
生活	2	0	2
音楽	2	1	3
図工	2	0	2
家庭	3	1	4
体育	2	0	2
外国語	3	0	3
特活	6	3	9
総合	9	10	19
教育課程外	0	19	19
不明	1	30	31
合計	98	82	180

### 3.2. 計算論的思考の視点からの分析

収集した事例 180 件の中で、学習活動が計算論的思考の視点に該当するかどうかを分析した。計算論的思考の視点は、CAS (2015) が示した基本要素を参考にした。基本アルゴリズムは、順次、分岐、繰り返しの 3 つとし、関連する内容としてフローチャートを取り上げた。計算論的思考の視点とその具体的な内容を表 3 に示す。基本アルゴリズムが 114 件で最も多く、全体の 63.3% であっ

た。デコンポジションが 8 件，一般化 7 件，抽象化 11 件，評価 6 件で，極めて少ない結果となった。

基本アルゴリズムに関連する学習活動について分析した結果を表 5 に示す。順次が 90 件と最も多く，全体の 4 割程度を占める。分岐 70 件，繰り返し 65 件であった。フローチャートを取り上げた事例は 26 件で，実践報告で見られた。学習内容や生活場面について，フローチャートを用いて表現させ，理解や考えを深めさせる事例が見られた。

表 3 計算論的思考の視点とその内容

視点	具体的な内容
基本アルゴリズム（自動化）	問題を解決するための明確な手順で，同様の問題に共通して利用できる。
デコンポジション（分解）	問題や事象をいくつかの部分に，理解や解決できるように分解する。
一般化（パターン化）	類似性からパターンを見つけて，それを予測，規則の作成，問題解決に使用する。
抽象化（再構成）	問題を単純化するため，重要な部分は残し，不要な詳細は削除する。
評価	基本アルゴリズム，システムや手順等の解決方法が正しいかを確認する。

表 4 プログラミングに関わる視点

視点	実践報告	研究報告	合計
基本アルゴリズム	65	49	114
デコンポジション	7	1	8
一般化	7	0	7
抽象化	11	0	11
評価	3	3	6

表 5 基本アルゴリズムに関わる視点

視点	実践報告	研究報告	合計
順次	42	48	90
分岐	33	37	70
繰り返し	24	41	65
フローチャート	25	1	26

表 6 計算論的思考に関連する学習活動例

<p><u>デコンポジション (分解)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1 年国語のプロット図を用いて順序を考える活動</li> <li>・ 4 年社会 Web サイト作成による階層化を考える活動</li> <li>・ 5 年社会自動車組み立ての工程をまとめる活動</li> <li>・ 6 年理科水溶液の分類を考える活動</li> </ul> <p><u>一般化 (パターン化)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 算数の単元で手順やきまりを見つけて、図式化して表現する活動</li> <li>・ 5 年音楽ではリズムアンサンブルを創る活動</li> </ul> <p><u>抽象化</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 6 年体育のバスケットボールでの作戦を図式化して考える活動</li> <li>・ 4 年社会のゴミ処理と利用で、ゴミ処理をフローチャートにまとめる活動</li> </ul> <p><u>評価</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 作成したプログラムをデバッグする</li> <li>・ 表現したフローチャートを修正する</li> </ul>
--

計算論的思考の視点から事例を分析する上で、それぞれの視点に関連する学習活動を取り上げるようにした。デコンポジション (分解) は、問題解決に向けて、理解できる要素に分解して整理したり、階層化して構造的に捉えたりする学習活動であると考えられる。表 6 の学習活動例として示した 1 年国語のプロット図を用いて順序を考える活動や、4 年社会 Web サイト作成による階層化、5 年社会自動車組み立ての工程、6 年理科水溶液の分類を考える活動が見られた。

一般化は、類似性からパターンを見つけ、それを予測、規則の作成、問題解決に使用する内容である。事例においては、算数の単元での活動が多く、手順やきまりを見つけて、図式化して表現する活動が見られた。また、5 年音楽ではリズムアンサンブルを創る活動が見られ、旋律を作成してパターン化を行っていた。

抽象化は、問題を単純化するため、重要な部分は残し、不要な詳細は削除する内容である。抽出事例では、6 年体育の作戦の図式化、4 年社会のゴミ処理の仕方をフローチャートにまとめる活動等が見られた。

評価については、作成したプログラムをデバッグさせたり、表現したフローチャートを修正させたりする学習活動が見られた。

### 3.3. 主な授業実施者

小学校プログラミング教育の授業を誰が実施しているかを分析した。表 7 は、事例での主な授業実施者について、学級担任を含む小学校教員と、大学教員、大学生、民間派遣で分類した結果である。実践報告では、主な授業実施者は、98 件中の 94 件が小学校教員であり、ほとんどの事例で小

学校教員が実施していることがわかる。一方で、研究報告では、大学教員が 29 件と最も多く、次いで小学校教員が 28 件、大学生が 15 件で、大学教員が授業を実施していることがわかる。研究事例の中では、授業実施者が明確に示されていないものが 9 件存在した。

表 8 は、事例でのコンピュータやロボット、機材を使用した件数をまとめたものである。コンピュータの使用では、全体の 180 件中 128 件の事例でコンピュータを使用しており、71.1%と高い割合であった。実践報告が 48 件で 48.9%，研究報告は 80 件で 97.5%と大きく異なる結果であった（直接確率計算； $p<.01$ ）。コンピュータを使用していないと記述している事例は、52 件と全体の 28.9%であった。コンピュータを使用しない場合においては、実践報告が研究報告よりも多く、大きく異なる結果となった。

ロボットや機材等の使用では、全体の 180 件中 43 件で 23.9%であった。そのうち、実践報告では、4 件で少なく、一方で、研究報告では 39 件で全体の 47.6%であり、実践報告と研究報告で大きく異なる結果となった。

表 7 事例での主な授業実施者

授業実施者	実践報告	研究報告	合計
小学校教員	94 件	28 件	122 件
大学教員	4 件	29 件	33 件
大学生	0 件	15 件	15 件
民間派遣	0 件	1 件	1 件
不明	0 件	9 件	9 件
合計	98 件	82 件	180 件

表 8 コンピュータ・機材の使用

視点	実践報告		研究報告		合計	
コンピュータ使用	48	48.9%	80	97.5%	128	71.1%
使用しない	50	51.0%	2	2.4%	52	28.9%
ロボット・機材使用	4	4.1%	39	47.6%	43	23.9%

### 3.4. 研究報告での対象や評価

表 9 は、研究報告において、どのような研究分野を対象としているか、主な研究対象の件数と割合を示す。複数の領域を対象としていたり、明確に示されていなかったりした報告等を「その他」とした。

小学校プログラミング教育に関する指導方法が 20 件で全体の 24.4%，教材開発が 14 件で 17.1%あった。教員養成・研修を対象とする研究事例は 11 件で 13.4%，能力評価が 10 件で 12.2%，カリキュラム開発が 7 件で 8.5%，実態調査が 6 件で 7.3%，システム開発が 2 件で 2.4%であった。

表 10 は研究報告での評価対象として取り扱った主な内容を示す。研究報告でどのような内容を評価対象として提示したかを分析した。

その結果、42 件の研究報告で評価対象が明らかであることが確認できた。そのうち、プログラミングへの関心や意欲が 12 件で全体の 14.6%、プログラミングの理解度が 10 件で 12.2%、教員の指導力、論理的思考力、数学概念が 4 件で 4.9%、プログラミングへの印象が 3 件で 3.7%、児童の情報活用能力 2 件で 2.4%という結果であった。批判的思考や平面と空間の把握能力、AR との関連を検証した報告も見られた。

表 9 研究報告での主な研究対象

研究対象	件数	割合
指導方法	20	24.4%
教材開発	14	17.1%
教員養成・研修	11	13.4%
能力評価	10	12.2%
カリキュラム開発	7	8.5%
実態調査	6	7.3%
システム開発	2	2.4%
その他	12	14.7%
合 計	82	100.0%

表 10 研究報告での主な検証内容

授業実施者	件数	割合
プログラミングへの関心	12	14.6%
プログラミングの理解度	10	12.2%
教員の指導力	4	4.9%
論理的思考力	4	4.9%
数学概念	4	4.9%
プログラミングへの印象	3	3.7%
児童の情報活用能力	2	2.4%
批判的思考	1	1.2%
平面と空間の把握能力	1	1.2%
AR との関連	1	1.2%
合 計	42	51.2%

#### 4. 考察

本研究では、小学校プログラミング教育に関する事例を収集し、実践報告と研究事例に分けて分析を進めた。実施された教科等では、実践報告、研究報告ともに、算数や理科が多い結果となった。これは、2016年に改訂された小学校学習指導要領で例示された事例の存在が影響していると考えられる。一方で、研究報告では、教育課程外での事例が多く存在しており、教育課程の枠に拘らない指導方法や教材開発等に関する客観的な実証研究が進められていることが示された。

次に、収集した事例180件の中で、計算論的思考の視点が該当するかどうかを分析した。基本アルゴリズムを取り扱う事例が多く、特に、順次が最も多い結果となった。一方で、デコンポジションや一般化、抽象化、評価は極めて少ない結果となった。基本アルゴリズムを形式的に取り上げた事例は見られるが、デコンポジションや一般化、抽象化等の事例が少ない結果となった。デコンポジションや一般化、抽象化は各教科等での内容理解に関わりが深いことから、それらの事例が少ないことは教科内容の理解を深めるには十分でないと考えられる。学習内容や生活場面について、フローチャートを用いて表現させ、教科内容の理解や考えを深めさせる事例が見られた。

さらに、計算論的思考の視点から事例を分析する上で、それぞれの視点が関連する学習活動を取り上げた。それらの学習活動を考察すると、学習での問題解決をより進めやすくするために、計画を立案したり解決方法を検討したりする際に用いられていると考えられる。しかし、収集した事例の多くは、基本アルゴリズムを取り上げてはいるものの、情報端末でプログラミングを体験させることに止まっていると考えられる。これらのことから、プログラミングを通して教科内容の理解を深めるには、問題解決での計画立案や解決方法を検討する場面で、分解や一般化、抽象化、評価に係る学習活動が必要であることを示唆した。

事例での主な授業実施者について、学級担任を含む小学校教員と、大学教員、大学生、民間派遣で分類した。実践報告では、主な授業実施者が小学校教員である一方で、研究報告では、大学教員と小学校教員、大学生に分かれる結果となった。このことから、研究報告において、客観的な実証研究を実施するために、大学側で実施計画を立案して、大学教員が授業に直接関わって進めていることがわかる。

コンピュータの使用については、多くの事例でコンピュータを用いてプログラミングを実施しており、高い割合であった。一方で、実践報告の中には、コンピュータを使用しないプログラミング教育を意識した事例が存在していた。さらに、ロボットや機材等の使用においては、実践報告と研究報告で大きく異なる結果となった。これは、実践報告では日常的な実践が試行されている一方で、研究報告において新たな教材を使用した試みが進められていることが考えられる。

次に、研究報告において、どのような特徴が見られたかを考察した。研究報告での研究分野では、指導方法や教材開発、教員養成・研修を対象とする研究事例が多く存在することが示された。この結果から、小学校プログラミング教育において、指導方法や教材開発が必要であり、それらのモデルが今後求められると考えられる。研究報告での評価対象では、プログラミングへの関心や意欲、プログラミングの理解度、教員の指導力、論理的思考力、数学概念等を評価対象として検証が実施

されていることが示された。

## 5. まとめ

本研究では、小学校プログラミング教育に関する 180 件の事例を収集し、整理・分析した。特に、計算論的思考の視点が該当するかどうかを分析した結果、基本アルゴリズムを形式的に取り上げた事例は見られるが、デコンポジションや一般化、抽象化等の事例が少ない結果であった。このことから、プログラミングを通して教科内容の理解を深めるには、問題解決での計画立案や解決方法を検討する場面において、分解や一般化、抽象化、評価に係る学習活動を必要とすることが示唆された。

研究報告に関する分析結果では、指導方法や教材開発、教員養成・研修を対象とする研究事例が多く存在することが示された。計算論的思考の視点を踏まえた事例が十分でないことを踏まえると、計算論的思考の視点を関連付けた指導方法や教材開発のモデルが必要であると考えられる。プログラミングを通して小学校の教科内容の理解を深めるには、問題解決での計画立案や解決方法を検討する場面において、計算論的思考の視点に基づいた指導方法や教材開発のモデルが必要であることを示した。

## 参考文献

ISTE (2010) Computational Thinking: A Digital Age Skill for Everyone.

<https://www.iste.org/docs/learning-and-leading-docs/march-2011-computational-thinking-ll386.pdf>  
(accessed 2018.3.1)

CAS (2015) CAS Computational Thinking - A Guide for teachers.

<http://community.computingschool.org.uk/resources/2324> (accessed 2018.3.1)

CSTA (2017) Progression of Computer Science Teachers Association (CSTA) K-12 Computer Science Standards, Revised 2017. <https://www.csteachers.org/page/standards> (accessed 2018.3.1)

磯辺秀司, 小泉英介, 静谷啓樹, 早川美徳 (2016) コンピュータショナルシンキング, 共立出版.

木原俊行, 野中陽一, 堀田龍也, 高橋純, 豊田充崇, 岸磨貴子 (2014) 教師たちの ICT 活用に対する熱意に影響を及ぼす要因のモデル化-日英の教師たちの実践史の比較分析を通じて-. 日本教育工学会論文誌 38(2), 157-165

黒田昌克, 森山 潤 (2017) 小学校段階におけるプログラミング教育の実践に向けた教員の課題意識と研修ニーズとの関連性. 日本教育工学論文誌 41.169-172

堀田龍也 (2018) 新学習指導要領における情報教育の動向. 情報処理 V.59No.1, 72-79

中尾教子, 三輪眞木子, 青木久美子, 堀田龍也 (2014) 教科指導における実物投影機とコンピュータの活用に影響を与える要因に関する事例研究. 教育情報研究 30 巻 3 号, 49-60

野中陽一, 豊田充崇 (2011) 情報化の状況を診断し対応策を示す「学校情報化診断システム」の開発. 日本教育工学論文誌 35.197-200

文部科学省（2015a）平成 26 年度文部科学省委託事業初等中等教育段階におけるプログラム教育に関する調査研究報告書．ラーン・フォー・ジャパン，186-194

文部科学省（2015b）諸外国におけるプログラミング教育に関する調査研究．

[http://jouhouka.mext.go.jp/school/programming\\_syogaikoku/programming\\_syogaikoku.html](http://jouhouka.mext.go.jp/school/programming_syogaikoku/programming_syogaikoku.html) (accessed 2018.3.1)

太田剛，森本容介，加藤浩（2016）諸外国のプログラミング教育を含む情報教育カリキュラムに関する調査－英国，オーストラリア，米国を中心として－．日本教育工学論文誌 40(3),197-208

総務省（2015）プログラミング人材育成の在り方に関する調査研究報告書．

[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000361430.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000361430.pdf) (accessed 2018.3.1)

清水康敬，山本朋弘，堀田龍也，小泉力一，吉井亜沙（2006）学校教育の情報化に関する現状と今後の展開に関する調査結果．日本教育工学論文誌 30(4)，365-374

Wing, J. M. (2006) Computational Thinking. *Commun. ACM*, 49: 33-35 (邦訳 中島秀之 (2015) 計算論的思考．情報処理, 56(6):584-587)