

STEM/STEAM 教育の観点から見た小学校プログラミング教育の 在り方に関する研究課題の展望

Perspectives on Research Issues Regarding the Ideal Way of Elementary School Programming Education from the Viewpoint of STEM/STEAM Education

黒田 昌克* 森山 潤**
KURODA Masakatsu MORIYAMA Jun

本研究では、STEM/STEAM 教育の観点から見たプログラミング教育の成立過程や理念、海外の動向を整理し、それらに基づき関連する先行研究をレビューすることで、小学校プログラミング教育における今後の研究課題を展望した。その結果、STEM/STEAM 教育に基づいた Computational Thinking や技術リテラシー育成につながる小学校プログラミング教育の位置づけ、普及・展開のフレームワークが定かではないという問題点を指摘した。これに対し、小学校教員のプログラミング教育に対する意義の感じ方や課題意識の把握、Computational Thinking を働かせながら、技術イノベーション体験を核としたカリキュラム及び授業実践の開発、それらをコンテンツとした教員研修モデルの構築という研究課題について展望した。

キーワード: 小学校, プログラミング教育, STEM/STEAM 教育, CS 教育, 技術リテラシー

Key words: elementary school, programming education, stem/steam education, computer science education, technological literacy

1. はじめに

2020 年度より小学校段階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教育）が必修化された。プログラミング教育は、中学校や高等学校ではすでに導入されており、小学校プログラミング教育の必修化は、我が国における体系的なプログラミング教育の整備・拡充の一環であるといえる。一方、幅広い分野で新しい価値を提供できる人材を養成するため、初等中等教育段階において、STEAM 教育（Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics 等の各教科での学習を実社会での問題発見・解決にいかしていくための教科横断的な教育）の推進が求められている¹⁾。我が国の政策における STEAM 教育は、Society5.0²⁾の時代に対応した「未来の学び」の構築の一環として、「学びの個別最適化」、「学校 ICT 環境整備」とあわせて、「学びの STEAM 化」として位置付けられようとしている。「未来の学び」とは、「学校 ICT 環境整備」を土台として、EdTech³⁾による「学びの個別最適化」で従来の教科学習に必要な時間を短縮し、現実の社会課題を題材とした協働型の「教科横断・課題解決型学習」を充実させた「学びの STEAM 化」を推進することである。また、「学びの STEAM 化」の基盤となる教育としてプログラミング教育が位置付けられている⁴⁾。

一方、プログラミングは本来、コンピュータサイエンスや情報工学を背景学問とする点において、Technology や Engineering の内容を扱うものである。その性質上、プログラミング教育は、STEAM 教育や STEM 教育の一環と捉えることができる。よって、適切な小学校プログラミング教育の在り方を検討する時、STEM/STEAM 教育の観点を意識することは重要であると考えられる。

ここで、我が国のプログラミング教育に関する近年（2013 年以降）の動向に目を向ける。まず、2013 年 4

月に開催された第 6 回産業競争力会議⁵⁾で、IT 人材育成の文脈から義務教育段階でのプログラミング教育の推進が提言された。同年 6 月、「日本再興戦略」⁶⁾では、21 世紀型スキルの育成を目的として小学校プログラミング教育等の推進が盛り込まれた。2016 年 4 月に行われた第 26 回産業競争力会議では、「第 4 次産業革命に向けた人材育成総合イニシアチブ」⁷⁾を文部科学省が示した。その中で、小学校プログラミング教育については、体験的に学習する機会を確保した上で発達の段階に則して必修化する方向性を示した。同年 6 月、「日本再興戦略 2016」⁸⁾の一環で実施された有識者会議の内容が「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、有識者会議における議論の取りまとめ」⁹⁾（以下、議論の取りまとめ）として報告された。さらに同年 12 月には中央教育審議会答申¹⁰⁾で次期学習指導要領の改訂の方向性が示された。そして、これまでの様々な調査や議論、意見集約等を経て小学校、中学校、高等学校の新しい学習指導要領（小学校・中学校：2017 年告示、高等学校：2018 年告示）にプログラミング教育に関連する内容が明記された^{11) 12) 13)}。

小学校プログラミング教育については、議論の取りまとめにおいてその目標を資質・能力の 3 つの柱にそって説明している。具体的には「身近な生活でコンピュータが活用されていることや、問題の解決には必要な手順があることに気付くこと。」（知識・技能）、「発達の段階に即して、「プログラミング的思考」（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）を育成すること。」（思考力・判断力・表現力等）、「発達の段階に即して、

* 兵庫教育大学大学院博士課程教科教育実践学専攻生活・健康系教育連合講座

令和 2 年 7 月 16 日受理

** 兵庫教育大学大学院人間発達教育専攻生活・健康・情報系教育コース 教授

コンピュータの働きを、よりよい人生や社会づくりに生かそうとする態度を涵養すること。」(学びに向かう力・人間性等)の3点を小学校プログラミング教育の目標としている。この中の「プログラミング的思考」を議論の取りまとめでは「いわゆるコンピューショナル・シンキング (Computational Thinking: 以下 CT) の考え方を踏まえつつ、プログラミングと論理的思考との関係を整理しながら提言された定義」⁹⁾としている。また、議論の取りまとめで示された小学校プログラミング教育の目標を踏まえ、小学校学習指導要領 (2017 年告示) では、プログラミング教育に関連する内容が、第 1 章総則、第 2 章各教科の「算数」及び「理科」、第 5 章「総合的な学習の時間」において新たに例示された¹¹⁾。また、小学校学習指導要領 (2017 年告示) に示されたプログラミング教育を実施するための資料として、文部科学省は「小学校プログラミング教育の手引」を 2020 年 6 月の時点で第三版¹⁴⁾ (以下、手引) まで作成している。さらに、未来の学びコンソーシアムが運営する「小学校を中心としたプログラミング教育ポータル」¹⁵⁾では、数多くの実践事例が紹介されている。今後は、多くの小学校で手引の内容や「小学校を中心としたプログラミング教育ポータル」で例示されている実践に基づいてプログラミング教育が実施されると考えられる。手引には、第 5 学年算数科の正多角形の意味を基に正多角形をかく場面においてプログラミングを行う実践¹⁶⁾や、第 4 学年社会科の都道府県の特徴を組み合わせる 47 都道府県の名称と位置を学習する場面においてプログラミングを活用する実践¹⁷⁾等が紹介されている。

しかし、算数科の実践事例は、STEM/STEAM 教育の観点から捉えると実社会での問題発見・解決の文脈とのつながりが見出せない。また、社会科の実践事例はプログラミング教育の観点から捉えると、プログラミング的思考の育成というより ICT を活用した教科内容の深化の意味合いが強い。このように現在の実践事例では、本来の STEM/STEAM 教育から見たプログラミング教育の在り方との解離が生じているのではないかと危惧される。換言すると我が国の小学校プログラミング教育は、その歴史の浅さや実施者である小学校教員の捉え方が様々であることによる混乱が生じることが予想される。

そこで、本研究では、上述したような問題を解決するため、STEM/STEAM 教育の観点から見たプログラミング教育の成立過程や理念、海外の動向を整理し、それらに基づいたプログラミング教育に関連する先行研究のレビューを行うことで、今後の小学校プログラミング教育の課題を展望することとする。

2. STEM/STEAM 教育や Computer Science (CS) 教育としての小学校プログラミング教育

2.1 STEM/STEAM 教育

アメリカでは、1957 年のいわゆるスプートニクショックによる科学技術力の重要性の認識や産業競争力に対する危機感から科学技術系人材育成のニーズの高まりが、STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics Education) さらに、教育の勃興につながった (第一次 STEM 教育運動)。今世紀に入り、IT を中心としたハイテクノロジー産業の隆盛に伴う理工系人材へのニーズの高まりにより、STEM 教育の重要性が再認識されるようになった (第二次 STEM 教育運動)¹⁸⁾。STEM 教育の目的は、Bybee の主張¹⁹⁾ に依拠すると、すべての市民の科学技術に対するリテラシーを醸成す

ること、科学技術関連のスペシャリストを育成することの 2 点に集約される。その目的を達成するためのアプローチは、関係する教科間に関連性を持たせ、教科横断的な学習を展開することを基本としている。ただし、関連性を持たせ方は、共通のテーマを基づいて個別の教科でそれぞれ資質・能力を育成するアプローチから教科横断的に共通する資質・能力を育成するアプローチ、さらには教科の垣根を取り払って実世界の問題を解決する中で総合的な資質・能力の育成を目指すアプローチというように教科の統合レベルに差異がある²⁰⁾。このように STEM 教育には様々なアプローチがあるものの、アメリカでは、2013 年に STEM 教育 5 年戦略的計画、2015 年に STEM 教育法が成立する等、国家として STEM 教育を推進していく方向性ははっきりとしていた。

一方、STEM 教育が当時のアメリカ社会における産業競争力の強化というニーズによって生まれた関係上、関係する教科は理工系の教科に偏っていた。これに対し、Yakman は、産業や経済活動だけでなく実社会における複雑で多種多様な問題に対応するために、より広範囲の教科間の連携や統合的な学びの中で汎用的な資質・能力を育成する必要性に注目し、STEM に Arts を加えた STEAM 教育の考え方を提唱した²¹⁾。Yakman の言うところの Arts には、Language Arts, Liberal/Social Arts, Fine Arts, Physical Arts, Manual Arts 等の意味合いが含まれている。そして、STEM に Arts が適切に加わることで問題発見・解決に対する資質・能力の育成に関してより自然な教科間の連携や統合されるとしている。なお、A に関しては、Platz 等、STEAM 教育におけるデザイン思考や創造性の重要性からより狭い意味での芸術 (Art) と捉える考え方も示されている²²⁾。

このように、STEAM 教育に関しても STEM 教育と同様に一意的な定義を示すことは難しい。前述した我が国における STEAM 教育の定義 (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics 等の各教科での学習を実社会での問題発見・解決にいかしていくための教科横断的な教育) は、A の捉え方が明確ではないが、全ての教科・領域に関わるという点で概ね Yakman の主張と合致している。一方、デザイン思考や創造性を重要視しているという点では、Platz 等の芸術系論者の主張を取り入れたものと考えられる。

歴史的経緯にはアメリカと我が国では差異がある。それは、アメリカは、国策としての STEM 教育から始まり、それを拡張する過程で草の根的に A が加わった。しかし、我が国では、STEM 教育があまり議論されないまま、教科横断的な教育の拡充という文脈で STEAM 教育が国策として導入されようとしている。そのため、我が国においては、STEAM 教育と教科横断的な学習との区別が不明瞭なまま STEAM 教育の導入が進む可能性が指摘できる。ここで、STEAM 教育と教科横断的な学習との違いを明確にするために、次節において海外におけるプログラミング教育に相当する学習内容を整理する。

2.2 CS 教育の海外動向

海外においては我が国が言うところのプログラミング教育を包括するコンピュータサイエンス (以下、CS) 教育がその役割を担っている。本節では、初等教育段階から教科の内容として CS 教育が位置付けられているイギリスと、我が国のプログラミング教育が育成を目指す資質・能力のひとつであるプログラミング的思考の下地

となっているCT発祥の地であるアメリカに焦点を当てることとする。なお、イギリスやアメリカのCS教育の動向については森山ら(2016)²³⁾、CTについては阪東ら²⁴⁾に詳しい。ここでは、それらを整理・概観した上で、より広い視野でCS教育が国際的にも重要視されている背景や我が国のプログラミング教育との差異を探る。

2.2.1 イギリス

イギリス(イングランド)のCS教育は、大きく分けて3つの時代がある。まず、1995年までの教科「Technology」の構成科目の1つとしての「Information Technology(以下、「IT」)」の時代である。次に1995年から2014年までの「Technology」が「Design and Technology」と「Information and Communication Technology(以下、「ICT」)」の2教科に分離した時代である。なお、「IT」の名称自体は1999年まで残っていた。そして、2014年の大改革で「ICT」から名称変更となった「Computing」の時代である。

イギリスのCS教育の変遷において注目すべきは、「ICT」から「Computing」への大改革である。この大改革の背景には、STEM教育運動の勃興により従来の「ICT」における内容が広すぎて浅い、本来教える必要のあるCSが軽視された傾向に至ったといった批判があった²⁵⁾。このような批判や社会の要求から「Computing」では、理工系人材の育成だけでなく、万人に求められるIT・CS・デジタルリテラシーとコンピテンシー育成を目指している。この目標を達成するために、「Computing」においてCTは重要な要素として学習指導要領に相当するナショナルカリキュラムに位置づけられている²⁶⁾。

一方、実際の教育活動に関して、重要な役割を担っている組織としてCAS(Computing at School)の存在は大きいといえる。CASは、CSを中心とした「Computing」が数学や自然科学と並んですべての小学校及び中学校で確立されることを目標とした教師、学者、業界専門家らのコミュニティである。CASは、CTの教師用ガイド「Computational thinking A guide for teachers」²⁷⁾や「Computing」のスコープとシーケンスを示した「CAS Computing Progression Pathways」²⁸⁾等のリソースを提供し、イギリスにおける「Computing」のナショナルカリキュラムの実施をサポートしている。

このようにイギリスにおけるCS教育を担う教科「Computing」の成立過程は、情報化社会に対応できる人材の育成が急務とされる我が国の置かれている社会情勢と類似する部分がある。しかし、類似する社会情勢への教育的なアプローチは、我が国とイギリスでは差異がある。イギリスは「Computing」という教科にCSを位置付け、初等教育段階から他の教科と同等に国としてのCTの育成を含めたカリキュラムを明確に提示し、それをCASのような組織がサポートすることで社会の要求にかなう人材育成を目指している。それに対し、我が国は、小学校段階ではプログラミング教育を特定の教科に固定しておらず、そのサポート体制も十分とはいえない点に差異があるといえる。

2.2.2 アメリカ

アメリカは国家の構造上、各州の権限が大きく、教育に関しても州によってシステムは様々である。よって、イギリスや我が国のように国家として統一された教育課程や教育における指針があるわけではない。一方で、情報化社会に向けた人材育成という教育の社会的役割は変わらない。アメリカではCSに関係する教師集団や学会、あるいは企業が、CS教育の推進に関してイニシ

アチブをとっている点特徴的である。CSTA(Computer Science Teachers Association)は、2005年に設立された幼稚園から高等学校までのCS教育の教師をサポートする強力な環境の構築を目指した教師主導の組織である。CSTAは「K-12 Computer Science Standards」を策定(最新は2017年版²⁹⁾で2020年に改訂予定)し、小学校から高等学校までの体系的なCS教育のスタンダードを提案している。また、CSTAは「K-12 Computer Science Framework」³⁰⁾を作成し、具体的な実践事例等を示すことで現場の教員をサポートしている。また、アメリカにおいては、積極的に企業が教育に関与しようとする傾向が強い。一例を挙げると、アメリカの全ての学校の生徒が他の学問と同じようにCSを学ぶ機会を得ることを目的にしている非営利団体Code.orgの活動をMicrosoftのB.GatesやFacebookのM.Zuckerbergなど大手IT企業の創業者が支援している³¹⁾。

このようにアメリカにおいては、CSの社会的な重要性が広く認知され、学会や教師集団、民間や素早い反応によりCS教育が推進されているという流れは、IT分野におけるアメリカの国際的な競争力を下支えしている一因となっていると考えられる。我が国においてもIT分野の国際的な競争力の向上や国民全体の情報活用能力の向上は急務である。よって、小学校プログラミング教育をCS教育の一部と捉えることの重要性をアメリカにおけるCS教育の近年の動向より指摘できる。

2.3 Computational Thinking (CT)

ここまで海外のプログラミング教育に関する近年の動向を概観した。イギリスとアメリカに共通する事項として、CTがCSの学習内容の中に位置付いているという点が挙げられる。我が国のプログラミング教育において育成を目指す資質・能力であるプログラミング的思考もCTを下地としている点は上述の通りである。今日におけるCTは、Wing(2006)により提唱された³²⁾。WingはCTについて次の2点を述べている(翻訳は中島³³⁾による)。

- ・CTは、コンピュータ科学者だけではなく、すべての人にとって基本的な技術である。
- ・CTは、一見難しそうな問題を我々がすでに解き方を知っている問題に変換する。

CTについては、各国で様々な捉え方で定義されている³⁴⁾。イギリスでは、CASの「Computational thinking A guide for teachers」²⁷⁾において、その構成概念としてアルゴリズム的思考(Algorithmic thinking)、分解(Decomposition)、一般化(パターン)(Generalisation(Patterns))、Abstraction、Evaluation、手法として省察(Reflecting)、コーディング(Coding)、設計(Designing)、分析(Analysing)、応用(Applying)が示されている。また、アメリカでは、CSTAと技術教育に関する国際的な学会であるISTE(International Society for Technology in Education)が共同で2011年に、初等中等教育におけるCTの操作的定義³⁵⁾を示している。CTの操作的定義では、次のような資質・能力が示されている(翻訳は筆者らによる)。

- ・さまざまな現実的な問題をコンピュータで解決できるような形式の問題に変換する力
(Formulating problems in a way that enables us to use a computer and other tools to help solve them)
- ・論理的にデータを分析し、整理する力
(Logically organizing and analyzing data)

- ・モデル化やシミュレーションができるように、データを変数として扱えるようにする力
(Representing data through abstractions such as models and simulations)
- ・アルゴリズム的な思考を用いて、問題を解決するための処理手順を構築する力
(Automating solutions through algorithmic thinking (a series of ordered steps))
- ・最適な問題解決の方法を見出すために、考えられる解決策を探し、試行する力
(Identifying, analyzing, and implementing possible solutions with the goal of achieving the most efficient and effective combination of steps and resources)
- ・ある問題の解決方法を一般化して、他の多種多様な問題の解決に応用できる力
(Generalizing and transferring this problem solving process to a wide variety of problems)
- ・オープンエンドな問題に、創造的に取り組む力
(The ability to deal with open ended problems)
- ・他者とコミュニケーションをとり、協働して問題解決に取り組む力
(The ability to communicate and work with others to achieve a common goal or solution)
- ・複雑な問題にも、自信をもって取り組む態度
(Confidence in dealing with complexity)
- ・難しい問題にも、粘り強く取り組む態度
(Persistence in working with difficult problems)
- ・あいまいな問題であっても受け入れ、取り組もうとする態度
(Tolerance for ambiguity)

文部科学省のプログラミングの思考の定義と CSTA と ISTE が示した CT の操作的定義を比較すると、小学校段階におけるプログラミング的思考の操作的な定義が示されていないという問題点があると考えられる。また、CT に対してプログラミング的思考は矮小化されているという指摘もある²⁴⁾。ただ、小学校プログラミング教育の主旨がコンピュータやプログラミングに慣れ親しむことであるや小学校教員のプログラミング教育導入における負担を考慮して、定義や到達目標を柔軟に捉えられるよう、意図的に明示しなかった可能性は否定できない。また、プログラミングの思考が小学校教員にどのように受け止められているのかは定かではない。よって、我が国のいところのプログラミングの思考をどのように育成するかを検討する上で、その下地となった CT に対する小学校教員の認知や意識を把握することは重要であると考えられる。

3. 技術教育と小学校プログラミング教育

3.1 技術リテラシーの考え方

本来、我が国においてプログラミング教育は、情報の科学的理解を促す教育活動の一つである。その中心的な目標にはプログラミング的思考（広く捉えれば CT）の育成がある。一方、プログラミング教育には、社会を構成する技術（Technology）を理解し、それらをより良い社会や人生に生かすことにつなげるという目標もある。これは、中学校技術・家庭科技術分野（以下、技術科）の中心的概念である技術リテラシー（Technological Literacy）の考え方に良く合致する。技術リテラシーは、アメリカの技術・工学教育のための専門家学協会である ITEEA（International Technology and Engineering Educators

Association）が 2000 年に提唱した概念である（当時は ITEEA（International Technology Educators Association）であった）。ITEEA は、技術リテラシーを「技術を使用、管理、理解、評価する能力」³⁶⁾と定義している。

CS 教育と技術教育は、異なる潮流を持つ考え方であるが、近年、STEM/STEAM 教育の文脈において CT を育成する CS 教育（例えば、CT の操作的定義³⁵⁾を根幹としたアメリカの教育運動、イギリスの教科 Computing 等）と技術リテラシーを育成する Technology & Engineering 教育（例えば、アメリカにおける Technology Education やイギリスにおける教科 Design and Technology）との関連性が注目されるようになってきている³⁷⁾。また、我が国のプログラミング教育の各学校段階での位置づけを鑑みると中学校においては技術科に主に位置づけられていることから、体系的なプログラミング教育の推進するためには技術科の中心的概念である技術リテラシーと STEM/STEAM 教育や小学校プログラミング教育の関連性を整理することは重要だと考えられる。

3.2 技術教育と STEM/STEAM 教育

近年、技術リテラシーを中心的な概念とする技術教育は、STEM/STEAM 教育を構成する重要な教科であることから必然的に STEM/STEAM 教育との関連性を明確にする必要が出てきた。それに対し ITEEA は、2018 年頃から STEM/STEAM 教育の観点に基づいて技術リテラシーのスタンダードの改訂に着手した。そして、2020 年 2 月に、新しい STEL（Standards for Technological and Engineering Literacy）の概要³⁸⁾を公開した。新しい STEL では、技術教育固有の学習内容（Contexts）や教科の中心となる概念（Core）に加えて、技術的な問題解決の実践（Practices）の中で発揮・育成される 8 つの資質・能力（システムの思考（Systems Thinking）、創造性（Creativity）、作ること・なすこと（Making and Doing）、批判的思考（Critical Thinking）、楽観性（Optimism）、協働性（Collaboration）、コミュニケーション（Communication）、倫理観への配慮（Attention to Ethics））が示されるようになったことが特徴的だといえる。なお、CT は「計画、問題解決、製作への体系的なアプローチ」として定義されており、Computation, Automation, Artificial Intelligence, and Robotics の学習内容に必要な資質・能力として Critical Thinking と関連して位置づけられている³⁹⁾。CT は、CS 教育だけでなく、STEM/STEAM 教育を構成する教科の一つである技術教育でも重要である。また、同時に技術教育の文脈で培われることが期待できる資質・能力と考えることができる。

新しい STEL³⁸⁾に見られる技術教育の変化を全体的に読み解くと、STEM/STEAM 教育（新しい STEL³⁸⁾では STEAM という表現は使われていない）という大きな枠組みにおいて必要とされる資質・能力を強く意識しながら、教科固有の強みや特徴を生かしたスタンダードの策定が、STEM/STEAM 教育に関連する教科や領域に求められていると考えられる。

3.3 技術教育と小学校プログラミング教育

我が国では、小学校プログラミング教育の目標等において直接的に技術リテラシーとの関連は言及されていない。しかし、中学校においてプログラミング教育を担う技術科では、日本産業技術教育学会が技術的リテラシー（技術的素養）を ITEEA の技術リテラシーの

考え方を参考に「21世紀の技術教育（改訂版）」において、「技術と社会との関わりについて理解し、ものづくりを通して、技術に関する知識や技能を活用し、技術的課題を適切に解決する能力、および技術を公正に評価・活用する能力」⁴⁰⁾と定義している。技術リテラシーは、技術イノベーション（新しい価値の創造に向けて技術を改良、応用、創造する力）と技術ガバナンス（社会を支える技術を評価、選択、活用、管理、運用する力）で構成される⁴¹⁾。日本産業技術教育学会は、中学校の技術科だけでなく、幼・小・高の各発達段階において体系的に行われるべき技術教育の教育目標を示している。また、小学校段階における技術教育のあるべき姿も示している。このうち小学校プログラミング教育に関連する部分のみに注目すると、低学年では児童の直感や感性、中学年ではものづくりの計画と実行に関わる基礎的概念の形成、高学年では、合理性や最適解を意識した創造の動機から始まるものづくりの設計と実行に関わる概念・実践力をそれぞれ育成することが望ましいとしている⁴⁰⁾。

上述の新しいSTEL³⁸⁾にも創造性（Creativity）は重要な資質・能力として位置付けられている。ITEEAが発行している小学校段階の技術教育ジャーナル「Children's technology and engineering（現在は、The Elementary STEM Journalに改名）」では、シングルボードコンピュータを用いたオリジナルのギター作りの中で創造的なプログラミングを用いたものづくりの実践⁴²⁾等、近年、CT育成の文脈に基づくSTEM/STEAM教育の実践が数多く報告されるようになってきている。

これらを勘案すると、プログラミング教育には技術リテラシーの育成の側面がある。小学校段階においてはその発達段階を考慮すると、直感や感性を生かしながら技術的な問題解決に取り組むことで最適解を導き出すプロセスや創造性、それらにつながる態度等の技術リテラシーの中でも特に技術イノベーションの観点が重要であると考えられる。

ここまで、小学校プログラミング教育とSTEM/STEAM教育やCTや技術リテラシー（特に技術イノベーション）といったCS教育、技術教育の重要概念との関連性を述べてきた。その関連性は、以下の3点のように整理することができる。

- ・小学校プログラミング教育は、我が国のSTEM/STEAM教育の推進において、CS教育の学習内容を担う重要な教育であり、STEM/STEAM教育と同様に教科横断的に実施される。
- ・小学校プログラミング教育の中心概念であるプログラミング的思考は、CTの影響を大きく受けており、CTはCS教育、技術教育のどちらの文脈からも重要な概念である。
- ・小学校プログラミング教育は、技術教育との関係が深く、発達段階や今後の社会における創造性育成の重要性を考慮すると、その中心概念である技術リテラシーの中でも技術イノベーションの素地の育成において重要な教育である。

次章では、これらを踏まえて我が国における小学校プログラミング教育の先行研究をレビューする。

4. 我が国における小学校プログラミング教育の先行研究

4.1 プログラミングの力を高めるような授業実践等に関連する研究

プログラミングの力を高めるような授業実践等に関連する研究は、ビジュアルプログラミングやロボット等の制御を中心とした実践（森ら（2011）、山本ら（2014）、山本・藪田（2016）、山本ら（2017）、宮本・河野（2018））、コンピュータを使用しないアンプラグドな手法を中心とした実践（高瀬・塩田（2019）、加島・松本（2020））、協働学習等の学習形態に着目した実践（三井（2016）、岡崎ら（2017）、三井ら（2018））、実践対象の性差に着目した実践（甲村（2020））に分けられる。

森ら（2011）は、小学校4年生を対象にScratch（ビジュアルプログラミング環境、以下同様）を用いた26時間にわたる授業実践を行った。その結果、8割を超える児童が複雑なプログラミングを含めた作品づくりに取り組むことができたことを報告している⁴³⁾。山本ら（2014）は、小学校におけるコンピュータによるプログラム学習を推進するために、小学4年生の授業実践を通して基本的な知識と技能を習得する指導過程を検討した。その結果、児童は、プログラムの基本的な知識と技能を習得し、これらの学習を通して、プログラムに関する興味・関心が高まったことを報告している⁴⁴⁾。山本・藪田（2016）は、一人1台のタブレット端末を活用して、小学校高学年を対象に中学校技術科教員と小学校担任教員が共同で指導するとともに、練習課題型と相手設定型の課題を段階的に設定した授業を実施した。その結果、タブレット端末の携帯性、中学校技術科教員との共同指導が有効であることを示した。また、段階的な課題設定が児童の活動意欲や情報活用の実践力向上につながることを報告している⁴⁵⁾。山本ら（2017）は、小学校中学年を対象に、タブレットを用いて、ものごとを順序立てて考えることの大切さを学習するための授業を実施した。その結果、児童のプログラミングに関する興味・関心は高いこと、具体的な事例を通してプログラミングの必要性に気づくことができたこと、児童は、比較的短時間で基本的なプログラミングのルールを習得することができたこと、児童の発達段階に応じた課題の設定が重要であることを報告している⁴⁶⁾。宮本・河野（2018）は、小学校6年生を対象に総合的な学習の時間の5時間を用いて、Scratchを用いた授業を行った。その結果、大部分の児童は授業前の時点で既に順次処理や反復処理の基本的な考え方をほぼ身につけているが分岐処理に関しては十分理解できていないこと、プログラミングの楽しさを児童に体感させることができたことを報告している⁴⁷⁾。

高瀬・塩田（2019）は、小学校のどの学年でも容易に扱えるフィジカルプログラミング教材を開発し実践を行った。その結果、コード・A・ピラー（プログラミングロボット教材）とプログラミングカード等を組み合わせた教材が小学校におけるプログラミング教育の導入教材として有効であることを報告している⁴⁸⁾。加島・松本（2020）は、CSアンプラグドに注目し、プログラムにおける命令を物理的なタグとして手で触れるようにしたアンプラグドプログラミングやロボットカーのプログラミングを通して順序の概念を理解する学習を小学生に実施した。その結果、抽象的な事柄を理解する前段階としてアンプラグドプログラミングを用いることは有効であること、アンプラグドプログラミングでもプログラミングに対する興味関心を引き出し、プログラミング的思考とプログラミング力を身につけること、情報機器等の環境がなくともプログラミング的思考を学ぶ機会を与えることが可能であることを報告している⁴⁹⁾。

三井 (2016) は、プログラミング体験アプリである ScratchJr を用いて小学校低学年対象の学習者同士が教え合い、学び合う相互作用を軸としたプログラミング教育を実践した。その結果、教師の講義形式の指導が無くても低学年においてプログラミングの学習が可能であったこと、児童もプログラミングの授業を好意的に評価していること、作品の出来に交流人数は関係ないことを報告している⁵⁰⁾。岡崎ら (2017) は、プログラミングの体験形式 (ゲームの作成方法を逐次的に教わりながら作成する講義型, 2名1組で1冊のテキストを共有し、相互に教え合いながらゲームを作成する協同型, 手渡されたテキストを見ながら単独でゲームを作成する個別型) が小学生のプログラミング学習の動機づけに与える効果について検討した。その結果、講義型または協同型でプログラミングを学習すると、プログラミング学習に対する動機づけは有意に上昇する一方で、個別型では上昇しないことを報告している⁵¹⁾。三井ら (2018) は、学習状況の共有化ツールを活用して児童のプログラミングの状況をクラス内で共有した場合の効果について検討した。その結果、学習状況の共有化ツールを活用するとプログラミングに使用するブロックの数や種類が増えること、他グループの工夫に気付きやすくなるなど効果的に学習できる傾向があること、児童は見やすさなどの理由から共有化ツールを活用する授業を好意的に評価していることを報告している⁵²⁾。

甲村 (2020) は、女子児童を対象として実施されたプログラミング・ワークショップにおいて、女子児童の活動の観察と半構造化インタビューを用いた調査を実施した。その結果、女子児童では、プログラミング学習に対する興味関心はインタラクティブな反応制御よりもイラストの描画や動画制作に向けられていたこと、プログラミングを学習する過程において生じたつまづきとして、時間制御や細かな順次処理の困難さがあることを指摘している⁵³⁾。

これらの先行研究から、小学校プログラミング教育のねらいの一つである、プログラミングに慣れ親しむという目標は比較的達成しやすいことが考えられる。また、STEM/STEAM 教育や CT、技術リテラシーの観点からも重要視されている協働的な学びは、小学校プログラミング教育においても有効であることも示唆される。一方で、プログラミングを体験する上での題材は、身近な生活や社会の中の問題を題材とした実践と、ゲーム等の社会とのつながりがつかみにくい題材を設定した実践が混在している。ゲーム作成等の題材は、児童の興味関心が高いことからプログラミングの基本を学ぶ段階では有効と考えられる。しかし、STEM/STEAM 教育の観点で考えると、身近な生活や社会の中の問題とかけ離れた題材設定は、何のためにプログラミングや CT を学ぶのか、その意義を正しく捉えることを困難にする危険性がある。

4.2 教科における小学校プログラミング教育の授業実践に関する研究

我が国における小学校プログラミング教育では、教科の学びを確かなものすることも求められている¹⁴⁾。教科の学びに重点を置いた先行研究を以下に示す。

林ら (2019) は、小学校6年生理科「水よう液」単元において、ベン図、Yes/No チャート、ビジュアルプログラミング言語、対話型ロボットを利用したプログラミング的思考の育成モデルを用いた授業を実施した。その

結果、児童は教科書の内容を「理解」し、それを「応用」して自分たちで実験計画を立て、それが論理的に妥当であることの検証、その中で自分たちが実行できる環境で現実的に妥当な実験計画はどれかという批評という「評価」を実際に体験することができたことを報告している⁵⁴⁾。中山ら (2019) は、小学校4年生理科「電流の働き」単元において、児童が作成・実行したプログラムについて、科学の言葉を用いた説明を行う活動を取り入れた。その結果、小学校理科の問題解決的な学習にプログラミング体験を日常生活と関連した文脈における「ものづくり」の活動として組み込むことでプログラミング体験と理科の教育目標にそった問題解決の学習を整合的に実施できることが事例的に確認できたことを報告している⁵⁵⁾。

三井 (2017) は、小学校国語科のお話づくりの単元において、従来どおりに学習者が文と絵を自分で考えて作った作品と、プログラミングを使って絵を描き、文を書いた作品とを個人内で比較することで学習効果の差異や学習者の意識を検討した。その結果、お話づくりにおいて、低学力の児童にはプログラミングが有効に機能し、より優れた作品が書けること、お話の絵を描く際に絵を描くことが苦手な児童はプログラミングが助けとなること、動きや音声といったプログラミングにしかできない機能を使ってお話を表現することができること、お話を進んで書こうとする態度の育成にプログラミングは一定の効果があることを報告している⁵⁶⁾。

福島ら (2018) は、小学6年生音楽科「和音の音で旋律づくり」の単元において、Scratch を活用して和音進行に合わせて、4分の4拍子で4小節の旋律をつくり、出来上がった後、友達とつくった作品を聴きあう授業実践を行った。その結果、旋律づくりに対する意欲が向上したこと、つくった旋律を一人で演奏することに対する苦手意識の軽減したこと、児童が旋律づくりにおいて何度も試行錯誤していたことを報告している⁵⁷⁾。

山本・山内 (2018) は、小学校第1学年の特別な教科「道徳」において、プログラミング学習の順次処理と「順番の大切さ」を組み合わせた指導過程を提案し、実践を通してその効果を検証した。その結果、児童は、PETS (プログラミングロボット教材) を活用することでプログラミング (順次処理の学習) に積極的な取り組みを見せると共に、順番の大切さを学びとっていたこと、グループ活動は教員の声かけや支援が大切であることを報告している⁵⁸⁾。面川・松浦 (2018) は、小学校2年生の道徳において、自他の命を認識し命のかけがえなさを理解すること、知能機械との共生の観点で、自らの命のかけがえなさに立脚してロボットに生命性を見出し共感できるかを明らかにすることを目的として、教室にコミュニケーション・ロボットを交え、命とは何か、ロボットに命はあるのかについて児童が話し合い学習を実施した。その結果、会話プログラミングの体験などを通じ、人の自律的な意識に着目できたこと、ロボットに命はあるのかという討論を通じて生命の自己認知性と自己決定性への気づきが生まれたこと、自らの生活感情に共感するロボットのあり方を描き出したことを報告している⁵⁹⁾。

これらの先行研究では、プログラミングを有効に活用し、教科の学びを確かなものにすることや、従来の手法の問題点を改善する上での有効性を示唆している。一方で、STEM/STEAM 教育の観点で考えると、教科の学びに重点をおいた小学校プログラミング教育の問題

点が指摘できる。まず、STEM/STEAM教育としてのプログラミング教育は教科横断的に実施されるべきであることは上述した。プログラミング教育を教科等の目標を達成するために実施すると、プログラミング教育の目標と教科の目標が二重化し、学習活動のねらいが混乱する危険性がある。この問題を回避するためには、授業者のプログラミング教育及び教科教育の高度な理解と技能が必要となる。別の回避策としては、教科の目標に重点を置き、手段としてプログラミングを取り入れることが考えられる。しかし、児童のプログラミングに対するレディネスが不十分な場合、かえって学習活動の難易度が上がることが考えられる。また、プログラミングを手段とすることとプログラミングされたものを利用することは明確に分けて考える必要がある。後者の場合、どちらかといえば教科指導におけるICT活用の概念に近くなる。この場合、論理的思考の補助になる可能性はあるが、CT及びプログラミング的思考の育成につながるのかという疑問が残る。また、プログラミング教育における情報の科学的理解という文脈からも乖離する危険性が考えられる。

4.3 STEM/STEAM教育、CS教育、技術教育の観点を持った小学校プログラミング教育の授業実践等に関する研究

STEM/STEAM教育、CS教育、技術教育の観点を有した小学校プログラミング教育に関する先行研究を全体的な枠組みや位置づけ、カリキュラムに関する研究(山本ら(2016)、阪東ら(2017)、川原田ら(2020)、山崎ら(2020))と、授業実践(阪東ら(2017)、遠山・竹内(2018))に分けて以下に示す。

山本ら(2016)はプログラミング教育に関する教育的意義やその効果を先行研究から整理し、今後それらを推進するための基本的な知見を得るために、初等中等教育におけるプログラミング教育の位置づけを学習指導要領で確認した後、先行研究を整理した。その結果、プログラミング教育の教育的意義や学習効果は、新たなものを生み出したり難しいものに挑戦しようとする探究力、アルゴリズム的思考、論理的思考力、物事や自己の知識に関する理解力、自分の考えや感情が発信できる表現力や説得力、知恵を共有したり他者の理解や協力して物事を進めたりする力、プログラミングを通して情動的なものを見方や考え方を身につけることができることを報告している⁶⁰⁾。阪東ら(2017)は、我が国におけるプログラミング教育の位置づけの変遷、海外におけるCTの考え方やカリキュラム改革の動向を整理した上で、技術リテラシー育成の観点から見たプログラミング教育の課題について検討した。その結果、我が国のプログラミング教育の中核概念となっているプログラミング的思考の考え方はCTの概念に比べて矮小であり、育成できる技術イノベーション力が「手続きを構築する力」に留まってしまう危険性があること、小学校プログラミング教育では「プログラミングをよりよい人生や社会づくりに生かす」こと具体として技術ガバナンス力育成の視点が明確でないこと等に課題があることを指摘している²⁴⁾。川原田ら(2020)は、Society5.0の実現に向けて喫緊の課題であるAIリテラシー育成の教育推進と主として小・中学校におけるSTEAM/STREAM(RはRobotics)教育の参照基準作成に向けた基礎知見を得るため、久野(文責)による「情報教育の参照基準(2019.2.23)」を分析した。その結果、AI教育には、小・

中学校において、児童生徒の発達水準に応じた技術ガバナンス力と、技術イノベーション力の育成を図る必要があること、小学校段階において、STEAM/STREAM教育を導入するために、特に、生活科、図画工作科、家庭科、「総合的な学習の時間」の目標・内容・方法と授業時数の見直しや、小・中・高校の技術・情報教育の教科化と一貫化を含め、デジタル革命とコンピューティングによる新しい学習環境の創造を牽引するために、教科等構成と学習の在り方の再検討が必要であること等を指摘している⁶¹⁾。山崎ら(2020)は、東京都小金井市立前原小学校と茨城県つくば市立みどりの学園義務教育学校におけるプログラミング/コンピューティング学習の先導的実践を研究対象とし、Society5.0における「イノベーション」を牽引する技術リテラシーと、技術ガバナンス力を持つ主権者の育成を目指し、初等中等教育を一貫したプログラミング教育を包含する「コンピューティング教育」の充実と、STEM/STEAM教育にロボティクス教育を包含させたSTREAM教育の推進を図るため、今後の小学校段階の各教科等の構成の在り方と、学習指導目標・内容・方法に関する検討を行った。その結果、「ティンカリング」や「デザイン思考」により、人間の創造性や英知と、相互コミュニケーションによる協働力と社会における自己実現力を、コンピュータによって拡張する学習が重要であること、両校共にSDGsとコンピテンシーや21世紀型スキルといった新しい能力の育成が重視されていたこと、つくば市では、小中一貫・連携教育と小学校高学年における教科担任制による実践が行われ、CS、情報技術、デジタルリテラシーの教育内容が含まれるSTEAM/STREAM教育の試行が行われていたことを報告している⁶²⁾。

阪東ら(2017)は、PIC-GPE組込LED発光教材を用い、小学校6年生を対象に、順次処理・分岐処理・反復処理を組み合わせるアルゴリズムの理解を主体としたプログラミングの授業を展開した。その結果、自分の構想したLEDの点灯パターンを適切に実現すること、多くの児童が処理の流れを構想する情報科学的な能力を基礎として、それを具体化する情報技術的な能力の形成を図っている傾向が認められたことを報告している⁶³⁾。

遠山・竹内(2018)は、STEAM教育としての協調学習環境をデザインすること、自尊感情尺度による学習者の内面的な評価をプロダクトの客観評価やアンケート調査、協調学習中の様子と照らし合わせながら解釈することを目的として、小学校5年生を対象としたScratchやボーカロイド教育版(歌声合成ソフト)を用いた音楽創作活動のワークショップを実施した。その結果、多様な解の方向性を許容するアート志向のSTEAM教育としての協調学習環境のデザインが実現できたこと、最終プロダクトとしての副旋律の質は自尊感情尺度による学習者の内面的な評価とは独立的である可能性が示されたこと、児童が互いの意見を聴き合い、自分たちの作品へと意見を反映していく肯定的な活動が児童の自尊感情を高めた可能性が示されたことを報告している⁶⁴⁾。

これらの先行研究から、STEAM/STREAM教育の観点に基づき次の2点が指摘できる。まず、全体的な枠組みや位置づけ、カリキュラムに関する先行研究からは、従来のカリキュラムの中に小学校プログラミング教育の学習内容を単純に組み込むのではなく、教育課程全体をSTEM/STEAM教育の観点に基づいて全体的に再編成する必要があると考えられる。これは、カリキュラムマネジメントの充実が求められている⁶⁵⁾ことと合致する。

カリキュラムマネジメントの中でも、教科等横断的な視点での教育内容等の編成に STEM/STEAM 教育は大きく関与すると考えられる。しかし、小学校学習指導要領¹¹⁾では STEM/STEAM 教育に言及していない。よって、山崎ら (2020) が示したような STEM/STEAM/STREAM 教育に関して先進的な学校以外では、カリキュラムマネジメントにおいて、STEM/STEAM 教育の観点が考慮されるかどうか、小学校プログラミング教育が教育課程に適切に位置づけられるかは定かではない。

4.4 小学校プログラミング教育の教師教育に関連する研究

小学校プログラミング教育の教師教育に関連する研究は、小学校教員のプログラミング教育に対する意識調査 (山本・堀田 (2018), 山本ら (2019)) と教員研修 (大森ら (2016), 安影・新地 (2018)) に関連する研究に分けられる。

山本・堀田 (2018) は、小学校でプログラミング教育を推進する具体的な方策を明らかにすることを目的とし、教員向け意識調査を実施し、探索的因子分析を用いて阻害要因や促進要因を抽出した。434 人の回答結果から、阻害要因として、「教材等の不足」「格差の認識」「ICT 活用の抵抗感」の 3 因子が抽出されたこと、促進要因として、「推進体制」「情報提供」「人的支援」の 3 因子を抽出したこと、抽出した 6 因子の関係性として、「推進体制」と「情報提供」と「人的支援」の 3 つの連携が「教材等の不足」と「ICT 活用の抵抗感」の改善につながり、さらに教員や児童のスキルや知識の格差の解消につながる関係にあることを報告している⁶⁶⁾。山本ら (2019) は、情報教育担当教員に対して、プログラミングに関する研修を通して、プログラミング教材の評価をすると共に、現状の児童の実態を踏まえた発達段階に応じた指導の在り方を調査した結果、教材の特性によって適正学年に差異があること、研修を通して学習環境の整備や事例の収集が必要であるなどの課題を報告している⁶⁷⁾。

大森ら (2016) らは、初等・中等教育における体系的なプログラミング教育のカリキュラムに対応した指導者養成プログラムに関するカリキュラムを提案している。提案では、プログラミング教育の指導者に求められる知識と技能をプログラミングに関連した知識と技能 (CT の基礎概念, IT に関する知識, CS に関する知識) と教育に関連した知識に分類し、基礎論、プログラミング技術、教材開発、授業分析・評価、心身の発達に区分された 120 時間程度のカリキュラム案を提示している⁶⁸⁾。安影・新地 (2018) は、小学校プログラミング教育の授業実施と校内研修・人材育成の方向性を探ることを目的として講義・演習・協議の要素を含む 2 時間の教員研修を実施した。その結果、受講者自身のプログラミング教育の授業実践に対する自信だけでなく、プログラミング体験授業の設計・実践、同僚のプログラミング体験の実践授業に対する改善案を提案する自信も高めることができたこと、プログラミング教育の環境整備への不安解消や各教科への導入に対する納得感を増大することで、研修効果を上げることも可能性があることを報告している⁶⁹⁾。

意識調査の研究からは、教員のプログラミング教育に関する目標や意義等の捉え方、所属する学校の ICT 環境や個々の教員の知識・技能等が、他の教育活動と比較すると格差が大きいということがいえる。また、教材・教具となるソフトウェアや制御物等の製品が多数存在

し、発達段階に合わせた運用の必要があるということが、小学校プログラミング教育特有の実施上の問題につながると考えられる。

教員研修の先行研究からは、研修の内容と方法に着目することができる。内容に関しては、「プログラミング教育の手引 (第二版)」⁷⁰⁾ に基づいた研修教材⁷¹⁾ が公開されているため、これに準じた教員研修が展開されることが予想される。しかし、STEM/STEAM 教育の一環としてのプログラミング教育の成立過程を理解した上でなければ、他の教科等との関連性や汎用的な資質・能力育成とのつながりが理解できず、納得感や意義を得られない危険性がある。それにより、継続的なプログラミング教育に対する意欲や自信を維持することが難しくなる可能性がある。また、パッケージ化された教員研修は、質の保障にはつながるが、受講者のニーズを考慮しなければ、研修内容とそれぞれの小学校の ICT 環境が乖離している等の問題が発生する可能性がある。方法については、安影・新地 (2018) が受講者同士の協議を組み込む等の工夫を取り入れていることから、概要の理解と教材の操作方法の習得だけの研修では、十分な効果が期待できないことを逆説的に指摘できる。

4.5 小学校プログラミング教育の学習効果の評価に関連する研究

プログラミング教育は、論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成と深い関連性があり、その学習効果の評価においてもそれらの資質・能力の変容を捉えることは重要であると考えられる。また、プログラミング教育の学習活動において児童がどのような思考をどのように働かせているのかを把握することも必要だと考えられる。そこで、プログラミング教育における学習効果の評価の枠組みを構成する上で有用であると考えられる論理的思考力や創造性、問題解決能力等に関する先行研究やプログラミングにおける思考に関する先行研究についてまとめる。

森山 (2003) は、プログラム作成時の思考過程に対する生徒の内省を把握するためにプログラム作成時の思考過程に対する内省尺度 (Reflection Scale of Thinking Process on Program making: RSTP) を作成した。RSTP は、「問題理解過程」, 「機能構成過程」(要素分解・統合過程), 「局所的点検過程」, 「全体的点検過程」の 4 つの因子で構成されている。問題理解過程因子は、「意味的内容をプログラム言語における修辭的な内容に翻訳するというプログラム作成に固有な問題解決の過程」, 機能構成過程因子 (要素分解・統合過程) は、「プログラムの機能構成に関わる機能単位の分割と統合の過程」, 部分的点検過程因子は、「プログラム作成途上での部分的な点検や修正の過程」, 全体的点検過程因子は、「作成したプログラム全体に対するエラーの探索, 分析, 問題表象の更新による俯瞰的点検の過程」をそれぞれ意味する⁷²⁾。宮川ら (2016) は、イベントドリブン型の言語を活用したプログラミングにおける中学生の問題解決を促す学習指導の試行的実践の学習効果を評価する目的で、イベントドリブン型の言語を活用したプログラミングにおいて、「知識の習得感」, 「継続への欲求」, 「充実感, 課題への集中度」の 4 つの因子から構成されている情意評価尺度を作成している⁷³⁾。

一方、荒木ら (2018) は、調査の 10 年前に小学校で 2 年間以上プログラミング教育を受講した高校生と大学生を対象に、受講した当時のプログラミング教育に関す

る自己評価の調査を行った。調査では、21世紀スキル、プログラミング教育、論理的思考力、認知欲求に関する質問紙調査と半構造化インタビューが用いられた。その結果、授業以外の場面においてもプログラミング経験をしたエキスパート群の生徒においては、プログラミング教育に対する肯定的な評価が見られ、21世紀型スキル、論理的思考力および認知欲求などの個人特性においては、エキスパート群に特有の傾向が見出されたことを報告している⁷⁴⁾。

しかし、これらの先行研究以外では、プログラミングにおける思考や問題解決能力の評価手法に関する先行研究は見出すことができなかった。上述した実践的な先行研究においても、基本的には個々の実践で取り上げた変数に対する個別的な評価によって学習効果の検証が試みられている。これは、特に小学校段階では、教科学習におけるプログラミング教育の評価が、基本的にそれぞれの教科の目的、評価規準によるものとされていることが関連している¹⁴⁾。しかし、STEM/STEAM教育の観点から見ると、CTや技術イノベーション力育成を目標とするプログラミング教育の学習効果を、独自に評価できるようになる必要がある。したがって、今後は、プログラミング教育における児童・生徒の思考や問題解決能力の形成状況を把握しうる効果測定方法の開発が求められよう。そのための第一歩として、現段階では、創造性や論理的思考力、批判的思考力などに関する先行研究から妥当な測定尺度を流用した基礎的な検討が必要になると思われる。

5. 小学校プログラミング教育研究における課題と展望

5.1 小学校プログラミング教育の問題

前章では、STEM/STEAM教育の観点から見た小学校プログラミング教育の在り方に関する成立過程、海外の動向を踏まえた上で先行研究をレビューした。その結果、前章の各項で小学校プログラミング教育の問題点を考察してきた。これらの問題は、我が国における小学校プログラミング教育の成立過程や学校現場の現状と深く関連性があると考えられる。

第一の問題は、STEM/STEAM教育の一環としてCTや技術リテラシー（特に技術イノベーションの素地）の育成を目指す小学校プログラミング教育に対して小学校教員がどのような意識を持っているか定かではないということである。小学校プログラミング教育は、我が国において、STEM/STEAM教育が成熟しないまま導入された。本来であれば、STEM/STEAM教育の一環として、体系的なプログラミング教育を拡張する上で小学校にプログラミング教育が導入されるべきだと考えられる。しかし、我が国では、小学校プログラミング教育が先に必修化され、後からSTEAM教育の概念を持ち込んで小学校プログラミング教育を位置付けるという「ねじれ」が生じている。プログラミング教育の上位概念であるSTEM/STEAM教育の経験が十分でない多くの小学校教員にとって、小学校プログラミング教育の意義や位置づけをすぐに理解することは困難であることが予想できる。しかし、その実態を把握した調査は筆者らの知るところでは見当たらない。

第二の問題は、STEM/STEAM教育の観点に基づいた授業実践の開発及び蓄積が十分ではないということである。これは、第一の問題とも関連するが、我が国においてプログラミング教育とSTEM/STEAM教育の関係性

が明確でないに起因すると考えられる。また、プログラミング教育のねらいとして教科の学びを確かなものにするのが含まれていることの影響も考えられる。教科の学習内容の中にプログラミング教育が位置づくことは重要である。しかし、教科の学びを意識しすぎることがSTEM/STEAM教育の観点を意識した授業実践の開発や蓄積を阻害している可能性は否定できない。

第三の問題は、プログラミング教育やSTEM/STEAM教育に馴染みのない教員に対し、STEM/STEAM教育の観点に基づいた適切な小学校プログラミング教育の在り方の理解や指導力を向上させる教員研修等の教師教育の内容や枠組みが定かではないということである。これは、第一、第二の問題と関連している。小学校教員が経験したことがない教育を実施しなければならないことに起因する普及・展開に関する小学校プログラミング教育特有の問題である。我が国においては、STEM/STEAM教育やCT、技術リテラシーの概念を自然には獲得しにくいことが考えられるため、これらの概念の理解を促す教師教育の必要性が認められる。しかし、上述したプログラミング教育とSTEM/STEAM教育の「ねじれ」の問題によって、小学校プログラミング教育本来のねらいを正確に伝えることが困難になっていることが、普及・展開を阻害する可能性がある。

これらの問題は、STEM/STEAM教育に基づいたCTや技術リテラシー（特に技術イノベーション）育成につながる小学校プログラミング教育の位置づけ、普及・展開のフレームワークが定かではないという問題に集約することができよう。

5.2 小学校プログラミング教育における研究課題の展望

上述した問題を解決するためには、以下に示す研究課題に対処することが重要であると考えられる。

STEM/STEAM教育の経験が十分でない多くの小学校教員にとって、小学校プログラミング教育の意義や位置づけをすぐに理解することは困難であると述べたが、あくまで推測に過ぎない。また、STEM/STEAM教育に関しては、アメリカと我が国では導入に至る社会的背景や教育システムが異なるため、その概念をそのまま導入することで混乱が生じる可能性も否定できない。まずは、STEM/STEAM教育の観点から見て小学校教員のCTや技術リテラシー（特に技術イノベーション）に対する小学校教員の意識やそれらの育成を目指した小学校プログラミング教育に対する意義の感じ方や課題意識を把握する必要がある。これが第一の研究課題である。この研究課題に対処することで、我が国の教育になじみやすいSTEM/STEAM教育に基づいた小学校プログラミング教育の在り方を模索することが可能になると考えられる。

小学校の現場は、小学校プログラミング教育だけでなく、様々な教育的な課題と向き合っている。その中で、小学校プログラミング教育をSTEM/STEAM教育の中心的な教育であるCS教育や技術教育といった小学校教員にとって馴染みが深いとはいえない教育を含めて、教科横断的に位置づけ、創造性等の資質・能力を育成するカリキュラムや授業実践を開発することは容易ではない。そこで、STEM/STEAM教育に基づいてCTを働かせた技術イノベーション体験を核とした小学校プログラミング教育のカリキュラムや授業実践モデルの開発の研究を推進することが必要である。これが第二の研究課題

である。この研究課題に対処することで、手段としてプログラミングを取り入れることで不必要に学習活動の難易度が上がること、プログラミングの思考と論理的思考の違いが明確でなく、情報の科学的理解と言う文脈から乖離すること、社会や生活の中の問題解決とプログラミングが切り離され児童が学習の意義を捉えられなくなるということといった授業実践上の問題を解決することができると思われる。

第二の研究課題に対処することで開発されたカリキュラムや授業実践モデルの開発が進んだとしても、それが普及しなければ、小学校プログラミング教育の適切な展開は期待できない。そこで、第二の研究課題に対処することで開発された授業実践モデル等をコンテンツとした教員研修モデルを構築し、その効果を検討することで、適切かつ効果的な小学校プログラミング教育の普及・促進の方略を明らかにすることが必要である。これが第三の研究課題である。この研究課題に対処することで、小学校教員のSTEM/STEAM教育と小学校プログラミング教育の関係性の本質的な理解が進めば、授業実践モデルの追試だけでなく、各小学校の置かれる環境に応じた様々な実践の展開が促進されることが期待できる。

以上の研究課題には連続性があり、順序立てて継続的に解決していくことで我が国におけるSTEM/STEAM教育に基づいた小学校プログラミング教育の発展や成熟が期待できる。

6. おわりに

本研究では、適切な小学校プログラミング教育の展開において想定される問題を解決するため、STEM/STEAM教育の観点から見たプログラミング教育の成立過程や理念、海外の動向を整理した。それらに基づきプログラミング教育に関連する先行研究のレビューを行うことで、小学校プログラミング教育の問題点を明らかにし、それを解決するための課題を展望した。その結果、STEM/STEAM教育の一環としてCTや技術リテラシー（特に技術イノベーションの素地）の育成を目指す小学校プログラミング教育に対して小学校教員がどのような意識を持っているか定かではない、STEM/STEAM教育の観点に基づいた小学校プログラミング教育の授業実践の開発及び蓄積が十分ではない、STEM/STEAM教育の観点に基づいた小学校プログラミング教育の教員研修等の教師教育の内容や枠組みが定かではない、といった問題が明らかになった。これらの問題は、小学校プログラミング教育には、STEM/STEAM教育に基づいたCTや技術リテラシー（特に技術イノベーションの素地）を育成する小学校プログラミング教育の位置づけ、普及・展開のフレームワークが定かではないという問題に集約された。今後は、この問題を解決するため、(1) STEM/STEAM教育の観点に基づいた小学校プログラミング教育に対する意義の感じ方や課題意識の把握、(2) CTを働かせた技術イノベーション体験を核とした小学校プログラミング教育のカリキュラムや授業実践モデルの開発、(3) 開発した授業実践をコンテンツとした教員研修モデルの構築といった連続性のある研究課題に対処することが求められるであろう。

なお、筆者らは、(1) に対して小学校教員のプログラミング教育に対する意識調査⁷⁵⁾ ⁷⁶⁾、(2) に対して技術イノベーションに着目した小学校プログラミング教育の授業実践の開発⁷⁷⁾ ⁷⁸⁾ ⁷⁹⁾ ⁸⁰⁾、(3) に対して小学校プログラミング教育の教員研修の実践的研究を進めている

⁸¹⁾。これらの研究が上述した小学校プログラミング教育の研究課題の解決に寄与することを期待している。

文献

- 1) 教育再生実行会議. (2019). 第十一次提言. 6. https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kyouikusaisei/pdf/dai11_teigen_1.pdf.
- 2) 内閣府. (2016). Society 5.0 とは. https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/society5_0.pdf.
- 3) 文部科学省. (2018). Society5.0におけるEdTechを活用した教育ビジョンの策定に向けた方向性 https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/002/siryo/_icsFiles/afildfile/2018/06/20/1406021_18.pdf.
- 4) 経済産業省. (2019). 未来の学び官民コンソーシアムにおける経産省の取組. https://miraino-manabi.jp/assets/pdf/190528_shiryu2.pdf.
- 5) 三木谷浩史. (2013). ～ITを活用したビジネスイノベーション～, 第6回産業競争力会議提出資料. <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/skkkaigi/dai6/siryu11.pdf>.
- 6) 内閣府. (2013). 「日本再興戦略」-JAPAN is BACK-. http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/saikou_jpn.pdf.
- 7) 文部科学省. (2016). 「第4次産業革命に向けた人材育成総合イニシアチブ」～未来社会を創造するAI/IoT/ビッグデータ等を牽引する人材育成総合プログラム～, 第26回産業競争力会議提出資料. <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/skkkaigi/dai26/siryu2.pdf>.
- 8) 内閣府. (2016). 「日本再興戦略2016」-第4次産業革命に向けて-. http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/2016_zentaihombun.pdf.
- 9) 文部科学省. (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、有識者会議における議論の取りまとめ. http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm.
- 10) 文部科学省. (2016). 中央教育審議会：幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）. http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afildfile/2017/01/10/1380902_0.pdf.
- 11) 文部科学省. (2017). 小学校学習指導要領（平成29年3月告示）. https://www.mext.go.jp/content/1413522_001.pdf.
- 12) 文部科学省. (2017). 中学校学習指導要領（平成29年3月告示）. https://www.mext.go.jp/content/1413522_002.pdf.
- 13) 文部科学省. (2018). 高等学校学習指導要領（平成30年3月告示）. https://www.mext.go.jp/content/1384661_6_1_3.pdf.
- 14) 文部科学省. (2020). 小学校プログラミング教育の手引（第三版）. https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_002.pdf.
- 15) 未来の学びコンソーシアム. (2017). 小学校を中心としたプログラミング教育ポータル. <https://miraino-manabi.jp/>.
- 16) 未来の学びコンソーシアム. (2019). 正多角形をプログラムを使ってかこう. <https://miraino-manabi.jp/content/111>.
- 17) 未来の学びコンソーシアム. (2019). ブロックを組

- み合わせて47都道府県を見つけよう. <https://miraino-manabi.jp/content/266>.
- 18) 山崎貞登・岡島佑介・東原貴志・大森康正・黎子椰・磯部征尊・山崎恭平. (2019). STEM/STEAM教育からの小・中・高等学校を一貫した技術ガバナンス力と技術イノベーション力の学習到達水準系統表の改善. 上越教育大学研究紀要. 39. 1. 195-206. https://juen.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=8120&file_id=22&file_no=1.
 - 19) Bybee, R.. (2010). "What Is STEM Education?". Science. vol.329. Issue.5995. 996.
 - 20) Vasquez, J., Sneider, C., & Comer, M.. (2013). STEM Lesson essentials, grades 3-8. :integrating science, technology, engineering, and mathematics. Heinemann.
 - 21) Yakman, G.. (2006). STEAM Integrated Education: an overview of creating a model of integrative education, Pupils attitudes toward technology. 2006 Annual Proceedings, Netherlands.
 - 22) Platz, J.. (2007). How do you turn STEM into STEAM? Add the Arts!. Columbus: Ohio Alliance for Arts Education. <https://oaae.net/2007/10/01/how-do-you-turn-stem-into-steam-add-the-arts/>.
 - 23) 森山潤・菊池章・山崎貞登. (2016). イノベーション力を育成する技術・情報教育の展望. ジアース教育新社. 東京. 106-114.
 - 24) 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研究. 30. 173-184.
 - 25) The Royal Academy of Engineering. (2012). Shut down or restart? The way for computing in UK schools. The Royal Society . <https://royalsociety.org/education/policy/computing-in-schools/report/>.
 - 26) Department for Education . (2013). National curriculum in England : computing programmes of study. <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study>.
 - 27) Computing at School. (2015). Computational thinking A guide for teachers. <https://community.computingatschool.org.uk/files/8550/original.pdf>.
 - 28) Computing at School. (2014). CAS Computing Progression Pathways. <https://community.computingatschool.org.uk/files/5098/original.xlsx>.
 - 29) Computer Science Teachers Association. (2017). K-12 Computer Science Standards. <https://www.doe.k12.de.us/cms/lib/DE01922744/Centricity/Domain/176/CSTA%20Computer%20Science%20Standards%20Revised%202017.pdf>.
 - 30) Computer Science Teachers Association. (2016). K-12 Computer Science Framework. <https://k12cs.org/wp-content/uploads/2016/09/K%E2%80%9312-Computer-Science-Framework.pdf>.
 - 31) Richtel, M.. (2014). Reading, Writing, Arithmetic, and Lately, Coding. The New York Times. https://www.nytimes.com/2014/05/11/us/reading-writing-arithmetic-and-lately-coding.html?hpbw&rref=us&_r=0.
 - 32) Wing, J. M.. (2006). Computational Thinking. Communications of the ACM. 49. 3. 33-35.
 - 33) 中島秀之. (2015). 計算論的思考. 情報処理. 56. 6. 584-587.
 - 34) 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, 英国を中心として-. 日本教育工学会論文誌. 40. 3. 197-208.
 - 35) International Society for Technology in Education and the Computer Science Teachers Association. (2011). Operational Definition of Computational Thinking. <http://www.iste.org/docs/ct-documents/computational-thinking-operational-definition-flyer.pdf>.
 - 36) International Technology Education Association. (2000). Standards for Technological Literacy (3rd edition).
 - 37) Chris, B., Kevin, K., Thomas, R. L. (2018). Is Computer Science Compatible with Technological Literacy?. Technology and Engineering Teacher, International Technology Education Association. 15-20.
 - 38) International Technology and Engineering Educators Association. (2020). Standards for Technological and Engineering Literacy Executive Summary. <https://www.iteea.org/File.aspx?id=168785&v=fb52b0c8>.
 - 39) A Joint Project of the International Technology and Engineering Educators Association (ITEEA) and the Council on Technology and Engineering Teacher Education (CTETE) (2020). Standards for Technological and Engineering Literacy : Defining the Role of Technology and Engineering in STEM Education. <https://www.iteea.org/File.aspx?id=175203&v=61c53622>.
 - 40) 日本産業技術教育学会. (2012). 21世紀の技術教育 (改訂版). <http://www.jstc.jp/main/data/leaflet.pdf>.
 - 41) 森山潤・菊池章・山崎貞登. (2016). イノベーション力を育成を図る中学校技術科の授業デザイン. ジアース教育新社. 東京. 14.
 - 42) International Technology and Engineering Educators Association. (2018). Introduce Coding to Students with the Little Bits Code Kit. Children's Technology and Engineering. 30-32.
 - 43) 森秀樹・杉澤学・張海・前迫孝憲. (2011). Scratchを用いた小学校プログラミング授業の実践: 小学生を対象としたプログラミング教育の再考 (教育実践研究論文). 日本教育工学会論文誌. 34. 4. 387-394.
 - 44) 山本利一・鳩貝拓也・弘中一誠・佐藤正直. (2014). ScratchとWeDoを活用した小学校におけるプログラム学習の提案. 教育情報研究. 30. 2. 21-29.
 - 45) 山本朋弘・薮田拳美. (2016). 小学校でのプログラミング学習における中学校技術科教員との共同指導による段階的な課題設定の一考察. 日本教育工学会論文誌. 40. 3. 175-185.
 - 46) 山本利一・鈴木航平・岳野公人・鹿野利春. (2017). 初等教育におけるタブレットを活用したプログラミング学習の提案. 教育情報研究. 33. 1. 41-48.
 - 47) 宮本賢治・河野翔. (2018). 小学校におけるScratchを用いたプログラミング授業の実践と検証. 日本産業技術教育学会誌. 60. 1. 19-28.
 - 48) 高瀬和也・塩田真吾. (2019). 小学校プログラミング教育における導入教材の開発と評価. コンピュータ&エデュケーション. 49. 82-87.
 - 49) 加島智子・松本慎平. (2020). 初学者向けCSアンプラグドを用いたプログラミング教育の実践と評価. 情報教育. 2. 1-8.

- 50) 三井一希. (2016). 学習者の相互作用を軸とした小学校低学年におけるプログラミング教育の実践. コンピュータ&エデュケーション. 40. 61-66.
- 51) 岡崎善弘・大角茂之・倉住友恵・三島知剛・阿部和広. (2017). プログラミングの体験形式がプログラミング学習の動機づけに与える効果. 日本教育工学会論文誌. 41. 2. 169-175.
- 52) 三井一希・八代一浩・水越一貴・佐藤和紀・萩原丈博・竹内慎一・堀田龍也. (2018). 小学校のプログラミング教育における学習状況の共有化ツール活用の効果. コンピュータ&エデュケーション. 45. 79-84.
- 53) 甲村美帆. (2020). 女子を対象としたプログラミング・ワークショップの実践と定性調査. 情報教育. 2. 17-23.
- 54) 林雄介・福井昌則・平嶋宗. (2019). 対話型ロボットを利用したプログラミング的思考の「教えることによる学習」. コンピュータ&エデュケーション. 46. 38-45.
- 55) 中山迅・小牧啓介・野添生・安影亜紀・徳永悟・新地辰朗. (2019). 小学校理科授業におけるプログラミング体験の有効性. 日本教育工学会論文誌. 43. Suppl. 69-72.
- 56) 三井一希. (2017). 小学校国語科の「書く活動」へのプログラミング導入による学習効果. 教育システム情報学会誌. 34. 1. 60-65.
- 57) 福島耕平・勝井まどか・下村勉. (2018). 小学校音楽科におけるプログラミングソフト Scratch を活用した旋律づくりの試み. コンピュータ&エデュケーション. 45. 61-66.
- 58) 山本利一・山内悠. (2018). 初等教育における特別な教科「道徳」で取り組むプログラミング学習の提案. 教育情報研究. 34. 1. 17-26.
- 59) 面川怜花・松浦執. (2018). 「ロボットに命はあるの？」—人とロボットの心を考えた小学校2年生道徳の授業—. コンピュータ&エデュケーション. 45. 9-18.
- 60) 山本利一・本郷健・本村猛能・永井克昇. (2016). 初等中等教育におけるプログラミング教育の教育的意義の考察. 教育情報研究. 32. 2. 3-12.
- 61) 川原田康文・松田孝・磯部征尊・上野朝大・大森康正・山崎貞登. (2020). Society5.0に必要な資質・能力を育成する小学校段階におけるSTEAM/STREAM教科の教育課程の参照基準. 上越教育大学研究紀要. 39. 2. 539-553.
- 62) 山崎貞登・松田孝・二宮裕之・久保田善彦・磯部征尊・川原田康文・大森康正・上野朝大. (2020). Society5.0を支えるSTEAM/STREAM教育の推進に向けた小学校教育課程の教科等構成の在り方と学習指導形態. 上越教育大学研究紀要. 39. 2. 525-538.
- 63) 阪東哲也・川島芳昭・菊地章・加部昌凡・森山潤. (2017). PIC-GPE組込LED発光教材を利用した小学校プログラミング教育の実践と評価方法の提案. 日本産業技術教育学会誌. 59. 3. 187-197.
- 64) 遠山紗矢香・竹内勇剛. (2018). STEAM教育としての協調的な音楽創作活動とその評価の提案—児童の自尊感情の変化に着目して—. ヒューマンインターフェース学会論文誌. 20. 4. 397-412.
- 65) 文部科学省. (2017). 小学校学習指導要領解説. 39-45.
- 66) 山本明弘・堀田龍也. (2018). 小学校プログラミン
- グ教育に関する教員向け意識調査項目の検討. 日本教育工学会研究報告集. 182. 139-146.
- 67) 山本利一・鈴木航平・吉澤亮介. (2019). 小学校情報教育担当者向け教員研修を通じたプログラミング教材の評価と課題. 教育情報研究. 35. 49-58.
- 68) 大森康正・伊藤寿晃・吉田研一・長瀬大・山脇智志・栗林聖樹. (2016). 初等・中等教育向けプログラミング教育カリキュラムに対応した指導者養成プログラムの提案. 情報処理学会研究報告コンピュータと教育. 2016-CE-1358. 1-9.
- 69) 安影亜紀・新地辰朗. (2018). 教員研修による小学校プログラミング教育の実践—促進に関わる自信の変容—. 日本科学教育学会研究会研究報告. 332. 43-46.
- 70) 文部科学省. (2018). 小学校プログラミング教育の手引(第二版). https://www.mext.go.jp/content/20200214-mxt_jogai02-000004962_002.pdf.
- 71) 文部科学省. (2019). 小学校プログラミング教育に関する研修教材. https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1416408.htm.
- 72) 森山潤. (2003). プログラム作成における思考過程の構造分析—認知的方略の獲得を支援する学習指導の改善—. 風間書房. 35.
- 73) 宮川洋一・森山潤・松浦正史. (2006). 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 第9章. 風間書房. 139-150.
- 74) 荒木貴之・板垣翔大・齋藤玲・佐藤和紀・堀田龍也. (2018). プログラミング教育の経験に対する学習者の振り返りの分析. 教育システム情報学会誌. 35. 2. 233-238.
- 75) 黒田昌克・森山潤. (2018). 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. 日本教育工学会論文誌. 41. Suppl. 169-172.
- 76) 黒田昌克・森山潤. (2018). 小学校段階におけるプログラミング教育に対する教員の意識と意義形成要因の検討. 教育メディア研究. 24. 2. 43-54.
- 77) 黒田昌克・森山潤. (2019). 技術リテラシー育成の観点から日常生活の問題を解決する学習活動を取り入れた小学校プログラミング教育の実践とその効果. 日本産業技術教育学会誌. 61. 4. 305-313.
- 78) 黒田昌克・森山潤. (2019). 身近な製品に込められたテクノロジーの科学的理解から改良・応用を図る小学校プログラミング教育の授業実践とその効果—扇風機モデルのプログラミングを題材にして—. 兵庫教育大学学校教育学研究. 32. 115-121.
- 79) 黒田昌克. (2019). 小学校段階におけるプログラミング教育のカリキュラムデザインと試行的授業実践. 日本産業技術教育学会誌. 61. 1. 53-58.
- 80) 黒田昌克・森山潤. (2019). 第II部第3章. 低学年児童のための学習アプリ開発を題材とした小学校プログラミング教育の実践. 小・中・高等学校でのプログラミング教育実践—問題解決を目的とした論理的思考力の育成—. 九州大学出版会. 福岡. 69-79.
- 81) 黒田昌克・掛川淳一・福井昌則・世良啓太・森山潤. (2019). 小学校プログラミング教育の教員研修における内容構成の違いによる研修効果の差異. 奈良教育大学紀要. 68. 1. 177-184.

(全てのURLは2020年7月1日参照)