

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

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*****

(令和元年8月19日受付；令和元年12月2日受理)

要 旨

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、AI、ビッグデータ、IoT等の先端技術の急激な進化と適正な活用が求められるSociety5.0における「イノベーション」を牽引する「技術素養（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の、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。「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の重要性を指摘した。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。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、コンピュータサイエンス（CS）、情報技術（IT）、デジタルリテラシー（DL）の教育内容が含まれるSTEAM/STREAM教育の試行が行われていた。

KEY WORDS

STEAM教育（STEAM Education）、ティンカリング（Tinkering）、デザイン思考（Design Thinking）、プログラミング学習（Programming Learning）、コンピューティング教育（Computing Learning）、持続可能な開発目標（SDGs）

1 目的

小論の目的は、AI、ビッグデータ、IoT等の先端技術の急激な進化と適正な活用が求められるSociety5.0における「イノベーション」⁽¹⁾を牽引する「技術素養（リテラシー）」⁽²⁾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（Science, Technology, Engineering and Mathematics）/STEAM（Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics）教育にロボティクス教育を包含させたSTREAM（STEAM + Robotics）教育の推進を図るための、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・方法に関する検討である。なお、本小論で表記する「技術」は、「テクノロジー」を意味し、スキル（技能）やテクニク（技法、技巧等）と峻別して用いている。

本稿における「技術ガバナンス力」の概念は、立場の違いや利害関係を有する人たちがお互いに協働し、技術に関わる問題解決のために、主権者としてコンセンサス会議等に主体的かつ協働的に参画・討議し、自らの意見を表現し、技術を適切に評価、選択、管理・運用する力と規定する（山崎ら、2019：pp.193-194）⁽³⁾。STEM教育とは、「万人の科学（サイエンス）、技術、エンジニアリング、数学に関連する科学・技術の理解増進、21世紀の壮大な挑戦を担う全市民の科学・技術リテラシー（for all）の普及・向上と共に、特に初等教育段階から中等・高等教育段階の継続的・系統的な教育により、一人ひとりが豊かなテクニクとスキルを有する科学・技術関連の職業人と高度専門職業人育成のための教育及び教育運動をいう（Bybee, 2010）⁽⁴⁾。

STEAM教育の概念は、Yakman女史（2008）⁽⁵⁾の概念規定を援用し、「アーツ」概念をファインアーツ（美術）に限定せずに、Musical Arts（音楽芸術）、Physical Arts（体育・ダンス表現・ドラマ表現芸術）、Manual Arts（手工芸術）、Language & Liberal Arts（including: Sociology, Education, Politics, Philosophy, Theology, Psychology

*自然・生活教育学系
****愛知教育大学系

**合同会社MAZDA Incredible Lab
*****相模女子大学小学部

***埼玉大学教育学部
*****株CA Tech Kids

****玉川大学教育学研究科

History & more…) (ランゲージアーツとリベラルアーツ) を包含する概念とする。本稿でいうSTEAM教育とは、各教科等の相互の関係性やSDGs⁽⁶⁾に必要な通教科的・汎用的能力と、「ティンカリング」といった五感を駆使する「デザイン思考」などの発想・創造と、論理的思考能力を働かせながら、身近な生活と実社会で生じている問題を課題化して解決することで学びの必然性を実感し、「人間力」を基盤とし、「学(サイエンス)」と「術(アーツ)」との融合を図る最適解を追求し、学校内外の学びの場の空間軸と、生涯にわたる学びとキャリア発達の時間軸を基軸としながら、学び続ける教育をいう。

本小論では、本研究目的を達成するために、以下の3つの論点を設定する。

第1の論点は、「プログラミング的思考」の再定義の必要性である。世界の初等教育段階のコンピューティング教育では、「ティンカリング」活動を重視する。ティンカリングとは、「現象、道具、素材をいろいろ直接いじくりまわして遊ぶこと [Wilkinson and Petrich (著), 金井 (訳) (2015 : p.13)]⁽⁷⁾である。人は、ティンカリングにより、デザインセンスを磨き、問題解決の力を高めることができる (p.10)⁽⁷⁾。人が自然や人工の環境に手を加えて、より快適に過ごしたり、問題解決をしたりする行為の全ては、デザイン活動である [柘植 (編著), 芝浦工業大学デザイン工学部 (編), 2011 : p.10]⁽⁸⁾。デザインの意義には、実用性、操作性、審美性、経済性、安全性などがあり、人間の「デザイン思考」が込められたデザイン世界(モノ、空間、情報)は、人々に幸せを与え、社会や生活を豊かにする。製品が複雑化し、IT化が進んだ今日、デザインには、人の心理や生理を理解した人間中心設計⁽⁹⁾と共に、持続可能な世界を実現するための17のゴール・169のターゲットから構成され、地球上の誰一人として取り残さない持続可能な開発目標 (SDGs)⁽⁶⁾の推進を支えるために、生涯学習を通して「デザイン思考」を鍛錬する主権者育成に繋がる。さらに、藤原ら (2019)⁽⁹⁾が指摘するように、「デザイン思考」と「ティンカリング」とは、相互不可分の関係がある。藤田 (2018)⁽¹⁰⁾は、『世界におけるプログラミング教育は、単なる論理的思考を養う場だけではなく、試行錯誤を通じて、自らさまざまなことを学ぶ場として利用され始めている。日本の教育では、いまだに「正解を学習して再現する」方式の学習理念が強く残っているような印象がある。(p.76)』と指摘した。難波 (2017 : p.78)⁽¹¹⁾は、初等中等教育段階のプログラミング学習では、実行トレースやデバッグ場面で「論理的思考」を使うものの、むしろ発想やデザイン思考を駆使する場面が多いことを指摘した。データを水平思考的に自由に解釈して課題解決を行う訓練や、パターン化しそれを改良したり組み合わせたりすることにより、発想とデザイン思考を高め、データの意味を他人に説明する訓練を行うことにより、デザイン思考力が高まることを述べた。

第2の論点は、文部科学省 (2018a)⁽¹²⁾の小学校プログラミング学習の手引(第二版)で示された「小学校段階のプログラミングに関する学習活動の分類」についてである。文部科学省 (2018b)⁽¹³⁾小学校プログラミング学習の手引(第一版)との変更点に着目し、第1の論点と関連させて言及する。

第3の論点は、STEAM/STREAM教育からのSociety5.0を支える資質・能力の育成と、技術の進展に応じた教育の革新、新時代に対応したコンピューティング教育の在り方である。さらに、経済産業省「未来の教室」とEdTech研究会の第2次提言『「未来の教室」ビジョン』⁽¹⁴⁾で指摘されている「学びの自立化・個別最適化」を促進するための、コンピューティング教育を小学校段階で円滑に実施するための、教科等構成の在り方、目標、内容、方法の検討である。

本小論の実践対象は、2016~2018年度の東京都小金井市立前原小学校(松田 孝校長、当時)と、第4著者が指導者として関わっている茨城県つくば市立みどりの学園義務教育学校(毛利 靖校長)のプログラミング学習の先導的実践である。第1著者は、前原小学校の授業公開に計5回、第7著者は1回参加した。第8著者は、2017年度に前原小学校と1年間の協働研究を実施した。第1、第3、第4著者は、経済産業省教育産業室職員4名と共に、2019年4月19日(金)に、みどりの学園義務教育学校のプログラミング学習の授業参観と、同校校長、同市教育委員会担当指導主事と授業参観後に意見交換会を実施した。本稿では、前述の三つの論点を軸に、2校のプログラミング学習を検討し、特徴を明らかにする。

2 文部科学省の小学校プログラミング学習の手引(第二版)

文部科学省 (2018a)⁽¹²⁾の小学校プログラミング学習の手引(第二版)によると、小学校におけるプログラミング教育のねらいとして、以下の三つを示している(表1)。また、同p.22の図5などで示された、プログラミングに関する学習活動の分類を、表2に示す。

表1 小学校におけるプログラミング教育のねらい [出典 文部科学省 (2018a) 小学校プログラミング学習の手引 (第二版) のp.11⁽¹²⁾]

-
- ① 「プログラミング的思考」を育むこと
 - ② プログラムの働きやよさ、情報社会がコンピュータ等の情報技術によって支えられていることなどに気付くことができるようにするとともに、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
 - ③ 各教科等の内容を指導する中で実施する場合には、各教科等での学びをより確実なものとする
-

表2 小学校段階のプログラミングに関する学習活動の分類 [出典 文部科学省 (2018a)⁽¹²⁾ 小学校プログラミング学習の手引 (第二版) のp.22の図5などを基に作成]

-
- A 学習指導要領に例示されている単元等で実施するもの
 - A-① プログラミングを通して、正多角形の意味を基に正多角形をかく場面 (算数第5学年)
 - A-② 身の回りには電気の性質や働きを利用した道具があること等をプログラミングを通して学習する場面 (理科第6学年)
 - A-③ 「情報化の進展と生活や社会の変化」を探究課題として学習する場面 (総合的な学習の時間)
 - A-④ 「まちの魅力と情報技術」を探究課題として学習する場面 (総合的な学習の時間)
 - A-⑤ 「情報技術を生かした生産や人の手によるものづくり」を探究課題として学習する場面 (総合的な学習の時間)
 - B 学習指導要領に例示されていないが、学習指導要領に示される各教科等の内容を指導する中で実施するもの
 - B-① 様々なリズム・パターンを組み合わせる音楽をつくることをプログラミングを通して学習する場面 (音楽第3学年～第6学年)
 - B-② 都道府県の特徴を組み合わせる47都道府県を見付けるプログラムの活用を通して、その名称と位置を学習する場面 (社会第4学年)
 - B-③ 自動炊飯器に組み込まれているプログラムを考える活動を通して、炊飯について学習する場面 (家庭第6学年)
 - B-④ 課題について探究して分かったことなどを発表 (プレゼンテーション) する学習場面 (総合的な学習の時間)
 - C 教育課程内で各教科等とは別に実施するもの
 - C-① プログラミングの楽しさや面白さ、達成感などを味わえる題材などでプログラミングを体験する取組
 - C-② 各教科等におけるプログラミングに関する学習活動の実施に先立って、プログラミング言語やプログラミングの技能についての学習を実施する例
 - C-③-1 各教科等の学習を基に課題を設定し、プログラミングを通して課題の解決に取り組む学習を展開する例
 - C-③-2 各教科等の学習を基に、プログラミングを通して表現したいものを表現する学習を展開する例
 - D クラブ活動など、特定の児童を対象として、教育課程内で実施するもの
 - E 学校を会場とするが、教育課程外のもの
 - F 学校外でのプログラミングの学習機会
-

文部科学省 (2018b)⁽¹³⁾ 小学校プログラミング学習の手引 (第一版) を比較すると、表2の第二版では、C分類の名称において、「各学校の裁量により実施するもの (A, B及びD以外で、教育課程内で実施するもの)」を、「教育課程内で各教科等とは別に実施するもの」に変更した。さらに、第二版からは、C分類としてプログラミング教育を行う場合には上記①, ②をねらいとすること、A分類とB分類のように各教科等でプログラミング教育を行う場合は、これに加えて③をねらいとすること、のように学習活動の分類ごとにねらいを使い分けても良いことが新たに追加になった。

一方、我が国の教育関係者からは、「プログラミング教育」や「プログラミング的思考」とは何か、丁寧な説明が必要であるという要望や、日進月歩のコンピュータ機器やプログラミングソフトの使い方、プログラミング技能の習得に矮小化されているのではないかと懸念を聞くことがある。本小論の第1の論点に関して、板東ら (2017)⁽¹⁵⁾ は、①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、Computational Thinking (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、②特に、小学校段階の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位置付けられていないことを指摘した。

尾崎・伊藤 (2017)⁽¹⁶⁾は、表1の『①「プログラミング的思考」を育むこと』と、『③各教科等の内容を指導する中で実施する場合には、各教科等での学びをより確実なものとする』の両方の学習到達度を充たす難しさを指摘した。この指摘は、表2の「C-②各教科等におけるプログラミングに関する学習活動の実施に先立って、プログラミング言語やプログラミングの技能についての学習を実施する例」の時間を十分に確保しないと、表1の①の達成が困難なことを指摘していると筆者らは推察する。平成29年告示の小学校学習指導要領では、各教科等の時数の変更はなく、教科の内容量は削減されず、むしろ各教科共に増加したという意見を学校現場から聞く。そのため、第二版では、表2のC分類「教育課程内で各教科等とは別に実施するもの」の「C-③-1各教科等の学習を基に課題を設定し、プログラミングを通して課題の解決に取り組む学習を展開する例」、「C-③-2各教科等の学習を基に、プログラミングを通して表現したいものを表現する学習を展開する例」を例示したことが推察される。同論文では、2019年度改正の教育職員免許法及び同法施行規則の「道徳、総合的な学習の時間等の指導法及び生徒指導、教育相談等に関する科目」における「ニ 教育の方法及び技術（情報機器及び教材の活用を含む。）」の「情報機器の活用」を、例えば「情報科学と情報技術の基礎」への名称変更を提案している。

諸外国の多くでは、プログラミング教育そのものを単発的に実践するのではなく、「コンピューティング」教育として実施している。本稿におけるコンピューティング概念は、グレートブリテン及び北アイルランド連合王国（イギリス）のThe Royal Academy of Engineering (2012)⁽¹⁷⁾の勧告書で提案された概念を援用し、コンピュータサイエンス（CS）、情報技術（IT）、デジタルリテラシー（DL）を含む概念とする。同書のCS、IT、DL概念については、先行研究で詳述した（磯部ら、2019）⁽¹⁸⁾。

3 Society5.0を支えるSTEAM教育、「新しい能力」概念と、プログラミング教育との関係

世界各国では、特に1990年代からのインターネットとデジタル技術の急速な発達による高度情報化やグローバル化が生じ、知識集約型社会に対応するための大きな教育改革が見られる。特に留意しなければいけないのは、教育の情報化は、単なる効率化追求や質の向上を目指すのみではなく、同時に将来必要とされている「新しい能力」の育成を視野に入れている（藤田、2018：p.59）⁽¹⁹⁾。松下（2011：p.39）⁽¹⁹⁾は、「新しい能力」概念では、generic, key, coreなどの名詞を組み合わせた表現（例えば、generic skills, key competenciesなど）が用いられ、日本で使われている「新しい能力」概念の多くが、こうした海外の概念の輸入あるいは翻案と指摘している。

山崎（2019）⁽²⁰⁾は、Society5.0を支えるSTEAM教育とプログラミング教育との関係について、「従来型の教育」と「STEMからSTEAM教育」との比較表を用いて論じた。本稿では、同表をさらに一部修正し、表3に示す。

表3は、ヤング・吉原と木島（2019：p.177）⁽²¹⁾の図表5-1を基に、筆者が加筆し再構成した表である。本邦における「デザイン」概念は、意匠、審美装飾等といった事物概念で用いられることが多い。一方、STEAM教育でいうデザインは、前述の事物概念に限定せず、人間のテクノロジーによるイノベーションと、価値の創造行為の機能体系である「設計（デザイン）」活動を重視する。設計は、不変の法則と可変のプログラムを組み合わせることによって目的を達成し、価値を実現するために、「人間力」⁽²²⁾を基底とし、サイエンスとアーツの調和を図る行為である⁽²³⁾。イギリス4地域での5～18歳までの「設計（デザイン）と技術」教科では、製作品の使用目的と必要条件・制約条件の検討、複数の構想案の比較・検討、設計・モデリング（ラピッド・プロトタイピング）と試験・改善、最適解の決定と製作、評価といった「デザイン思考」を伴う「デザインプロセス」を重視する（山崎・磯部、2016：pp.82-83）⁽²⁴⁾。アメリカ合衆国（アメリカ）に本部がある国際技術・エンジニアリング教育者学協会（International Technology and Engineering Educators Association, ITEEA）の「幼稚園から第12学年のための技術リテラシーの基準 技術学習内容」（2000）⁽²⁵⁾の、同第2版（2002）⁽²⁶⁾、同第3版（2007）⁽²⁷⁾のglossary（用語解説）では、「デザインプロセス」を、「人間のニーズと欲求の満足や問題解決のために、評価規準と制約条件を明確化しながら、対処し得る選択可能な解決アイデア策を複数生み出し、その中から最終的な一つのアイデアを選択するための、体系的な問題解決方略」と説明している。

表3 「従来型の教育」と「STEMからSTEAM教育」との比較

	従来型の教育	STEM教育からSTEAM教育	
教育目標	個別・事実に基づく知識と技能の習得重視	学びの必然性、見方・考え方を働かせ、概念の本質理解とデザイン思考	
各教科の関係性	各教科が独立	各教科の関係性重視「通教科的・汎用的能力」を働かせて、俯瞰的に学習	
学習形態	知識の伝達・記憶	デザインプロジェクトとプラクティス重視	
目指す人間像	社会適応	イノベータータイプで、テクノロジーのリスクを評価、選択、協働管理・運用できる「ガバナンス力」のある人間	
文理芸の関係性	文理芸能系隔離と文理分断	STEM素養とSTEM分野の卓越人の育成	STEAM素養とSTEAM分野の卓越人の育成
解の導き方	○×評価重視、「あるものの科学（認識科学）」と唯一解の重視	唯一解ではなく、「あるべきものの科学（設計科学）」と最適解を重視	認識科学、設計科学、ヒューマニズム間の協調効果と、「学（サイエンス）」と「術（アーツ）」の調和解の重視
適合する社会のタイプ	工業社会（Society3.0）	情報社会（Society4.0）	超スマート社会（Society5.0）

出典：ヤング吉原麻里子・木島里江『世界を変えるSTEAM人材』朝日選書（2019）⁽²¹⁾のp.177の図表5-1を基に、筆者が一部修正し再構成

政府の教育再生実行会議における2019年5月17日で公表された「技術の進展に応じた教育の革新、新時代に対応した高等学校改革について（第11次提言）」では、「(1) Society5.0で求められる力と教育の在り方」として、「1) プログラミングやデータサイエンスに関する教育等も含めた基礎的な学力や情報活用能力の育成」、「2) STEAM教育の推進」、「3) 情報モラル教育の充実」、「4) 社会の変化に対応するための教育課程や教科書も含めた学習指導の不断の見直し」が盛り込まれた⁽²⁸⁾。

4 技術の進展に応じた教育の革新、新時代に対応したコンピューティング教育

2019年6月27日に開催された中央教育審議会（中教審）初等中等教育分科会新しい時代の初等中等教育の在り方特別部会（第1回）における主な意見として、「(1)新時代に対応した義務教育の在り方の1)小学校5、6学年の教科担任制、2)習熟度別指導の在り方等」、「(2)新時代に対応した高等学校教育の在り方」、「(3)これからの時代に応じた教師の在り方や教育環境の整備等」が論議された⁽²⁹⁾。同会議では資料1として、2018（平成30）年度公立小・中学校等における教育課程の編成・実施状況調査を出典とした、小学校等における教科等の担任制の実施状況【平成30年度計画】表が配付された。同表において、教科等担任制による実施率が最も高い教科は音楽で、第5学年（54.0%）、第6学年（55.6%）で教科担任制が実施されていた。2番目に高い教科は理科で、第5学年（45.1%）、第6学年（47.8%）で教科担任制が実施されていた。3番目に高い教科は家庭で、第5学年（33.9%）、第6学年（35.7%）で教科担任制が実施されていた。教育新聞電子版「Edubate」で、2019年7月1日から実施した読者投票「あなたは、小学校高学年においては教科担任制と学級担任制、どちらがいいと思いますか？」に、約1600の回答が寄せられ、75%が教科担任制を選択したことが、2019年7月29日の教育新聞第1面で報道された⁽³⁰⁾。

山本ら（第1と第5著者が共著）（2017）⁽³¹⁾は、小中一貫・連携教育を先導的に進めているさいたま市を事例に、中学校技術・家庭科担当教員が小学校との兼務でどのような支援活動を行っているのか、これらの取り組みをどう思っているのかに関する聞き取り調査を行い、結果と考察を行った。さらに中学校技術分野（技術科）の本質を生かすために、教育職員免許法第16条の5第1項で示す指導可能な学習内容を拡大することが必要であることを提言した。

山崎ら（2017a）⁽³²⁾は、小学校段階における「プログラミング教育」の充実と、初等学校と中等学校間の連携・一貫教育の一層の推進のために、小学校高学年において「技術・情報教育」を専門とする教員による授業及び、カリキュラム・コーディネートの導入と共に、小学校のプログラミング教育担当教員養成のための教員養成系学部の演習科目と、中・高校の技術・情報教員養成の専門職能開発システム改革の提案をした。また、初等中等教育段階におけるプログラミング教育では、音楽、図画工作・美術、家庭、技術、高校情報教科が今後一層重要な役割を果たすが、これらの教科を担当する専任教員数の減少で、教科研修力の低下と研修組織の弱体化が急激に進行している。このことが、プログラミング教育の初等中等教育各校種段階の連携する上での阻害要因になっていることと、各教科の総合的

学習を推進すると共に、各教科等間が調和の取れた時数にする等の改善方策が今後必要であることを述べた。さらに、小学校3～6学年における各教科と「総合的な学習の時間」では、プログラミング教育専任教員が担当したり、カリキュラム・コーディネータ役とし補助したりして、チーム学校としてのカリキュラム・マネジメントを強化することを提案した。さらに、山崎ら(2017b)⁽³³⁾は、小・中・高校を一貫した技術・情報教育の教科化に向けた構成内容と学習到達水準表を提案した。

山崎ら(2019b)⁽³⁴⁾は、2020年度から小学校で全面実施されるプログラミング学習で育成すべき資質・能力と、既存の教科等で示された指導項目に対応した「学習評価規準」との関係性について検討し、各教科等で育成すべき資質・能力との相乗効果を目指すために、プログラミング教育の学習指導の在り方を検討した。そして、小学校のプログラミング教育の学習目標を、(1)教育工学(教育の情報化を含む)からの一般目標、(2)プログラミング的思考力、Computational Thinking(数学的・エンジニアリング的思考力重視)の目標、(3)STEM教育の側面からの目標に分類・体系化を試み、プログラミング体験を通じた簡単な技術システム・制御概念理解の学習の導入を提案した(表4)。

表4 小学校のプログラミング教育の一般目標とSTEAM/STREAM教育の側面からの目標 [出典 山崎貞登・田村学・川原田康文・山本利一・磯部征尊・上野朝大・大森康正:小学校プログラミング学習の学習到達目標と学習評価規準, 上越教育大学研究紀要, 第38巻第2号, pp.415-428の表4を一部修正し, 再構成(2019a)]

-
- (1) コンピュータを用いたプログラミングを通じた各教科等の基盤となる情報活用能力
教育手段としての情報技術の効果的な活用により、児童の学習の質と学習環境の向上。情報セキュリティ、情報のマナー・モラル [教育工学 (Educational Technology) の一般目標]
- (2) 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や問題解決に必要な能力の育成、「数学的思考力・エンジニアリング的思考力の育成 (Wing, 2006)」
※「プログラミング的思考力」と、Wing (2006) のComputational Thinking (CT) とは同義ではない
- (3) STEAM/STREAM教育の側面からの目標
- 1) 「配列」、「変数」、「乱数」。アルゴリズムと構造化プログラミング(順次、反復、条件分岐)、データ構造。数式等を利用した簡単なモデル化とシミュレーション。「D データの活用」の「思考力、判断力、表現力等」 [Mathematics, Computing (Computer Science, IT, Digital Literacy)]
 - 2) エネルギーの捉え方、エネルギーの変換と保存、エネルギー資源の有効利用 (Science)
 - 3) 例えば動きおもちゃ等の簡単な機械システム(機構・機械要素を含む)の設計と製作体験 (TechnologyとEngineering)
 - 4) 簡単な電気システム、電気回路の設計・製作体験 (TechnologyとEngineering)
 - 5) 情報通信技術システムを活用した簡単なデジタル・コンテンツの設計と制作体験 [Technology, EngineeringとComputing (Computer Science, IT, Digital Literacy)]
 - 6) 計測・制御システム(センサー、マイクロコンピュータ、アクチュエータの要素を含む)を利用した簡単なプログラミングの設計と制作体験 [Technology, EngineeringとComputing (Computer Science, IT, Digital Literacy)]
 - 7) ティンカリングやデザイン思考を伴いながら、自分が意図するロボットの動作を実現するための思考活動と工夫・創造体験から、メカトロニクス、ロボティクス、IoT、AIへの興味の誘発 [Technology, EngineeringとComputing (Computer Science, IT, Digital Literacy)]
 - 8) Technology(ICTを含む)とEngineeringのガバナンス(評価、選択、管理・運用)、イノベーション(新たな発想に基づく応用、改良)への興味・関心の誘発 [Technology, EngineeringとComputing (Computer Science, IT, Digital Literacy)]
-

※Wing, M. J.: Computational Thinking, Communications of the ACM, Vol.49, No.3, pp.33-35 (2006)

2019年7月24日に開催された中教審「新しい時代の初等中等教育の在り方特別部会(第2回)・教育課程部会(第111回)・教員養成部会(第107回)合同会議」の資料6として、本稿で実践事例対象としたつくば市立みどりの学園義務教育学校の「全職員で実践する先進的ICT教育」が、同校の毛利校長より提出された⁽²⁹⁾。同校では、小学校5学年から教科担任制であることが紹介されている。前述の教育工学(教育の情報化とデジタルリテラシー育成を含む)からの一般目標と各教科等の学習の基盤となる資質・能力である情報活用能力(情報モラルを含む)、プログラミング的思考力、ロボットを教育手段(方法)として活用して、表1の「③各教科等の内容を指導する中で実施する場合には、各教科等での学びをより確実なものとする」とする学習は、全教員が実践していることがうかがえる。一方、コンピュータサイエンス(CS)、情報技術(IT)、デジタルリテラシー(DL)の教育内容を含むSTEAM/STREAM教育(表2)は、小・中一貫・連携を図りながら、小学校5年生からの教科担任が主体となって指導していることがうかがえる。

5 前原小学校の実践

5.1 Society5.0を支えるSTEAM教育としてのコンピューティング／プログラミング学習

小学校学習指導要領（平成29年告示）⁽³⁵⁾の全面実施を目前に、全国の小学校現場ではプログラミング教育導入に向けて、先行実践が始まっている。しかしその事例は、ほぼビジュアルブロックをつなぐ操作活動であり、その中に繰り返しブロックや条件分岐のブロックを活用した処理をもってプログラミング的思考の育成をめざしている。しかし子どもたちにはSociety5.0の社会－サイバー空間とリアルな空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する人間中心の社会－の形成者としての資質・能力の育成が求められている。このことを考えれば、今必修化され実施されるプログラミングは、単にサイバー空間におけるビジュアルブロックによるプログラミング的思考の育成やリアルな空間でのロボット等を扱った計測・制御プログラムを体験させることだけに矮小化されるものではない。

コンピュータを積極的に活用して、より良い社会の形成に向けて自然や社会の事象を情報の動きとしてとらえ、その特徴、特色を見出したり、また逆に、実現したいことを情報の動きとして表現してそれを創り出したりする技術（テクノロジー）の共通素養と技能（スキル）、意欲、態度、思考等を育んでいかなければならない。

5.2 前原小のプログラミング授業の体系－コンピューティング教育への志向

前原小では2016年からの3年間、様々なプログラミング言語や教材を用いて、プログラミング授業を実践してきた。そこで見せる子どもたちの「学び」の事実と現実のプログラミング環境整備を勘案して創り出したのが、図1に示したシングルボードコンピュータ（IchigoJam）を全学年で扱うプログラミング授業の体系である。

低学年でのCutlery AppsによるLEDの点滅とロボット制御から始まり、中学年以降はBASIC言語でロボット制御のプログラミングを体験させながら、高学年ではサイバー空間でのBASICプログラミングに加えてJavaScriptによるプログラミング体験までも視野に入れている。

シングルコンピュータ（IchigoJam）を活用することで、その授業はアクチュエーターを動かすことからセンサー制御へ発展してフィジカルコンピューティングが必然となる。しかもそのプログラミングはより精緻な制御となるためTextによる記述となっていく。

5.3 「総合的な学習の時間」におけるプログラミング学習のあり方－新しい探究の過程

新学習指導要領には、「総合的な学習の時間」においてプログラミング体験をする場合には、それが「探究的な活動に適切に位置付くこと」⁽³⁶⁾との記載がある。これは多分にこの時間がプログラミングの活動体験だけに終始しないようにするための歯止めであるけれど、設定した「探究課題」の実感的理解のためのプログラミング体験となつては、Society5.0の社会を主体的に創造的に形成しようとする意欲は喚起できない。

まさに「IoTど真ん中、AI共生時代を生きる」を大テーマに、まずは「ティンカリング」⁽⁷⁾させて、一人一人の気付きを共有し、それをJointさせて「デザイン思考（人が自然や人工の環境に手を加えて、より快適に過ごしたり、問題解決をしたりする行為に絶え間なく働かせる思考）」⁽⁸⁾を伴う活動を協働で生起する。このような新しい探究的な活動を「総合的な学習の時間」として具現化しようとしたのが前原小の実践である。

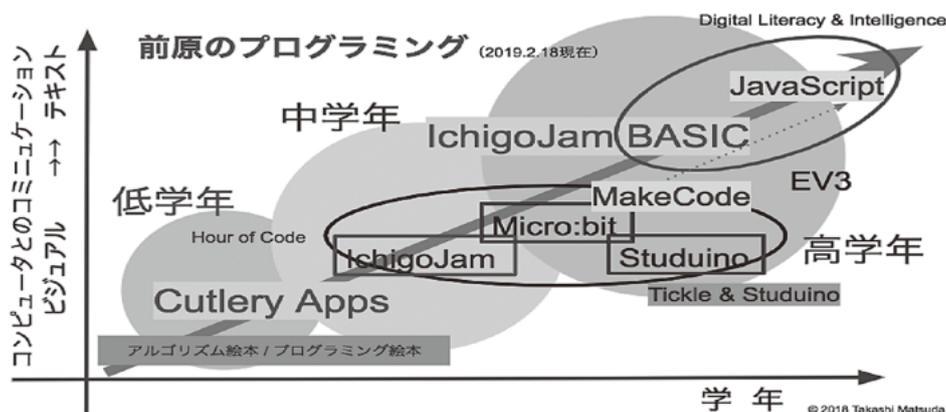


図1 小金井市立前原小学校のプログラミング体系図

5.4 コンピューティング教育の充実を見据えた教科等の構成の在り方

プログラミングで「ティンカリング」⁽⁷⁾と「デザイン思考」⁽⁸⁾をしている子どもたちを見ていると、それが算数的活動となっていることに直ぐに気付く。低学年の子どもたちがロボット制御するとき、はしたの数（小数）は必要不可欠な概念である。現行中学校の学習内容となっているマイナス概念もロボットの進行方向を定めるベクトル概念であることを体得する。さらにはある一つの動きをどのくらいの時間実行させるかで単位量あたりの考え方が必要となってくる。

中学年でのセンサー制御プログラムは不等号の概念と閾値について学ぶことができ、高学年のサイバー空間でのプログラミングはさらに多様な算数的概念を獲得するチャンスに恵まれている。

新学習指導要領⁽³⁵⁾は、プログラミング活動を教科の特質を踏まえ、その理解をより確かなものとするよう実施を求める。しかし、文部科学省がプログラミング教育の手引（第二版）⁽¹²⁾で自ら方針転換を図ったように、プログラミング活動の中に教科の学びを見出し、子どもたち一人一人の個性的な学びを磨く中で、いわゆる理数系や文理芸を融合し、「学（Science）」と「術（Arts）」の一体化を一人一人が獲得することこそが、STEM/STEAM/STREAM教育の本質であると考える。

6 みどりの学園義務教育学校の実践

6.1 つくば市の「プログラミング学習の手引き（第3版）」⁽³⁷⁾から理科に関連する取り組みの紹介

つくば市の「プログラミング学習の手引き（第3版）」⁽³⁷⁾では、「プログラミング的思考」を「理解や解決のために、問題・事象・活動等を分解して考えること（p.4）」と定義していた。その後続く文章は、「いつもの何気ない活動も、一度立ち止まり、改めて見直す（俯瞰する・メタ認知する）ことで、沢山の要素から成り立っている。幾つかの要素に分解することが出来たならば、順番を考え直したり、必要のない要素を省いたり、工夫した活動をすることも可能になる。この工夫によって、子ども達はよりよい理解や問題解決ができると考えている。（p.4）」であった。

小学校学習指導要領（平成29年告示）⁽³⁵⁾では、複数の教科でプログラミング教育が導入される。理科は、6年生「電気の利用」に明記されている。小学校プログラミング教育の手引（第二版）⁽¹²⁾によれば、プログラミング教育の目的は以下の三点とされる。目的①：「プログラミング的思考」を育む。目的②：プログラムの働きやよさ、情報社会がコンピュータ等の情報技術によって支えられていることなどに気付くことができるようにするとともに、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。目的③：各教科等の内容を指導する中で実施する場合には、各教科等での学びをより確実なものとする。「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」(2016)⁽³⁸⁾の議論のとりまとめ以降、「プログラミング的思考の育成（目的①）」に関心を寄せる関係者が多い。しかし、既存の教科の中でプログラミング教育を行うのであれば、目的③を軽視することはできない。

学習指導要領解説【理科編】⁽³⁹⁾の「電気の利用」には、「身の回りには、電気の働きを目的に合わせて制御したり、電気を効率よく利用したりしている物があることを捉えるようにする。（p.83）」の記載が増え、以下の具体例が示された。「日常生活との関連としては、エネルギー資源の有効利用という観点から、電気の効率的な利用について捉えるようにする。このことについて、例えば、蓄電した電気を使って、発光ダイオードと豆電球の点灯時間を比較することが考えられる。また、身の回りには、温度センサーなどを使って、エネルギーを効率よく利用している道具があることに気付き、実際に目的に合わせてセンサーを使い、モーターの動きや発光ダイオードの点灯を制御するなどといったプログラミングを体験することを通して、その仕組みを体験的に学習するといったことが考えられる。

（p.83）⁽³⁹⁾とある。電気の働きを制御する方法としてプログラミングがあり、その仕組みを知る。プログラミングによる電気の制御は、日常生活をよりよくできることに気づくことを目的としている。つまり、「電気の制御を理解する」こと、それらの活動から「プログラミングが電気の効率的な利用等に役立つことに気づく」ことが、教科の学び（目的③）になる。つまり、教科の学び（目的③）には、プログラミングの働きや良さへの気づき（目的②）が包含されている。もちろん、制御を体験することでプログラミング的思考（目的①）の一部が育まれることになる。

そこで、つくば市の「プログラミング学習の手引き（第3版）」から理科に関連する取り組みを考察し、今後の理科におけるプログラミング教育のあり方を検討する。

6.2 つくば市プログラミング学習の手引き（第3版）⁽³⁷⁾における理科関連学習

つくば市は、市内全ての学校がプログラミング教育に取り組むことを目指している。そのために、プログラミング

的思考の再定義、プログラミング体験の重視、6年間を見通したコアカリキュラム（実践を必須とするモデルプラン）、学校の創意工夫で行うオリジナルカリキュラム、プログラミング教育におけるカリキュラム・マネジメント（カリマネ）、チュートリアルビデオによる指導支援、プログラミングエキスパートの支援など、様々な活動を行っている。詳しくは、つくば市教育総合教育研究所（編著）⁽⁴⁰⁾とつくば市総合教育研究所（2017）⁽⁴¹⁾を参照してほしい。また、「つくば市プログラミング学習の手引き」を毎年発行し、本年度は第3版⁽³⁷⁾が公開されている。

第3版⁽³⁷⁾の理科に関連するコアカリキュラムは、4年生の「季節と生き物」、「方位磁石を作ろう」、6年生の「電気の利用～電光掲示板」、「電気の利用～信号機」の4学習である。

4年生の季節の生き物は、それまでの学習に関するクイズを作る。クイズの形式は、学習内容や自身のプログラミングスキルに応じて工夫することになる。更に、クイズをクラスやグループ内でプレゼンする（図2）。これまで単元のまとめは、紙ベースが多い。その選択肢の一つにプログラミングによるインタラクティブなプレゼンテーションが加わったことになる。この学習は、教科や学年は限定されない。この学習を契機に、他の教科や単元でも同様の活動を展開している。

方位磁石の実践は、4年生の「月や星」の単元で実施する。小型のセンサー付きコンピューターボード（micro:bit）を利用し、「北を向いたら〇〇になる」プログラムを作成し、天体観測で利用する。〇〇には、LEDに文字やアイコンを表示したり、メロディを流したりする方位磁石を制作している。同じ装置で、電磁石の磁力の測定や太陽高度（傾き）の測定なども可能になる（図3）。これまでも理科において、ICT機器による測定や観察が行われてきた。小型のセンサー付きコンピューターボードとプログラミングによって、正確かつオリジナリティのある測定機器を児童生徒が開発できる。



図2 季節の生き物クイズの例



図3 micro:bitで方位磁石を製作

6年生の電気の利用は2つの実践で構成される（表3）。第一は「電光掲示板（電子スイッチ）」に関する学習である。まず、身近な生活の中から、既習の物理スイッチと電子スイッチの違いを理解する。次に、プログラミングによってLEDの点滅を制御する。第二は「信号機（安全で効率のよい電気の利用）」に関する学習である。SDGsを目指し、安全で効率のよい電気の利用を考える。次に、信号機を題材に構想をフローチャートにまとめ、プログラミングする。

表3 6年生電気の利用～電光掲示板

電光掲示板（1時間）	
導入 展開	<ul style="list-style-type: none"> ・教室の電気のOn-Offと電子掲示板の点滅から、物理スイッチと電子スイッチの違いに気づく。 課題：電光掲示板はどんな仕組みでLEDのOn-Offしているのだろうか？ ・好きなアルファベットを点灯する。 ・文字を点滅させる。 ・点灯時間や点滅の方法を工夫する。
まとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・プログラミングで電気を制御する仕組みを振り返る
信号機（1時間）	
導入 展開	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー変換などこれまでの学習を振り返る。 課題：安全で便利に電気を利用するにはどうすればよいだろう～信号機のプログラムを考えよう～ ・フローチャートの作成 ・信号機をプログラミング
まとめ	<ul style="list-style-type: none"> 人感センサーや押しボタンと連動、残り時間などの表示 ・プログラミングの仕組みを紹介する。

以上から、つくば市の理科におけるプログラミング教育は以下に分類できる。第一に、6年生の電気の利用のように、理科学習のねらい（電気の制御）に関する実践。第二に、クイズやプレゼンのように既習事項を整理するための実践。第三に、方位磁石など測定装置を自作し、活用する実践である。

6.3 つくば市の電気学習に関するカリマネの提案

つくば市プログラミング学習の手引きは、カリマネの結果を反映し、毎年更新されている。例えば、第1版には「方位磁石」や「信号機」の実践はなかった。当初、センサーボードは高学年での活用を念頭に置いていた。しかし、実践から中学年でも十分に利用できると判断し、4年生に「方位磁石」の実践が掲載された。6年生の電気の利用は、物理スイッチと電子スイッチの違いを理解することが大前提である。更に、センサー等を取り入れることで、生活改善に関連した展開が可能になる判断し、「信号機」の実践が導入された。

以下では、つくば市プログラミング学習の手引き（第4版）に向けて、理科の系統性および教科横断的な視点から、エネルギー分野の電磁気の学習を中心としたプログラミング教育のカリマネを検討する。

電磁気の学習は以下の系統性を有している。3年生は、電流と回路および磁石の性質を理解する。4年生は、電流の量や向きとその働きや光電池を理解する。5学年は、電磁石の働きを4年生の学習と結びつけて学習する。6年生は、発電、蓄電、エネルギー変換を理解すると共に身の回りの電気の利用を考察する。以下では、この系統を柱にプログラミング教育の私案を検討した。

【3年生】

3学年の電気の学習で物理スイッチによる制御を学ぶ。単元のまとめに、ものづくりとして点滅する物理スイッチを作成することも多い。ものづくりの後に、LEDのOn-Offや点滅に関するプログラミングを導入し、様々なスイッチがあることを理解させることができる。ただし、それまでにある程度のプログラミング経験が必要になる。

【4年生】

「季節の生き物」は、これまでと同様にクイズ作りを行う。この学習は汎用性の高い学習である。「総合的な学習の時間」など他の教科等で実施することも検討できる。

第3版のオリジナルカリキュラムには3年生の総合に「ロボットカー」を制御する実践がある。ロボットカーのプログラミングは、電源のON-OFF、電流の向きの変更、電流の調整（曲がる）を行う。これらの制御は4年生の電気の学習（モーターカー）との関連が強い。そこで、総合における「ロボットカー」の実践は、4年生の電気の学習後に、理科と関連付けながら行うことが効果的である。

「方位磁石」はこれまでと同様に行う。

【5年生】

「電磁石」の実践では、「方位磁石」のプログラムを応用し、磁力を測定するプログラムを作成することができる。コイルの巻き数や電力と磁力の関係を定量的に考察することができる。

【6年生】

現在行っている「電光掲示板」の学習は、物理スイッチと電子スイッチの違いから、電気の制御と生活におけるプログラムの良さを理解することがねらいである。私案では、3年生で同様なねらいの学習を行うため、その内容を簡素化できる。その代わりに、タイマー機能や照度センサーを用いることで、エネルギーの効率利用に繋げることができる。「信号機」の学習は、安心安全を実現するために人感センサー等を利用したプログラミングと、電気エネルギーを効率的に活用するためのプログラミングという、二種類の目的が混在している。ねらいを明確にするために、「総合的な学習の時間」でSDGsの学習を行った後に、前者のセンサーの働きに的を絞った学習を理科で実施すると効果的であると考え。また、第3版のコアカリキュラムの6年生保健体育に「室内の空気や明るさと健康」の実践がある。この学習は、照度センサーで身近な環境の明るさを測定する。この学習を事前に行うことで、照度と人感センサーを組み合わせ、効率的な電気の利用の学習に関連付けることができる。

6.4 中学校理科のプログラミング教育

本稿では、電磁気を中心に理科のプログラミング教育を検討した。電気の学習では、回路を教師の指示通りに作成しても点灯しないことがある。その原因を特定するにはプログラミング的思考が必要であろう。そこでの思考を意識化させることは、アンプラグドな学習になると考える。

本節では、小学校理科におけるプログラミング教育を検討した。一方で、中学校理科におけるプログラミング教育も始まっている。つくば市では、食物連鎖シミュレーションプログラムを改良するプロジェクトが動き出している。科学部の生徒がScratchを利用した食物連鎖シミュレーションプログラムを開発した。そのプログラム（正確には初

期型)は、掲示板を使い他校の児童や生徒が閲覧できる。更に、改良したプログラムを掲示板に掲載できる仕組みを開発し、実践を進めている。学校を超えた協働的な学習が期待できる。

7 総合考察と小括

小論の目的は、AI、ビッグデータ、IoT等の先端技術の急激な進化と適正な活用が求められるSociety5.0における「イノベーション」を牽引する「技術素養(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(STEAM+Robotics)教育の推進を図るための、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・方法に関する検討であった。目的を達成するために、以下の3つの論点を設定した。

第1の論点は、「プログラミング的思考」の再定義の必要であった。前原小学校と、みどりの学園義務教育学校共に、論理的思考の育成のみならず、「ティンカリング」⁽⁷⁾と「デザイン思考」⁽⁸⁾による試行錯誤と、粘り強い努力を通じて、人間とコンピュータの利点を生かし、有意義な発想・思考法や創造活動を生み出したり、達成感や自己有能感を相互に分ち合ったりする学びが展開されていた。我が国の小学校のプログラミング教育では、「プログラミング的思考」⁽³⁸⁾を鍵思考と位置付けているが、Computational Thinking(CT)概念を極めて限定的に、かつ狭義に解釈している。「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ことを鍵語とする再定義が今後必要であることを、本稿で提案したい。

第2の論点は、文部科学省が小学校プログラミング学習の手引(第二版)⁽¹²⁾で、「C 教育課程内で各教科等とは別に実施するもの」と名称を変更し、A、B分類と共に、C分類を特に重視した点である。前原小学校では、1年生から6年生まで、シングルボードコンピュータ(IchigoJam)を全学年で扱うコンピューティング学習が展開されていた。さらに、小学校3年生から6年生まで一貫してIchigoJam BASIC言語とキーボード入力に慣れ親しむことで、言語、記号、テキストを相互作用的に用いる重要性和、グローバルリテラシーとしてのコンピュータの効果的な活用力を育成していた。みどりの学園義務教育学校のプログラミング学習では、SDGs、21世紀型スキルの育成と社会力を高める7C(Cooperation, Communication, Critical thinking, Computational thinking, Comprehension, Creativity, Citizenship)学習⁽⁴⁰⁾を実施していた。教育の情報化は、単に教育の質や効率の向上に留めるのではなく、社会の変化や技術の急速な発展に対応できる「新しい能力」の育成が図られていた。第1の論点とも深く関わるが、前原小学校では、ティンカリングやデザイン思考により、「課題の設定」-「情報収集」-「整理・分析」-「まとめ・表現」の探究過程に留まらないSTEAM/STREAM型の学習が行われていた。

第3の論点は、STEAM/STREAM教育からのSociety5.0を支える資質・能力の育成と、技術の進展に応じた教育の革新、新時代に対応したコンピューティング教育の在り方であった。さらに、経済産業省「未来の教室」とEdTech研究会の第2次提言『「未来の教室」ビジョン』で指摘されている「学びの自立化・個別最適化」を促進するための、コンピューティング教育を小学校段階で円滑に実施するための、教科等構成の在り方、目標、内容、方法の検討である。『「未来の教室」ビジョン』の「学びの自立化・個別最適化」では、課題1:一律・一斉・一方向型授業の神話、課題2:一人ひとりの学習者の個性(認知特性や理解度や興味関心)への細やかな対応の不足、課題3:授業時数・学年・居場所の制約(履修主義・学年制・標準授業時数、狭い「対面」の考え方)を掲げている。

前原小学校と、みどりの学園義務教育学校は共に、全教員がプログラミング学習を含むコンピューティング教育を推進することで、各教科等の基盤となる情報活用能力(文部科学省、2018d: pp.50-51)⁽⁴²⁾の育成を図っていた。国内外の教育工学やEdTech関係者が指摘するように、ICTの教育利用は、学習者同士、学習者と授業者との学習に関する情報の即時共有化、可視化、アクティブ・ラーニングの推進をはじめ、学習の個別化・最適化に極めて有用である。さらに、つくば市総合教育研究所のWebサイトでは、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の成果が紹介されている⁽⁴³⁾。コンピュータサイエンス(CS)、情報技術(IT)、デジタルリテラシー(DL)の教育内容が含まれるSTEAM/STREAM教育(表2)は、小学校5年生からの教科担任が主体となって指導していることがうかがえる。

社会の変化や技術の急速な進化と、学校内と学校外を連続させた生涯学習社会に対応するために、SDGs、コンピューティングや21世紀型スキルのような汎用的な能力を、全ての教育課程の活動で育成する必要性が生じている。さらには、高大接続を踏まえ、初等中等教育を一貫したコンピュータサイエンス(CS)、情報技術(IT)、デジタルリテラシー(DL)の教育内容が含まれるSTEAM/STREAM教育を、小学校段階では何れの教科等で、どのように扱い、

誰が指導すればよいのか、新時代に対応した小学校の教科等構成と指導形態の在り方、社会の変化や技術の急激な進化に応じた教師の在り方や教育環境の整備、教科担任制の課題、教員免許制度の見直し、現職教員の継続的専門職能発達研修の確保が真に問われている。

最後に、本稿では、センサー／センサ、アクチュエーター／アクチュエータの表記が混在している。小学校段階の学習対象は、文献(35)、(39)の表記に従い「センサー」、「アクチュエーター」とした。中学校や小学校と他校種等との連携重視の文脈場面では、中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 技術・家庭編の表記に従い、「センサ」、「アクチュエータ」とした。また、本小論の一部は、2019年8月23日に行われた日本科学教育学会年会（宇都宮大学峰キャンパス）の課題研究「テーマ：コンピューティング教育を充実させるための小学校段階の教科等構成の在り方—東京都小金井市立前原小学校と茨城県つくば市プログラミング学習の先導的実践事例から—」で発表した⁽⁴⁴⁾⁽⁴⁵⁾⁽⁴⁶⁾⁽⁴⁷⁾。

謝辞

茨城県つくば市立みどりの学園義務教育学校の毛利 靖校長はじめ教職員の皆様、つくば市総合教育研究所の板谷亜由美所長、つくば市教育委員会の中村めぐみ指導主事、前原小学校教職員の皆様には、温かいご理解ご協力と共に、引用許諾を賜りましたので、謹んで謝意を表します。株式会社jig.jpの福野泰介取締役会長、株式会社ナチュラルスタイル松田優一代表取締役からは、引用許諾をいただき、謝意を表します。本研究の一部は、JSPS科研費（基盤研究C代表：山崎貞登、課題番号17K01023）の助成を受けた。

引用文献

- (1) http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa200601/column/007.htm
- (2) 日本産業技術教育学会：技術教育の理解と推進（2013）<http://www.jste.jp/main/data/leaflet.pdf>
- (3) 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：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，第39巻1号，pp.193-203（2019a）
- (4) Bybee, R. : "What Is STEM Education?", Science, vol.329, Issue.5995, p.996（2010）
- (5) Yakman, G. : STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education, Proceedings of the 2008 PATT (Pupils' Attitude Towards Technology) - 20 International Design and Technology Education Conference - TEL-AVIV, ISRAEL, pp.1-28（2008）<https://www.iteea.org/File.aspx?id=86752&v=75ab076a>
- (6) <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html>
- (7) Wilkinson, K. and Petrich (著)，金井哲夫（訳）：『ティンカリングをはじめよう アート，サイエンス，テクノロジーの交差点で作って遊ぶ』，オライリー・ジャパン（2015）
- (8) 柘植綾夫（編著），芝浦工業大学デザイン工学部（編）：『デザイン工学の世界』，三樹書房（2011）
- (9) 藤原亘彦・板東哲也・曾根直人・長野仁志・山田哲也・伊藤陽介：ティンカリングとしてのプログラミング，鳴門教育大学情報教育ジャーナル，第16巻，pp.21-26（2019）
- (10) 藤田哲雄：デジタルで変貌する世界の教育と日本の課題，JRIレビュー，Vol.8, No.59, pp.56-80（2018）
- (11) 難波宏司：フィジカルコンピューティングの教育教材作成の研究，園田学園女子大学論文集，第51号，pp.71-91（2017）
- (12) 文部科学省：小学校プログラミング教育の手引（第二版）（平成30年11月）（2018a）
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm
- (13) 文部科学省：小学校プログラミング教育の手引（第一版）（平成30年3月）（2018b）
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm
- (14) 経済産業省：「未来の教室」ビジョン 経済産業省「未来の教室」とEdTech研究会 第2次提言（2019）
<https://www.meti.go.jp/press/2019/06/20190625002/20190625002.html>
- (15) 板東哲也・黒田昌克・福井昌則・森山 潤：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，第30巻，pp.173-184（2017）
- (16) 尾崎 光・伊藤陽介：小学校におけるプログラミング教育実践上の課題，鳴門教育大学情報教育ジャーナル，No.15(1)，pp.31-35（2017）
- (17) The Royal Academy of Engineering: Shut down or restart? The way forward for Computing in UK schools, The Royal Society（2012）<https://royalsociety.org/~media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf>
- (18) 磯部征尊・大森康正・岡島佑介・川原田康文・上野朝大・山崎恭平・山崎貞登：初等中等教育段階のコンピューティング／プログラミング教育の目標と学習到達水準に関する日米イギリスの比較研究，上越教育大学研究紀要，第39巻1号，pp.177-190（2019）
- (19) 松下佳代：＜新しい能力＞による教育の変容—DeSeCoキーコンピテンシーとPISAリテラシーの検討，日本労働研究雑

- 誌, No.614/September, pp.39-49 (2011)
- (20) 山崎貞登：小学校プログラミング教育を踏まえた情報教育，中学校，No.790, pp.4-7 (2019)
- (21) ヤング吉原麻里子・木島里江：『世界を変えるSTEAM人材 シリコンバレー「デザイン思考」の核心』，朝日新聞出版 (2019)
- (22) 市川伸一（編）：『学力から人間力へ』，教育出版 (2003)
- (23) <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-18-t995-60-2.pdf>
- (24) 山崎貞登・磯部征尊：「第3章 イギリスにおける技術・情報教育の動向」，pp.79-114, 森山 潤・菊地 章・山崎貞登（編著），兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究所共同研究プロジェクト(P)研究グループ（著）：『イノベーション力を育成する技術・情報教育の展望（所収）』，ジアース教育新社 (2016)
- (25) International Technology Education Association (ITEA): Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology, Authors (2000) ISBN: 1-887101-02-0 国際技術教育学会著・宮川秀俊・桜井 宏・都築千絵編訳 (2002) 『国際競争力を高めるアメリカの教育戦略 技術教育からの改革』，教育開発研究所, 302p.
- (26) ITEA : Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology (2nd Edition), Author (2002)
- (27) ITEA : Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology (3rd Edition), Author (2007) <https://www.iteea.org/39197.aspx>
- (28) 教育再生実行会議：「第11次提言」(2019年5月17日) <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kyouikusaizei/teigen.html>
- (29) 新しい時代の初等中等教育の在り方特別部会（第2回）・教育課程部会（第111回）・教員養成部会（第107回）合同会議 (2019年7月24日) http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/083/siryu/1419019.htm
- (30) 教育新聞 2019年7月29日第1面記事
- (31) 山本利一・山崎郁実・難波孝史・山崎貞登・田口浩継・安藤明伸・大谷 忠・磯部征尊：さいたま市における小中一貫教育の現状と課題－技術・家庭科教育の観点から－，埼玉大学紀要 教育学部, 66(2) : 415-423 (2017)
- (32) 山崎貞登・大森康正・磯部征尊・上野朝大：プログラミング教育の小・中・高各校種間連携・一貫教育推進のための技術・情報教育課程と専門職能発達体系の改革，上越教育大学研究紀要, 第37巻1号, pp.217-227 (2017a)
- (33) 山崎貞登・山本利一・田口浩継・安藤明伸・大谷 忠・大森康正・磯部征尊・上野朝大：小・中・高校を一貫した技術・情報教育の教科化に向けた構成内容と学習到達水準表の提案，上越教育大学研究紀要, 第36巻2号, pp.581-593 (2017b)
- (34) 山崎貞登・田村 学・川原田康文・山本利一・磯部征尊・上野朝大・大森康正：小学校プログラミング学習の学習到達目標と学習評価規準，上越教育大学研究紀要, 第38巻2号, pp.415-428 (2019b)
- (35) 文部科学省：『小学校学習指導要領（平成29年告示）』東洋館出版社 (2018a)
- (36) 文部科学省：『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説 総合的な学習の時間編 平成29年7月』，東洋館出版社 (2018b)
- (37) つくば市総合研究所：つくば市プログラミング学習の手引き【第3版】(2019) <https://www.tsukuba.ed.jp/~souken/?p=8436>
- (38) 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：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（議論の取りまとめ）平成28年6月16日 (2016) http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/index.htm
- (39) 文部科学省：『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編 平成29年7月』，東洋館出版社 (2018c)
- (40) 赤堀侃司・久保田善彦（監修），つくば市教育総合教育研究所（編著）：『これならできる小学校教科でのプログラミング教育』，東京書籍 (2018)
- (41) つくば市総合教育研究所：平成29年度つくば市ICT教育推進プログラム第2版 (2017) https://www.tsukuba.ed.jp/~ict/?page_id=102
- (42) 文部科学省：『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説 総則編 平成29年7月』，東洋館出版社 (2018d)
- (43) <https://www.tsukuba.ed.jp/~ict/?tag=%e6%95%99%e7%a7%91%e6%8b%85%e4%bb%bb%e5%88%b6>
- (44) 山崎貞登：コンピューティング教育を充実させるための小学校段階の教科等の構成の在り方－東京都小金井市立前原小学校と茨城県つくば市プログラミング学習の先導的実践事例から－，日本科学教育学会年会論文43, pp.73-76 (2019)
- (45) 松田 孝：東京都小金井市立前原小学校のコンピューティング教育，日本科学教育学会年会論文43, pp.77-78 (2019)
- (46) 二宮裕之：算数・数学科におけるコンピュータ利用とプログラミングの教育，日本科学教育学会年会論文43, pp.79-80 (2019)
- (47) 久保田善彦：小学校理科におけるプログラミング教育とカリキュラム・マネジメント：つくば市の事例から，日本科学教育学会年会論文43, pp.81-84 (2019)

※インターネット情報の最終アクセス日は，2019年8月16日

Subject Construction of the Elementary School Curriculum and the Educational Guidance Form for the Promotion of STEAM/STREAM Education toward Society5.0

Sadato YAMAZAKI*, Takashi MATSUDA**, Hiroyuki NINOMIYA***,
Yoshihiko KUBOTA****, Masataka ISOBE*****, Yasufumi KAWARADA*****,
Yasumasa OOMORI*, Tomohiro UENO*****

ABSTRACT

The paper explores programming/computing learning in extreme leading way at Maehara municipal elementary school in Koganei city, Tokyo, and Midori no Gakuen municipal compulsory education school in Tsukuba, Ibaraki. In order to help students develop liberal citizenship with capabilities, technological literacy, and governance competency, to be prepared for living in an era of rapid technological development and to understand the proper utilization of high technology with AI, big data, and IoT toward Society5.0, this research explored the subject of the construction of the elementary school curriculum and the aims, content and methods of educational guidance related to current and future promotion of STEAM/STREAM with robotics education. This article proposes the importance of tinkering and design thinking with programming activity in order to nurture creativity, global communication, collaborative abilities and self-achievement abilities through the use of computers to expand innovative and continuous life learning activities through informal study. The research also focused on SDGs competency and the cognitive and social skills needed in the 21st Century that can be taught through programming and computing learning. A subject oriented teaching system at 5th and 6th grades in elementary and lower secondary municipal schools as a coherent and cooperative form of education was introduced in Tsukuba city, where attempts have been made to accept STEAM/STREAM education with computer science, information technology, and digital literacy.

* Natural and Living Science ** LLC MAZDA Incredible Lab *** Saitama University **** Tamagawa University
***** Aichi University of Education ***** Elementary School Part Attached to Sagami Women's University
***** CA Tech Kids Co.