

小学校プログラミング教育の指導と評価

— 中学校技術・家庭科技術分野の学習との接続を踏まえた一考察 —

大西有*・清水匠**

(2017年12月8日 受理)

Teaching and Evaluation of Elementary School Programming Education

- A Consideration Based on Connection with Learning in Junior High School
Technology · Home Economics Technology Field -

Tamotsu ONISHI* and Takumi SHIMIZU **

(Accepted December 8, 2017)

Abstract

プログラミング教育は、小学校学習指導要領(2017)で、情報活用能力を育成するために「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を身に付けるための学習活動」として位置付けられている。「プログラミング的思考」とは、「IoT」や「人工知能」などによる第4次産業革命といわれる時代を生きる児童生徒に必要な資質・能力であり、現在、各小学校、教育委員会等において、その育成を図る指導と評価の方法について研究が進められている。

はじめに

コンピュータが開発された当初から、「情報技術は人間の知性を増幅する手段」として認められていたが、知性を増幅するものは同時に「個人間の差も増大させる」ことも言及されていた。現在

大西有*・清水匠**

*茨城大学教育学部技術教育教室（〒310-8512 水戸市文京 2-1-1 ; Department of Technology Education, Ibaraki University, Mito 310-8512 Japan).

** 茨城大学教育学部附属小学校（〒310-0011 水戸市三の丸 2-6-8 ; Ibaraki University Faculty of Education affiliated elementary school, Mito 2-6-8 Japan).

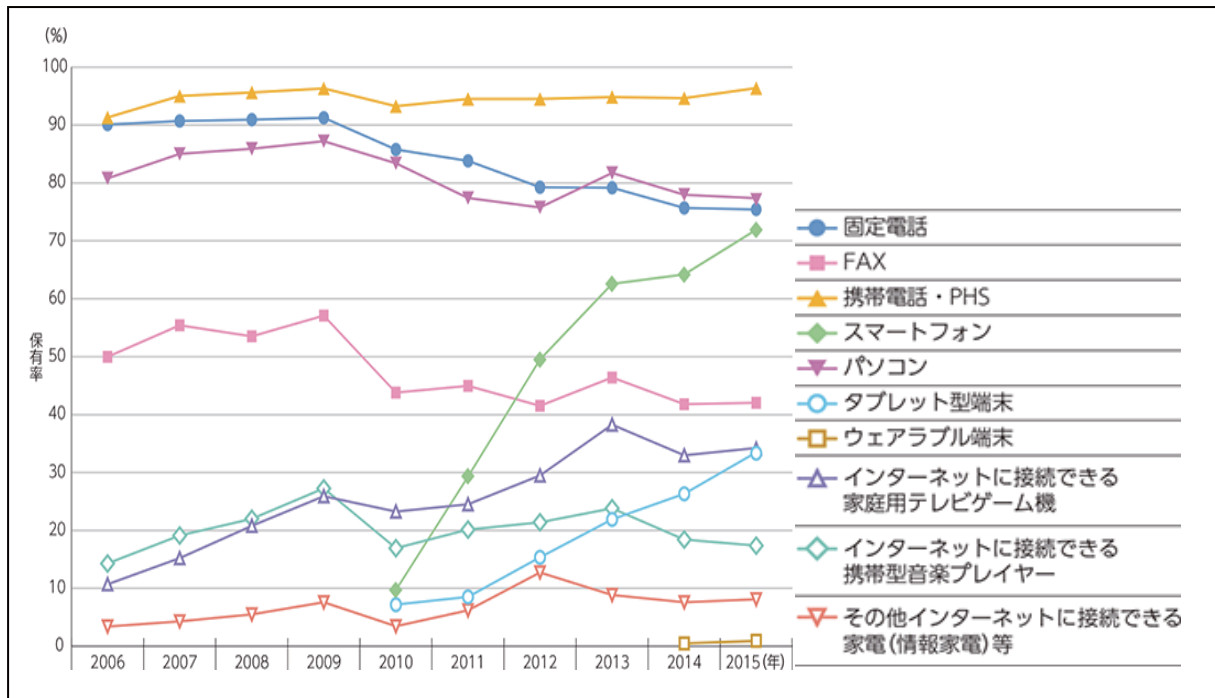


図1 情報通信端末の世帯保有率 (総務省通信利用動向調査 2016)

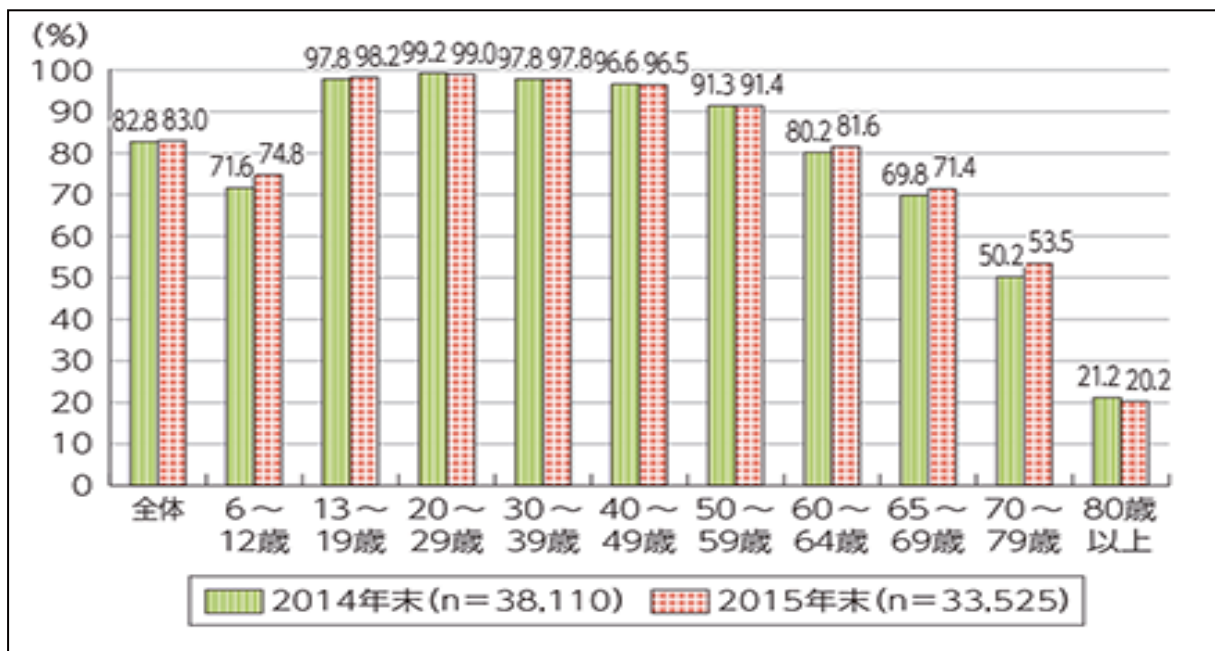


図2 属性別インターネット利用率 (総務省通信利用動向調査 2016)

の日本では、図1, 2に示した情報通信端末の世帯保有率や属性別インターネット経験率を見るとパソコン、スマートフォンの所有率がおよそ80%を超え、小学生年代のインターネット経験率が80%に迫る勢いである。しかし、その適切な利活用に関わる知識及び技能の習得や問題解決の手段としての利活用に関わる指導は、機器の発達に追いついていないなどの課題が指摘されている。(梅澤2017)

このことは、「IoT」や「人工知能」などによる第4次産業革命といわれる時代を生きる児童生徒にとって大きな課題であり、諸外国ではSTEM（Science, Technology, Engineering and Mathematics）教育の一環としてプログラミングが取り入れられ、国内では初等中等教育においてプログラミングに関わる教育を行うことが必修化され、これまで、中学校技術・家庭科技術分野で行われていたプログラミングに関する学習にプラスして、小学校でもプログラミングに関する学習を実施することとなった。

小学校におけるプログラミング教育は、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)の「小学校段階におけるプログラミング教育のあり方について（議論の取りまとめ）」では、「子どもたちに、コンピュータを意図した処理を行うように指示することができることを体験させながら、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」とされ、コーディングを覚えることを目的としていない。そして、「プログラミング的思考」を「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような組み合わせが必要であり、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、記号の組み合わ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」と定義している。なお、これらは、小学校学習指導要領(2017)で、情報活用能力を育成するために「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を身に付けるための学習活動」として記され、算数科、理科、総合的な学習の時間における学習活動が示されているが、評価に関する記述はない。

これまでのプログラミングに関する学習は、小学校においては、教師の裁量により各教科や総合的な学習の時間、クラブ活動等でLOGOやドリトルを活用した取組事例が散見されるが、教育課程に位置付け学校全体でプログラミングに関する学習に取り組んだ例は稀である。（LOGOは児童の思考能力向上の訓練を目的としてアメリカで開発されたプログラミング言語で、主に1990年代に学校で活用され、2000年以降はその後継であるドリトルが使われている例が見られる。）

中学校においては、表1に示すように技術・家庭科技術分野（以下 技術分野）でプログラムに関する学習を行っていた。ただ、平成20年度までは選択して履修する内容であったため、実際に履修した生徒は少ない。現在は学習指導要領の改訂により、計測・制御のためのプログラムの作成を通して、コンピュータを用いた計測・制御の基本的な仕組みを知らせ、簡単なプログラムの作成ができるようにするとともに、情報処理の手順を工夫する能力を育成することをねらいとした授業が全ての生徒に対して実施されている。なお、平成29年の学習指導要領の改訂では、小学校におけるプログラミング教育の実施を前提として、情報に関する技術による問題を解決する活動として、(2)ではコンテンツのプログラミングによる問題を解決する学習活動、(3)では計測・制御のプログラミングによる問題を解決する学習活動が位置付けられるようになった。

また、プログラムに関わる内容の評価については、国立教育政策研究所発行の「評価規準の作成、評価方法等の工夫改善のための参考資料」（表2）に示すとおり、平成14年、23年に4つの観点に分けて例示されている。なお、技術分野 D 情報の技術に関する評価規準については、育成する資質・能力を踏まえ目標が3つの柱に整理されたことを受け、3つの観点（知識・技能、思考力・判断力・表現力、主体的に学習に取り組む態度（学びに向かう力・人間性等））で評価することが予想

される。

表1 中学校技術・家庭科(技術分野)におけるプログラムに関する学習内容(学習指導要領解説より抜粋)

年度	領域・内容 (選・必)	指導事項	評価規準の 例示
平成元年 (1989)	F 情報基礎 (選択)	(2)イ プログラムの機能を知り、簡単なプログラムが作成できること。	なし
平成10年 (1998)	B 情報とコンピュータ (選択)	(6)ア プログラムの機能を知り、簡単なプログラムの作成ができること。 イ コンピュータを用いて、簡単な計測・制御ができること。	あり
平成20年 (2008)	D 情報に関する技術 (必修)	(3)ア コンピュータを利用した計測・制御の基本的な仕組みを知ること。 イ 情報処理の手順を考え、簡単なプログラムが作成できること。	あり
平成29年 (2017)	D 情報の技術 (必修)	(2)ア 情報通信ネットワークの構成と、情報を利用するための基本的な仕組みを理解し、安全・適切なプログラムの制作、動作の確認及びデバック等ができること。 イ 問題を見いだして課題を設定し、使用するメディアを複合する方法とその効果的な利用方法等を構想して情報処理の手順を具体化するとともに、制作の過程や結果の評価、改善及び修正について考えること。 (3)ア 計測・制御システムの仕組みを理解し、安全・適切なプログラムの制作、動作の確認及びデバック等ができること。 イ 問題を見出して課題を設定し、入出力されるデータの流れを元に、計測・制御システムを構想して情報処理の手順を具体化するとともに、制作の過程や結果の評価、改善及び修正について考えること。	未定

表2 プログラムに関する学習の評価規準（評価規準の作成，評価方法等の工夫改善のための参考資料 2002，2011 より抜粋）

	関心・意欲・態度	思考・判断・表現	技能	知識・理解
平成 14 年 (2002)	コンピュータを用いたプログラミングに関心を持ち，身の回りで見られる計測・制御について調べようとしている。	計測・制御に関わる課題を設定し，その課題解決のためにプログラムの手順を工夫し創造している。	コンピュータを用いた簡単なプログラムの作成，及び計測・制御ができる。	簡単なプログラムの作成に関する知識を身に付け，コンピュータを用いた計測・制御の仕組みについて理解している。
平成 23 年 (2011)	情報に関する技術に関わる倫理観を身に付け，知的財産を創造・活用しようとしている。	目的や条件に応じて情報処理の手順を工夫している。	簡単なプログラムを作成できる	コンピュータを用いた計測・制御の基本的な仕組みについての知識を身に付けている。

問題と目的

これまで述べてきたことを整理すると，初等中等教育におけるプログラミング教育について，小学校は（機器の整備状況などハード面の問題は別として）学習指導の方法に関する実践事例の提供は多いものの，各教科等の指導にプログラミングに関する内容を位置付けるための方法論や評価に関する情報は少ない。また，技術分野の学習との接続に関する問題である，小学校段階でプログラミングに関わる学習をどの程度まで実施するのか等が挙げられる。

なお，中学校におけるプログラミングに関わる学習は，平成 20 年度の学習指導要領の改訂では，小学校における機器の構成やコンピュータの基本的な操作に関わる内容の教育を前提として，平成 29 年度の学習指導要領の改訂では，表 1 に示すとおり，小学校でのプログラミング教育の実施を前提として内容の充実が図られており，小学校段階におけるコンピュータについての学習やプログラミング教育の成否が中学校におけるプログラムに関する学びやプログラミング的思考の伸長に大きな影響を及ぼすことは言うまでもないことである。

そこで本研究においては，茨城大学教育学部附属小学校で実験的に行ったプログラミング教育の指導内容と方法について，授業後の児童のまとめ（単なる感想ではなく，本時の学習課題に対する学びや気づきを振り返って自分の言葉でまとめたもの）に記述された内容を中学校技術分野との接続を踏まえて考察し，次年度以降の実践につながる取組と学習評価について提案することを目的に実施する。

考察

「小学校段階におけるプログラミング教育のあり方について（議論の取りまとめ）」では、「プログラミング教育を行う単元を教育課程に位置付けていくに当たっては、総合的な学習の時間においてプログラミングを体験しながら社会における役割を理解し、それを軸としながら、各教科等における多様なプログラミング教育につなげていくことが効果的であると考えられるが、具体的な実施の在り方については、各学校における子供の姿や学校教育目標、環境整備や指導体制の実情等に応じた、柔軟な対応が検討されることが望ましい。総合的な学習の時間と教科学習の双方で実施したり、教科学習のみで実施したり、総合的な学習の時間のみで実施したりするなど、柔軟な在り方が考えられる。」と述べられている。

茨城大学教育学部附属小学校（以下 附属小）では、平成 28 年度から教育研究の一環として、一部の学年でプログラミング的思考を育む教育活動を実践している。各教科等の時間には、問題や課題を解決するためにプログラミング的思考を用いる活動を位置付け、総合的な時間には、情報通信機器（iPad）を用いて、MIT（マサチューセッツ工科大）メディアラボが開発したプログラムである Scratch Jr. を活用して、ビジュアルプログラミング（以下 ビジュアル）によりコンピュータに目的の動きをさせる課題を解決する活動を実施している。

次の図 3, 4 は、清水らが実験的に行った、ビジュアルのみを実施するクラス（5 年 1 組 32 名）と、教科の学習で問題や課題を解決するためにプログラミング的思考を用いた活動を行った後、ビジュアルを実施したクラス（5 年 3 組 31 名）の児童が記したまとめの内容を分析したものである。

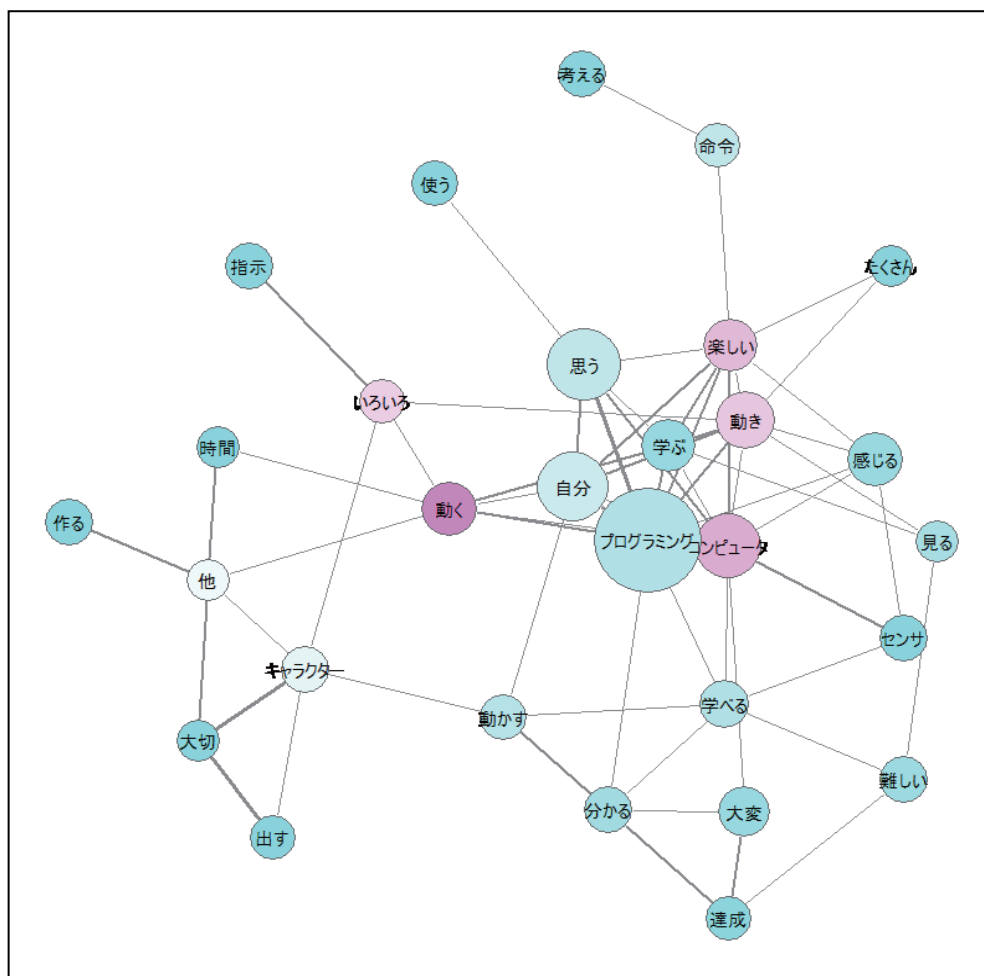


図 3 5 年 1 組（ビジュアル） 共起ネットワーク分析結果

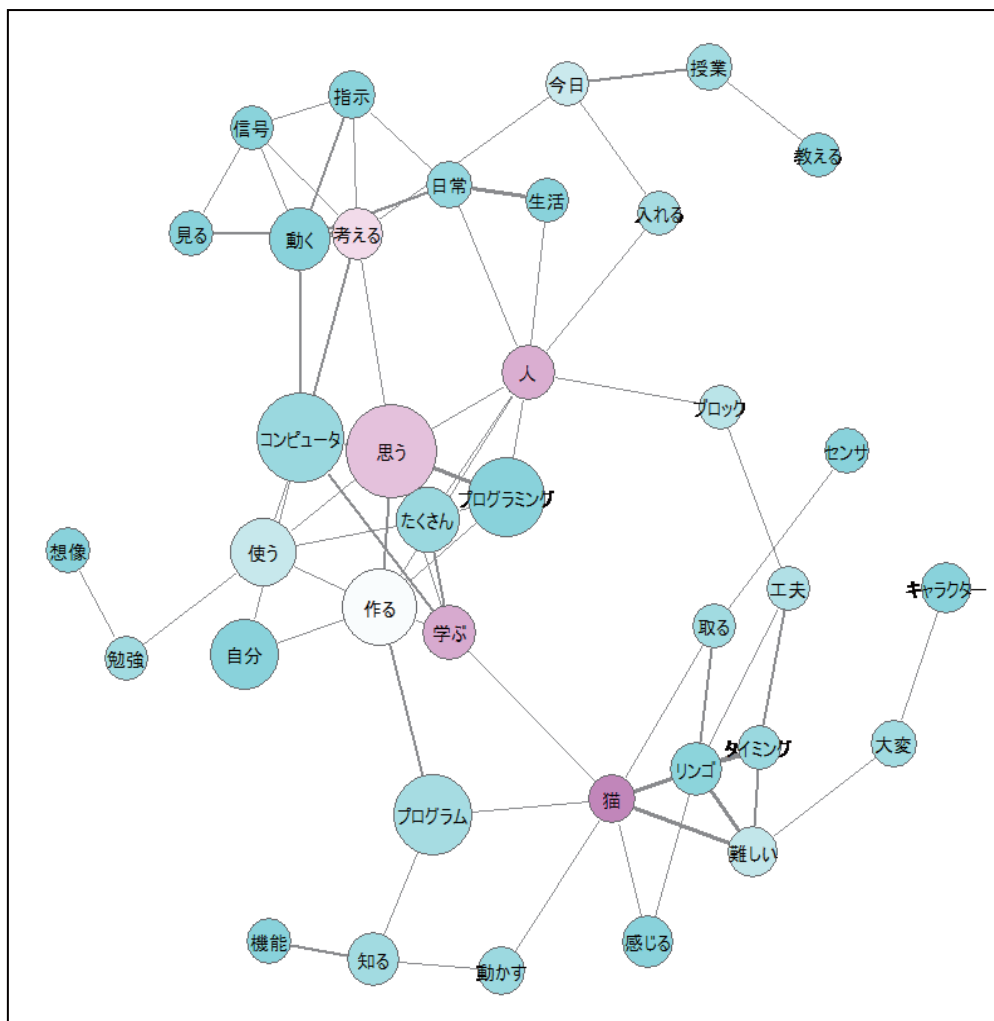


図4 5年3組（プログラミング的思考を用いる活動+ビジュアル）
共起ネットワーク分析結果

今回の分析は、KH Coder の共起ネットワーク分析を用いている。これは、児童の記述した内容について、出現パターンがお互いに似通っていたのはどんな語か、同じ文章中に出現することが多かったのはどんな語かを量的に「見える化」するものである。なお、これらの図は、記述された語の多さを円の大きさで、関連の深さを円の配置された場所で、つながりを線で示している。

さて、小学校において育成された資質・能力を土台に、技術分野D 情報の技術の学習には、生活や社会の中からプログラムに関わる問題を見いだして課題を設定する力、プログラミング的思考等を発揮して解決策を構想する力、処理の流れを図などに表し試行等を通じて解決策を具体化する力などの育成や、順次、分岐、反復といったプログラムの構造を支える要素等の理解を目指すことが求められている。

このことを踏まえ、下線の力に対応すると考えられる、分析結果にある「作る」という語に着目した。図3, 4では、「作る」の円の大きさ、配置された場所、つながる線の数に大きな違いがある。図3の組では、児童は、総合的な学習の時間に教師の提示した「猫を動かす」学習課題を解決するために、順次（ループ）を用いたプログラミングを体験的に学ぶ中でプログラミング的思考（順次）

を身に付ける。図4の組では、児童は、まず教科の学習で教師の提示した学習課題を解決するために、順次（ループ）の考え方を用いて考えたり試行錯誤したりすることによってプログラミング的思考（順次）を身に付ける。そして、総合的な学習の時間に教師の提示した同様の学習課題の解決を目指し、すでに身に付けているプログラミング的思考（の一部）を働かせて学習課題の解決を図る。つまり、図3のクラスの児童は、学習の結果としてプログラミング的思考（順次）を身に付け、図4のクラスの児童は学習の過程で身に付けたプログラミング的思考（順次）を用いて問題を解決することで、身に付けたプログラミング的思考（順次）をより確かなものとする。

技術分野の学習との連携・接続を考えると、図4のクラスで実施した順に授業を進めることで、学習課題の解決を図るためにプログラムは自分で「作る」もので、プログラミングは学習課題を解決するための手段・方法であるとの認識をもつことができるように指導を進めることは大変重要なことであると言える。

なお、表3～5は、小学校におけるプログラミングで育成する資質・能力の評価規準（株ベネッセコーポレーション 2017）を参考に、技術分野 D 情報の技術で育成を目指す資質・能力との関連をまとめたものである。

表3 プログラミングで育成する資質・能力と技術分野で育成する資質・能力との関連（例）
知識・技能

観点	小学校		中学校
	文部科学省による定義	ベネッセによる整理	技術・家庭科技術分野 D 情報の技術
知識	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。	プログラムの存在を知る。	情報の表現、記録、計算、通信などについての科学的な原理・法則を理解できる。 情報のデジタル化や処理の自動化、システム化、情報セキュリティなどに関わる基礎的な技術の仕組みを理解できる。 情報通信ネットワークの構成と、情報を利用するための基本的な仕組みを理解できる。 計測・制御システムの仕組みを理解できる。 生活や社会に果たす役割や影響に基づいた情報の技術の概念を理解できる。
		コンピュータがプログラムにより様々な動作をすることを知る。	
		処理の自動実行の意味を知る。	
		プログラムは、順次、繰り返し、条件分岐という処理の組合せで構成されていることを知る。	
		処理の手順を表現する方法を知る（フローチャート等）。	
		様々なプログラミング言語があることを知る。	
		変数の考え方を知る（データ表現とデータ型）。	
技能	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。	文字入力ができる。	・ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツや計測・制御のシステムに関する安全・適切なプログラムの制作、動作の確認及びデバッグ等ができる。
		簡単なプログラムを実行できる。	
		プログラムからコンピュータの動きを想像できる。	
		センサーやアクチュエータなどを使って、プログラムによる簡単な計測・制御の実験が行える。	
		並べ替えや整列などのアルゴリズムをプログラミングによりシミュレーションして比較できる。	

表4 プログラミングで育成する資質・能力と技術分野で育成する資質・能力との関連（例）
思考力・判断力・表現力

観点	小学校			中学校 技術・家庭科技術分野 D 情報の技術
	文部科学省による定義	ベネッセによる整理		
		観点	説明	
思考力 ・判断力 ・表現力等	発達の段階に即して、「プログラミング的思考」を育成すること。	動きに分ける	自分が意図する一連の活動を実現するために、大きな動き（事象）を解決可能な小さな動き（事象）に分割すること。いわゆる分割。	情報の技術に込められた工夫を読み取る力を身に付けている。 情報の技術の見方や考え方を身に付けている。
		記号にする	分解した動き（事象）の適切な側面・性質だけを取り出して他の部分を捨てること。いわゆる抽象化。	
		一連の活動にする	記号（動き）の類似の部分特定して、別の場合でも利用できる内容にすること。いわゆる一般化。	
		組み合わせる	同様の事象に共通して利用できる明確な手順を創造すること。	情報の技術の見方・考え方を働かせて、問題を見いだして課題を設定し解決できる力を身に付けている。
		振り返る	目的に応じて、必要十分な評価の観点を考え、実行したことが、意図した活動に近づいているかどうか評価すること。	
		論理的に考えを進め	論理的推論と分析を行うこと。	

表5 プログラミングで育成する資質・能力と技術分野で育成する資質・能力との関連（例）
学びに向かう力・人間性等

観点	小学校			中学校 技術・家庭科技術分野 D 情報の技術
	文部科学省による定義	ベネッセによる整理		
		観点	説明	
学びに向かう力・人間性等	発達の段階に即して、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。	挑戦する	新たなことでも、ひるまず試して触ってみる態度を養う。経験して取り組みの素地を作ろうとする態度を養う。	進んで情報の技術と関わり、主体的に理解し、技能を身に付けようとしている。
		やり抜く	目標に向かって、粘り強く、寛容な心と強い意志をもってやり抜く態度を養う。	自分なりの新しい考え方や捉え方によって、解決策を構想しようとしている。
		協働する	他者を尊重し、他者と一緒に創造しようとする態度を養う。	自らの問題解決とその過程を振り返り、よりよいものとなるよう改善・修正しようとしている。
		創造する	新しいものや価値を創り出そうとする態度を養う。	よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術を工夫し創造していこうとしている。
		改善する	目標と合うかどうかを吟味・評価しながら必要な改良を行う態度を養う。	

技術分野 D 情報の技術の学習内容は、情報の技術（プログラミング）を用いて問題を解決する活動が主となる。「問題を解決するためにプログラミングを「作る」という意識を育むためにも、小学校におけるプログラミング教育はビジュアルのみで行うのではなく、各教科等の時間に問題や課題を解決するためにプログラミング的思考を用いる活動を適宜組み合わせ、学校全体で計画的に進めることが大切であることが分かる。

まとめ

本研究は、茨城大学教育学部附属小学校で実験的に行ったプログラミング教育の指導内容と方法について、授業後の児童のまとめに記述された内容を中学校技術分野との接続を踏まえて考察し、次年度以降の実践につながる取組と学習評価について提案することを目的に実施した。

次年度以降の実践につながる提案としては、児童に「プログラミング的思考」を身に付けるために、中学校における学習内容との接続を踏まえて、カリキュラム・マネジメントによって情報教育の全体計画及び指導計画を策定し、組織的・系統的にプログラミング教育を進めることである。各教科等の時間に問題や課題を解決するためにプログラミング的思考を用いる活動を行い、総合的な学習の時間に身に付けたプログラミング的思考を活用して実際にプログラミングを行うことで児童の思考に望ましい変化があることが明らかとなった。今後、表 3～5 等を参考に、各教科等におけるビジュアルとアンプラグドを組み合わせた単元の開発や指導計画の作成を進める必要がある。

学習評価については、各教科等の学習において、問題や課題を解決するためにプログラミング的思考を用いる活動、ビジュアルを実施するとしても、その時間の目標に対する実現状況で評価すべきことは言うまでもないことである。このことを第一義としつつ、学校として、表 3～5 等に示す観点等を参考にして、各教科等で実施するプログラミング教育（プログラミング的思考）の評価の観点と学習活動における目標及び評価規準を低学年、中学年、高学年の段階等に分けて設定する必要がある。なお、指導と評価は表裏一体の関係であることから、学校としてプログラミング教育を通して育む資質・能力と指導の結果としての児童の姿である評価規準を教師間で共有することは大変重要なことである。そして、各教科等の指導においては、これまで清水らが実践してきた、単元の指導計画や一単位時間の学習指導案に各教科等の目標と評価の観点及びプログラミング教育（プログラミング的思考）に関わる目標と評価の観点を明記して授業を実践するなどの取組を学校全体で行うことが大切である。

引用文献

- 梅澤敦. (2017)「資質・能力を育成する教育課程のあり方に関する研究報告書 ICT リテラシーと資質・能力」平成 28 年度プロジェクト研究調査研究報告書,12,110
 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あり方について」,1-17.

文部科学省. (2017) 小学校学習指導要領, 8

つくば市総合教育研究所. (2017) つくば市プログラミング学習の手引き, 2-11.

文部科学省. (2008) 中学校学習指導要領解説技術・家庭編, 36, 37, 48

(株)ベネッセコーポレーション. (2017) プログラミングで育成する資質・能力の評価規準 (<http://benes.se/keyc>) (2017年12月4日にアクセス)

樋口耕一. (2004) 「テキスト型データの計量分析-2つのアプローチの峻別と統合」『理論と方法』19(1), 101-115.