

小・中学校におけるプログラミング教育の研究

—プログラミング的思考を育む学習活動の工夫—

情報教育研究会議

福山 創¹

佐藤 譲²

藤沢 俊太³

上野 忠章⁴

要 約

小学校では新学習指導要領が全面実施となる 2020 年度からプログラミング教育が必修化される。市立小学校におけるプログラミング教育の実施状況について調査した結果、新学習指導要領に基づくプログラミング教育が指し示す内容を理解すること、具体的な学習活動がイメージできないこと等の課題が明らかとなった。本研究では文部科学省が示したプログラミング教育の目的、本市の施策、現状の課題から、現在の子どもたちが成人して活躍する 2030 年代の社会を志向して、市立学校におけるプログラミング教育の実践イメージを示すモデルとなる年間計画、授業案、教材・教具の準備等を具体的にまとめることにした。そこで、研究主題を「小・中学校におけるプログラミング教育の研究」とし、プログラミング的思考を育む学習活動の工夫について検討した。

新学習指導要領で例示された算数「正多角形」、理科「電気の利用」、総合的な学習の時間に加え、プログラミング教育の初期指導として「かわさき共生＊共育プログラム」のエクササイズにおいて行うプログラミング的思考を育む学習活動の流れを検討した。検証授業を実施し考察した結果、教科等の内容を指導する中でプログラミング的思考を育む学習活動を成立させるためには、教科等の見方・考え方を働かせながら学習課題を達成するための学習活動に取り組むことと、プログラミング的思考を働かせることを両立させる必要があることが分かった。その際に行うべき具体的な学習活動の工夫と、各教科等にも適用できると推察されるプログラミング的思考を働かせる学習活動について、検証授業を通して明らかにすることができた。

キーワード：プログラミング教育、プログラミング的思考、見方・考え方、モデルカリキュラム

目 次

I 主題設定の理由	94	(3) 各教科等の学習活動の検討	99
1 はじめに	94	(4) 学習活動の整理	100
2 プログラミング教育の現状	94	(5) モデルカリキュラムの構想	101
(1) 新学習指導要領等から	94	(6) ICT 環境	101
(2) 本市における施策	95	3 検証授業	101
(3) 市立学校の現状と課題	95	(1) 検証授業の計画	101
3 主題設定について	96	(2) 検証の方法	101
II 研究の内容	97	(3) 検証授業	102
1 研究の方針	97	III 研究のまとめ	111
2 研究の構想	97	1 研究の成果	111
(1) 研究の手順	97	2 今後の課題	111
(2) 育む資質・能力と評価の確認	98	参考文献	112
		指導助言者	112

¹ 川崎市立下平間小学校総括教諭（長期研究員）

² 川崎市立橋小学校教諭（研究員）

³ 川崎市立中原小学校教諭（研究員）

⁴ 川崎市立高津中学校教諭（研究員）

I 主題設定の理由

1 はじめに

2014年11月20日、当時の文部科学大臣による中央教育審議会への諮問文「初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について（諮問）」では、現在の子どもたちが成人して活躍する2030年代の社会について、生産年齢の人口減少やグローバル化、絶え間ない技術革新等によって、社会構造や雇用環境は大きく変化し、子どもたちが就く職業の在り方についても大きく変わるとの見方が示されている。

現在、多くの人々にとって生活必需品となっているテレビ、携帯電話、炊飯器、電子レンジ、冷蔵庫、洗濯機等にはコンピュータが内蔵されている。これらは与えられた命令のもとに自動的に制御され、私たちの生活を便利で快適にしている。さらに私たちの身の回りでは、インターネットの検索エンジンや家庭用の掃除ロボット等、人間が担っている仕事が人工知能やロボットによって代替されるようになってきている。コンピュータやロボット、人工知能といった新しい技術を上手に生活に取り入れていくということは、あらゆる職業でコンピュータと関わるということを意味する。コンピュータにどのような命令を与え制御するのか、いわゆるプログラミングの活用方法や技術の内容について体験を通して学ぶことが既に必要となってきており、その傾向は今後ますます強くなっていくと考える。

2 プログラミング教育の現状

(1) 新学習指導要領等から

新学習指導要領¹では、情報活用能力を言語能力、問題発見・解決能力等と同様に学習の基盤となる資質・能力と位置付け、教科等横断的に育成を図ることとされた。特に小学校では各教科等の特質に応じて「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」を計画的に実施することとして、従来の学習指導要領でも記述されてきた情報活用能力の一環としてプログラミングが明記されている。プログラミングを体験しながら論理的思考力を身に付けるための学習活動は、特に第5学年の算数「B図形」と第6学年の理科「A物質・エネルギー」において例示されている。また、総合的な学習の時間では探究的な学習の過程に適切に位置付くようにすることとされている。新小学校学習指導要領解説総則編²では「小学校においては教育課程全体を見渡し、プログラミングを実施する単元を位置付けていく学年や教科等を決定する必要がある。」としている。さらに、小学校プログラミング教育の手引³(以下、原則として「手引」と表記)では各教科等の目標・内容を踏まえた指導の考え方について、「『プログラミング的思考⁴』(表1)の育成、プログラミングの良さ等への『気づき』やコンピュータ等を上手に活用しようとする態度の育成をはかることが望まれます。さらに、各教科等の内容を指導する中で実施する場合には、これらに加え、それぞれの教科等の目標の実現を目指した指導に取り組むことが求められます。」⁵と示されている。

表1 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。

プログラミング教育の小学校への導入は、中央教育審議会における学習指導要領の改訂に向けた議論の

¹ 文部科学省『小学校学習指導要領』 2017年3月

² 文部科学省『小学校学習指導要領解説総則編』 2017年6月

³ 文部科学省『小学校プログラミング教育の手引』 2018年 (第一版)3月 (第二版)11月

⁴ 文部科学省『小学校プログラミング教育の手引(第一版)』 2018年3月 p.11

⁵ 文部科学省『小学校プログラミング教育の手引(第二版)』 2018年11月 p.22

中で検討されてきたが、それと並行して「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「有識者会議」と表記）において、より詳細な議論が行われた。中央教育審議会答申の別紙⁶では、「プログラミングについては、有識者会議の議論（別紙3-2参照）を踏まえつつ位置付けること。」としている。「有識者会議」では「議論の取りまとめ⁷」において「プログラミング教育とは、子供たちに、コンピュータに意図した処理を行うように指示することができるという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』などを育むことであり、コーディングを覚えることが目的ではない。」としている。これらのことを踏まえて、本研究では表2の通りにプログラミング教育を定義した。

表2 プログラミング教育とは

子どもたちに、コンピュータに意図した処理を行うように指示することができるという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」などを育成すること。

（2）本市における施策

本市では、かわさき教育プラン⁸基本政策Ⅱ「学ぶ意欲を育て、『生きる力』を伸ばす」で「教育の情報化推進事業」を設定し、教育の情報化が推進されている。具体的な推進施策等は「川崎市立学校における教育の情報化推進計画」の中で27の事務事業に整理され、2017年度から第2期の取組が始まっている。そのうち2番目に掲げられているのが「川崎市版モデルカリキュラムの作成（小学校におけるプログラミング教育の位置づけ）」である。また、基本政策Ⅲで「共生・共育推進事業」を設定し、本市の市立小学校から高等学校までのうち特に小学校1年生から中学校3年生に各学年で年間6時間を標準として「かわさき共生*共育プログラム」（以下「共生*共育」と表記）を教育課程に位置付けている。子どもの自尊感情を向上させること、他者とのかかわりを深めること、所属集団の発展・改善を目指すこと、といった社会性を育成する「共生*共育」の内容は主体的かつ対話的な学び方で進められる。「共生*共育」には、集団の凝集性を高めるために「友だちづくり（他者理解・共感）」と「仲間づくり（協力、合意・創造的思考）」をねらいとして、プログラミングツールViscuit⁹を使ってプログラミングを体験しながら他者と協働して課題解決に取り組むためのグループ活動を行うエクササイズ「みんなで楽しい水族館をつくろう！」が2018年度から設定されている¹⁰。

（3）市立学校の現状と課題

小学校では新学習指導要領が全面実施となる2020年度からプログラミング教育が必修化される。企業・団体や地域等の専門家と連携し協力を得ることも考えられるが、各学級担任がプログラミング教育を実践していくことが現実的だといえる。学習指導要領に初めて記載されたという点、教員自身に小学校でプログラミング教育を受けた体験が無いといえる点、また、全ての小学校での具体的な例として各校が参考にできるカリキュラムが未整備である点、さらに、様々な分野から多様な解釈でのプログラミング教育への取組がされている点などから、市立小学校でプログラミング教育を実施するための準備が必要であると考えられる。

⁶ 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）別紙」2016年12月p.10

⁷ 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「議論のとりまとめ」2016年6月 http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm

⁸ 川崎市『第2次川崎市教育振興基本計画 かわさき教育プラン 第2期実施計画（2018～2021）』2018年3月

⁹ Digitalpocket「Viscuit」5歳児から小学校低学年でも使用できる教育用のビジュアルプログラミング言語。

¹⁰ 川崎市教育委員会『かわさき共生*共育プログラムエクササイズ集』2018年3月pp.90-93

このような背景を受けて、市立小学校におけるプログラミング教育の実施状況について情報教育学校担当者を対象とした質問紙調査を実施した¹¹。その結果を単独集計したのが図1である。新学習指導要領の理解について肯定的な回答が約6割だったのに対して、プログラミング教育に関する理解や準備等については肯定的な回答が多くとも3割に満たない。また、プログラミング教育を実施するために研修を受けたとの回答が2割弱、実際の授業イメージをもっているとの回答が3割弱あるのに対して、実際に新学習指導要領や「手引」を踏まえたプログラミング教育を始めているとの回答は1割余りであった。

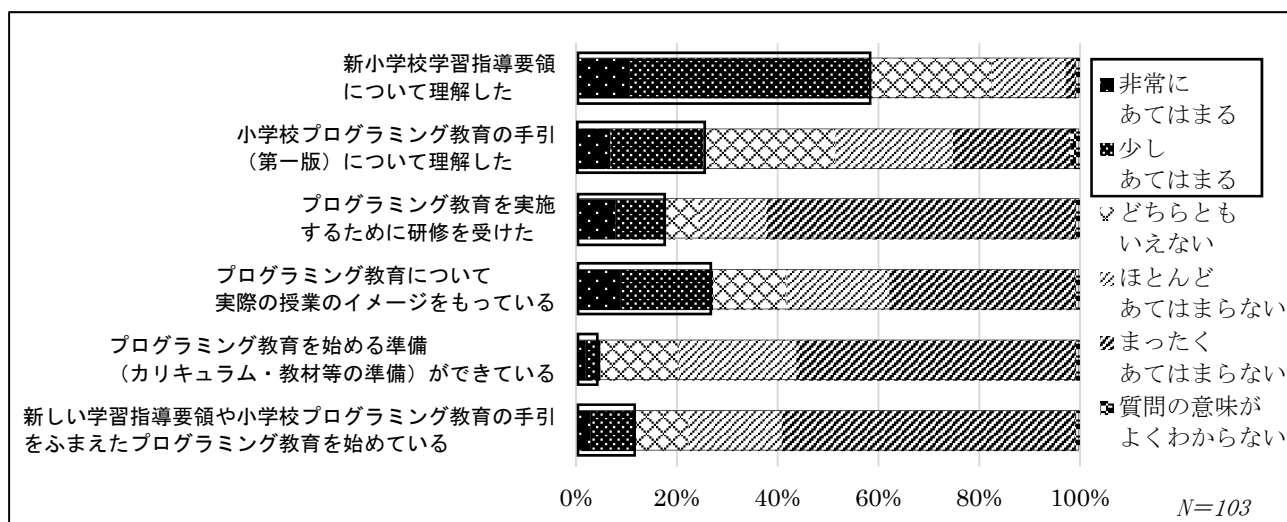


図1 質問紙調査の結果 (抜粋) (単独集計)

さらに自由記述の回答を分析・考察した結果、表3に示した通り、市立小学校におけるプログラミング教育の実施に関する状況がわかってきた。

表3 市立小学校におけるプログラミング教育の実施に関する教員の意識

- 「手引」の理解をしていなかったり、研修を受けていなかったりすると実際の授業イメージがもてない。
- 授業イメージをもただけではカリキュラムや教材の準備、実践がすぐにできるというわけではない。
- カリキュラムや教材の準備ができていたり、研修を受けた経験があったりすると授業実践ができる。
- プログラミング教育への取組のイメージを持つことができていなかったり、プログラミング教育の位置付けを知りたいと思ったりしている。
- プログラミング教育の全面実施に向けて準備をしたいが、そのために必要なカリキュラムや研修について具体的な情報が少なく、困ったり気になったりしている。

3 主題設定について

本研究では、文部科学省が示したプログラミング教育の目的、本市の施策、現状から見える課題から、現在の子どもたちが成人して活躍する2030年代の社会を志向して、本市におけるプログラミング教育の実践イメージを示すためにモデルとなる年間計画、授業案、教材・教具の準備等を具体的にまとめていきたいと考え、研究主題を次のように設定した。

研究主題

小・中学校におけるプログラミング教育の研究
—プログラミング的思考を育む学習活動の工夫—

¹¹ 2018年4月27日実施。対象となる小学校113校のうち有効回答数は103校であった。

II 研究の内容

1 研究の方針

2017年3月に学習指導要領が告示され、小学校では2018年度からの2年間が移行期間となったことと、プログラミング教育を教育課程上で新たに実施していくことを踏まえて、新学習指導要領とその解説及び「手引」に準じて本研究を進めていくこととした。一方、中学校では旧学習指導要領¹²⁾において既に技術・家庭科の技術分野「D 情報に関する技術」の(3)においてプログラムによる計測・制御について指導している(表4)。さらに新学習指導要領¹³⁾では、小学校におけるプログラミング教育の成果を生かし発展させるという視点から、従前からの計測・制御に加えて、ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングについても取り上げることとなった(表4)。新しいカリキュラムが検討中であること、2018年度から2020年度まで小学校から1年間長い3年間の移行期間であること、小・中学校の学習内容の接続を考慮した研究とすることから、中学校では新学習指導要領の内容を意識しつつ旧学習指導要領とその解説に準じることとした。

表4 技術分野におけるプログラミングに関する新旧内容項目

新(2017年3月告示)	旧(2007年3月告示)
D 情報の技術 (2) 生活や社会における問題を、ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングによって解決する活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。 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グ等ができること。 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) 生活や社会における問題を、計測・制御のプログラミングによって解決する活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。 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グ等ができること。 イ 問題を見いだして課題を設定し、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。	D 情報に関する技術 (3) プログラムによる計測・制御について、次の事項を指導する。 ア コンピュータを利用した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。

以上のことから、本研究は、小・中学校の学習内容の接続を考慮しつつ、主に小学校プログラミング教育を対象に進めていく。多くの教員にとって小学校プログラミング教育は新学習指導要領によって初めて実施されることになるので、小学校プログラミング教育の指導経験が少ない教員にも本市のICT環境を踏まえた実践イメージを分かりやすく示すために具体的で典型的な事例を提示することに留意する。

2 研究の構想

(1) 研究の手順

プログラミング教育は、学習指導要領に例示された教科等に限定することなく、多様な教科・学年・単元等において取り入れることが可能である。しかし、例示された単元を市立学校のICT環境で実現可能な実践案は具体的に示されていない。また同様に、プログラミングを体験する機会を設定したカリキュラム案も示されていない。さらには、例示された単元よりも前に取り組める、プログラミング教育の初期指導的な単元も示されていない。新学習指導要領によって初めて実施される小学校プログラミング教育について、具体的で典型的な事例としてモデルとなるカリキュラムは未整備である。ICT環境をは

¹²⁾ 文部科学省『中学校学習指導要領』2008年3月

¹³⁾ 文部科学省『中学校学習指導要領』2017年3月

じめとする本市の現状を十分に考慮して研究を進められるように研究の手順（図2）を設定した。

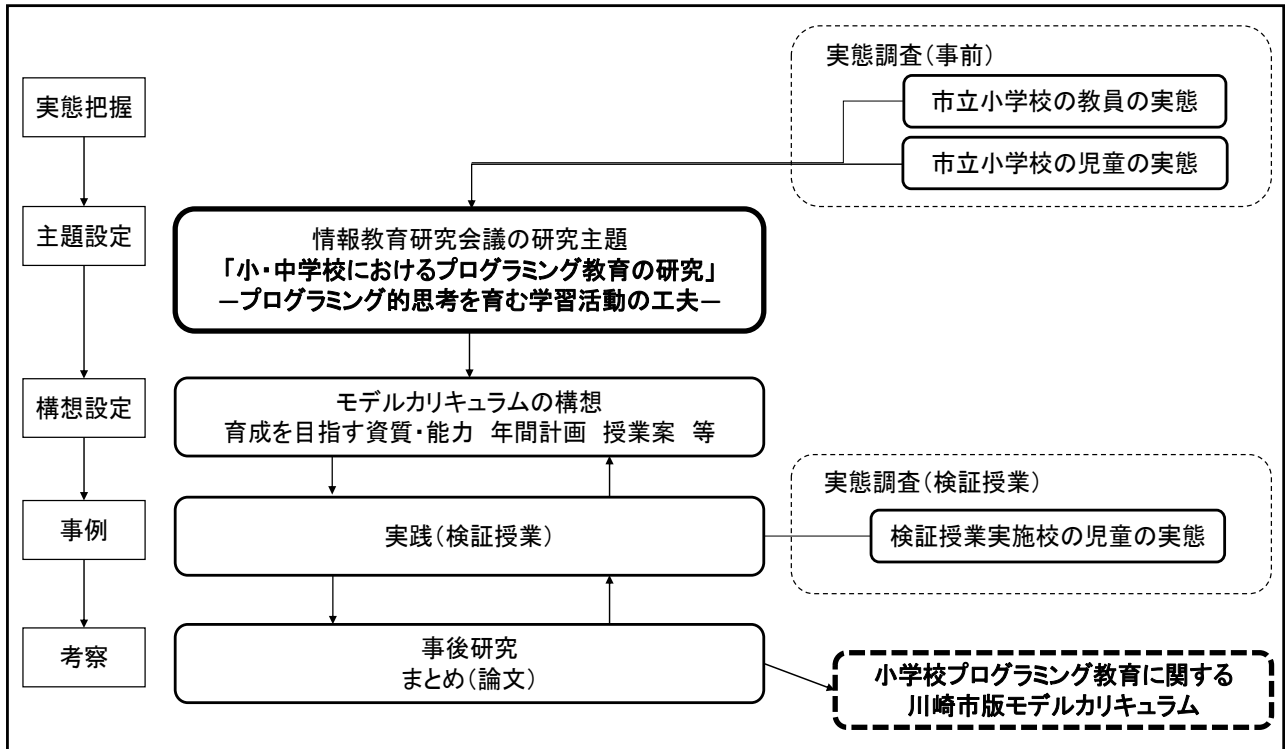


図2 研究の手順

(2) 育む資質・能力と評価の確認

本研究では、「手引」¹⁴の記述に基づいて、小学校におけるプログラミング教育のねらいを図3にまとめた。

「手引」では、「プログラミングに取り組むことを通じて、児童がおのずとプログラミング言語を覚えたり、プログラミングの技能を習得したりするといったことは考えられますが、それ自体をねらいとしているのではないということを、まずは押さえておいてください。」とも述べられている。これらのことを踏まえて、本研究におけるプログラミング教育で育む資質・能力と評価も、「手引」に準じることとした（表5）。

また、特にプログラミング教育で育む知識及び技能

- ① 「プログラミング的思考」をはぐむこと。
- 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こと。
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 各教科等での学びをより確実なものとする。

<<前提>>

児童がプログラミングに取り組んだり、コンピュータを活用したりすることの楽しさや面白さ、ものごとを成し遂げたという達成感を味わうこと。

図3 小学校プログラミング教育のねらい

表5 小学校プログラミング教育で育む資質・能力と評価

知識及び技能	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。
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。
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。
<ul style="list-style-type: none"> ● プログラミングを学習活動として実施した教科等において、それぞれの教科等の評価規準により評価する。（成績はつけない） ● 育みたい力を明らかにし、各教科等において「プログラミング的思考」等を育むための学習活動を計画、実施して資質・能力の伸びを捉える。 	

¹⁴ 文部科学省『小学校プログラミング教育の手引（第二版）』 2018年11月 p.11

については「有識者会議」の議論のとりまとめにおいて、小・中・高の学校段階に応じて表6のように示され¹⁵「手引」にも引用されている。思考力、判断力、表現力等や、学びに向かう力、人間性等が、「発達段階に即して」とあるのに対して、知識及び技能に対しては学校段階別の記述があるのが特徴的である。

表6 各学校段階におけるプログラミング教育で育む知識及び技能

小学校	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。
中学校	社会におけるコンピュータの役割や影響を理解するとともに、簡単なプログラムを作成できるようにすること。
高等学校	コンピュータの働きを科学的に理解するとともに、実際の問題解決にコンピュータを活用できるようにすること。

(「有識者会議」議論の取りまとめより作成)

このことについて「手引」では、「プログラムを作成する上でのアルゴリズム（問題を解決する手順を表したもの）の考え方やその表現の仕方、コンピュータやネットワークの仕組み、コンピュータを用いた問題の発見・解決のための知識及び技能等については、中学校や高等学校の各教科等で学習しますので、小学校段階ではこうしたことへの『気づき』が重要と考えられます。」¹⁶と述べられている。小学校プログラミング教育のねらい、育む資質・能力、評価の考え方を明確にして研究を進めていくことで、本研究の方針の一つである小・中学校の学習内容の接続を考慮した研究となると考える。

(3) 各教科等の学習活動の検討

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は、各教科等の目標・内容を踏まえた学習活動の例として「手引」に例示されている¹⁷(表7)。本研究でもこれに準じて小学校段階

表7 小学校段階のプログラミングに関する学習活動の分類

教育課程	分類	学習活動
内	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
	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
	C	教育課程内で各教科等とは別に実施するもの
	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
外	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

のプログラミングに関する学習活動を分類した。表7において教育課程内で実施するのがA・B・C・D、教育課程外がE・Fである。小学校プログラミング教育の指導経験が少ない教員にも本市のICT環境を踏まえた実践イメージを分かりやすく示すために具体的で典型的な内容を提示する本研究の方針から、学習指導要領に例示されている単元等で実施するAと、「共生＊共育」に設定されているプログラミング体験を含むエクササイズが該当するCをモデルカリキュラム上で必修の学習活動として設定した。

分類A・B・Cについて、教師が授業実践を行う際に参考にすることを前提としてインターネット上に公開されている日本語の実践例¹⁸のうち、算数4事例と理科3事例についてプログラミング的思考をする場面について比較、検討を行った。その結果、算数でプログラミング的思考をする学習活動では、既習事項やきまりを使った算数的な処理・表現をプログラムで表現する活動が見いだされた。活

¹⁵ 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「議論のとりまとめ」 2016年6月 http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm

¹⁶ 文部科学省『小学校プログラミング教育の手引(第二版)』 2018年11月 p.12

¹⁷ 同上 pp.19-29

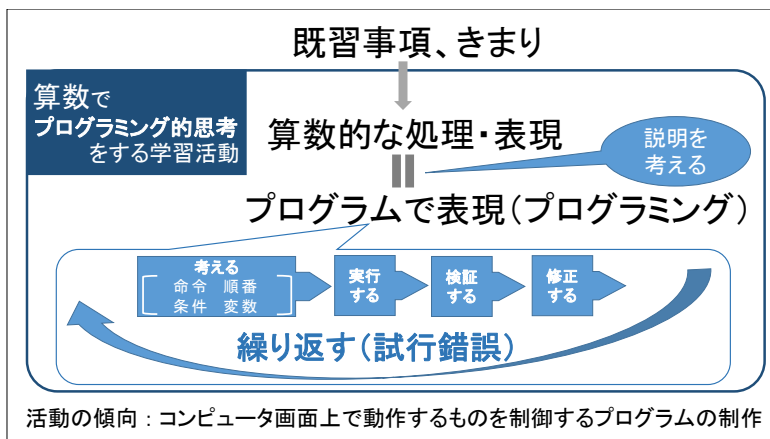
¹⁸ 未来の学びコンソーシアム「小学校を中心としたプログラミング教育ポータル」

※文部科学省・総務省・経済産業省の連携による組織 <https://miraino-manabi.jp/>
特定非営利活動法人みんなのコード「プログル」 <https://proguru.jp/>

動の内容としては、コンピュータ画面上で動作するものを制御するプログラムの制作を行う傾向がみられた(図4)。理科でプログラミング的思考をする学習活動では、学習課題を達成するための手立てをプログラムで表現する活動が見いだされた。活動の内容としては実物をコンピュータで制御するプログラムの制作を行う傾向がみられた(図5)。算数及び理科の事例検討から、各教科等の見方・考え方を働かせながら行う学習活動のいくつかの中にプログラミング的思考をするものがあると考えられ、他の教科等でも同様に考えられるのではないかと予測した。

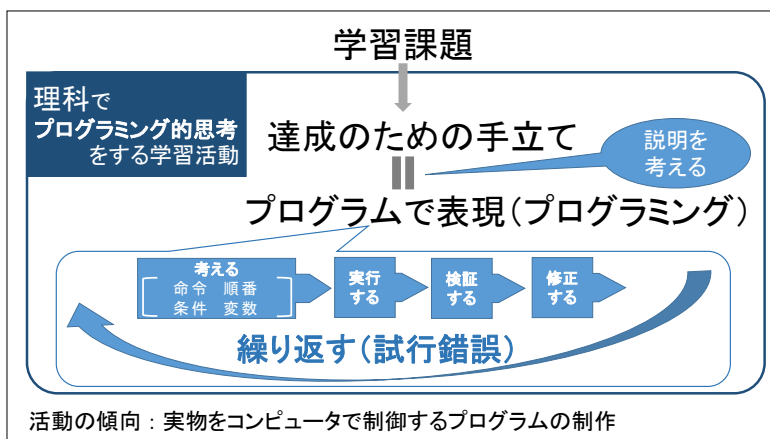
(4) 学習活動の整理

小学校段階のプログラミングに関する学習活動の実施時期について、本市で採用されている教科書の単元配列を考慮して分類ごとに整理した(表8)。



活動の傾向：コンピュータ画面上で動作するものを制御するプログラムの制作

図4 算数でプログラミング的思考をする場面



活動の傾向：実物をコンピュータで制御するプログラムの制作

図5 理科でプログラミング的思考をする場面

表8 本市における小学校プログラミング教育に関する学習活動の実施時期

学年	月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
6	特別活動(1) 【かわさき共生・ 共育プログラム】 【第3～6学年】	総合的な学習の時間(4)【第3～6学年】 探究課題を数定して行う 探究活動のまとめ・表現										理科(2) A 物質・エ ネルギー(4) 電気の利用	
		横断的・総合的な課題(現代的な諸課題)として 国際理解、情報、環境、福祉、健康、 資源エネルギー、安全、食、科学技術 など 地域や学校の特色に応じた課題として 町づくり、伝統文化、地域経済、防災 など 児童の興味・関心に基づく課題 ものづくり、生命 など										算数(1) B 図形(1) 正多角形	
4	仲間づくり 「みんなで楽しい 水族館を作ら う!」	クラブ活動【第4～6学年】※コンピュータクラブ等											
		特別活動(1) 休み時間の過ごし方 ～どこで過ごすか 考えよう～											
		特別活動(1) 清掃の手順 ～清掃の進め方を 考えよう～											
3	特別活動(1) 清掃の手順 ～清掃の進め方を 考えよう～	特別活動(1) 給食の手順 ～給食の準備の進め方を 考えよう～											
		特別活動(1) 給食の手順 ～給食の準備の進め方を 考えよう～											
2	特別活動(1) 清掃の手順 ～清掃の進め方を 考えよう～	特別活動(1) 給食の手順 ～給食の準備の進め方を 考えよう～											
		特別活動(1) 給食の手順 ～給食の準備の進め方を 考えよう～											
1	特別活動(1) 清掃の手順 ～清掃の進め方を 考えよう～	特別活動(1) 給食の手順 ～給食の準備の進め方を 考えよう～											
		特別活動(1) 給食の手順 ～給食の準備の進め方を 考えよう～											

表8では、第5学年の算数「正多角形」と第6学年の理科「電気の利用」を分類Aに配した。分類Aが年度の終盤に位置したので、例示された単元よりも前の段階で取り組めるプログラミング教育の初期指導的な学習活動は、第3～6学年を対象とした特別活動「みんなで楽しい水族館を作ろう！」

(共生*共育)を配し分類Cとした。さらに、分類Cには第1～3学年の特別活動を対象としてコンピュータを用いずにプログラミング的思考を育む学習活動を配した。総合的な学習の時間については、特定の時期を設定せずに通年とした。

(5) モデルカリキュラムの構想

表9 モデルカリキュラムの構想

小学校プログラミング教育の実践イメージを示すためにモデルとなる、年間計画、授業案、教材・教具の準備等を具体的にまとめることを意図してモデルカリキュラムの内容を構想した(表9)。特に全市立小学校で確実に実施できるという点と、各校の創意工夫を妨げないという点から、典型的で具体的な内容を必要最小限の量で示す。

項目	内容
年間計画	・単元配列表の中で時期と学年・教科・単元を示す。
授業案	・学習指導要領で例示された単元を市内の標準的な学校のICT環境で実現可能なもの。 ・プログラミングを体験する機会として設定したもの。 ・例示された単元よりも前に取り組める、プログラミング教育の初期指導的なもの。
準備	・教材・教具の仕様、設置等を示す。

(6) ICT環境

表10 川崎市立小学校におけるICT機器設置状況(平成30年度)

本研究の前提となる市立小学校のICT機器の設置状況について表10にまとめた。原則としてICT機器は5年間のリース契約で運用されており、導入の時期によって78校・35校・1校の群に分かれ仕様も若干異なるが配当数は全市立小学校共通である。

設置場所	機種	台数	備考
コンピュータ室	ノートPC	40	Windows8又は8.1、有線接続
移動可能	タブレットPC	10	Windows8又は8.1、無線接続
普通教室	ノートPC	※1	※1 全学級、授業用
普通・特別教室	大型モニタ	※2	※2 全学級、50インチ
※3 全教室	実物投影装置 有線LAN	8 -	※3 学校毎に運用を工夫 教育用ネットワークに接続
移動可能	無線LANアクセス ポイント	3	教育用ネットワークに接続

3 検証授業

(1) 検証授業の計画

モデルカリキュラムの構想に沿って設定した授業を検証するための計画について表11にまとめた。

表11 検証授業の計画

分類	各教科等	学年	単元名等	検証の視点
㊦	C	特別活動	5年 みんなで楽しい水族館を作ろう	新学習指導要領で例示された単元よりも早い段階で取り組める初期指導的な学習活動としての有効性。
㊧	B	総合的な学習の時間	5年 まとめ・表現	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)する場面として設定した学習活動の有効性。
㊨	A	理科	6年 電気の利用	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について、プログラミングを通して学習する場面として設定した学習活動の有効性。
㊩	A	算数	5年 正多角形と円	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作図する場面として設定した学習活動の有効性。

表11において、㊦は分類Aの学習活動よりも前の段階で取り組むことを意図して、「共生*共育」のエクササイズにプログラミング教育の初期指導的な要素をもたせた特別活動の授業を実施し、その有効性を検証することとした。㊧㊨㊩は新学習指導要領に例示されている単元等の授業として、プログラミング教育のねらいを設定し、その活動場면을検討した。また、㊧は、検証授業実施時は分類Aとしていたが、その後に発表された「手引」の第二版に準じて、分類Bの実践例として再設定した。

(2) 検証の方法

具体的で典型的な事例を提示するという本研究の方針に則って、本市で採用されている教科書等に

準じた授業の内容で授業案を作成した。プログラミング的思考を育むための工夫は、学習活動や指導上の留意点に記述した。設定した工夫が有効であったかどうかを検証するために、授業記録や振り返り、質問紙から得られた児童の言動に関する記述を分析した。ここで得られる内容は、学習活動に関する具体的なことから極めて個人的な感想まで、非常に多様である。そのため、要約をすることも分析者の恣意的・主観的な解釈となってしまう可能性がある。そこで、こうした可能性をできる限り回避し、客観性を確保しつつ記述内容の全体的な傾向を捉えるために計量テキスト分析¹⁹と呼ばれる手法を用いることとした。この方法から得られた結果を客観的な根拠として、実際に検証授業を観察した研究会議の構成員による考察を行った。分析結果の記述においては、回答者の記述を“ ”内に原文のまま抜粋した。なお、抜粋に際してはKWIC(Key Words in Context)コンコーダンスのコマンドを用い、それぞれの語がどのように用いられているか、文脈を探った。[]を付しているのは、表または図の中に現れている抽出語である。

(3) 検証授業

① 検証授業④ プログラミング教育の初期指導としての特別活動の授業実践における試み

ア 対象及び時期

表 12 学習の流れ (検証授業④)

コンピュータの基本的な操作技能をもっているがプログラミング教育は未経験である川崎市 A 小学校の 5 年生 29 名を対象として、2018 年 6 月に特別活動（「共生＊共育」）の授業として行った²⁰。

イ 授業の概要

「共生＊共育」のエクササイズの一つである「みんなで楽しい水族館をつくろう！」をもとに、学習の流れを計画した（表 12）。これは集団の凝集性を高めたい時に随時行うよう設定されており、プログラミングツール Viscuit を使いながらグループで各自が描いた生物が泳ぐ水族館をつくる活動である。5 歳児からでも十分に使用できるという同ツールの特徴を生かしてプログラミング教育の初期指導としての特色をもたせた。これはコンピュータでプログラミングツールを初めて扱う機会としてカリキュラム上に設定したという意味でもある。

5 年特別活動（かわさき共生＊共育プログラム） 「みんなで楽しい水族館をつくろう！」（相互理解・協力） プログラミングに関する学習活動： プログラミングツールを使いながら、主体的かつ対話的な学び方でグループ活動を進める場面 ねらい：友達と協力して水族館を表現する楽しさを味わう。 ※準備：タブレットコンピュータ 1 台／3～4 人 ※プログラミングツール：Viscuit ⁸	
展開	学習の流れ〔指導上留意した点〕
導入 10 分	アイスプレイング 学習課題の確認 「グループで協力してオリジナルの水族館をつくろう」 学習を進める上でのルールと基本操作の確認
展開 25 分	順番に自分の海の生き物を描く 海の生き物の泳がせ方（動きの設定方法）を確認 生き物がぶつからないように動きを工夫 〔めがねの左右の魚の位置やズレが、動きの速さや方向につながり、自分の命令が画面の動きに反映されていることが体感できるようにする。〕 工夫の意図を発表し合う
わかちあい 10 分	感想の発表・交流 教師の価値付け 〔たとえぶつかってしまったも、ぶつからないように工夫しようとして協力して活動したりできたことが大切だということを伝える。〕 振り返りを書く 〔活動の中で気づいたことを、今後の自分の生活に生かすことができるように振り返って、活動を締めくくれるようにする。〕

授業の展開部における「めがねの左右の魚の位置やズレが、動きの速さや方向につながり、自分の命令が画面の動きに反映されていることが体感できるようにする。」という点で、児童がプログラミング的思考を働かせることを期待した。

¹⁹ テキスト型データの計量的な内容分析を行うための手法。今回使用したソフトウェアである KH Coder では、多変量解析（クラスター分析・多次元尺度構成法・自己組織化マップ・共起ネットワーク等）が行える。具体的な手順は、越中ら「テキストマイニングによる授業評価アンケートの分析」の分析手法を参考にした。

²⁰ 「共生＊共育」について、小学校 1 年生から中学校 3 年生は各学年 6 時間を標準とされ、各学校で工夫して時間を確保している。検証授業校では特別活動の時数である 35 時間に 6 時間を加えて 41 時間に拡充して実施している。

本授業のプログラミングをする学習活動で育む資質・能力については、特に「学びに向かう力、人間性等」に関して、他者と協働しながら粘り強くやり抜く態度の育成という点からも、「共生＊共育」の指導を通じてプログラミングの体験を計画的に取り入れ、カリキュラムに位置付ける価値があると考えた。モデルカリキュラムの構想における、新学習指導要領で例示された単元よりも早い段階で取り組める初期指導的な学習活動を表 12 にまとめ、学習の流れの中で学習活動の内容や指導上留意した点が有効であったかを検証した。

ウ 児童の意識の把握

授業前・中・後の時点で児童の意識を把握した。授業前は質問紙調査、授業中は授業記録、授業後は児童の振り返りを用いた。質問紙調査は、プログラミング教育で育む資質・能力（表 5）の内容を踏まえて設問を設定し、自由記述の形式で行った（表 13）。その際、各設問に 5 分間ずつ与え、最後に文を整えるための 5 分間を与えた。回答ができない場合は、「よくわからない」等率直に書くようにさせ、なるべく空欄にしないようにした。

授業記録は、授業の様子を撮影した動画を参考資料として言動を書き出した逐語記録である。児童の振り返りは、「今日の授業を振り返って感想を書きましょう。」という設問に対して縦 11cm 横 18cm の回答欄に自由に記述する形式で行った。回答時間は 10 分間である。

エ 検証授業の結果と考察

a 語の傾向

児童の意識の把握をするために授業前に行った質問紙調査、授業記録、授業後に行った児童の振り返りのそれぞれについて、記述を得た。得られた記述について、総語数、何種類の語が含まれたかを示す異なり語数を、授業の前・中・後それぞれでまとめた（表 14）。さらに、上位 20 語までの頻出語を授業前・中・後毎にまとめた（表 15）。

表 14 総語数、異なり語数

文	総抽出語数 (使用)	異なり語数 (使用)
授業前	189	3906 (1552)
授業中	131	1880 (688)
授業後	98	2175 (783)

b 考察

抽出語が分析対象となった記述の中でどのように用いられていたのかという文脈を探るため、KH Coder の KWIC (Key Words in Context) で抽出語を検索して文脈を確認した。

表 13 児童の意識を把握するための設問

資質・能力	質問
知識及び技能	あなたの身の回りでは、コンピュータがどんなことに役立っていると思いますか。知っていることを書きましょう。
知識及び技能 思考力、判断力、表現力等	自分で問題や課題を解決したいとき、あなたならどうしますか。自分の考えを書きましょう。
学びに向かう力、人間性等	コンピュータをどんなことに役立てていきたいですか。自分の考えを書きましょう。

表 15 授業前・中・後の頻出語リスト

	授業前		授業中		授業後	
	頻出語	回数	頻出語	回数	頻出語	回数
1	コンピュータ	59	思う	10	協力	32
2	調べる	56	生き物	10	作る	23
3	思う	44	サメ	8	水族館	20
4	使う	41	描く	8	八ヶ岳	20
5	人	36	話し合う	8	今日	18
6	聞く	25	海	7	活かす	15
7	辞書	24	協力	7	学習	8
8	電話	22	似る	7	話し合う	8
9	わかる	20	上	7	カレー	6
10	自分	20	水族館	7	動かす	6
11	携帯	18	動き	7	良い	6
12	知る	17	班	7	グループ	5
13	解決	16	イカ	6	工夫	5
14	役立つ	15	カレー	6	作品	5
15	漢字	14	色	6	生き物	5
16	仕事	13	魚	5	卒業	5
17	自動	12	生かせる	5	コンピュータ	4
18	分かる	12	チンアナゴ	4	授業	4
19	インターネット	10	八ヶ岳	4	難しい	4
20	テレビ	10	ちょっと	3	使う	4

授業前の頻出語を見てみると、[携帯]電話、電子[辞書]、[インターネット]といったものが、コンピュータが身の回りで役立っている事例として児童に認識されていることが分かった。[調べる]が上位なのは、「自分で問題や課題を解決したい時に保護者等に聞いて調べる」といった回答が頻出したためである。課題や手順を意識的に書き出した回答はほとんど無かった。

授業中を見てみると、[班]で[協力]して[水族館]を作るために [描く][生き物]について [話し合う]といった、「共生*共育」のねらい通りの活動がなされている(図6)。また、[生き物]の[動き]を[ちょっと]斜めにしたり[上]の方へ調整したりするといった言動が多く、[班]で対話をしながら[生き物]の動きの制御を試行錯誤する、といったプログラミング的思考を体験していた。

授業後では、[班]で[協力]して[水族館]を[作る]ことができ良かった、といった文章が多かった。さらに、[協力]した経験を[八ヶ岳]で行われる自然教室で[活かす]ことができる、といった形の回答が非常に目立った。このことは、授業中・後の抽出語に関して典型的な文脈をまとめた表 16からもわかる。「共生*共育」のねらいを児童自らが認識して言語化しただけでなく、身近なことにその知識や経験を生かそうとする態度もうかがえる(図7)。一方で、プログラミングに関する記述は、1名の「動きの速度や位置がすごく大変だった」という一文を除いて、児童が自らのプログラミング的思考を認識した表現は見られなかった。

以上のことから、社会性を育成するかわさき共生*共育プログラムにおいて、プログラミングツール「Viscuit」を使いながら主体的かつ対話的な学び方で進めるグループ活動が成立することを確認できたので、プログラミング教育の初期指導として有効な学習活動であったと言える。特に、「めがねの左右の魚の位置やズレが、動きの速さや方向につながり、自分の命令が画面の動きに反映されていること」を3人程度のグループで話し合いながら試行錯誤する活動が重要であった。この活動の中には ICT の基本的な操作やプログラミング的思考を行う場面も内包されていることも確認できた。

表 16 抽出語の用いられている文脈

主な抽出語	主な文脈
動き 上	<ul style="list-style-type: none"> 位置を調整し、実行して動きを確かめることを繰り返しながら納得できる動きを探していく。 クラゲ。ここから速度を遅くしよう。方向を右上に向けよう。
水族館 話し合う 八ヶ岳 活かす	<ul style="list-style-type: none"> 水族館を作るとき、最初にテーマを決めてそれに合わせて魚を作ったから、そこまで意味のわからない水そうにはならなかったから、そこは良かった。この水族館作りを活かすなら、みんなで話し合っ、相手の意見を聞く場面に活かせると思った。 ピスケットで、友達と試行錯誤できました。お父さんは、大人になって社会に出たら会社の中で、小さいチームで活動することが増えるから、今勉強していると言っていました。この共生*共育の授業は、八ヶ岳で活かせると思います。
動かす 難しい	<ul style="list-style-type: none"> 今日水族館の魚を動かしてぶつからないようにするのが難しかったです。今日協力したことを家庭科の調理実習や九月の八ヶ岳のカレー作りなどに活かしていきたいです。



図6 班で協力しながら活動を楽しむ児童

水族館をつくる時、最初にテーマを決めて、それに合わせて魚を作ったから、そこまで意味の分からない水そうにはならなかったから、そこは良かった。この水族館作りを活かすなら、みんなで話し合っ、相手の意見を聞く場面に活かせると思った。それは、意見を素直に取り入れれないとつくるものがまらまず、ごちゃごちゃしたものになってしまうからだった。話し合うことも協力だから、やっぱり協力はとても大切なことだと思った。

図7 典型的な振り返りの例

② 検証授業④ 総合的な学習の時間における課題について、探究して分かったことなどをプレゼンテーションする場面としての学習活動の検討

ア 対象及び時期

コンピュータの基本的な操作技能をもち、検証授業①と同じ内容の授業を経験している市内B小学校の5年生36名を対象として、2018年10月に総合的な学習の時間の学習活動として行った。

イ 授業の概要

「手引」の分類Bに例示された、総合的な学習の時間において課題について探究して分かったことなどをプレゼンテーションする学習活動を設定した。この学習活動は課題を設定して行う探究活動のまとめ・表現の段階に位置付けた。総合的な学習の時間として確実に育みたい力は「プログラミングによって分かりやすく効果的な資料を作成することを通して、分かったことや考えたことなどを的確に発表する力」²¹である。プログラミングの直接的な対象となるのはコンピュータでプレゼンテーションソフトを用いてスライドを作成する活動だが、プレゼンテーションの計画・作成・練習・修正という一連の過程においてもプログラミング的思考を働かせることをねらって学習の流れを設定し(表17)、検証した。

表17 学習の流れ(検証授業④)

時間	学習活動(活動単位)	指導上留意した点
5年総合的な学習の時間「中間報告会でグループの活動内容をプレゼンしよう」(検証授業 1～4時間目/4時間) プログラミングに関する学習活動：課題について探究して分かったことや考えたことなどを、プログラミングによって、より分かりやすく効果的に発表(プレゼンテーション)する資料を作成する場面 目標：自分たちの思いや考えを伝えることができるようにグループで話し合いながら、より分かりやすく効果的にプレゼンテーションする資料を作成できる。 準備：コンピュータ1台/3～4人、プログラミングツール：キューブきつず・プレゼン(プレゼンテーションソフト) ²²		
1時間目	● プレゼンテーションのコンセプトを考える。 ● プレゼンテーションで伝えたいことを考える。 ● 伝える順番を考える。	● プレゼンテーションとは自分の思いや考えを他者が理解しやすいように目に見える形で伝えることを確認する。 ● コンセプトとは、意図や構想、テーマを含んだ基本的な考えを指すことを確認する。 ● 目的を明らかにし、課題解決のための判断基準を決めるために次のことを考えるようにする。{めあて・相手・相手に期待する結果・発表までの日程} ● 活動に使える時間数や発表日等を伝え、児童が見通しをもって活動できるようにする。 ● 最終的に一番伝えたいことを伝えるために必要なことを考え、一つずつ書き出すようにする。 ● どの順番で伝えると最適なのか、コンセプトに沿って試行錯誤させる。書き出した項目をならべ、順番を検討できるようにする。
2時間目	● スライドを作成する。	● 原則として1枚のスライドにつき1つのことを伝えるようにする。
3時間目		● 文字・音声・アニメーションなどを使って伝えたい内容を効果的に示すための効果をスライドに設定すること、といった工夫の内容を具体的に考え実行することを通してプログラミング的思考を働かせるようにする。
4時間目	● 作成したスライドを使ってプレゼンテーションの練習を行う。	● スライドを作成した時の工夫に加え、場の設定や役割分担、発表の手順などを、実際に試行錯誤しながら、より良いプレゼンテーションへと修正していけるようにする。
(備考) 授業の始めにコンセプトと活動内容を確認し、終わりに活動の振り返りと次の時間に取り組むことを考えるようにする。		

ウ 検証授業の結果と考察

プレゼンテーション実施後の振り返りから得られた文を分析するために共起ネットワーク²³を描いた(図8)。図8では、プログラミングという語は1語も見られなかったが、プログラミング的思考を働かせながら活動に取り組んだ感想だと考えられる記述が多く見られた。

a 「プレゼン作成のために行った工夫の内容」に関する記述

“スライドが出てきたときに、一番最初に目に入るように[文字]を [大きく]したり[表]や[グラフ]を

²¹ 文部科学省『小学校プログラミング教育の手引(第二版)』 2018年 p.35

²² スズキ教育ソフト「プレゼン」2012-2018年

²³ 共起の程度が強い語(現パターンの似通った語、結びつきの強い語)を線で結んだネットワークを可視化した図。振り返りから得られた文について単純集計を行い、164の文が確認された。総抽出語数は4144語、異なり語数は475語である。そのうち分析に使用される語として1639語(異なり語数344)が抽出された。これらの抽出語についてKH Coderで分析するには、描画する共起関係の選択を上位80に設定した。それぞれの語がネットワークの構造の中で比較的強くお互いに結びついている部分として同じグループになるものを破線で囲んだ。

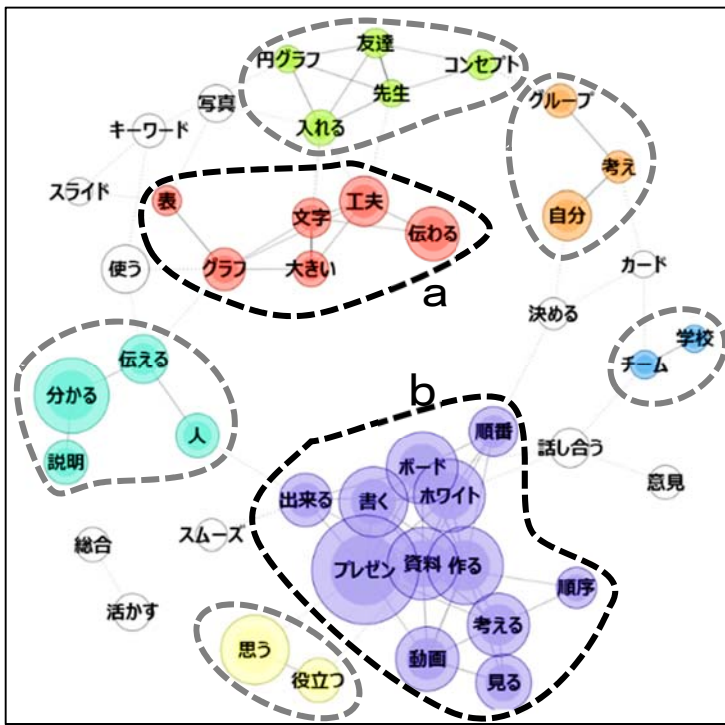


図8 「学習の振り返り」の共起ネットワーク

やすさが違うと[考えた]。”“ねらいは相手に納得してもらうことでしたが、地球全体の問題（地球温暖化）を[プレゼン]したので、スケールがでか過ぎると言われました。”“[プレゼン]をやることによって、皆に伝わりやすくなるし面白さがでるので、国語や算数に活かしたい。”といった記述が見られた。

a「プレゼン作成のために行った工夫の内容」に関する記述から、他者に分かりやすく伝えるための具体的な工夫の仕方や、手順や組み合わせを考えると、児童が十分に意識して工夫していたことが確認できた。b「プレゼン作成を通して行ったプログラミング的思考」に関する記述からは、最初に設定したコンセプトに沿って、プログラミング的思考を働かせながらプレゼンテーションをより分かりやすく効果的に発表しようとしていたことが確認できた。また、活動の成果を実感できたために、他教科での応用に意欲を見せたのではないかと考えられる。

以上のことから、特に「プレゼンテーションのコンセプトを考えさせる」「コンセプトに沿って試行錯誤させる」「どの順番で伝えると最適なのか、伝えたい内容を効果的に示すための効果をスライドに設定する、といった工夫の内容を具体的に考え実行させる」といった学習活動の工夫を明確に設定した学習の流れは有効であったと言える。

③ 検証授業① 学習指導要領に例示されている単元としての理科における授業の検討

ア 対象及び時期

コンピュータの基本的な操作は習得しているがプログラミング教育を経験していない市立B小学校の6年生29名を対象として、2018年11月に実施した。

イ 授業の概要

「手引」の分類Aに例示された「理科《2》A 物質・エネルギー(4)電気の利用」について、川崎市で採用されている教科書の単元「発電と電気の利用」²⁴に準じた典型的な指導計画を基にした。この単元における理科の学習活動として確実に育みたい力は「プログラミングを通して、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に気付くとともに、電気の量と働きとの関係、発電や蓄電、電気

²⁴ 啓林館『わくわく理科6』 2014年 pp.158-175

使って理由をはっきりさせ、自分たちの言いたいことがよく伝わるような[工夫]をしました。他にも説明する順番を工夫して、相手に興味関心を持ってもらい、聞く方の耳に届くようにしたりしました。”といった記述が見られた。

b「プレゼン作成を通して行ったプログラミング的思考」に関する記述

“[プレゼン]の内容が分かりやすく伝わるように、[プレゼン]の[資料]を一枚一枚確認して[資料]の[順番]を変えたりして、伝わりやすいように工夫した。”“チームの皆と話し合い、意見を[ホワイト][ボード]に[順序]を[考え]てまとめたことが、[プレゼン]の[資料]を[作る]活動に役立ったと思います。”“[資料]は出す[順番]で伝わり

の変換について、より妥当な考えをつくりだし、表現する」²⁵力である。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についてプログラミングを通して学習する場面として設定した学習活動を表 18 にまとめ、学習の流れの中で指導上留意した点が有効であったかを検証した。

表 18 学習の流れ（検証授業㉔）

6 年理科「発電と電気の利用」（検証授業本時 9・10 時間目/10 時間）		
プログラミングに関する学習活動：身近にある電気の性質や働きを利用した道具について、そ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する工夫がなされていることを、プログラミングを通して確認する場面		
目標：豆電球の点灯や消灯を制御するプログラムを考える活動を通して、自分たちの身の回りにおけるエネルギーを効率よく利用している道具に興味をもつことができる。		
準備：小学校プログラミング教育教材 ²⁶ 1 組/4 人（制御用小型コンピュータ、人感センサー、豆電球(1.5V)、コンデンサー、配線コード類）、コンピュータ 1 台/4 人（理科室）、プログラミングツール：Studuino（アーテック） ²⁶		
時間	学習活動（活動単位）	指導上留意した点
導入 10 分間	<ul style="list-style-type: none"> ● 前時の学習内容を確認する。 ● 課題をつかむ。「電気を効率よく快適に利用するためにはどのようなプログラムを組めばよいか考えよう」 	<ul style="list-style-type: none"> ● 身の回りには電気の性質やはたらき（電気はつくりだしたり蓄えたりすることができること、光、音、熱、運動などに変換できること等）を利用した道具や設備があることに注目できるようにする。（例：トイレの自動点灯・流水） ● 身近な生活の中で、電気を効率よく快適に使う工夫に着目するようにする。 ● コンデンサーに蓄えた電気を夜間の照明に活用するという場面を設定し、児童の考えを検証するための装置と通電を制御するプログラムとを作成し実験するという課題を具体的に設定できるようにする。 ● 限られた量の電気を効率よく利用するためにはどのような条件で点灯させ、どのような結果が得られれば快適かを考えられるようにする。
展開 1 20 分間	<ul style="list-style-type: none"> ● 豆電球の点灯回路を作成する。 ● 豆電球を点灯させるプログラムを考える。（実験 1） ● 豆電球の点灯と明るさを制御する仕組みを理解する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 手回し発電機や光電池などでコンデンサーに蓄えた電気を電源とした、豆電球の点灯回路を作成する。スイッチにあたる部分に制御用コンピュータを配する。 ● プログラミングツールの立ち上げ方やプログラム画面の操作方法を全体で確認する。 ● スwitchの通電を制御するプログラムの作成に取り組むようにする。 ● 電気を流す命令で豆電球が点灯し、電気を流す量を変えることで豆電球の明るさが変わることを、回路を構成する部品とプログラムを構成する命令のブロックとの対応関係を意識しながら確認できるようにする。
展開 2 35 分間	<ul style="list-style-type: none"> ● 人感センサーを使って豆電球の点灯を制御するプログラムを考える。（実験 2） 	<ul style="list-style-type: none"> ● 実験 2 のプログラムをもとにして、豆電球を点灯したままにせず電気を無駄なく効率よく使うためには、人感センサーが必要であると考えられるようにする。 ● 物体との距離を計測する人感センサーを実験 1 のスイッチに追加することにより、通電を制御していることが理解できるようにする。 ● 人感センサーが実際に感知する距離とプログラム内の設定値との関係を確かめながら、自分が意図する動きに近づくような数値を試行錯誤しながら探るようにする。その際に、各班の疑問や工夫を全体で共有できる機会を適宜設定する。 ● センサーが人を感知する距離や時間などの条件を考えながら、センサーを用いた通電を制御するプログラムの作成に取り組むようにする。
展開 3 15 分間	<ul style="list-style-type: none"> ● 学習の成果を発表し合う。 	<ul style="list-style-type: none"> ● どのような意図で、どのような動きをねらって、どのようなプログラムを工夫したかを明確にして各班の活動の成果を共有できるようにする。
まとめ 10 分間	<ul style="list-style-type: none"> ● 学習の振り返りをする。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 身の回りで人感センサーを備えた照明などが、電気を効率よく利用したり快適に利用したりできるようにプログラムを工夫されていることに気付けるようにする。

ウ 検証授業の結果と考察

学習の振り返りから得られた文を分析するために共起ネットワークを描いた（図 9）²⁷。

a 「センサーとプログラムの関係への気付き」に関する記述

「[身の回り]には[人]が[近づく]と反応する[センサー]がついていて、[明かり]が必要な時につき、無駄がないようにしていることが [分かった]。」という記述が多いことが見出された。これらと関連して、“[今日]の勉強でいつもよく使っている水道、トイレの[電気]などの[センサー]は、すべて[プログラム]で動いているということを初めて知った。”との記述が見られた。

²⁵ 文部科学省『小学校プログラミング教育の手引（第二版）』 2018 年 p. 25

²⁶ アーテック「Studuino」（スタディーノ） <https://www.artec-kk.co.jp/> ※ソフトウェアは Scratch ベース

²⁷ 振り返りから得られた文について単純集計を行い、66 の文が確認された。総抽出語数は 1720 語、異なり語数は 245 語である。そのうち分析に使用される語として 636 語（異なり語数 166）が抽出された。これらの抽出語について KH Coder で分析する際には、描画する共起関係の選択を上位 80 に設定した。

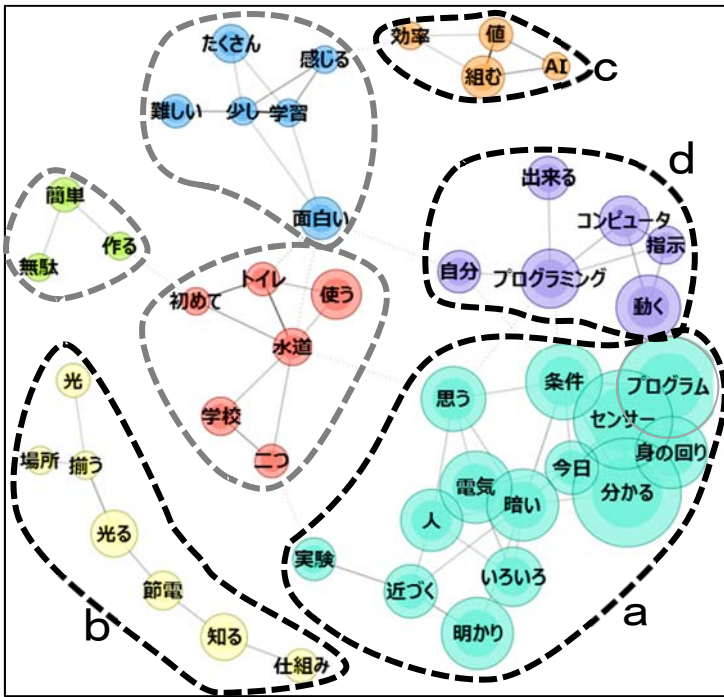


図9 「学習の振り返り」の共起ネットワーク



図10 値を試行錯誤する児童の操作画面

センサーを備えた照明などが、電気を効率的に利用したり快適に利用したりできるようにプログラムを工夫されていることに気付いたことが確認できた。b「センサーが働く条件」に関する記述からは、回路を構成する部品とプログラムを構成する命令のブロックとの対応関係を意識できたことが確認できた。c「値、順番、組み合わせの試行錯誤」に関する記述からは、電気の量と働きとの関係、発電や蓄電、電気の変換について、試行錯誤(図10)しながら妥当な考えをつくりだし、表現したことが考えられる。d「コンピュータとプログラムの関係」に関する記述からは、前時の学習内容を確認した際に、トイレの照明がセンサーによって自動的に点灯することについて次々と発言していた児童が、センサーのついた照明はコンピュータでプログラムされて制御されていることに気付いたといえる。つまり、プログラミングを通して、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に気付いただけでなく、そ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する工夫がなされていることに、プログラミングを通して気付いたことが確認できた。

以上のことから、特に「限られた量の電気を効率よく利用するためにはどのような条件で点灯させ、どのような結果が得られれば快適かを考えさせる」「回路を構成する部品とプログラムを構成する命令のブロックとの対応関係を意識させる」「自分が意図する動きに近づくような数値を試行錯誤させる」といった学習活動の工夫を明確に設定した学習の流れは有効であったと言える。

b 「センサーが働く条件」に関する記述

“赤外線に反応して明かりがつく[仕組み]や、プログラムの仕方が分かったのでよかったです。” “センサーがどんな時に働いているのかが分かりました。条件を[揃え]てやってみて比べると、どのくらい差があるのかが分かりました。[節電]方法を[知る]ことが出来ました。”といった記述が見られた。

c 「値、順番、組み合わせの試行錯誤」に関する記述

“電気を[効率]よく利用するには[値]を調べて、プログラムを[組め]ばいいことが分かった。どのくらいの[値]にすれば、ちゃんと反応するかを考えてプログラムを[組む]のが大切だということも分かった。”といった記述が見られた。

d 「コンピュータとプログラムの関係」に関する記述

“[プログラミング]で、[コンピュータ]に条件を[指示]して[動か]せることを知った。それは、身の回りでもその仕組みが使われているのだなと思った。”といった記述が見られた。

a 「センサーとプログラムの関係への気付き」に関する記述から、身の回りで人感センサー

④ 検証授業② 学習指導要領に例示されている単元としての算数における授業の検討

ア 対象及び時期

検証授業①を経験している市立A小学校の5年生29名を対象として2018年11月に実施した。

イ 授業の概要

「手引」で分類Aに例示された「算数B図形（1）正多角形」については、本市で採用されている教科書の単元「正多角形と円」²⁸に準じた典型的な指導計画を基にした。この単元における算数の学習活動として確実に育みたい力は、「図形を構成する要素に着目し、プログラミングを通じた正多角形のかき方を発展的に考察したり、図形の性質を見いだしたりして、その性質を筋道立てて考え説明したりする力」²⁹である。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として設定した学習活動を表19にまとめ、学習の流れの中で指導上留意した点が有効であったかを検証した。

表19 学習の流れ（検証授業②）

5年算数「正多角形と円」（検証授業本時 5時間目/11時間）※教科書を使った4時間の次の5時間目。6時間目から円の学習。 プログラミングに関する学習活動： 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作図する場面 目標：プログラミングツールを使って正多角形をかく方法を考えることを通して、正多角形の性質をより理解する。 準備：コンピュータ1台/1人（コンピュータ室）、プログラミングツール：小学算数プログラミング教材（教育出版） ³⁰		
時間	学習活動（活動単位）	指導上留意した点
導入 10分間	<ul style="list-style-type: none"> ● 正多角形の定義と作図の方法を確認する。（学級全体） ● 正方形の意味に基づいた作図方法を確認する。（学級全体） 	<ul style="list-style-type: none"> ● 円の中心の周りの角を等分する方法で正八角形や正六角形を作図したことを振り返り、定規と分度器を用いた際に長さや角度のずれから手がきによる作図に苦労したことなどを想起できるようにする。 ● 「辺の長さが全て等しく、角の大きさが全て90度」という正方形の意味を用いて定規と分度器で作図し、意味と動作を対応して考えるようにする。
展開 30分間	<ul style="list-style-type: none"> ● プログラミングツールの使い方を知り、ブロックの意味を考えながら正方形を作図する。（学級全体） ● プログラミングツールを使って正三角形を作図する。（個別） ● これまでの学習で図形の構成要素をまとめてきた表を参考にしながら、きまりを考える。（学級全体） ● プログラミングツールを使って正六角形を作図する。（個別） ● プログラミングツールを使って正五・十二・三十六角形等の作図に挑戦する。（個別） 	<ul style="list-style-type: none"> ● 「5進む」という命令が「5の長さの直線を引く」のようにブロックの命令と実際の動きを対応させて捉えながら、それらをどのような順序で組み合わせればよいかを考えられるようにする。 ● 児童の発言を促し、教師と児童全体で対話的に進めるようにする。 ● プログラミングツールを使った正三角形の作図を考えさせる。正三角形の1つの角の大きさが60度であることを確認し、正方形と同じように単純に60度とブロックに入力しても正六角形になってしまい正三角形を作図できない理由を考えるようにする。 「一直線は180度だから、180度から60度を引いた120度が回す角度になる」 「前時までに正多角形を調べて整理した表から、回す角度は中心角の大きさと同じになることがわかる」「辺の数と回す角度をかけると360になる」 「一つの角の大きさと回す角度をたすと180になる」 ● 他の児童と話し合い、試行錯誤することによって、図形の構成要素に着目して、正多角形の角の大きさと曲がる角度の関係を見いだせるようにする。 ● 繰り返しの命令（ブロック）を使うとプログラムが簡潔に書けることに気付けるようにする。個々の発想を全体で共有する機会を適宜設定する。 ● 進度の程度に応じて取り組めるようにする。 ● 正十二角形や正三十六角形を完成させた児童の作品を適宜全体に紹介し、正多角形の角の数が増えると円の形に近づいていくことを視覚的に実感できるようにし、次時からの円の学習に意識を繋げられるようにする。
まとめ 5分間	<ul style="list-style-type: none"> ● 学習の振り返りをする。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 「辺の長さが全て等しく、角の大きさが全て等しい」という正多角形の意味を用いて考察することにより、繰り返しや回す角度の数値を変えていくことで他の正多角形に作図のプログラムを応用できることや、コンピュータであれば手がきでは困難な図でも正確かつ容易に作図できることに気付けるようにする。

ウ 授業の結果と考察

学習の振り返りから得られた文を分析するために共起ネットワークを描いた（図11）³¹。

a 「正多角形の作図とプログラムの関係」に関する記述

“[パソコン]で[正多角形]の作図を[プログラミング]する中で、[一つ]の[角度]の[大き]さと[回す][角度]との関係が[分かっ]た。”という記述が多く見出された。これと関連して、“[プログラミング]をやっている途中、[回す][角度]と[一つ]の[角度]の[大き]さを[足せ]ば180度になると気

²⁸ 教育出版『小学算数5』2014年 pp.202-218

²⁹ 文部科学省『小学校プログラミング教育の手引（第二版）』2018年 p.24

³⁰ 教育出版 小学算数プログラミング教材 <https://www.kyoiku-shuppan.co.jp/docs/sansu/programing/index.html>

³¹ 振り返りから得られた文について単純集計を行い、146の文が確認された。総抽出語数は3692語、異なり語数は471語である。そのうち分析に使用される語として471語（異なり語数326）が抽出された。これらの抽出語についてKH Coderで分析する際には、描画する共起関係の選択を上位80に設定した。

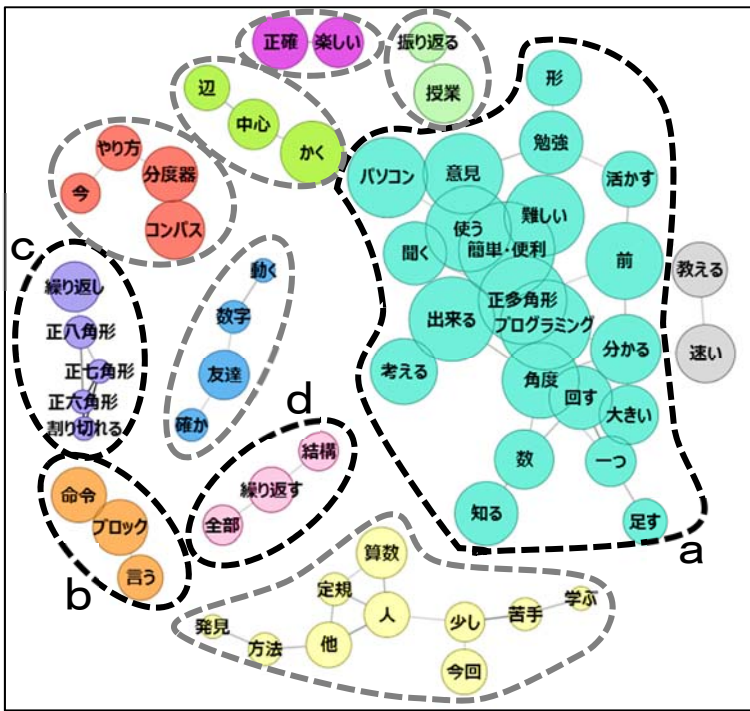


図11 「学習の振り返り」の共起ネットワーク

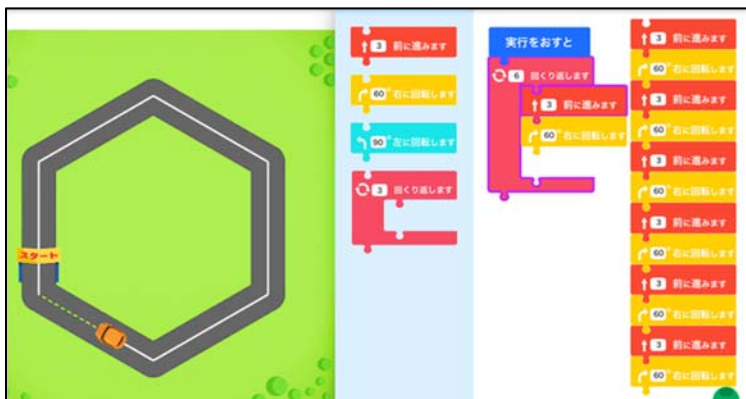


図12 繰り返しの良さを確かめる児童の操作画面

述からは、図形を構成する要素に着目したり、プログラムの特徴に気付いたりしていることが確認できた。c「プログラミングと数学的な見方・考え方」に関する記述からは、「曲がる角度について値を決める際に、正方形の角の大きさの求め方を形式的に正三角形に応用してもうまくいかないことから、図形の構成要素に着目して正多角形の角の大きさと曲がる角度の関係を見出す」というプログラミングを経て、図形の性質を見出して正多角形のかき方を発展的に考察したり、正多角形と円の関係に関心をもったりするなど、数学的な見方・考え方を働かせていたことが確認できた。d「プログラミングの良さ」に関する記述からは、単に教師の例示や指示を個々の児童が再現するような活動に留まらず、一人に一台用意されたコンピュータを十分に使って作図を試行錯誤しながら周囲の児童と話し合ったり、全体で考えを共有する機会を意識的に設定したりした効果が確認できた。

以上のことから、特に「正多角形の定義と作図の方法を確認させる」「ブロックの命令と実際の動きを対応させて捉えながら、それらをどのような順序で組み合わせればよいかを考えさせる」「正方形、正三角形、正六角形の順に段階的にプログラミングの内容を発展させ、正八角形等の他の正多角形の作図にも応用できることに気づかせる」といった学習活動の工夫を明確に設定した学習の流れは有効であったと言える。

づいて、その公式みたいのを[使え]ば[回す][角度]が[分かり]やすかった。” “今日やった[正多角形]で[回す][角度]は中心角だった。”といった記述が見られた。

b 「プログラムの実行」に関する記述

“[プログラミング]は[ブロック]をつなげると[命令]通りに動くのでとても優秀だと思いました。失敗すると違う方向にいくので難しかった。”といった記述が見られた。

c 「プログラミングと数学的な見方・考え方」に関する記述

“正多角形の性質が分かった。正三角形、正方形、正五角形、[正六角形]、[正八角形]が分かったから、[正七角形]もかけそう。正三十六角形は、ほぼ円だった。”といった記述が見られた。

d 「プログラミングの良さ」に関する記述

“最初は赤黄赤黄とやって大変だったけど、友達が繰り返しをやるといいよとって、便利でした(図12)。昨日は鉛筆で正多角形をかいたけど、今日パソコンでやったら速くできました。”といった記述が見られた。

a 「正多角形の作図とプログラムの関係」やb「プログラムの実行」に関する記述

Ⅲ 研究のまとめ

1 研究の成果

本研究の成果として、教科等の内容を指導する中でプログラミング的思考を育む学習活動を成立させるためには、教科等の見方・考え方を働かせながら学習課題を達成するための学習活動に取り組むことと、プログラミング的思考を働かせることを両立させる必要があり、その前提として各教科等における学習課題を達成

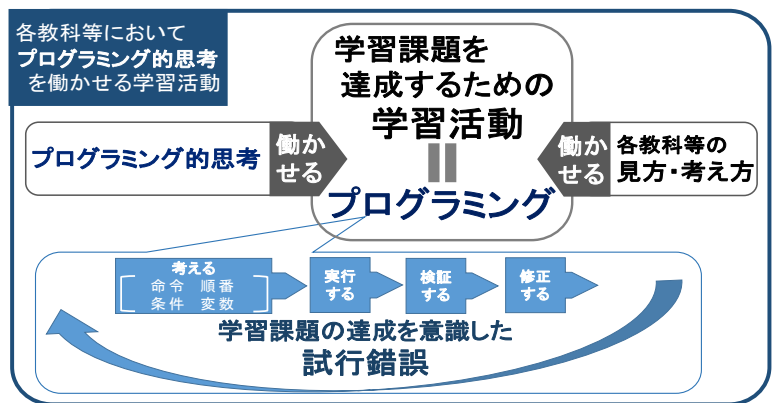


図 13 各教科等でプログラミング的思考を働かせる場面

成するための学習活動を明確に設定する必要があることが、4つの検証授業を通して分かった(図 13)。

(1) 学習課題を達成するために必要な各教科等の見方・考え方を意識させるための工夫

「正多角形の定義と作図の方法を確認させる」「限られた量の電気を効率よく利用するためにはどのような条件で点灯させ、どのような結果が得られれば快適かを考えさせる」「プレゼンテーションのコンセプトを考えさせる」といった各教科等の見方・考え方を意識させる工夫が有効だった。

(2) 各教科等の見方・考え方とプログラミング的思考の両方を働かせるための工夫

「ブロックの命令と実際の動きを対応させて捉えながらそれらをどのような順序で組み合わせればよいかを考えさせる」「回路を構成する部品とプログラムを構成する命令のブロックとの対応関係を意識させる」「どの順番で伝えると最適なのか、伝えたい内容を効果的に示すための効果をスライドに設定する、といった工夫の内容を具体的に考え実行させる」「めがねの左右の魚の位置やズレが動きの速さや方向につながり、自分の命令が画面の動きに反映されていることを意識させる」工夫が有効だった。

(3) 学習課題の達成を意識した試行錯誤を行わせるための工夫

「コンセプトに沿って」「自分が意図する動きに近づくよう」に試行錯誤させる工夫が有効であった。

これらの工夫を学習活動に組み込むことでプログラミング的思考を育めることが分かった。また、学習の流れを検討する際には、児童が十分に試行錯誤できるような時間や場の設定をすることが非常に重要であった。単にプログラミングツールを使って授業を行っても、プログラミング的思考は十分に育まれないからである。教師は「何を目標にすべきか」「授業の終末にどのようなことを考えさせたいか」、そのために「どのような学習活動や手立てを設定するのか」「授業のどこで価値付けをすればいいか」を意識して指導にあたることが求められることも改めて分かった。

以上の通り、各教科等にも適用できると推察されるプログラミング的思考を育成する学習活動とその工夫を明らかにできたこと、その過程において、川崎市における一般的な実施時期をまとめた年間の計画や、教材・教具及び学習の流れを具体的に検討した授業案を作成できたことが、本研究の成果である。

2 今後の課題

検証授業を計画する際に参考のために行った授業の一つとして、中学校技術・家庭科でのプログラミングに関する授業を実施した。その際に、中学校のプログラミング教育で扱う内容として表 4 の内容が挙げられた。これを踏まえて、小学校段階で特に体験・習得させておきたい知識・技能をまとめたのが表 20 である。プログラミング教育はプログラミング的思考という論理的思考力を育成するための手段であることを考えると、情報活用能力の育成という目的のもと発達段階に応じて体系的に学ばせていくことが大切である³²。川崎市で推進している「情報活用能力チェックリスト³³」にプログラミングの内容

³² 平成 29 年度情報教育研究会議

³³ 川崎市総合教育センター情報・視聴覚センター「5分でわかる情報教育 Q&A」2018 年 pp. 81-87

表 20 小学校段階で特に体験・習得させておきたい知識・技能

- コンピュータで文字を入力するなどの、情報手段の基本的な操作
- 手順を書き出して整理
- 課題に応じインターネットを利用して情報を収集
- センサーで計測したりプログラムによって制御されたりしている身の回りの物への気付き
- センサーを用いた簡単なプログラムの制作

を追加し、情報活用能力の育成と一体化して進めていくことが今後の課題である。また、モデルカリキュラムの構想(表9)に従って作成された年間計画や授業案、準備に

関する知見といった成果物を、本研究の考え方と共に各学校と共有したり、授業イメージを教師に伝えるための研修を行ったりすることが考えられる。

本研究の成果が各校の教育課程に織り込まれ、実際の授業に生かされていくだけでなく、少しでも着実に実践を重ね、さらに改良を加えながらより良い学習活動を探っていくことが大切だと考える。

最後に、研究を進めるにあたり、ご支援、ご助言くださいました講師の先生、また校長先生をはじめ学校教職員の皆様に心より感謝し、厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

中野博幸・田中敏『フリーソフト js-STAR でかんたん統計データ分析』技術評論社	2012 年
樋口耕一『社会調査のための計量テキスト分析- 内容分析の継承と発展を目指して』ナカニシヤ出版	2014 年
田中京子「KH Coder と R を用いたネットワーク分析」久留米大学コンピュータジャーナル	2014 年
越中康治、高田淑子、木下英俊、安藤明伸、高橋潔、田幡憲一、岡正明、石澤公明「テキストマイニングによる授業評価アンケートの分析 -共起ネットワークによる自由記述の可視化の試み-」	
宮城教育大学 情報処理センター研究紀要 第 22 号	2015 年
合同会社デジタルポケット『子どもと学ぶ ビスケットプログラミング入門』インプレス	2017 年
川崎市教育委員会『川崎市立学校における教育の情報化推進計画』	2017 年
川崎市『かわさき共生*共育プログラム エクササイズ集』	2018 年
川崎市『かわさき教育プラン第 2 期実施計画』	2018 年
文部科学省『小学校プログラミング教育の手引 (第二版)』	2018 年

【指導助言者】

横浜国立大学教職大学院教育学研究科高度教職実践専攻長 (川崎市総合教育センター専門員)	野中 陽一
川崎市立小学校情報教育研究会長 (川崎市立宿河原小学校長)	岩田 昭彦
川崎市立中学校教育研究会情報教育部会長 (川崎市立川崎中学校長)	山本 篤
川崎市教育委員会事務局総務部教育改革推進担当課長	添野 雅美
川崎市教育委員会事務局総務部教育改革推進担当指導主事	安斎 陽子
川崎市総合教育センターカリキュラムセンター指導主事	宮嶋 俊哲
川崎市総合教育センターカリキュラムセンター指導主事	永田 賢
川崎市総合教育センターカリキュラムセンター指導主事	石井 芳宏
川崎市総合教育センターカリキュラムセンター指導主事	望月 隆
川崎市総合教育センター情報・視聴覚センター指導主事	草柳 讓治