

身近な問題解決にコンピュータを活用しようとする児童の育成
－教科の問題解決に「コンピュータの働き」を活用する授業構想を通して－
総合支援部小中学校支援課 長期研修員 小池 治樹

1 主題設定の理由

急速なテクノロジーの進化によって、これからの社会を生きる児童生徒に求められる力は大きく変わりつつある。このような背景のもと、文部科学省（2017）は、「情報活用能力」を言語能力などと同様に「学習の基盤となる資質・能力」と位置付け、小学校プログラミング教育を必修化した。『小学校プログラミング教育の手引』（以下、「手引」という。）では、「コンピュータを理解し上手に活用していく力を身に付けることは、あらゆる活動においてコンピュータ等を活用することが求められるこれからの社会を生きていく子供たちにとって、将来どのような職業に就くとしても極めて重要」と示されている。

しかし、小学校プログラミング教育に関しては、授業のねらいが、教科かプログラミング教育かのいずれか一方に偏ってしまう授業も散見されている。例えば、教科の中でプログラミング教育を実施しても、教科の内容を学ぶことに終始したり、プログラミングのスキルを学ぶだけになってしまったりしていることが、赤堀（2017）により指摘されている。

これは、教科の問題解決にコンピュータが効果的に活用されていなかったり、教科の問題解決にコンピュータが活用できていても、活用するよさを「コンピュータの働き」の視点から自覚できていなかったりすることが課題であると考ええる。

そこで本研究は、身近な課題について教科の中で解決しながら学んでいく単元・題材を選択し、児童が「コンピュータの働き」を活用して教科の問題解決に向かう中で、教科とプログラミング教育の両方のねらいを達成する授業を構想する。そして、構想したプログラミング教育を単発ではなく計画的に実施し、教科等横断的に「コンピュータの働き」を自覚できるようにする。このようなプログラミング教育の授業構想により、様々な教科や自らの問題解決に「コンピュータの働き」を活用しようとする児童の育成につながると考える。

2 研究の目的

児童が各教科等の特質に応じた問題解決に「コンピュータの働き」を活用することで、そのよさを自覚できるようなプログラミング教育を計画的に実施していくことが、様々な教科や自らの問題解決にコンピュータを活用しようとする児童の育成に有効であるか明らかにする。

3 研究の方法

- (1) 先行研究や文献を基に、プログラミング教育で育成を目指す資質・能力と「コンピュータの働き」についてまとめる。
- (2) 研究協力校の児童に、プログラミング教育で育成を目指す資質・能力に関わる事前の質問紙調査を実施して、児童の実態を把握する。

- (3) プログラミングを取り入れる教科の教材研究を行い、問題解決に「コンピュータの働き」を生かすことができるプログラミング教育の授業を構想する（年間、単元・題材、1 単位時間）。
- (4) 研究協力校において、A・B 分類算数科、B 分類音楽科、A 分類理科で検証授業を実施する（図 1 参照）。
- (5) 授業ごとの授業記録や振り返りの記述を基に児童の「コンピュータの働き」への気づきの変容を分析する。
- (6) 事前及び事後の質問紙調査結果を分析・考察し、研究の成果と課題をまとめる。

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
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

図 1 プログラミング教育の分類

『小学校プログラミング教育の手引』より

4 研究の内容

(1) プログラミング教育で育成を目指す資質・能力の整理

手引では、コンピュータを活用していく上で基盤となる「知識及び技能」として、「コンピュータはプログラムで動いていること、プログラムは人が作成していること」「コンピュータには得意なことと、なかなかできないことがあること」「コンピュータが日常生活の様々な場面で使われており、生活を便利にしていること」「コンピュータに意図した処理を行わせるためには必要な手順があること」への「気づき」が重要であると示している。そこで、本研究では、児童がコンピュータはどのようなことができるのか、それをどのように活用できるのかといった「コンピュータの働き」を理解することが重要であると考え、「コンピュータの働き」として二つの視点から捉える。

一点目は、新井（2018）が、「AI（人工知能）は言葉の意味を理解することまではできないが、『数学的処理』に長けている」と指摘するように、コンピュータの「数学的処理」に長けている点である。例えば、「正確な繰り返し」「高い演算能力」「自動化」などであり、児童は始めから「コンピュータの得意なところ」として理解すると考える。

二点目は、コンピュータの特長から生み出される学習に取り入れるよさとしての「コンピュータの働き」である。例えば、遠山（2019）は、学習科学の視点から「実行結果が正確にフィードバックされる」「何度でも試すことができる」の二点を効果的な学習手段として活用できることを示している。これらは、コンピュータを活用して自らの考えを試したり、表現を豊かにしたりする問題解決の過程の中で、児童自らが「効果的な学習手段」としての価値に気付いていくのではないかと考える。そこで、児童の実態を踏まえてプログラミング教育で育成を目指す資質・能力を以下のように設定し、各教科等のねらいに位置付ける（表 1）。

表 1 プログラミング教育で児童に育成を目指す資質・能力

知識及び技能	コンピュータのできることやできないこと、コンピュータを動かすためには必要な手順があることなど「コンピュータの働き」について理解している。
思考力、判断力、表現力等	「コンピュータの働き」を活用するために、どのように指示を出せば自分の意図した通りにコンピュータを動かせるのかを考える。
学びに向かう力、人間性等	教科等の問題解決に、「コンピュータの働き」を進んで活用しようとしている。

『小学校プログラミング教育の手引』を基に作成

(2) 事前質問紙調査と分析

7月上旬に、研究協力校6年生4クラスの児童108人（一部の児童を除いてプログラミングの経験なし）を対象に、質問紙調査を実施した。各質問項目について、「あてはまる」から「あてはまらない」のいずれかを選択する6件法又は自由記述で回答を求めた。

ア 「コンピュータの働き」を活用しようとする意識の実態

「コンピュータの働きを、身近な生活の中に生かしていきたいと思いませんか。」の質問に肯定的に回答した児童は71人であった。肯定的に回答した71人に具体的な活用方法を自由記述で求めたところ、調べ学習（18人）、福祉・医療現場（15人）、生活を便利にする（14人）、分からない（13人）、動画・ゲーム（7人）、その他（4人）であった。

イ 「コンピュータの働き」に対する認識の実態

表2は、「私たち人間と比べて、コンピュータの『得意なこと』と『苦手なこと』はどのようなことだと思いますか。」を問う自由記述に対する回答をまとめたものである。

表2 児童の「コンピュータの働き」に対する認識の実態 (N=108)

得意なこと	調べること（検索）	正確に動く・間違えない	作業（計算）が速い	人ができないことができる	分からない（無回答）	その他（記憶する・動画など）
	29%	14%	12%	9%	20%	16%
苦手なこと	指示がないと動けない・自分で考えない	感情を出せない・コミュニケーション	正しい指示が必要・あいまいな指示	水で濡れること	分からない（無回答）	その他（走る・動くなど）
	20%	8%	4%	4%	43%	21%

「コンピュータの得意なこと」を「調べること（検索）」と回答した児童は全体の29%であった。また、「分からない（無回答を含む）」と回答した児童は全体の20%であった。「コンピュータの苦手なこと」については、「分からない（無回答を含む）」と回答した児童は全体の43%であった。

ア・イの結果から、児童はコンピュータを身近な生活の中で生かしていきたいという意欲を持っていることが分かった。しかし、コンピュータの具体的な活用場面を問うと、福祉・医療現場といった実社会でのコンピュータの活用場面以外では、「調べ学習」「動画・ゲーム」を挙げ、身近な生活に活用することへのイメージが湧いていないことが考えられる。このことは、PISA調査結果(2018)の指摘と同様であり、児童はSNSや動画視聴、ゲームなどの「遊び」を中心にコンピュータを使いこなしているが、「学習」で自らの問題解決に「コンピュータの働き」を活用する経験は少ないことを示しているといえる。

また、児童は、日常生活の中で誰かが作成したプログラムの恩恵を受けてコンピュータを活用して生活しているにもかかわらず、自らの問題解決のために意図したプログラムをつくってコンピュータを活用する経験は乏しいため、「苦手なこと（できないこと）」に気付いていないと推察される。そのような児童が、プログラミング教育を通して、コンピュータは「自分で考えて動かない」「正しい指示が必要」などの気付きを得ることは重要であると考えられる。なぜなら、コンピュータを活用するためには、自分の意図や思

いをコンピュータが理解できる「記号」に置き換えて論理的な指示を出すことが必要不可欠だからである。そして、この気付きは、各教科等の問題解決にコンピュータを活用するための「プログラミング的思考」（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）につながると考える。

以上のことから、各教科等の問題解決にコンピュータを活用する学習経験を通して、コンピュータのできることやできないことといった「コンピュータの働き」への気付きを自覚していくプログラミング教育の実践が必要であると考えた。

(3) 研究構想

本研究は、身近な問題解決にコンピュータを活用しようとする児童の育成を目指して、研究協力校の6年生児童（108人）を対象に、プログラミング教育の授業を実践する。

ア 教科の学びを深めるために「コンピュータの働き」を生かす授業構想

(7) 「コンピュータの働き」を生かした授業構想

「コンピュータの働き」を活用することと、各教科等の特質に応じた問題解決を結び付けることで、各教科等の見方・考え方がより働くようになることが重要であると考ええる。

例えば、数学的な見方・考え方は、「事象を、数量や図形及びそれらの関係などに着目して捉え、根拠を基に筋道を立てて考え、統合的・発展的に考えること」と示されている。A分類算数科（正多角形の作図）を例にすると、4（1）で述べた一点目「正確な繰り返し」によって、手作業では困難な正百角形の作図も可能となる。その際、児童は図形の辺や角の要素に着目し、正多角形の性質を根拠に作図の手順を筋道立てて考えることができる。また、二点目の学習科学の視点「実行結果が正確にフィードバックされる」ことを生かすことで、複数の正多角形の作図を試したり、失敗しても何度でも試したりすることができるようになる。これにより、児童は正多角形の性質について統合的・発展的に考えていくと想定する。

このような授業構想の視点は他教科等でも同様であり、教科等の学びを深める視点で「コンピュータの働き」を生かした授業を構想することで、児童にとって確かで豊かな学びが実現できると考える。そのために、教師は「コンピュータの働き」を活用することによって各教科等の「見方・考え方」がより働くような学習課題を設定する。

(4) 「コンピュータの働き」への気付きを促すための主体的な学習過程

遠山（2017）は、教科等の本質的な学びにプログラミングが活用されることについて、「プログラムから実行結果が返されるため、子供が自分で自分のモデルを検証し、より良いものへと作り変えていく『前向き』な学びも促しやすい」と述べている。この指摘は、(7)で構想した授業において、児童が自分の考えを確かめたり、表現を豊かにしたりできる「試行錯誤」の場の重要性を示唆していると受け取ることができる。つまり、児童が教科の問題解決への意欲を持ったとしても、単に教師の指示通りにプログラミングを体験するだけでは、主体的な学習にはつながらないということである。

以上のことから、児童が多様な「コンピュータの働き」に気付いたり、教科の学び

を深めたりできるように、プログラミングを用いて何度も試行錯誤できる場面を意図的に学習過程に位置付けていく。

イ 「コンピュータの働き」に教科等横断的に気づき、活用へ向かう授業構想

(7) 段階的に「コンピュータの働き」に気づき、活用へ向かう学習計画

上記アの視点で構想したプログラミング教育を、単発の実施ではなく複数教科で段階的・計画的に実践する。児童は、各プログラミング教育で得られた「コンピュータの働き」への気づきを、他の教科や単元・題材における問題解決に働かせていくと想定する。それにより、児童の「コンピュータの働き」への気づきや理解は「生きて働く知識」となり、特定の教科や場面に限られたものではなく、より広がりのある汎用的な力として育成されていくと考える。そこで、本研究ではプログラミング教育実施後の12月における児童の姿を具体的に想定し、以下のようにプログラミング教育を計画的に実践する（表3）。

表3 段階的に「コンピュータの働き」に気づき、活用へ向かう学習計画

プログラミング教育で目指す児童の姿				
・コンピュータは「正確な作図」「計算が速い」などのよさがあるから算数の学習に活用できると思っていた。でも、音楽や理科などでプログラミングをやって、コンピュータを使って自分の考えを試したり、表現したり、問題解決のために役立つことも、生活をよくすることもよさだと思った。 ・プログラミングはゲームだと思っていたけど、教科の問題を解決するときに役立つと思った。他の教科でもコンピュータのよさを使えないか考えていきたい。 ・コンピュータに自分がやってほしいことを伝えるには、順序を考えて命令をすることが大切だと分かった。だから、よく考えて正しく伝えないと間違えて動いてしまう。でも、それによって、自分の考えの間違いに気付くこともあり、学びが深まる。				
段階	月	単元・題材	想定する「コンピュータの働き」への児童の気づき	教師の意図
慣れる	7月	5年算数科 「正多角形の作図」 【A分類】 実践Ⅰ Scratch	どうすれば正確に正二十角形がかけられるだろう？ ・プログラミングはゲームだと思っていたけど、勉強にも使えるのか。 ・プログラミングの命令ブロックは、順番と組合せが大切なんだね。 ・コンピュータは「正確な繰り返し」が得意なんだね。 ・コンピュータを使えば、自分が試したい正多角形を一瞬でかけてすごいな。 正確な繰り返し 試行錯誤	・自分の意図をコンピュータに動作させる楽しさを体験する。 ・プログラミング教材（Scratch）の基本操作に慣れる。 ・コンピュータは、正確な繰り返しができることに気付く。 ・プログラミングは、指示の手順や組合せが重要なことに気付く。 ・プログラミングによって既習である正多角形の学びが深まる。
		5年算数科 「倍数ロボットをつくらう」 【B分類】 実践Ⅱ Scratch	どんな数でも答える倍数ロボットをつくらう ・「もし〇〇なら、▲▲する」と条件によって動きを分けられるんだね。 ・コンピュータは計算がすごく速いね。 ・プログラミングなら、自分だけの倍数ロボットをつくることできるね。 ・コンピュータは、正しく命令しないと違った反応をしてしまうね。 ・コンピュータは算数の学習に役立つね。 高い演算能力 試行錯誤 プログラムのよさ（条件分岐）	・「条件分岐」のプログラムの仕組みのよさに気付く。 ・人間とコンピュータの理解の違いに気付く。 ・どんな大きな数でも倍数を判断する高い演算能力に気付く。 ・プログラミングによって、既習である倍数の学びが深まる。

働 か せ る	10 月	6 年 音楽科 「和音の音 で旋律づく り」 【B 分類】 実践Ⅲ Scratch	和音の音でイメージに合った旋律をつくろう ・プログラミングなら、何度でも試してイメージに合った音楽がつくれるね。 ・楽器が苦手だけど、プログラミングなら上手に音楽づくりができたよ。 ・正多角形の「繰り返し」は、音楽づくりでも使えそうだな。 ・プログラミングで音楽づくりをしたら、音符の意味がよく理解できたよ。 ・いろいろ試せるのは、コンピュータのよいところだね。他の教科でも使えないかな。	・和音の響き、旋律、リズム（共通事項）に着目して、音楽づくりができる。 ・自分の思いや意図を表現するために、「コンピュータの働き」を活用して試行錯誤しながら音楽づくりができる。 ・楽器の技能に関わらず、主体的に音楽づくりに取り組む。 ・コンピュータを活用して、問題解決ができることを実感する。
	11 月	6 年 理科 「発電と電 気の利用」 【A 分類】 実践Ⅳ micro:bit	どうすれば限りある電気を効率よく使っていくことができるのだろうか？ ・プログラミングなら自動化できるよ。 ・コンピュータには、「明いとき」という曖昧な指示は通じないはずだね。 ・理科でも音楽のプログラミングと同じように自分の考えを何度も試せてよく考えられた。 ・本当に電気の効率的利用になるか、自分の考えを何度も試すことができた。 ・プログラミングは勉強だけでなく、身近な生活でも役立っているんだね。 ・他の問題でも、何度も試せて失敗しても大丈夫なコンピュータのよさを生かせそうだな。	・これまでのプログラミングで得た知識や技能を働かせて、プログラミングを活用した問題解決に取り組む。 ・プログラミングが身近な生活に役立っていることに気付く。 ・自分の考えた仮説を検証し、さらに次の仮説を検証してよりよいものにしていく。
			再現性 正確な繰り返し 技能の補助	試行錯誤
			自動化 日常との関わり 試行錯誤	プログラムのよさ（条件分岐）

(イ) 児童が「コンピュータの働き」を教科等横断的に自覚できる振り返り

教科のまとめとは別に、プログラミング教育の振り返りを設定し、児童が「コンピュータの働き」を自覚できるようにする。これは、「プログラミングをまたやりたい」などの感想で終えるのではなく、児童が「コンピュータの働き」を活用した学習過程を省察する場が重要であると考えからである。教師は、教科等横断的な視点として「プログラミングが問題解決にどのように生かされたか」「どのようなコンピュータの働きが生かされたか」などの視点を設定して省察を促し、児童が自らの問題解決の過程を振り返ることができるようにする。

(ウ) 「コンピュータの働き」への気付きを共有する手立て

教科等横断的なプログラミング教育を通して、児童は「コンピュータの働き」について様々な気付きを得ると考える。そこで教師は、プログラミングに取り組む児童のつぶやきや発言を意識して価値付けたり、意味付けたりしていく。そして、それらの気付きを学びの足跡として掲示し、全体で共有できるようにする。これにより、児童の「コンピュータの働き」への気付きが広がったり、深まったりすると考える。

(4) 授業実践

ア 実践Ⅰ・Ⅱ A分類算数科第5学年「正多角形の作図」とB分類「倍数」の学習と関連付けた実践

(7) 実践Ⅰ・Ⅱのねらい

実践Ⅰ・Ⅱのねらいを「第5学年の既習事項である正多角形や倍数の知識と関連付けながら、プログラミングで統合的・発展的に考えることで、正多角形や倍数の理解

を深める」とする。また、プログラミング教育のねらいとして、「プログラミング教材の基本的操作に慣れ、コンピュータのできること、できないことに気付いたり、プログラミングには必要な手順があることを理解したりする」と設定する。

(イ) 児童の表れ

実践Ⅰ 正方形や正三角形の作図を通して Scratch の基本的操作を学んだ後、「正二十角形」「正百角形」などの作図をする場を設けた。児童は、プログラミングによる作図を通して、「コンピュータは正確な繰り返しが得意」「プログラミングは順番が大切」などの気付きを得た。そして、「人間の手作業では困難な作図が正確にできる」という「コンピュータの働き」を学習に活用することのよさを理解していった。

実践Ⅱ どのような数でも瞬時に3の倍数か判断して答える「倍数ロボット」をプログラミングした。児童は、「コンピュータの高い演算能力」や「もし～なら〇〇する、そうでなければ▲▲する（条件分岐）の考えは違うシステムにも使えそう」と、プログラムの仕組みのよさに気付き、他の場面でも活用しようとする振り返りも見られた。さらに、「コンピュータには計画的に命令しないといけない」といった、「コンピュータの苦手なところ」への気付きが見られた。

(ウ) 分析と考察

a 教科の学びを深めるために「コンピュータの働き」を生かす授業構想

児童は正多角形の辺の長さや角の大きさといった構成要素に着目し、作図の手順を分けたり、それらを組み合わせたりして、手作業では困難で発展的な正多角形の作図に取り組んだ。「正確な繰り返し」や「試行錯誤」といった「コンピュータの働き」を活用したことで、「辺の長さと角の大きさが全て等しい」という正多角形の性質を用いれば、どのような正多角形であっても同じように作図ができると統合的に理解を深めたと考える。

倍数におけるプログラミングでは、既習である3の倍数を「3で割ったときのあまりが0」とコンピュータが理解できる命令ブロックに置き換えて指示する必要がある。それにより、児童は「倍数」の知識を新たな視点から捉え直したり、「もし4の倍数だったら～」などと発展的に考えたりすることを通して、倍数への理解を深めることができたと考える。

b 「コンピュータの働き」に教科等横断的に気付き、活用へ向かう授業構想

プログラミングを通して、児童は「何回でも繰り返せる」「正確に作図ができる」「大きな数でも一瞬で計算ができる」などの「コンピュータの働き」に気付いた。これは、「コンピュータの働き」を、「正多角形の作図」と「倍数」の問題解決に必要な感を持って活用したことに起因すると考える。また、『もし～ならブロック』は他にもいろんなシステムに使えそうなどの気付きは、児童が教科等横断的に「コンピュータの働き」のよさの視点から学習過程を振り返っている結果である。「コンピュータの苦手なところ」への気付きは、児童が意図したプログラムを試行錯誤しながらつくる場を教師が設定し、児童のつぶやきや振り返りの気付きを意味付け

たり、価値付けたりした結果であると考える。

イ 実践Ⅲ B分類音楽科 題材「和音の音で旋律づくり」の実践（10月）

（7） 本時のねらい

本時のねらいを、「授業の始まりの曲へのイメージを持った児童が、和音の響き、旋律、リズムをよりどころにして、自分のイメージや和音に合った旋律をどのようにつくるのかについて思いや意図を持つ」とする。プログラミング教育のねらいとして、「自分のイメージした音楽に近づけられるように、全体を1小節ずつに分けたり、分けたものを組み合わせたりして、旋律をつくる。また、和音と旋律を同時に再現できる「コンピュータの働き」を生かし、試行錯誤しながら自分の意図した動きに近づけていく」と設定する。

（イ） 児童の表れ

「授業の始まりの音楽」として、「ワクワクするイメージ」「みんなで盛り上げられるイメージ」などの曲にするにはどうすればよいか問題意識を持った児童は、まずワークシート上の和音の構成音を線ですなで旋律を考えた。そして、自分のイメージした音楽に近づけられるように、試行錯誤しながらプログラミングに取り組む姿が見られた。2時間目には、二分音符だけで作成した旋律のリズムを四分音符や八分音符に変えることで、より自分のイメージに合った旋律づくりに取り組んだ。

終末に、コンピュータを活用した音楽づくりのよさを児童に問うと、「コンピュータは正確につくりたい音を出してくれる」「何度も試して、つくりたい旋律に近づけることができた」という感想が聞かれた。

（ウ） 分析と考察

a 教科の学びを深めるために「コンピュータの働き」を生かす授業構想

旋律づくりに取り組むにあたり、児童は和音の響き、旋律、リズムといった「音楽を形づくっている要素」やその働きに着目して、プログラミングで試行錯誤できた。このことは、児童にとって必然的に「音楽的な見方・考え方」を働かせた学習活動になり、音楽科のねらいにつながったと考える。児童は、自分のイメージする音楽に近づくように全体を1小節ずつに分け、音の長さや高さの組合せを試行錯誤する姿が見られた。これは、「授業の始まりの音楽」のイメージをワークシートに記し、自分の思いや意図を明確にしてプログラミングを行った結果であると推察する。これにより、児童にとって音楽科の問題解決に、「コンピュータの働き」を活用する必要感が生まれたのではないかと考える。また、児童がプログラムした旋律と和音を同時に再生して音を聴いて確かめることができるようにしたことにより、「コンピュータの働き」を生かした旋律づくりに取り組むことができたと考える。

b 「コンピュータの働き」に教科等横断的に気付き、活用へ向かう授業構想

「作曲がしやすい」「試せて楽しい」などの振り返りから、よりよい音楽表現に向けて試行錯誤できたことを「コンピュータの働き」を生かすよさとして捉えていることが伺える。つまり、算数科で得た「作図が正確」「計算が速い」などの

気づきから、自分の思いや意図を表現できるよさへの気づきへとより広がったといえる。これは、児童が問題解決の学習過程を振り返り、「コンピュータの働き」がどのように生かされたか教科等横断的な視点で省察した結果だと考える。

ウ 実践Ⅳ A分類理科 単元「発電と電気の利用」の実践（11月）

（7） 本時のねらい

本時のねらいを「限りある電気をどうすれば効率よく利用できるか、という問いを持った児童が、電気の量や働きに着目し、明るさの条件や動作の組合せを基に光センサーを活用して課題解決する方法を考え、実験する活動を通して、電気を効率よく利用する工夫についてより妥当な考えをつくりだすことができる」とする。また、プログラミング教育のねらいを、「自分の思いや意図を表現しやすい『コンピュータの働き』を活用し、仮説で考えた節電の方法をプログラミングによって検証することにより、さらに『コンピュータの働き』を活用するよさを認識し、今後の問題解決に生かそうとする」と設定する。

（4） 児童の表れ

児童は、照明の明るさに応じてコンデンサにつないだ豆電球が点灯したり消灯したりする現象を見て、「どうやって電気を節約しているの？」という問題を見いだした。そして、「センサーで明るさを感知して、スイッチを自動制御する」などの仮説を立てて方法を立案し、micro:bitの光センサーを活用したプログラミングに取り組んだ。明るくなってもLEDが点灯していて困っている児童のプログラムを検討することを通して、「暗くなったら点灯する」という命令だけでなく、「明るくなったら消灯する」という命令も必要であることが明確になった。そして、児童は倍数で用いた「条件に応じて動きを分ける」プログラムの必要性に気づき、明るさに応じて点灯したり消灯したりするプログラムをつくっていった。また、教師の想定を超え、「LEDの光量を周りの明るさに応じて段階的に変えることが省エネに貢献する」と考える児童もいた。

授業後には、「人感センサーを組み合わせてもっと節電させたい」「明るさに応じてより節電できるプログラムにしたい」など、問題解決に向けて自分の考えを表現することに前向きな振り返りが見られた。

（5） 分析と考察

a 教科の学びを深めるために「コンピュータの働き」を生かす授業構想

児童は「コンピュータの働き」としての「自動化」を、どのような条件で動作させることが省エネになるのか思考し、明るさに応じてスイッチを制御するプログラムを粘り強く作成した。これは、児童が、「電気を効率よく利用するにはどのような条件で光センサーが動作すればよいか」という問いに対し、「『コンピュータの働き』を活用すれば解決できる」という必要感を持ったからだと考える。また、micro:bitを用いて実験をする前に、一人一人が「どうすれば電気を効率よく利用することができるか」に対して仮説を立てた。このように、事前に自分の考えを明確にしたことが、「コンピュータの働き」を活用する必要感につながったと考える。

また、試行錯誤の過程において、明るさに応じて LED の光量を調整すればより省エネになると考えてプログラムをつくった児童もいた。この児童は、電気の有効利用という観点からより妥当な考えをつくりだそうとしていたといえる。これは micro:bit を用いたプログラミングが、児童にとって科学的な問題解決の手段となっていたからである。そして、試行錯誤が容易だからこそ何度も仮説を検証し、改善を繰り返すことで教師の想定を超えた発想をつくりだしたと考えられる。

b 「コンピュータの働き」に教科等横断的に気づき、活用へ向かう授業構想

「明るさに応じて、より節電できるプログラムにしたい」などの振り返りから、児童は仮説として立てた節電の方法を検証することに「コンピュータの働き」を活用できるよさを実感し、理科の問題解決に意欲を持ったと考える。

また、「プログラミングは勉強だけでなく、自分たちの生活にも役立っていて驚いた」と、身近な生活で「コンピュータの働き」が生かされていることへの気づきにも広がった。これは、効率のよい電気の利用方法についてセンサーを活用したプログラミングを通して考えたことで、「コンピュータの働き」が実社会と密接に関係していることへの気づきにつながったからであると推察する。

児童は、音楽科のプログラミングを通して、「コンピュータの働き」を生かして問題解決することの価値に気付いていた。そのような児童が、理科のプログラミングを通して、自らの問題解決に「コンピュータの働き」を活用していきたいという思いを更に強くしたと考える。

(5) 事後質問紙調査結果と考察

ア 質問紙調査からみる児童の変容

7 月と同様の質問紙調査を 12 月に実施し、その結果を比較した。表 4 は、プログラミングと教科の学びの深まりに関わる意識への質問項目の回答結果である。

表 4 プログラミングと教科の学びの深まりに関わる意識の変容 (N=108)

質問文	7 月	12 月	t 値	p 値
プログラミングを使って学ぶことで、理科や音楽などの教科の内容がよく分かるようになると思いますか。	4.78	5.50	6.21	**
	(1.30)	(0.75)		

6 件法平均値（標準偏差）

** p<.01

回答について平均値に差があるのかを検定した結果、1 %水準で有意な差が見られ、プログラミングで学ぶことで教科の内容がよく分かるようになるという意識の高まりが見られた（t 検定、両側検定）。

また、表 5 は「授業のどのような場面で、プログラミングを使って課題を解決したいと思いますか。」への自由記述の回答の結果である。

表 5 プログラミングを使って課題を解決したい授業場面の意識 (N=108)

	教科の具体的な問題解決場面 (算数科・理科・音楽科・図画工作科・国語科)	分からない (無回答)	調べ学習	その他
7 月	42%	45%	7 %	6 %
12 月	85%	6 %	3 %	6 %

教科の具体的な問題解決をプログラミングで解決したいという児童が 85%（7月は42%）であった。また、具体的な教科名として、算数科、音楽科、理科以外も図画工作科や国語科の学習が挙げられた。

表6は、「私たち人間と比べて、コンピュータの『得意なこと』と『苦手なこと』はどのようなことだと思いますか。」を問う自由記述の変容をまとめたものである。

表6 児童の「コンピュータの働き」に対する意識の変容 (N=108)

得意なこと		調べること (検索)	正確に動く・ 間違えない	作業(計算) が速い	人ができない ことができる	分らない (無回答)	その他 (記憶する・ 動画)
	7月	29%	15%	12%	8%	20%	16%
	12月	0%	44%	41%	12%	0%	3%
苦手なこと		指示がないと 動けない・自 分で考えられ ない	感情を出せな い・コミュニ ケーション	正しい指示が 必要・あいま いな指示は通 じない	水で濡れるこ と	分らない (無回答)	その他 (走る・動く など)
	7月	20%	8%	4%	4%	43%	21%
	12月	36%	7%	42%	2%	1%	12%

児童にとって「正確さ」（15%→44%）、「演算能力」（12%→41%）などが「コンピュータの得意なところ」と理解された。また児童は、プログラミングを通して「コンピュータは自分で考えられない」（20%→36%）、「正しい指示が必要」（4%→42%）などに気付き、これらを「コンピュータの苦手なこと」として理解した。

表7は、「コンピュータの働き」を活用しようとする児童の意識に関わる質問項目への回答の結果である。

表7 児童の「コンピュータの働き」を活用しようとする意識の変容 (N=108)

質問文	7月	12月	t 値	p 値
コンピュータの働きを、身近な生活の中に生かしていきたいと思いませんか。	4.24	5.16	5.87	**
	(1.34)	(1.15)		

6件法平均値（標準偏差）

** p<.01

回答について平均値に差があるのかを検定した結果、1%水準で有意な差が見られ、「コンピュータの働きを、身近な生活の中に生かしていきたい」という児童の意識に高まりが見られた（t検定、両側検定）。

これまでの結果から、プログラミングで学ぶことで教科の内容がよく分かる、という児童の意識の高まりが見られた。児童はコンピュータを活用した教科の問題解決に取り組むことを通して、コンピュータの「正確な繰り返し」「高い演算能力」というよさに気付いていった。特にこれらの気付きは、表3の「働かせる」段階である音楽科のプログラミング教育をきっかけに「実行結果が正確にフィードバックされる」「何度でも試すことができる」という「効果的な学習手段」としての気付きに深化したと考える。また、児童は、コンピュータには「正しい指示が必要」「あいまいな指示は通じない」という気付きを得ている。これらの気付きは、児童にとって、コンピュータには「正しい指示」「論理的な指示」が必要であり、自分の考えを検証したり、間違っていたら修正したりすることが容易になるという「効果的な学習手段」として認識されたのではない

かと考える。これらの「コンピュータの働き」を活用するよさが教科の見方・考え方を働かせる学習活動の中で発揮され、学びが深まったと実感できたと推察する。

また、「コンピュータの働き」を活用するよさを教科等横断的に振り返ることで、様々な教科や単元（題材）の問題解決に「コンピュータの働き」を活用したい場面をイメージしやすくなったと推察する。つまり、児童にとって、一番身近である「教科の問題解決」でコンピュータを活用できる見通しを持てたことが、「コンピュータを身近な生活の中に生かしていきたい」という児童の意識の高まりの一因になったと考える。

イ 振り返りの記述内容からみる抽出児童の変容

1年間のプログラミング教育を通して、変容が顕著に表れている2人を抽出児とし、振り返りの記述内容から変容を分析した（表8）。

表8 抽出児2人の学びの変容

	児童A	児童B
7月 算数科	コンピュータが分かる言葉でないやとてくれないけど、 <u>分かる言葉は私たちに分かりやすい言葉</u> だから指示を出しやすい。	<u>「もし～ならブロック」はいろんなシステムに使えると思う。</u> プログラミングでゲームのようなものをつくってみたいと思う。
10月 音楽科	プログラミングは楽器でやるよりもリズムや音符を選びやすく、作曲しやすい。 <u>自分のイメージに合わせて短時間でたくさんの音が試せて、理想の音楽が早く見つかる。</u>	普通の音楽の時は、四分の四拍子など少しぐらいしか分からなかったけど、 <u>プログラミングでやると自分でつくるので分かりやすい。</u>
11月 理科	電気をプログラミングで操作することによって、省エネにつながる。 <u>次は、暗い時に人が来ると電気がつき、いなくなるとつかなくなるようなプログラムにしたい。</u>	他の能力（センサー）を使ってどんなことができるかすごく気になって、 <u>micro:bitをいろいろなことに活用してみたい。</u>
12月 事後調査	プログラミングは普通の授業でできないようなこともできるので、 <u>いろいろな教科（図工）で試せると思う。プログラミングは可能性が広がっている。</u>	コロナウイルスが流行ってセンサーで熱を測るものが出た時、 <u>これもプログラミングが関係あるのかな</u> と思った。 <u>世界が広く感じるようになった。これからいろいろなものをプログラムしてみたい。</u>

(7) 抽出児Aの変容

児童Aは、算数科でのプログラミングでコンピュータに意図した指示を出すために必要な感覚をつかんでいた。それは、コンピュータに対する論理的な指示の必要性であり、「コンピュータに分かる言葉は私たちも分かりやすい」という言葉から読み取れる。その気付きを生かすことで、音楽科と理科では「プログラミング的思考」を自覚して働かせて問題解決に主体的に取り組むことができた。特に、音楽科や理科のプログラミング教育を通して、自分の考えを試したり、表現したりできることを「コンピュータの働き」と捉え、プログラミングの可能性を見いだしている。そのことは、他教科（図画工作科）の学びにもプログラミングを活用できるという思いにつながっていると考えられる。

(4) 抽出児Bの変容

児童Bは、算数科（倍数）のプログラミングで活用した「条件分岐」の考え方に興味を示し、「このシステムは他のものにも使えそう」と考えていた。これは、児童Bにとって、「コンピュータの働き」を自らの日常生活の問題解決に使っていかうとする意欲の表れであったと考える。特に、理科のプログラミングを通して実際の問題解決に「コンピュータの働き」を活用することへの面白さを感じていた。コンピュータ

を活用した問題解決の可能性を見いだした喜びは、「世界が広く感じるようになった」の言葉から読み取れる。その後、児童Bは12月に開催された校内フェスティバルに向けて「修学旅行の学びを下級生に分かりやすく伝えたい」という課題意識を持ち、「条件分岐」の仕組みを用いてScratchで三択クイズをつくった。

両児童とも、「コンピュータの働き」を「数学的处理」に長けているという捉えだけでなく、「問題解決の手段」として役立つことも実感し、コンピュータを今後の生活に活用しようとする意欲を持った。

5 研究のまとめ

(1) 研究の成果

ア 教科の学びを深めるために「コンピュータの働き」を生かす授業構想

児童が各教科等の問題解決に必要感を持って「コンピュータの働き」を活用し、各教科等の特質に応じた見方・考え方をより働かせることにつながるプログラミング教育の授業構想が、教科の学びを深めるとともに「コンピュータの働き」への理解を深めることが分かった。

イ 「コンピュータの働き」に教科等横断的に気づき、活用へ向かう授業構想

教科等横断的に「コンピュータの働き」の視点から授業を振り返ることで、「コンピュータの働き」の活用が効果的な学習手段になることへの気づきにつながり、様々な教科や自らの問題解決にもコンピュータを活用しようとする児童を育成することにつながる事が分かった。

(2) 今後の研究課題

本研究では、第6学年の教育課程で、各教科等の学びを深めることをねらうA分類及びB分類のプログラミング教育を充実させることができた。しかし、日常生活の身近な問題解決に「コンピュータの働き」を活用できる児童を育成するためには、特定の学年だけではなく、教育課程全体を見渡し、プログラミング教育を位置付ける学年や教科、単元等を適切に計画し実施することが必要である。

参考文献

- ・赤堀侃司（2017）「プログラミング教育の現状についての考察」『教育テスト研究センター年報 第2号』教育テスト研究センター
- ・新井紀子（2018）『AI vs. 教科書が読めない子どもたち』東洋経済新報社
- ・国立教育政策研究所(2019)『OECD生徒の学習到達度調査（PISA）2018年調査補足資料（生徒の学校・学校外におけるICT利用）』
- ・遠山紗矢香（2017）「プログラミングを用いた授業づくりに向けてー「小学校からのプログラミング教育について考える」シンポジウム実施を通じてー」『静岡大学情報学研究 22巻』静岡大学大学院情報学研究科
- ・遠山紗矢香（2019）「協調学習の中でのプログラミング」『情報処理学会論文誌 Vol. 60 No. 10』情報処理学会
- ・文部科学省（2017）『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説総則編』東洋館出版社
- ・文部科学省（2020）『小学校プログラミング教育の手引（第三版）』