

プログラミング的思考を育成する学習指導に関する研究

— アンブラグドコンピュータサイエンスに基づく教材開発を通して —

【研究者】

教育情報部 指導主事 久永 剛・清水 秀公・玉繁 克明・池野 進一郎

【研究指導者】

広島大学大学院教育学研究科 准教授 川田 和男

【研究協力員】

東広島市立板城西小学校 教諭 望月 亮 北広島町立壬生小学校 教諭 中藪 隆行
尾道市立御調中央小学校 教諭 坂本 静香

研究の要約

平成29年に改訂された小学校学習指導要領では、プログラミング教育が必修化された。これまでプログラミング教育は「総合的な学習の時間」での取組が多く、低学年での取組は少ない。本研究では、コンピュータ等の機器を使用せず、低学年でも実施可能なアンブラグドコンピュータサイエンスに着目し、それに基づく教材を開発し、授業で活用・分析することを通して、プログラミング的思考の育成を図る学習指導について提言することをねらいとした。実施教科は、学習指導要領等に具体的な事例が示されていない「国語」、具体的な事例が示されている「算数」、及び実技を伴う「体育」とした。

文献研究から、プログラミングの基本的な型につながる思考の型を「順次」「分岐」「反復」の三つに整理したとともに、プログラミング的思考を育成することに当たっての観点を「動きに分ける」「記号にする」「一連の活動にする」「組み合わせる」「振り返る」の五つに整理した。

研究授業では、思考の三つの型に基づく教材をそれぞれの教科で開発し、その教材を活用した授業を行った。また、授業の分析は、五つの観点を基に作成した児童及び授業者への事前事後アンケート、児童からの聴取等を基に行った。その結果、アンブラグドコンピュータサイエンスに基づく教材開発は、プログラミング的思考を育成する上で有効であることが明らかになった。しかし、教科によっては、実施する単元や指導に要する時間について考慮が必要である場合があり、更なる改善を進めていく必要がある。

キーワード：プログラミング的思考 アンブラグドコンピュータサイエンス

目次

はじめに	93
I 研究の基本的な考え方	94
II 研究仮説と検証の視点	99
III アンブラグドコンピュータサイエンスに基づく教材開発	100
IV 研究授業の実際	103
V 研究の成果と課題	110
おわりに	111

はじめに

小学校学習指導要領（平成29年、以下「29年指導要領」とする。）の総則には、「各学校においては、児童の発達の段階を考慮し、言語能力、情報活用能力（情報モラルを含む。）、問題発見・解決能力等の学習の基盤となる資質・能力を育成していくことができるよう、各教科等の特質を生かし、教科等横断的な視点から教育課程の編成を図るものとする。」¹⁾と示されている。また、情報活用能力を育

成するため、各教科等の特質に応じて「児童がコンピュータで文字を入力するなど学習の基盤として必要とする情報手段の基本的な操作を習得するための学習活動」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を身に付けるための学習活動」³⁾の二つの学習活動を計画的に実施することが示されている。文部科学省は、「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、以下「まとめ」とする。）の中で、「小学校段階におけるプログラミング教育については、学校と民間が連携した意欲的な取組が広がりつつある一方で、コーディング（プログラミング言語を用いた記述方法）を覚えることがプログラミング教育の目的であるとの誤解が広がりつつあるのではないかとの指摘もある。」⁴⁾とし、プログラミング教育の実施に当たっては、必ずしもコンピュータを使わなくてはならないわけではないことを示している。

プログラミング教育の導入について、当教育センターの専門研修講座等で小学校教員から聴取したところ、「プログラミング教育を教育課程のどこに位置付けたらよいか分からない。」「プログラミング教育に関する教材がない。」という意見が多くあった。このことは、文部科学省（平成29年）が公開した「学校教育法施行規則の一部を改正する省令案並びに幼稚園教育要領案、小学校学習指導要領案及び中学校学習指導要領案に対する意見公募手続き（パブリックコメント）の結果」においても同様の意見があり⁽¹⁾、プログラミング教育の教育課程への位置付けや教材開発に課題があることが分かる。

本研究では①普通教室で実践が可能であること②これまでの学習内容をベースとした実践が可能であること③プログラミングの専門的な知識を必要としないことの三つの特長をもつアンプラグドコンピュータサイエンスに基づいた教材を開発する。そして、その教材を活用したプログラミング的思考の育成を図る学習指導を提言することを目的とする。

I 研究の基本的な考え方

1 プログラミング教育が必要とされる背景

今後の社会の在り方について、「まとめ」では、進化した人工知能が様々な判断を行ったり、身近な物の働きがインターネット経由で最適化されたりする「第4次産業革命」といわれる時代が到来し、社会の在り方を大きく変えていくと予測されている⁽²⁾。そして、2045年には、人工知能が人間の能力を超える技術特異点を迎えるという予測もされている。

このような情報社会を生きていく子供が学習しなければならないことについて、「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）」（平成28年、以下「答申」とする。）では「身近なものにコンピュータが内蔵され、プログラミングの働きにより生活の便利さや豊かさがもたらされていることについて理解し、そうしたプログラミングを、自分の意図した活動に活用していけるようにすることもますます重要になっている。」⁽³⁾と示されている。

そして、「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『プログラミング的思考』などを育むプログラミング教育の実施

を、子供たちの生活や教科等の学習と関連付けつつ、発達の段階に応じて位置付けていくことが求められる。その際、小・中・高等学校を見通した学びの過程の中で、『主体的・対話的で深い学び』の実現に資するプログラミング教育とすることが重要である。」⁽⁴⁾とも示されている。

表1は、プログラミング人材育成の在り方に関する調査研究報告書（平成27年総務省）で、民間企業を対象に調査、整理したものである。

表1 プログラミング教育に期待する能力に関する選択率⁽³⁾
(N=23)

能力等		選択率
基礎力	表現力・コミュニケーション力	61%
	数量的な判断力	22%
	I C T・情報を扱う能力	52%
思考力	論理的・批判的思考力	65%
	創造性・独創性	35%
	向上心・学習意欲	48%
	ものづくりに対する好奇心	30%
実践力	計画性・管理力	30%
	忍耐力・根気	39%
	協調性・連帯感	52%
	適応力・社会参画欲	12%

比較的期待の高い能力として「論理的・批判的思考力」「表現力・コミュニケーション力」「I C T・情報を扱う能力」「協調性・連帯感」が挙げられ、産業界においてもプログラミングの知識や技術・技能を有するだけでなく、今、求められている資質・能力が必要とされていることが分かる。

今後、更なる技術の進歩によって、身の回りにある家電製品や乗用車等を動作させる際、人の操作を必要とする機会がますます少なくなることが考えられる。子供たちには、これらの製品をただ使うだけでなく、内蔵されたコンピュータがどのように計算し、どのように動作するのかなどのプログラミングについて理解させるとともに、コンピュータがどのような役割を担うのかについても理解させる必要がある。

2 プログラミング教育について

(1) 諸外国におけるプログラミング教育の現状

プログラミング教育については、日本のみならず、世界の国や地域で推し進められている。

表2は、「諸外国におけるプログラミング教育

に関する調査研究」（平成26年文部科学省）を基に、主な国や地域のプログラミング教育についてまとめたものである。

表2 諸外国におけるプログラミング教育⁽⁴⁾

国名	導入時期	教科名	開始年齢	科目の位置付け
英国 (イングランド)	2014	Computing	5	必修
フランス	2016	数学の一部	15	学校・コースで異なる
ドイツ	2000	Infomatik	14	州によって異なる
フィンランド	2016	算数・数学の一部	7	必修
イタリア	2014	Informatica	14	—
ハンガリー	2003	Infomatika	8	必修
ポルトガル	2010	EduScrach	6	—
ロシア	2009	インフォーマティクとICTの教授	6	必修
韓国	2011	コンピュータショナルシンキング	12	選択
シンガポール	2009	Computer Applications	12	学校・コースで異なる
台湾	2011	情報	8	学校裁量で実施
インド	2005	数学の一部	7	—

※ 表中の「—」は、調査で科目の位置付けとして明確な回答が得られなかった又は、必修とされていないことを表す。

表2から、教科として実施している国やこれまで実施してきた教科の内容に取り入れている国等、様々な方法で実施されている。

プログラミング教育の開始年齢については、5～15歳と幅がある。ドイツ以外は、初等教育への導入を検討中やモデル校で実施している国や地域がほとんどであり、低年齢から開始している国や地域では、主としてアルゴリズムや情報リテラシーの学習が中心で、段階的にコーディングを伴うプログラミングを学ぶ内容である。その中で、フィンランドは、開始年齢が日本の小学校第1学年の年齢であり、独立した教科ではなく、教科の一部でプログラミング教育が実施されている。詳細については、次のとおりである⁽⁵⁾。

○ 1・2年生（7・8歳）

プログラミングではコンピュータに正確な指示

を送ることが重要だということを習得するために、遊びを通して他の学習者に明確な指示を与える練習をする。

○ 3から6年生（9から12歳）

テキストベースのプログラミング言語は使わず、Scratchなどのビジュアルプログラミングを使用する。

○ 7から9年生（13から15歳）

プログラミング言語を学び始める。

以上のことからフィンランドでは、子供の発達段階を踏まえ、コーディングによるプログラミングを学ぶための段階的な教育内容になっており、本研究の参考になると考える。

(2) 系統的なプログラミング教育

「29年指導要領」の総則では、情報活用能力の育成を図るための一つの方策として、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が示されている⁽⁶⁾。

現在、我が国のプログラミング教育は、中学校では、技術・家庭科（技術分野）のD情報に関する技術（3）プログラムによる計測・制御で簡単なプログラムを作成できることが示され、先進的な学校では、PICやArduino等のマイクロコンピュータにプログラミング言語で記述されたプログラムを入力し、LEDやモータ等を制御する学習活動が展開されている。高等学校では教科「情報」の科目「情報の科学」の内容（2）問題解決とコンピュータの活用で問題の解決と処理手順の自動化やモデル化とシミュレーションを行い、プログラム言語を活用した学習活動を展開することとなっている。しかし、生徒の実態に応じて、グラフィックや表計算等のアプリケーションソフトを活用してもよいとされており、高等学校では、学習活動にプログラミングを必ず取り入れているわけではない。

このことから、現行学習指導要領の下では、子供たちが共通してプログラミングを学習するのは、中学校の三年間であり、諸外国と比較するとプログラミング教育の取組が十分に行われているとは言えない。

「答申」の「小・中・高等学校を通じた情報教育と高等学校情報化の位置付けのイメージ」（別添14－2）には、高等学校卒業までに全ての生徒に育成を目指す情報教育に関わる資質・能力が示されており、幼稚園、小学校、中学校及び高等学校の各校種

で育成する資質・能力が系統的に示されている⁽⁷⁾。プログラミングに関する内容については、表3のように整理されている。

表3 各校種におけるプログラミングに関する内容⁽⁸⁾

小学校	・基本的な操作技能の着実な習得 ・プログラミングの体験 等
中学校	(技術・家庭科「情報に関する技術」) 計測・制御やコンテンツに関するプログラミング等、デジタル情報の活用と情報技術を中心的に扱う
高等学校	(情報科) 情動的な見方・考え方を働かせ、情報技術を活用して問題の発見・解決を行う学習活動を通じて、問題の発見・解決に向けて情報と情報技術を活用し、情報社会に主体的に参画するための資質・能力を育成することを目指す

また、「答申」には、高等学校の教科「情報」の共通必修科目「情報Ⅰ」で必ずプログラミングを取り扱うことが示されている⁽⁹⁾。

このことから、プログラミング教育は、小学校から高等学校の12年間で、系統的に実施しなければならないことが分かる。

(3) 小学校におけるプログラミング教育

これまで、小学校のプログラミング教育で行われてきた多くの実践は、アルファベットや数字を組み合わせた命令をコンピュータに入力するBasic言語やC言語等のようなプログラミング言語ではないビジュアルプログラミング言語と呼ばれるアプリケーションソフトが利用されている。多くの学校では、視覚的に理解できるブロックやアイコンを使ってプログラムを作成する「Scratch」や「プログラミング」等のアプリケーションソフトが利用されており、ゲームのキャラクターやロボットを自分の意図した動きになるよう、ブロックやアイコンを組み合わせ、試行錯誤しながら考える学習活動が行われている。

小学校のプログラミング教育について「まとめ」では、小学校におけるプログラミング教育が目指すことは、「子供たちが、コンピュータに意図した処理を行うよう指示することができるということを体験しながら、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、各教科等で育まれる思考力を基盤としながら基礎的な『プログラミング的思考』

を身に付けること、コンピュータの働きを自分の生活に生かそうとする態度を身に付けることである。」⁷⁾と示されている。つまり、コンピュータにプログラミングし、ロボット等を動かす体験をするだけではなく、プログラミングを学ぶことを通して、どのような指令（自分の意図）があり、それでは何を操作（指示）することで、思った通りに操ることを教科等の学習活動や日常生活から見いださせ、論理的に思考させることが重要なのである。

また、具体的に実施する教科等について「答申」では、「各小学校において、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て、教育課程全体を見渡し、プログラミング教育を行う単元を位置付けていく学年や教科等を決め、地域等との連携体制を整えながら指導内容を計画・実施していくことが求められる。」⁸⁾と示している。各学校は、ICT環境や児童の実態に応じて、効果的にプログラミング教育の実施ができる教科や単元等を判断しなければならないのである。

「29年指導要領」にプログラミング教育についての学習活動の例示が「算数」「理科」「総合的な学習の時間」の三つの教科等で、それぞれ次のように示されている。

○ 算数

「例えば第2の各学年の内容の〔第5学年〕の『B図形』の(1)における正多角形の作図を行う学習に関連して、正確な繰り返し作業を行う必要があり、更に一部を変えることでいろいろな正多角形を同様に考えることができる場面などで取り扱うこと。」⁹⁾

○ 理科

「例えば第2の各学年の内容の〔第6学年〕の『A物質・エネルギー』の(4)における電気の性質や働きを利用した道具があることを捉える学習など、与えた条件に応じて動作していることを考察し、更に条件を変えることにより、動作が変化することについて考える場面での取り扱うものとする。」¹⁰⁾

○ 総合的な学習の時間

「プログラミングを体験することが、探究的な学習の過程に適切に位置付くようにすること。」¹¹⁾

本研究では、三つの教科等にとどまらず、他教科等でもプログラミング教育の導入を検討する。

3 プログラミング的思考について

(1) プログラミング的思考とは

プログラミング的思考について、「まとめ」では、「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力」¹²⁾と定義されている。

黒上晴夫（2017）は、図1に示すようにプログラミングと論理的思考力の関係は、論理的思考力の一部にプログラミングに必要な論理的思考力が含まれるのだと述べている⁽¹⁰⁾。

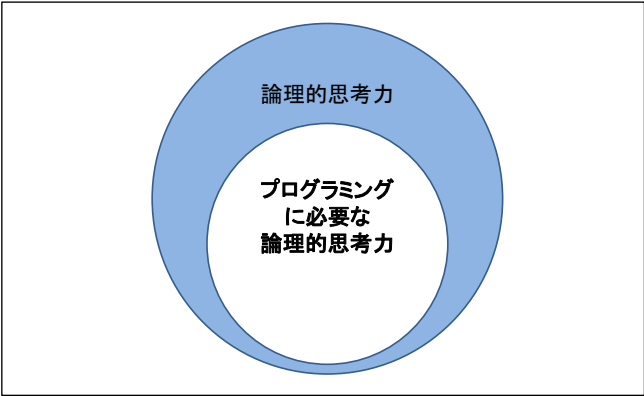


図1 プログラミングと論理的思考力¹³⁾

黒上は、プログラミングは、フローチャート等を活用することで、論理を可視化することも述べている⁽¹¹⁾。

つまり、プログラミング的思考の育成に当たっては、自分の考えの筋道を客観的に捉えさせるために、考え方を可視化できるようにすることが重要であり、教科等におけるプログラミングの考え方や手法を取り入れた学習指導の工夫が求められているのである。

(2) プログラミングにつながる思考の型

黒上は、プログラミングにつながる思考について「順序」「場合分け」「繰り返し」の三つの基本があると述べている⁽¹²⁾。順序は、ものごとを小さな手順で考えて実行することで、プログラミングの基本的な型では、「順次」に当たる。場合分けは、状況によって次の行動を変えることで、プログラミングの基本的な型では、「分岐」に当たる。繰り返しは、目標が達成するまで同じ動作を続けることで、プログラミングの基本的な型では、「反復」に当たり、それぞれの型を図2に示す。

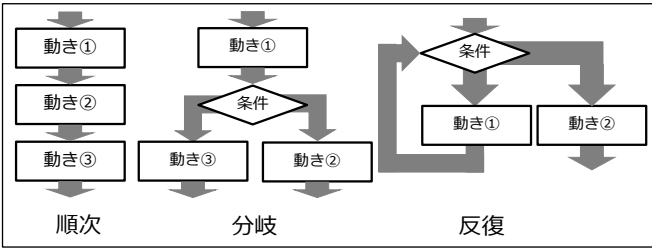


図2 プログラミングの基本的な型

この三つの思考の型は、日常生活や学習活動の中で意識せずに使っている。例えば、横断歩道の渡り方で、①右を見て、車が接近していないか確認する、②左を見て、車が接近していないか確認する、③もう一度、右を見て車が接近していないことを確認する、④手を挙げて横断を始める。これらは、横断歩道を渡るために順次行う行動であり、この中には、分岐が含まれており、車の接近によって、横断を中止するか、次の手順を行うのか判断する必要がある。また、車が通過した後、この順序を再度、始めから行うので、反復になる。このように、日常生活の中には、三つの思考の型につながる事例は、たくさんある。学習内容についても同じように考えることができる。これらの思考の三つの型とプログラミングの基本的な型を表4に整理した。

表4 プログラミングにつながる三つの思考の型とプログラミングの基本的な型

思考の型		プログラミングの基本的な型	
順序	ものごとを小さな手順で考えて実行する	順次	上から下へ順序よく処理を行う
場合分け	状況によって次の行動を変える	分岐	条件に応じて異なる処理を行う
繰り返し	目標を達成するまで同じ動作を続ける	反復	条件が揃うまで処理を繰り返す

したがって、この三つの思考の型を活用して一連の学習活動等を小さな活動に分け、それらを抽象化し活動や思考を可視化する。そして、これらを組み合わせることができることがプログラミング的思考の育成につながると考える。

本研究では「順次」「分岐」「反復」の三つをプログラミング的思考を育成する思考の型として研究を進めることとする。

(3) プログラミング的思考の育成の視点

「まとめ」では、プログラミング教育を通して育

成する資質・能力を図3のように整理している。



図3 プログラミング教育を通して育成する資質・能力⁽¹³⁾

赤堀侃司ら(平成29年)は、「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。」について、低、中、高学年のそれぞれの発達段階で評価規準を表5のように整理している。

本研究では、小学校低学年におけるプログラミング教育の評価規準の観点を基に、授業でプログラミング的思考の育成について検証を行う。

この観点の内、「論理的に考えを進める」については、他の五つの観点で、評価することができると考え、「動きに分ける」「記号にする」「一連の活動にする」「組み合わせる」「振り返る」の五つの観点で検証を行う。

表5 「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。」の評価規準⁽¹⁴⁾

観点	説明	目標		
		低学年	中学年	高学年
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。	1. 既に経験済みの日常生活や教科で既習の内容について、与えられた手順を見て、既知の事象が分解できることに気付くこと。	1. 日常生活で経験したことや教科で学習した内容は、いくつかのまとまりに分解できることに気付く、自分なりの判断で分解し、分解した内容を書き出したり、他者に伝えたりすること。	1. 事象の階層構造に気付く、階層に分解した事象を書き出したり、他者に伝えたりすること。
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。	1. 目的に合わせて、必要な要素を選択肢から選ぶことができること。	1. 目的に合わせて、必要な要素を自ら見出すことができること。	1. 目的に合わせて、最適な要素だけを見出すことができること。
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。	1. 既に経験済みの事象の中に、類似性や関係性がある事象があることに気付くこと。	1. 目の前の問題を解決済みの問題と比較し、類似性や関係性を適用して問題解決に利用すること。	1. 過去の解決済みの問題から、解決策の類似性や関係性を見出し、共通する規則や原則を一般化して、他の問題に当てはめて解決に利用すること。
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。	1. 様々な手続きに手順があることに気付く、与えられた手順の最適な順番を考え、並び替えたり、他者に伝えたりすること。	1. 意図した活動を実行するため、複数の手順を、順次処理、繰り返し処理、条件分岐処理などを利用して組み合わせ、書き出したり、他者に伝えたりすること。	1. 意図した活動を実現するため、複数の手順の最適な組合せを考え、再現性のある手順を創作し、書き出したり、他者に伝えたりすること。
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。	1. 手続きを見て、与えられた観点と手順を照らし合わせて確認し、過不足がないかを評価し、手順に問題がある場合はその理由を書き出したり、他者に伝えたりすること。	1. 記述した手順が目的に沿ったものかを判断でき、手順に問題がある場合は、その原因と理由を伝え、改善方法を書き出したり、他者に伝えること。	1. 目的に沿って適切な評価の観点を考えつき、手順に問題がある場合はその原因を考え、分析・判断を行い、改善策を分かりやすく表現して他者に伝えること。
論理的に考えを進める	論理的推論と分析を行うこと。	1. 手続きを見て、与えられた観点に従って、ものごとが比較できることや関連付けできることに気付くこと。	1. ものごとの原因と結果の関係を考え、その関係性に気付く、それを筋道立てて書き出したり、他者に伝えたりすること。	1. ものごとを分析・解釈し、帰納的にルールや原則を考え、そのルールや原則を理解し、筋道立てて書き出したり、他者に伝えたりすること。また、他の事象に当てはめること。

4 アンブラグドコンピュータサイエンスについて

(1) アンブラグドコンピュータサイエンスとは

「まとめ」では、プログラミング教育の実施に当たって、「『アンブラグドコンピュータサイエンス』の考えのもと、コンピュータを使わずに紙と鉛筆で行う教育も提案されているところであり、小学校段階における具体的な教材や指導方法、その効果等について検討が求められる。」¹⁵⁾とし、アンブラグドコンピュータサイエンスの可能性について示されている。

吉田葵ら（2017）は、アンブラグドコンピュータサイエンスについて「コンピュータを利用せずに、カードや筆記用具などを用いたゲームやパズルに取り組むことを通して、コンピュータがどのように動くのかを学びます。」¹⁶⁾と述べており、アンブラグドコンピュータサイエンスは、コンピュータ等のICT機器を必要とせず、プログラミングの専門的な知識、技能も必要としない方法であることが分かる。

(2) 小学校児童の発達段階

小学校は、学年によって、児童の発達段階が大きく異なる。小学校学習指導要領においても各教科等の目標及び内容は、各学年で示されており、プログラミング教育を実施するに当たっては、児童の発達段階を整理する必要がある。

表6 ピアジェの認知発達理論

段階	特徴
第1ステージ 感覚運動期 (誕生～1歳)	・模倣、記憶、思考を始める。 ・物体が隠れても存在しなくなることを認識し始める。
第2ステージ 前操作期 (2歳～7歳)	・論理的に一方方向への操作を考えることができる。 ・言語の使用と象徴的な形で考える能力を徐々に発達する。
第3ステージ 具体的操作期 (7歳～11歳)	・具体的な問題を論理的に解決できる。
第4ステージ 形式的操作期 (11歳～)	・抽象的な問題を論理的に解決することができる。

岡本克哉ら（2017）は、心理学者ピアジェの四つの段階の認知発達理論を表6のようにまとめ、「第1学年から第4学年の時期は、具体的操作期に該当するため、抽象的な内容を考えることは難しいが、具体物に即していれば、抽象的な内容を論理的

に思考することが可能になる。そこで、第1学年から第4学年までの時期は、頭の中で処理される抽象的な内容を教材で具体物に置き換え、抽象的な内容も論理的に思考できるように補助する必要がある。」¹⁷⁾と述べている。このことから、小学校の低学年の授業では、具体的な教材を三つの思考の型に基づいて作成、活用すれば、児童は抽象的な学習内容でも論理的に思考ができるようになると思われる。

(3) アンブラグドコンピュータサイエンスによるプログラミング教育の実施時期

「29年指導要領」では、第3学年の国語でローマ字を学習し、第3学年から外国語活動でアルファベットの学習をするよう示されている⁽¹⁴⁾。また、これまでにプログラミング教育を最も多く取り扱っている教科等が「総合的な学習の時間」であることを考えると、キーボードで文字を入力してプログラミングを行うなどの学習内容は、第3学年から実施することが妥当と考える。

本研究では、小学校低学年で、アンブラグドコンピュータサイエンスによるプログラミング教育を国語、算数及び体育の三教科で取り組み、中学年からの総合的な学習の時間で実施するコンピュータを活用したプログラミング教育につなげ、系統的にプログラミング的思考を育成することを目指す。

II 研究仮説と検証の視点

1 研究仮説

小学校低学年の授業で、アンブラグドコンピュータサイエンスに基づく教材を活用すれば、プログラミング的思考を育成することができるであろう。

2 検証の視点と方法

検証の視点と方法は、表7のとおりである。なお、検証の視点については、表5を基に作成した。

表7 検証の視点と方法

検証の視点	方法
児童は、勉強で答えを考える順番があることに気付くことができる。 【動きに分ける】	事前・事後アンケート インタビュー ワークシート 授業観察
児童は、答えを考えるための順番を正しく選ぶことができる。 【記号にする】	

児童は、他の勉強にも、同じような順番があることに気付くことができる。 【一連の活動にする】	事前・事後アンケート インタビュー ワークシート 授業観察
児童は、勉強で答えを考える順番を変えることができることに気付くことができる。 【組み合わせる】	
児童は、答えを考える順番を変える工夫をすともっと考えやすくなることに気付くことができる。 【組み合わせる】	
児童は、自分で考えた順番を先生や友だちに話すことができる。 【振り返る】	

プログラミング的思考の育成に関して、児童の変容を測るアンケートの内容を表8に示す。なお、アンケートは、四段階評定尺度法で行う。

表8 プログラミング的思考の育成に関するアンケート

No	質問項目
①	答えを考えるためのじゅん番を正しくえらぶことができる。
②	同じようなじゅん番がいろいろなべん強にも、あることを知っている。
③	べん強で、答えを考えるじゅん番をかえることができることを 知っている。
④	べん強で、答えを考えるじゅん番をかえるくふうをすると、もっと考えやすくなることを知っている。
⑤	自分で考えたじゅん番を先生や友だちに 話すことができる。

Ⅲ アンプラグドコンピュータサイエンスに基づく教材開発

1 教材作成の視点

小林祐紀ら（2017）は、教科学習の中に論理的思考の場面を見いだすことで、これまでの教科学習の中にも、さまざまな論理的思考を必要とする場面がすでに存在していると述べている⁽¹⁵⁾。これまでの教科等の内容に、小さな手順で考えたり、状況に

よって行動を変えたり、同じことを繰り返したりする学習過程や児童が思考する場面を見付け、その学習内容にあった教材を開発することが求められていると考える。

本研究では、紙や筆記用具等で、学習活動を小さな動きに分け、その動きをカード等に記したものを、児童が「順次」「分岐」「反復」の思考の型で試行錯誤しながら、自分の意図した活動になるよう、組み合わせを考えたり、その理由を伝えたりすることができる教材を作成した。

2 各研究協力校における教材開発

三つの研究協力校で開発する教材の詳細については、次に示すとおりである。

(1) 東広島市立板城西小学校

- 教科等 体育
- 単元名 跳び箱
- 教材作成の視点

開脚跳びができるようになるための運動を、「ふみきり」「うでしじ」「つきはなし」の各ステップに分割し、思考の型の「順次」を踏まえて次の図4及び図5に示すカードを作成した。

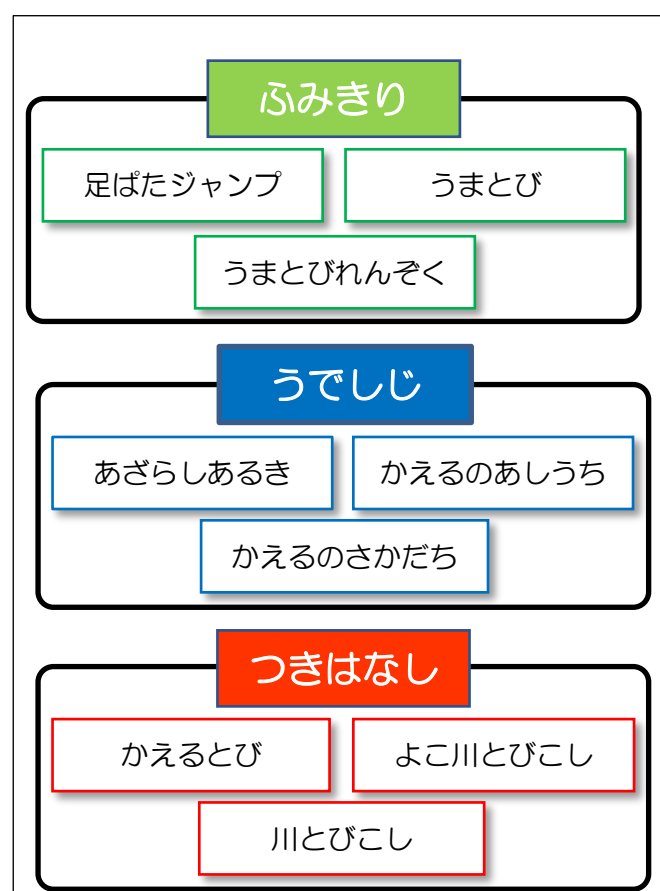


図4 跳び箱を使わない運動に関連したカード

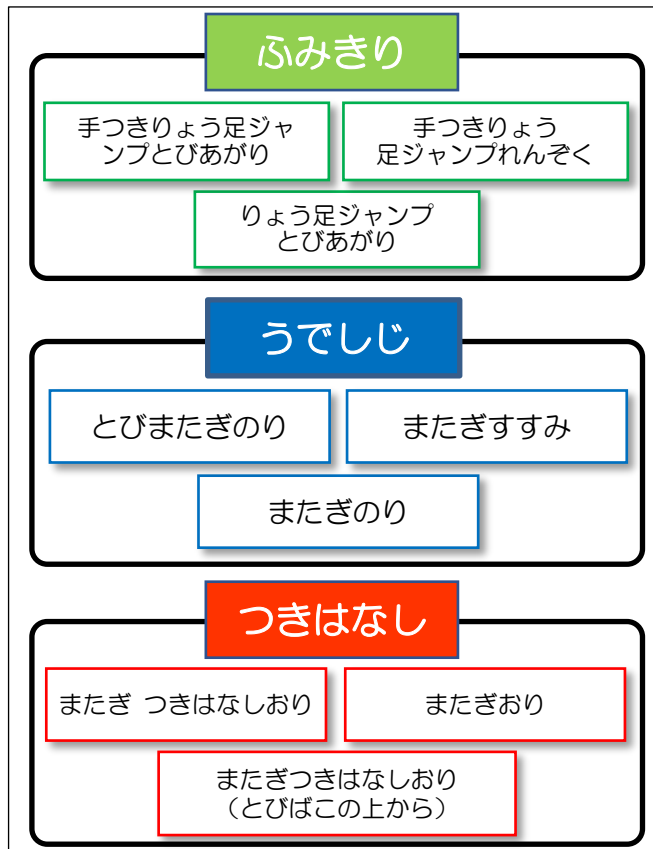


図5 跳び箱を使った運動に関連したカード

各ステップの中に三つの開脚跳びに関連する運動を取り入れたカードを簡単にできそうな運動から難しそうな運動の順番になるように、児童がカードの順番を並べ替えながら跳び箱で開脚跳びの運動に必要な運動の順番を考えることをねらいとした。

○ 教材の具体的な活用方法

本単元では、開脚跳びができるようになるための運動を「ふみきり」「うでしじ」「つきはなし」のそれぞれのステップに分割し、それらの一連の運動が流れることで開脚跳びができるようになると仮定した。授業者のこれまでの経験から、跳び箱遊びへの苦手意識をもつ児童が予想されたため、跳び箱を使わない運動に慣れさせた後に跳び箱を使った運動を行わせるよう単元計画を行った。また、それぞれのステップの中に三つの開脚跳びに関連する運動を取り入れ、それぞれのカードを準備した。それぞれのカードは、各ステップの運動の中で、児童ができるようになるまでの難易度が異なる運動になるように工夫した。

授業者は、それぞれのステップの中で、簡単にできそうな運動から難しそうな運動の順番になるように、児童に考えを整理させ、カードの順番を

並べ替えながら跳び箱を使った開脚跳びの運動につながるよう授業を行った。授業者が考えた各運動の順序は図6のとおりである。

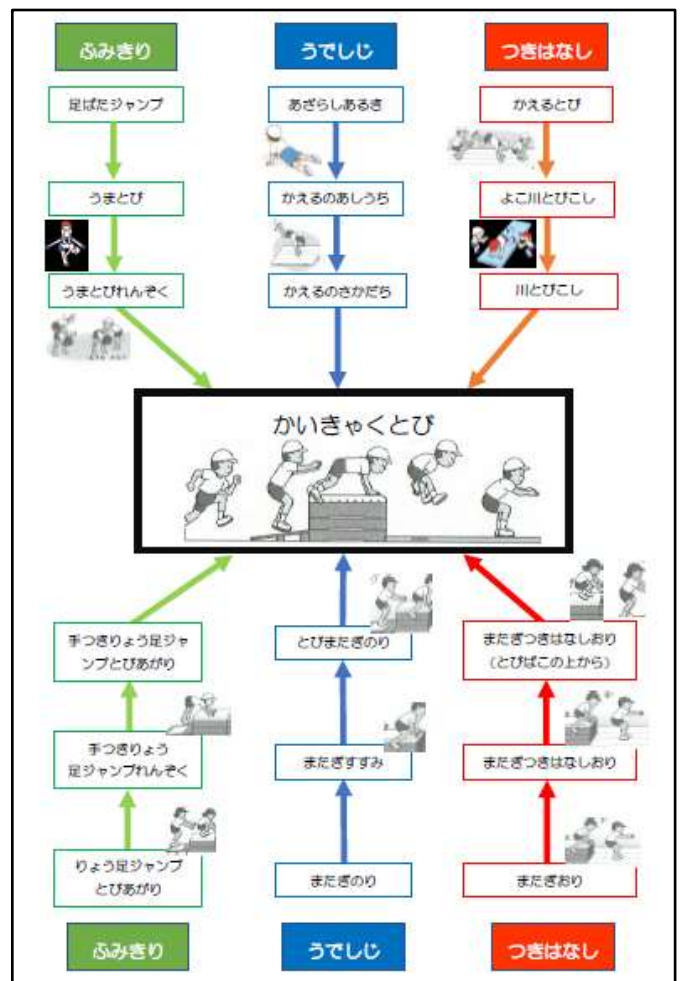


図6 開脚跳びができるようになる各ステップの流れ

(2) 北広島町立壬生小学校

○ 教科等 国語

○ 単元名 主語と述語

○ 教材作成の視点

文章から主語と述語を見付ける手順がわかる「手引き」を児童に作成させることを通して、主語と述語の関係を考えながら文を読んだり書いたりできるようにすることをねらいとした。主語と述語を見付ける「手引き」を作成するための小さな手順に分け、次の図7に示すカードを作成した。

○ 教材の具体的な活用方法

主語と述語を見付けたり、主語と述語の関係を見直して確かめたりする手がかりとなる「手引き」を児童に作成させることをねらいとした。

プログラミング的思考の育成の観点である「動きに分ける」「一連の活動にする」「振り返る」の三つを踏まえた授業計画を立てた。

「動きに分ける」学習では、図8のように、主語と述語が複数含まれる例文を提示し、児童に主語と述語を見付けて線で囲ませ、見付ける活動の際に困ったことを発表させた。困ったことから、四つの小さな動きに分割させるように児童の思考を促した。

分割した四つの動きは、それぞれ解決方法を考えさせて図7のように記号化して、児童が手順の順番を考えやすくなるようにした。

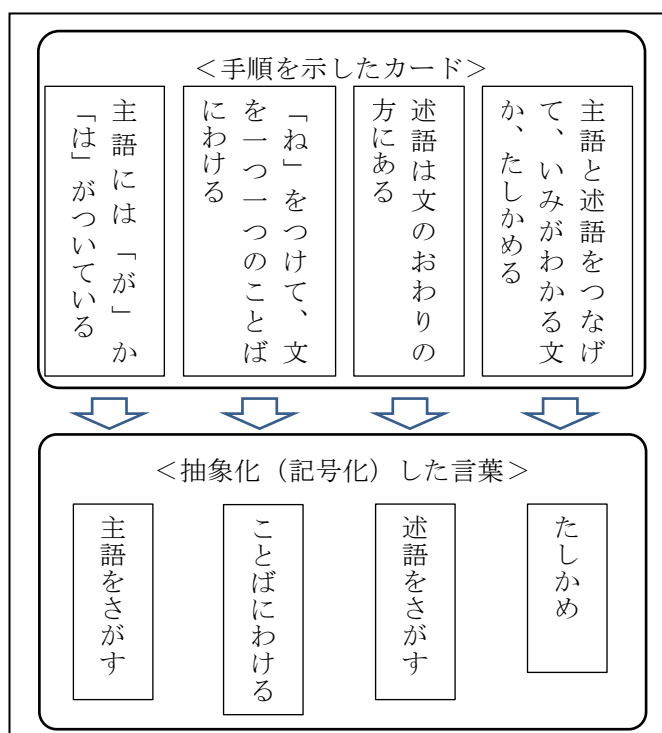


図7 主語と述語を見付ける手順を示したカード

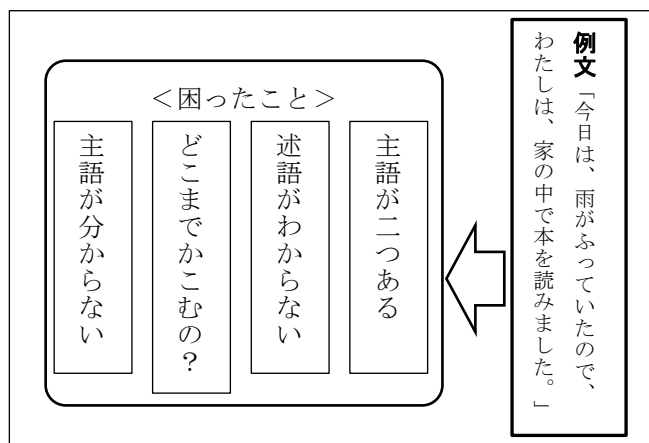
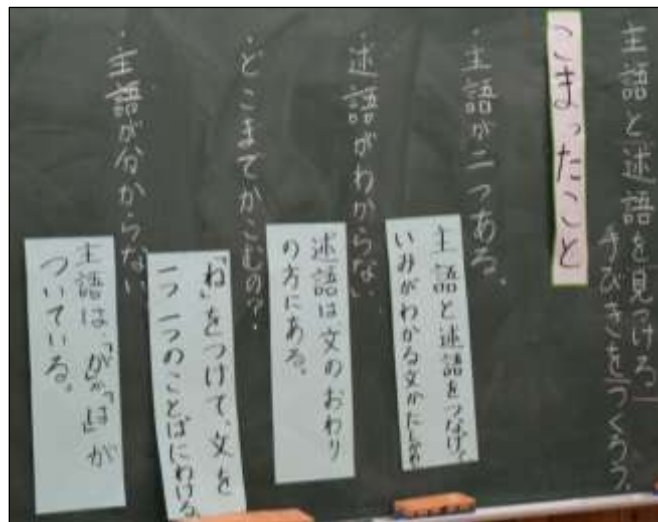


図8 児童が困ったと感じたこと



四つの動きに分割したカード

「一連の活動にする」学習では、どんな文であっても主語と述語を見付けることのできる「手引き」を作成させるために、分割した四つの動きの順序を考えさせた。児童に理由を発表させながら主語と述語の見付け方の「手引き」となる順番を図9のように考えさせ、一連の活動になるようにした。

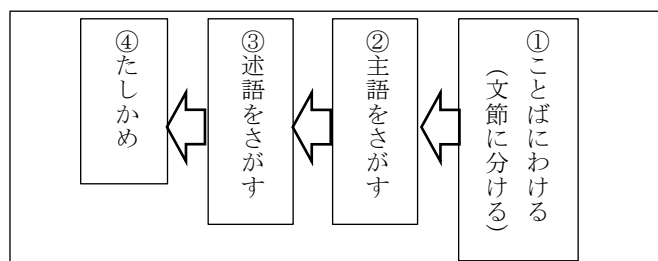
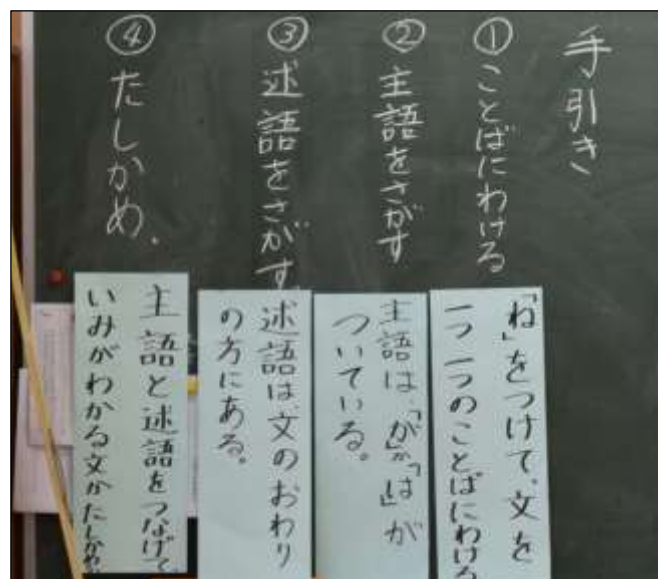


図9 「手引き」になるように並べた言葉



手順を示したカードを抽象化した様子

「振り返りをする」学習では、作成した「手引き」の手順を基にして、例文の主語と述語を見付ける学習活動で確認できるようにした。

(3) 尾道市立御調中央小学校

- 教科等 算数
- 単元名 はこの形
- 教材作成の視点

「箱の形」の観察や構成の活動を通して、「面」「辺」「頂点」といった構成要素に着目した特徴を分析的に捉えるため、「箱の形を構成する四角形」と「四角形を構成している辺の長さ」を抽出することができるようにする。それぞれの構成要素を抽出する段階に分割し、思考の型の「順次」「分岐」を踏まえて次の図10及び図11に示すワークシートを作成した。

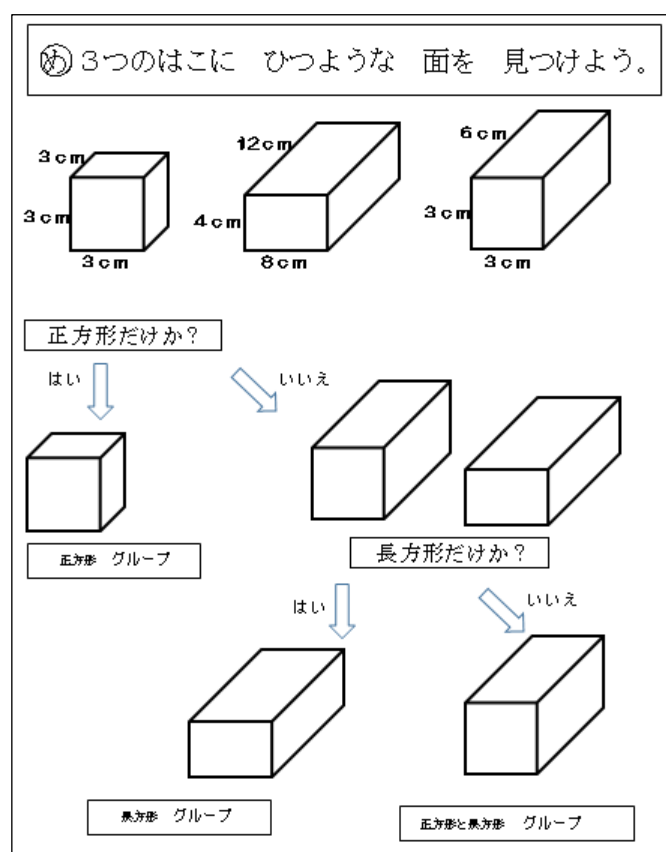


図10 導入時の板書

図10は、思考の型の「分岐」を踏まえて、導入時の板書で箱の形を構成する四角形を見いださせることをねらいとした。

図11は、思考の型の「順次」を踏まえて作成したワークシートである。ワークシート中段のニコニコツールを使って、辺の長さを当てはめさせ、三つの四角形と、箱を構成するためのそれぞれの枚数を見

いださせることをねらいとした。ニコニコツールは、箱の縦、横、高さの長さを当てはめ、示された手順どおりに思考することで、箱を構成している四角形の二つの辺の関連が分かるようにした。

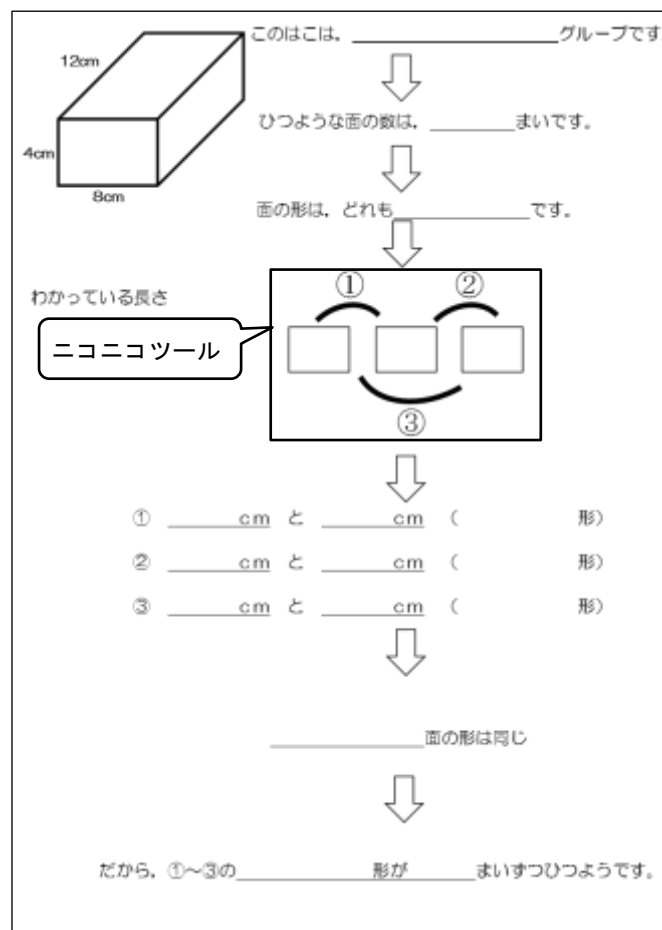


図11 ニコニコツールを取り入れたワークシート

IV 研究授業の実際

1 東広島市立板城西小学校における授業

(1) 研究授業計画

- 学年 第2学年 16人
- 実施日 平成29年12月18日(月)
- 教科等 体育「とびばこあそび」
- 単元の目標
 - ・ 跳び乗りや跳び下り、手を着いてのまたぎ乗り、跳び乗りをすることができる。
 - ・ 跳び箱遊びに進んで取り組み、きまりを守り、仲よく運動したり、場の安全に気を付けたりすることができる。
 - ・ 器機・器具を用いた簡単な遊び方を工夫できる。
 - ・ 運動のつながりや順番を考えながら「とびばこ

あそび」に取り組むことができる。

○ 単元計画

次	学習内容（時数）
1	・「足パタ」「馬跳び」「カエルの足打ち」の運動に挑戦する。 ・跳び箱の準備の仕方，気を付ける点を聞き，友だちと協力して跳び箱の準備をすることができる。 ・試しの運動として，高さの違う跳び箱で開脚跳びに挑戦する。（1）
2	・「ふみこし下り」「またぎ乗り」「跳び乗り」「カエルの足打ち」「よこ川跳びこし」「跳び箱を使って前転がり」等の各遊びについて説明を聞き，これらの動きを，サーキットトレーニングのような流れの中で，楽しみながら行うことができる。（2）
3	・跳び箱を使わない「踏切」「腕支持」「突き放し」の運動を体験する。 ・跳び箱を使った「踏切」「腕支持」「突き放し」の運動を体験する。 ・本単元の各運動遊びが，開脚跳びにつながることを意識しながら行わせる。（1）
4	・跳び箱を使わない運動で，開脚跳びにつながる複数の運動のつながりや順番を考えたり，その運動遊びを行ったりすることができる。（1）
5	・跳び箱を使った運動で，開脚跳びにつながる複数の運動のつながりや順番を考えたり，その運動遊びを行ったりすることができる。（1）本時
6	・これまでに練習してきた跳び箱遊びの運動を取り入れて開脚跳びをしたり，台上前転に挑戦したりすることができる。（1）

(2) 授業の概要

本単元を提案授業に選んだ理由は，次のとおりである。

新しい小学校学習指導要領「第9節 体育 第1目標(2)」には「運動や健康についての自己の課題を見付け，その解決に向けて思考し判断するとともに，他者に伝える力を養う。」と示されている。

「自己の課題を見付け，その解決に向けて思考し判断する」という内容に，プログラミング教育の考えを取り入れれば，目標をより効率的に達成でき，プログラミング的思考も育成できると考えた。

また，「第2 各学年の目標及び内容〔第1学年及び第2学年〕1 目標」には，次の3点が示されている。

- (1) 各種の運動遊びの楽しさに触れ，その行い方を知るとともに，基本的な動きを身に付けるようにする。
- (2) 各種の運動遊びの行い方を工夫するとともに，考えたことを他者に伝える力を養う。
- (3) 各種の運動遊びに進んで取り組み，きまりを守り誰とでも仲よく運動をしたり，健康・安全に留意したりし，意欲的に運動をする態度を養う。

本授業は，跳び箱を使った開脚跳びの運動で，運動遊びにつながる複数の運動のつながりや順番を考えることで，円滑に運動遊びができるようになることをねらいとしている。

授業の流れは次のとおりである。

○ 跳び箱遊びにつながるサーキットトレーニングに取り組む。

○ 本授業のめあてを共有する。

「かいきやくとびにつながるうんどうのじゅんばんを考え，たしかめよう。」

○ 用具の準備及び場づくりをする。

○ グループの友だちと一緒にになって，運動遊びのカードを使用し，上下に動かして並び替えながら，運動のつながりや順番を考える。

また，授業者がねらいとする評価規準の観点ごとの目標を表9，児童の思考の型を図12に示す。

表9 評価規準の観点ごとの目標

観点	目標
動きに分ける	開脚跳びの一連の動きを，「踏み切り」「腕支持」「突き放し」の運動に分ける。
記号にする	「踏切」「腕支持」「突き放し」それぞれの運動を抽象化する。 「踏み切り」 ・両足ジャンプ跳びあがり ・手つき両足ジャンプ連続 ・手つき両足ジャンプ跳びあがり 「腕支持」 ・またぎ乗り ・またぎ進み

	・跳びまたぎ乗り「突き放し」 ・またぎ下り ・またぎ突き放し下り ・またぎ突き放し下り（跳び箱の上から）
一連の活動にする	記号化されたキーワードを使って、それぞれの運動の中で、簡単にできそうな活動から難しそうな活動の順番になるように並びを考えさせ、各グループのホワイトボードに、その組み合わせのより良い流れをフローチャート図で作成させる。
組み合わせる	
振り返る	並び替えたカードの順番が簡単な動きから難しい動きの流れになっているかどうか、また、考えた順番に活動していけば、開脚跳びができることにつながっていくかどうかを実際の運動遊びを行うことで確認させる。

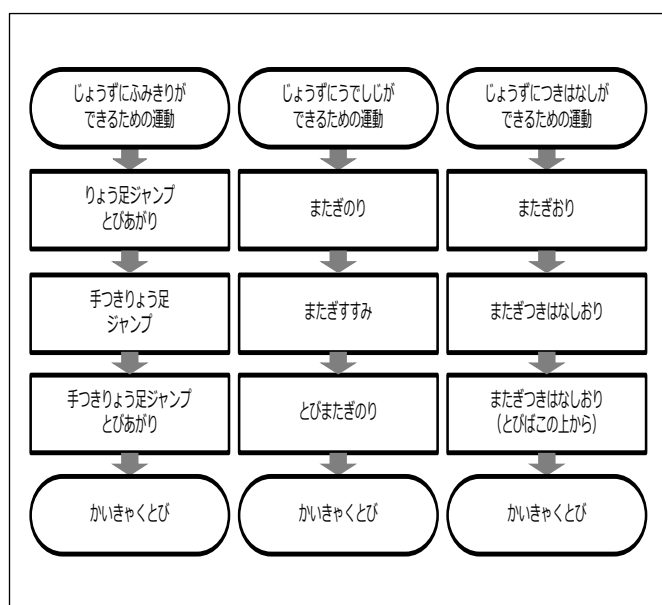


図12 「順次」の思考の型

(3) 結果の分析と考察

実施した授業が、児童へのプログラミング的思考の育成にどのように有効であったのかについて、事前と事後のアンケートを基に、ウィルコクソンの符号順位検定を使って分析を行った。その結果は表10のとおりである。

表10 プログラミング的思考の育成に関するアンケート調査における児童の意識

	質問項目		4	3	2	1	p 値
①	答えを考えるための順番を正しく選ぶことができる。	事前	15	0	1	0	0.6547
		事後	15	0	0	1	
②	同じような順番が色々な勉強にもあることを知っている。	事前	12	2	0	2	0.1088
		事後	15	1	0	0	
③	勉強で答えを考える順番を変えることができることを知っている。	事前	14	0	1	1	0.1797
		事後	15	0	1	0	
④	勉強で答えを考える順番を変える工夫をすると、もっと考えやすくなることを知っている。	事前	13	0	1	2	0.9165
		事後	12	3	0	1	
⑤	自分で考えた順番を先生や友だちに話すことができる。	事前	3	7	4	2	0.0754
		事後	11	3	1	1	

分析結果からは、いずれの項目も有意水準5%において事前、事後で有意な差は見られなかったが、質問項目⑤は、肯定的な回答が増加していることが分かる。



運動カードを使ってそれぞれの運動のつながりや順番を考えさせている様子

今回の授業で実施した三段の跳び箱は、すべての児童が跳ぶことができおり、多くの児童が、開脚跳びの運動を細かなステップに分ける取組を通して、自身の考えと行動を整理し、自分の考えに自信を持って他者に伝えることができたのだと考える。

また、児童の事後アンケート自由記述の内容に

は、次のような記述があった。

- ・ Aさんが「かんたんなものを先にやってむずかしいものをさい後にやると上手にかいきやくとびができる。」と言っていたのでなるほどと思いました。（3人）
- ・ Aさんが言ったことは、バラバラになってやるより、じゅん番を作った方がよいと言っていて、わたしもさんせいしました。
- ・ うごきをバラバラでやるよりは、ならびかえてやる方がやりやすかった。
- ・ うごきをじゅん番でやるとかんたんだけど、バラバラだったらむずかしい。
- ・ バラバラでやるのはむずかしいけど、じゅん番でやると、むずかしいうごきもかんたんにできることが分かりました。
- ・ じゅん番を正しくするとむずかしいうごきもかんたんにできる。
- ・ みんなで、やるじゅん番を考えられたのでよかったです。またやりたいです。
- ・ かんたんなじゅん番に並べたらやりやすかったです。
- ・ バラバラでやるよりもならべてやった方がよいと思いました。



運動カードを見ながら思考を整理している児童

これらの記述から、ある児童の発言をきっかけにして、考えを整理して運動を行うことで自身の考えが整理でき、開脚跳びができるようになったことが分かる。アンプラグドコンピュータサイエンスに基づく教材を活用したことで、それぞれの児童が考えと行動を整理して運動を行うことができ、プログラミング的思考の育成にもつながったといえる。

一方で、次のような記述もあった。

- ・ かんたんなものをずっとやってもむずかしいものがないから気をつけたい。
- ・ かんたんなものをずっとやってもむずかしいものがないから、むずかしいうごきをがんばりました。

本授業は、三つの思考の型「順次」「分岐」「反復」の中の、「順次」に特化した授業に留まっている。しかし、これらの記述は、児童が「分岐」と「反復」を求めていたと判断できる。

このことから、今後は、児童が「分岐」及び「反復」が行えるよう、十分な運動時間を確保するなど、単元の構成を改善する必要がある。

2 北広島町立壬生小学校における授業

(1) 研究授業計画

- 学年 第2学年 25人
- 実施日 平成29年12月11日（月） 第3校時
- 教科等 国語「主語と述語」
- 単元の目標
 - ・ 主語と述語の関係とその役割に興味をもち、身近な文章から主語と述語を見つけ出すことができる。
 - ・ 文が主語と述語で構成されていることを知り、読むときや話すとき、書くときには、主語と述語のつながりが大切であるということを理解することができる。

○ 単元計画

次	学習内容（全3時間）
一	例文を使って、主語と述語を見付ける。
二	主語と述語をはっきりさせて書いたり話したりする。
三	主語と述語を見付けたり、主語と述語が整っているか見直したりするための手引きを作る。本時

(2) 授業の概要

本授業は、主語と述語を見付ける手引きを作成することを通して、主語と述語を見分け、主語と述語のつながりが大切であることを理解することをねらいとしている。

学習の流れは次のとおりである。

- 提示された例文から、主語と述語を見付ける。
- 主語と述語を見付ける際に困ったことを発表し合い「手引きを作成する」という学習課題を設

定する。

- 手引きに必要な順序や内容を考える。
- 完成した手引きを使って、例題の主語と述語について考える。
- 練習問題を解く。
- 振り返りをする。

授業者は、普段の授業の様子やプレテストの結果から、児童は、言葉のまとまりを捉えながら読んだり、書いたりする力が不十分であると分析した。この課題を踏まえて、プログラミング的思考を育成するための学習を次のとおりとした。

- 「動き（事象）に分ける」

主語と述語を見付ける手引きの分け方について、児童が困ったことをきっかけにして考えさせる。

- 「一連の活動にする」

主語と述語を効果的に見分けることができる手引きを作成するため、見付けた手順の順番を考えさせる。

- 「振り返りをする」

四つの手順を確認させるため、作成した手引きを基にして少し複雑な文章から主語と述語を見付ける活動を取り入れる。

また、授業者がねらいとする評価規準の観点ごとの目標を表11、児童の思考の型を図13に示す。

表11 評価規準の観点ごとの目標

観点	目標
動きに分ける	「主語と述語をつなげていみがわかる文かたしかめる」「述語は文のおわりの方にある」「『ね』をつけて、文を一つ一つのことばにわけける」「主語は『が』『は』がついている」の四つの手順に分けることができる。
一連の活動にする	四つの手順の順番を組み合わせ、主語と述語を見付ける順番で考えている。
振り返る	作成した「手引き」を基に、別の例文の主語と述語を見付けることができる。

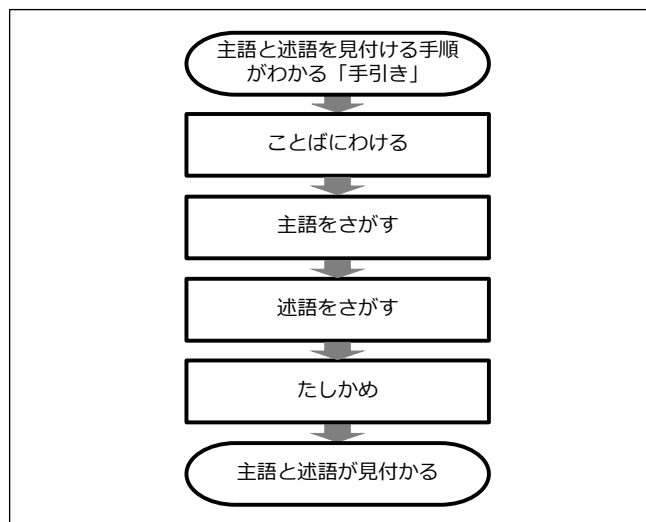


図13 「順次」の思考の型

(3) 結果の分析と考察

実施した授業が、児童へのプログラミング的思考の育成にどのように有効であったのかについて、事前と事後のアンケートを基に、ウィルコクソンの符号順位和検定を使って分析を行った。その結果は表12のとおりである。

表12 プログラミング的思考の育成に関するアンケート調査における児童の意識

	質問項目		4	3	2	1	p 値
①	答えを考えるための順番を正しく選ぶことができる。	事前	14	8	0	0	0.0587
		事後	13	6	3	0	
②	同じような順番が色々な勉強にもあることを知っている。	事前	16	4	2	0	1.0000
		事後	16	6	0	0	
③	勉強で答えを考える順番を変えることができることを知っている。	事前	12	10	0	0	0.2076
		事後	11	10	1	0	
④	勉強で答えを考える順番を変える工夫をすると、もっと考えやすくなることを知っている。	事前	12	5	4	1	0.4326
		事後	14	7	0	1	
⑤	自分で考えた順番を先生や友だちに話すことができる。	事前	10	10	2	0	0.0619
		事後	9	7	3	3	

分析結果から、全ての項目において、有意水準5%で事前、事後に有意な差は見られなかった。

しかし、児童の事後アンケートの自由記述の内容には、12人の児童が「手引きが使いやすかった。」「手引きが分かりやすかった。」など、手引きの良さについて記述していた。このことは、「振り返り

をする」学習で作成した手引きを活用する場面を設定したことで、児童は、主語と述語を見付ける手順を確認できたと考える。また、2人の児童が「分かりやすい順番を決めるのが分かりやすかった。」

「主語と述語の順番を変えるのが楽しかった。」と記述しており、プログラミング的思考を育成する思考の型である「順次」を取り入れた学習において、順序を考えることの良さを感じた児童もいた。

全3時間とも授業の最後には10問のミニテストを実施し、主語と述語を見付ける学習の定着状況を把握した。ミニテスト（第1回目と第2回目は同じ問題）の結果を見ると、第1回目と第2回目で全問不正解の児童が2人いたが、第3回目ではそれぞれ正解数が7問と3問（10問中）になっていた。この2人は事後アンケートの自由記述欄に「主語と述語がよく分かりました。」「手引きを使ってよく分かりました。」と記述していた。「手引きを使ってよく分かりました。」と記述した児童は、質問項目④で、事前では否定的な回答を選択していたが、事後ではやや肯定的な回答に変容していた。これらの結果は、主語と述語を見付ける「手引き」を作成し、それを基にして例文の主語と述語の見付けるための手引きを活用できていたと考える。

授業者からの聴取では、「『手引き』を作成させることを通して、プログラミング的思考を育成しつつ、児童の課題となっている言葉のまとまりを捉えさせることができた。」と実感できたことが分かった。一方で、「児童が試行錯誤する機会やアルゴリズムを見直して作り変える活動ができなかった。」ことも分かった。

これらのことから、一定の成果は見られるが、国語科で、より効果的にプログラミング的思考を育成するには、プログラミング教育を取り扱う単元をさらに精査する必要があると考える。

3 尾道市立御調中央小学校における授業

(1) 研究授業計画

- 学年 第2学年 19人
- 実施日 平成29年12月8日（金） 第3校時
- 教科等 算数「はこの形」
- 単元の目標
 - ・ものの形についての観察や構成などの活動を通して図形を構成する要素に着目し、図形について理解できるようにする。【C（1）】
 - ・箱の形をしたものについて知ること。【C（1）ウ】

○ 単元計画

次	学習内容（時数）
1	・箱の仲間分けを行う。（1）
	・面を写し取り、面の特徴を調べる。 ・用語「面」について知る。（1）
	・箱を切り開き、辺の特徴を調べる。 ・切り開いた箱（展開図）をもとに、同じ長さの辺について考察する。（1）
2	・面構成による箱作りをする。 ・六つの長方形（合同な2組の長方形が三種類）を使って箱を組み立てながら、面と面のつなぎ方を考える。（1） ・線構成・点構成で箱の形づくりをする。
	・箱の形の模型をつくるために必要なひご（辺）の長さや本数と粘土玉（頂点）の数を調べる。（1） ・活用問題。任意の箱を構成する上で必要な面を様々な正方形・長方形の中から辺の長さに着目して選び出す。（1）本時
3	・練習問題に取り組む。（1）

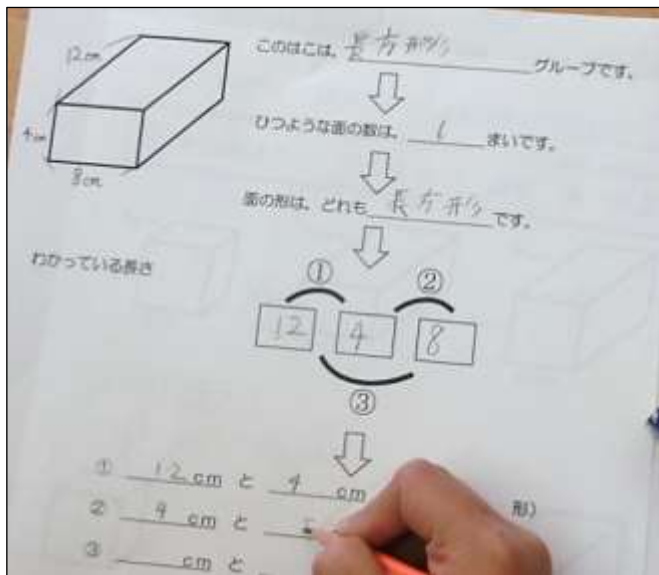
(2) 授業の概要

本単元は、算数科学習指導要領C（1）「ものの形についての観察や構成などの活動を通して、図形を構成する要素に着目し、図形について理解できるようにする。」を受けて設定されている。

本授業では、任意の箱（直方体・立方体）を構成する上で必要な面を様々な正方形・長方形の中から辺の長さに着目して選び出すことができることをねらいとした。

授業の流れは次のとおりである。

- 三種類の箱の形を分類させる。
三種類の箱を「正方形だけを使っているか」の質問で二つに分類、「長方形だけを使っているか」の質問でさらに二つに分類し、全部で三種類の箱の形に分類する。
- 三種類それぞれの箱に必要な面を見付けださせるため、これまでの既習事項、ワークシートを使って自力解決させる。



ニコニコツールを使って、思考を整理している様子

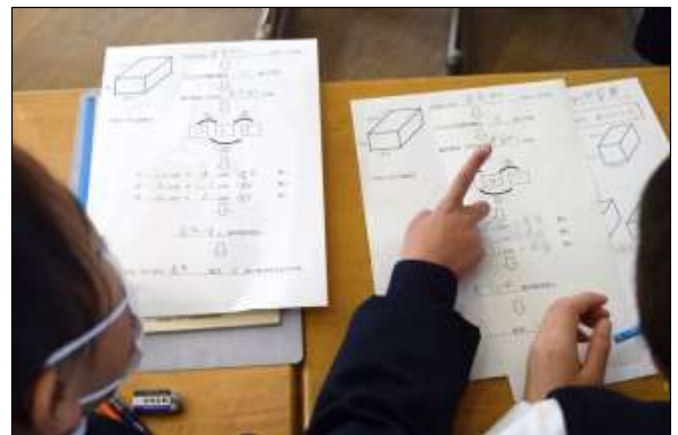
一つの箱の形はどの四角形が何枚必要か、その四角形の辺の長さはいくらかをワークシートを使って順番に見いださせる。

- 自力解決したものを集団解決で確かめる。
箱の形の模型を使い、児童が考えた面が箱を構成している面と一致するののかについて学級全体で確かめる。



授業の様子

- ペアで解き方を教え合う。
ニコニコツールと導入時の板書の使い方を教え合ったり、抽出した四角形を構成している辺の長さや箱の形を構成する四角形の枚数を確かめ合ったりする。



児童がペアでワークシートの適用問題を解く様子

また、授業者がねらいとする評価規準の観点ごとの目標を表13、児童の思考の型を図14及び図15に示す。

表13 評価規準の観点ごとの目標

観点	目標
動きに分ける	箱の形が面で構成されていることや面が辺で構成されていることに気付く。 ・箱を構成する面が「正方形」「長方形」であることに気付く。 ・面に使われている辺が「何センチの線」であることに気付く。
記号にする	箱の形がどのような面や辺で構成されているか選ぶことができる。 ・箱の形から構成されている面がどの四角形で構成されているかを選べる。 ・四角形の辺の長さを箱の形から選ぶことができる。
一連の活動にする	一つの箱の形から違う種類の箱の形も同じように考えて課題を解決することができることに気付く。
組み合わせる	箱の形に必要な面を見付けだす順番に気付き、その順番を相手に伝える。
振り返る	手続きを見て、与えられた観点と手順を照らし合わせて確認し、過不足がないかを評価し、手順に問題がある場合はその理由を書き出したり、他者に伝えたりする。

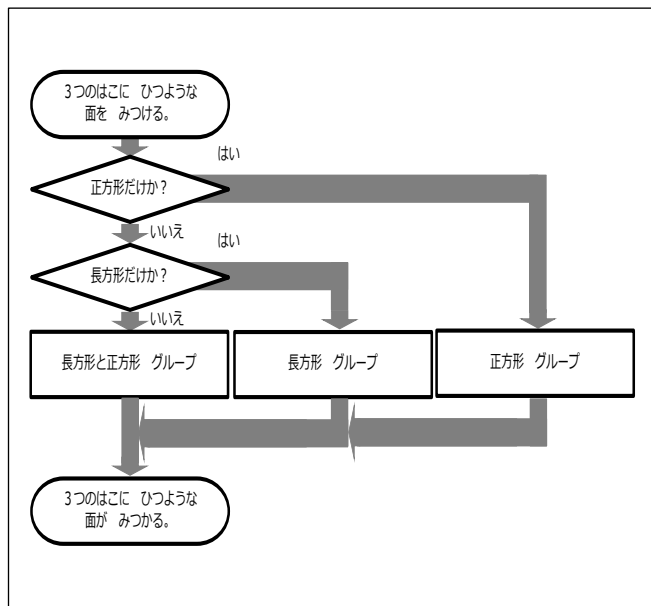


図14 「分岐」の思考の型

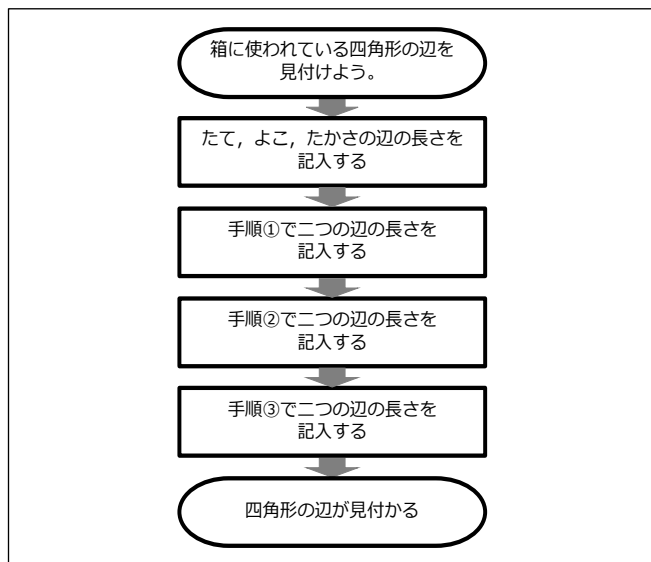


図15 「順次」の思考の型

(3) 結果の分析と考察

実施した授業が、児童へのプログラミング的思考の育成にどのように有効であったのかについて、事前と事後のアンケートを基に、ウィルコクソンの符号順位検定を使って分析を行った。その結果は表14のとおりである。

表14 プログラミング的思考の育成に関するアンケート調査における児童の意識

	質問項目		4	3	2	1	p 値
①	答えを考えるための順番を正しく選ぶことができる。	事前	9	8	0	0	0.0431 *
		事後	14	3	0	0	

②	同じような順番が色々な勉強にもあることを知っている。	事前	10	7	0	0	0.0679
		事後	14	3	0	0	
③	勉強で答えを考える順番を変えることができることを知っている。	事前	5	4	2	6	0.0067 **
		事後	13	3	1	0	
④	勉強で答えを考える順番を変える工夫をすると、もっと考えやすくなることを知っている。	事前	3	4	3	7	0.0010 **
		事後	16	0	1	0	
⑤	自分で考えた順番を先生や友だちに話すことができる。	事前	11	3	2	1	0.6103
		事後	12	4	0	1	

質問項目①、③及び④の三項目について、有意水準5%で事前、事後で有意な差が見られた。このことは、開発した教材を活用した授業を通して、児童が、答えを導き出すために考える順番を変えたり、考える順番を変える工夫をしたりすることができるようになった成果の一つと考える。

一方で、質問項目③及び④でやや否定的な回答をした児童が2人いる。この児童らは、事前のアンケートでは、否定的な回答であった。児童らのワークシートを見ると、ニコニコツールで四角形の辺の長さの関係は理解できていたが、箱の形を構成する四角形の関係は誤答や無答であったため、事後アンケートで、やや否定的な回答にとどまったと考える。

質問項目⑤について、有意な差が見られなかった。このことについて、授業者に聴取をしたところ授業の振り返り活動で、日常的に児童の考えを発表させたり、聴かせたりすることを行っているためであることが分かった。

また、アンケートの自由記述には、回答したすべての児童がニコニコツールを活用することで、「分かりやすい」「考えやすい」「かんたんにできる」など肯定的に捉えていた。このことから、アンプラグドコンピュータサイエンスに基づく教材であるニコニコツールを含むワークシートを活用したことで、それぞれの児童が考えたことをペアの相手に伝え合うことができ、プログラミング的思考の育成につながったと考える。

V 研究の成果と課題

1 成果

- プログラミングの基本的な型につながる思考の型を「順次」「分岐」「反復」の三つの型に整理し、この三つの型に基づく教材を「国語」「算数」「体育」で作成でき、それぞれの教科でその教材を活用した授業を行い、児童のプログラミング的思考を育成することに一定の成果が見られたこと。
- 新しい学習指導要領に具体的に例示されていない教科及び実技を伴う教科でも、プログラミング的思考を育成する学習活動が可能であることを示唆できたこと。

2 今後の課題

- 児童のプログラミング的思考をより効果的に育成するには、アンプラグドコンピュータサイエンスに基づく教材を作成、活用する教科はもとより単元や題材をさらに精査する必要がある。

おわりに

平成32年度から新しい小学校学習指導要領が完全実施される。各学校では、学校の特色や児童の実態に合わせて、プログラミング教育の具体的な進め方を検討されているであろう。しかし、導入する教科等や教材開発に苦慮されていることが、「学校教育法施行規則の一部を改正する省令案並びに幼稚園教育要領案、小学校学習指導要領案及び中学校学習指導要領案に対する意見公募手続き（パブリックコメント）の結果」からうかがえる。とりわけ、ICT機器が十分に整備されていない学校では、プログラミング教育を導入することに、困惑していることが推測できる。

今後、各学校でプログラミング教育を導入するには、本研究で示したアンプラグドコンピュータサイエンスに基づく教材づくりを参考にして、児童のプログラミング的思考を育成する学習指導を進めていただければと考えている。

アンプラグドコンピュータサイエンスによるプログラミング教育は、低学年だけでなく、中学年及び高学年の教科等の学習活動でも、実施可能なものである。また、本研究で示した「順次」「分岐」「反復」の三つの思考の型は、各教科等の学習活動はもとより、日常生活においても、児童が意識し、習慣化することによって、様々な場面でプログラミング的思考を育成することが可能である。

プログラミング教育を難しく考えることなく、本研究で整理した三つの思考の型を基に授業づくりをすれば、プログラミングの専門的な知識、技能を十分に身に付けていない教員も、これまでの授業スタイルを大きく変更することなく、実施することが可能である。是非、参考にさせていただきたい。

今後、各学校では、プログラミング教育の実施に向けて、校内研修や教育研究が推進されることであろう。当センターでは、県内小学校のプログラミング教育に関する課題の解決を目指し、本研究の成果を反映した専門研修講座の実施を計画している。教職員の皆様には、積極的に研修を受講していただき、児童のプログラミング的思考を育成する実践的指導力の向上に努めていただきたい。

最後に、本研究を進めるにあたり、御指導いただいた広島大学大学院教育学研究科の川田和男准教授、御協力いただいた研究協力校及び研究協力員の皆様に心から感謝申し上げる。

【注】

- (1) 文部科学省（平成29年）：『学校教育法施行規則の一部を改正する省令案並びに幼稚園教育要領案、小学校学習指導要領案及び中学校学習指導要領案に対する意見公募手続き（パブリックコメント）の結果』に詳しい。
- (2) 文部科学省a（平成28年）：『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）』p. 2に詳しい。
- (3) 総務省（平成27年）：『プログラミング人材育成の在り方に関する調査研究報告書』p. 52に詳しい。
- (4) 文部科学省（平成27年）：『諸外国におけるプログラミング教育に関する調査研究』に詳しい。
- (5) 文部科学省（平成27年）：前掲書に詳しい。
- (6) 文部科学省b（平成29年）：『小学校学習指導要領』p. 8に詳しい。
- (7) 文部科学省（平成28年）：『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14-2に詳しい。
- (8) 文部科学省（平成28年）：前掲書に詳しい。
- (9) 文部科学省（平成28年）：前掲書p. 208に詳しい。
- (10) 黒上晴夫・堀田龍也（2017）：『プログラミング教育導入前に知っておきたい思考のアイデア』小学館p. 6に詳しい。
- (11) 黒上晴夫・堀田龍也（2017）：前掲書p. 6に詳しい。
- (12) 黒上晴夫・堀田龍也（2017）：前掲書p. 7に詳しい。
- (13) 文部科学省a（平成29年）：前掲書に詳しい。
- (14) 文部科学省b（平成29年）：前掲書p. 14, p. 154に詳しい。
- (15) 小林祐紀・兼宗進（2017）：『コンピュータを使わない小学校プログラミング教育“ルビィのぼうけん”で育む論理的思考』翔泳社p. 6に詳しい。

【引用文献】

- 1) 文部科学省b（平成29年）：前掲書p. 5

- 2) 文部科学省b（平成29年）：前掲書p. 8
- 3) 文部科学省b（平成29年）：前掲書p. 8
- 4) 文部科学省a（平成28年）：前掲書p. 1
- 5) 文部科学省（平成28年）：前掲書p. 38
- 6) 文部科学省（平成28年）：前掲書p. 38
- 7) 文部科学省a（平成29年）：前掲書p. 10
- 8) 文部科学省（平成28年）：前掲書p. 91
- 9) 文部科学省b（平成29年）：前掲書p. 75
- 10) 文部科学省b（平成29年）：前掲書p. 93
- 11) 文部科学省b（平成29年）：前掲書p. 163
- 12) 文部科学省a（平成29年）：前掲書p. 8
- 13) 黒上晴夫・堀田龍也（2017）：前掲書p. 6
- 14) 赤堀侃司・小泉力一・中川一史・森本康彦・石戸奈々子・阪上吉宏・日本マイクロソフト株式会社（2017）：『プログラミングで育成する資質・能力の評価規準』ベネッセ
- 15) 文部科学省a（平成29年）：前掲書p. 11
- 16) 吉田葵・阿部和広（2017）：『はじめよう！プログラミング教育』日本標準p. 38
- 17) 岡本克哉・川田和男（2017）：「小学生を対象としたプログラミング的思考を促す教材実践」『電気学会研究会資料CT-17-041～047』p. 14

【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
- 織田直幸（2017）：『インドの小学校で教える プログラムの授業』青春出版
- 横山達大（2017）：『子どもの”プログラミング的思考”をグングン伸ばす本』秀和システム
- 石田保輝・宮崎修一（2017）：『アルドリズム図鑑 絵で見てわかる26のアルゴリズム』翔泳社
- 小坂英司（平成28年）：『小学校におけるプログラミング的思考を育む授業づくりー図画工作科におけるICTを活用した授業実践を通してー』滋賀県総合教育センター
- 上松恵理子（2016）：『小学校にプログラミングがやってきた！超入門編』三省堂
- 中村好則（2016）：「算数科におけるプログラミング的思考と数学的な見方・考え方の育成に関する考察—Sphero SPRK Edition を活用した『速さ』の指導事例を通して—」『日本科学教育学会研究会報告書 Vol. 31』日本科学教育学会
- 石塚丈晴・兼宗進・堀田龍也（2013）：「アンプラグドコンピュータサイエンスの学習活動と小学校教科書との対応」『情報処理学会論文誌 Vol. 54』情報処理学会
- 兼宗進（2007）：『コンピュータを使わない情報教育』イーテキスト研究所
- 波頭亮（2004）：『思考・論理・分析「正しく考え、正しく分かること」の理論と実践』産業能率大学出版部