

教材の違いによるプログラミング教育の学習効果の比較

齋藤 ひとみ* 大場 光樹** 松永 豊*

* 情報教育講座

** 愛知教育大学教育学部初等教員養成課程情報選修

Comparison of Learning Effects of Programming Education due to Differences in Teaching Materials

Hitomi SAITO*, Koki OBA** and Yutaka MATSUNAGA*

**Department of Information Sciences, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan*

***Major in Informatics and Communication Technology, Teacher Training Programs for Primary Education, Faculty of Education, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan*

I. はじめに

テクノロジーの進化により、予測困難なVUCA (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity) の頭文字を並べた造語であり、社会の変化が激しく未来が予測できない状態を表す) 時代において、児童生徒には、様々な情報を効果的に活用し、他者と協同しながら複雑な問題に取り組み、解決していく力が求められている。また、AIやIoTの活用が進むことで、どんな職種でも、プログラミングなど情報技術を高度に活用する能力が必要になると考えられる。

このような社会的背景をうけ、平成29年度に改訂された新学習指導要領では、初等中等教育におけるプログラミングを含む情報の科学的な理解に関する教育の充実がはかられ、小学校段階におけるプログラミング教育の必修化が明示された(文部科学省, 2017)。小学校でのプログラミング教育のねらいは、プログラミングの技能の習得ではなく、論理的思考力を育む、私たちの生活がプログラムを含む情報技術に支えられていることに気づく、身近な問題の解決に取り組む態度を育む、さらに各教科の学習目標を確実に身につけることなどである。

小学校でプログラミング教育をどのように行なっていくかについて、現在、様々な実践研究が進められている。しかしながら、プログラミング教育でどんな力が身につくのか、また身についた力をどう評価するのか、効果的な指導方法など、検討すべき課題は多い。本研究では、使用するプログラミング教材の違いが学習効果にどのような影響を与えるのかについて検討する。具体的には、ソフトウェア教材とロボット教材で同内容の課題を使った実践を行い、実践でどのような

力が身についたかを比較する。

以降、2章で研究の背景と目的、3章と4章において実践方法とその結果について述べ、5章で提案した実践による教育効果について議論する。

II. 背景と目的

1. 小学校におけるプログラミング教育

小学校におけるプログラミング教育の目標は、「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』などを育成するもの」とされている(教育課程部会小学校部会, 2016)。育成すべき力については、資質・能力の3つの柱にそって以下のように整理された(文部科学省, 2020)。

• 知識・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・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。

上記にも記載されている、プログラミング的思考とは、「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」と定義されている。プログラミング的思考は、Computational Thinkingをベースとしており、コンピュータを使って問題を解決するときの論理的思考であるといえる。

プログラミング教育は、各教科において、教科目標のプログラミング的思考力と関係する単元などにおいて実施するとされ、各教科のどこで実施するべきか、発達段階や年次進行に合わせたカリキュラム・マネジメントが求められている。

2. プログラミング教育の実践

プログラミング教育で使用される教材として、表1のようなものが用いられている（豊田，2018）。それぞれの教材の実践例を紹介する。

まずアンプラグドについて、小林・兼宗（2017）は、ルビィのぼうけんを活用した小学校1-6年の様々な教科や学級活動におけるアンプラグドな実践事例を紹介している。例えば、第3学年の理科「身の回りのものをわけよう」という実践では、電気や磁石の性質を使っ

てものを見分けていく学習の中で、条件分岐の概念をとりいれ、電気を通すか、磁石につくかなどの条件に応じてものを分ける授業の実践である。

次にビジュアルプログラミングについて、森ら（2011）は、Scratchを使った小学校4年生の実践を行い、Scratchの基本操作から作品作りまでを26時間で行なった。実践の結果、制御や繰り返し、条件分岐を使った作品を多くの児童が作成できたことを確認している。

最後にフィジカルプログラミングについて、高瀬・塩田（2019）は、プログラミング知育玩具のコード・A・ピラーを活用した導入教材を開発し、2-6年生を対象に実践を行ない、教員・児童の両方において、導入教材として妥当であることを確認した。

表1：プログラミング教材の種類

アンプラグド	コンピュータを用いずにカード型の命令やフローチャートなどを用いてプログラミングを学習する（例：ルビィのぼうけん）
ビジュアルプログラミング	命令のブロックやアイコンを組み合わせてプログラミングを行う環境を用いてプログラミングを学習する（例：Scratch, Viscuit）
フィジカルプログラミング	ロボットやLEDなど、現実世界で動作するオブジェクトを使ってプログラミングを学習する（例：Pepper, mBot, Lego WeDo）

このように、教材の種類に応じて様々な実践が報告されている。しかしながら、多くの場合、1種類の教材での授業実践が報告されることが多く、使用する教材によって、育成できる資質・能力にどのような違いが見られるのかについては検討されていない。教材によってどんな資質・能力が育成されやすいのかなどの傾向が明らかになることによって、授業者がプログラミング学習を行う際の教材選択の参考になると考えられる。

3. 目的

小学生を対象としたプログラミング教育の実践研究は年々増加しているが、前述の通り、個別の教材での実践について検討しており、教材の種類が学習効果にどのように影響するのかについて検討した研究は少ない。今後プログラミング教育において、育成したい資質・能力に適した教材を選ぶためには、それぞれの授業タイプでどのような学習が行われるのかを明らかにする必要があると考えられる。

そこで本研究では、ビジュアルプログラミングとフィジカルプログラミングの教材によって、育成される資質・能力にどのような違いがあるのかについて検討する。具体的には、それぞれの教材を用いたプログラミングの授業で同様の課題での実践を行う。授業を通してどのような資質・能力が身についたかについて、授業前後のアンケート、児童が作成したプログラムの分析、プログラム作成過程を記録したワークシートから評価する。それらを踏まえ、それぞれの教材で得られる学習効果の特徴を分析する。

III. 実践

1. 対象

実践は愛知県内の小学校2校で実施された。1校目は、T小学校で、6年生4クラス計110人を対象に2020年11月26、27日、12月3、4日に行なった。2校目はY小学校で、6年生4クラス計128人を対象に2020年12月11、15、16、17日に行った。どちらも4日間で各クラス45分授業を4時間で実施した。

2. 授業内容

授業は飯田・梅田・磯部（2019）のフィジカルプログラミング教材であるmBotを使った「ロボットを使ったプログラミングをやってみよう」を参考にし、教材の種類ごとに指導案を作成した。授業のねらいは、基本的なプログラムの処理である「順次処理」「繰り返し処理」「条件分岐処理」のプログラミングを体験することである。体験をすることで、日常生活の様々なところでプログラミングが利用されていることを理解する（知識及び技能）、プログラムの対象に意図した動きをさせるためには、どのような動きが必要で、そ

の動きに対応させるための最適な命令や効率的な組み合わせを考える（思考力・判断力・表現力等）、プログラムの対象に意図した動きをさせるためには、どのような動きが必要で、その動きに対応させるためにどの命令が適しているかを考え、どのように組み合わせればよいか進んで見つける（学びに向かう力、人間性）、以上の3つの達成することが目標である。以下、ビジュアルプログラミングとフィジカルプログラミングの2つの授業内容について詳述する。授業を作る上でのポイントとしては、どちらの教材でも同内容・同レベルのプログラムを作成できるように課題を作成した。

(1) ビジュアルプログラミング教材を用いた授業

ビジュアルプログラミング教材を用いた実践はT小学校で行った。T小学校では1人1台のデスクトップ型のパソコンを使用し、個々にプログラミングに取り組んだ。

1時間目は順次処理と繰り返し処理を学習する内容とした。練習①として表2 (a) のようなコースを作り、児童と一緒にプログラムを作りながら行った。この練習①では、車のスプライトを前進させたり、回転させたりして順次処理と繰り返し処理を学習した。その後、課題①として表2 (b) のようなコースを作り、児童自身に考えてもらいプログラムの作成を行った。この課題①では練習①で学習した内容を応用して、繰り返しの条件を活用することを目的として行った。



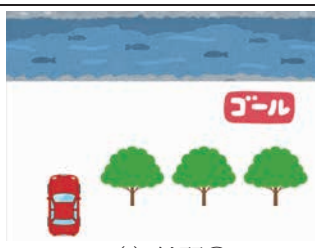


2時間目は条件分岐処理の「～するまで」を学習する内容とした。練習②として表2 (c) のようなコースを作り、児童と一緒にプログラムを作りながら行った。この練習②では、車のスプライトが川のスプライトにぶつかるまで動かしたり、ゴールのスプライトにぶつかるまで動かしたりして条件分岐処理を学習した。その後、課題②として表2 (d) のようなコースを作り、児童自身に考えてもらいプログラムの作成を行った。この課題②では課題①で学習した繰り返し処理と練習②で学習した条件分岐処理を応用して活用できるようになることを目的として行った。

3、4時間目はこれまでに学習した全ての内容を活用してプログラムを作る内容とした。最終課題として表2 (e) のようなコースを作り、児童自身に考えてもらいプログラムの作成を行った。この最終課題ではこれまでに学習した内容を他の場面でも応用して活用できるようになることを目的として行った。さらに、課題が早く終わった児童に対しては、授業で学習したプログラムの方法を定着させるために迷路や信号機など繰り返し処理や条件分岐処理を行うプログラムを用意し、取り組んでもらった。

(2) フィジカルプログラミング教材を用いた授業

フィジカルプログラミング教材を用いた実践はY小学校で行った。Y小学校では1人1台タブレット型PCを使い、個々にプログラミングに取り組んだ。

表2：ビジュアルプログラミング教材の課題

課題	課題の要件
 <p>(a) 練習①</p>	<ul style="list-style-type: none"> 車のスプライトが木を避けてゴールにたどり着くようにプログラムを作る。 条件として「繰り返し」を使う。
 <p>(b) 課題①</p>	<ul style="list-style-type: none"> 車のスプライトが木を避けて一周するようにプログラムを作る。 条件として「繰り返し」を使う。
 <p>(c) 練習②</p>	<ul style="list-style-type: none"> 車のスプライトが木を避けてゴールにたどり着くようにプログラムを作る。 条件として、川にぶつかったら右回転するように「～まで繰り返す」を使う。
 <p>(d) 課題②</p>	<ul style="list-style-type: none"> 車のスプライトが木を避けてゴールにたどり着くようにプログラムを作る。 条件として「繰り返し」と「～まで繰り返す」を使う。
 <p>(e) 最終課題</p>	<ul style="list-style-type: none"> 車のスプライトが木や川を避けて、トンネルを通りゴールにたどり着くようにプログラムを作る。 条件として「繰り返し」と「～まで繰り返す」を使う。

1時間目は順次処理と繰り返し処理を学習する内容とした。練習①として表3 (a) のようなコースを作り、児童と一緒にプログラムを作りながら行った。この練習①では、mbotを前進させたり、左回転させたりすることで順次処理を学習した。その後、5年生の時に学習したコースを一周するプログラムの復習として表3 (b) のようなコースを作り、練習②として児童自身に考えてもらいプログラムの作成を行った。このプログラムでは順次処理と繰り返し処理を学習する目的と

して行った。2時間目は超音波センサーとライントレースセンサーを使って条件分岐処理を学習する内容とした。練習③として表3(c)のようなコースを作り、児童と一緒にプログラムを作りながら行った。ここでは超音波センサーを使い、箱にぶつかりそうになったら止まるという内容である。次に練習④として表3(d)のようなコースを作り、児童と一緒にプログラムを作りながら行った。ここではライントレースセンサーを使い、黒い線の上に着いたら止まるという内容である。

3、4時間目はこれまでに学習した全ての内容を活用してプログラムを作る内容とした。最終課題として表3(e)のようなコースを作り、児童自身に考えてもらいプログラムの作成を行った。この最終課題ではこれまでに学習した内容を他の場面でも応用して活用できるようになることを目的として行った。

3. 評価方法

(1) 事前・事後アンケート

事前・事後アンケートでは、「知識及び技能」と「学びに向かう力、人間性等」がプログラミングの体験によって育成されたかを確認するために行う。アンケートの項目は、ベネッセコーポレーション(2018)の『第2版「プログラミングで育成する資質・能力の評価規準」』を参考にして事前事後の共通質問6問と事前・事後それぞれの質問2問を作成した。共通質問6問、事前・事後それぞれの質問2問を以下に示す。それぞれについて、4段階で尋ねた。

Q1：身近な生活の中でコンピュータが活用されている場面を自分で見つけて、その仕組みを考えることができますか？

Q2：プログラムとは手順を自動化したものであることを知っていますか？

Q3：条件により動作が変化する場面があることを知っていますか？

Q4：センサーの存在を知り、センサーが身近な生活で活用されていることを知っていますか？

Q5：プログラミングの課題を達成するために、失敗しても何度でも考えて挑戦し、最後まで計画的にやり遂げようと思えますか？

Q6：身近な問題の発見や解決のためにコンピュータをどのように活用できるかを考え、表現しようと思えますか？

Q7(事前)：プログラミングの授業は楽しみですか？

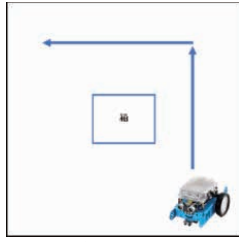
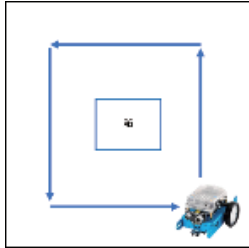
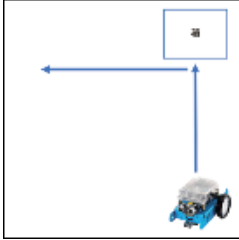
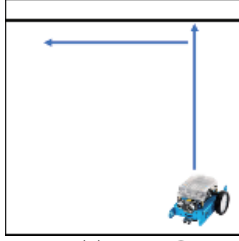
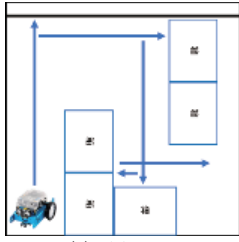
Q7(事後)：またプログラミングの授業をしたいと思えますか？

Q8(事前)：プログラミングには自信がありますか？

Q8(事後)：プログラミングに対して自信がつけましたか？

Q1、2は、プログラミング教育の目標である「知識及び技能」の「身近な生活でコンピュータが活用され

表3：フィジカルプログラミング教材の課題

課題	課題の要件
 <p>(a) 練習①</p>	<ul style="list-style-type: none"> 車のスプライトが木を避けてゴールにたどり着くようにプログラムを作る。 条件として「繰り返し」を使う。
 <p>(b) 課題①</p>	<ul style="list-style-type: none"> 車のスプライトが木を避けて一周するようにプログラムを作る。 条件として「繰り返し」を使う。
 <p>(c) 練習②</p>	<ul style="list-style-type: none"> 車のスプライトが木を避けてゴールにたどり着くようにプログラムを作る。 条件として、川にぶつかったら右回転するように「～まで繰り返す」を使う。
 <p>(d) 課題②</p>	<ul style="list-style-type: none"> 車のスプライトが木を避けてゴールにたどり着くようにプログラムを作る。 条件として「繰り返し」と「～まで繰り返す」を使う。
 <p>(e) 最終課題</p>	<ul style="list-style-type: none"> 車のスプライトが木や川を避けて、トンネルを通りゴールにたどり着くようにプログラムを作る。 条件として「繰り返し」と「～まで繰り返す」を使う。

ていることに気付く」ことをプログラミングの体験を通して達成することができたかを確認するために行う。

Q3、4は、プログラミング教育の目標である「知識及び技能」の「問題解決のためにコンピュータに指示を出すには必要な手順があることに気付く」ことをプログラミングの体験を通して達成することができたかを確認するために行う。

Q5、6は、プログラミング教育の目標である「学び

に向かう力、人間性等」の「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」ことをプログラミングの体験を通して達成することができたかを確認するために行う。

Q7とQ8ではプログラミング教育の「学びに向かう力、人間性等」であるプログラミングに対して興味・関心をもったかどうか、プログラミングに対して自信を持てるようになったかどうかを確認するために行う。授業前後で問い方を少し変更している。

(2) ワークシート

児童にはワークシートに、最終課題のプログラムを作る前にどのようなプログラムにすれば良いか考えて黒色で書いてもらう。その後、何度か試行して、その試行の中で気づいたことを赤色で書き足してもらうと同時に、どこをどのように直したのか書いてもらう。このワークシートからどのような気付きや変化があるかを検証し、プログラミング的思考が定着したか確認する。

まず、考えたプログラムが学んだ内容を取り入れて考えられているかを絶対評価の項目を設定して評価する。同じ記述の塊がある場合「2回繰り返す」など簡略化を意味する記述ができていないかなどを確認する。ワークシートの評価項目を表4に、評価例を図1、2に示す。図1、2を見ると、B評価は順次処理を多く使っているが、A評価は順次処理に加え繰り返しや条件分岐を組み合わせて使用していることがわかる。

次に、プログラムの内容をどのように直していったのかを、ワークシートを参考に「命令や並び」を変更したのか「命令の中の数値」を変更したのかに分けて検証する。児童がプログラムのどこに注目して修正を加えるか確認することで、育成される資質・能力等に違いがあるかを確認する。

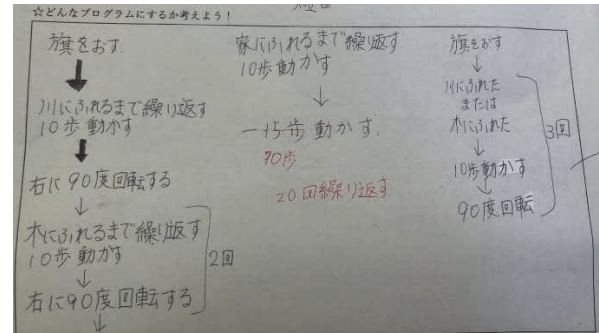
表4：プログラムの計画とプログラムの評価項目

評価	内容
A	順次処理, 繰り返し処理, 条件分岐処理を活用して問題を解決することができる。
B	順次処理, 繰り返し処理, 条件分岐処理を一部活用して問題を解決することができる。
C	順次処理, 繰り返し処理, 条件分岐処理を使っているが問題を解決することができない。

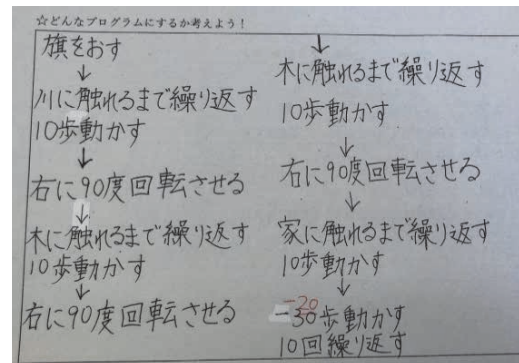
(3) プログラム

最終課題で児童が作成したプログラムが課題を達成することができるプログラムかどうかを検証し、プログラミング的思考が身に付いたか確認する。プログラムを試行させて課題が達成できたかどうかについて、プログラムの計画と同様に表4の評価項目を使用して評価する。同じブロックの塊がある場合「繰り返し」のブロックを使ってプログラムを簡略化することがで

きているか、歩数や速さ、秒数で調整するのではなく、ビジュアルプログラミング教材では「～まで繰り返す」、フィジカルプログラミング教材では「センサー」の命令を使っているかなどを確認する。各評価の模範的な例を表5に示す。

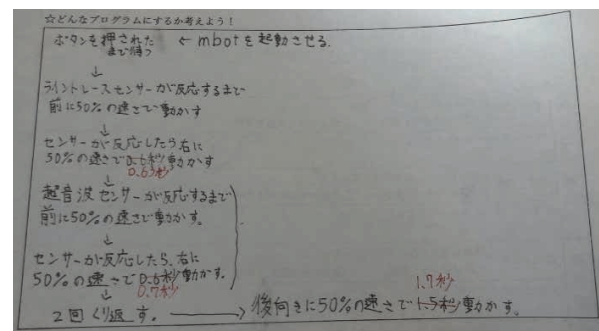


(a) A 評価の記述例

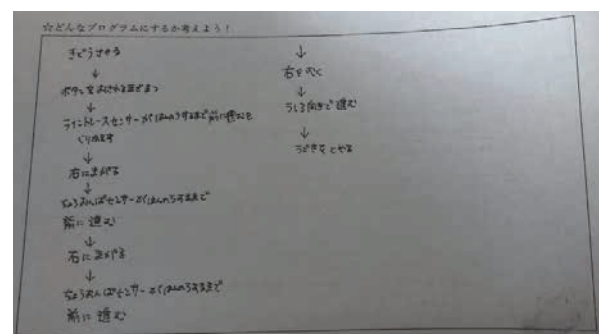


(b) B 評価の記述例

図1：ビジュアルプログラミングのプログラムの計画



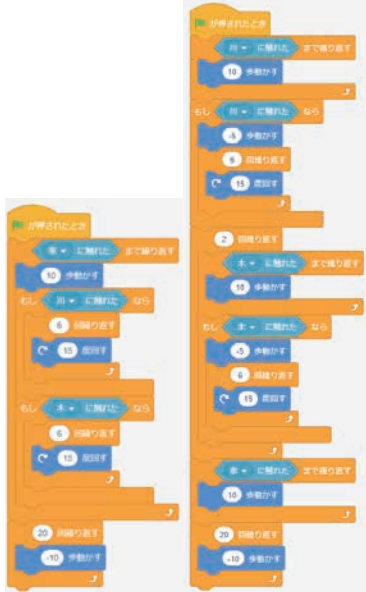

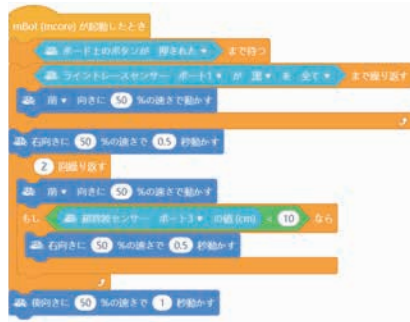
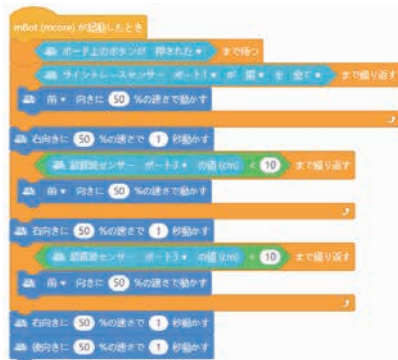
(a) A 評価の記述例



(b) B 評価の記述例

図2：フィジカルプログラミングのプログラムの計画

表5：各教材の評価ごとのプログラム例

ビジュアルプログラミング教材のプログラム			
A 評価		B 評価	
	フィジカルプログラミング教材のプログラム		
A 評価		B 評価	

(4) 感想文

児童は、授業の最後にワークシートに授業の感想を記入した。プログラミングの授業を通して児童がどのような知識を得たのか、プログラミング的思考の育成が成されたのか、プログラミングに対する意識はどうかを感想文から明らかにする。感想文は自由記述として、分析方法にはテキストマイニングを用いる。

IV. 結果

1. 事前・事後アンケート

事前・事後アンケートについて、質問項目ごとにポジティブな選択肢を4点とし、以降3, 2, 1と点数化した。教材の種類ごとの事前・事後の平均と標準偏差

を表6に示す。各質問項目の値について、平均の差を検定するために教材の種類（ビジュアル・フィジカル）を参加者間要因、実施時期（事前・事後）を参加者内要因とする2要因混合計画の分散分析を実施した。

分析の結果、Q1は実施時期の主効果が有意であり（ $F(1,224) = 26.98, p < .01$ ），教材の種類に関わらず、事前より事後において身近な生活の中でコンピュータが活用されている場面を自分で見つけてその仕組みを考えられると回答した児童が多かった。

Q2は教材の種類および実施時期の両方で主効果が有意であった（教材の種類： $F(1,222) = 4.28, p < .05$ ；実施時期： $F(1,222) = 33.70, p < .01$ ）。教材の種類については、事前・事後に関わらずビジュアルプログラミングの児童の方がフィジカルプログラミングの児童

よりも知っている」と回答していたが、これは学校の違いによる影響と考えられる。実施時期については事前から事後に比べてプログラムが手順を自動化したものであると知っている」と答えた児童が多かった。

Q3とQ4は、いずれも実施時期の主効果がみられ (Q3 : $F(1,217) = 16.25, p < .01$; Q4 : $F(1,221) = 24.44, p < .01$)、教材の種類に関わらず、事前より事後において、コンピュータに指示を出すには必要な手順があることに気づくことができた児童が多かった。

Q5は、教材の種類で主効果が有意であった ($F(1,211) = 6.1, p < .05$)。教材の種類については、ビジュアルプログラミングの児童の方がフィジカルプログラミングの児童より高いが、これは学校の違いによる影響と考えられる。

Q6は、実施時期の主効果が有意であり ($F(1,219) = 6.03, p < .05$)、教材の種類にかかわらず、事前から事後で身近な問題の発見や解決のためにコンピュータを活用しようとする児童が多かった。

Q7は、教材の種類で主効果が有意であった ($F(1,223) = 10.36, p < .01$)。教材の種類については、ビジュアルプログラミングの児童の方がフィジカルプログラミングの児童より高いが、これは学校の違いによる影響と考えられる。

Q8は、交互作用が有意であった ($F(1,223) = 14.32, p < .01$)。教材の種類の単純主効果は事後において有意であり ($F(1,223) = 4.15, p < .05$)、事後においてビジュアルプログラミングの方がフィジカルプログラミングより自信がついたと回答した児童が多かった。また、実施時期の単純主効果はどちらの教材においても有意であり (ビジュアル : $F(1,223) = 134.69, p < .01$; フィジカル : $F(1,223) = 39.12, p < .01$)、どちらの教材でも、事前から事後にかけて自信がついたと回答した児童が多かった。

2. ワークシートとプログラムの評価

児童がワークシートに記入したプログラムの計画と児童が作成した最終課題のプログラムについて、3章で示した評価基準にそって評価した。群ごとの平均を表7に示す。教材の種類を参加者間要因とする1要因参加者間分散分析を行なった結果、プログラムの計画とプログラムの両方において、ビジュアルプログラミングの方がフィジカルプログラミングよりプログラムの評価が高かった (プログラムの計画 : $F(1,234) = 88.30, p < .01$; プログラム : $F(1,234) = 54.18, p < .01$)。

次に命令の修正内容の平均を表8に示す。教材の種類を参加者間要因、修正内容を参加者内要因とする2要因混合分散分析を行なった結果、交互作用が有意であった ($F(1,217) = 30.91, p < .01$)。修正内容の単純主効果を検定した結果、命令の種類や並びの変更では有意な差はみられなかったが、命令の中の数値の変更

において有意な差がみられ ($F(1,217) = 64.10, p < .01$)、フィジカルプログラミングの児童の方が命令の中の数値の変更を多く行なっていた。教材の種類の単純主効果を検定した結果、フィジカルプログラミングにおいて有意な差が見られ ($F(1,217) = 44.22, p < .01$)、フィジカルプログラミングでは、児童は命令の種類や並びより命令の数値を変更していた。

表6：事前・事後アンケートの平均と標準偏差（上段が平均、下段の（）内が標準偏差を示している）

問	ビジュアル			フィジカル		
	N	事前	事後	N	事前	事後
Q1	106	2.70 (0.83)	3.01 (0.85)	120	2.68 (0.83)	2.93 (0.81)
Q2	106	3.30 (0.86)	3.58 (0.67)	120	3.08 (0.91)	3.40 (0.81)
Q3	105	3.17 (0.97)	3.51 (0.78)	114	3.12 (0.91)	3.29 (0.90)
Q4	106	3.25 (0.85)	3.51 (0.73)	117	3.16 (0.93)	3.47 (0.70)
Q5	103	3.54 (0.68)	3.70 (0.59)	110	3.41 (0.72)	3.43 (0.81)
Q6	106	3.14 (0.77)	3.25 (0.74)	115	2.97 (0.83)	3.13 (0.84)
Q7	105	3.78 (0.46)	3.83 (0.51)	120	3.54 (0.66)	3.66 (0.63)
Q8	107	2.27 (0.97)	3.26 (0.78)	118	2.50 (0.95)	3.03 (0.88)

表7：プログラムの計画とプログラムの評価

	ビジュアル		フィジカル	
	N	平均 (標準偏差)	N	平均 (標準偏差)
プログラムの計画	108	2.30(0.67)	128	1.51(0.61)
プログラム	108	2.55(0.52)	128	1.91(0.76)

表8：命令の修正内容

	ビジュアル		フィジカル	
	N	平均 (標準偏差)	N	平均 (標準偏差)
種類や並び	101	1.88 (1.84)	101	1.84 (2.09)
数値	101	1.51 (1.33)	101	3.85 (2.64)

3. 感想文

ワークシートに書かれた児童の感想について、テキストマイニングツール user local (<https://textmining.userlo.caljp>) を使用して教材の種類ごとの感想文に含まれた単語のワードクラウドを作成した(図3, 4)。ワードクラウドは、単語の重要度や出現頻度を元にスコアが計算され、スコアが高いワードほど大きな文字で表示されている。

この結果から、どちらの教材でも出てくる単語として、「プログラミング」、「プログラム」、「難しい」、「楽しい」、「成功」、「失敗」などがみられ、児童は成功・失敗を重ねながらプログラムに取り組んでおり、楽しさと楽しさの両方を感じていたことがわかる。

ビジュアルプログラミングに特徴的な単語としては、「命令」「動かす」「ブロック」「触れる」「繰り返す」などがみられ、プログラムを作成するときに使う言葉が含まれていたことがわかる。

フィジカルプログラミングに特徴的な単語としては、「ライントレースセンサー」「センサー」「曲がる」「超音波」「調節」「曲がる」「細かい」などがみられ、機械の部品や仕組みに着目する単語やプログラムよりもオブジェクトに着目する言葉が含まれていたことがわかる。

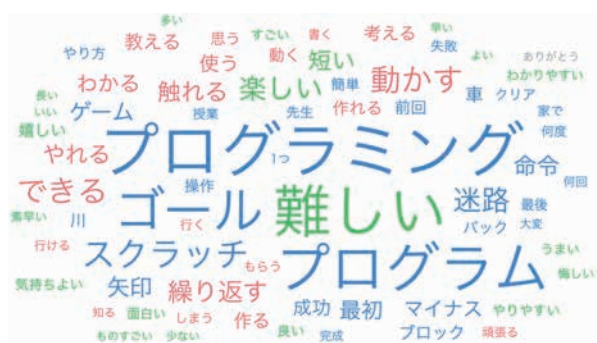


図3：ビジュアルプログラミングのワードクラウド

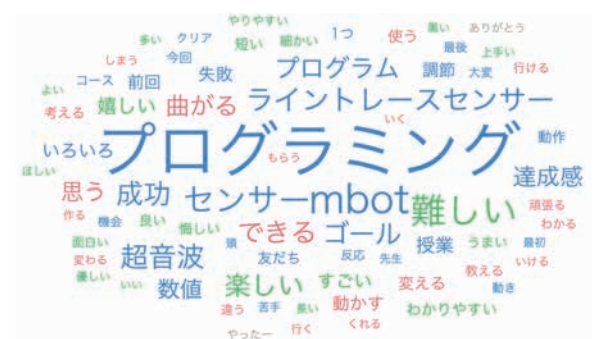


図4：フィジカルプログラミングのワードクラウド

V. 考察

本研究では、ビジュアルプログラミングとフィジカルプログラミングの教材によって、育成される資質・

能力にどのような違いがあるのかについて検討するために、2つの小学校においてScratchとmbotを使ったプログラミング教育の授業を実践した。本章では、実践の結果をまとめ、教材の違いが育成される資質・能力にどう影響したかについて考察する。

まず知識・技能について、事前事後アンケートのQ1-Q4の結果から検討する。Q1, 2は、「身近な生活でコンピュータが活用されていることに気付く」ことを確認する設問であり、どちらの教材の児童も事前から事後で値が向上していた。Q2では、ビジュアルの方がフィジカルより高いという結果もみられたが、これは事前から差があることから、学校による児童の特性の違いを反映していると考えられる。Q3, 4は問題解決のためにコンピュータに指示を出すには必要な手順があることに気付く」ことを確認する設問であり、どちらの教材の児童も事前から事後で値が向上していた。これらの結果から、どちらの教材においても知識・技能がある程度身についていたと言える。

次に思考力・判断力・表現力等について、プログラムの計画とプログラムと命令の修正内容の結果から検討する。プログラムの計画とプログラムの評価では、教材の種類による違いが見られ、ビジュアルプログラミング教材の方がフィジカルプログラミング教材よりも評価が高い結果となった。この理由として、ビジュアルプログラミング教材は、実体のオブジェクトがないため、アルゴリズムやプログラムが正しければその通りに画面上の車を動かすことができるのに対して、フィジカルプログラミング教材は、アルゴリズムやプログラムが正しくても、実体のオブジェクトや外的環境による要因（ロボットの電池容量、プログラム上の数値でのタイヤの動き方、床の摩擦）による影響が大きく、その調整が必要になることがあげられる。そのため、フィジカルプログラミング教材で学習する児童は、プログラミングに加え、それらの影響を考慮し、プログラミング内の電流の強さなどの数値を調整する活動がビジュアルプログラミング教材の児童よりも多く必要となる。そのことは命令の修正内容の結果で、フィジカルプログラミングの児童は、プログラムの種類や並びよりも数値の調整に多くの回数をかけていることから明らかである。つまり、ビジュアルプログラミング教材では、外的な要因に対する考慮が少なく、良い分、プログラミングやアルゴリズムに注力することができ、そのことが、思考力・判断力・表現力等の結果につながったと考えられる。

最後に学びに向かう力・人間性について、事前事後アンケートのQ5-8の結果から検討する。Q5, 6は、「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」ことを確認する設問であり、Q5では教材の種類の差がみられ、Q6では教材の種類に関わらず事後に向上していた。Q7, 8はプロ

プログラミングに対する興味・関心や自信を確認する設問であり、Q7では教材の種類の差がみられ、Q8では教材の種類に関わらず事後に向上していたものの、事後において、ビジュアル教材の方がフィジカル教材より高い値になっていた。この結果から、Q5やQ7において学校の違いによる差がみられたことより、ビジュアルプログラミング教材の児童の方が、フィジカルプログラミング教材の児童に比べて、プログラミングに対する興味や取り組みたいという意識が元々高かったと考えられる。しかし、Q6、Q8ではどちらの教材においても事後の値が高かったことから、授業をとおして学びに向かう力、人間性等がある程度身につけていたと考えられる。

これらの結果より、どちらの教材においても、知識・技能および学びに向かう力・人間性については授業をとおして向上していた。しかしながら思考力・判断力・表現力等では、ビジュアルプログラミングとフィジカルプログラミングの特徴による違いが見られた。フィジカルプログラミングは、プログラミングに加えて外的要因にも目を向ける必要があり、初学者にとってはやや負荷の高いものであると考えられる。しかしながら、現実世界でのプログラミングは、外的環境の影響を踏まえてプログラムを調整していくという活動が必要であり、そのような調整について学習することも重要であると考えられる。また、機械の仕組みや制御について学ぶ上で、実体をプログラミングすることは教育的にも重要である。したがって、プログラミングをとおしてどんな力を児童に身につけさせたいかにより、教材の種類を選ぶことが必要であり、プログラミングやアルゴリズムを考えることを重視する場合はビジュアルプログラミングを、機械の仕組みや制御、外的環境に合わせたプログラムの調整といったことを重視する場合はフィジカルプログラミングを扱うことが有効であると考えられる。学習の流れとしては、まずビジュアルプログラミングでプログラミングやアルゴリズムを論理的に考える力を身につけた上で、フィジカルプログラミングを行う際のプログラミングの負荷を下げ、外的環境の影響や機械の仕組みなどにより集中できるようにするとよいと考えられる。

おわりに

本研究では、ビジュアルプログラミングとフィジカルプログラミングの教材によって、育成される資質・能力にどのような違いがあるのかについて検討した。今後の課題としては、今回学校の違いによる児童の特性の差がみられたため、同じ学校や同じ児童でのビジュアル、フィジカルの比較などを行うことが考えられる。

謝辞

本研究は、大場光樹さんの卒業論文「小学校プログラミング教材の種類によって育成される資質・能力等の比較」（令和2年度愛知教育大学教育学部初等教員養成課程情報選修）を加筆・修正したものである。

実践に協力してくださった小学校の先生方、児童の皆様へ感謝する。

本研究はJSPS科研費JP26330221の助成を受けた。

文献

- 文部科学省：文部科学省：新学習指導要領解説 小学校 総則編，http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2017/07/12/1387017_1_1.pdf (2017) (最終閲覧日：2018-9-25)。
- 教育課程部会小学校部会：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），http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/074/siryo/__icsFiles/afieldfile/2016/07/07/1373891_5_1_1.pdf (2016) (最終閲覧日：2018-9-25)。
- 文部科学省：小学校プログラミング教育の手引（第三版），https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_002.pdf (2020) (最終閲覧日：2020-09-23)。
- 豊田充崇．(2018)．小学校プログラミング授業の推進における実践上の課題．和歌山大学教職大学院紀要：学校教育実践研究，(2)，83-90。
- 小林祐紀・兼宗進．(2017)．コンピューター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。
- 高瀬和也・塩田真吾．(2019)．小学校プログラミング教育における導入教材の開発と評価．コンピュータ&エデュケーション，46，82-87。
- 大場光樹．(2021)．小学校プログラミング教材の種類によって育成される資質・能力等の比較．令和2年度愛知教育大学教育学部初等教員養成課程情報選修卒業論文。

(2021年9月24日受理)