

プログラミングの算数数学教育での効果と検証 —生徒の創作した Scratch プログラム教材を授業で活かす—

上出 吉則*1 辰己 丈夫*2 村上 祐子*3

概要：小学校でのプログラミング教育の実施に向けた有識者会議の提言では、「プログラミングへの興味を持ってもらうことが重要」「既存の教科の中で実施」などの提言が見られる。

我々は、プログラミングを有志の生徒がおこない、同年代の生徒の創作した Scratch プログラム教材を中学校の数学の授業で活かす試みをおこなった。「図形の回転移動」の単元での図形の移動概念の理解を目標とした。さらに、本研究では数学の授業としての情意面での効果を定量的に検証する試みをおこなった。Scratch プログラムの使用前と使用後の自己評価のデータの平均値を算出し F-検定および t-検定をおこなった。

その結果、数学教育として通常の方法に比べて Scratch プログラムの効果があることがわかった。記述式回答においても、プログラミングへの興味・関心を示す生徒が増加した。これらのことより、算数数学教育においては、プログラミングを学ぶことや活用することで、教科書では不可能な数学的概念の深い理解が得られ、結果としてプログラミングへの興味・関心を持てることがわかった。

キーワード：Scratch, プログラミング, ICT 教材, 数学教育, 算数教育, 図形の回転移動

The Relation between Programming education and Mathematics education at Elementary school

UEDE Yoshinori*1, TATSUMI Takeo*2, MURAKAMI Yuko*3

Keywords: Scratch, Programming, ICT Use in Education, Mathematical Education, Rotation Transformation

1. 研究の経緯

本研究は、算数数学教育上の課題に対して、プログラミングを用いることが有効な手段であることを示すのがねらいである。

研究内容として、すでに我々は「相似の定義」の調査をおこなった[1] [2]。中学校の数学教科書で使用されている「相似の定義」の歴史的な変遷を調べ、平成 28 年の文部科学省検定教科書の「相似の定義」を教科書会社別に比較研究し、さらに加えて、海外の教科書の「相似の定義」の調査をおこなった。

それらの調査結果に基づき、定義を説明するための Scratch を用いた新提案の「MSD (Mathematical Simulation of Definition)アニメーション」の設計をおこなった。そして「相似の位置」に焦点を当てプログラミングをおこなった[3]。なお、現行の教科書では定義の学習で動的表現の ICT の利用を前提としておらず、実践も行われていない。

さらに、関数の「座標」の単元で、Scratch を用いてプロ

グラミングを活用し負の数を含めた座標系概念の理解を目標とした[4]。研究内容として、負の数を含む座標平面上の格子点を直線で結び、結果としてキャラクターを表現する「MSC (Mathematical Simulation of Concept)アニメーション」(後述)教材を考案した。

一連の研究の流れより本研究では、同年代の生徒の創作した Scratch プログラム教材を数学の授業で活かす試みをおこなった。「図形の回転移動」の単元での図形の移動概念の理解を目標とし、数学の授業としての情意面での効果を検証する試みをおこなった。

ここで、本研究の具体的な項目を列挙する。

- 1 では、これまでの研究の経緯。
- 2 では、研究目的と研究方法。
- 3 では、中学校の数学教育の ICT 活用の現状と問題点と算数数学教育が必要としている ICT と、ICT でなければできない課題解決の視点を明らかにする。
- 4 では、小学校でのプログラミング教育導入の理念や位置づけを明らかにする。
- 5 では、教材研究として「図形の回転移動」についての算数数学教育としての目標を述べる。続いて新発想「MSCアニメーション」の枠組みを述べ、プログラミング教材制作過程の概要について述べる。
- 6 では、実践授業として実際の授業でプログラミング教

*1 堺市立三国丘中学校・放送大学大学院
Sakai Municipal Mikunigaoka Junior High School / The Open University of Japan

*2 放送大学
The Open University of Japan

*3 東北大学
Tohoku University

材を活用した状況を述べる。評価は自己評価をリッカート尺度 4 段階で定量化する方法を用いる。プログラミング教材を用いた場合と、用いない場合とのデータで F-検定および t-検定をおこなった結果を示す。

7 では、まとめとして研究目的に対する結果を述べる。また、プログラミング教育を算数数学教育の時間に位置付ける場合の問題点を解決できるかを述べる。

2. 研究目的と研究方法

2.1 研究目的

本研究の目的は、「同年代の生徒がプログラミングで作成した MSC アニメーションを活用することで、教科書では不可能な数学的概念の深い理解が得られ、結果としてプログラミングへの興味・関心を持てる。」ということが、本研究で示そうとしている仮説である。算数数学教育上の課題に対して、プログラミングを用いることが有効であることを示すのがねらいである。

本研究では、ICT の中でもとりわけプログラミングに着目して研究を進めている。プログラミングの長所として「MSC アニメーション」のような動的表現の教材作成の自由度が高い点が挙げられる。

後述するように、実際の算数や数学の授業において ICT が十分に活用されているかと言えばそうでない面が多くみられる。また、算数や数学の授業は、紙ベースの教科書の使用が原則であり、動的表現の教材の使用に至っていないのが現状である。

上述の問題点および教育現場への ICT の導入の現状を踏まえて、「プログラミングを算数数学教育の時間に位置付ける場合の具体的な実践例とその有用性を明らかにすること」を目標とした。

情報学の研究成果を算数数学教育上の課題の解決に活用することと考えている。

2.2 研究方法

生徒の創作した Scratch プログラム教材を数学の授業で活かす試みをおこなった。「図形の回転移動」の単元において動的な表現を含む普通教室専用の Scratch を用いた「MSC (Mathematical Simulation of Concept) アニメーション」の具体的な教材を制作することとした。

シミュレーションや動画を駆使することで、従来の紙と鉛筆での授業では得られない効果が期待される。つまり、「図形の回転移動」の学習において ICT でなければできないような授業の構築を目標とする。

実際の作業として、「MSC アニメーション」を同年代の有志の希望生徒がプログラミングによって作品の試作をおこなった。時間を要するプログラミングは、後述する手法を用いて作業の簡略化を図る工夫を加えた。

次に、実践授業の評価については、授業後の質問紙でお

こなうこととした。授業理解度の自己評価をリッカート尺度 4 段階で定量化する方法を用いる。最も理解できた段階を +4 とし、最も理解できなかった段階を +1 とした。

プログラミング教材を用いた場合と、用いない場合との生徒の自己評価データを質問紙で調査する。

そのデータに F-検定および t-検定をおこない、プログラミング教材を用いた場合と、用いない場合とのデータの有意差があるかどうかを調べる。

また、文章自由記述回答の内容から、t-検定の結果の妥当性を検証する。生徒の創作した Scratch プログラム教材の、情意面での効果について検証することが目的である。

3. 中学校数学教育の ICT 活用の現状と課題

3.1 数学教育における ICT の現状

一般的に、学校教育において、情報科や技術家庭科以外の教科に比べ算数や数学の授業では ICT がよく使われているとの認識がある。

しかし、一般の公立中学校の現状はその認識とは少し異なると筆者らは考えている。その例として、平成 28 年度において、筆者の勤務する大阪府堺市立三国丘中学校では、教育用タブレット型コンピュータは 1 台も導入されておらず、普通教室に電子黒板は設置されていない現状がある。

従来の学校教育の枠組み自体が「紙と鉛筆を使用した普通教室での授業」を想定していて、コンピュータ教室での授業や教育用タブレット型コンピュータを使った普通教室での授業は想定されていなかったことが原因として挙げられる。

ところが、近年は、普通教室での国語や数学や英語などの教科学習の場面で、タブレット型コンピュータを用いた ICT 活用型の授業を行うことが可能となってきた。また、デジタル教科書の利用が検討されるようになり、いくつかの学校では実際に利用され始めるようになった。

日本教育情報化振興会 (JAPET) [5] は 2014 年 6 月 24 日、「第 9 回教育用コンピュータ等に関するアンケート調査」報告書を公表した。

その報告書によると、「プロジェクター・移動式」の整備状況 (小学校と中学校の合算) は、「学年に 1 台以上整備している」16.5%、「全普通教室に整備している」3.8%、「特別教室を含む全教室に整備している」0.8%である。

児童・生徒用タブレット端末の導入状況は、「導入していない」が 90.7% (小学校 89.6%・中学校 92.9%) とともに多く、「グループ学習用」5.3% (小学校 6.2%・中学校 3.7%)、「40 台程度 (1 クラス分)」1.5% (小学校 2.1%・中学校 0.6%) である。

このように、「プロジェクター・移動式」の整備状況は低率にとどまっている。また、タブレット型コンピュータの普及率は、一部の研究校や特別枠の予算のある自治体を

除き、全国的には低い。このような状況の中では、まず、普通教室で数学の教員が ICT を使用する授業構成の割合を増加させることが急務である。

3.2 で後述するように、ICT 教材は算数数学教育においても必要とされている。そこで、ICT 利用率向上のためには、専用の ICT 教材（ソフトウェア）や授業の構築を目標とすることが必要と考えている。

また、現在利用されているデジタル教科書には、従来の教科書を電子化しただけの構成場面が見られるものも少なくない。従来の教科書を電子化しただけでは、真の ICT 活用型の授業構成は不可能であると思われる。ICT の長所を活かした真の ICT 活用型の授業構成のためには、普通教室専用の ICT 教材開発が急務である。

3.2 算数数学教育が必要としている ICT とは

算数数学教育においては、動的な考え方がしばしば登場する。例えば図形の合同を考える場合は平行移動や回転移動や対称移動によって図形の重なりを考える。その場合、図形の移動は前提条件で考えの中に含まれる。また、2次関数の放物線を考える場合には、座標平面上の点の移動を無意識に前提条件としている。つまり、数学においては動的な考え方や場面は、数学そのものであり避けて通ることができない。したがって、数学教育においても本来は動的な考え方や場面の議論があってもよい。

しかし、この点については研究が進んでいると呼べる状況にない。その理由として、学校教育においては紙媒体の教科書を主たる教材としていることが考えられる。

紙の教科書では、動的な考え方や場面が扱にくいから、教科書が紙のままであることから、ICT 活用が進んでいない。動的な考え方や場面の理解のために、ICT の長所を活かし、ICT でなければできないような ICT 教材を使った授業の構築が有効である。

4. 小学校でのプログラミング教育の導入

近年、プログラミング教育の重要性が注目を浴びており、学習指導要領において中学校は技術家庭科、高等学校は情報の時間を中心に教育課程上の位置づけが成されている。

今回の新学習指導要領[6]においては、小学校でのプログラミング教育導入が新規におこなわれることになった。小学校でのプログラミング教育については賛否両論があるのも事実である。しかし、本稿ではプログラミング教育を導入する立場から問題点を考え、具体案を提案する。

4.1 プログラミング教育導入の全体像

文部科学省は平成 28 年 6 月 16 日「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）」[7]を公表した。

それによると、「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。

4.2 小学校でのプログラミング教育の位置づけ

上述の「小学校教育におけるプログラミング教育の在り方」においては次の文言が見られる。

「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。」

小学校では情報科としてプログラミング教育に取り組むのではなく、他教科等に位置付けることとなった。

5. 研究内容

5.1 「図形の回転移動」の概念

5.1.1 小学校での「図形の学習」

小学校学習指導要領解説算数編[8]では、物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少しずつ着目できるようにしている。第 4 学年までに、三角形や四角形、二等辺三角形や正三角形、平行四辺形や台形やひし形などについて理解し、第 5 学年では図形の合同、第 6 学年では縮図や拡大図及び図形の対称性について理解してきている。このように、図形の構成要素、それらの相等や位置関係を考察することにより、図形の見方が次第に豊かになってきている。

図形の移動に関連して、小学校の低学年から、図形の性質を「ずらす」、「まわす」、「裏返す」などの操作を通して考察しており、それによって図形の形や大きさの変わらないことが自然にとらえられている。

5.1.2 中学校での「図形の移動の概念」

中学校学習指導要領解説数学編[9]では、「図形の移動（平行移動、対称移動及び回転移動）について理解し、移動の見方から二つの図形の関係について調べることを通して、図形に対する見方を一層豊かにする。」と書かれている。

中学校第 1 学年では、二つの図形のうち一方を移動して重ねることを考えたり、一つの図形を移動する前と後で比較したりして図形の性質をとらえる。

図形の移動は、あるきまりに従って図形を他の位置に移すのであるが、その図形を構成している各点はそのきまりに従って移動することになる。

回転移動は、図形のある点を回転の中心として一定の角だけ回転する移動である。この移動は、回転の中心の位置及び回転角の大きさと回転の向きによって決まる。回転が 180° の場合が、点対称移動である。

学習指導に当たっては、このような図形の移動を通して、移動前と移動後の二つの図形の関係、例えば、直線の位置関係、対応する辺や角の相等関係、図形の合同などに着目することができるようにすることで、図形の性質を見いだ

したり、図形の見方をより豊かにしたりすることが大切である。

5.1.3 中学校での「図形の回転移動の概念」

回転移動は、図形をある点を回転の中心として一定の角度だけ回転する移動である。この移動は、回転の中心の位置及び回転角の大きさと回転の向きによって決まる。

一見、回転移動は単純な動きに見えるが、回転の中心の位置が図形の内外にある場合で大きく動きが変化する。さらに、回転の中心の位置が図形の頂点上にあるときや辺上にある時もそれぞれ特徴のある動きをする。それに加えて回転の半径や回転角の違いによってもその動きは予想外の動きをする。

なお、回転移動の概念は、中学校3年生の円周角へとつながり、高校では行列の1次変換での回転移動や、大学での複素平面上の回転移動へと発展する大切な概念である。

5.2 「図形の回転移動」の教材について

上述の回転移動の知見を踏まえて、今回の授業では、回転の中心の位置、回転の半径、回転角などの要素から図形の回転移動を考える。

5.2.1 基本図形の頂点の移動を考える教材

図1に示すように、正三角形が平面上を回転移動するときの、特定の頂点の軌跡を考える問題を扱うこととした。

問題自体は、教科書に採用されている一般的な問題であるが、正方形や六角形の難易度は高い。

問題解決の過程で回転の中心の位置、回転の半径、回転角などの要素を考え、図形の回転移動の本質を学習し図形に対する見方を一層豊かにすることがねらいである。

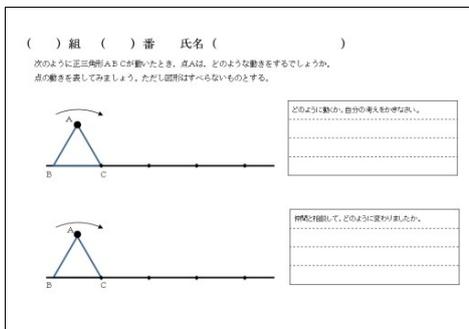


図1

5.3 Scratch について

現在、小学校のプログラミング教育用ソフトとしてScratch[10]が注目されている。しかし、我々はScratchの本来持っている能力に注目し、算数数学教育での教科教育としての活用を試みた。

5.4 新発想「MSC アニメーション」

5.4.1 新発想「MSC アニメーション」の理念

これまでの数学教育では「数学の概念」を、学校で教員が作成した動画で説明するということは一般的ではなかった。そこで、我々は「数学の概念」に対応する新発想の動画のプログラミングを、学校で教員や生徒らが、Scratchを

用いておこなうこととした。

このときに作成する動画を、本研究では「MSC アニメーション」とする。MSCとはMathematical Simulation of Conceptの略称である。

図形の移動が、一般的に使用されるMoving Imageのように単純な動きではなく、平行移動や回転移動や対称移動のような種類の違う動きを連続的におこなう。そのような複雑な動きを表現するために、Simulationという用語を使用することが適切と考えた。

5.4.2 本研究の simulation とは

本研究の「MSC アニメーション」でのsimulationの理念を文献[11][12]を参考にして以下に示す。

「ある現象または性質をコンピュータ上で扱う論理的シミュレーションによって実験し、その原理、原則などの本質をとらえようとする。複雑な現象の要因を解析して理解するための方法で、モデルを設定し、現実の現象をそのモデルに適合させるという手段で解析する方法。」

5.4.3 プログラミング

上述の設計方針や、相似の位置の調査結果を踏まえてScratch2.0の環境上でプログラミングをおこなった。

プログラミングを有志の生徒でおこない、同年代の生徒の創作したScratchプログラム教材を数学の授業で活かす試みをおこなった。

プログラミングの方法は、杉野らの先行研究[13]を参考とした。杉野らのプログラミング用コンテンツの開発とその理念の項目を引用すると「子どもが学習する数学内容にフィットする部分をプログラミングさせ、そうでない部分については教師側でプログラミング用して教材コンテンツとして準備する」との記述が見られる。

実際のプログラミングでは、Scratchプログラムの回転に関する部分のみプログラミングさせ、それ以外の部分は、あらかじめ教員がプログラミングを準備しておく方法を採用した。

このような工夫により、作業時間の軽減が図られ約2時間程度でプログラミングを終了することが可能となった。

さらに、「効果音としてのBGM」を加えて、興味関心が持続できるような創意工夫を加えた。実際の作業では、効果音の調整に多くの時間を要することとなった。図2は実際にプログラミングをおこなっている場面である。



図2

6. 授業実践

6.1 授業の概要

- (1)対象生徒 堺市立三国丘中学校 1年4, 6組 各32名
 (2)実施内容 数学「図形の回転移動」1時間指導
 (3)実施日 2017年2月, 3月
 (4)ICT環境

- ・教師用コンピュータ 1台
- ・移動式スクリーン 1台
- ・移動式プロジェクター 1台
- ・bluetooth パワースピーカー 1台

(4)数学教育の目標

- ・図形の回転移動の概念の理解
- ・回転の中心の位置, 回転の半径, 回転角などの基本要素から図形の回転移動を捉えることができる。
- ・二つの図形の関係について調べることを通して, 図形に対する見方をいっそう豊かにする。

(5)プログラミング教育の目標

- ・プログラミングに対する興味関心の育成

6.2 授業計画および評価計画

(1)授業計画として, Scratch プログラミング教材「MSC アニメーション」を用いた場合と, 用いない場合との生徒の自己評価データを質問紙で調査する。

まず, 授業で「MSC アニメーション」を用いるクラスを仮にAクラスとする。それに対して「MSC アニメーション」を用いない通常の授業をおこなう対照クラスを仮にBクラスとする。

AクラスとBクラスは, クラス編成時点での生徒数は同数であり, クラスごとに差異が出ないように5教科のクラスの平均点がほぼ同じになるように調整を加えている。

Aクラスでは「MSC アニメーション」を用いる授業と自己評価データを質問紙で調査し, 別の日にBクラスでは通常の授業と自己評価データを質問紙で調査した。

(2)実践授業の評価については, 授業後の質問紙でおこなうこととした。授業理解度の自己評価をリッカート尺度4段階で定量化する方法を用いる。最も理解できた段階を+4とし, 最も理解できなかった段階を+1とした。

データ解析について, 異なるクラスでの比較となるため, 対応のない場合の2つの標本として2段階の検定をおこなう。まずF検定をおこない分散を調べる。その結果から等分散を考慮に入れたt検定をおこなう。検定の結果から, プログラミング教材「MSC アニメーション」を用いた場合と, 用いない場合とのデータの有意差を調べる。

6.3 授業展開

実際の時系列で流れを説明する。

Aクラスの授業では, 三角形の図形のワークシートを配布し個人解決や集団解決に取り組み, その後「MSC アニメーション」を上映するという流れとした。正方形と正六角

形の図形も同様の流れで授業を進める。授業が終了後に自己評価データを質問紙で調査する。

Bクラスの時系列は, 三角形の図形のワークシートを配布し個人解決や集団解決に取り組む。その後, 正方形と正六角形の図形も同様の流れで授業を進める。授業が終了後, 自己評価データを質問紙で調査する。

6.3.1 正三角形の回転移動

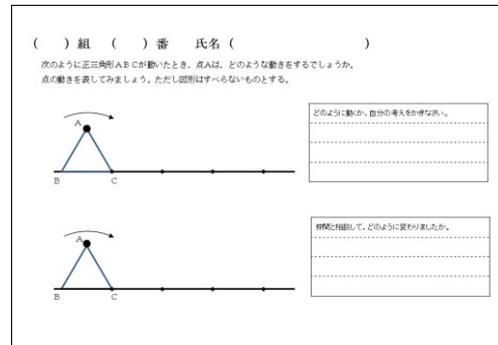


図3 (図1を再掲)

図3は正三角形の回転移動教材のワークシートである。Bクラスの授業では, このワークシートのみで授業をおこなう。自由に作業できるように作業時間を確保しておく。コンパスや定規などは使用可として自由に考えることのできる環境設定にする。

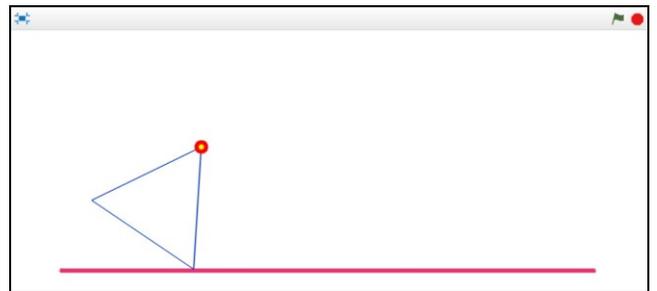


図4

図4はScratchプログラミング教材のスクリーンショットである。Aクラスの授業では, 動画による「MSC アニメーション」を提示しワークシートに再度取り組む。



図5

図5は, 生徒自身が作成したScratchプログラミング教材を自らコンピュータを操作し, 投影している場面である。

表1は, 正三角形の教材のリッカート尺度4段階の授業理解度の自己評価質問紙の結果を集計し, 「MSC アニメー

ション」プログラミング教材を用いた場合と、用いない場合とのデータの検定結果である。まずF-検定をおこない分散を調べる。その結果から等分散を考慮に入れた t-検定をおこなう。

表 1

正三角形の回転移動 F-検定: 2 標本を使った分散の検定		
	プログラムなし	プログラムあり
平均	2.28125	3.71875
分散	1.240927419	0.208669355
観測数	32	32
自由度	31	31
観測された分散比	5.946859903	
P(F<=f) 片側	1.67927E-06	
F 境界値 片側	1.82213229	
t-検定: 分散が等しくないと仮定した2標本による検定		
	プログラムなし	プログラムあり
平均	2.28125	3.71875
分散	1.240927419	0.208669355
観測数	32	32
仮説平均との差異	0	
自由度	41	
t	-6.753971685	
P(T<=t) 片側	1.83543E-08	
t 境界値 片側	1.682878002	
P(T<=t) 両側	3.67086E-08	
t 境界値 両側	2.01954097	

F-検定の結果より、正三角形の場合の分散は等分散と言えないことがわかり、分散が等しくないと仮定した 2 標本の t-検定をおこなった。

その結果から読み取れる解析結果を以下に示す。

『プログラミング教材「MSC アニメーション」を用いた場合の平均点と用いない場合の平均点の差が統計的に有意か確かめるために、有意水準 5%で両側検定の t 検定を行ったところ、 $t(30) = 2.02, p < .01$ であり、プログラミング教材「MSC アニメーション」を用いた場合と、用いない場合との平均点の差は有意であることがわかった。』

という結論を得た。つまり、プログラミング教材「MSC アニメーション」を用いた場合と用いない場合との比較で、プログラミング教材「MSC アニメーション」を用いた場合の方が情意面の効果があることがわかった。

6.3.2 正方形の回転移動

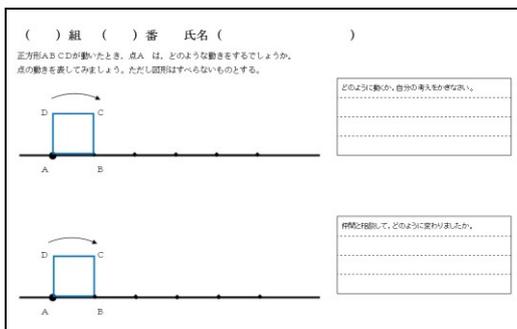


図 6

図 6 は正方形の回転移動教材のワークシートである。正

三角形の場合と同様に授業をおこなう。

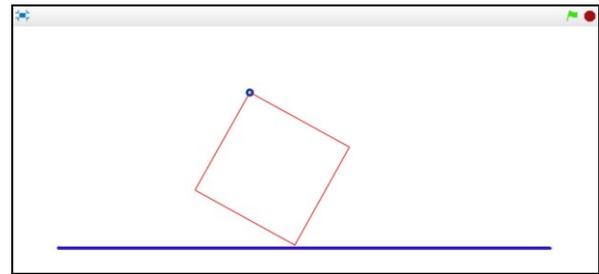


図 7

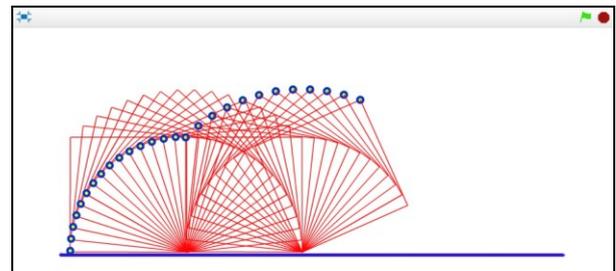


図 8

図 7、図 8 は Scratch プログラミング教材のスクリーンショットである。動画による「MSC アニメーション」を提示しワークシートに再度取り組む。

今回の生徒は、図 8 に示すように回転移動のみでなく、その軌跡を残す工夫を加えている。軌跡を残すことで回転移動のより深い理解につながると考えてプログラムを作成している。

表 2 は、正角形の場合と同様にプログラミング教材「MSC アニメーション」を用いた場合と、用いない場合とのデータの検定結果である。まず F 検定をおこない分散を調べる。その結果から等分散を考慮に入れた t-検定をおこなう。

表 2

正方形の回転移動 F-検定: 2 標本を使った分散の検定		
	プログラムなし	プログラムあり
平均	2.03125	3.6875
分散	0.998991935	0.221774194
観測数	32	32
自由度	31	31
観測された分散比	4.504545455	
P(F<=f) 片側	3.39903E-05	
F 境界値 片側	1.82213229	
t-検定: 分散が等しくないと仮定した2標本による検定		
	プログラムなし	プログラムあり
平均	2.03125	3.6875
分散	0.998991935	0.221774194
観測数	32	32
仮説平均との差異	0	
自由度	44	
t	-8.47978117	
P(T<=t) 片側	4.17209E-11	
t 境界値 片側	1.680229977	
P(T<=t) 両側	8.34417E-11	
t 境界値 両側	2.015367574	

F 検定の結果より、正三角形の場合の分散は等分散と言えないことがわかり、分散が等しくないと仮定した 2 標本の t-検定をおこなった。

その結果から読み取れる解析結果を以下に示す。

表 3

『プログラミング教材「MSC アニメーション」を用いた場合の平均点と用いない場合の平均点の差が統計的に有意か確かめるために、有意水準 5%で両側検定の t 検定を行ったところ、 $t(30) = 2.02, p < .01$ であり、プログラミング教材「MSC アニメーション」を用いた場合と、用いない場合との平均点の差は有意であることがわかった。』

正六角形の回転移動		
F-検定: 2 標本を使った分散の検定		
	プログラムなし	プログラムあり
平均	1.625	3.15625
分散	0.629032258	0.523185484
観測数	32	32
自由度	31	31
観測された分散比	1.202312139	
P(F<=f) 片側	0.305570585	
F 境界値 片側	1.82213229	
t-検定: 等分散を仮定した2標本による検定		
	プログラムなし	プログラムあり
平均	1.625	3.15625
分散	0.629032258	0.523185484
観測数	32	32
プールされた分散	0.576108871	
仮説平均との差異	0	
自由度	62	
t	-8.069633519	
P(T<=t) 片側	1.49827E-11	
t 境界値 片側	1.669804163	
P(T<=t) 両側	2.99654E-11	
t 境界値 両側	1.998971517	

という結論を得た。つまり、プログラミング教材「MSC アニメーション」を用いた場合と用いない場合との比較で、プログラミング教材「MSC アニメーション」を用いた場合の方が情意面の効果があることがわかった。

6.3.3 正六角形の回転移動

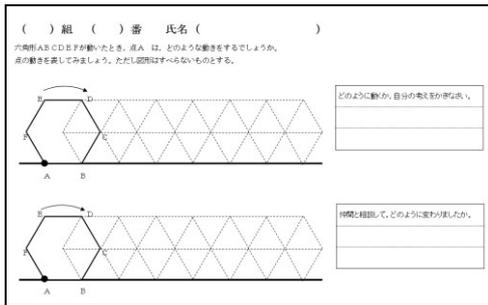


図 9

図 9 は正六角形の回転移動教材のワークシートである。正三角形の場合と同様に授業をおこなう。

F-検定の結果より、正六角形の場合の分散は等分散と言えることがわかり、等分散と仮定した 2 標本の t-検定をおこなった。

その結果から読み取れる解析結果を以下に示す。

『プログラミング教材「MSC アニメーション」を用いた場合の平均点と用いない場合の平均点の差が統計的に有意か確かめるために、有意水準 5%で両側検定の t 検定を行ったところ、 $t(30) = 2.00, p < .01$ であり、プログラミング教材「MSC アニメーション」を用いた場合と、用いない場合との平均点の差は有意であることがわかった。』

という結論を得た。つまり、プログラミング教材「MSC アニメーション」を用いた場合と用いない場合との比較で、プログラミング教材「MSC アニメーション」を用いた場合の方が情意面の効果があることがわかった。

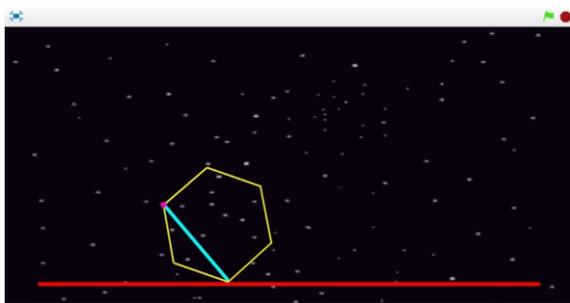


図 10

6.4 質問紙による記述回答

6.4.1 「MSC アニメーション」を用いない場合

図 12, 図 13, 図 14 は記述回答の例である。

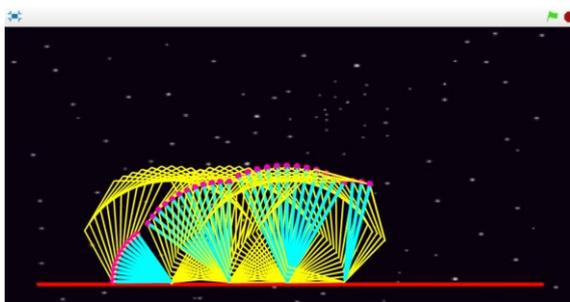


図 11

図 10, 図 11 は Scratch プログラミング教材のスクリーンショットである。動画による「MSC アニメーション」を提示しワークシートに再度課題に取り組む。

表 3 は、正方形の場合と同様にプログラミング教材「MSC アニメーション」を用いた場合と、用いない場合とのデータの検定結果である。まず F-検定をおこない分散を調べる。その結果から等分散を考慮に入れた t-検定をおこなう。

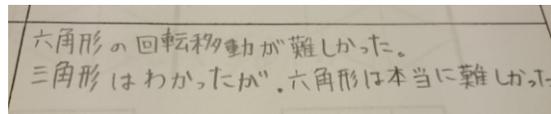


図 12

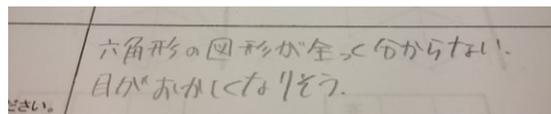


図 13

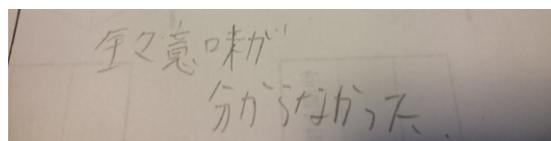


図 14

6.4.2 「MSC アニメーション」を用いた場合

図 15, 図 16, は記述回答の例である。

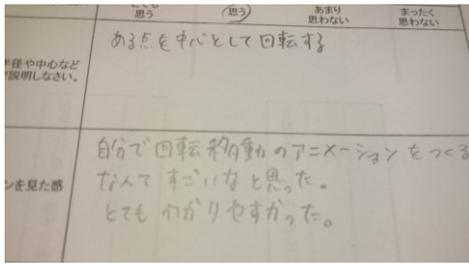


図 15

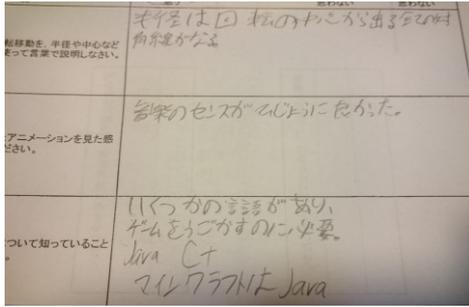


図 16

6.4.3 数学の概念理解に関する記述例

- 「半径と中心と頂点が大切。」
- 「回転の中心を見つけた。」
- 「回転の中心が変わる。」
- 「ゆっくりの動きでわかりやすかった。」
- 「頭の中でしか考えられないことが映像でわかった。」

6.4.4 プログラミングへの興味・関心に関する記述例

- 「時間をかけてアニメーションを作ってくれと思った。」
- 「BGMの使い方が生徒の作品と思えないクオリティー。」
- 「音楽と映像が良かった。」
- 「ゲームに使われている。」
- 「いくつかの言語がある。J A V A, C ++。」
- 「プログラムと数学が関係していることが分かった。」
- 「プログラミングをしてみたいとおもった。」
- 「とても素晴らしい。僕もやってみよう。」

7. まとめ

本研究の成果を研究目的に照らして以下に述べる。

(1)算数数学教育として、生徒の創作した Scratch プログラム教材「MSC アニメーション」を、「図形の回転移動」の単元で実際の授業で用いたこと。

(2)授業後の質問紙調査によるリッカート尺度 4 段階定量的データ解析から、生徒の創作した Scratch プログラム教材「MSC アニメーション」は算数数学の授業で情意面での効果があることがわかった。

(3)「MSC アニメーション」を用いない場合は、図形の回転移動に関する数学的な記述が少ないのに対して、「MSC アニメーション」を用いた場合は、回転の中心の位置、回

転の半径、回転角などの要素を考え、図形の回転移動の本質を学習する記述が見られた。

(4)授業後の質問紙記述調査の結果から、生徒の創作した Scratch プログラム教材「MSC アニメーション」プログラミングに興味を示す生徒が増加し、プログラミングをしてみたいという意欲につながっていることがわかった。

以上の結果から、「算数数学教育において、プログラミングを学ぶことや活用することで、教科書では不可能な数学的概念の深い理解が得られ、結果としてプログラミングへの興味・関心を持てること。」がわかった。

本研究を、プログラミング教育を算数数学教育の時間に位置付ける場合の事例として、今後、この手法を他の分野で適用し効果の検証が必要と考えている。

＜今後検証すべき仮説＞

なお、本研究のデータ解析の過程で「MSC アニメーション」は正六角形のような難易度の高い難解な問題に対して、効果があるのではないかと推察された。

実際の授業観察において、難解な正六角形の課題は通常の方法では問題解決をあきらめてしまう生徒が多く見られた。しかし「MSC アニメーション」を上映すると、再び課題に取り組み始める生徒の姿が見られた。

それらの事から、『「MSC アニメーション」は難易度の高い難解な問題に対して効果がある』という仮説が正しいことを示すことが出来れば、プログラミングを数学の授業に取り入れる事の大きな原動力になると思われる。

参考文献

- [1]上出吉則, 辰己丈夫『数学の相似概念を ICT 教材化するための基礎研究—数学教育における相似の定義の歴史的変遷—』情報処理学会コンピュータと教育学会 CE134(2016)
- [2]上出吉則, 辰己丈夫『数学の相似概念を ICT 教材化するための基礎研究—歴史的変遷と平成 28 年数学検定教科書比較研究—』情報処理学会コンピュータと教育学会 CE135(2016)
- [3]上出吉則, 辰己丈夫, 村上祐子『Scratch で学ぶ数学—相似の定義の概念を ICT で深く理解する—』情報処理学会コンピュータと教育学会 CE138(2017)
- [4]上出吉則, 辰己丈夫, 村上祐子『プログラミングと算数数学教育—Scratch で関数の座標概念を深く学ぶ—』情報処理学会コンピュータと教育学会 CE139(2017)
- [5]日本教育情報化振興会 (JAPET)「第 9 回教育用コンピュータ等に関するアンケート調査」報告書, (2014)
- [6]文部科学省:「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)」(2016)
- [7]文部科学省:「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)」(2016)
- [8]文部科学省:「小学校学習指導要領解説 算数」(2007)
- [9]文部科学省:「中学校学習指導要領解説 数学」(2007)
- [10]Scratch (プログラム言語) <https://scratch.mit.edu/>
- [11]『百科事典マイペディア』日立システムアンドサービス(2009)
- [12]野口忠 編著『栄養・生化学辞典』朝倉書店(2010)
- [13]杉野裕子,『数学的概念形成のための LOGO プログラミングコンテンツ開発—図形概念のイメージ化と言語化を促すために—』愛知教育大学大学院・静岡大学大学院共同教科開発学専攻, 教科開発学論集第 2 号, pp95-106, (2014)