

Scratch で学ぶ数学 — 相似の定義の概念を ICT で深く理解する —

上出 吉則^{*1} 辰己 丈夫^{*2} 村上祐子^{*3}

概要：我々は、数学教育用に、ICT を活用した教材を制作する際の基本理念を構築することを目的としている。特に、小学校のプログラミング学習環境におけるプログラミングを利用した概念獲得に重点をおいている。具体的には、図形分野「相似の定義」の単元の授業に、Scratch を使い、中学校の数学教育での教科教育としての活用を試みている。本論では、Scratch を利用した「MSD アニメーション」という考え方と、実際のアニメーションを提示する。

まず、我々は既に、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」を教科書別に比較・研究した。これらの定義を説明するために、「相似の位置」に焦点を当てた MSD アニメーションを、教師によるプログラミングで作成した。

実証の構想の結果、従来の紙媒体の教材では理解が困難だった「定義」を、動的表現で説明することが可能となった。「MSD アニメーション」を用いることで数学的概念の深い理解が得られることが可能となる。

キーワード：Scratch, プログラミング, ICT 教材, MSD アニメーション, 数学教育, 相似の定義, 相似の位置

“Let’s Learn Math in Scratch” ICT Use in the Similarity figures of Mathematics education at Junior high school

UEDE Yoshinori^{*1}, TATSUMI Takeo^{*2}, MURAKAMI Yuko^{*3}

Keywords: Scratch, Programming, ICT Use in Education, MSD Animation, Mathematical Education, Similar triangles

1. 数学教育の問題点と ICT 活用に関する背景

1.1 数学教育における問題の所在

数学においては、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。また、方程式で旅人算の立式をする際にも動きの場面を想定することがおこなわれている。

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のであるが、残念ながらこの点については研究があまり進んではいない。

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ために、動的な考え方や場面が扱にくいことが挙げられる。図形の面積問題で動点を扱う問題の場合には、静止画による場合分けから全体像をとらえるという方法が採用されているが、それも限界があり難問のひとつとされている。

このように、数学において、紙媒体の教科書では表現できない動的な考え方や場面をどのように扱うかが課題となっていた。ICT 活用によってその解決策を探る動きがあるものの本格的な解決に至っていない現状がある。

1.2 「相似の定義」での問題の所在

ここでは具体的に図形の「相似の定義」に焦点を絞って考えることにする。

そもそも数学の授業において「定義」の学習は、これから始まる議論の前提としての性格を持っている。したがって、実際の授業では「定義」の学習に時間を割くよりも、「定義」を使って数学の応用を深める方向での授業進度を進めがちである。それに加えて、「相似の定義」のような基礎的な概念理解の場面での動画の利用の実践例は、あまりおこなわれていない。

「相似の定義」を説明するための動画やアニメーションなどの教材は皆無に等しく、教科書においても静止画の練

*1 堺市立三国丘中学校・放送大学大学院
Sakai Municipal Mikunioka 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

習問題が掲載されているが、動的な表現は掲載されていない。しかし、「相似の定義」は拡大や縮小の概念で構成されているため、動きの場面の理解が重要になってくる。

このように定義の学習では「相似の定義」に対応する動画の説明が存在しないことに、数学教育として大きな問題の所在があると考えている。

ICTの存在価値と必要性が認識され、ICT活用によってその解決策を探る動きがあるものの本格的な解決に至っていない現状がある。

1.3 数学教育におけるICTの現状と課題

現在、学校教育におけるICT活用の必要性が、あらためて再認識されつつある。なぜ再認識されつつあるのかについて、その理由を一般の公立中学校の現状から述べることにする。

現在、公立の中学校では、コンピュータ教室はすべての学校に設置されており、インターネットに接続されたコンピュータを利用して調べ学習を行う環境が整っている。

しかし、コンピュータ教室は技術・家庭科でのプログラミングの授業や、修学旅行などの行事の調べ学習ではおこなわれているものの、国語や数学などの他教科の授業で本格的に使用されているとは言い難い状況にある。

現在の我が国の数学教育においては、ICTを活用している例を見ることは少ない。その第1の原因として、コンピュータ教室が学校に1教室しか設置されていないことで、国語や数学などの他教科の授業ができる余裕がないことが挙げられる。また、第2の原因として、コンピュータ教室に移動した場合は教科書を進む授業の展開が難しいなどの点が挙げられる。さらに第3の原因として、座席配置が教室と異なることや、生徒がコンピュータ教室に移動することの煩雑さが挙げられる。

また、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は想定されていなかったことも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)[1]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%)ともつ

とも多く、「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、全国的には低いと言わざるを得ない。

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ろうと思われる。

ICT利用率向上のためには、通常の学習においてはできない、ICTでなければできないような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。これは、紙と鉛筆を使用した普通教室での授業を想定した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と思われる。それは、数学だけでなく全教科に亘ってICT教材開発の必要性が高まっている。

2. 研究目的と研究方法

2.1 研究目的

今回の研究の目的は、上述の数学教育上の問題点およびICTの現状を踏まえて、「相似の定義」において動的な表現を含む普通教室専用のScratchを用いた「MSDアニメーション」の具体的な教材を制作することとした。

ICTを利用した教具の場合は、紙と鉛筆を利用したものと比較して、さまざまな長所が存在する。なかでも、図形を動かしたり、拡大したりするという作業は、紙を使う場合は相当な時間がかかるのにたいして、ICTを利用した場合は簡単に操作が完了し、結果として、学習意欲の持続が期待される。また、従来の紙媒体では不可能な動的表現はICTを利用した場合に可能となる。

本研究では、中学校の数学でICTの長所を活かす研究材料として、幾何分野の「相似の定義」を対象とする。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、「定義」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。

2.2 研究方法

「図形の相似」の定義を明確にしていない状態では、ICT教材開発どころではなく、授業自体も成立しかねない。そこで、ICT教材の開発以前に、「図形の相似」の定義そのものについて詳しく調査し、CE134、CE135において「相似の

定義」の調査の報告をおこなった。この点については後述の研究内容で述べる。

次に、「図形の相似」の学習に用いる Scratch を用いた新発想「MSD アニメーション」の枠組みを設定した。「MSD アニメーション」とは何かについては後述する。

続いて、「相似の位置」の単元で、「MSD アニメーション」の試作をおこなった。そして「MSD アニメーション」を使用した授業をおこなうところであるが、今回は制作した「MSD アニメーション」の試写と概要について述べる予定である。

ここで、本稿の具体的な項目を列挙する。

1 では、数学教育の問題点の所在と ICT 活用に関する背景を述べ、ICT でなければできない解決の視点を明らかにする。2 では研究目的と研究方法を示す。3 では研究内容として「相似の定義」の調査を報告する。続いて新発想「MSD アニメーション」の枠組みを述べる。さらに「MSD アニメーション」の制作の概要について述べる。4 ではまとめとして「MSD アニメーション」を用いることでどのような問題点を解決できるかを述べる。

3. 研究内容

3.1 「相似の定義」の調査

3.1.1 「相似の定義」歴史的な変遷

我々は第 1 段階として、相似の定義について、数学教育の観点から、我が国の歴史的変遷の理由を明らかにすることから始めた。

特に、明治 5 年の学制が敷かれて以来の相似の定義について、明治、大正、昭和、平成と年代順に流れを調べた。

そして、定義そのものと、ペリー運動のようなそこに流れる数学教育の理念も含めて明らかにして、CE134[2]にて報告をおこなった。

3.1.2 「相似の定義」平成 28 年の現状

次に第 2 段階として、平成 28 年文部科学省検定教科書の相似の定義を比較調査した。国の教育政策に係わる検定教科書の内容から、平成 28 年の現状を把握することが可能となる。

現在、7 社の教科書会社から、中学校数学の検定教科書が発行（出版）されている。そこで、教科書会社ごとに、その教科書の「相似の定義」の文章表現について調査し、表現の違いを洗い出し、概念の違いを明らかにした。

さらに、「相似の位置」の教材配列についても同様の調査をおこなった。歴史と現状の両面から相似の定義について CE135[3]にて報告をおこなった。

3.2 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[4]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。ここでは Scratch とは何かについて調べ、数学教育でスクラッチを使う背景について述べる。

3.2.1 Scratch とは

Scratch (スクラッチ) とは初心者が最初に正しい構文の書き方を覚えること無く結果を得られるプログラミング言語学習環境である。Scratch は製作者の最優先事項を子供達が可能な限り簡単に学習するように作成できるため触覚的なプロセスを通じた構築とテストが可能となっている。

MIT (米国マサチューセッツ工科大学) メディアラボが開発し、遊び心のある実験やインタラクティブアニメーション、ゲームなどの製作を通してさらなる学習のやる気を起こさせることを意図している。

Scratch の由来はディスクジョッキーがレコードを手でこするスクラッチと呼ばれる技術であり、DJ が気軽に曲をミックスすることと、Scratch 言語によって簡単にプロジェクトをミックスすることを関連付けたことによる。

2006年に最初のバージョンが MIT メディアラボのミッチェル・レズニックが主導するライフロング・キンダーガーデン・グループによって開発された。

2013年5月に新バージョンの Scratch2.0 が公開され、ウェブアプリケーションとなり、ソフトのダウンロードが不要になった。そのため、リミックスが容易になり、その他 Scratch1.4 になかった、ウェブアプリケーションならではの機能が追加された。

3.2.2 数学教育でスクラッチを使う背景

数学の教材として Scratch を使う場合の優れている点について述べる。プログラミングの作業を通じて気がついた点を列挙する。

- 1)シミュレーションが可能である。
- 2)実験、実証が可能である。
- 3)プログラムの変数の値を変えることで、条件設定の変更が容易である。
- 4)動きとプログラムが可視化されているため数学の概念理解が深まると考えられる。
- 5)情意面での効果が期待できる。

3.3 新発想「MSD アニメーション」

3.3.1 新発想「MSD アニメーション」の理念

今までの数学教育では「定義」に対応する動画という考えは存在しなかった。そこで、「定義」に対応する新発想の動画のプログラミングを、Scratch を用いておこなう。この新形式の説明動画を「MSD アニメーション」とする。MSD とは Mathematical Simulation of Definition の略称である。

一般的に使用される Moving Image のように単純な動きではなく、図形が 1 段目の移動後に 2 段目や 3 段目の別の動きをするため、Simulation という用語を使用することとした。

実際の授業では、「定義」のより深い数学的な概念理解を目的とする。ICT でなければできないような概念理解を目

標とする。

3.3.2 Simulation とは

simulation について文献調査をおこない、本研究の「MSD アニメーション」での simulation の理念を述べる。

1) 世界大百科事典 第2版[5]

英語の simulate は、〈まねをする〉〈ふりをする〉という意味の動詞であり、simulation はその名詞形である。しかし、ふつうシミュレーションといえば、現実の世界に存在するシステムあるいはこれから作ろうとするシステムのモデルを作り、これを使って実験することをさす。現在一般的によく使われているモデル作りおよび実験の方法は、コンピュータを使うもので、コンピューターシミュレーションとも呼ばれている。

2) ASCII.jp デジタル用語辞典[6]

ある「仕組み」を、仮想的な方法で模擬動作させること。エミュレーションと同義に使われることもあるが、テストという意味合いが強い。

3) 百科事典マイペディア[7]

ある現象または性質を模型によって実験し、その本質をとらえようとする。工学的な問題では航空機の風洞実験など古くから模型実験が行われ、多くの問題解析の実をあげてきた。

4) 栄養・生化学辞典[8]

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。

3.3.3 本研究の simulation とは

本研究の「MSD アニメーション」での simulation の理念を以下に示す。

「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。」

3.4 「MSD アニメーション」の制作

3.4.1 「MSD アニメーション」の設計方針

「相似の定義」において動的な表現を含む普通教室専用の ICT 教材という位置づけで、新設計「MSD アニメーション」を制作した。その際に設計方針として考えた内容を以下に列挙する。

- 1)教科書の静的表現の図を参考にしながら、最終的に数学の教科書の図との連携が図れるように設計した。
- 2)生徒が初めて「MSD アニメーション」見た時に、数学として考える時間を持てるようにアニメーションの速度を調整した。
- 3)場面設定や背景については、興味や関心が持続するように設定をおこなった。

4)音楽設定は、情意面での効果を考えて設定した。

5)数学の概念が複数同時に出現することのないように、時間系列の順を設定することや、場面系列で分けることで理解しやすい環境を整えた。

6)数学の概念と情報の概念との連携が図れるように設定した。

7)楽しい学習環境を整えることはICTの重要課題であり、楽しく興味深い「MSD アニメーション」の制作を心がけた。

8)普通教室で使える設定をおこなう。

3.4.2 相似の位置について

「相似の位置」の概念は昭和19年の教科書で最初に登場する。ここでは、CE134で報告をおこなった教科書の歴史の変遷内容に簡単に触れてみたい。

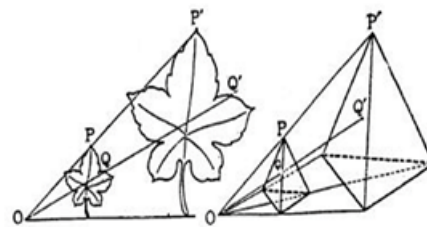


図1 昭和19年文部省「数学」の定義

昭和19年文部省教科書「数学」の定義を調べた。

ここでの定義は、図1を用い、「このような二つの図形は、相似の位置にあると言い、点Oを相似の中心という。相似の位置に置くことができる二つの図形は相似形である。」となっている。

この定義以前からの相似の定義の歴史的な変遷をたどると、数学教育としての定義が大きく変容していることが分かる。明治時代に、菊池大麓がヨーロッパから数学を持ち帰り国内の学校数学で教科書という形で広めた。その後、林鶴一がその流れを引き継ぐことになる。しかし、イギリスで始まったペリー運動で、数学教育は大きく舵取りを変えていくことになる。

「厳密性と系統性」から「有用性と経験性」という流れの中で、ユークリッドの形態から脱却し、図形教育は「静的定義」から「動的・直観的定義」へと移行がおこなわれた。

その結果、相似の定義も「拡大や縮小」の概念の採用がおこなわれ、相似の位置が導入された。厳密さを求めるより、直観的な理解を優先した結果と思われる。現行の教科書も明治時代以来のその流れの中にある。

3.4.3 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。

プログラムの作り方は、作者の数学観が反映されて千差万別であるが、数学的な概念がどのように具現化されているかが重要である。

次にスクリーンショットを示し、制作する上で留意した点を述べる。

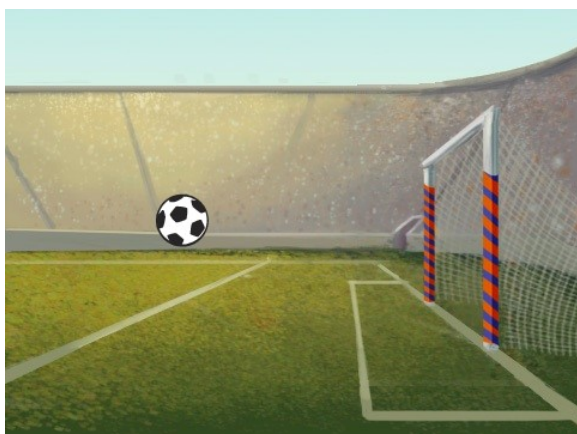


図 1

図 1 は、初期画面の設定である。数学の国際調査の結果から日本の中学生は数学に対する情意面でのスコアが低いことが指摘されている。授業設定の場面においてもその対策として、親しみやすい環境設定としてサッカーの場面を用いている。

最近の中学校の現状として人気のあるスポーツが野球のみでなく他の競技も出てきている。とりわけサッカーの人気の伸びが著しい。そこで、情意面での配慮からサッカースタジアム、サッカーボールという設定としている。

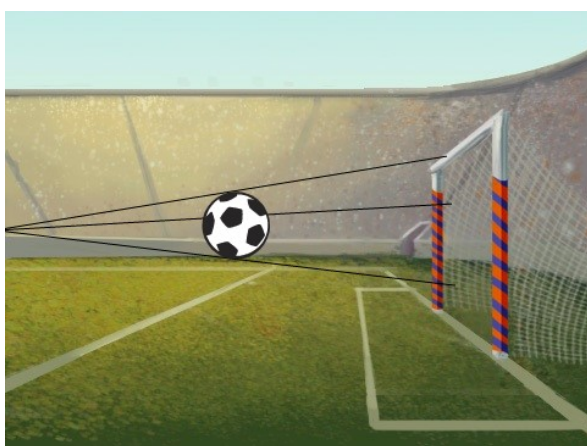


図 2

図 2 はサッカーボールの軌道に補助線を引くことで数学の背景に気がつくように配慮している。日常生活から数学の存在につなげる。つまり、数学を説明するのではなく、生徒が数学の存在に自ら気づくことが、ICT 利用の長所と考えている。

さらに、「相似の位置」という数学の概念を静止画でなく連続な動画で学習できる利点がある。これは、「MSD アニメーション」でなければならない長所と考えている。

また、「相似の位置」が最初に導入された昭和 19 年の教科書の理念がより忠実に表現されるのが動画による表現であり、これも「MSD アニメーション」でなければならない長所と考えている。

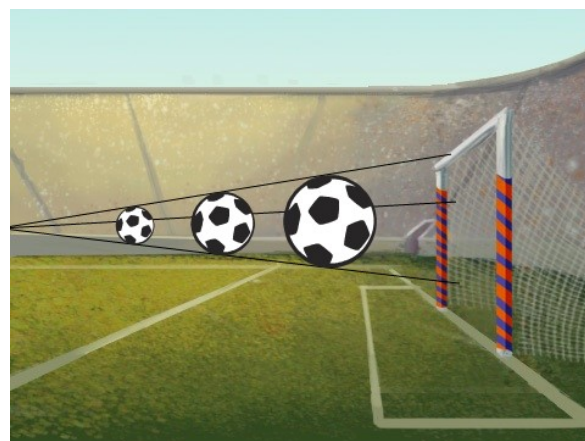


図 3

図 3 ではサッカーボールの軌道上の補助線に複数の図を表示する工夫を加えている。「相似の位置」に複数の図を配置することで、比較しやすくする。相似とはなにかという数学としての根本概念の思考が可能となる。

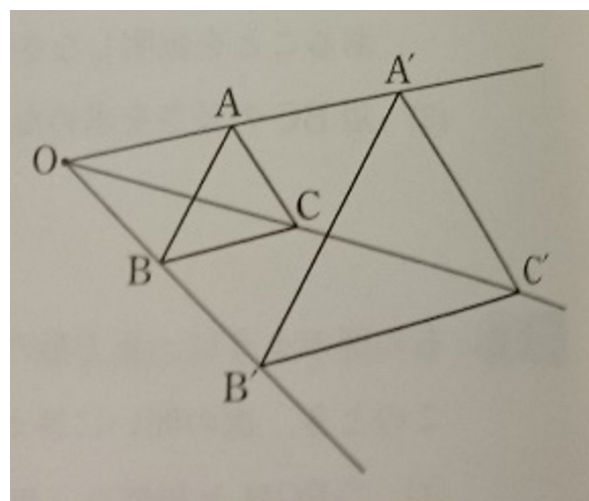


図 4

図 4 は数学の教科書の説明図である。図 3 の「MSD アニメーション」と教科書との連携を図れるように工夫を加えている。最終的に教科書の概念で定着させることも可能であるが、教科書に比べて深い概念理解が可能と考えている。

ところで、「MSD アニメーション」が完成し、研究室内で試写をおこない意見を求めたところ、次に示すような有用な示唆が得られた。

- ・アニメーションの動きの連続性がない。
- ・補助線が足りない。
- ・教科書の図との連携を示す工夫が欲しい。
- ・数学以外の美術の概念に拡張できる。
- ・用いられている図を変更できないか。

アニメーションは、見せ方によって大きく印象が変化する。数学的な概念がよりよく伝わる「MSD アニメーション」とは何かを今後考える必要がある。

その意見を取り入れ、プログラムの改良をおこなった。その改良された「MSD アニメーション」を CE138 の発表

会場で上演する予定である。

[7]『百科事典マイペディア』日立システムアンドサービス(2009)

[8]野口忠 編著『栄養・生化学辞典』朝倉書店(2010)

4. まとめ

4.1 「MSD アニメーション」の評価

4.1.1 数学教育の問題点についての解決策

紙媒体の教科書では数学の動的な考え方や場面を説明できなかった。具体的には「相似の定義」に対応する動画の説明が存在しなかった。「MSD アニメーション」の制作は、その現状に対して一つの解決策を示したものと考えられる。今後、実際の授業で活用することでその効果が得られるものと思われる。

4.1.2 普通教室専用の ICT 教材の開発

Scratch2.0 はウェブアプリケーションであり、「MSD アニメーション」は、タブレット型コンピュータとも容易に連携が可能である。「MSD アニメーション」は設計段階から普通教室での使用を念頭に置いている。このことから普通教室での使用が可能であると思われる。

4.1.3 ICT でなければできないような ICT 教材の構築

ICT の長所を活かす「MSD アニメーション」を駆使することで、紙媒体の教科書では表現できない動的な考え方や場面を含む ICT 教材の原型が得られた。今後、実際の授業で活用することでその効果が得られるものと思われる。

4.2 今後の課題

今回の研究の目的は、上述の数学教育上の問題点およびの ICT の現状を踏まえて、「相似の定義」において動的な表現を含む普通教室専用の Scratch を用いた「MSD アニメーション」の具体的な教材を制作することであった。

次の目標として、今回の ICT 教材「MSD アニメーション」で実際に授業をおこなってその効果を検証することである。

さらに次の目標として「MSD アニメーション」を「相似の定義」以外の領域や単元での拡張をおこなうことである。

「MSD アニメーション」が生徒のために活用される道具になることを願って研究を進めたいと考えている。

参考文献

- [1]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)
- [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—数学教育における相似の定義の歴史の変遷—』情報処理学会コンピュータと教育学会 CE134(2016)
- [3]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 —歴史の変遷と平成 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)
- [4]Scratch (プログラミング言語)
[https://ja.wikipedia.org/wiki/Scratch_\(%E3%83%97%E3%83%AD%E3%82%B0%E3%83%A9%E3%83%9F%E3%83%B3%E3%82%B0%E8%A8%80%E8%AA%9E\)](https://ja.wikipedia.org/wiki/Scratch_(%E3%83%97%E3%83%AD%E3%82%B0%E3%83%A9%E3%83%9F%E3%83%B3%E3%82%B0%E8%A8%80%E8%AA%9E))
- [5]加藤周一編集『世界大百科事典 第 2 版』平凡社(2006)
- [6]ASCII.jp デジタル用語辞典
<http://yougo.ascii.jp/caltar/%E3%83%A1%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%83%9A%E3%83%BC%E3%82%B8>