

# 中学校数学科の数学的活動における生徒による ICT 活用の可能性

～SAMR モデルに拡張的学習を取り入れた視点から～

三浦 彩

金沢大学大学院教職実践研究科 学習デザインコース

【概要】本研究は、数学的活動における ICT 活用の可能性を生徒の数学的な見方・考え方に焦点をあて、生徒の視点から明らかにすることを目的とする。この目的を達成するために、ICT が授業にどのような影響を与えるかという尺度を示した SAMR モデルに、生徒の視点を入れるため、学習者が道具を媒介とし新しい学習システムをデザインするという拡張的学習を取り入れ、ICT 主語から生徒主語に視点を移した3つの相（ICT を使う体験をする・ICT を活用する・ICT を選択する）からなる新しい枠組みを構築する。これに基づき、中学校第1学年の「平面図形」の学習において、3つの相からなる授業をデザインし、授業実践を行った。授業実践後、授業実践を通して収集した授業記録を対象に分析を行った。分析を行った結果、生徒の ICT への柔軟性が高く、比較的早く ICT を活用する姿が見られ、生徒自らが学習を拡張していく様子が伺えた。また、数学的な見方・考え方としては、特に図形の構成要素に着目する見方が広がり、ICT を活用することで生徒の数学的活動の質が高まる可能性を得た。今後の課題としては、生徒が ICT を日常の「文房具」として活用できるような環境を整備していくこと、また数学ソフト等を積極的に活用した授業デザインを考えていくことが必要である。

## I 研究の目的と方法

### 1. 研究の目的

本研究は、中学校数学科の授業で、数学的活動における ICT 活用の可能性を生徒の数学的な見方・考え方に焦点をあて、生徒の視点から明らかにすることを目的とする。

ここで、なぜこのような研究の目的を設定したのかについて、背景となる諸課題を述べる。平成29年3月に改訂された学習指導要領のなかで、数学科の目標は、「数学的な見方・考え方を働かせ、数学的活動を通して、数学的に考える資質・能力を育成する」ことを目指すとある。ここでは「数学的な見方・考え方」が数学科を学ぶ本質的な意義の中核をなすものとして改めて明示され、図1で示すような「数学的活動の一層の充実」があげられている。解説では、数学的活動を「事象を数理的に捉え、数学の問題を見だし、問

題を自立的、協働的に解決する過程を遂行すること」とし、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、論理的、統合的・発展的に考えること」と定義している。すなわち、見方は着目する視点、考え方は思考の進め方といえる。「数学的な見方・考え方」は数学的に考える資質・能力の三つの柱である「知識及び技能」、「思考力、判断力、表現力等」及び「学びに向かう力、人間性等」のすべてに対して働かせながら、日常生活や社会の事象、数学の事象から問題を見だし、主体的に問題解決していくことが、いま求められている。

従来の数学の授業においては、問題解決を通して数学的な見方・考え方を働かせ、豊かにしていくことを目指している一方で、生徒自身の問いや気づきになっておらず、生徒の主体的な活動になっていなかったり、つけた

い力をつけるための手段にも関わらず、活動することが目的となっていたりする現状が散見される。そのため、数学的活動を充実させるためには、生徒自身が自ら問題発見をしたり、問いを立てたり、何かに気づいたりすることが必要であると考えた。それには、学習指導要領の解説にもあるように「各領域の指導に当たっては、観察や操作、実験などの活動を通して、数量や図形などの性質を見いだしたり、発展させたりする機会を設けること」が効果的ではないのかと考えた。令和3年度から導入が始まった一人一台端末の活用をすることで、その機会を設け、生徒の数学的活動の質を分析することとした。

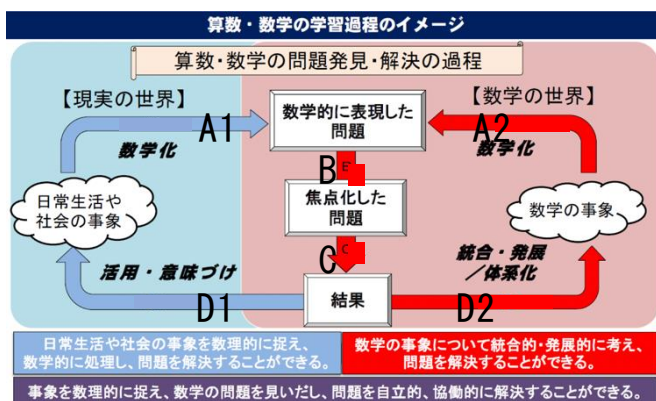


図1 算数・数学の学習過程のイメージ

## 2. 研究の方法

数学的活動の図1の【A】～【D】のいずれかの場面にICTを活用する際、従来の授業にどのような影響を与えるかという尺度を示したSAMRモデルに、生徒の視点を入れるため、学習者が道具を媒介とし新しい学習システムをデザインするという拡張的学習を取り入れ、ICT主語から生徒主語に視点を移した3つの相（ICTを使う体験をする・ICTを活用する・ICTを選択する）からなる新しい枠組みを構築する。

SAMRモデルはあくまでICTに焦点を当てたものであるため、人間の活動に焦点を当てたものではない。そのため、本研究の目的を達成するためには、生徒が一台端末を媒介とし、どのようなことを考えながらICTと関わっているのか、どのような操作をするのか等を観察

し、数学的な見方・考え方の働かせ方の様相から数学的活動の質を明らかにする必要がある。

SAMRモデルと拡張的学習については、この後詳しく述べることとする。

## II 理論的枠組み

### 1. 数学的活動とSAMRモデル

SAMRモデルとは、Puentedura (2010)によって考案されたモデルである。本モデルは、ICTを授業等で活用する場合に、そのテクノロジーが従来の教授方略や学習方略にどのような影響を与えるかを示した4つの尺度の頭文字をとったものである。三井(2014)の翻訳に基づくと、SAMRモデルは図2のように示される。



図2 SAMRモデル

一人一台端末が日常となった現在、ICTの可能性を明らかにするには、数学的活動と連動させて考える必要がある。図1の数学的活動において、【A1】や【A2】といった数学の世界の数学化や現実世界の数学化、また【B】や【C】の問題を解決する過程、【D1】や【D2】といった結果を振り返り、評価・改善する場面において、一人一台端末を活用することが、これまでに行ってきた紙媒体を使った授業方略と比較して、どう作用するのかを尺度で表すことで、テクノロジーが数学的活動そのものの内容をどのくらい変化させるのかを知ることが可能になると考える。

SAMR モデルにおける尺度を決定する指標となるものとして、テクノロジーが可能にする機能に着目することとした。数学的活動において、SAMR モデルのそれぞれの尺度がどういったものなのかを例示する。S 段階は、今まで紙媒体のワークシートを配布していたものから、一人一台端末の Chromebook において、Web サービスの Google Classroom に PDF を載せて、授業で使う段階である。ここでは、テクノロジーが単なる紙媒体の代替となっているだけで、見せるという機能に  $+ \alpha$  が無い状態である。A 段階は、図や文字を拡大・縮小したり、書き込みができたりと機能的な増強が見込まれる段階である。また、M 段階では、データから瞬時にグラフが書けたり、ヒストグラムの階級の幅を変えたりでき、これまでの実践の変更ができるようになる段階である。最後の R 段階では、場所を問わず、他クラスの単元についてまとめた動画や発表を見てコメントを残したり、遠隔地と繋がったり、これまで不可能であった実践が可能になる段階である。

## 2. 生徒の視点と拡張的学習

Engeström (1987/2020) の拡張的学習の理論とは、「文化・歴史的活動理論」を基盤にして創り出されたものであり、新しい実践活動を集団的に創造していくための協働学習をモデル化したものである。Engeström (1987/2020) によると、「文化・歴史的活動理論」は、教育、仕事、コミュニティの各領域において、文化・歴史的に構築されてきた人間の「活動システム」を人々がどう集団的にデザインし変革していくのかを研究する枠組みである。Engeström (1987/2020) は、そのような「活動システム」を図3のような図式でモデル化している。

本研究の中で、この「活動システム」を捉えると、「主体」である生徒が、「道具」である ICT を媒介としながら、「対象」である数学的活動を変容させ、「成果」である数学的な見方・考え方を獲得していくことである。また、

ICT を活動に取り入れた際に、教室の中において、数学的活動の基盤である「ルール」や「コミュニティ」、そして数学的活動の中での「分業」がどのように行われているのかを観察することができる。

この三角形のモデルを丁寧に観察することは、生徒自身に焦点を当て、生徒がどのようなことを考えながら ICT を使い、どのように ICT と向き合いながら、どのような数学的な見方・考え方を獲得するのかを見取ることにつながる。このとき、数学的な見方・考え方を「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、論理的、統一的・発展的に考えること」という定義に基づき、生徒は何に着目し、どんな考え方を得たのかという視点で分類・整理する。数学的な見方・考え方の働かせ方の様相から数学的活動の質を分析し、生徒視点での ICT の可能性を明らかにすることができると思う。

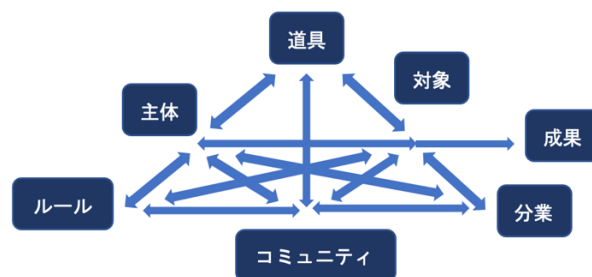


図3 活動システムの一般モデル

## III 授業のデザイン

### 1. 実践対象・期間

【対象】 公立中学校第1学年 1クラス 32名

【期間】 令和4年4月～12月

前期（4月～9月）生徒の実態把握

中期（10月～11月）授業実践

後期（10月～12月）考察・分析

### 2. 実践計画

#### (1) 単元の選定

実践単元は、中学校第1学年「平面図形」とした。この章は、中学校に入って最初の図形指導であり、「1節 図形の移動」、「2節 基本の作図」、「3節 おうぎ形」から構成さ

れている。身のまわりの事象を「形」、「大きさ」、「位置関係」という観点から考察できるように、図形の基礎的な概念や性質についての理解を深め、それを活用して考えたり、判断したりする資質・能力を身につけることがねらいである。

従前の図形指導では、ある特定の図形を取り上げ、紙媒体のワークシートを用いて、移動前後の2つの図形の関係を、対応する辺や点に着目させることで、一般的な移動の性質を見い出してきた。これでは、特定の図形しか扱えず、生徒は同じ条件のもとで、図形の考察を行わざるを得ない状況にあった。

また、図1の数学的活動の【A2】は学習指導要領解説において、「数学の事象の数学化は、数学的な見方・考え方を働かせ、数量や図形及びそれらの関係などに着目し、観察や操作、実験などの活動を通して、一般的に成り立ちそうな事柄を予測すること」と示されている。

図形領域において、一人一台端末を用いて、観察や操作、実験などの活動を通して、「形」、「大きさ」、「位置関係」という観点で図形の性質や関係を考察できる「平面図形」を授業実践することにした。

## (2) ICTの仕掛け

一人一台端末であるChromebookでは、GeoGebraという動的な数学ソフトを用いる。

このソフトは、Chromebook上で生徒が図形を自由自在に変化させたり、移動させたりすることを可能にする。図1の数学的活動の【A1】や【A2】といった数学の世界の数学化や現実世界の数学化の際に、生徒が変化させたり、動かしたりする対象を自分自身で選択し、自由に変化させたり動かしたりすることにより、条件を変えながら、複数の図形を考察することを実現させる。それによって、生徒自身による問いや気づきを生み出すようなICTの仕掛けを作る。1節では、GeoGebraの共有素材の中で使い勝手の良いものがあったので、それらを参考にしながら活用し、2・3節では、

素材を自らデザインしたものを活用することとした。

生徒は、小学校段階でChromebookをかなりの頻度で使いこなしており、基本的な操作については問題のない状態である。ただ、事前アンケートでは、ICTは考えの共有といった場面での経験値が高く、観察や操作、実験などの活動に関連した数学的な使い方はほとんど経験がないことが分かった。

そこで、ICTを使うことが目的にならないよう、図形を観察する使い方を体験し、経験を重ねる時間がまずは必要であると考えた。1節の平行移動、回転移動、対称移動までを「ICTを使う体験をする」というIの相、そして、移動の活用場面を「ICTを活用する」というIIの相、2・3節を「ICTを選択する」というIIIの相とし、実際の生徒の様子を映した映像と、生徒の生の声である振り返りをもとに分析していくこととする。

## (3) 単元計画

現実の世界の数学化【A1】をすることで、移動における単元の導入を行う。そして、数学的に表現した問題や焦点化した問題を解決する過程【B】【C】、結果を振り返り、統合的・発展的に考える中で【B2】、数学の世界や現実の世界を行ったり来たりする過程の中で、ICTを活用していく。

単元計画の中で、学習活動とともにICTのねらいとSAMRモデルの尺度を系統立てて示すことで、数学的活動の従来との差異を明確にしながら、生徒の様子を見とることができる。また、単元を通しての生徒の数学的な見方・考え方の変容やICTの活用実践の姿が明らかになると考えた。

### 【平面図形 図形の移動】

| 時 | 〈課題〉<br>【数学的活動】               | ICTねらい                    | SAMR<br>モデル |
|---|-------------------------------|---------------------------|-------------|
| 1 | 〈伝統模様を観察してみよう〉<br>【A1・B・C・D2】 | 伝統模様をイメージできるように大型TVに提示する。 | S           |
| 2 | 〈平行移動にはどん                     | 図形を実際に動かす                 | A           |

|              |   |                                      |   |
|--------------|---|--------------------------------------|---|
|              | な性質があるのか?)<br>【A2・B・C・D2】                 | 中で、平行移動の性質を見つける.                     |   |
| 3            | 〈回転移動にはどんな性質があるのか?)<br>【A2・B・C・D2】        | 図形を実際に動かす中で、回転移動の性質を見つける.            | A |
| 4            | 〈対称移動にはどんな性質があるのか?)<br>【A2・B・C・D2】        | 図形を実際に動かす中で、対称移動の性質を見つける.            | A |
| 5            | 〈どのように動かせば重ねることができるか?～麻の葉模様の秘密①～)<br>【D1】 | 図形を実際に動かす中で、移動の組み合わせを見つける.           | M |
| 6            | 〈どのように動かせば重ねることができるか?～麻の葉模様の秘密②～)<br>【D1】 | 図形を実際に動かす中で、移動の組み合わせを見つける.           | M |
| 7            | 〈麻の葉模様が受け継がれてきた理由とはなんだろうか)<br>【D1】        | 個々で考えた理由を共有する.                       | S |
| 8<br>～<br>10 | 〈日常の中の平面図形について調べてみよう)<br>【A1・B・C・D1】      | 班ごとにテーマ設定して調べたことをスライド作成し、他クラスにも共有する. | R |

#### IV 生徒の様相と分析

##### 1. Iの相

平面図形の章に入り、これまで学習してきた図形について確認し、1学期に美術科で行ったリペーションにおける作品(図4)を振り返った。美術科では七宝模様を取り上げたことから、伝統模様と平面図形をつなげることとした。授業では、平面図形の伝統的な模様は、江戸時代から令和時代に至るまでずっと受け継がれているのには、何か理由があるのではないかという素朴な疑問が話題になった。そこで、平面図形について学習することを通して、その理由が何かわかるのではないかと話し合った。図1の数学的活動の【A1】で伝統模様の観察を通して、いろいろな図形が隠されていることや合同な図形が組み合わせられていることに着目して、「模様にはどんな移動が含まれているのか」という問題を設定

した【B】。そして「どのように重ねられるのか」という焦点化した問題に対して「ずらす」「裏返す」「回す」という結果を得た【C】。そこで3つの移動の定義を示し、それぞれの移動がどのような性質を持っているのかを次時で観察することとした【A2】。

また、移動についての学習をした後に、学んだことを振り返る【D1】の場面で、伝統模様をはじめとした「日常の中の平面図形について詳しく調べてみよう」を単元を貫く課題とした。



図4 美術科での生徒によりリペーション作品

##### (1) 平行移動

前時の既習である模様の中に含まれている3つの移動についての定義を確認し、本時は、ICTを活用し、平行移動を観察する活動を行った。本来なら、最初から教師が課題を設定し、数学的に表現した問題【B】から入るところを、あえて一般的な三角形を提示し、「平行移動にはどんな性質があるかな?観察してみよう」という漠然とした問いを投げかけた。これは、数学的活動の【A2】から【B】への流れにおいて、生徒が図形を観察する中で、生徒自身がどのような問いや気づきを持つのかを観察するためである。

一人一台端末で、GeoGebraを操作すると、平行移動する方向や距離、また図形の形や大きさも自由自在に変えることができる。また、複数の図形について一度に比較できるので、SAMRモデルの尺度はAと位置付けられる。

生徒たちは思い思いにICTの機能である「大きくする」「動かす」「重ねる」を組み合わせながら、操作を行っていた。このとき、ほとんどの生徒は、図5の矢印を動かし、平行移動

の距離と方向を変えることを行っていた。

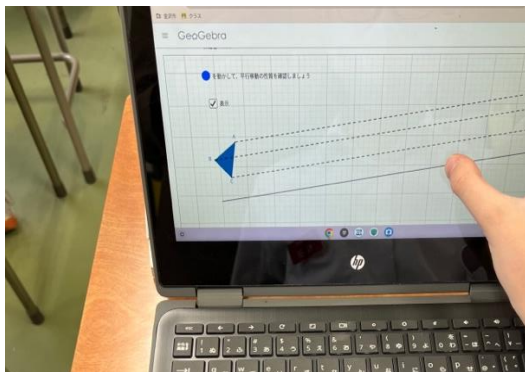


図5 距離を限りなく伸ばす様子

以下は、その時の生徒の会話の様子である。

- S1：図形見えなくなった。  
S2：え、なんで？  
○○（矢印を）伸ばし過ぎやろ。  
S1：あ、あった。ちゃんと平行移動しとる。  
S2：ほんとや。めちゃくちゃ離れたところに移動しとる。  
S3：見せて。  
S1：これ。  
S3：どこまで伸ばせる？  
S2：やってみよう。…（実際にやってみる）  
S2：いけた！おーもろ。  
S3：これ（対応する点を結んだ線分を指して）全部平行になっとる。

画面に見えなくなるくらいに、距離や方向を変えても、平行移動ができていることを操作することで得ていた。また、対応する点を結んだ線分が必ず平行になっていることにも気づいていた。それが終わると、図6のように、三角形の図形の形を変えるとどうなるかという問いをもち、どんな場合でも成り立つことを操作・観察から得ていた。また、「重ね

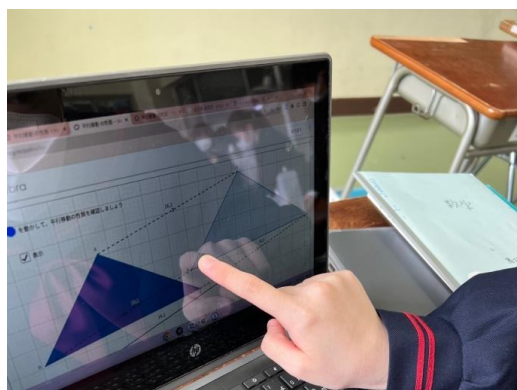


図6 図形の形を変える様子

る」という機能を用いて、もとの図形と移動をした後の図形がぴったりと重なることから、図形の形や大きさが変わらないことを確認する姿もあった。

そんな中、図7・8のように、図形の形を変える中で、図形を構成している点や線という要素に着目する生徒の姿が一部に見られた。

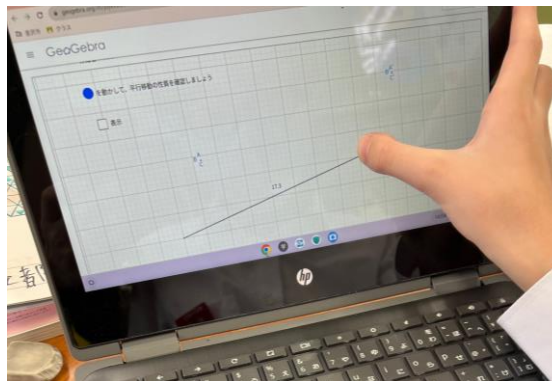


図7 図形の点に着目する様子



図8 図形の線に着目する様子

以下は、その生徒らの会話の様子である。

- S4：三角形消えとる！これどうやったん？  
S5：図形一番小さくしようとしたら、点になった。  
S4：3つ（の点が）重なって1つ（の点）になったってことか。  
S5：三角形の形…変えようとしたら、いつの間にかこうなってる。  
S4：俺もなんかやってみよ。…  
S4：できた。こうやったら…。…  
S5：ほっそいっ！  
S4：線にしてみた。  
S5：これも平行移動しとる。

図形という言葉からは、○角形といった形があるものしかイメージできない生徒がほとんどである中、点や線分に着目する様子を他の生徒にも共有することで、図形という言葉

の定義についても考えるきっかけを得ることができた。

事後のアンケートでは、どのような操作をして、どんな気づきを得たのかを丁寧に記述するよう指示した。以下、生徒の数学的な見方・考え方を紹介する。今後、見方は下線、考え方は括弧で示すこととする。

矢印を限りなく伸ばしていくなかで、どんなに距離を大きくしても平行移動ができることが気づけた。(論理的)

矢印の方向を色々変化させても、線分 AA', 線分 BB', 線分 CC'は平行になる。(論理的)

矢印の距離をいろいろ変化させても、線分 AA', 線分 BB', 線分 CC'の長さが等しい。(論理的)

いろいろな形に変えることで、どの場合でも見つけた性質がいえるのかを確かめてみることができた。(論理的)

矢印の方向や矢印の長さを変えたときに、変わるものと変わらないものがあった。(論理的)

三角形を重ねることで、移動する前と後の三角形の大きさや形が変わらないことを確認することができた。(論理的)

矢印を動かすことで、平行移動の様子が立体的に見えてきて、最後は三角柱に見えた。(発展的)

生徒は ICT の機能を用いて、図形を操作、観察することで、与えられたものを考えることとは違う数学化を生徒自身の中で行い、【A2】から【B】、【C】へと操作を通して問題解決を図っていた。このとき、自然に距離を伸ばしたり、図形の形を変えたりと、数学的活動の右のサイクル【D2】に自ずと進み、ICTによって、条件を変えて図形の性質を多角的に、そして統合的・発展的に考察する数学的な見方・考え方を獲得することができていた。

本時ではグループなどに分けていなかった

が、近くの生徒同士で集まり、友達がしたことを見よう見まねでやってみる様子がいくつか見られた。ここでは ICT を媒介としながら、数学的な見方・考え方を広げる様子は見られたが、教室全体の「ルール」や「コミュニティ」、「分業」と言えるまでのものは見られなかった。

また、図形分野での ICT の操作は初めてであり、操作に精一杯で、何となく図形を動かしているだけで、なかなか気づきまでに至らない生徒も数名いた。その他にも、観察はしていても、どんなことを気づきや発見としてよいかわからず、何も書いていない生徒も数名いたので、机間指導で書いている生徒を把握し、その気づきを紹介する等した。

## 2. IIの相

当初、回転移動は I の相の設定であったが、想定したよりも速く、生徒が ICT を使うことに慣れ、自分なりの操作を行いながら、図形を自分なりに観察する姿が見られたため、筆者の予想よりも早くに II の相に入った。そのため、当初、本研究では単元を通じた実践を描くはずであったが、2 節まで描くことで、本研究で描くことが薄れてしまうために、1 節のみに絞り、生徒による視点を丁寧に書くこととする。2 節において、作図での実践を行ったが、本研究では語らず、他に譲ることとする。

### (1) 回転移動

授業の始めに、平行移動における、前回のアンケートフォーム (Google Forms) での振り返りを大型 TV で数人紹介した。数学的な見方・考え方を紹介することにより、自分が気づいていない見方・考え方に気付いたり、着目する視点が変化したりするのではないかと考えた。

数学的活動の【A2】から【B】への場面で、平行移動同様に GeoGebra を用いて、操作しながら図形の回転移動を観察する。平行移動と同様で、SAMR モデルの尺度は A である。図 9

のように、回転の中心から対応する点までの距離や対応する点と回転の中心を結んでできる角度を表示することができる。



図9 回転移動の性質を探る様子

生徒たちは、前回よりも使い慣れた様子で操作を行っていた。ほとんどの生徒は、平行移動と同様、「動かす」という機能を用いて、回転する角度を変えることに着目して、回転移動の様子を観察していた。また、三角形の形や大きさを変える生徒も多く見られた。

そんな中、数人ではあるが動かす対象を三角形ではなく、回転の中心に着目する様子が見られた。

以下はその時の生徒らの会話の一部である。

- S1：回転の中心、動かしてみた。  
 S3：おれも別のところに動かしてみよー。  
 …  
 S3：辺の上に中心持ってきたら、正方形できた。  
 S2：いろいろ形つくってみよ。  
 S5：三角形の中心らへんに（回転の中心）もってきたら星みたいな形作れたよ。  
 S4：えーどれ。すごい。  
 S3：それ動かせれんよ。  
 S5：どうやって？  
 S3：こうやって。（SPACE をクリック）  
 S5：なんで知っとらん？ほんとや、すごー！ぐるぐる回るとる。  
 S3：テキストに触っとったらなってる。  
 S5：自動で重なる！うちもやってみよ。  
 …（人が集まって来る）

ある生徒（S1）は、最初は、三角形の外側にあった回転の中心を、違う外側の場所に移

動させていた。そして、その後、図10のように、回転の中心を図形の頂点に合わせていた。すると、周りの生徒が集まってきて、自らの回転の中心を動かし始めた。

ある生徒（S3）は、図11のように、図形の辺上に動かし、点の位置を微調整しながら正方形をつくり出した。

またある生徒（S5）は、図12のように図形の内部に動かして、星形をつくった。実に、自然な流れの中で、集まった生徒らは、回転の中心の位置を場合分けする様子が見られた。三角形の形や大きさ、角度だけに着目した動かし方から、回転の中心の位置に着目することによって、回転の中心の位置によって、どんなふうに回転移動の様子が変化するのを観察したり、回転移動によって、ひとつの図形ができることを発見したりする姿が見られた。まさにこの姿こそが ICT を使う体験をする姿から ICT を活用する姿への変容であり、生徒らが拡張的学習を始めたことを意味していると考ええる。

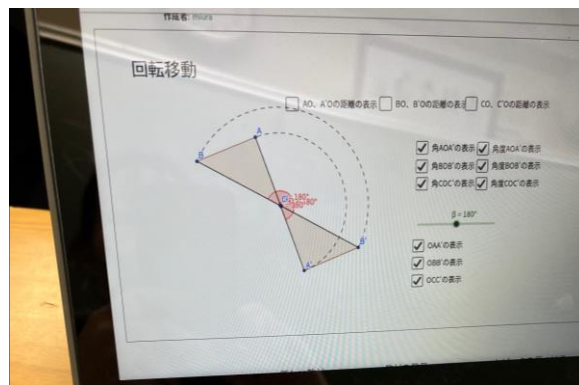


図10 回転の中心を頂点に移動させた様子

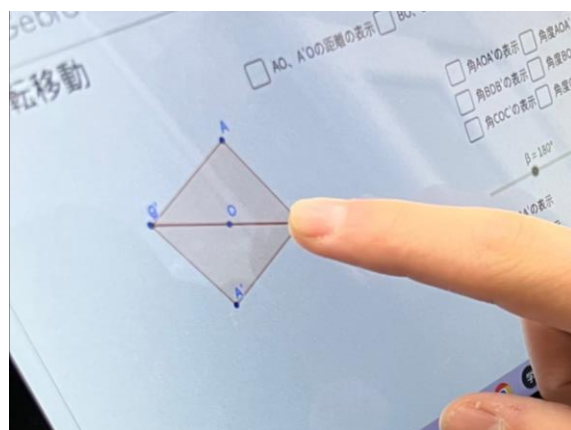


図11 正方形をつくっている様子



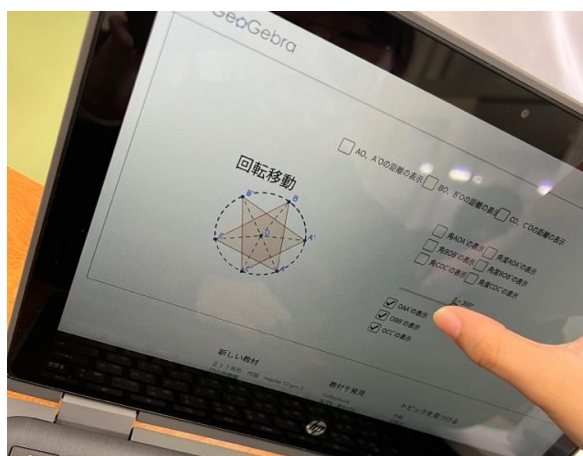


図 12 図形がぐるぐる回転する様子

ICT によって、図形を「大きくする」「動かす」「重ねる」ことができるようになり、機能的にできることは増えた。だがそれを使うのは生徒自身であり、動かすものを生徒が考え、選択することによって、単なる三角形の回転移動の様子を観察するだけではなく、「回転の中心の位置によって、どのような移動の様子が見られるのか」という新たな問いや気づきを生徒自身が生み出し、数学化し【A2】、操作しながら問題を考察する姿【B】【C】から、動かす対象を変えるとという条件を変えて、統合的・発展的にみる数学的な見方・考え方、また回転の中心を図形の外・頂点・図形の辺上・図形の内部と場合分けする図形の構成要素を意識した数学的な見方・考え方を働かせながら、学習を拡張していく様子が垣間見えた瞬間であった。

この拡張的学習において、「ルール」は生徒が集まりたいから集まる、自分で動かしたいから動かすといった、生徒がすべて決定していくことにある。教師は必要な助言のみで、指示はしない。また、生徒が ICT で動かしたい対象を見つけたとき、回転の中心の位置の場合分け（図形の外部・頂点・図形の辺上・図形の内部）という「分業」を生徒ら自らが役割分担のように操作し、対象の観察を行っていた。この小さな「共同体」がいくつも集まり、教室の中の集団が出来上がっていった。このとき、生徒は自然に、自発的に、頭の中

で浮かんだことを数学化【A2】しながら、数学的活動の右のサイクルをぐるぐるに進みながら、操作していた。小さな共同体の考えを、図 13 のように、Chromecast を使って、生徒の

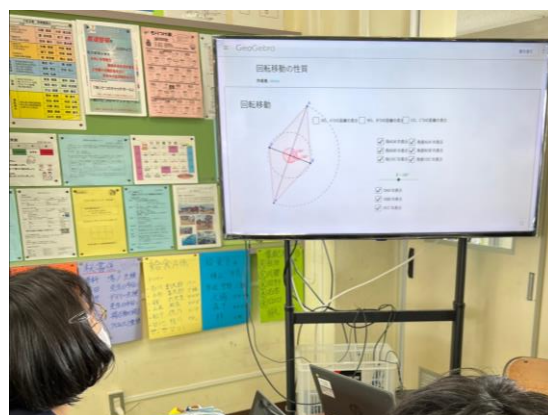


図 13 Chromecast で大型 TV をつなぐ様子

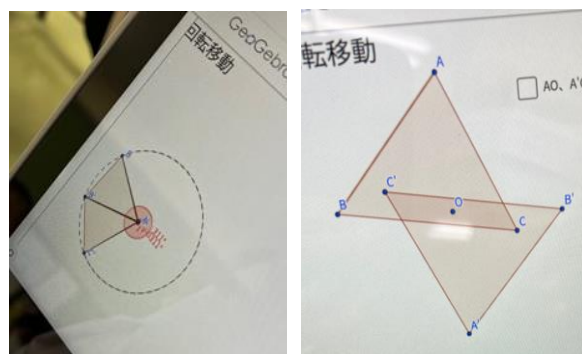


図 14 回転の中心の位置を動かした様子

1 人 1 台端末である Chromebook の様子をそのまま大型 TV に映し出し、回転の中心を動かしている様子を紹介した。そうすることで、図形の形や大きさ、角度にばかり着目していた生徒は、新しい見方を獲得し、図 14 のように、自分も中心を動かしてみようとする生徒が出てきた。さらに、長方形、ひし形、平行四辺形を作る生徒も出てきた。

このことがきっかけとなり、生徒は次のような会話をしていた。

- S2 : 小学校のときこんなやつたよな。  
 S3 : うーん線対称やつたっけ？  
 S2 : 違うって…点对称や。  
 S3 : え、どんなやつたっけ。覚えてない。  
 S2 : なんか逆さまにするやつ…。  
 S3 : あ、なんかあったような…。

筆者は、この呟きを拾って、「小学校のとき、1 つの点のまわりに図形を回転させたこと覚

えとる？」と全体に戻すと、「点対称な図形」と答えた生徒は、全体の3分の1にも満たなかった。ただ、このことから点対称移動の話に繋げることができた。この呟きが出た生徒に、「なぜ小学校の時のことを思い出したのか」と尋ねると、「回転の中心を動かしたとる中で、なんか点のまわりに動かしたことあったなって思い出した」という。自分でICTを操作することが、既習と結びつけて考えるという統合的な見方・考え方に少しでも影響を与えているのかもしれないと感じる場面であった。

以下に、生徒の授業後の Google Forms からの数学的な見方・考え方を紹介する。

角度を変えると、図形が回転し、頂点が円周のように動いていくことを発見した。  
(論理的)

回転の中心から頂点までの距離を等しくすると、1つの円の円周上を3つの頂点動いていくことが分かった。(論理的)

角度や三角形の形や大きさを変えても、 $\angle AOA'$ と $\angle BOB'$ と $\angle COC'$ の角度は等しい。  
(論理的)

角度を変えても、線分OAとOA'、線分OBとOB'、線分OCとCC'の長さが等しい。  
(論理的)

角度を変えると、 $0^\circ$ と $360^\circ$ のところでは図形が重なり、 $180^\circ$ では逆さまになる。  
(論理的)

角度を変化させたときに、平行移動で習ったことと比べて同じ点、違う点を探せた。  
(統合的)

回転の中心から頂点までの距離を等しくすると、いろんな三角形の形ができた。  
(発展的)

辺の上に回転の中心を動かすと、いろんな形ができるけど、辺の真ん中に持ってきた時は、長方形、正方形、ひし形、平行四辺形が作れた。(発展的)

図形を回転移動させると、星の形、クッパマンみたいな形ができた。(発展的)

## (2) 対称移動

数学的活動の【A2】から【B】への場面で、対称移動も同様に、GeoGebraで対称移動の観察を行った。SAMRモデルの尺度はAである。回転の中心を動かした経験からほとんどの生徒が対称の軸に目を向けていた。ICTで操作し、観察していた当初は、ほとんどの生徒が三角形の形を変えることばかりに着目していたが、授業を進めるにつれて、図形の形だけでなく、図形を構成する頂点や辺、対称の軸の位置に着目する生徒が増えてきた。これは、ICTを活用することに加え、生徒のICTとの関わり方により図形を構成する要素に着目する数学的な見方・考え方や統合・発展的な見方・考え方が鍛えられ、数学的活動を拡張していく様子そのものを意味していると考えられる。図15・16・17のように、対称の軸を図形の外側にあったものを図形の頂点に置いたり、図形の内部に置いたりする生徒が多くいた。「ひし形ができた」と声が上がった。「これって、回転移動でも作れた！」と前時の既習の移動と関連させて考えることができている生徒もいた。ひし形、正方形は、三角形の回転移動でも対称移動でも作ることができるが、長方形や一般的な平行四辺形は作れないことを発見する姿があった。また、小学校で習った線対称な図形を想起する生徒がいて、「小学校でもこういうの習った」と数名が「線対称」という言葉を出した。小学校での既習と関連して考える姿があった。まさにこれらの姿は統合的に考える数学的な考え方である。

そして、図形を重ねることで、蝶、ダイヤモンド、弓矢、飛行機、人間のようなもの、犬などの形を次々と作り、「対称移動で左右対称なものが出て、面白い」「模様みたいになった」「図形が重なっても、対称移動になっている」という意見があった。ICTを操作することで、色々な形を作るといった発展的な考え

方を獲得していた。

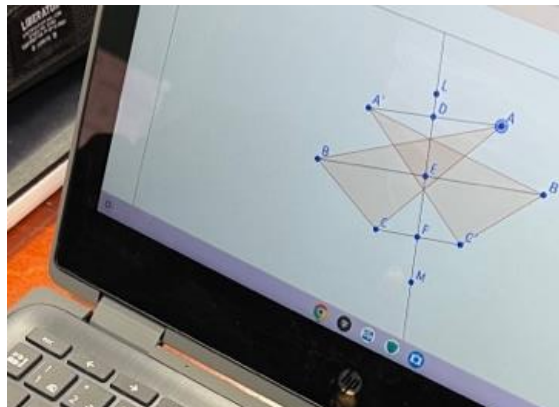


図 15 図形の内部に対称の軸をおく生徒

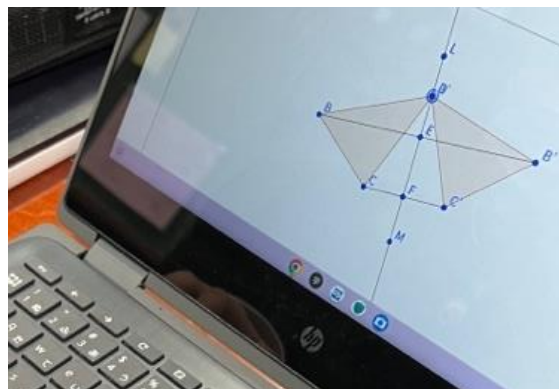


図 16 図形の頂点に対称の軸を置く生徒

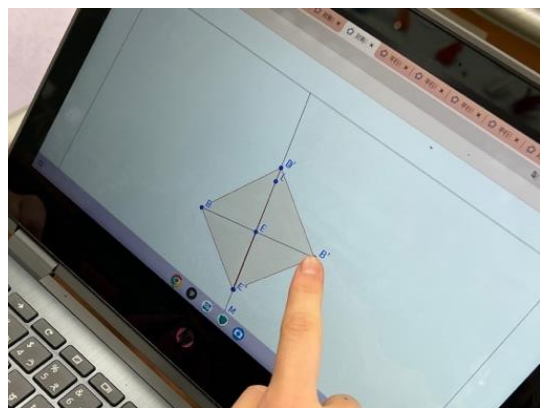


図 17 正方形を作った生徒の様子

以下は、生徒の授業後の Google Forms からの振り返りである。

三角形の頂点に着目すると、点をどんなに動かしても、対応する点を結ぶ線分と対称の軸は垂直に交った。(論理的)

対応する点を重ねてみたり、軸から対応する点までの距離を変えたりしても、線分  $AA'$ 、線分  $BB'$ 、線分  $CC'$  は平行になる。(論理的)

三角形をいろいろな形に変えることで、発見したことを違う形で試して、改めて発見したことが言えるのかを確かめることができた。(論理的)

頂点をいろいろ動かすと、小学校の時は1つの図形があってそれを二つに分けるイメージだったけど離れた図形でも左右対称になることが新しい発見だった。(統合的)

対称の軸を図形の辺に重なるようにしたら、正方形、ひし形ができたが長方形はできなかった。(統合的)(発展的)

小学校のときは PC を使わずにやっていたので、PC を使うことで線対称な図形を作れることがわかった。(統合的)(発展的)

### 3. IIIの相

日常生活や社会の事象において、事象を理想化したり、単純化したりして、日常生活や社会の事象を数学を活用して問題解決することが求められている。数学的活動の図1における左のサイクルである。IIIの相では、移動の性質を学習し、活用していく【D1】の場面である。

IIの相で、ICTを活用する経験を重ねてきたので、IIIの相では、Chromebookの活用を生徒自身に選択させることにした。生徒自身が「活用して考えたい」とすれば、自ずと活用するであろうし、生徒が課題解決において必要性を感じていなければ活用しないであろうとする実態を観察することがねらいである。

#### (1) 麻の葉の中の移動①

麻の葉の中の移動として、合同な二等辺三角形を組み合わせたものを準備した。ここでは、平行、回転、対称のそれぞれ1回の移動を考える。30人の生徒のうち、24人はChromebookを使って考えた。6人は使わずに考えていた。ここでは、一通りの移動しか考えないので、数学的な見方・考え方に差異はなかったが、ICTを使うことで、数学的活動を見

通しを持って進めたり，自分の考えを確認したりすることができていた．平行移動では方向と距離，回転移動では，回転の中心，まわり方，角度，対称移動では対称の軸が説明する上では大切であることを全員で確認した．

## (2) 麻の葉の中の移動②

麻の葉の中の移動として，多様な移動を考えられるよう細かく分割したものを準備した．麻の葉の模様を合同な直角三角形が敷き詰められた図形としてみる．

麻の葉の中の直角三角形を移動の方向や距離，回転の中心，対称の軸などをすべて自分で自由自在に動かすことができ，その操作によって自動で図形が動く仕組みとなっている．大きくする，重ねる，動かす機能に加え，自分の考えた移動を自分で見たり，他者に見せながら説明をしたりできる．自分の考えた移動の方法を実際に見せることができるのは，ICT の見せる機能ならではである．それ故，これまでの授業方略と比較し，できなかったことを可能にする点から尺度は M である．

「 $\triangle ABC$  を  $\triangle A'B'C'$  に重ねるにはどのように動かしたらいいか」と問いかけた．ある生徒が「1回で動かせんやろ」と呟いた．それに対して「いや1回でできるやろ」と答える生徒もいたので，「何回の移動で動かせるのか」を尋ねたところ，8名の生徒が1回の移動，19名の生徒が2回の移動，2名の生徒が3回の移動で重ねられそうだと予想した．自分で考えを持つ時間では，Chromebook の使用を生徒自身に選択させることにした．生徒が感じている ICT の必要感に応じて，自由に使ってもいいことを説明し，考える時間を設けた．生徒は29名（欠席3名）のうち，25名が最初から Chromebook を取り出し，操作しながら思考し始めた．他4名のうち2名は途中から Chromebook を操作し始めた．残り2名は最後まで Chromebook を使わなかった．その理由を振り返りの記述でみると，途中で使った生徒は，「頭でイメージするには限界がきて途中か

らは使った」「自分の考えを確かめたくて途中から使った」という理由であった．また最後まで使わなかった生徒は，「自力で考えてみなかった」「必要なかった」という理由であった．

生徒は，まずは1回の移動で重ねることができないか操作し始めていた．ほとんどの生徒が平行移動の操作はしていなかった．「図形の方向的に平行移動は使わないと思う」という意見が出た．「俺もそう思う」「回転移動か対称移動やなって思った」という意見から，生徒たちは図形の性質を理解し，直観的に図形を見ることができるようになっている様子が伺えた．生徒にとっては，無意識的に働かせている移動の性質を基にした数学的な見方・考え方を意識化・顕在化していくことが，数学的な見方・考え方の良さを見出したり，育んだりするのだと考える．

回転移動に目をつけ，どこに回転の中心を置いたらいいのかを探っていた．「1回の移動でできた」と口々に移動できたことに喜ぶ声が上がった．

また，1回の移動が成功した後，生徒は2回の移動，3回の移動を組み合わせて重なる方法を考え始めた．多くの生徒が辺に合わせたり，頂点に合わせたりして考えている中で，3名の生徒は，辺上に回転の中心を置いたり，辺に合わせない方向に矢印を置いたりした．以下3人の考えを示す．

図 18・19・20 のように，3人は，自分の Chromebook を Chromecast で繋げ，大型 TV で他の生徒に見せながら，自分の考えた移動の説明を行った．「すげー！よく（回転の中心を）微妙な場所に置くの思いついたね」「図形を（正六角形の）外に一回出すのは誰も思いつかない」という驚愕の声が上がった．以下は，図 18 を考えた生徒と周りの生徒との会話である．



図 18 辺上に回転の中心をとった生徒

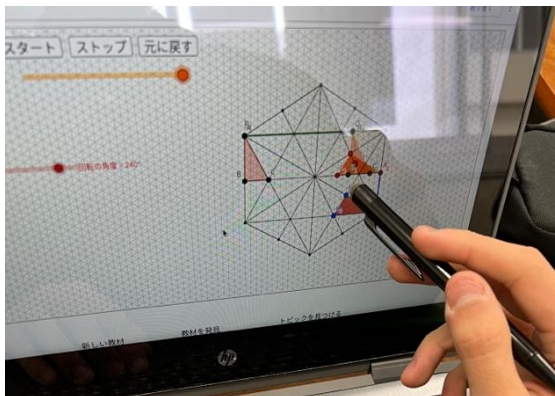


図 19 対応する点を辺上においた生徒

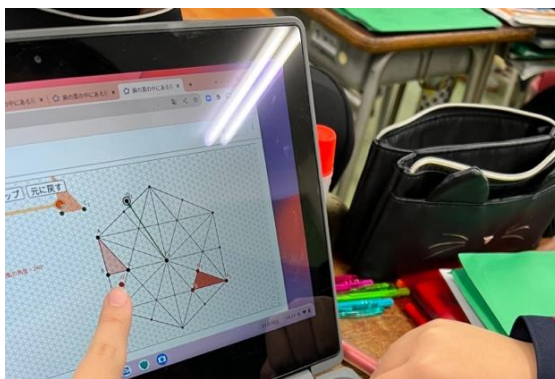


図 20 図形の外に平行移動させた生徒

S4 : これどうやって考えたん？  
 S5 : A の点が最後に A' に行くやん. その途中を考えたんだけど, 例えば A が平行移動でここに動くとするとき…  
 S4 : (うなずく)  
 S5 : そしたら A がここに移動するから, ここから A' までどうやっていくか考えたら, 向きの回転移動しかないと思って, 中心をどう持ってきたらここから A' に重なるか考えてん.  
 S4 : そっかあ〜対応するところに注目してけばいいんや.

生徒は、「この点がここに動くから, 次にこ

こに重ねるためにはこうやって…」というように, 移動を動的に見せながら, 自分の考えを説明していた. 紙媒体ではなかなかイメージできない移動も, ICT を活用することにより, 対応する頂点や辺, 角を意識できるので, 説明の際に着目する視点が見えやすくなり, 論理的に思考を進める数学的な見方・考え方が見られた. また, 移動の回数やまだ使っていない移動に目をつけて, グループ内で「分業」して考える姿や, 新しい考えを発見した際は, すぐに仲間に動きを見せながら説明し合う「ルール」が自然と生まれ, Chromebook は説明する際の必需品となっていて, 互いの数学的な見方・考え方を共有し協働する「共同体」が見られた. 仲間の考えに影響され, 辺の途中や図形の内部, 外部に回転の中心を持ってきたり, 図 21 のように対称の軸をいろんなところに動かしたりしている姿があった.

全体で, 図形の何に着目して移動を考えたかを共有するため, 筆者は次のように問いかけた.

T : みんなは何を考えながら図形を動かした？  
 S : 適当に (回転の中心とか対称の軸を) なんかに動かしたら, 重なった.  
 T : 適当に動かしたら重なった人は？  
 (6人挙手をする)  
 T : 他の人は? 何か考えながら動かした人は?  
 (23人挙手をする)  
 T : お〜たくさんの方が何か考え持って, 三角形を動かしたんやね. どんなこと考えながら動かした?  
 S : なんか…言葉にできんけど…なんか考えながら動かしたと思う.  
 S : 頂点が重なるように図形を動かしてたら移動ができた.  
 S : ~さんに似てるんですけど, B の頂点に注目して, それが次の場所に動いたらここになから, 最後のとこの B' に重ねるにはどうしたらいいか考えながら, 中心とったりして動かしました.  
 S : どうやったら次の辺に重なるのかを考えながら, 動かした.

T: 対応する点や辺に注目したんやね.

多くの生徒が、何かを考えながら動かしたと言うが、なかなか言葉にできない姿も見られた。「適当に動かしている」と発言する生徒も、もしかしたら、無意識的に何かを考えているのかもしれない。ここでは、図形を移動する際に、頂点や辺が対応していくことに着目する数学的な見方・考え方を顕在化することができた。

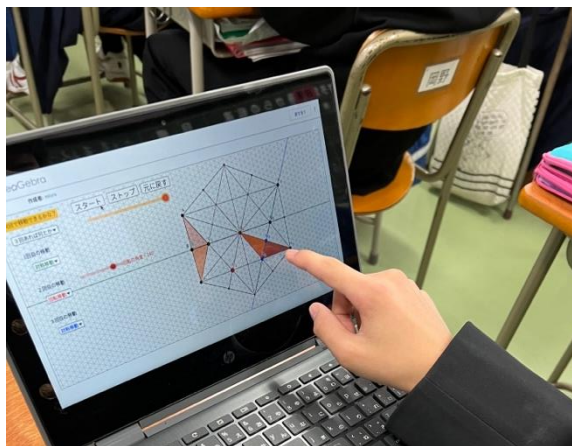


図 21 対称移動を組み合わせた生徒

以下は、生徒の振り返りからの抜粋である。

平行移動と回転移動を組み合わせると、2回の移動で重ねている人が何人もいて、考えの比較ができてよかった。平行移動と回転移動を入れ替えても重なることが分かって驚いた。(論理的)

回転移動はどの方法でも共通していることがわかった。また、回転移動の必ず角度は時計回りに  $120^\circ$  (反時計まわりに  $240^\circ$ ) になる。(論理的)

辺上の途中や辺以外の場所に、回転の中心をおいても移動できる。  
平行移動でも、方向を中途半端なところにしても重ねることができた。(発展的)

### (3) 伝統模様が受け継がれてきた理由

数学的活動の【D1】の場面で麻の葉模様が受け継がれてきた理由を Google Forms でまずは書いてもらい、交流した。大きく理由を分けると、美しい、かきやすい、いろいろな見

方ができるという3点であった。

#### 【美しい】

・合同な図形で規則性があるって、連続していて美しいから。

・直線が組み合わせられていて、美しいから。

#### 【かきやすい】

・複雑そうに見えるけど、実は図形の移動が組み合わせられてできる単純なものだから、皆に親しまれてきたんじゃないか。

・合同な図形が組み合わせられて作られている模様だから、簡単な移動で誰でもかけるから。

#### 【いろいろな見方がある】

・三角形を意識してみたら、三角形が浮き上がって見えるし、ひし形を意識したら、それが浮き上がって見えて面白いから。

・模様の中にいろんな図形が隠れているから。

#### (4) 調べ学習

いろいろな平面図形について観察し、様々な移動について学習したことを基にしながら、左のサイクルである現実世界の日常の事象を数学化し、課題解決することにした。

生徒たちは4~5人の班を作り、自分たちの調べたいことを出し合いながら、テーマ設定を行った。身近なものの中で、合同な図形でできている「蜂の巣」に注目したり、FIFAワールドカップ2022というタイムリーな話題から「サッカーボール」に注目したりするグループがいた。生徒らは、一人一台端末を使いながら、図22のようにグループで自然と役割を分業しスライドを作りながら、協働して課題解決していく姿に、こちらが想像する以上にICTへの高い柔軟性を感じた。大型TVに繋げて発表を行い、各クラスだけに留まるだけではなく、他クラスの制作したスライドを見ながら、図23のように互いにコメントを残すことを行った。生徒は、気づきをすぐに書き込むことができたり、他の生徒の気づきを瞬時に見ることができたりするので、数学的な見方・考え方を広げるICTの可能性をここでも垣間見ることができた。



図 22 ハニカム構造について

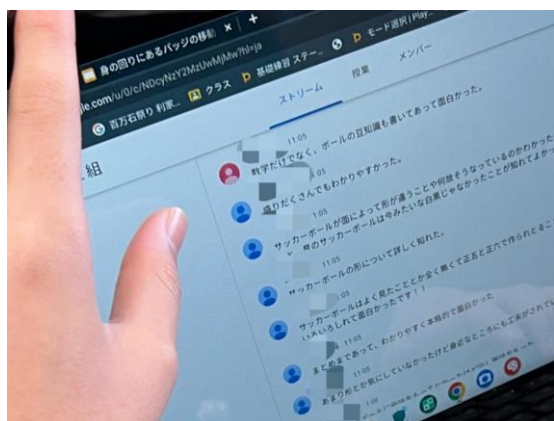


図 23 Google Classroom でのコメント

ここで、生徒の成果物のいくつかを紹介する。あくまで授業の一環の中での作成のため、著作権の観点で多少異議のあるものもあるが、ご了承していただきたい。

【生徒の成果物のリンク先・QR コード】

| テーマ・リンク・QR コード  |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・身の回りのバッジの移動</li> </ul> <p><a href="https://docs.google.com/presentation/d/1IyvCq1ZsNXmKtONQnaURqSKLYqS5s3bf/edit?usp=share_link&amp;ouid=118263200935383559237&amp;rtpof=true&amp;sd=true">https://docs.google.com/presentation/d/1IyvCq1ZsNXmKtONQnaURqSKLYqS5s3bf/edit?usp=share_link&amp;ouid=118263200935383559237&amp;rtpof=true&amp;sd=true</a></p>        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・サッカーボールとサッカーゴールの謎</li> </ul> <p><a href="https://docs.google.com/presentation/d/10muMcb8V3UgYR78L_xH69n0e2y6dV70r/edit?usp=share_link&amp;ouid=118263200935383559237&amp;rtpof=true&amp;sd=true">https://docs.google.com/presentation/d/10muMcb8V3UgYR78L_xH69n0e2y6dV70r/edit?usp=share_link&amp;ouid=118263200935383559237&amp;rtpof=true&amp;sd=true</a></p>  |

|  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・ハニカム構造</li> </ul> <p><a href="https://docs.google.com/presentation/d/1H8XquZbSI0B50s9mN5t2TssmyVultkmE/edit?usp=share_link&amp;ouid=118263200935383559237&amp;rtpof=true&amp;sd=true">https://docs.google.com/presentation/d/1H8XquZbSI0B50s9mN5t2TssmyVultkmE/edit?usp=share_link&amp;ouid=118263200935383559237&amp;rtpof=true&amp;sd=true</a></p>          |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・都道府県章の世界へイッテ Q</li> </ul> <p><a href="https://docs.google.com/presentation/d/1AR6Mg5T3x0cCbCSZ5bKPOA4pZPwrD7HD/edit?usp=share_link&amp;ouid=118263200935383559237&amp;rtpof=true&amp;sd=true">https://docs.google.com/presentation/d/1AR6Mg5T3x0cCbCSZ5bKPOA4pZPwrD7HD/edit?usp=share_link&amp;ouid=118263200935383559237&amp;rtpof=true&amp;sd=true</a></p>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・身近な 3 つの移動</li> </ul> <p><a href="https://docs.google.com/presentation/d/1PdHelK2uPckVrWTofw98e8Uy7Apqnek7/edit?usp=share_link&amp;ouid=118263200935383559237&amp;rtpof=true&amp;sd=true">https://docs.google.com/presentation/d/1PdHelK2uPckVrWTofw98e8Uy7Apqnek7/edit?usp=share_link&amp;ouid=118263200935383559237&amp;rtpof=true&amp;sd=true</a></p>     |

V 結論

生徒は、こちらの想定以上に、ICT への柔軟性が高く、使い慣れていない数学的な機能においても、比較的早く活用する姿が見られた。生徒は、自分なりに「動かしてみよう」「こうやってみたい」気持ちから、点や直線を自由に動かす中で、自分なりに図形を観察していた。教師は必要な助言のみで、個々で ICT を持ち寄り、自然に生徒同士が集まりたいから集まるという「ルール」のもと、ICT を使うたびに動かす対象そのものを広げ、動かす対象の位置を場合分けする等の「分業」を行う中で、一般的に成り立ちそうな性質を予測する論理的な見方・考え方や、既習と繋げて考える統合的な見方・考え方、自由自在に動かせるからこそ、発展的に考える見方・考え方を広げ、数学的な見方・考え方を獲得する様子が見られた。その中でも、特に辺や頂点といった図形の構成要素に着目する見方が広がり、生徒自らが新しい気づきや問いを生み出し、これまでの与えられたものを考えることとは全く

別の数学化を行い、数学的活動の図1の左のサイクルと右のサイクルを行ったり来たりする姿から生徒の数学的活動の質が高まる可能性を得た。この姿こそが、まさに拡張的学習であり、ICTという道具を媒介とし、機能を用いながら、生徒の気づきから授業が展開していくという、生徒同士が協働する新たな「共同体」の形を見ることができた。今後の課題としては、生徒がICTを日常の「文房具」として活用できるように環境を整えることが必要である。また、数学科において、SAMRの尺度に基づき、段階的にICTに慣れ親しむことや数学ソフト等を積極的に活用した授業デザインを考えていくことが重要である。

#### 引用文献・参考文献

- 1) 飯島康之 (2021). ICTで変わる数学的探究. 明治図書出版.
- 2) エングストローム, Y. (山住勝広訳) (1987/2020). 拡張による学習完訳増補版. 新曜社.
- 3) 三井一希 (2014). SAMRモデルを用いた初等教育におけるICT活用実践の分類. 日本教育工学会 2014年度第1回研究会予稿集. JSET14-2 37-40.
- 4) 三井一希 (2018). タブレット端末を活用した授業実践における機能面と従来との差異に着目した分類の試み. 日本教育工学会第34回全国大会発表予稿集. 899-900.
- 5) 三井一希 (2019). SAMRモデルから考えるタブレット端末を用いた授業の現状分析. 日本教育工学会 2019年秋季全国大会発表予稿集. 39-40.
- 6) 文部科学省 (2017). 中学校学習指導要領 (平成29年告示) 数学編. 日本文教出版
- 7) 文部科学省 (2017). 中学校学習指導要領解説 (平成29年告示) 数学編.  
[https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018\\_004.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_004.pdf)

(2023.1.9 参照)

8) Ruben R. Puentedura (2010). SAMR and TPCK: Intro to Advanced Practice.  
[http://hippasus.com/resources/sweden2010/SAMR\\_TPCK\\_IntroToAdvancedPractice.pdf](http://hippasus.com/resources/sweden2010/SAMR_TPCK_IntroToAdvancedPractice.pdf)

(2023.1.9 参照)

#### 参考 GeoGebra Applet

- 1) 平行移動.  
<https://www.geogebra.org/m/ytwmpcv8>  
(2023.1.9 参照)
- 2) 回転移動.  
<https://www.geogebra.org/m/k5C7Dh8K>  
(2023.1.9 参照)
- 3) 対称移動.  
<https://www.geogebra.org/m/zdCTnufT>  
(2023.1.9 参照)
- 4) 麻の葉の中にある移動①  
<https://www.geogebra.org/m/ecnfdtah>  
(2023.1.9 参照)
- 5) 麻の葉の中にある移動②  
<https://www.geogebra.org/m/xzhhjgvd>  
(2023.1.9 参照)