

中学校数学科の図形領域における ICT を活用した指導についての研究

教育学研究科 教育実践創成専攻 教科領域実践開発コース 中等教科教育分野 今泉健汰

1. 研究の動機

図形領域の問題を解く際に頭の中で図形をイメージする必要があることは明確であるが、筆者の経験から頭の中で図形をイメージすることは難しいと考えている。特に筆者自身は頭の中でイメージした図形を移動させることが非常に難しいと感じた。図形領域の学習において平面図形や空間図形の問題を解く時に頭の中で図形をイメージして、そのイメージを駆使して問題を処理していかなければならない場合が多く、図形をイメージできない場合は平面図形や空間図形の問題を解くことは困難である。また、図形領域の問題において、困難を示す生徒の姿が見られた経験もある。

よって、図形領域の中でも平面図形の移動や空間図形の辺や面の位置関係について問う問題を解くことに課題があり、その課題を解決したいと考えた。

2. 研究の目的

平面図形の移動や空間図形の位置関係等の把握ができず、図形をイメージすることができないということは、図形概念形成に課題があるといえる。つまり、生徒の図形概念形成を促す学習をする必要がある。現在はGIGA スクール構想での一人一台端末によって、学校現場で児童生徒がICT 機器を用いて学習をしている。平面図形や平面に表現された空間図形についてICT を活用することで、イメージでのみ考えていた図形の移動を視覚的に確認することや立体を様々な方向から観察することができ、生徒の図形概念形成に有効ではないかと考えた。したがって、本研究の目的を「生徒の図形における移動に関す

る概念を形成することができる教材や授業について先行研究をもとに考察する。そして、中学校数学科の図形指導において、ICT の活用が生徒の図形概念形成、特に平行移動や回転移動の理解を促すことができるのかを明らかにするために授業実践を構想し、その効果を検証する」ことと設定する。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために以下の方法で研究を進めた。まず、ICT を活用した図形領域における学習指導についての先行研究について調査・分析する。先行研究から得た知見に基づいて教材開発の観点を設定して、図形概念形成、特に平行移動や回転移動の理解を促すことができる教材を考察し、教材研究を踏まえ、学習指導案を作成して授業実践を行う。そして、授業実践のプロトコルやワークシートから読み取れる生徒の様子に基づき、授業実践の分析・考察を行うとともに、調査問題の結果をもとに教材の有効性を明らかにする。最後に授業実践より得られた成果と課題をもとに、本研究の結論を述べる。

4. 研究の内容

4.1 先行研究の分析・考察

ICT を活用した平面図形の学習指導を行う先行研究の事例を調査することで、ICT を活用する際の重要となる観点を考察して授業実践で扱う教材、指導に対する示唆を得る。ここでは先行研究の一例として、橋口ら(2019)の「ICT を活用した図形探求活動についての一考察-中学校第2学年「平行四辺形」単元における授業実践を通して-」を挙げる。

この研究の目的は「図形指導における今日的な数学授業の改善の具体として、ICT を活用した図形探求活動を提案し、実践授業を通して、その有効性を検証すること。」である。

(1) 対象生徒と問題

この研究は高知大学教育学部附属中学校 2年生を対象に行われた。また、実際に扱われた問題は以下の通りである。

【問題】四角形 ABCD の4つの角の二等分線の交点によって出来る四角形 EFGH は点 A, B, C, D を自由に動かすと、どのような特別な四角形になるだろうか。

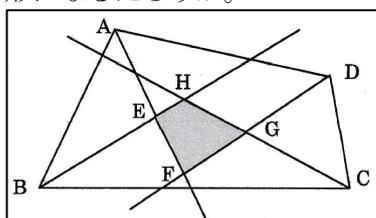


図 4.1-1 橋口らの研究で扱った問題

(2) 授業の実践

以下に橋口らの研究で行われた授業実践の流れを示す。

まず初めに特別な四角形にはどのような四角形が存在するのか確認する。次にタブレットで自由に四角形 ABCD を動かし、動かすことで明らかになった四角形 EFGH の特徴を命題としてまとめる。命題は以下の3つである。

- ①四角形 ABCD が長方形ならば、四角形 EFGH は正方形になる。
- ②四角形 ABCD が平行四辺形ならば、四角形 EFGH は長方形になる。
- ③四角形 EFGH は1つの角が 90° 以外の平行四辺形になることはない。

命題を出した後は得られた命題が正しいのかを角度についての証明、辺の長さについての証明をもとに確かめていく。

最後に命題についての証明を整理し、タブレットの良さを確認してまとめを行う。

(3) 橋口らの結論

橋口らはタブレットを用いた数学授業の有効性として「Guess&Test から数学的性質の発見が容易になされうること」ということを挙げている。Guess&Test を通した活動により、

新しい数学的な性質の発見につながるものがタブレットを用いる有効性であると述べている。

4.2 先行研究から得られた示唆

橋口らの研究より ICT を活用した授業を実践する上で以下の4観点を重要視した授業をする必要があると考える。

- ①図形の動的な動きを取り入れること
- ②生徒自ら図形を動かす機会を多く取り入れること
- ③図形の定義について確認しながら進めること
- ④必要に応じて角度や長さの情報を入れること

①は図形の動きを取り入れることである。図形指導での ICT 活用において重要なことは静的な状態ではイメージするしかなかった図形の動的な動きを見せることで、視覚的に理解できるようにさせることであると考えられる。

②は図形の動的な動きについて生徒自身が動かす活動を取り入れることである。橋口らの研究でも生徒が実際に自分で動かすことによって理解することが出来たという結果があった。自分で動かすことで生徒の思考は働き、試行錯誤することにつながる。

③は図形の性質等に触れながら進めるということである。図形に対する概念を形成するには、生徒が図形についての定義や性質を確認し、理解しながらその図形に触れることが大切になってくる。

④は③と関連して、生徒が図形に対する見方を広げられるようにすることが目的である。図形を様々に動かす場合には、角度や長さの情報があれば図形の性質について発見できることが多く、そこから証明や図形の理解に繋げることができる。

4.3 得られた示唆をもとにした教材研究

ここでは4.2で提示したICTを活用する上での4観点をもとに、授業実践で扱う教材について述べていく。

【教材】：平面図形の敷き詰め

教材は平面図形を合同な図形1つで敷き詰めるという教材とした。この教材に設定した意図は橋口らの研究より提示した4観点をもとにICTを活用する利点として以下の3つの点を満たすことができると考えたからである。

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ①図形を動的に動かすことができる ②様々な図形で確認することができる ③図形の性質や特徴をより理解して学習できる |
|--|

図形の敷き詰めでは図形の移動が入ってくるため、図形の動的な動きの様子を確認する必要がある。また、敷き詰めに実際に描くとなると時間がかかるが、ICTであれば様々な図形での試行錯誤が容易にできるとともに、ICTを活用しながら図形の敷き詰めを行うことで図形の移動の様子を確認することができる。さらに、移動の様子を視覚的に確認することから図形における移動の性質や特徴を考え、図形に対する知識を獲得し、その知識を活用して数学的な見方・考え方を育てることができると考えた。以上のことをもとに教材を設定した。

5. 研究授業の分析と考察

5.1 授業計画

4.3 の設定した教材をもとに授業計画を行い、令和4年11月30日～12月15日に山梨県内の公立中学校において全4時間の授業実践を行った。対象は1年生である。授業計画は以下の通りである。

第1時：Google スライドを用いて合同な図形で平面を敷き詰める作業を行う。

第2時：第1時で作成したスライドをもとにして、平面の敷き詰め可能性について検討する。また、図形の移動によって平面が敷き詰められていることを理解する。

第3時：簡単なエッシャー図作成に挑戦し、図形の移動によってエッシャー図が作られていることを理解する。

第4時：D マークコンテンツを活用して、図形の移動の様子を確認した後、それをもとに

してより複雑なエッシャー図作成に取り組む。

元々計画していた授業実践は全3時間の授業であったが、実際は第4時を含めた全4時間の授業実践となった。

5.2 授業実践の実際と分析

ここからは、実際に行った授業実践の実際と授業分析についてICTを活用せずに行った第3時と活用した第4時を中心に詳細を述べていく。

(1) 第1時 11月30日(水)

①写真提示と調査問題

第1時はまず、図形をGoogle スライド上に敷き詰めるという活動行うために、その導入として駅のタイルの写真を提示した。写真から隙間なく図形が並べられていることを「図形が敷き詰められている」ということを確認し、特に今回は1つの合同な図形で平面を敷き詰められるかどうかということについて検討していくことを確認した。その後、図形の敷き詰めについての生徒の理解を確認する事前調査問題を10分間行った。

②Google スライドの使用方法とルール確認

図形の敷き詰めを行う上での、Google スライドの使い方とルールを全体で確認した。スライドで実際に図形を敷き詰める様子を教室の前のテレビに映し、図形の出し方、コピー&ペーストの方法、図形の移動方法について生徒もクロムブックで実際に行いながら確認した。また、スライドを扱う上でのルールを確認して作ったスライドは残すこと、敷き詰め可能性について検討できたら別のスライドに移ることを指示した。

③図形の敷き詰めの個人作業

クロムブックを用いて個人作業を約15分間行った。個人作業の前に全体でスライドの使い方とルールを丁寧に説明したため、スムーズに個人作業に入ることができた。

生徒自身が作成の過程で三角形、四角形は敷き詰められること、台形は並べ方によっては隙間ができてしまうこと、正三角形、正方形、正六角形以外の正多角形は敷き詰められ

ないことがスライドから確認できた。しかし、第1時ではスライドの作成量に個人差があったため、生徒それぞれで確認できた量は変わってしまった。

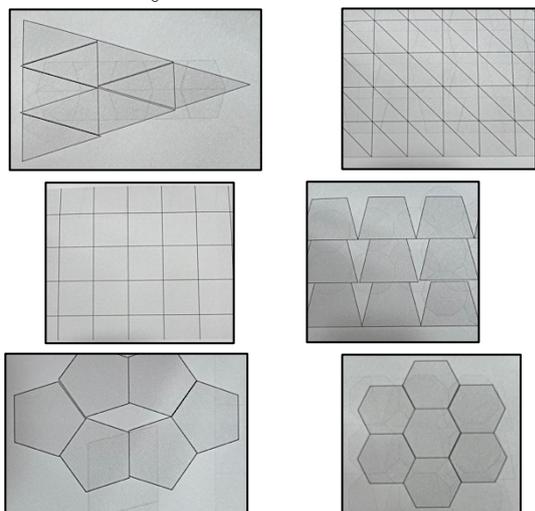


図 5.2-1 生徒が作成したスライド

④スライド提出と本時のまとめ

個人作業を終わらせ、作成したスライドを提出させた。次回は敷き詰めができた理由、できなかった理由を考察することを伝え、授業を終了した。

(2) 第2時 12月1日(木)

①スライドの確認と問題提示

第1時で作成したスライドを使って敷き詰め可能性の検討をしていくことを問題提示とともに確認した。

【問題】平面の敷き詰めは敷き詰めができる図形とそうでない図形、できる方法とそうでない方法があった。その違いはどこにあるのか理由を見つけよう。

スライドについては第1時の生徒が作成したスライドを提示し、敷き詰められた図形、敷き詰められなかった図形について復習した。

②敷き詰め可能性の検討・個人

スライドの図形を見ながら、敷き詰めができた理由、できなかった理由について5分程度個人で考え、ワークシートに記入した。

③敷き詰め可能性の検討・班

個人で考えた後は班で相談する時間をとり、ホワイトボードに各班の考えを出させた。敷き詰め可能性の理由について悩んでいるグル

ープに正方形と正五角形の両方を見比べさせ、1つの頂点に集まる角度が 360° であるかどうかによって敷き詰められているかどうかが違うことに着目できるように促した。スライドを実際確認しながら両者に違いについて生徒が考察することができたと考える。

④敷き詰め可能性の検討・全体共有

最後に全体で共有し、敷き詰め可能性について検討した。1つの頂点に集まる角の角度が 360° になれば隙間ができないこと、三角形、四角形は 180° 回転移動させれば敷き詰められること、敷き詰め方によっては敷き詰められる図形でも隙間ができてしまう方法もあること、円に近くなる程敷き詰めができなくなることが確認できた。

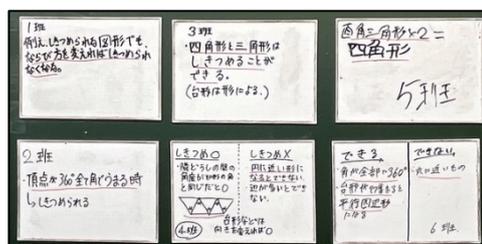


図 5.2-2 班で相談した結果

⑤敷き詰め可能性の整理と本時のまとめ

展開で出した敷き詰め可能性について整理した。また、GeoGebraを使って、三角形、四角形であればどのような形でも敷き詰められるということを全体で確認した。最後に敷き詰められる図形は1つの頂点に 360° 集まるということを再度共有して、授業を終了した。

(3) 第3時 12月8日(木)

①エッシャー図を知る

前時までの敷き詰め可能性の検討では多角形について検討してきたことを復習した後、ペリカンを表したエッシャー図を黒板に提示した。エッシャー図から複雑な図形でも敷き詰められる場合があることを理解させた。

②エッシャー図の仕組みを理解

提示したペリカンを表したイラストに正方形の赤枠を後から付け、ペリカンを表したイラストが元々は正方形の敷き詰めから作られているというエッシャー図の仕組みを理解させた。

③簡単なエッシャー図の作成

エッシャー図の仕組みを解説した後、簡単なエッシャー図作成に取り組んだ。個人作業に入る前に生徒がエッシャー図作成をイメージできるように全体に向けて例を提示した。

T38：じゃあ例えば、こんな感じ(半円)で先生が線を引いたとします。そしたら、これ隣どうしなきゃいけない。

S31：(同様に描く仕草)

T39：ちょっと描いてみる。今やってくれたから、ちょっとやってみ。

S32：(模造紙にかき込む)

T40：はい、ありがとう。みんなどう、これいいよね。出たところだけへっこまさないといけなからね。みんなも描いてみよう。大事なのは正方形1マスでその出したりっていうのをしてるからね。

T41：いい、できた。そしたら例えばね、これ今1個正方形を崩してできた図形はこの図形なのわかる。こんな感じで目を描いて、ちょっとこう鱗っぽくすれば…

S33：魚。

T42：魚っぽい。ちょっと鯉のぼりとかにありそうな魚っぽくなったのわかる。ただ、大事なのは絵を描くことじゃなくて、何が大事だったかっていうと…

S34：正方形を…

T43：正方形を何するのが大事だった。

S35：崩す。

上記のように正方形を崩し、図形を出すところに対応して図形を囲ませれば良いことを指導したが、自力解決の時間では正方形のある一箇所の辺のみの変形しか考えることができなかった。

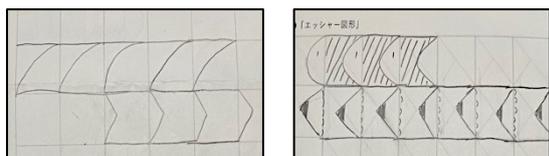


図 5.2-3 生徒のエッシャー図作成の様子
これに関しては、生徒がエッシャー図を正

方形の変形ではなく絵を描くことに思考が固執してしまったことが原因であると考えられる。個人作業の中でも「S41：これって中に線かかなきゃいけないんですか。」「S54：(ペンギンの絵を指して)これは。いいですか。」とイラストを気にする質問が見受けられた。これについては個人作業に入る前に魚の絵を確認した際に最後絵にしてしまったため、イラストにしなければならないと考えてしまったものと思われる。隙間を気にしない生徒や図形の連動で考えられていない生徒が多く、エッシャー図の仕組みに着目してかけている生徒はいなかった。

④エッシャー図の整理と本時のまとめ

エッシャー図は正方形のように元々敷き詰められている図形から考え、その図形を崩して移動させれば複雑な図形でも敷き詰め可能であることを確認して、授業を終了した。

(4) 第4時 12月15日(木)

①Dマークコンテンツ*1の活用

前時のエッシャー図の敷き詰め学習を復習し、本時ではクロムブックを用いてDマークコンテンツを使用し、平行四辺形が出るところ、凹むところの連動を見ていくことを伝えた。

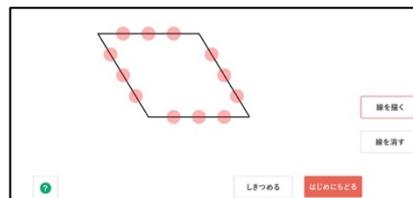


図 5.2-4 Dマークコンテンツ

T12：こんな感じで、自分が動かしたいところ、出っばらせたいところ、凹ませたいところっていうのを連動させながらできるので、一緒にやっっていこうと思います。今先生横でやったけど、他に何かある。

S11：縦。

T13：縦あるよね。みんな1回縦、自分で好きな位置を動かしていいから、ちょっとやってみよう。(Dマークコンテンツ操作)

T14：一応、画面タップでもできるから、やりやすい方でやればいからね。そしたら、

敷き詰めるっていうところを押して、さっきの(敷き詰め画面)に移動して、敷き詰めができるか確かめてみましょう。

このように D マークコンテンツであれば図形の連動が理解できることを全体で確認し、実際に個人作業の中で D マークコンテンツを動かして、図形の連動を視覚的に確認させた。D マークコンテンツ活用の中で図形の変形が上下、左右それぞれで連動している様子を確認させ、個人作業の中で図形の出すところと凹むところの対応に着目できるようにした。

②エッシャー図の作成

第3時で行った簡単なエッシャー図作成に再度取り組んだ。D マークコンテンツを使用した経験をもとに第3時よりも、より複雑な変形を考えることができた。

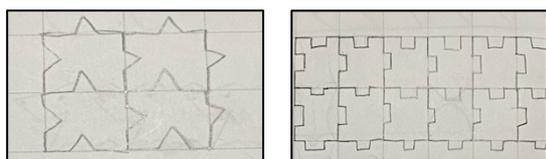


図 5.2-5 生徒のエッシャー図作成の様子

また、イラストに着目するのではなく、正方形の変形に着目して考えられた生徒が多く、導入部分で扱った D マークコンテンツと図形の連動、変形に着目する発問をしたことにより生徒が第3時よりも正方形の複雑な変形を考えられるようになった。

③本時のまとめと調査問題、アンケート

ペリカンを表したエッシャー図(平行移動)と魚を表したエッシャー図(回転移動)を提示し、図形の移動との関連について確認した。

最後に図形の敷き詰めについての生徒の理解を確認する事後調査問題を10分間、授業に関するアンケートを5分間行って、授業を終了した。

5.3 事前・事後調査問題

図形の敷き詰めに関する調査問題を事前、事後通して同じ問題で行うことで、授業を通して生徒の敷き詰めに関する理解、移動のイメージの様子がどのように変容していったの

かを見取ろうと考えた。

【問題1】：次の図形の中で隙間なく敷き詰めることができるのはどの図形か記号で答えてください。また、そう考えた理由も記述してください。

表 5.3-1 問題1の結果

	事前調査	事後調査
1 三角形	35 %	71 %
2 二等辺三角形	81 %	90 %
3 直角三角形	96 %	100 %
4 長方形	100 %	100 %
5 平行四辺形	77 %	100 %
6 台形	31 %	76 %

- 三角形の正答率の伸びが低い原因として、これは三角形のみ一般的な不等辺三角形を問う問題になっていたためであると考えられる。
- 台形の正答率の伸びが低い理由としては、台形は向きを 180° 変えないと敷き詰められない四角形であり第1時のスライド作成の段階で敷き詰められない場合も出てきたためであると考えられる。

【問題2】：次の正多角形の中で隙間なく敷き詰められるものはどの図形か記号で答えてください。また、そう考えた理由も記述してください。

表 5.3-2 問題2の結果

	事前調査	事後調査
1 正三角形	77 %	90 %
2 正方形	96 %	100 %
3 正五角形	23 %	57 %
4 正六角形	65 %	71 %
5 正七角形	54 %	86 %
6 正八角形	50 %	90 %

- 正五角形、正六角形の正答率が他に比べて低い原因として、円に近くなると敷き詰められないという考えに引っ張られたことと、頂点に集まる角の角度が 360° であると敷き詰められるという意識が低かったことが考えられる。
- 正七角形、正八角形の正答率が上がったが、

授業の中で円に近い図形ほど隙間ができやすくなるという考えのもと理解できたと考えられる。

【問題 3】：次の図形を隙間なく敷き詰められる場合は敷き詰めた図を描いてください。

表 5.3-3 問題 3 の結果

	事前調査	事後調査
1 凸型四角形	23 %	38 %
2 凹型四角形	19 %	38 %

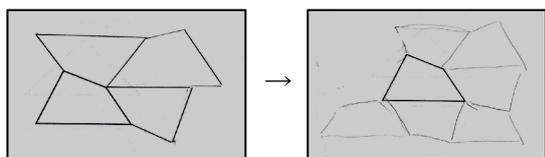
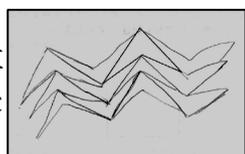


図 5.3-5 問題 3 事前・事後の変化

・凸型四角形について、事前調査では頂点の位置がずれていたが、事後調査ではしっかりと描くことができていた。また凹型四角形については移動をイメージして描くことができなかったところから、図形を描くことができるようになるに至った生徒がいた。



* 1 : D マークコンテンツは東京書籍のデジタル教材である。

6. 授業実践の成果と課題

6.1 授業実践の成果

授業実践の成果を以下に示す。授業実践を通して得た成果は次の2点である。

- ①Google スライドを使って様々な図形での敷き詰めについて確認し、移動の様子を理解することができた。
 - ②ICT の活用により生徒が理解を深めて学習することができた。

①については、Google スライド (ICT) を使った学習により、効率的に学習を進めることができたという点である。授業実践の中では実際に Google スライドを活用して図形の敷き詰めを行った時間は約 15 分であった。しかし、Google スライドを使って作業したことで表 6.1-1 のように様々な図形で敷き詰め可能性の確認をすることができた。このように限

られた時間の中で、様々な図形で作業することができるのは ICT の良さである。

表 6.1-1 生徒の敷き詰め図形の種類と解答数

三角形	2	正方形	7
直角三角形	14	五角形	3
二等辺三角形	0	正五角形	15
正三角形	15	正六角形	3
四角形	0	正七角形	1
台形	10	正八角形	1
ひし形	6	正十角形	1
平行四辺形	14	正十二角形	1
長方形	6		

さらに、ICT により、図形の動的な動きを可能にしたことで生徒自身が自ら図形を移動させて確認することができた。その中で、動かした結果について考察し、それが平行移動や回転移動であることを理解することに繋がった。図形の動的な動きについては ICT を活用することの良さであるが、図形の移動で平行移動や回転移動について経験をもとに理解する上で ICT は効果的にはたらく。

②については、ICT を活用することで、活用しなかった時に比べて生徒の理解が深まったことが明らかになったという点である。第 3 時、第 4 時ではエッシャー図作成に挑戦したが、5.2 で述べた通り、第 3 時ではあまりエッシャー図を作成することができなかった。しかし、図 6.1-1 のように第 4 時の D マークコンテンツの使用後では単純な正方形の変形から複雑な正方形の変形に変えることができた。第 3 時

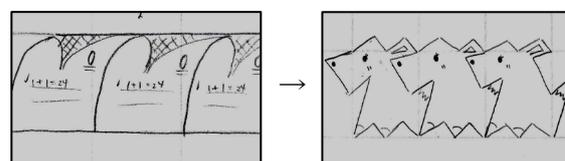


図 6.1-1 生徒が作成した図の変容

第 3 時では単純な線の移動や、敷き詰めができていないまま作成してしまっている生徒も、第 4 時では図形を出すところ、凹むところの対応を正方形の上下左右で考えることができるようになっていた。ICT の活用が図形

のイメージを掴むことに効果的であったことが明らかであったと言える。

6.2 授業実践の課題

授業実践の課題を以下に示す。授業実践を通して得た課題は次の2点である。

- ①ICT 活用と授業のねらいをより繋ぐ指導をする必要があった。
- ②ICT の教材研究を深く行っていなかった。

①については、ICT を活用したことで、図形の移動に関する記述は見られたが、図形の敷き詰め可能性の検討において、頂点に集まる角が 360° であると敷き詰めができるということを学習したにも関わらず、そのような記述があまり無かったということである。頂点に集まる角が 360° であると敷き詰めが可能であるという部分に着目して学習することがねらいの1つであるため、Google スライドの角度に着目する、角度を実際に計測する活動を行うことが必要であったと考える。

②については、授業や ICT の活用をより効果的なものにするために ICT そのものと、そこに関わるワークシート等について教材研究を深めていく必要があったということである。本研究における改善例を以下に示す。

- 【Google スライド】: 敷き詰めとしてできる図形とできない図形について把握し、作成できる図形の限界はどこか理解しておく。Google スライドだけではなく、GeoGebra のような別の教材についても教材研究に含め、メリットとデメリットを理解して、授業のねらいに沿うような教材を選択する。
- 【ワークシート】: ワークシートを使用する場合は ICT との関連を意識して作成する必要がある。今回であれば単なる正方形の枠ではなく正方形の各辺にドットを打って、D マークコンテンツとの関連を図ることができるワークシートにする。

このように、ICT を使えば良いのではなく、ICT の教材研究とともに、そこに付随する教具についても併せて教材研究することが重要であることがわかった。また、ICT を使う場

合にはルールの徹底や、ICT を使う順番についてもよく考える必要がある。

7. 研究の結論

本研究の目的は、「生徒の図形における移動に関する概念を形成することができる教材や授業について先行研究をもとに考察する。そして、中学校数学科の図形指導において、ICT の活用が生徒の図形概念形成、特に平行移動や回転移動の理解を促すことができるのかを明らかにするために授業実践を構想し、その効果を検証する」ことであった。

ICT の活用が図形の動的な動きを捉えることに有効にはたらし、Google スライドを用いた図形の敷き詰め学習を通して生徒の移動に関する理解やイメージを深めることができた。しかし、授業のねらいに即して ICT を設定することや、使用する ICT 教材に即して ICT そのものと、そこに付随する教材の研究を深めていく必要があることが明らかとなった。したがって、本研究の結論を「ICT を活用することにより、生徒の図形の移動に関する理解や図形の移動のイメージを深められることが明らかとなった。しかし、ICT を活用する上では授業のねらいに即したものを選択することや ICT とそこに付随する教材の研究を行うことが必要である」と結論付ける。今後の課題は本研究で扱わなかった図形概念についての研究を進めることである。

引用・参考文献

- ・橋口和恵他(2019)「ICT を活用した図形探求活動についての一考察-中学校第2学年「平行四辺形」単元における授業実践を通して-」高知大学学校教育研究創刊号 pp.63-70
- ・藤井斉亮, 真島秀行他(2021)『新しい数学1』東京書籍
- ・文部科学省(2018)『中学校学習指導要領(平成29年告示) 解説-数学編-』日本文教出版 p.23 pp.74-77