

数学的活動を遂行する生徒の育成に向けた中学校図形の授業作り

ー1人1台端末の活用ー

教育学研究科 教育実践創成専攻 強化領域実践開発コース 中等教科教育分野 青木優太

1. 研究の動機

図形領域では、様々な定義や定理があり、また定理の証明をなど、幅広い知識・技能を学ぶ。筆者自身も、図形を頭の中で考えたり、証明を書いたりすることについて苦手になっている。図形領域の学習において平面図形や空間図形の性質を学ぶ上で、イメージしながら考えることが非常に難があると考え。筆者自身の教育実習においても、図形領域の問題に困難を示す生徒の姿が見られた経験もある。

そこでまずは、図形領域の中でも平面図形の性質を学ぶことや性質の一般化を証明する際の課題を解決したいと考えた。

2. 研究の目的

中学校学習指導要領解説によると、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」である。数学的活動は、「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」と定義されている。今回の数学的活動のサイクルとして、数学の事象から問題を見だし、数学的な推論などによって問題を解決し、解決の仮定や結果を振り返って結合的・発展的に考察する過程に焦点を当てる。

平面図形の性質の意味が理解できず、図形をイメージができないということは、図形の概念の形成に課題があると言える。つまり、生徒にとって図形の概念形成を促す学習を取り入れる必要がある。現在は、GIGAスクール構想による1人1台端末の配備によって、学校現場で児童生徒がICT機器を用いて学習している。平面図形についてICT機器を活用することで、図形

の性質についてイメージのみで考えたことを視覚的に確認することや図形を動的に観察することによって、生徒の図形の概念形成に寄与できるのではないかと考えた。

したがって、本研究の目的を「図形領域において1人1台端末を活用することで、どのように寄与できるのか。また生徒が問題を自立的、協働的に解決するような授業実践を構想し、考察する」ことに設定する。

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機器を活用した図形領域における授業実践についての先行研究について調査し、分析する。先行研究から得た知見に基づいて教材研究の観点を設定する。また生徒自ら数学的活動を遂行し、図形の性質を見出し、証明問題の理解を促す教材を考案し、教材研究を踏まえ、学習指導案を作成して授業実践する。そして、授業実践のワークシートから読み取れる生徒の用紙に基づき、授業実践の分析と考察する。さらに、授業後のアンケートの結果を元に有用性を明らかにする。最後に授業実践より明らかになったことを元に、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機器を活用した図形領域の授業実践の先行研究の事例を調査することで、ICT機器を活用する際の重要となる観点を考慮して授業実践で扱うソフトウェア等、指導に関する示唆を得る。ここでは、先行研究の例として、松村ら(2022)の「ICTを使った数学の授業に関する

一考察—中学校の第3学年「B図形」において—と、木根ら(2022)の「数学的活動を自ら遂行する児童・生徒の育成に向けた学習指導に関する研究— 数学的活動を生徒自ら遂行するためのICT活用法の開発 —」を挙げる。

(1)松村らの目的と授業実践

この研究の目的は「授業を受けた生徒の意識（「よく分かった」）をもとに、タブレットPCを使った個別学習，電子黒板を使った学級全体の話し合いに関する知見を得ることであった。」である。

この研究は山口市立A中学校の第3学年A組を対象に行われた。授業では、ICT機器としてタブレットPCで個別学習をし，電子黒板で学級全体の話し合いで活用している。また，「ICTを使って図形の形を画面上で買える活動」を実現できるように，動的数学ソフトウェアGeoGebraを使って教材を作成している。単元は，「6章 円の性質」の「1節 円周角と中心角」の導入の時間である。

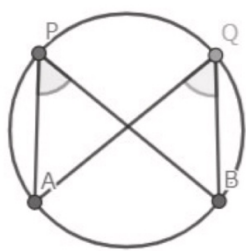


図1

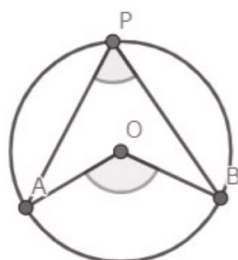


図2

研究で行われた授業実践の流れを示す。初めに電子黒板を使って，円周角，中心角，弧といった用語を確認する。次に，「同じ弧に対する円周角の大きさの関係について考える」ことを伝え，電子黒板を使って図1を示し生徒に円周角 $\angle APB$ と円周角 $\angle AQB$ の大きさの関係について予想させた。また，「1つの弧に対する円周角とその弧に対する中心角の大きさの関係について考える」ことを伝え，電子黒板を使って図2を示し，生徒に円周角 $\angle APB$ と中心角 $\angle AOB$ の大きさの関係について予想させた。この時，電子黒板を使って操作の仕方を説明した。

それぞれの学習課題を提示した後，生徒に

GeoGebraで作成した教材をタブレットPCで使わせ，角度の関係性について考える。次に生徒に電子黒板を使わせて学級全体で角の大きさについて話し合いをし，性質について命題としてまとめる。命題は以下の2つである。

①同じ弧に対する円周角の大きさは等しい。

②1つの弧に対する円周角の大きさは，その弧に対する中心角の大きさの半分である。

(2)松村らの結論

松村らはタブレットPCを使った個別学習した結果，「よく分かった」という生徒の意識は「良好」と挙げている。その要因は，「タブレットPCを使って図形の形を画面上で変える活動をしたこと」を述べている。電子黒板を使った学級全体の話し合いをした結果，「よく分かった」という生徒の意識は「良好」と挙げている。その要因は，「電子黒板の画面上の図を使って話し合ったこと」と「他の人（友人）の意見を聞くことができたこと」を述べている。

(3)木根らの目的と授業実践

この研究の目的は「数学的活動を生徒自ら遂行するための手法としてICT活用に着目し，その開発と効果の検証を行う」ことである。

この研究は宮崎大学教育学部附属中学校の2つの学級を対象に行われた。授業ではICT活用の有効性を検証するために，生徒がICTを活用しない授業（A組）では，円の中心の位置が円周角の内部，边上，外部という3つの場合分けを教師主導で説明し，生徒がICTを活用する授業（B組）では，図1のGeoGebra教材を用いて，生徒が個人のタブレットを操作しながら，上記の場合分けが生じることを発見し，「証明の必要性」を見出させることをねらった。単元は，「6章 円の性質」の「1節 円周角と中心角」の導入の時間である。

(4)木根らの結論

木根らは円周角の定理の授業におけるICT活用が，「円周角の規則や性質を生徒自身が発見する数学的活動の実現に有効であること」ということを挙げている。課題として，「発見した規則や性質の一般性を生徒自身が証明するという数学的活動において，ICT活用がどの程

度有効であるかは十分検討できなかった」と述べている。

4.2 先行研究から得られた示唆

松村らの研究と木根らの研究より ICT 機器を活用した授業実践する上で以下の 4 観点を考慮した授業が必要であると考ええる。

- ①生徒自ら図形を動かす機会を取り入れること
- ②生徒自ら様々な図形の性質を見いだす活動を取り入れること
- ③生徒の話し合い活動を取り入れること
- ④色々な解法を考え、問題の考察を広げさせる活動を取り入れること

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 機器の活用において視覚的に理解できるようにさせることが重要なことだと考える。

②は図形を試行錯誤しながら考え、図形の性質について見いだす活動を取り入れることである。木根らの研究でも、規則や性質を生徒自ら発見することが有効という結果があった。この活動は数学的活動の実現につながる。

③は生徒同士の話し合い活動を取り入れることである。松村らの研究で話し合い活動は良好だという結果があった。個人で予想したこと、考えたことを他の生徒と共有することで、新たな知見や図形の見方を広がってくる。

④は証明の理解を広げるようにすることが目的である。定理や性質を証明は、1 つではなく色々な書き方がある。特に証明に苦手意識を持っている生徒の理解に向けて支援に繋げる。

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 機器を活用する上で 4 観点をもとに、授業で扱う教材について述べていく。

【単元】：中点連結定理、中点連結定理の利用

単元は、5 章「相似な図形」2 節「平行線と比」の中点連結定理と中点連結定理の利用とした。この単元に設定した意図は先行研究から得られた示唆から提示した 4 観点が満たすこと

を考えたからである。これらのことから、数学的活動の 2 つのキーワードである「自立的」と「協働的」を支援するソフトウェアを設定する。自立的を GeoGebra とし、協働的を Google スライドを活用する。GeoGebra とは、幾何学、代数学、統計学、微積分などを 1 つのエンジンにまとめた動的な数学ソフトウェアです。先行研究で図形領域の授業で最も使われていたソフトであったため、本研究でもこのソフトを活用することを決めた。Google スライドは、Google が提供するオンラインスライドショー作成ツールである。実践授業する実習校で扱っている 1 人 1 台端末に取り入れているソフトであったため、活用することを決めた。以上のことをもとに教材を設定した。

5. 授業実践の実践と考察

5.1 授業計画

4.3 の設定した教材をもとに授業計画をし、令和 5 年 12 月 5 日(火)~12 月 7 日(木)に山梨県内の公立中学校において全 3 時間の授業実践をした。学年は 3 年生である。授業計画は以下の通りである。

第 1 時：中点連結定理の性質を見だし、いつでも成り立つために証明する。

第 2 時：中点連結定理をまとめ、中点で結ばれた四角形について考え、図形の性質を見いだす。

第 3 時：中点で結ばれた四角形についてまとめ、特別な平行四辺形になる時の条件について検証する。

5.2 授業実践の実際と分析

ここからは、行った授業実践の実際と分析について詳細を述べていく。

(1)第 1 時 12 月 5 日(火)

①GeoGebra で図形を作図

まず、1 人 1 台端末で GeoGebra を起動し、「 $\triangle ABC$ の描き、2 辺の辺 AB, AC の中点をそれぞれ D, E とし、線分 DE を結ぶ」図形の問いについて、生徒一人一人に空のファイルから作図をした。作図後、「 $\triangle ABC$ で点 A を動かすと中点で結んだ線分はどのようなになるで

しょうか？」ことについて、実際に GeoGebra で作図した三角形を用いて検討し、個人で予想させた。(図3)

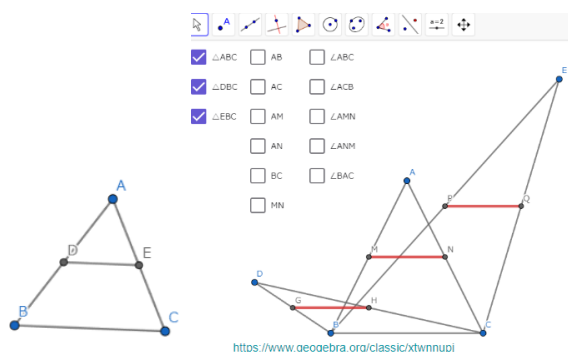


図3

図4

②△ABCの性質について一般化

△ABC について何らかの関係について確認の後、さらに GeoGebra を活用し、本時の問いについて、まずは個人で深めた。その際、気づいたことはワークシートにメモすることを指示した。また GeoGebra で図形の性質について検証する時、①の時間で作図した図形を活用して検証するように指示した。GeoGebra の操作が難の生徒用に、図のような、教員が事前にボタン操作で辺の長さや角の角度等が容易にわかる教材を用いて検証できるようにした。(図4)

その後、検証したことについてクラス内で共有をし、本時の問いの△ABC について性質について確認した。

③導いた性質について証明

△ABC の性質について理解した後、いつでも成り立つことを一般化するために、証明した。証明は各自で取り組み、4.3 で設定した Google スライドにまとめた。1つのファイルに1人1ページ分に証明をまとめるよう指示した。その際、ワークシートに手書きでまとめた物を撮って共有する、またはスライドに直接テキストを打って共有すると、選択させ、授業を終了した。

(2)第2時 12月6日(水)

①証明のまとめ

前時に作成した証明についてクラス内で共有をした。証明の解説は、クラス内の生徒がまとめた図5を事前にピックアップをし、授業で

用いて確認した。その後、中点連結定理についてまとめ、中点連結定理の単元を終了した。

△ABCと△AMNにおいて
 $\angle A$ は共通な角 ……①
 点Mと点Nはそれぞれ線分ABと線分ACの中点なので
 $AB:AM = 2:1$ ……②
 $AC:AN = 2:1$ ……③
 ①～③より
二組の辺の比とその間の角がそれぞれ等しいので
 $\triangle ABC \sim \triangle AMN$
 相似な三角形の対応する角は等しいので
 $\angle ABC = \angle AMN$
同位角が等しいので
 $MN \parallel BC$

△ABC $\sim$ △AMNより
 三組の辺の比はすべて等しいので
 $AC:AN = 2:1$
 より
 $BC:MN = 2:1$
 $2MN = BC$
 $MN = \frac{1}{2}BC$

図5

②四角形EFGHの性質について一般化

前回と同様に、1人1台端末で GeoGebra を起動し、「四角形 ABCD において、辺 AB, BC, CD, DA の中点をそれぞれ E, F, G, H とし、四角形 EFGH を結ぶ」図形の問いについて、生徒一人一人に空のファイルから作図をした。作図後、「このとき、四角形 EFGH はどんな四角形になるでしょうか？」と問いかけ、実際に GeoGebra で作図した四角形を用いて検討し、個人で予想させた。前回と同様に、GeoGebra の操作が難の生徒用に、図のような、教員が事前にボタン操作で辺の長さや角の角度等が容易にわかる教材を用意した。(図6)

その後、検証したことについてクラス内で共有をし、本時の問いの四角形 EFGH は、平行四辺形になることについて確認した。

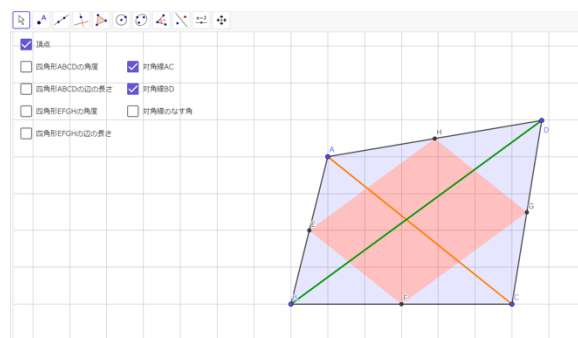


図6

③導いた性質について証明

四角形 ABCD の性質について理解した後、いつでも成り立つことを一般化するために、証明を行った。証明は各自で取り組み、4.3 で設定した Google スライドにまとめた。1つのファイルに1人1ページ分に証明をまとめるよう指示し、授業を終了した。

(3)第3時 12月6日(水)**①証明のまとめ**

前時に作成した証明についてクラス内で共有し、生徒間で共有した。その後の証明の解説は、クラス内の生徒がまとめた物を事前にピックアップをし、授業で用いて確認した。今回クラスの Google スライド全体を確認すると、平行四辺形の条件のうち、3パターン証明を導いていた。前回と比べて、証明をまとめられていない生徒が多かったので、3パターン紹介し、解説した。(図7)

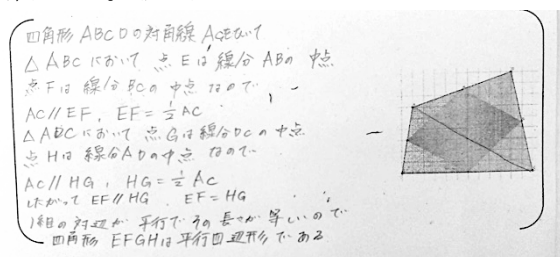


図7

②特別な平行四辺形になるための条件

(2)②で四角形 EFGH の性質について、クラス内の議論の中で、ある生徒から「平行四辺形だけでなく、長方形やひし形、正方形になる時がある。」について2年生での既習も踏まえ探求をした。

整理すると、四角形 ABCD の辺や角度の条件で四角形 EFGH が特別な平行四辺形になると話がまとまった。では、他にどんな条件で特別な平行四辺形になるのか、議論した。その後、「証明で補助線として用いた、四角形 ABCD の対角線はどうか」と意見が出て、対角線に着目して四角形 EFGH が特別な平行四辺形になる条件について考えた。

③GeoGebra で検証する

(3)②で出た、四角形 ABCD の対角線に着目し、四角形 EFGH が特別な平行四辺形になる条件について、前時の授業で活用した GeoGebra で確かめ、探求した。実際に個人作業で視覚的に確認させた。

検証した結果

- ・ 四角形 ABCD の対角線の長さが等しいとき、四角形 EFGH はいつでもひし形になる(図8)
- ・ 四角形 ABCD の対角線のなす角が直角のとき、四角形 EFGH はいつでも長方形になる(図9)
- ・ 四角形 ABCD の対角線の長さが等しい、かつなす角が直角のとき、四角形 EFGH はいつでも正方形になる(図10)

と結論付け、授業を終了した。

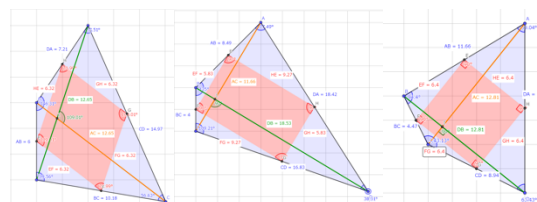


図8

図9

図10

5.3 授業後のアンケート調査の結果

1人1台端末を活用し、生徒は図形の学習に関して、今後役に立つのかの趣旨のもと、調査を行った。授業を受けた生徒は、普段の数学科の授業で ICT 機器を活用していないため、事前と事後の変容は比較せずに行った。

【質問1-1】:GeoGebra を活用した授業は、今後の授業でも活用出来ると思う。

そう思う	87.5%
どちらかといえばそう思う	8.3%
どちらともいえない	4.2%
どちらかといえばそう思わない	0%
そう思わない	0%

【質問1-2】:1-1の回答についてどうしてそう思いましたか？具体的に教えてください。

- ・ 視覚的に理解することができるのでいいと思う
- ・ 楽しかった
- ・ 自分たちで図形を動かして発見し、学べる方法で良かったと思う
- ・ 自分で考えを生み出すきっかけになるから

【質問 2-1】:Google スライドを活用した授業は、今後の授業でも活用出来ると思う。

そう思う	58.3%
どちらかといえばそう思う	25.0%
どちらともいえない	4.2%
どちらかといえばそう思わない	8.3%
そう思わない	4.2%

【質問 2-2】:2-1 の回答についてどうしてそう思いましたか？具体的に教えてください。

- ・色々な人の意見を見ることができて面白いから、学びを深めやすい
- ・意見の共有をし易いから
- ・分かりやすくてなおかつ見やすい
- ・効率よく授業ができたり飽きずに見てられるから
- ・他の人の意見が見えてしまう時がある
- ・自宅でのパソコンの操作が困難だったり、忘れたときの対応が難しい

6.授業実践の考察

6.1 授業実践の結果

今回の授業実践を通して、得たことは次の2点である。

- ① GeoGebra を活用したことで、性質を見いだすこと、次の発展につながることで、課題解決の意欲を高める。
- ② Google スライドを活用したことで、話し合い活動が展開し、色々な示し方・書き方を学べる。

①に関しては、GeoGebra を活用した学習によって、効率的に学習を進めたという点である。授業実践の中で実際に 1 から生徒が自ら図形を作図し、性質について試行錯誤し検証することが容易になったことで、様々な取り組みができるのは 1 人 1 台端末の良さである。

さらに、GeoGebra は、図形を動的な動きを可能にし、新たな発見につながることも確認できた。アンケート調査から、自分で考えを生み

出すきっかけになり、意欲が湧くことが挙げられた。静的ではわかりづらいことを、直感的な動きで自ら気づくことが GeoGebra の良さである。

②に関しては、Google スライドを活用したことで、色々な人の意見を見て、学びを深めやすいことが明らかになったという点である。第 3 時では証明をまとめたものを生徒間で共有する時間を作り、教え合っているところもあれば、証明の書き方や表現の仕方について話し合われたところもある。Google スライドで証明を共有する場を作ることで、生徒が気になっている解法や書き方について自分で聞きに行くことも可能になったことが要因と言える。

6.2 授業実践の課題

今回の授業実践を通して、得た課題は次の 2 点である。

- ① 1 人 1 台端末の活用と指導意図を共有する必要があった。
- ② 授業で 1 人 1 台端末の活用する機会が少ないため一般化が難しい。

①については、様々な活動において、何のために活動するのか等の生徒が目的意識を持って取り組めていない生徒が何人かいた。アンケートでは良好な結果であったが、実際の授業実践において、生徒間で共有する時間で自分の証明と照らし合わせて、加筆したり、気づいたことをワークシートに記述している生徒がなかった。特に、Google スライドを活用して証明をまとめる学習については初めての取り組みなので、指導意図を活動の前に共有する必要があったと考える。

②については、今回は計 2 時間分の授業実践だけでは必ずしも 1 人 1 台端末が有効に活用できたとは言いきれない。また、普段の数学科の授業で ICT 機器をあまり使っていない生徒が、授業を受けていたため、今回の 1 人 1 台端末の活用が良好だったのか言い切れない部分があると考ええる。継続的な調査の実施や分析対象者を増やすことで、より繊細な分析を進めていきたいと考える。

7. 研究の結論

本研究の目的は、「図形領域において1人1台端末を活用することで、どのように寄与できるのか。また生徒が問題を自立的、協働的に解決するような授業実践を構想し、考察する」ことであった。

1人1台端末を活用することで、性質をみいだすことに有効にはたらき、GeoGebraで作図した図形で自立的に課題解決の意欲につながる。しかし、授業内で1人1台端末の活用の指導意図を共有することで目的意識を持って協働的に取り組む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「1人1台端末を活用することで、性質深めて見いだすことが明らかになった。しかし、1人1台端末を活用する上では生徒に目的意識を持ち、指導意図を共有することも教材研究をする必要がある。」と結論づける。

引用・参考文献

- ・木根主税・添田佳伸・平山浩之・黒木秀一・永倉洋子・橋田浩幸・谷口朝哉・藤井良宜・山口尚哉・東迫健一・中別府靖・村田彰子・長友章太郎（2022）数学的活動を自ら遂行する児童・生徒の育成に向けた学習指導に関する研究—数学的活動を生徒自ら遂行するためのICT活用法の開発—，宮崎大学教育学部附属教育協働開発センター研究紀要，第30号
- ・松村悠・平塚旭・佐伯英人（2022）ICTを使った数学の授業に関する一考察—中学校の第3学年「B 図形」において—，山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要，第54号
- ・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