

# 生徒のスマートフォンを活用した授業での指導と評価について

## 1 はじめに

本校は、創立 110 年を超える歴史と伝統を有する普通科（普通コース・国際理解コース）の学校である。生徒の多くは学習に対して真面目に取り組み、部活動も活発に行われている。平成 30 年度から教育支援サービスである「Classi」を導入し、教育活動に対してさまざまな視点での活用方法の研究を進めている。教科「数学」においても、ICT を活用して生徒の数学的思考力を高めるような授業を試行している。

本報告は、ICT を利用した実験的な数学的活動を生徒に体験させ、数学的性質を生徒自身に発見させるような授業展開の一例を紹介する。今回の取組を通して効果が認められた、動的数学ソフトウェア「GeoGebra」と教育支援サービス「Classi」についてもその活用方法を紹介する。

## 2 指導計画

### (1) 思考力・判断力・表現力を育成する指導方法

#### ア 生徒のスマートフォンを利用したの数学的活動

授業で ICT を活用することにより、数学的性質を自ら発見するような学習活動を促進できる。教員が操作して提示するだけでなく、生徒自身の操作で学習を進めるために生徒のスマートフォンを利用し場合によってはグループで活動させる。教材は動的数学ソフトウェア「GeoGebra」で作成したものをを用いる。

#### イ Classi で授業の自己評価と振り返り

自己評価や振り返りにより、生徒自身が自分の理解度を確認することができる。質問項目は Classi で配信し、生徒は自分のスマートフォンを利用し各項目に回答する。

#### ウ 生徒の回答への返信コメントによる評価の還元

回答に対して教員がコメントを返信する形で個々の生徒に対する評価を還元する。生徒の授業中の取組状況や理解度を踏まえ、主体性の促進を目指す。

なお、授業中のスマートフォンの利用等は、情報セキュリティポリシーに則って実施した。

### (2) 数学的活動（学習過程の位置付け）について

実験的な数学的活動から数学的性質を発見する活動を「A 2 数学の事象における問題を数学的に捉えること」に位置付ける。また、育成を目指す思考力・判断力を「事象の特徴を捉え、数学化する力」とした。

### (3) ルーブリックと評価方法（思考力・判断力・表現力を見取るために工夫した点）

評価は、授業中の観察、ワークシートの提出、Classi による自己評価と振り返りから、生徒一人一人へ文章により評価する。方法は Classi で生徒一人一人へコメントを返信する形で行う。コメント内容は、本時の授業のねらいの確認、生徒の授業中の活動のよかった点などを指摘、生徒の回答した内容へのコメント、生徒の学力に応じた今後意識して学習してほしい内容、などである。

評価項目【観点】	A	B	C
実験的な数学的活動の中で、特徴を発見することができたか。 【数学的な見方や考え方(思考力・判断力)】	多くの特徴を発見することができた。	幾つかの特徴を発見することができた。	特徴をほとんど発見することができなかった。
発見した特徴を適切に表現することができたか。 【数学的な見方や考え方(表現力)】	発見した特徴を適切な言葉で表現することができた。	発見した特徴を自分なりの言葉で表現することができた。	発見した特徴を言葉で表現することができなかった。

(4) 学習活動の工夫 (主体的・対話的で深い学びの実現に向けて)

	主体的な学び	対話的な学び	深い学び
実践内容	数学的活動の過程を振り返ることにより、自らの理解度を自覚し、今後の学習に生かす。	数学的活動に取り組み、他者と考えを共有する場面を設定する。	生徒自身の操作による数学的活動、数学的性質の発見、その証明や活用、というサイクルで数学の理解を深める。

### 3 実践報告と考察

#### (1) 学習活動について

数学A「図形の性質」の授業において次のような授業を実践した。事前準備として、作成したGeoGebraのURLと振り返りアンケートをClassiに配信した。また、教員用のタブレット端末とプロジェクター及びマグネットスクリーンを準備した。

	学習内容	学習活動	指導上の留意点
導入	○三角形の四心の復習	○ワークシート(資料1)を用いて三角形の外心、内心、重心、垂心の定義を確認し作図をする。	○投影された画面上でGeoGebraを用いて作図をし、定義と性質について確認させる。
展開	○三角形の形が変化したときの四心の動き  ○正三角形のとき四心は一致することについて詳しく調べる  ○三角形の四心のうち2点一致すれば正三角形であることの証明  ○オイラー線について	○GeoGebraを操作することにより三角形の形が変化したときの四心の動きを観察し、特徴をワークシートにまとめる。 ○気付いた特徴を複数の生徒が発表し、内容を全体で共有する。  ○正三角形以外の状態で、内心と重心が一致する場合を探す。 ○「四心が全て一致⇔四心のうち2点一致」であることを理解する。  ○6種類の証明のうち、「内心と重心が一致する三角形は正三角形」の証明について理解する。  ○外心、重心、垂心の動きに再注目し、特徴を考える。	○2~4人のグループをつくり、スマートフォンを準備させる。Classiに配信したURLにアクセスさせる。 ○グループでの相談を促す。必要があれば、三角形の形状によって特徴を分類するようヒントを出す。  ○三角形の概念を拡張した話に触れる。  6種類全て扱う予定だったが、時間の都合で本授業では1種類のみとした。  ○他の5種類の証明についても教科書等を参考に完成するように指示する。  ○投影された画面上でGeoGebraを用いてオイラー線の性質を確認させる。
まとめ	○本日の振り返りと自己評価を行う。	○本時の内容を確認するとともに、Classiで振り返りアンケートに回答する。	○スマートフォンを準備させ、Classiに配信した振り返りアンケートを回答させる。



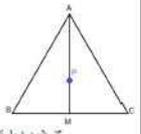
【授業の様子】

1 三角形の四心の定義（復習）

	定義	作図
外心 O	3本の 垂直二等分線 の交点	
内心 I	3本の 3つの 内角の 角二等分線 の交点	
重心 G	3本の 中線 の交点	
垂心 H	3本の 垂線 の交点	

△ABCにおいて  
点Pが内心Iかつ重心Gであるとき  
直線AP, BCの交点をMとおくと

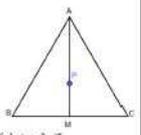
よって  $AB = AC$  が成立  
同様に  $BA = BC$  もいえるので  
 $AB = BC = CA$  つまり正三角形といえる



△ABCにおいて  
点Pが内心Iかつ垂心Hであるとき  
直線AP, BCの交点をMとおくと

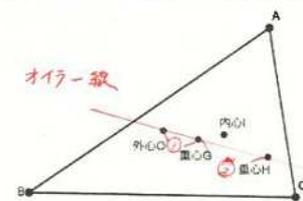
よって  $AB = AC$  が成立  
同様に  $BA = BC$  もいえるので  
 $AB = BC = CA$  つまり正三角形といえる

△ABCにおいて  
点Pが重心Gかつ垂心Hであるとき  
直線AP, BCの交点をMとおくと



2 三角形が変化するときの四心の動きの特徴

- 正三角形にするとすべての点が1つになる。
- 直角三角形にすると垂心が直角の部分に、重心が斜辺上にくる。
- 鋭角三角形のときはすべて点を中心入る。鈍角三角形のときは外心と垂心が外に出る。
- 二等辺三角形にしたときは頂点から引いた垂線上に4点がある。
- 重心と内心は常に三角形の中にある。



斜辺の中点にくる

一直線上有る。

外心と垂心は対称な動き  
点対称のような動き (重心に対して)  
⇒ 常に一直線 (O, G, H)

【生徒のワークシートの記入例】

## (2) 評価（と評価結果の生徒への還元）について

授業の最後に、自己評価と振り返りを Classi を用いて入力させた。項目は次のとおりである。

設問1 三角形の変化による四心の動きを観察し、特徴を発見することができたか。（選択）

- A 多くの特徴を発見することができた（五つ以上）。
- B 幾つかの特徴を発見することができた（一つから四つ）。
- C 特徴をほとんど発見することができなかった。

設問2 発見した特徴を適切に表現することができたか。（選択）

- A 発見した特徴を適切な言葉で表現することができた。
- B 発見した特徴を自分なりの言葉で表現することができた。
- C 発見した特徴を言葉で表現することができなかった。

設問3 新たに知ったり理解したりした内容、または理解が深まった内容を記述しよう。（自由記述）

設問4 理解が不十分であった内容、より勉強したいと思った内容を記述しよう。（自由記述）

設問5 その他、何かあれば自由に。（自由記述）

以下は、生徒の自己評価の結果と振り返り（自由記述）の一部である。

設問1 三角形の変化による四心の動きを観察し、特徴を発見することができたか。（選択）

- A 多くの特徴を発見することができた。 (回答数 25)
- B 幾つかの特徴を発見することができた。 (回答数 15)
- C 特徴をほとんど発見することができなかった。 (回答数 0)

設問2 発見した特徴を適切に表現することができたか。（選択）

- A 発見した特徴を適切な言葉で表現することができた。 (回答数 12)
- B 発見した特徴を自分なりの言葉で表現することができた。 (回答数 27)
- C 発見した特徴を言葉で表現することができなかった。 (回答数 1)

設問3～設問5（自由記述）の回答一部

- ・四心の性質も振り返ることができたり、三角形の形によってどんなふうになるのかも理解が深まった。
- ・外心、重心、内心が一直線上にあり、そして1対2の関係にあったこと、それをオイラー線と呼ぶこと。次は、何故そうなるのか、どうしたらそういう事になるのかなど、表面上ではなく、深層部分まで詳しくやりたいと思った。
- ・正三角形のとき、四心が一致することや直角三角形のやつは知っていたけど、二等辺三角形の時1列に並ぶっていうのを〇〇さんが発見して、ほんとだー！！ってなってすごく感動しました。自分で動かしてみるととても分かりやすかったです！
- ・実際に自分で調べることで、三角形の性質について興味がでた。オイラー線は初めて知った。
- ・今までは、内心は中とか外心は外、のような漠然としたものだったけど、実際動かしてみるといろいろあるというのが分かって楽しかった。
- ・実際に自分で三角形を作ってみることで、四心全てが一致した時や、一直線上に並ぶ時を見つけ、理解することができました。
- ・授業前に四心について忘れてしまっていたので、復習しておきたいです。
- ・証明の書き方が不十分なので、テストまでに少しでもできるようにしたい。

- ・証明の部分が分からない所があったので、勉強したいと思った。
- ・今回見つけた関係性が、本当にそうなるのか、何故そうなるのかを知りたい。
- ・全部がどうなるかとか、1点がどうなるかとかしか考えられなくて、その時2点はどうなっているのかなど、細かく分けて考えることはできませんでした。
- ・とても楽しい授業でした。
- ・三角形を動かすと四心も一緒に動くのがおもしろかったです。
- ・グループワークで、知らないことを発見できて楽しかった。
- ・うまくネットとかを使って分かりやすく授業ができたのでよかった。
- ・スマホを使って動かしたので分かりやすかった。
- ・図があったので分かりやすかったです。ありがとうございました。

評価結果の生徒への還元については、Classiへの生徒の回答内容と授業中の観察やワークシートの内容を基に、生徒一人一人へコメントを返信する形で行った。評価の内容は、本時の授業のねらいの確認、生徒の授業中の活動のよかった点などを指摘、生徒の回答した内容へのコメント、生徒の学力に応じた今後意識して学習してほしい事柄などである。文例を次に示す。これらの文例を複数組み合わせた文章を基本とした。

○授業のねらい

→今回の授業のねらいは、①いろいろ動かしてみる、②性質を発見する、③それを正しく言葉で記述する、④本当に成り立つのかどうか吟味（証明）する、といった数学的な活動を体験することでした。

○四心の基本性質の理解が不十分

→四心の基本的な定義や性質はすぐ出てくるように繰り返し復習しておきましょう。

○オイラー線の証明に興味

→オイラー線の性質の証明はチャート p○○ Ex○○ に問題があります。ぜひチャレンジしてください。

○正三角形の証明の理解が不十分

→正三角形の証明をぜひ自力で完成させましょう。証明方法は教科書、クリアー、チャートに掲載されているので参考にしてください。

○その他

→自分だけでは気付かないことでも、グループの人がいることにより見識を深めることができよかったですね。

→「二等辺三角形ならば四心が一直線上」の証明は非常に簡単ですが、「四心が一直線上ならば二等辺三角形」は非常に難しい証明になります。

→オイラー線についてほぼ発見できた○○はすばらしいです。



【スマートフォンを操作する様子】

### (3) 数学的活動（学習過程の位置付け）について

GeoGebra を操作することにより、三角形の形が変化したときの四心の動きを観察し、特徴をワークシートにまとめる活動を「A2 数学の事象における問題を数学的に捉えること」に位置付けていた。

授業でも生徒が発見した性質について、本当に成り立つのか、証明はどうやるのか、といった声が生徒側から自然に生まれた。「数学の事象」から「数学的に表現した問題」への学びのサイクルを体験できた授業であった。

### (4) 学習活動の工夫（主体的・対話的で深い学びの実現）

主体的な学び、対話的な学び、深い学びについて、本授業では下の表のように捉えて実践した。

	主体的な学び	対話的な学び	深い学び
実践内容	数学的活動の過程を振り返ることにより、自らの理解度を自覚し、今後の学習に生かす。	数学的活動に取り組み、他者と考えを共有する場面を設定する。	生徒自身の操作による数学的活動、数学的性質の発見、その証明や活用、と進む中で数学の理解を深める。

#### ア 主体的な学び

授業の最後に Classi で授業の自己評価と振り返りを行った。生徒のコメントからも「証明はどうやるのか」「基礎基本が不十分と感じた」など今後の学びへの積極性を示すような内容が多かった。生徒一人一人に対して理解度や到達度に応じたコメントを返信することで、今後の学びへのヒントを与えることができたのではないかと思う。

#### イ 対話的な学び

GeoGebra を用いた数学的活動をする際、グループでの相談や考えの共有を促した。また他の生徒の発表内容で自分では気付かなかった内容についてメモするよう指示した。他の生徒の考えについて、自分のスマートフォンで図形を動かしながら確認し、その考えを共有する場面が授業中に多く見られた。

#### ウ 深い学び

授業の中で「図形をいろいろ動かす中で性質の発見する」→「その性質を数学的に正しく表現する」→「その性質を証明する」というサイクルを実体験させるように実施した。自分で調べて気付くことにより、内容への興味が高まる様子であった。時間の都合で証明部分に十分に取り組むことができなかった点は反省である。

## 4 まとめ

### (1) 成果

生徒自身のスマートフォン及び GeoGebra と Classi を活用することにより、授業での数学的活動だけでなく自己評価と振り返り、授業後の教員による評価まで含めて効率的にテンポよく行うことができた。

GeoGebra を用いた数学的活動をする際、ほぼ生徒全員が自分の手元で操作できるので、グループで相談はしても他人任せの活動にはならず、一人一人の生徒が積極的に取り組んでいる様子が見えた。単純な性質でも図形を動かす中で「確かにそうなるね」と確認する様子や、「成立すると思われる性質」を発見したときに「本当に成り立つのか」「例外（反例）があるのではないかと考えさらに調べていく様子も見られ、全体として有意義な活動となっていた。スマートフォンを持っていない生徒もいたが、1機のスマートフォンを二人で操作している方が相談もしやすいのでメリットもある。その一方

で、ただ自己評価と振り返りの入力についてはスマートフォンがないと授業の時間内では完結できないので配慮が必要である。

Classi での評価も効率的であった。一人一人へのコメントを返信できるので、全員へ共通のメッセージだけでなく、個々の学力や到達度に応じたアドバイスなどを効果的にコメントすることができた。用紙への記入よりもパソコンでの入力の方が短時間で可能であることは大きい利点と言える。

## (2) 課題

1 コマの授業の中でもスマートフォンを「使う時間」と「使わない時間」を明確に指示し、メリハリを付けることが非常に重要であると感じた。「スマートフォンを使う時間」の効果を最大限にするためにワークシート（やノートに記述させる内容）の工夫、授業展開の工夫がいっそう大事となることを実感した。またスマートフォンを持っていない生徒への配慮も怠ってはならないことも気を付けるべき点である。

生徒にはグループでの活動を促したが、一人一人がスマートフォンを持っているので、あまり相談することなく一人での作業時間が多い生徒もいた。他人任せになっていないという点ではよいが、グループでの活動に重点を置きたい場合には、グループのつくり方や最初の指示の仕方は工夫すべきと感じた。

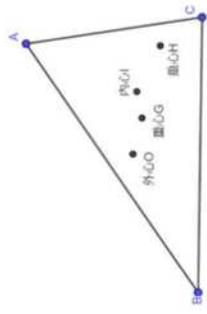
## 5 おわりに

「数学的活動を通じた思考力・判断力・表現力を育成する指導と評価の工夫」として、本実践では、授業中の数学的活動と授業最後の自己評価と振り返りで生徒のスマートフォンを利用した。数学的活動では、ほぼ生徒全員が自分の手元で操作できることもあり、一人一人の生徒が積極的に取り組んでいる様子であった。Classi を用いた自己評価と振り返りでも、教員から生徒一人一人へコメントできるので、個々の学力や到達度に応じたアドバイスができた。

「授業中に生徒のスマートフォンを利用する」という点に対する課題はまだまだ多いだろう。しかし、生徒自身の操作による ICT 活用、振り返りと評価の効率化という利点は大きい。今後の「授業のスタイル」の一つとして参考になれば幸いである。

【資料1 ワークシート】

三角形の四心の性質		1年 組 番 ( )
1 三角形の四心の定義 (復習)		
定義	作図	
外心 O 3本の の交点		
内心 I 3本の の交点		
重心 G 3本の の交点		
垂心 H 3本の の交点		



2 三角形が変化したときの四心の動きの特徴

3 三角形の四心のうち2点一致したら・・・

<p>△ABCにおいて 点Pが外心Oかつ内心Iであるとき 直線AP, BCの交点をMとおくと</p> <p>よってAB=ACが成立 同様にBA=BCもいえるので AB=BC=CA つまり正三角形といえる</p> <p>△ABCにおいて 点Pが外心Oかつ重心Gであるとき 直線AP, BCの交点をMとおくと</p> <p>よってAB=ACが成立 同様にBA=BCもいえるので AB=BC=CA つまり正三角形といえる</p>	<p>△ABCにおいて 点Pが内心Iかつ重心Gであるとき 直線AP, BCの交点をMとおくと</p> <p>よってAB=ACが成立 同様にBA=BCもいえるので AB=BC=CA つまり正三角形といえる</p> <p>△ABCにおいて 点Pが内心Iかつ垂心Hであるとき 直線AP, BCの交点をMとおくと</p> <p>よってAB=ACが成立 同様にBA=BCもいえるので AB=BC=CA つまり正三角形といえる</p>	<p>△ABCにおいて 点Pが外心Oかつ垂心Hであるとき 直線AP, BCの交点をMとおくと</p> <p>よってAB=ACが成立 同様にBA=BCもいえるので AB=BC=CA つまり正三角形といえる</p> <p>△ABCにおいて 点Pが重心Gかつ垂心Hであるとき 直線AP, BCの交点をMとおくと</p> <p>よってAB=ACが成立 同様にBA=BCもいえるので AB=BC=CA つまり正三角形といえる</p>
---	---	---