

個別最適化学習による思考力・判断力・表現力の育成を目指して － ICTを活用した数学科の授業実践と考察－

1 はじめに

本校は46年前に「安城市に進学校を」という地域の思いから作られた学校である。各学年9クラスあり、ほとんどの生徒が大学進学を希望して入学している。平成30年度に国際理解コースが設置されたことに伴い、新たにマルチメディア教室（以下、MM教室）がつくられた。MM教室では、生徒用タブレット端末が42台と短焦点プロジェクタがあり、グループワークがしやすい机やグループ発表がしやすいように壁一面がホワイトボードになっているなど、さまざまな工夫がされている。

現在、本校は高校入試の結果を見ると学力層が広がりを見せている。昨年度の新型コロナウイルス感染症対策による臨時休業期間の学習時間調査の結果を見ると、前向きに学習に取り組んでいる生徒もいれば、学習時間が0時間で不規則な生活を送っていた生徒もいることから、更に学力差が広がることが予想される。

また、昨年度より、センター試験に変わり大学入学共通テストが導入された。従来のセンター試験で問われていた知識の理解に加えて、思考力・判断力・表現力を発揮して解くことが求められる問題が出題される。本校の生徒の定期考査における解答・誤答を確認すると、教科書に書かれている例題形式で出題されている場合、正答率はかなり高い。しかし、問題の出題方法を変えると途端に正答率が低下する。これは、知識として数学の内容は理解できているが、それらを使って思考をするという段階までには達することができていない生徒が多いということが考えられる。大学入学共通テストを見据えると授業の改善が必要となってくる。

これらの課題に対して、昨年度は1人1台端末とMM教室を活用した授業実践を行い、個別指導と思考力・判断力・表現力の育成を目的として研究を行った。今年度は生徒に1人1台タブレット端末が配備される予定であったため、それらを有効的に使用するための事前検証として、1人1台タブレット端末を利用して、生徒の主体的・対話的で深い学びの形成と思考力の向上を目指す研究を行った。

2 研究内容

(1) 目標及び手だて

ア 目標

- ・1人1台端末を導入することにより個別指導が可能になり、それぞれに適した指導をすることができる。
- ・1人1台端末を活用することにより、思考力を育むことができる。また、さまざまな場面で1人1台端末を利用することにより、主体的・対話的な学びにつなげることができる。

イ 手だて

- ・数学の授業で授業中に生徒1人1台端末を活用して授業実践を行い、その有効性について評価、検証をする。

(2) 概要（授業の進め方）

ア 数学Ⅱ

最初に、難易度の異なる確認問題を2種類準備して、自分の理解度に合わせて問題を解く時間を与える。解答は各自のノートに行くよう指示して、タブレット端末でノートの写真を撮り、ロイロノート・スクール（株式会社 LoiLo, 以下「ロイロノート」と表記）のカードでノートの写真を提出するよう指示した。授業中はロイロノートで板書の画面共有を行い、生徒は手元のタブレット端末で板書内容を見ることができるようにした。説明の終わりに、板書の内容をそのままカードとして全員に配付した。

次に、生徒にそれぞれ違ったカードを配付できる機能を利用して、列ごとに異なる課題を与え、隣同士の生徒で、解いた課題をまとめることによって本時の授業主題に取り組むことができるように促した。

最後に、授業のまとめとして、それぞれ自分の言葉で、ロイロノートを用いて振り返りを行わせた。振り返りは毎時間行い、本時の授業理解度をカードの色で表すことができるよう、青色は「解ける」、黄色は「理解した」、赤色は「理解できなかった」と選択するよう指示した。ここでの理解度を基に、次回の授業の最初で、確認問題の難易度を選択するよう促した。

イ 数学B

教員がScratchで作成したパズル「ハノイの塔」の最短の手順を考える課題を与えた。1人1台タブレット端末を用いて、パズル「ハノイの塔」に試行錯誤して取り組んだ。最短手順について、そのつど、ロイロノートのアンケート機能を用いて、回答を共有した。また、パズルでは求められないほど、大きな数の場合について考えるよう指示して、一般化することで求められるなど、既習の知識を活用することで、課題を解決することができるよう実践を行った。

(3) 利用したツールとその導入までの過程

ア ロイロノート

ロイロノートは株式会社 LoiLo が運営するクラウド授業支援アプリである。本校では、2020年度6月から利用をしている。使用方法は課題提出や意見の共有、音声の提出や動画の提出も行っている。また、職員会議でも利用している。

イ Classi (Classi 株式会社, 以下「Classi」と表記)

Classi 株式会社が出している教育プラットフォームである。本校では、学習時間の記入、体温のアンケート調査、教員作成の動画や課題配信などを行った。

ウ Scratch

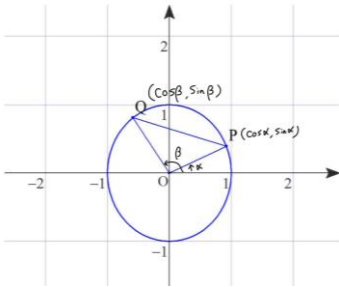
Scratch は Scratch 財団が、マサチューセッツ工科大学メディアラボライフロングキンダーガーデングループと共同開発した無料の教育プログラミング言語及びその開発環境である。本研究のパズル「ハノイの塔」を作成するために利用した。

(4) 指導の流れ

ア 数学Ⅱ

「三角関数」の単元で、加法定理の証明の授業実践を行った。数学Ⅰ「図形と計量」の分野（余弦定理）と数学Ⅱ「図形と方程式」の分野（2点間の距離）の知識を用いて、加法定理の証明を行った。既習の知識を利用して、新しい定理の証明を行うこと

で、「数学的な見方や考え方」を働かせることができるよう授業を計画した。さらに、今回の証明方法では不十分であることを最初に伝えておくことで、一見正しいと思えるような証明方法であったとしても、なぜ不十分なのかを粘り強く探究することができるよう授業を進めた。また、思考の過程を振り返り自分の言葉で表現することによって知識を自分のものにしたり、情報を精査して考えを形成したりすることができ、深い学びにつながると考える。

	学習内容	学習活動	指導上の留意点
導入 10分	○前回の内容の復習をする。 ○模範解答を配付する。	○宿題を写真で撮りロイロノートで提出する。 ○確認問題を各自で解答する。	○難易度の異なる二つの問題を提示し、自分で難易度を選択し問題を解くよう指示する。解答をロイロノートのカードで提出をするよう指示する。
展開 30分	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p><加法定理> $\cos(\beta - \alpha) = \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta$ を証明しよう。</p> </div>		
	○単位円上のP Q ² を2通りの方法で表す。 ○今回の証明が厳密性に欠ける部分はどこだったか考察する。	○二人一組のペアとなり、それぞれ違った問題を解く。 	○ロイロノートで、それぞれ異なる課題を配信する。 ① 2点間の距離の公式を用いて求めよ。 ② △OPQに着目して求めよ。 ③ ①と②で出てきた値をつなげて加法定理を証明せよ。 ○それぞれが自由に討論してもよい。

まとめ 10分	○本時の授業の復習をす る。	○授業のまとめとして、 ロイロノートのカード で提出する。	○自分の言葉で今回の内 容をまとめるよう指示 する。
------------	-------------------	-------------------------------------	----------------------------------

イ 数学B

「数列」の単元で、全ての学習が終わった後の課題学習として、パズル「ハノイの塔」を行った。「何を知っているか、何ができるか（個別の知識・技能）」の段階から、「知っていること・できることをどう使うか（思考力・判断力・表現力等）」の段階に移行できる生徒の育成を目指して実践を行った。日常生活の課題に対して、今まで学習してきた内容を使って数式を立式するなど、課題学習に取り組むことによって、「数列」の内容をより深く理解することができた。また、これまで学習している内容は何のためにやっているか、気付かせることで数学に対する学習意欲の向上につなげた。

<パズル「ハノイの塔」のルール>

ハノイの塔は地面に生えた3本の柱と柱が通せるように中心に穴の空いたn枚の円板からなる。円板は全て直径が異なっている。最初は1番目の柱に全ての円板が下から大きい順に通してある。円板を一度に1枚ずつ柱から柱へ移動させて全てを3番目の柱に移すには何回の手順が必要か？ただし、円板を移動させるとき、大きい円板を小さい円板の上に置いてはいけない。

	学習内容	学習活動	指導上の留意点
導入 10分	○パズル「ハノイの塔」	○ロイロノートで、説明スライドを見て、ルールを確認する。 ○Scrachで作成されたパズル「ハノイの塔」を実際に動かしてみること で問題に取り組む。	○ルールが理解できるように、 $n = 1, 2, 3$ のときを指導者が実演をする。
展開 30分	○ $n = 5$ のときの最短の手順を求めよ。	○ロイロノートのアンケート機能を用いて、最短の手順を記録する。 ○それぞれ気付いたことについてアンケート機能を用いて、回答する。	○ $n = 5, 6$ のときについて、実際に動かすことで規則性を考えるよう促す。

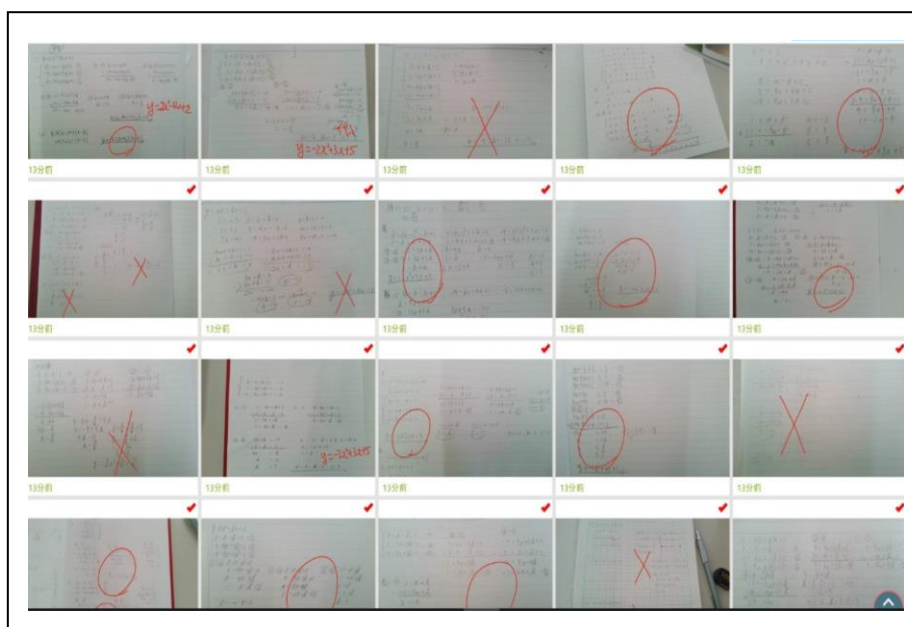
	<p>○ $n = 64$ のときの最短の手順は何回か、推測せよ。</p> <p>○ n 枚のとき、最短の手順は何回か。</p>	<p>○ 集計された結果を確認する。</p> <p>○ $n = 64$ のときの予想が合っていたかを確認する。</p> <p>○ 漸化式を用いて、一般項を求めることができることを実感する。</p>	<p>○ それぞれの手順の回数を確認して、一般項を予想するよう促す。</p> <p>○ 立式することで、予想が正しいことを確認できることを伝える。</p> <p>○ 実際に行うことが不可能な試行回数であっても、立式することで求められることを促す。</p>
まとめ 10分	○ 本時の授業のまとめ	○ ロイロノートで配信されたアンケートに答える。	

3 考察

ア 数学Ⅱ

ロイロノートを利用することにより、問題配付、回収の時間を短縮した。確認問題の模範解答の配付や添削などもロイロノートを利用することにより、いつでもどこでも学習ができるようにした（資料1）。

【資料1 教員による確認問題の添削】



授業中は、なるべく生徒が思考する時間を設けたいと考えているため、1人1台端末を利用することで時間を確保するという利点がある。また、今までは課題を紙で回収してしまうと、教員側が添削している間、生徒はその教材に触れることができなかった。しかし、オンライン上で提出することによって、生徒は常に学習を行うことができるようになった。さらに、授業中の板書を全てロイロノートで行い、生徒は手元で板書内容

を確認することで、今まで板書を書くことに一生懸命になり授業内容を聞くことや考える時間を十分に取ることができなかった生徒も、自分に必要な部分だけノートに付け加えればよい状態になったため、聞くことや考えることに意識を向けることができるようになった（資料2）。

生徒からも、「自分が作成したノートで

は、もしかしたら写し間違いがあるかもしれないと考えてしまい、自分のノートを信じていくことができなかったが、ロイロノートで板書内容を配信してくれるため安心して授業の復習を行うことができる」と好評であった。

今回の授業では、二人一組となりそれぞれ別の課題を配信することで、生徒が個々に役割を与えられるため、さまざまなアイデアを出しながら課題に取り組み、積極的に授業に参加することができた。「自分では分かったつもりになっていたけど、ペアの生徒に説明したらうまく伝わらなかった」

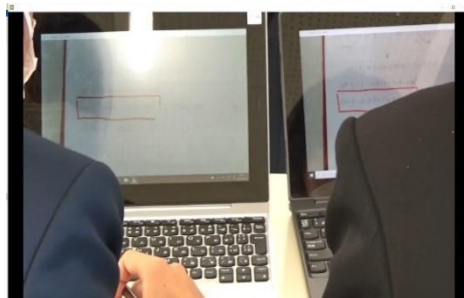
「ペアの生徒の話の話を聞いたら自分の気

付かなかったことが分かった」など、与えられた課題を説明することで、自分の考えを広げ深めることができる対話的な学びにつながると考える（資料3）。また、今回の内容は既習の知識から新しい定理を証明する課題であったため、生徒たちは粘り強く課題に取り組むことができた。

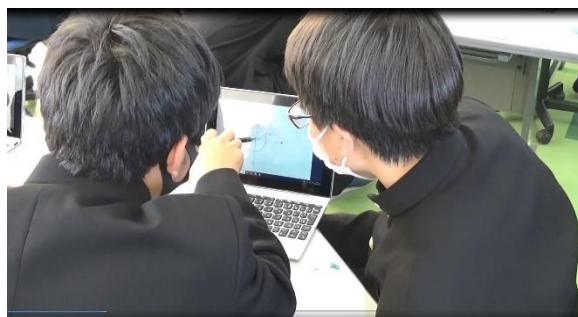
生徒たちが授業の最後に、まとめとして提出したカードを確認すると、最初の頃は、教員の強調していた部分を記入していただけただけの生徒も、数式を自分の言葉で表現してまとめており、数式の意味を正確に捉えようと試みていることが分かった。また、「自分では分かったつもりになっていたけど、まとめようとしてみたらうまく説明できなかった」「言葉にすることによってその知識を自分のものにすることができた」など、これらの経験を通して、生徒たちが授業内容をより深く考えることができた。

さらに、色分けされた自己評価と実際の確認問題の理解度をすり合わせることで、分かったつもりになっていた生徒に、理解度を高めるための学習サポートを行うことができた。赤色のカードで記入している生徒は、「授業内容が分からない」ということを随時、教師に伝えてくれている。従来の授業では、後日、生徒が授業中に発言して気付いたり、定期考査まで分からない状態であったり、気付くことができなかったが、生徒がつまづいた段階で即座に対応することができるようになった。なお、この授業のまとめについて、教員と生徒のみでやり取りされ、他の生徒には知られずに「分からない」と伝えることができる（資料4）。学習活動を自ら振り返ることで、次の確認問題につなげる体制ができており、生徒の主体的な学びにつながる授業を行うことができた。

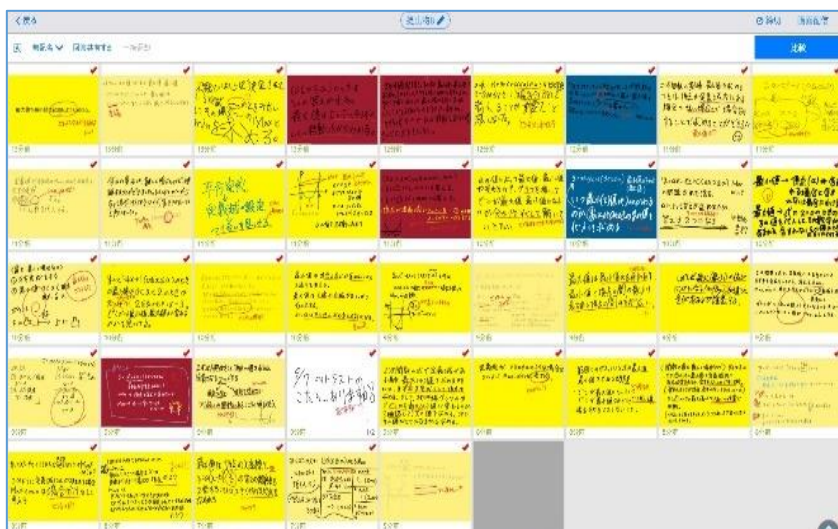
【資料2 教師が配信した板書の様子】



【資料3 相談しながら課題に取り組む様子】



【資料4 生徒の授業のまとめ一覧（理解度を自己評価し、色分けして提出している）】

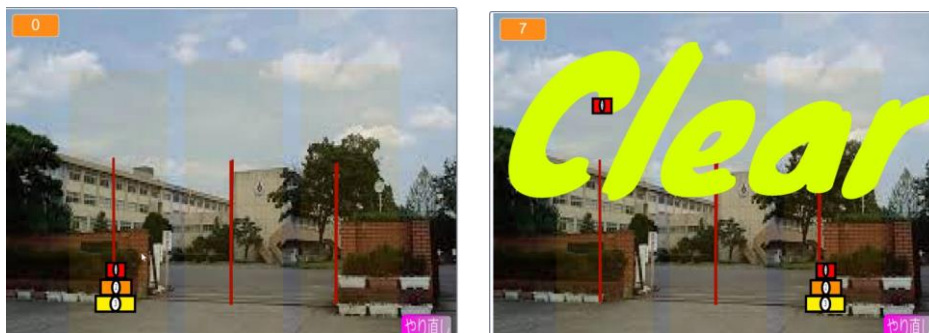


以上のことから、生徒1人1台端末を利用することで個別指導が可能になり、それぞれに適した指導ができたのではないだろうか。また、主体的・対話的な学びにつなげることができたのではないだろうか。一方で、思考力・判断力・表現力の育成は試験の点数だけでは簡単に測ることができないため、この授業だけで生徒たちがどれだけの力を育成できたかを、数値的に判断することは難しい。しかし、今まで生徒は答えだけが合っていればよいと考えていたが、答案の途中の過程を重要視するようになったり、与えられた課題もすぐに答えを見るのではなく、粘り強く取り組む姿勢が見られるようになったりしている。このような生徒の反応から、今回のような取組を継続して行うことで目標につながるという手応えを感じることができたので、今後も継続していきたい。

イ 数学B

パズル「ハノイの塔」のルールについて文字情報で問題を配信したが、生徒にとってルールが分かりづらいため、実際にScratchで作成した「ハノイの塔」を用いて、一番左にある塔から一番右にある塔に円板を全て移せばクリアであるという実演を行った。また、円板を移動させるときには、大きい円板を小さい円板の上に置いてはいけないということも実演することで、パズル「ハノイの塔」の理解を促すことができた点は、映像情報のメリットであった（資料5）。

【資料5 パズル「ハノイの塔」レベル3（円板3枚）】



生徒は実際に、パズル「ハノイの塔」を動かしながら、規則性を考えていた（資料6）。数学の力を伸ばす上でこの試行錯誤をする時間はとても大切であると考え。授業では、問題を考える時間を与えても、ただ問題を見つめているだけの生徒が多い。しかし、このように実際に何度も動かすことができるので、試行錯誤することで得られる情報もあるということ、この授業を通して体験できたと考え。

また、生徒は試行錯誤を繰り返しながら、最短の手順をロイロノートのアンケート機能を用いて、回答した。生徒自身で選択肢を追加することができ（資料7）、すぐに全員で回答を共有することができるので、自分が行った回数より少ない手順があると自分の手順がどうすれば短くなるのかを考えて再度挑戦をすることができた。

さらに、アンケート機能では、自由記述で回答することもできるので、さまざまなレベルの塔に挑戦していく中で、最短手順でクリアするための規則性を考えて、気付いたことや考えたことを共有するよう指示したところ、次のような記述が見られた。

- ・レベル5のときは4塔を、レベル6のときは5塔を真ん中に持ってくる。
- ・偶数の塔は円板1を真ん中に、奇数の塔は円板1をいちばん右に持ってくる。
- ・ n 個のブロックを動かすのに必要な回数は、 $(n - 1)$ 個のブロックを動かすのに必要な回数 $\times 2 + 1$ 回となる。

規則性に気付き、そこから一般化することで、これまで学習してきた「数列」の漸化式の考え方を利用することができるのではないかと気付いた生徒がいた。これが、知っている（知識）という段階から使える（思考力）という段階への第一歩であると考えられる。また、一般化することで塔の数値が大きくなり試行錯誤することが難しい場合でも求めることができるので、一般項の有用性について実感することができた。

授業後のアンケートを見ると、「ICT機器を利用した授業は、利用しない授業と比べて仲間と一緒に考えたり、話し合ったりしながら授業に取り組めますか。」という質問に対して、全ての生徒が「仲間と一緒に考えたり、話し合ったりしながら授業に取り組める。」「どちらかという仲間と一緒に考えたり、話し合ったりしながら授業に取り組める。」と回答しており、ICT機器を利用することで、考えたり、話し合ったりすることが有効であると考えられる（資料8）。自由記述欄には「分かったことをアンケートで答える仕組みのおかげで、みんなの考えを知ることができてよかったです。」とあり、結果をすぐに共有できることの有用性が感じられた。

【資料6 実際に「ハノイの塔」を動かしながら、試行錯誤する生徒の様子】



【資料7 選択肢を追加できる】



【資料8 ICTを利用した授業での、考えたり話し合ったりする取組状況】

【1】ICTを利用した授業は、利用しない授業に比べて仲間と一緒に考えたり、話し合ったりしながら授業に取り組めますか。



「ICTを利用した授業は利用しない授業に比べて分かったり、できるようになりましたか」という質問に対して、「分かったり、できるようになった。」(30.8%)、「どちらかと言うと、分かったりできるようになった。」(59.0%)と回答しており、おおむね有効であったと考えられる。自由記述の欄には、「教科書の問題を解いているが、身の回りのものに対して数式を立式して求められるということを知った。」「図を見たり、自分で操作するということにより、自分の体験として頭に入り、分かりやすいと感じました。」「今回のハノイの塔で、今、持っている知識を用いて何ができるか、どんな法則があるか、友達と試行錯誤して楽しく取り組むことができました。楽しく考えて見つける数学の発見にはすばらしい感動がある。」など、分かることを実感している記述が多く見られた。

また、「みんなと話し合いながらやることで自分では気付けなかったことにたくさん気付けたのがよかったです。」という記述が見られ、対話的な学びの中から、得られることがあることに気付いた生徒もいた。今まで学んだことを実際に使うことができ、試行錯誤をすることによって問題を解くことができるという学びに対する喜びと数学の楽しさを知ることが、1人1台タブレット端末を利用することでできたと考える。

一方、分かりにくいと答えた生徒は、「ロイロノートを利用して、考え方を共有したが、数式をうまく入力をするができずに、みんなと考えを共有することができなかった。」と回答していた。紙や言葉であれば、伝えることができたが今回の方法では、うまく表現することができなかったという生徒に対して、授業を改善していく必要がある。

4 おわりに

1人1台タブレット端末を適切に利用することで、「一人一人に合わせた学習」「試行錯誤による思考力の育成」「生徒たちの学びの意欲向上」など、さまざまな視点から生徒を育成することができるツールになるということを確認できた。一方、学校のICT環境が急速に進み、小学校、中学校で1人1台端末を使った授業を受けてきた生徒がどんどん入学して、生徒のICT機器の習得状況の格差がますます広がってくるだろう。例えば、今回の実践において、「ハノイの塔」とインターネットで検索してしまえば、答えはすぐに見つ

かり，生徒の思考力の育成にはつながらないだろう。1人1台タブレット端末を利用することで，これまでの授業では考えられなかったことも起こりえるかもしれないが，これまでの授業に1人1台タブレット端末を取り込み，より質の高い授業を行うこともできるため，これからも生徒の思考力を育むことのできる授業改善を行っていきたい。