イプシロン　2020. Vol.62，99 － 104

生徒の理解を促すための ICT 活用

愛知県立一宮興道高等学校　木　山　真　伸

1．ねらいと背景

現在の高校教育では、大学入試制度の改革や公立高校のタブレット導入など様々な面で変革期を迎えている。その中で ICT を有効に活用した授業が行いやすい環境に、また、ICT を活用した授業が求められるように少しずつ変化してきている。ICT の活用を示唆する内容として、例えば、大学入試共通テストの試行調査では Geogebra のような数学ソフトウェアをモデルにした問題が２年とも出題されていた。数学ソフトウェアを扱うこと自体を問いにしているわけではないが、生徒が関数について動的なイメージをもち、数式とグラフの関係を論理的に考えられる理解力が求められていた。

平成 29 年度の問題でのねらいは、「論理的に推論したり解決過程を振り返ったりしながら，見いだした事柄の根拠を数学的な表現を用いて説明する力を問う」とされていた。また、平成 30 年度の問題のねらいは、「事象の特徴をとらえて数学化する力，目的に応じて式やグラフなどを活用して数学的に処理する力，及び解決過程を振り返り数学的な見方・考え方を働かせて統合的・発展的に考察する力を問う」とされていた。

また、平成 30 年度告示学習指導要領解説数学編においては図 1 のように算数・数学の学習過程のイメージが提示されている。

以上の点を踏まえ、わかる授業を行った上で、数学ソフトウェアなどを利用し、生徒の理解をさらに深めていくことが必要だと考えた。この目的から、数学ソフトウェアである Geogebra を利用した授業を試みた。

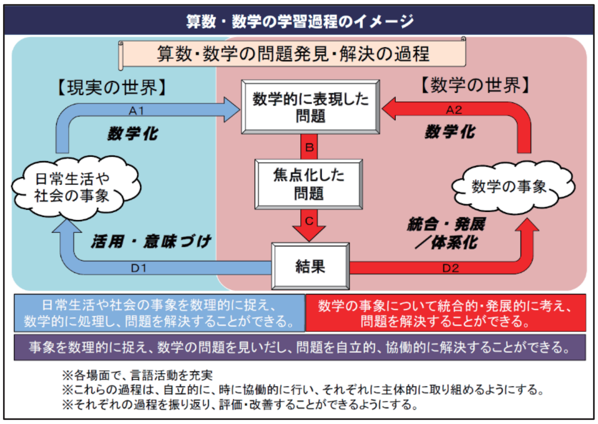

図 1

2．本校の ICT 環境と取り組み

本校は、プロジェクター10 台が職員室に保管されており、使用する教員がその都度、職員室から持ち出して使用している。教室ではネットワークに接続できないため、あらかじめデータを手元に保管しておく必要がある。また、生徒用タブレットは本校にないため、ICT を活用した授業は、PC または USB メモリのデータをプロジェクターでスクリーンやホワイトボードに投影する方法で行う。中には、プロジェクターで教科書をホワイトボードに投影し、板書や説明の時間を短縮することで授業の進行をスムーズにしている教員もいる。

3．平成30年度の実践例　　数学Ⅰ　2次関数　「2次関数の最大・最小」

(1)　授業の概要

2次関数の最大・最小の単元でGeogebraを利用した研究授業を行った。この授業では、2次関数の定義域が変化する問題と、2次関数のグラフが変化する2種類の問題について取り扱った。定数aが変化したとき、グラフや定義域の変化が捉えやすいようにするためにGeogebraを利用した。

(2)　学習指導案

	学習内容	○指導上の留意点　◇評価
導入5分	復習　(1) $y=x^2-4x+1\ (0 \leqq x \leqq 1)$ の最小値を求めよ。 (2) $y=x^2-4x+1\ (0 \leqq x \leqq 3)$ の最小値を求めよ。	○定義域によって最小値が変化することを確認させる。
展開 42分	応用例題3　a は正の定数とする。$y=x^2-4x+1$ $(0 \leqq x \leqq a)$ の最小値を求めよ。	○定義域が変化することを理解させる。 ○定義域が動く場合の最小値についてGeogebraを利用して説明する。
	練習　a は正の定数とする。$y=x^2-6x+5\ (0 \leqq x \leqq a)$ の最小値を求めよ。	○机間指導で理解が不十分な生徒を支援する。 ◇定義域が変化するときの最大値や最小値について、考察することができる。 数学的な見方や考え方
	例　a は正の定数とする。$y=x^2-4x+1\ (0 \leqq x \leqq a)$ の最大値を求めよ。	○定義域が動く場合の最大値についてGeogebraを利用して説明する。
	練習17　a は正の定数とする。$y=-x^2+2x+1$ $(0 \leqq x \leqq a)$ の最大値、最小値を求めよ。	○机間指導で理解が不十分な生徒を支援する。
	クリアー177　a は正の定数とする。$y=-x^2+2x-1$ $(0 \leqq x \leqq a)$ の最大値、最小値を求めよ。	○早く解けた生徒はクリアーの問題を解くように指示する。
	応用例題4　a は正の定数とする。$y=x^2-2ax+a^2+1$ $(0 \leqq x \leqq 2)$ の最小値を求めよ。	○ a の値によってグラフが変化することを理解させる。 ○グラフが平行移動する場合の最小値についてGeogebraを利用して説明する。 ○場合分けの方法を説明する。
	練習18　a は正の定数とする。$y=x^2-2ax+a^2+1$ $(0 \leqq x \leqq 2)$ の最小値を求めよ。	○机間指導で理解が不十分な生徒を支援する。 ◇グラフが変化するときの最大値や最小値について，考察することができる。 数学的な見方や考え方 ○Geogebraを用いて解答の確認を行う。

	$\boxed{\text{クリアー179}}$ a は正の定数とする。$y = x^2 - 2ax + 2a^2$ $(0 \leqq x \leqq 2)$ の最小値、最大値を求めよ。	○早く解けた生徒はクリアーの問題を解くように指示する。
まとめ3分	○本時のまとめ ○宿題の指示	○2 次関数の最大値、最小値の考え方についての確認をさせる。

(3)　授業の反省と今後の課題

結果としては、Geogebra を利用することで生徒の興味を引き出すことができた。しかし、より多くの生徒の理解が深まり、問題が解けるようになったとは言い切れないものであった。同じ単元で他の教員の授業を見学したところ、ICT を利用せずとも板書で十分対応できており、生徒もノートにグラフの変化を書きながら理解できるようであった。以上のことから、今回の実践で次の課題を得た。

まず、方法にもよるが、この研究授業ではいきなり 2 次関数が変化する様子を見せたために、生徒が興味を示すだけで、深い理解には繋がらなかった。むしろ、生徒が考える前に答えを見せてしまったことで、生徒が想像する過程を妨げてしまったのではないかと考えられる。

また、イメージを伝えるには良い方法であったが、実際に問題を解き、考える場面ではこのようなソフトを操作することはない。そのため、教員が黒板に書いて示し、それを手本として生徒も書きながら考える方が効果的であるように考えられる。したがって、ICT を利用するとしても、板書による指導を並行するもしくは、後から行う必要があったと考えられる。

以上の反省と学習指導要領の算数・数学の学習過程のイメージを参考にして、次の実践を行った。

4．　平成 31 年度の実践例　　数学Ⅱ　図形と方程式　「2 直線の交点を通る直線」

(1)　授業の概要

2 直線の交点を通る直線の内容で Geogebra を利用した授業を行った。2 直線 $f(x,y)=0$、$g(x,y)=0$ があったとき定数 k を用いて表した方程式 $k \cdot f(x,y)+g(x,y)=0$ が 2 直線の交点を通過する直線を表すことを確認し、さらなる課題を発見するために Geogebra を利用した。

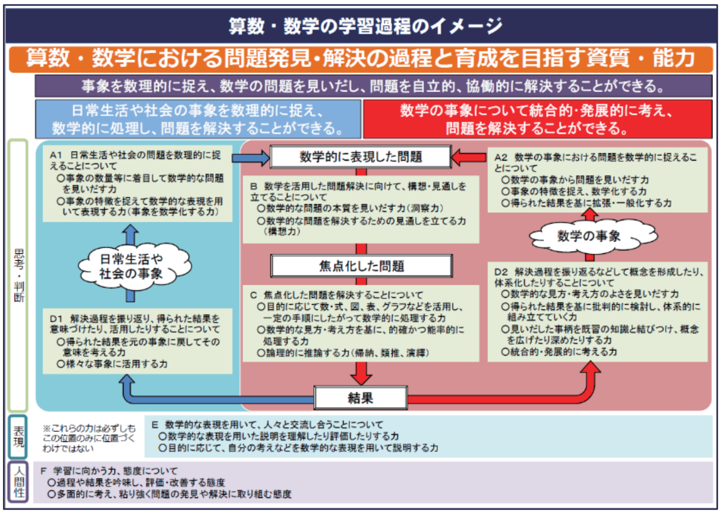

図 2

平成30年度の実践における反省から、説明のためにGeogebraを利用していきなり結果を提示するのではなく、生徒に予想をさせてからGeogebraを利用することにした。

まず、kの値をそれぞれの生徒に自由に代入させ、グラフをかかせることでどの直線も同じ1点を通過するということを予想させる。その次に、Geogebraを利用して、「数学の事象」を観察させ、疑問をもたせる。そして、$k\cdot f(x,y)+g(x,y)=0$ が特定の点を必ず通るのはなぜか、また、kの値が変化する中で直線$f(x,y)=0$のグラフには重ならないのかという「数学的に表現した問題」を考えさせる。そして、$k\cdot f(x,y)+g(x,y)=0$がkについての恒等式となるのはどのようなときかという「焦点化した問題」にたどり着き、問題を解決できるように授業案を考えた。

(2)　略案

	学習内容	○指導上の留意点
導入5分	$x+2y-4=0$, $x-y-1=0$ のグラフをそれぞれかけ。	○2つのグラフがどこで交わるか確認させる。
展開42分	問　$k(x+2y-4)+x-y-1=0$…① のkに適当な数を当てはめてそのグラフをかけ。 問　なぜkがどのような値でも点$(2,1)$ を通るのか。 問　①は点$(2,1)$ を通るすべての直線を表すことができているか。 例題　2直線$2x-y+1=0$, $x+y-4=0$の交点と、点$(-2,1)$ を通る直線の方程式を求めよ。 練習　2直線$4x-5y+5=0$, $x-2y+1=0$の交点と，点$(-1,3)$ を通る直線の方程式を求めよ。	○かいたグラフを周囲の生徒と比較させ、どのようなkの値でも，グラフが同じ点で交わると気づかせる。 ○kの値が変化したときの様子をGeogebraで観察させる。 ○①の式をkについて整理すると，$(x,y)=(2,1)$のときkについての恒等式になることを気づかせる。 ○x,y について整理すると，①はどのようなkに対しても必ず x,y の1次方程式となることを説明する。 ○①の式でkがかかっている直線は表すことができないと気づかせる。また、その理由を考えさせる。
まとめ3分	定数kを用いた解法のよさを確認する。	○交点の座標を求めてから解を導く解法と比較して、定数kを用いた解法のよさを確認させる。

(3)　授業の反省と今後の課題

2次関数の授業における課題を踏まえた上で授業の流れを考えて実践できた。初めに、定数kに具体的な値を代入させ、何が起きるのかを予想させることができた。そして、多くの生徒が結果を予想することができた。その上で、kの値を連続的に変化させるとどのようなことが起きるかをGeogebraで観察させたため、効果があったように考えられる。そして、観察の結果を数式か

ら考察させたり、その中で気がついたりしたことがあり、生徒の理解を深めることにつながったと考えられる。

このようなサイクルで Geogebra を利用した授業を実践すれば、生徒の理解をより深いものにできるのではないかと考えられる。しかし、すべての分野でこのような方法の授業を行うことができるとは限らないため、単元に応じた工夫が必要である。今後も Geogebra のよりよい活用方法や、単元に応じた適切な活用方法を考えていきたい。

5．他の単元での活用例

(1) 数学Ⅱ　図形と方程式　「2つの円の交点を通る図形」

2直線の交点を通る直線の内容に近いため、その次の時間にこの内容を扱った。2つの円の方程式 $f(x,y)=0,\ g(x,y)=0$ （x、y の係数は 1 とする）があったとき、定数 k を用いて表した方程式 $k\cdot f(x,y)+g(x,y)=0$ が 2 つの円の交点を通過する円または直線を表すことを確認するために利用した。値を具体的に代入してグラフをかくとかなりの時間がかかるが、それを削減することができた。そして、Geogebra で k の値を変化させたとき、$k=-1$ の場合のみ直線となることに気づかせた。その後に交点を通る円や直線に直線になる理由を式から考えさせることができたため、Geogebra が有効に活用できると考えられる。

また、発展的な内容として、2つの円のが交点をもたない場合について考えることもできる。この内容は実践していないが、生徒がこの内容をより深く考えるきっかけを与えることができると考えられる。これは、2 つの円が交点をもたない場合、方程式 $k\cdot f(x,y)+g(x,y)=0$ において $k=-1$ のとき、どのような直線が現れるのかという内容である。もし、2つの円が交点をもたないならば、$-f(x,y)+g(x,y)=0$ は 2 つの円の中心を結んだ線分に垂直な直線が現れる。このことを Geogebra で再現したり、式から考えさせたりすることで深く考えるためのきっかけにできるであろう。

(2) 数学Ⅱ　三角関数　「三角関数のグラフ」

この単元では、生徒に考えさせるという観点ではなく、単位円と三角関数のグラフを連動させて提示できるため有用であると考え、授業で利用した。三角関数の周期が変わった場合や、θ 軸方向に平行移動している場合のグラフを説明する際に効果的であり、説明をする時間が短縮できた。ただし、この活用方法は、考えさせるためのものではなく、説明としての活用である。また、2次関数の研究授業での反省から、Geogebra でグラフについて説明した後、さらに板書によってグラフの書き方の指導も行った。実際に黒板に書くことによって、生徒にもその手順が伝わったと考えられる。

(3) 数学B　平面上のベクトル　「図形のベクトルによる表示」

この単元では、ベクトル方程式 $\vec{p}=\vec{a}+t\vec{d}$ つまり、$(x,y)=(x_1,\ x_2)+t(l,m)$ が直線を表すこ

とを確認するために利用した。この授業においてもいきなり結果を見せるのではなく、2、3 個の具体的な例を考えてから予想をさせ、最後に Geogebra を用いて確認を行った。この授業を実践してみたところ、数個の例を示すだけで多くの生徒は直線になることに気がついたため、Geogebra が必ずしも必要ではないように感じられた。もう少し工夫をして、活用場面を考えていきたい。

6.　まとめ

私は、ICT を活用する目的として、時間短縮の手段として用いる場合と、生徒の理解を促すために用いる場合があると考えている。今回の実践から、生徒の理解を促すための手段として ICT を利用する場合、どのように活用すれば良いのかをその一例を考えることができた。2 次関数の最大・最小に関する実践では、いきなり結果を提示してしまったことで、かえって生徒の理解を浅くしてしまうと感じる場合があったため、使用するタイミングや方法に今後は気をつけていきたい。また、ICT を活用する際は、授業内における学習過程のサイクルをイメージしながら、どこの場面で何の目的で使用するか明確にしておくことが重要であると考えられる。

2 直線の交点を通る直線の授業では、予想していたことを確認させ、式で考えるように工夫することができた。そして、その事実の確認と、さらなる問題の発見のために Geogebra を利用した。Geogebra でグラフの変化を生徒に観察させることで、問題を発見することができたため、問題解決の場面よりも問題発見の場面での活用が有効であるように考えられる。今後も活用場面を意識しながら、よりよい ICT の活用方法を考えていきたい。