

GeoGebra を活用した高大連携授業

千葉聖心高等学校 高木亜生

Aoi Takagi, Chiba Seishin High School

日本大学・理工学部 藤井利江子、鈴木潔光

Rieko Fujii, Kiyomitsu Suzuki, College of Science and Technology, Nihon University

1 はじめに

本校は千葉県にある私立女子高等学校である。偏差値はあまり高くはないが、素直な生徒が多いのが特徴といえる。進路状況は、大学・短大3割、専門学校5割、就職2割で、多岐にわたっている。また、本校の上級教育機関にあたる幼児教育の専門学校へも進学している。理系クラスはなく、数学Ⅲは設置していない。また数学Ⅱにおいても微分・積分の内容の詳細へ到達するのも困難である。しかし近年は理工系大学への進学希望者も各学年で数名程度出てくるようになり、より多様な希望をもつ生徒に対応することが求められるようになった。

文部科学省は2010年に「学校におけるICT環境整備」を公示したが、本校ではその取り組みの一環として2017年に校内Wi-Fi環境の設置・充実に加え、生徒用のタブレット端末を120台導入した。これは全校生徒の数に対して4人に1台ほどの割合である。また、これらの教育への準備として、2016年には数式処理ソフト Mathematica を使い、高大連携により理工系大学進学希望者に対する夏季集中授業を行った。コンピュータを活用してインタラクティブな教材を準備するなどの工夫をすることで教科書会社がシラバス上15コマ分と設定している数学Ⅱの微分・積分の内容を5コマで実施した。時間の制約が厳しい中で詰め込んだ内容ではあったものの授業の最後に行った試験やアンケートの結果も概ね良好で、その教育効果もある程度得られた[1]。しかしながら、問題点もいくつか出てきた。高価なソフトである Mathematica で作った教材を、Mathematica をインストールせずに表示するにはCDF Player をインストールする必要がある。CDF Player は無料が原則であるが、タブレット端末上でインタラクティブな教材を動作させようとすると、有償になってしまう。またすべての端末に有償ソフトを購入し、さらにインストール作業を行うとなるとコストの面だけでなく作業面でもかなり厳しい状況になる。

この2016年の教育実践結果を本研究会に報告した際、GeoGebra を利用した教育実践をされた明治大学の阿原先生のご講演[2]を拝聴した。GeoGebra は無償のソフトウェアであり、かつ教材を専用サイトにアップロードすることで、教材配布のために専用サーバを用意する必要もない。動作させる端末にも何もインストールする必要がなく、アップロードされた該当教材のURLを配布すればよいだけである。またLaTeXを使う

ことができるため、数式をきれいに表示できる。そこで本実践では高大連携教育の一環として、阿原先生の講演を参考に、GeoGebra でタブレット端末向けのコンテンツを作成し、通常の数学の授業において活用することを試みた。本稿ではこれらの教材の紹介と実践内容を報告する。

2 実践内容と作成した教材例

2018年3月公示の高等学校学習指導要領の数学において二次関数の項目に“二次関数の式とグラフとの関係について、コンピュータなどの情報機器を用いてグラフをかくなどして多面的に考察すること。”と表記されている。これを受け、今年度はGeoGebraを用いて二次関数のコンテンツを中心に、三角関数を含め視覚的に理解を促しやすい教材を作成してみることにした。対象の授業は今年度の1学期に実施した選択数学であり、受講している生徒は3年生12名であったが、それぞれの生徒の数学の実力はかなりばらつきがある。この授業は数研出版のチャート式「基礎と演習数学I + A」、通称白チャートと呼ばれている問題集を使って2時間連続の演習形式で行っている。内容としてはすでに1年生の時に学習したことのある内容であり、復習も兼ねて基礎固めを行うことを目的としている。

授業の準備として、あらかじめGeoGebraを使って白チャートの問題に合わせたインタラクティブな教材を作成し、専用サイトへアップロードした。そのURLを埋め込んだQRコードと、その教材から読み取れる情報を穴埋め形式などにしたプリントを事前に準備し、授業の最初にタブレット端末とともに配布した。このプリントはその単で理解してほしいポイントをコンパクトに表したものにしよう心掛けており、記入が終わるとまとめプリントとして使えるように工夫した。生徒はプリントに記載されたQRコードをタブレット端末のカメラから読み取り、該当のGeoGebra教材を読み込むと手でグラフを操作することができるようになる。この授業では二次関数の「定義域と値域」、「基本形と平行移動」、「軸と最大値・最小値」、「2次関数と解の公式・判別式」、「不等式」、および「三角比」を行い、プリントもそれぞれ準備した。GeoGebra教材は試作もすべて合わせると約40個作成した。

2.1 二次方程式の解の公式と二次関数の関係に関する教材

この単元ではまず、プリントの最初に二次方程式の解の公式を書かせた。その次にプリント内に書かれたQRコードから $y = x^2 + c$ の c をスライダーで操作すると、 $y = x^2 + c$ 図1(a),(b)に示すグラフが自動的に変化する。それを操作させながら関数 $y = x^2 + c$ における、定数 c が負の場合、0の場合、正の場合におけるそれぞれの解の個数と、交点の座標を答えさせた。

次に判別式 D をプリントに記述させたあとで、 $y = ax^2 + bx + c$ における a, b, c をそれぞれスライダーで変化させると、表示されている判別式も変化していく様子を見ることが出来る教材(図2)を読み込ませた。これを操作させながら $y = ax^2 + bx + c$ が、 x

軸と異なる 2 点で交わる場合、 x 軸と 1 点で接する場合、 x 軸と共有点を持たない場合の 3 つについてそれぞれ空欄を埋める形での判別式の条件を書き込ませた。プリントの内容が終わると、指定した白チャートの演習問題を生徒に解かせた。生徒によっては、プリントを解く際に使った GeoGebra 教材を参考にしたりもしているが、何から取り組んでいいかわからない生徒もいた。そのような生徒に教員が手助けする場面はもちろんあるが、生徒たちはお互いに活発な議論を交わしたり、教えあったりしながら一問一問解いていた。

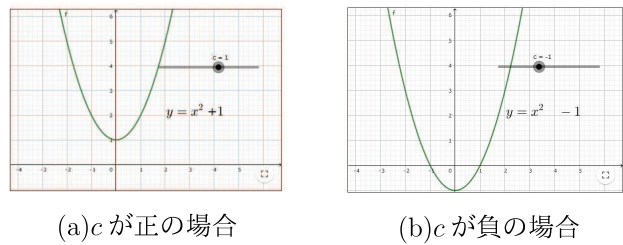


図 1: 二次関数と x 軸の共有点の教材

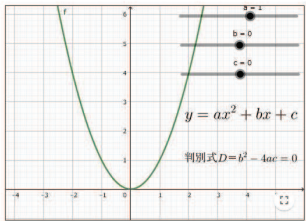


図 2: 二次関数の判別式の教材

2.2 二次関数の定義域と値域に関する教材

定義域と値域の単元で作成した教材は、図 3 に示した二次関数 $f(x)$ における定義域 $a \leq x \leq b$ ($b - a = \text{一定}$) の a をスライダーで動かしたときの値域の変化をわかるようにしたものである。生徒には図 3 のように $b < 0$, 定義域が 0 を含む場合, $0 < a$ の三つの場合について考察させ、それぞれの最大値、最小値、値域をプリントに書き込ませた。

また $y = (x - 2)^2$ における定義域 $0 < x < a$ の a をスライダーで動かした場合、 $f(x)$ の最大値・最小値がどのように変化していくかを示した教材も準備した (図 4)。この教材を動かすとき、最大値にまず着目すると $a < 4$ までは $f(0)$ 。 $a = 4$ のときには最大値をとる点が $f(0), f(4)$ の 2 点現れる。また $4 < a$ の場合には $f(a)$ となっていくことがわかる。最小値は定義域が $x = 2$ の軸を含まない場合には、最小値は $f(a)$ になる。しか

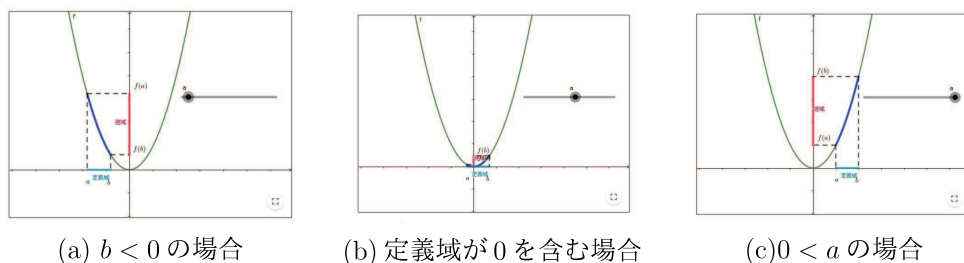


図 3: 二次関数の定義域と値域に関する教材 1

し定義域が軸を含む場合には最小値は $f(2)$ となる。高校生にはかなり複雑な場合分けではあるが、これらの動く教材を見てイメージを持つことによって、どうして細かな場合分けが必要なのかを理解しやすくなることが期待される。注意しなければならないのは、漫然とみていると「動いていく」、「点が現れたり消えたりする」だけで終わってしまい、何を表しているのかわからないままその教材を使う時間だけが過ぎてしまうことである。指導する側がまずゆっくりと動かしながら、見るべきポイントを説明し、その次に生徒に触れさせることが必要となる。

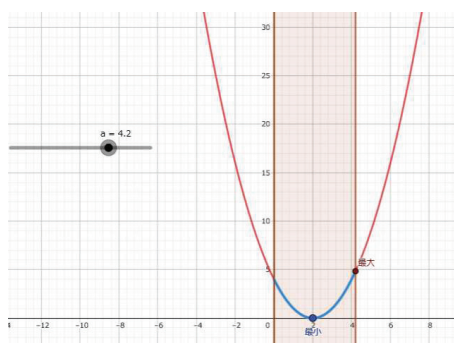


図 4: 二次関数の定義域と値域に関する教材 2

2.3 二次関数の平行移動に関する教材

この単元では $y = (x - p)^2 + q$ の p と q をスライダーで変更可能な教材を作成した (図 5)。変更前のグラフは表示されたまま、変更後のグラフが現れ、元の形と見比べることができる。頂点と p, q の関係について着目させ、式の形とグラフの関係について理解を深めてもらうことを目標とした。

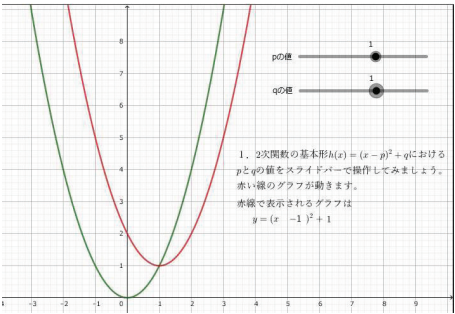


図 5: 二次関数の平行移動に関する教材

2.4 三角比に関する教材

三角比の単元ではスライダーで角度 θ を変更すると $\sin \theta, \cos \theta, \tan \theta$ それぞれの値が表示される教材を作成した(図6)。この教材では図中に θ を表す弧のほかに、 θ が90度を超えると $180 - \theta$ の角度を表す弧が表示されるように作成した。これにより $\sin(180 - \theta) = \sin \theta$ や $\cos(90 - \theta) = \sin \theta$ といった正弦と余弦と角度の関係性を視覚から直感的に理解しやすくなるよう工夫した。ちょうど数学Ⅱの授業で三角比の単元を学んでいたこともあってか、本実践の教材の中では一番反応が良く、教材をよく触っている姿が見られた。

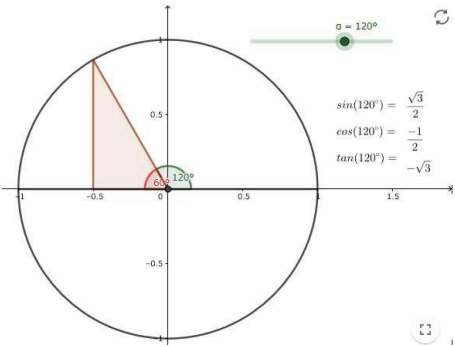


図 6: 三角比に関する教材

3 教育効果とアンケート結果

学期末には、期末試験のあとで教材に対するアンケートも実施した。「内容に興味をもちましたか?」という設問では3択で「Yes」7名、「どちらともいえない」3名、「No」2名、「黒板だけの授業よりわかりやすかったですか?」という設問では同じく3択で「Yes」5名、「どちらともいえない」5名、「No」2名と、ほぼ好意的なものであった。次

に教材満足度として10段階で満足度を答えてもらい、期末試験との相関をとったものを図7に示す。縦軸に教材への満足度、横軸に期末試験の成績をとっている。この図から、成績の良い生徒が教材に対して満足度が高く、あまり成績が良くない生徒は教材に対する満足度も低いことがわかる。すなわちある程度、内容を理解している生徒には本実践で作成した教材が効果的だが、そうでない生徒には効果が出にくいということがわかってきた。アンケートの自由記述では「黑板にかくよりもタブレットで動かしたりできる方が理解が深まった。」「タブレットでやるのは、動きがわかりやすくて、良かった。」「タブレットを使うことで興味がわく」、「視覚によって理解することはできた。タブレットの教材が好きなのでワクワクした。」「数学の授業でも取り入れてほしい。」「分からない問題に関してはかなり効果的だと思う。」など教材に関する否定的な意見が全くなく好意的なものばかりであった。また、「三角比の表が理解できなかった時、実際にグラフを見た事で一気に理解でき、家でも活用した。」等、自宅でQRコードを読み取り、復習に活用したという生徒も複数いた。

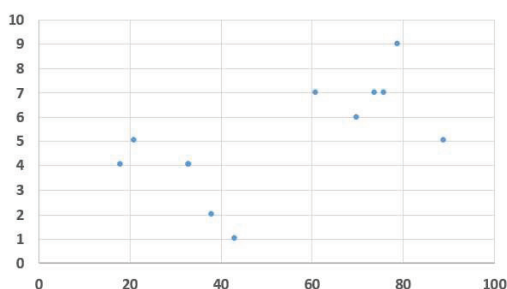


図 7: 教材満足度と成績の相関

4 まとめと今後の展望

今回の実践は1学期中のわずか6回の授業ではあったものの、生徒はインタラクティブな教材に触れることにより、数学が苦手であっても内容に興味をもって接してくれた。すべての生徒の成績が上がったとまでは言えないが、黑板だけの授業に比べて理解しやすいと答えた生徒も多く、初年度としてはある程度効果があったと言える。ただし、グラフが動くことによって情報量が増える為、基礎力がまだ身につけていない生徒はグラフのどこを見たらよいかわからず、かえって混乱してしまう可能性がある。生徒に教材に触らせる前に一度、生徒に教材を見せながらどのような場合にどこに着目すべきかをきちんと説明する必要がある。

基礎力がある程度ついている生徒は積極的に教材を利用し、自宅でも利用したと答えていた。これを活用し、宿題や予習などで利用できるように教材を工夫することでインタラクティブ教材に触れる機会を増やすことを考えている。しかし成績があまり芳しく

ない生徒に興味を持たせ、教材に触れてもらうことに関しては課題が残った。

また今回は全部で6回という限られた時間の実践だったため、実施することができなかった微分・積分などの単元の充実も計画している。

昨今はタブレットを使った教材というと、市販教材の動画による授業の配信が流行している。動画教材が受動的な教材であると言えるのに対し、同じ自習用のタブレット教材でも本実践で作成した教材は、指先を動かすことで理解を深める能動的な学習という位置づけになり、双方を効果的に利用できるように工夫することで学習効果を高められるのではないかと考えている。

参考文献

- [1] 高木亜生, 鈴木潔光:『Mathematica を活用した高大連携授業』, 数理解析研究所講究録 2022, pp.197, 2017.
- [2] 阿原一志:『GeoGebra の日本語教材の単元別整理とサイト公開について』, 数理解析研究所講究録 2022, pp.192, 2017.
- [3] 『改訂版チャート式基礎と演習 数学 I + A』, 数研出版.