群教セ	G03 - 04
	平15.216集

関数における式変形の理解を深める教材の作成とその活用

── 関数描画ソフトと手作業の併用を通して ──

特別研修員　　彦部　一雄（群馬県立前橋清陵高等学校）

《研究の概要》

本研究は、高等学校数学における２次関数、三角関数、微分の学習において、関数描画ソフトと手作業の併用を通して、式変形の理解を深める支援教材を作成した。

関数描画ソフトによりグラフの足し合わせや拡大による関数の変化を動的に表現でき、生徒が関数を理解する手だてとなる。生徒自らがグラフを描いた後に、式変形をコンピュータで視覚化する学習活動を通して、支援教材の有効性を検証した。

【キーワード：数学ー高　平方完成　三角関数　微分　コンピュータ】

主題設定の理由

高校数学の関数教材は、『数学Ⅰ』の“２次関数”、『数学Ⅱ』『数学Ⅲ』の“三角関数”、“指数・対数関数”、“微積分”である。

“２次関数”は全員が学習する必履修科目『数学Ⅰ』の主要な単元である。ここ数年の授業実践を通して感じていることは、“図形と計量関係の三角比”や“順列・組合せ、確率”の単元と比べて、この関数単元の指導の困難さである。昨年まで、“２次関数”は、『数学Ⅰ』の最初の単元であり、入学したての新１年生が初めて学習する高校数学の内容であった。新しい学校に入り、新たな気持ちで授業にのぞむ生徒の意欲をこの関数の難しさがそいできたのではないかとさえ思われる。

関数分野の指導が困難な原因は、中学までの既習事項が多く、生徒一人一人の習熟の違いが大きいことに加え、関数のグラフの意味がしっかりつかめないことにあると思われる。さらに、“２次関数の平方完成（標準形）”、“三角関数の合成”、“微分における極限計算”などの式変形と関数のグラフとの関連がよく理解できないからである。また、生徒が内容を理解するためには、関数のグラフ描画・拡大・合成の操作において、地道に点をプロットする必要があるが、たくさんの例を演習するには手作業では時間がかかりすぎるという難点がある。

また、数学の学習において、一般に公式を十分納得しなくても、暗記して使えばよいと考える傾向がある。そのため、型どおりの式変形はできても内容についての理解が身に付いていない場合もあり、指導の工夫が求められる。

そこで関数の分野において、地道な手作業とコンピュータとの併用でグラフの足し合わせや拡大をしながら、式変形の意味が理解できるような数学の教材を作成し、その有効性を検証した。

研究のねらい

関数描画ソフトによるグラフの描画・足し合わせ・拡大等の機能を使って、下記の３点の内容理解に役立つような教材を作成し、その有効性を検証する。

①２次関数の変化の特徴を基に平方完成させ、標準形の意味を理解させる。
②２つの三角関数のグラフを合成し、振幅と位相のずれをとらえさせ、式変形につなげる。
③微分の概念である“曲線も狭い範囲では直線に見える”ことを用いて、微分係数の極限計算の結果は、その点の近傍を拡大したときに表れる直線の傾きであることを理解させる。

研究の見通し

グラフを書くための支援教材を開発し、手作業での学習に続いて、関数描画ソフトを利用すれば多くの例を演習させることができる。その結果、生徒は式変形への理解が深まることになるであろう。そして、数学への興味・関心が持続するであろう。

研究の内容

１　教材の概要

(1)　基本的な考え方

関数の学習では、グラフを描くために式を変形する技能の習熟をはかるとともに、変形された式が表している意味を生徒に理解させることが重要である。

それには、関数の値を計算して一つ一つ点をプロットするという手作業とともに関数描画ソフトを用いて視覚化することで効果があがると思われる。また、このソフトを用いて１つの例だけでなく複数の例を示すことで､変形した式の意味について理解が一層深まると考えられる。

そこで、関数描画ソフトである Function　View や GRAPES に備えられているグラフの足し合わせや拡大の機能を用いて変形された式の意味が理解できる教材を作成した。

具体的には、以下の単元で活用を試みた。

ア　２次関数の平方完成

平方完成は形式的には図１のように式変形される。

$$
\begin{aligned}
y &= x^2-6x+10\\
&= x^2-6x+9-9+10\\
&= (x-3)^2+1
\end{aligned}
$$

図１ 2次関数の平方完成

１次の項の係数の半分の２乗を“足して引く”という式変形する上でのテクニックに抵抗がある生徒もいる。だが、生徒が理解できない根本的なことは､“なぜ、そのように式変形するのか”ということである。

そこで､『$y=x^2-6x+10$は“基準になる点”つまり“頂点(3,1)”から $y=x^2$と同じ変化をしていること』を理解させるための支援教材を GRAPES で作成した。

イ　三角関数の合成

三角関数の合成は一般的には加法定理を用いて次のように式変形される。

例　$\sin\theta+\cos\theta=r\sin(\theta+\alpha)$ とおく。

$$
\begin{aligned}
r\sin(\theta+\alpha) &= r\sin\theta\cos\alpha+r\cos\theta\sin\alpha\\
&= r\cos\alpha\sin\theta+r\sin\alpha\cos\theta
\end{aligned}
$$

ゆえに　$\sin\theta+\cos\theta=r\cos\alpha\sin\theta+r\sin\alpha\cos\theta$

左右の係数を比較して

$$r\cos\alpha=1,\quad r\sin\alpha=1$$

この式を満たす r と α を求めるには

図２において三平方の定理等を用い、$r=\sqrt{2}$，$\alpha=45^\circ$ となる。

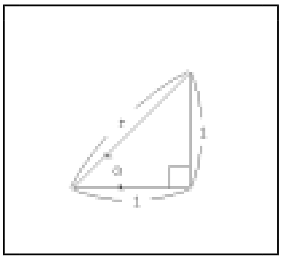


図２　直角三角形

上記の型どおりの式変形をする前に、手作業で $a\sin\theta$ と $b\cos\theta$ を同じ座標平面に描かせ、それを実際に足し合わせる。合成したグラフがサインカーブにな

ることを実感させ、ｒとαを画面上で推測させてから型どおりの式変形を指導するのが効果的である。

そこで、GRAPES を使い a sin θと b cos θのグラフを a，b の数値を変えるだけで自動的に合成できる教材を作成した。

ウ　微分係数の極限計算

微分係数の計算手順そのものは難しくないので、図３ように生徒は答えを出すことはできる。しかし、生徒は答えの“４”は何を意味するのかということを理解できない場合が多い。

そこで、Function View により指定した点の近傍で曲線が直線と見なせるところまで拡大させる。そして、曲線の指定した点における傾きを測らせる。

例では、x=2における傾きが４ということである。

このような方法により Function View で微分係数を視覚的にとらえることができる教材を作成した。

$$f(x)=x^2 \text{ のとき } f'(2)=\lim_{h\to 0}\frac{f(2+h)-f(2)}{h}$$
$$=\lim_{h\to 0}\frac{(2+h)^2-2^2}{h}$$
$$=\lim_{h\to 0}\frac{2^2+4h+h^2-2^2}{h}$$
$$=\lim_{h\to 0}\frac{h(4+h)}{h}=4$$

図３　微分係数の極限計算

(2)　開発及び動作環境

本ソフトを作成するに当たり、次のフリーソフトを使用した。下記 URL からダウンロードすることができる。

・GRAPES　Ver.6.21　　http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/tomodak/grapes/

・Function View Ver.5.21　　http://hp.vector.co.jp/authors/va017172/

システムとファイルともに、Windows 95，98，Me，NT4，2000，XP のもとで１枚のフロッピーから呼び出し、表示することができる。

２　教材の内容

(1)　２次関数における“平方完成（標準形）”

２次関数 $y=ax^2$ は１次の項 bx+c が加わっても頂点の位置がずれるだけで $y=ax^2$ の形が保たれることを強調したい。

頂点の移動については、定数項 c だけが付け加わった $y=ax^2+c$ の場合から始め、１次の項 bx+c が付け加わった一般の形 $y=ax^2+bx+c$ の場合を中心に考察させたい。生徒が操作しながら、$y=ax^2+bx+c$ の変化が頂点から $y=ax^2$ の変化をしていることを理解でき、２次関数の標準形 $y=a(x-p)^2+q$ への式操作の意味がみえるような図４のスクリプトを作成した。

例えば図５の $y=x^2-6x+10$ についてグラフの頂点(3,1)から $y=x^2$ の変化(0,1,4,9･･･)をしていることをつかませる。

具体的には次のように生徒に活動させる。

活動①：係数を代入し、グラフを描く。

活動②：スクリプトのボタンを押し、プログラムを実行すると、次のように描か

```
＊基本設定
点Ｐ（ｔ，-(b²-4ac)/4a）
点Ａ（-b/2a+s，a(-b/2a+s)²+b(-b/2a+s)+c）
点Ｂ（-b/2a+s，-(b²-4ac)/4a）
＊スクリプト
# //変化を見る
# s := 0
# t :=-b/2a
# clrAimg
# for t := -b/2a-5  to -b/2a+5  step 0.1   頂点の
# draw                                      y座標
# wait(2)                                   に横線
# next t
# AimgOn
# s :=-3
# wait(3)
# for s := -3  to 3                 y座標から
#    draw                           の縦の変化
```

れる。

・頂点のｙ座標で横に線が引かれる。

・その横線からの縦の変化が表れる。

活動③：活動②の画面を見て、下記の図６に示したワークシートを用いて平方完成し、標準形に直す。

$y=x^2-6x+10 \rightarrow y=(x-3)^2+1$

活動④：活動③で十分習熟した後に関数表を用いないで形式的に平方完成し、標準形に直す。

特に、活動③でワークシートにある関数表を用いて平方完成させるとき、生徒に標準形となった式の意味を十分理解させることが重要である。

上記のソフトを使う学習の活動の前に、同様のことを手作業で行わせる。つまり、関数値を計算させ、用紙に点をプロットさせてグラフを書かせ頂点からの変化を調べさせる。生徒に手作業させることは時間のかかることではあるが、関数のグラフや平方完成された式の意味を理解させる上でも大切である。

複数の例を演習させる場合に、このソフトでグラフを書かせる。そして、生徒が式変形の方法を考察することに充分時間を割きたい。

```
# wait(300)                    ａｘ²
#   next s
# AimgOn

# hideScript
# on a,b,c change
# AimgOn
# s := 0
# t := -b/2a
# calc
# clrAImg
```

図４　2次関数の変化を見るスクリプト

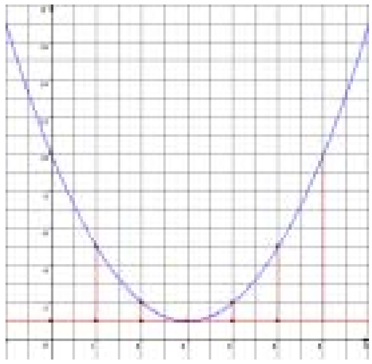


図５　$y=x^2-6x+10$の変化

手順①
関数値ｙの値を
記入する。

x	－1	0	1	2	3	4	5	6	7
y	*17*	*10*	*5*	*2*	*1*	*2*	*5*	*10*	*17*

↓

手順②
頂点（３，１）から x^2 の変化をしているから
ｙは１＋（？）^{2}
と書ける。
ゆえに、その部分を記入する。

x	－1	0	1	2	3	4	5	6	7
（　？　）^{2}									
1	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*
y	*17*	*10*	*5*	*2*	*1*	*2*	*5*	*10*	*17*

↓

手順③
（　？　）^{2}の部分
に関数値ｙを満たす
数値を記入する。

x	－1	0	1	2	3	4	5	6	7
（　？　）^{2}	*16*	*9*	*4*	*1*	*0*	*1*	*4*	*9*	*16*
1	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*
y	*17*	*10*	*5*	*2*	*1*	*2*	*5*	*10*	*17*

手順④
（　？　）の部分を
うめて、
　？＝x－3
を求める。

↓ (above column 1)

x	－1	0	1	2	3	4	5	6	7
（　？　）	*-4*	*-3*	*-2*	*-1*	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*
（　？　）^{2}	*16*	*9*	*4*	*1*	*0*	*1*	*4*	*9*	*16*
1	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*
y	*17*	*10*	*5*	*2*	*1*	*2*	*5*	*10*	*17*

図６　標準形への式変形の手順

(2)　三角関数の合成

図７、図８は y=sin θ、y=cos θのグラフである。図９は三角関数の合成スクリプト(図 10)を使って図７と図８を合成したグラフである。

図９の合成したグラフと図７の sin θのグラフと比べ考察させる。

sin θのグラフをを約 1.4 倍した形で、ピークの位置が45°左にずれていることに気づかせる。

そして、図11のように数値を記入させながら

sin θ＋ cos θ＝1.4× sin（θ＋45°）

の変形を推測させる。

その後、図12を用いて合成の式を確認させ、

$$\sin\theta+\cos\theta$$
$$=\sqrt{2}\sin(\theta+45°)$$

を導く。

具体的には次のように生徒に活動させる。

活動①：係数を代入して、２つのグラフを描く。

活動②：スクリプトのボタンを押して a sin θと b cos θのグラフを合成する。

活動③：活動②の画面を見て、振幅と初期位相を求め、下記の図11に示したワークシートの表を用いて合成した式を推測する。

活動④：図12の合成の証明図で、活動③で推測した式を確認する。

これも、手作業でグラフの足し合わせをさせ、その後にコンピュータの画面で動きのある足し合わせを見ることにより理解が深まる。

２次関数の場合と同様に、複数の例についてこのソフトを使ってグラフの合成を動的に示す。それを踏まえて、生徒が合成した式を推測することに時間を割きたい。

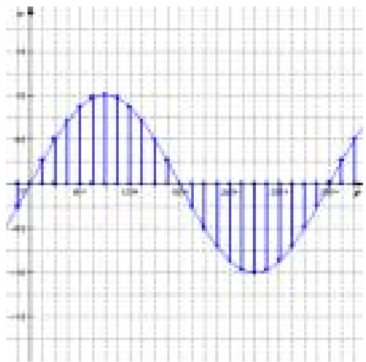


図７　y=sinθ

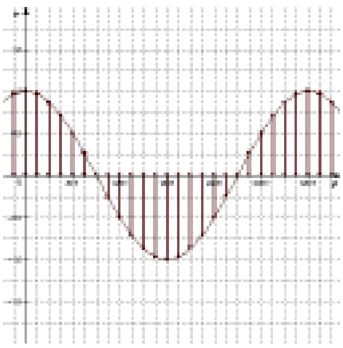


図８　y=cosθ

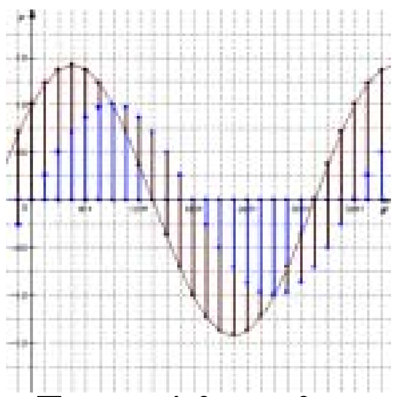


図９　y=sinθ＋cosθ

＊基本設定

点P（t，a sin t）　　点Q（t，A.y+P.y)　　点A（t，s(b cos t）)

\# if t <> (0) then AimgOn　　# next t

```
＊スクリプト
# //合成する
# s := 0
# t := 0
# draw
# clrAimg
# AimgOff
# for t := 0  to 360  step 5
#     s := 0
#   Draw
#   wait(30)
# AimgOff
#  for  s  :=  0  to  1.001  step
0.1
#   draw
#     wait(3)
# next s
# wait(20)
# AimgOn
# hideScript
# on a,b change
# AimgOn
# s := 1
# t := 0
# calc
# clrAImg
```

図10　三角関数の合成スクリプト

まず、合成したグラフから最大値，最小値，横軸との交点の値を記入する。

①	横軸θ	45°	135°	225°	315°	･･･・	θ
③	（　？　）					･･･・	④
②	sin(　？　)					･･･・	⑤
①	y　1.4×sin(?)	1.4	0	-1.4	0	･･･・	⑥

次に、②の値から③の角度を記入する。　↓

①	横軸θ	45°	135°	225°	315°	･･･・	θ
③	（　？　）	90°	180°	270°	360°	･･･・	④
②	sin(　？　)	1	0	－1	0	･･･・	⑤
①	y　1.4×sin(?)	1.4	0	-1.4	0	･･･・	⑥

最後に、①の角度から④を考え、合成の式をつくる。↓

①	横軸θ	45°	135°	225°	315°	･･･・	θ
③	（　？　）	90°	180°	270°	360°	･･･・	④　（θ＋４５°）
②	sin(　？　)	1	0	－1	0	･･･・	⑤ sin(θ＋45°)
①	y　1.4×sin(?)	1.4	0	-1.4	0	･･･・	⑥1.4× sin(θ+45°)

①②③の順に数値を記入させ、④⑤⑥の順で合成した式を推測する。

図11　三角関数の合成における式変形の手順

sin θ と cos θ
の合成は、図の
縦線部の長さで
ある。
？の辺と角の大き
さから

$$\sin\theta+\cos\theta$$
$$=\sqrt{2}\sin(\theta+45°)$$

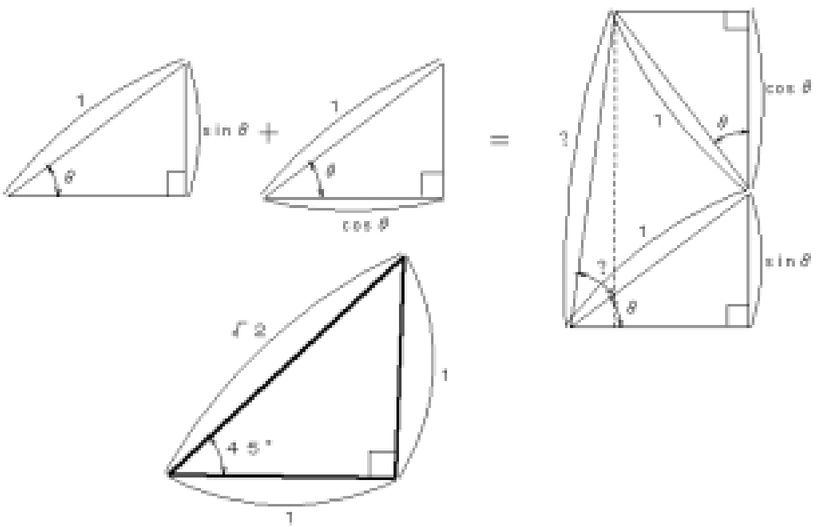
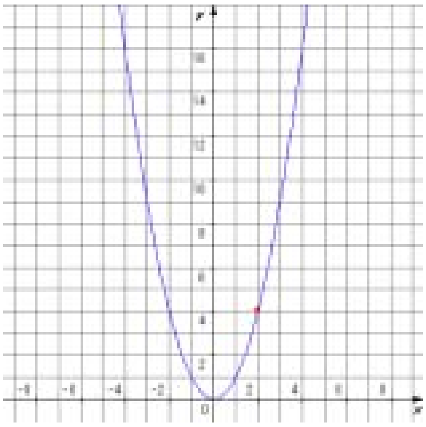


図12　合成の証明図

(3)　微分係数の図形的意味

図13は $y=x^2$ のグラフであり、図14は、そのグラフの点(2,4)の近傍を拡大したものである。曲線もほぼ直線とみなすことができ、その点での傾きは４であることがわかる。



⇒
（拡大）

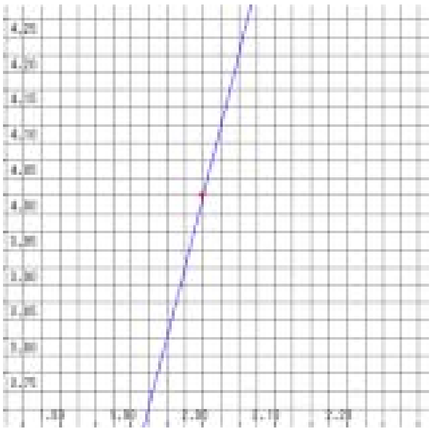


図13　$y=x^2$　　**図14　拡大図**

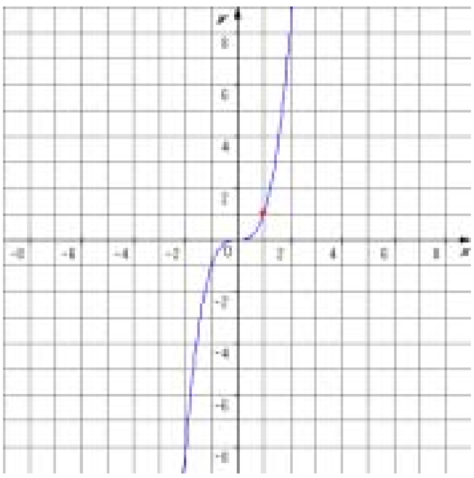
同じことを他の点(-3,9),(-2,4),(-1,1),(0,0),(1,1),(3,9)の６カ所で生徒に操作させ、ｙ′の値となる曲線の各点での傾きを求め、表に記入する。

x	－3	－2	－1	0	1	2	3
y′	*－6*	*－4*	*－2*	*0*	*2*	*4*	*6*

（表の斜体字は操作の中で生徒に記入させる。）

表の数値を考察させることにより、$y'=2x$ となることを推測させる。

同様の操作を図15，図16のように $y=x^3$ についても行わせ、下記の表の数値を求めさせる。



⇒
（拡大）

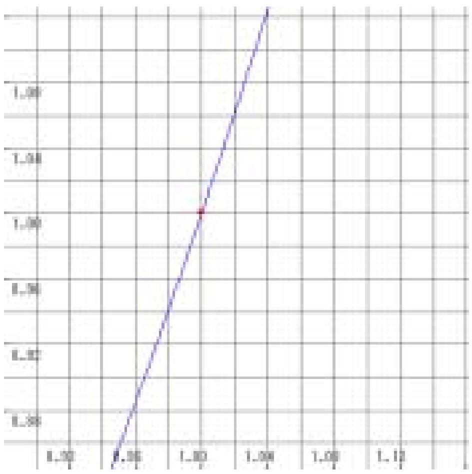


図15　$y=x^3$　　**図16　拡大図**

x	－3	－2	－1	0	1	2	3
y′	*２７*	*１２*	*3*	*0*	*3*	*１２*	*２７*

これらの操作により、$y=x^3$ を微分すると $y'=3x^2$ になることを推測させる。

一般に、$y=x^n$ を微分すると $y'=nx^{n-1}$ になることを推測させ、その後、図３のような極限計算を実際に行い、確認させるのが効果的である。

これもソフトでの操作の前に手作業させることが大切である。通常の10倍、100倍目盛りをとった方眼用紙に関数の値をプロットさせていく。拡大倍率が10倍、100倍となるにつれて、

曲線が徐々に直線に近づいていくのがわかる。生徒にこのことを手作業させるのには、前に述べた２つの教材に比べさらに時間がかかるが一度は体験させることが必要である。

3　実践の結果と考察（２次関数の平方完成について）

(1)　授業実践

２次関数の一般形 $y=ax^2+bx+c$ を頂点がわかる形 $y=a(x-p)^2+q$ へと式変形する学習において、本ソフトを活用し授業実践を行ない、授業中の観察・授業記録・授業後のアンケートにより、検証を行う。

事前に手作業で、関数の値をプロットさせ、頂点の動きを考察させる。次に、同様の作業を本ソフトを利用して行い再度頂点の動きを考察させる。多くの例を演習させる中で、一般形の係数 a,b,c から頂点の位置を類推させ、平方完成することの意義を生徒に理解させる。

ア　単元の指導計画（２次関数　11時間）

時	ねらい	学習活動	支　援	評価項目
1・2	・関数の学習の目的：『変化を調べる』（どこで、最大値・最小値をとるか？）を理解させる。	・課題「容積最大の箱の形は？」について内容を理解し、問題解決をする。	・実際に用紙を配って５個箱を作らせ、容積を計算させる。その５つの値を座標平面にプロットさせ、変化を視覚的にとらえさせる。	・箱の形から容積を計算し、最大となる箱の形がわかる。 ・関数の学習の目的を知り、他の問題も解決しようとする。
3・4	・２次関数のグラフの特徴を理解させる。	・次の関数について値を計算しグラフを描き､特徴を考える。 ・ $y=x^2$ ・ $y=x^2+4x+6$ ・ $y=2x^2$ ・ $y=2x^2-4x+5$ ・ $y=-x^2$ ・ $y=-x^2+2x-4$	・ $y=ax^2$ と $y=ax^2+bx+c$ は、基準点が異なるだけで同じ変化をしていることを気付かせる。	・２次関数のグラフの特徴を理解する。 ・一般形 $y=ax^2+bx+c$ から､頂点（基準点）を見つけようと工夫している。
5・6	・上記の特徴から関数表を用いて、平方完成することを理解させる。	・与えられた関数について、関数表を用いて平方完成を行う。	・関数表だけで平方完成することが困難な状況では、グラフで再度視覚的にとらえさせる。	・一般形 $y=ax^2+bx+c$ で与えられた関数について、関数表を用いて平方完成することができる。
本時 7・8	・前時に手作業で行った内容“一般形で与えられた２次関数を平方完成する”をコンピュータを用いて理解を深める。	・ワークシートにある問題をコンピュータを用いて画面に描かせ、空欄を記入していく。	・GRAPES で作った“頂点（基準点）からの変化”を使い、具体的に複数操作させることで式変形との関連をつかませる。	・コンピュータで描かれた図を見て、平方完成することができる。 ・複数の例を通して、形式的に平方完成する方法を見つけようとしている。

9	・一般形 $y = ax^2+bx+c$ で与えられた関数の最大値・最小値を求める方法を理解させる。	・形式的な式変形で平方完成を行い、与えられた関数の最大値・最小値を求める。	・式変形は、展開や因数分解の時に使った『直積表』を用い、式変形の手順を理解させる。	・一般形で与えられた２次関数を式変形し、最大値・最小値を求めることができる。
10 ・ 11	・応用問題の内容を理解し、立式して最大値・最小値を求める方法を理解させる。	・下記のいくつかの応用問題を解く。 ・導入時の容積最大の箱の形を求める ・ボールを真上に投げ上げた場合の到達点を求める	・『ボール投げ』の問題については、地球上だけではなく、月や火星など、他の星の場合も取り上げ興味を持続させる。	・問題から式をつくり最大値・最小値を求めることができる。

イ　本時の展開（45分の２コマ続きの授業）

①　目標

２次関数のグラフの変化の特徴に関心をもち、一般形 $y=ax^2+bx+c$ から標準形 $y=a(x-p)^2+q$ への式変形を関数描画ソフト GRAPES を通して調べ、平方完成することの意味を理解することができる。

②　展開

学習過程	時間	学習活動	活動の支援	評価の観点
・課題「一般形から標準形への式変形」を把握し、本時の学習の目標をつかむ。	15分	・コンピュータでグラフを描く。 ・図６の関数表を用いて一般形を標準形に直す。	・手作業で行ったことをコンピュータで再び行うことを示し、課題について理解させる。	・課題を把握し、進んで問題を解こうとしているか。 ＜観察＞
・課題を追求する。	65分	・各自が与えられた課題をコンピュータを使って解決し、結果をワークシートに記入する。	・コンピュータで複数の課題を解かせ、理解を深める。 ・作業の遅い生徒には個別に援助する。	・変化の特徴をつかみ、標準形に式変形することができる。 ＜机間指導・観察＞
・本時のまとめをし、次時の予告をする。	10分	・本時の学習目標を理解し、次時の課題について考察する。	・各人が自力解決できたことを認め、パソコンを使わない方法を考察させる。	・形式的に標準形に変形する方法をみつけようとしているか ＜観察＞

(2)　結果と考察

授業後のアンケート

①　コンピュータで描いたグラフから頂点とその変化をとらえることができるか。

1　できる

2　だいたいできる

3　できない

② グラフと関数表から標準形に変形できるか。

1　できる
2　だいたいできる
3　できない

コンピュータに表れたグラフから関数の特徴をつかみ、“意味をつかんで平方完成する”ということは、できるまで繰り返し学習させた。手作業では時間がかかるグラフも瞬時に描かせることができ、式変形の演習に時間を使え、コンピュータによる支援教材が有効であった。一部の生徒は机間指導で教師に援助されれば理解できるが、自力での式変形が定着しなかった。これは、２次関数の理解というよりも文字式の展開や因数分解等の他の数学の基礎学力不足に原因が考えられる。

一般形から標準形への式変形については、単元の指導計画９時間目で生徒の中から方法が示された。頂点の x 座標は、x^2の係数が１ならば x の係数の半分になることは気付いていたようで、「どのようにして求めたのか？」という教師の質問に対して、「x の係数を半分にし、さらに x^2の係数で割ったものを頂点の x 座標にする。y 座標は計算で調整する。」と答えた。

また、標準形 $y=a(x-p)^2+q$ を見て、頂点の位置とそこから $y=x^2(0,1,4,9\cdots)$の a 倍の変化をしていることをつかみ、グラフを書くことを②のアンケートで「だいたいできる」及び「できる」と答えた77%の生徒は理解している。２次関数の本質である“$y=ax^2+bx+c$ の変化が頂点から $y=ax^2$の変化をしている”ことに目をつけさせ、コンピュータで多くの例を演習させたことの成果である。これは、従来行ってきた『$y-q=a(x-p)^2$で、$Y=y-q, X=x-p$ とおいて $y=ax^2$を移動させた“図形の平行移動”』という考え方では指導が困難であった生徒に対する新たな実践の方向であり、さらに研究を進める価値があると思う。

研究のまとめと今後の課題

１　研究の成果

○　今回、関数描画ソフトを用いることにことにより、２次関数の標準形へ意味を理解しながら式変形させることができた。

○　『三角関数の合成』は手作業では30°または15°の刻みで合成させる。だが、コンピュータでは非常に細かく連続的に合成できる。また、特殊な場合だけでなくさまざまな数値の合成も見せることができる。

○　従来の指導では『微分係数の図形的意味』を理解させるため、手作業でグラフ用紙の目盛の幅を10倍、100倍と拡大して関数の値を生徒にプロットさせていた。コンピュータを用いることにより、この作業が一瞬でできるため、複数の例を演習させることができ、公式の類推が容易になる。

２　今後の課題

○　２次関数の教材については、中学までの習熟の違い（関数の意味，文字の使い方，１次関数の理解等）があっても、コンピュータを利用することにより、生徒個々に対応して効果がさらに上がるように、この教材をいっそう充実させていきたい。

○　『三角関数の合成』と『微分係数の図形的意味』については授業実践ができなかった。

どちらも手作業での操作による授業から考えると、生徒の理解を手助けするのに十分役立つと思われる。今後、授業実践を通して検証することにより、この教材もいっそう充実させていきたい。

○　中学時代に不登校だったため基礎学力が不足している生徒に対して、安易に小・中学校のドリルで復習することは彼らのプライドを傷つけることにもなり、そのため成果もあがらなかった。コンピュータでの教材は、難解な公式や式変形の意味の視覚化や数値と関数の対応を明確にすることが可能であり、基礎学力の不十分な生徒の理解を助けてくれる。

　高校に入学させたからには、高校の教材の中で今までの基礎学力を補いたい。今後、他の分野でもコンピュータでの教材を充実させたい。

＜参考・引用文献＞

・友田　勝久　著　『GRAPES パーフェクトガイド』　　文英堂(2003)

・小林　昭　編著　『たのしくわかる数学100時間』　和田博氏の実践　あゆみ出版(1990)