広島大学附属中・高等学校研究紀要
〈第45号　1998〉

数学C「いろいろな曲線」の指導について

長　尾　篤　志

数学Cはコンピュータを活用して数学を学ぶ科目である。筆者は昨年度，今年度と二年間，数学Cの授業を担当しているが，授業を実施する上でいろいろな難しさを感じてしる。特に，「いろいろな曲線」では，どこに目標を置いて授業をすればよいのか，曲線に親しむということをどのようにとらえればよいのか，コンピュータを授業の中でどのように活用すればよいのかなど判然としないことが多い。そこで本稿では，まず数学Cという科目が設定された趣旨および「いろいろな曲線」という単元が設定された趣旨について考察し，次に現在使用されている教科書を比較することによってそれらの趣旨がどのように教科書に反映されているかをみる。さらに，特に理科系の生徒に授業を行う場合，どの程度の内容を，どのように展開すればよいかということを考察する。最後に今後の課題をまとめるが，「なぜ，これを学ぶのか」「これを学ぶとどんないいことがあるのか」という観点で教育内容を見直してみることが第一の課題であると考えている。

1. は じ め に

本校では，数学Cは高校3年の理科系の生徒を対象に授業を行っている。3単位で，数学Cの4つの章のうち「行列の線形計算」と「いろいろな曲線」の授業を行っている。

「行列」の扱いも一次変換がないので，現行の内容では中途半端なように感じられ不満が残るが，「曲線」の方は，どこに目標を置いて授業をすればよいのか，曲線に親しむということをどのようにとらえればよいのか，コンピュータをどのように活用すればよいのか，など授業を行いながら判然としないことが多い。また，理科系の生徒の進路を考えて授業を行う場合，どの程度の内容が必要なのか，ということにも不安に感じられる。

そこで，本稿では，まず，この科目および「いろいろな曲線」という単元が設定された趣旨について考察する。次に現在使用されている教科書の比較を行い，さらに，特に理科系の生徒に授業を行う場合，どの程度の内容を，どのように展開すればよいか，ということについて考察したい。

2. 数学Cおよび「いろいろな曲線」の設定の趣旨

ここでは，「改訂　高等学校学習指導要領の展開」（以下，「展開」と略記）および「指導計画の作成と学習指導の工夫」（以下，「作成と工夫」と略記）にしたがって，数学Cおよび「いろいろな曲線」の設定の趣旨を確認しておきたい。

(1) 数学Cについて

学習指導要領には，数学Cの目標が次のように述べられている。

> 応用数理の観点から，コンピュータを活用して，行列と線形計算，いろいろな曲線，数値計算または統計処理について理解させ，知識の習得と技能の習熟を図り，事象を数理的に考察し，処理する能力を伸ばす。

応用数理ということに関しては，「作成と工夫」に次のように述べられている。

「応用数理には，数学の理論を発展させてその成果を諸科学に応用しようという側面と，諸科学で現れる数理現象を数学的に解析しようという二つの側面がある。(中略)

高等学校の見地から応用数理という場合，次のことが考えられる。

①数学以外の諸科学との関連性を視野に入れること

②コンピュータの活用

③数理現象の統計処理の理解」

また，コンピュータの活用ということに関しては，次のように述べられている。

「コンピュータのますますの普及を視野に入れ，積極的にパソコンを活用して数学教育を行うために，今回の学習指導要領において「数学C」が設定されたのである。(中略)

伝統的な高校数学およびその発展を理解する道具としてコンピュータ（パソコン）利用するこであり，コンピュータを理解するために必要な新し

Teaching Mathematics C “Various Kinds of Curves”
Atsushi NAGAO

い数学を教えることではない」（展開）

「コンピュータを活用するとは，具体的には，コンピュータにより数値計算を行ったり，グラフを描いたりすることをいう。このような実験的な作業を積極的に実行することにより，数学の理解を図ろうというのである。」（作成と工夫）

これらのことから，数学Cを設定した趣旨は次のように考えることができる。

将来的に，数学を他の諸科学に応用したり，他の諸科学に現れる数理現象を数学的に解析したりするのに必要な基礎的な能力を身につけることを目標とする。そのため，コンピュータを積極的に活用し，他教科や他科目との関連を視野に入れながら伝統的な数学の学習や，さまざまな場面に現れる数理現象を統計処理することを学習する。

筆者は，昨年度，今年度と二年連続して数学Cを受け持っているが，実際にコンピュータを活用して授業したのは数回であった。生徒の進路のことを考えると，できるだけ早く教科書の指導内容を終えてしまいたいという気持ちが強く働いたためであったが，数学Cを設定した趣旨を上述のように考えると，これでは数学Cを履修した意味がほとんどなかったといえる。

(2) 「いろいろな曲線」について

いろいろな曲線に関しては，「展開」に次のように述べられている。

「コンピュータのグラフィックを利用して，いろいろな関数のグラフを描き，座標（直交座標，極座標）の理解を深めつつ，曲線の形に親しむ。」

さらに，「生徒にグラフを描かせるプログラムを作成させることができれば，座標平面の概念の理解は完全に定着するようになるだろう」とも述べられている。

また，「作成と工夫」には「この項目の意図するところは，コンピュータグラフィックスの活用により座標平面の概念の理解を深め，さらに，媒介変数表示による曲線の表示方法を理解することである。（中略）コンピュータを活用するといった場合に，生徒にBASICなどの言語でプログラムを書かせるべきか，それともグラフを描くための既成のソフトウェアを利用すべきであるか意見の分かれるところである。」と述べられている。

これらのことから，「いろいろな曲線」という単元を設定した趣旨は次のように考えることができる。

数学の中で現れるさまざまな曲線を（コンピュータで）描かせるために，座標平面の理解を深め，媒介変数表示や極方程式などによる曲線の表示方法を理解させることを目標とする。また，これまでに親しみのある曲線以外に，やや複雑な曲線を実際にコンピュータで描かせ，方程式やその概形から曲線の性質などを考察することによって曲線に親しみをもたせる。

「作成と工夫」に「従前の「代数・幾何」の二次曲線（楕円，双曲線，放物線）の内容もここでコンピュータを活用しながら指導することになる。」と述べられている。これは従前とほぼ同じ二次曲線の内容をコンピュータを活用しながら，より効果的に，よりわかりやすく指導するということであろう。また，媒介変数表示や極座標，極方程式の指導は，あくまで，数学の中で現れる曲線をよりスムーズに（コンピュータで）描くことが目的と考えるべきであろう。ただ，授業の中では，媒介変数表示や極座標・極方程式を利用することのよさがわかる問題を生徒に考えさせることも必要である。

コンピュータの活用については，プログラムを作成することと既成ソフトを利用することの両方について述べられているが，これは既成ソフトの普及状況にも配慮したものと理解される。プログラムを作成することは，それまでの学習内容を再構成し，理解を深めるといった意義もあるが，実際には，プログラム言語を学ぶことだけで嫌気がさしてくる生徒もいるであろう。生徒がこの単元を学習しやすいと思われる既成のソフトがあれば積極的に活用すべきである。

3. 教科書調査から

前項で確認した趣旨がどのように生かされているか調べ，どの程度の内容まで指導すべきか考えるために，来年度から使用される教科書について，「いろいろな曲線」の章の調査を行った。

調査を行ったのは次の10社，13冊の教科書である。

数研出版：数学C（A1）　新編数学C（A2）
　　　　　探究数学C（A3）
啓林館：数学C（B1）　標準数学C（B3）
第一学習社：数学C（改訂版）（C）
東京書籍：数学C（D）
旺文社：数学C（E）
学研：数学C（F）
実教出版：数学C（G）
学校図書：数学C（H）
三省堂：数学C（I）
文英堂：新編数学C（J）

以下，教科書はA1～Jの記号で表す。

(1) コンピュータの活用と章の構成について

まず，コンピュータの活用についてであるが，Hの教科書を除いて他はすべてBASICで書かれたプログラムが掲載されていた。Hの教科書は，「この章では教科書に付随したコンピュータソフトを利用することを前提にいろいろなグラフについて解説する。」と最初に断り，プログラムは掲載されていない。

コンピュータのプログラムが1つの章のどこに掲載されているかによって，コンピュータの活用の仕方が異なってくる。そこで，H以外の教科書についてプログラムが掲載されている個所を調べてみると次の表のようになっていた。

章のはじめ	B1，J
章のおわり	A3，E，G，I
章のはじめとおわり	B2
各節のおわり	A1，A2，C，D，F

章のはじめにプログラムが掲載されている場合は，必要な個所で随時プログラムの掲載と説明がなされており，コンピュータを活用して学習することが強く打ち出されているように感じた。特にJの教科書は，第1節を，グラフィックス　という節にし，ここでグラフィック画面の説明や軌跡を求めるためのプログラム，簡単な陽関数を描くプログラムを例示しBASICの詳しい説明を行っている。また，「関数のグラフや曲線を描くとき，媒介変数は有効なことが多い。また，あとで見るように，媒介変数を使って定められた曲線も数多くある。」として，媒介変数表示の必要性もここで述べられていた。

章のおわりにプログラムが掲載されているGの教科書には，「いろいろな曲線の例をあげておくので，適当なソフトを用いるなど各自工夫して確かめてみるとよい。」と述べられている。章のおわりにプログラムが掲載されている場合，コンピュータを活用して学習するという姿勢が他の場合に比べてやや弱いように感じられた。

章のはじめとおわりにプログラムが掲載されているB2の教科書は，どちらかというと，章のおわりの方に比重がおかれていた。

各節のおわりにプログラムが掲載されている教科書がもっとも多い。ただ，便宜上ここに入れたが，C，Fの教科書は節を少し小さく分けてそのおわりにプログラムが掲載されている。

先にも述べたように，章のはじめにプログラムが掲載されている教科書の方が，章あるいは各節のおわりにプログラムが掲載されている教科書よりコンピュータを活用して学習をする姿勢が強いように感じられる。ただ，授業をする側としては，章あるいは各節のおわりにプログラムが掲載されている方が授業展開を考えやすいのも事実である。このような教科書を使用する場合，当然のことであるが，授業者の姿勢によってコンピュータを活用して学習する度合いは大きく変ってくると言えるだろう。

次に章の構成について考えてみよう。学習指導要領に「いろいろな曲線」の指導内容は次のようにあげられている。

ア．式と図形
(ア) 方程式の表す曲線
(イ) 楕円と双曲線
イ．媒介変数表示と極座標
(ア) 曲線の媒介変数表示
(イ) 極座標と極方程式
(ウ) いろいろな曲線

コンピュータを活用して曲線について学習する，という章の目的を明確にするためには，導入としてア．(ア) 方程式の表す曲線　にあたる内容は指導する方がよいと考えている。次の教科書は，ア．(イ) 楕円と双曲線　にあたる2次曲線からこの章が始められている。

C，E，F，G，I

この場合，2次曲線の指導で，より積極的にコンピュータを活用するか，何らかの補足をした方がよいと思われる。実際，Dの教科書では，2次曲線から章は始められているが，放物線の方程式　の中で最初に　曲線の図示　という項目を設けて導入的な説明がなされている。

イ．(ウ) いろいろな曲線　にあたる内容は，先にも述べたように，章あるいは節のおわりにプログラムを掲載している教科書が多いので，多くは「コンピュータといろいろな曲線」「コンピュータの利用」などの項を設けて扱われている。CとFの教科書は，イ．(ウ) いろいろな曲線　にあたる項は設けず，各節のおわりでいろいろな曲線をコンピュータで描いていた。Jの教科書は全体的に章の構成が他とやや異なっており，第3節をいろいろな曲線として，極方程式，媒介変数表示の項でいろいろな曲線をコンピュータで描いていた。

いろいろな曲線という場合，媒介変数表示された曲線あるいは極方程式で表された曲線が考えられて

いる。このような曲線の表し方は生徒にとって身近なものではない。したがって，基礎的な内容を学習し終えた後で，いろいろな曲線をコンピュータで実際に描いて，「なぜ曲線の形がこうなるのか」「この曲線はどういう場面で現れてくるのか」「この曲線はどういう性質をもっているのか」などを探究させる方がよい。

(2) 2次曲線の取り扱いについて

2次曲線で扱われている内容が教科書によって異なっている。2次曲線の標準形など以外にどのような内容が扱われているか調べた。

平行移動	A1, A2, A3, B1, B2, C, G, H
回転移動	H
2次曲線の一般形	H, J
2次曲線と直線	A1, A2, A3, B2, C, D
焦点の性質	A1, I
離心率・準線	A1, B1, C, D, E, F, G, I, J

以下に簡単に補足説明を付け加えておく。

平行移動：B1の教科書は放物線についての記載である。

2次曲線の一般形：Jの教科書は2次曲線の一般形の結果の記載である。

2次曲線と直線：B2の教科書は放物線についての記載である。

焦点の性質：A1の教科書は放物線の焦点の性質については証明しているが，楕円，双曲線については焦点の性質だけの記載である。Iの教科書は焦点の性質だけの記載である。

離心率・準線：Eの教科書には離心率という用語は出されていない。D, G, Iの教科書では，極方程式の項で離心率・準線についてふれられている。

Hの教科書は，先にもふれたように，付随したソフトを利用することが前提にされており，他の教科書とは異なる記述がされている。まず，方程式の表す図形の項では，x，yの2次方程式の表す図形という項目を設け，

$$Ax^2+Bxy+Cy^2+Dx+Ey+F=0$$

のA, B, C, D, E, Fにいろいろな値を代入させてコンピュータで図形を描かせている。(実際には式があまり複雑にならないよう，また，描かれる図形がかたよらないよう代入する値をいくつか指定している。) そして，楕円を定義し，次の方程式で表される曲線が楕円であることを確認している。

$$\left(\frac{x}{a}\right)^2+\left(\frac{y}{b}\right)^2=1 \qquad (\text{ただし，} a>0,\ b>0)$$

その後で，この方程式を利用して2定点$\left(\sqrt{a^2-b^2},\ 0\right)$, $\left(-\sqrt{a^2-b^2},\ 0\right)$からの距離の和が一定

(ただし，0<b<aの場合。0<a<bの場合も同様に一定である。) であることを言っている。双曲線，放物線の場合も同様である。

このHの教科書の2次曲線の展開の仕方は，コンピュータを活用して2次曲線を学習する一つ典型例であると考えられ，参考にできるものである。

2次曲線で取り扱う内容は教科書によって差が大きいが，これは，生徒の実態や単位数に応じて各学校で柔軟に考えればよいということであろう。

(3) 曲線の媒介変数表示について

最近，授業の中で生徒から「なぜ，これを学ぶのか。」「これを学ぶとどんないいことがあるのか。」と質問されることが多い。曲線の媒介変数表示は生徒にはなじみの薄いものであるから，なぜ曲線を媒介変数表示するのか，ということは何らかの形で明らかにしておいた方がよい。そこで，ここではまず，媒介変数表示をどのように導入しているかということを調べ，次に，どのような曲線が取り扱われているかということを調べた。

媒介変数表示の導入は3つに分かれていた。

平面上を運動する点の軌跡の説明から導入	A1, A3, B2, C, F, H, I
コンピュータで曲線をよりスムーズに描く必要性の説明から導入	J
あまり説明を加えずに導入	A2, B1, D, E, G

Jの教科書については(1)で述べた。

平面上を運動する点の軌跡の説明から曲線の媒介変数表示を導入するのは，もっともオーソドックスな方法で，これを採用した教科書が多いのは当然であろう。平面上を運動する点の軌跡を扱ったものでも，A3の教科書は次のように生徒がこれまで考えたことのあると思われる問題から導入していた。

放物線 $y=x^2-2tx+1$ の頂点 t はの値が変化するとき，どのような曲線を描くか調べてみよう。

ただ，ここでは「いろいろな曲線」の単元の趣旨からすると，Jの教科書のように，曲線を描く必要性からの説明の方がよいと思われる。

次に，媒介変数表示で取り扱われていた曲線についてである。(直線は除く。)

2次曲線（放物線だけの場合は除く）	A1, A2, A3, B1, B2, C, D, E, F, G, H, I, J
サイクロイド	A1, A2, A3, B1, B2, C, D, E, F, G, (H), I, (J)
内サイクロイド（アステロイドを含む）	C, G, (H), (I), (J)
外サイクロイド	(A2), (J)
内トロコイド	(I)
円の伸開線	E, F
リサージュ曲線	(A1), (A2), (A3), (B1), C, (D), (E), F, (G), (H), I, (J)
デカルトの葉形	(I), (J)

表中の（ ）で示したのは，イ．(ウ) いろいろな曲線　にあたる個所で取り扱われていたものである。また，練習問題中に上記以外の曲線で取り上げられているものもあったが，ここでは取り上げなかった。表からすぐにわかるように，ほぼすべての教科書取り上げられていた曲線は，2次曲線，サイクロイド，リサージュ曲線であった。2次曲線は，いくつかの教科書には角 θ による表示以外に，分数式による表示も記述されていた。I，Jの教科書には，リサージュ曲線が振り子の先につけられた砂袋からもれた砂が描く曲線である，という説明がある。

デカルトの葉形は $x^3+y^3-3axy=0$ で表される曲線である。この曲線は，このままではコンピュータで描くのは困難であるが，媒介変数表示することによって，きれいに描くことができる。媒介変数表示の有効性を示す好例である。

媒介変数表示の基礎的な内容の学習では，2次曲線とサイクロイドを取り上げ，その後，生徒の実態に応じて上の曲線の中から1～2の曲線を取り上げればよいと思われる。

(4) 極座標・極方程式について

曲線の媒介変数表示と同様に，ここでもまず，どのように極座標・極方程式を導入しているかを調べ，次に，どのような曲線が取り扱われているかということを調べた。

導入ではほとんどの教科書があまり説明を加えていなかった。B2の教科書では「北極付近の地図は，北極を中心とする放射線と同心円で区切られている。これと同じ考え方で平面上の位置を表すことを考えよう。」と記述され，Cの教科書では「いろいろな曲線を表示できるようにするために，直交座標とは異なる点の位置の表し方を考えてみよう。」と記述されている。(下線は筆者)

ここでも，なぜ極座標・極方程式を学習するのかということを何らかの形で明らかにしておいたほうがよい。特に，極方程式は初めて接する生徒には曲線の媒介変数表示以上にわかりにくいものであるから，なおさらである。Cの教科書の導入部分（下線部分）を生かすとすると，直交座標では描きにくいが，極座標では比較的容易に描くことができる曲線を考えるべきであろう。

極方程式で取り扱われていた曲線は次の通りである。

(半) 直線	A1, A2, A3, B1, B2, C, D, E, F, G, H, (I), J
極を中心とする円	A1, A2, A3, B1, B2, C, D, E, F, G, H, J
極を中心としない円	A1, A2, A3, B1, B2, C, D, E, F, G, H, J
2次曲線（離心率を用いる）	A1, A2, A3, B1, (B2), C, D, E, G, (I), J
アルキメデスの螺旋	A1, A2, (B1), C, F, (G), I, J
対数螺旋	(B1), J
リマソン(カージオイドを含む)	(A1), (A2), B1, (B2), C, D, E, F, (H), I, J
正葉曲線	(A1), (A2), (B1), (B2), C, D, E, (G), (H), I, J
レムニスケート	(A2), C, F, (G), J

表中の（ ）で示したのは，イ．(ウ) いろいろな曲線　にあたる個所で扱われていたものである。ただし，Jの教科書は章の構成が他と異なるので，（ ）はつけていない。

表からすぐにわかるように，対数螺旋，レムニスケート以外の曲線はほとんどの教科書で取り上げられている。レムニスケートを取り上げている教科書は少数であるが，取り扱いの工夫をすれば，極方程式の指導においては有効であると考えている。対数螺旋は，曲線名まで出す必要はないであろう。アル

キメデスの螺旋を発展させる形で扱えばよいのではないか。2次曲線やアルキメデスの螺旋の指導を通して，極方程式を用いると複雑な曲線を簡明に表すことができることも理解させたい。
なお，極座標（r, θ）について，r<0の場合をふれていない教科書がいくつかあった。

r<0の場合，(r,θ) を $(|r|,\theta+\pi)$ とみなすのは少しわかりにくいことがらではあるが，なぜこう考えるのかということを説明し，ふれておく方が曲線を簡明に表わすという点で，よりよいと考える。

4. 授業展開例

これまで調べたり考えたりしてきたことと，実際の授業の反省に立って，ここでは授業の主な点の展開例を提示してみたい。

(1) 基本的な考え方

授業展開を考えるうえでの基本的な立場は次の通りである。

①内容をできるだけ自然な形で発展させる。また，媒介変数表示や極座標・極方程式の導入では，コンピュータを活用して曲線を描くという意図を明らかにする。

②コンピュータの活用に際しては既成のソフト（ここではIBM関数ラボの使用を考えた）を使用することを原則とする。

(2) 授業展開例

① 方程式の表わす曲線

x, yの方程式をいくつか提示し，曲線の描き方を復習する。x, yの方程式で表わされた曲線は座標平面上では方程式を満たす（x, y）の点の集合であり，これらの点をプロットすることによってコンピュータで曲線の概形を描くことができることを確認する。ただし，方程式 $F(x,y)=0$ で表わされた曲線は，$y=f(x)$ の形に変形されなければコンピュータでも描くのは難しい。コンピュータで曲線を描くためにも何らかの工夫が必要である。そのため，曲線の媒介変数表示や極座標・極方程式などを学習していくことになることをふれておく。（今後の学習の方向を提示する。）

② 2 次 曲 線

円はx, yの2次方程式で表される。x, yの2次方程式の一般形は次の式で与えられるが，この式で表される図形は円以外に何があるだろうか。

$$ax^2+bxy+cy^2+dx+ey+f=0$$

a, b, c, d, e, fにいろいろな値を代入させてコンピュータで図形を描かせ，生徒が描いた図形を整理する。生徒が描いた図形は次の6つのいずれかになる。

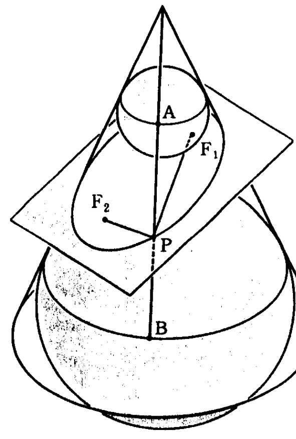
- 1点
- 1つまたは2つの直線
- 円
- 楕円
- 双曲線
- 放物線

1点になる場合は，2次方程式を満たすx, yの組がただ1組だけ存在する場合である。

直線になる場合は，左辺の2次式がx, yの1次式の積に因数分解される場合である。

2次方程式を満たす実数x, yが存在しない場合も考えて，これら3つの場合を除くと，x, yの2次方程式は円，楕円，双曲線，放物線のいずれかを表わすようであることを確認する。これらの図形はすべて円錐を平面で切った切り口に現れる図形であり，円錐曲線とよばれる（ただし，円は楕円の特別な場合とみなす。）。円錐曲線には次の性質があることを下図のような図を使って理解させる。

楕　円：2定点からの距離の和が一定である。
双曲線：2定点からの距離の差が一定である。
放物線：定点と定点を通らない定直線からの距離が等しい。



③ 楕円，双曲線，放物線

ア．2定点F, F'からの距離の和が一定である点Pの軌跡が楕円である。

直線F, F'をx軸，線分F, F'の垂直二等分線をy軸とし，$F(c,0), F'(-c,0), P(x,y)$ とおく。PF＋PF'$=2a$（一定）とおくと，$\dfrac{x^2}{a^2}+\dfrac{y^2}{a^2-c^2}=1$ を得る。

さらに，$b^2=a^2-c^2\ (b>0)$ とおくと，$\dfrac{x^2}{a^2}+\dfrac{y^2}{b^2}=1$

ただし，$0 < b < a$

$\dfrac{x^2}{a^2}+\dfrac{y^2}{b^2}=1$ で a，b にいろいろな値を代入して，コンピュータで曲線を描く。

$0<b<a$ の場合，横に長い楕円である。a の値を固定して，b の値を 0 に近づけると（c の値を a に近づける）と楕円のゆがみが大きくなる。

$0<a \leq b$ の場合，$\dfrac{x^2}{a^2}+\dfrac{y^2}{b^2}=1$ の表わす図形はどうなるだろうか，と問題を投げかける。コンピュータで図形を描いた後，次のことを確認する。

$a=b$ の場合，円になる。このことは簡単に確認される。2 定点 F, F' が原点と一致する場合である。

$0<a<b$ の場合，縦に長い楕円である。$y=x$ に関する対称性を利用して確認する。

$\dfrac{x^2}{a^2}+\dfrac{y^2}{b^2}=1$ は $y=\pm\dfrac{b}{a}\sqrt{a^2-x^2}$ と変形されるので，楕円 $\dfrac{x^2}{a^2}+\dfrac{y^2}{b^2}=1$ は，円 $x^2+y^2=a^2\left(y=\pm\sqrt{a^2-x^2}\right)$ を y 軸方向に $\dfrac{b}{a}$ 倍にしたもの（文字通り，円をゆがめたもの）であることがわかる。

この後，焦点，頂点，主軸，長軸，短軸，などの用語を定義し，対称性を確認する。

イ．双曲線，放物線の展開もほぼ同様に行う。

ここでは，双曲線の漸近線の指導について述べておきたい。

双曲線 $\dfrac{x^2}{a^2}-\dfrac{y^2}{b^2}=1$ をコンピュータで描き，座標軸のひと目盛りを大きくしてみると，$|x|$ が大きくなると曲線が原点を通る直線に近づいているのがわかる。これを次のように考える。

$\dfrac{x^2}{a^2}-\dfrac{y^2}{b^2}=1$ は $\left(\dfrac{x}{a}-\dfrac{y}{b}\right)\left(\dfrac{x}{a}+\dfrac{y}{b}\right)=1$ と変形されるので，双曲線上の点（座標）は次の連立方程式を解いて得られる x, y を座標にもつ点である。

$$\frac{x}{a}-\frac{y}{b}=t,\ \frac{x}{a}+\frac{y}{b}=\frac{1}{t}$$

したがって，$|t|$ が限りなく大きくなるか 0 に限りなく近づくと，曲線上の点は $\dfrac{x}{a}+\dfrac{y}{b}=0$ または $\dfrac{x}{a}-\dfrac{y}{b}=0$ に限りなく近づく。

④　2 次曲線の平行移動，回転移動

ここでは，2 次曲線の回転移動について述べておく。まず，次の問題を提示する。

方程式 $xy=-1$ の表わす図形を原点の周りに45° 回転させた図形の方程式を求めよ。

$xy=-1$ は，x 軸，y 軸を漸近線にもつ直角双曲線であるから，これを原点の周りに 45° 回転させると，明らかに $y=\pm x$ を漸近線にもつ直角双曲線になる。最初にこのことを確認しておく。

方程式 $xy=-1$ 上の点 (x, y) を原点の周りに 45° 回転させた点を (X, Y) とすると

$$x=\frac{1}{\sqrt{2}}(X+Y),\ y=\frac{1}{\sqrt{2}}(-X+Y)$$

（これは複素数を利用して求める）

$xy=-1$ に代入し，整理して $\dfrac{X^2}{2}-\dfrac{Y^2}{2}=1$ を得る。

したがって，$xy=-1$ を原点のまわりに 45° 回転させた双曲線の方程式は $\dfrac{X^2}{2}-\dfrac{Y^2}{2}=1$ である。

同様に，$f(x,y)=0$ 上の任意の点 (x, y) を原点のまわりに θ 回転させた点を (X, Y) とすると，次の式が得られる。

$$x=X\cos\theta+Y\sin\theta,\ y=-X\sin\theta+Y\cos\theta$$

これを確認した後，次のようないくつかの 2 次曲線の方程式を与え，原点のまわりに回転した曲線の方程式を求める。さらに，回転した後，平行移動した曲線の式を求め（x, y の 2 次方程式の一般形と比較する。），元の 2 次曲線と移動した後の 2 次曲線をコンピュータで描いて確認をする。

$$4x^2+y^2=4$$
$$x^2-y^2=1$$
$$y^2=x$$
$$y^2=x$$

⑤　2 次曲線の定義の再考～離心率と準線～

先に，$\dfrac{x^2}{a^2}+\dfrac{y^2}{b^2}=1$（$0<b<a$）において b が 0 に近づく，すなわち c が a に近づくと楕円のゆがみが大きくなることを見た。このことを再度確認する。

具体的には，例えば $\dfrac{x^2}{9}+\dfrac{y^2}{9-c^2}=1$ において，$c(c\geq 0)$ にいろいろな値を代入してコンピュータで曲線を描き，次のことを確認する。

$c=0$ の場合：円
$0<c<3$ の場合：楕円
$c=3$ の場合：曲線なし
$c>3$ の場合：双曲線

ただし，関数ラボでは，$0<c<3$ の場合は c の変化にともなって楕円が表わされるが，$c>3$ の場合は c に具体的に数値を代入し，式を一つひとつ入力しなければならない。$c=4$, 5, 6 ぐらいで確認すればよいだろう。（コンピュータで曲線を描くときの，何ら

かの工夫の必要性をここでもふれておく。)

楕円 $\dfrac{x^2}{a^2}+\dfrac{y^2}{b^2}=1$ ($0 < b < a$) において，

$e=\dfrac{c}{a}=\dfrac{\sqrt{a^2-b^2}}{a}$ とおくと，$0<e<1$

楕円上の点P (x, y) から直線 $x=\dfrac{a}{e}$ に下ろした垂線をPHとすると，$\dfrac{\mathrm{PF}}{\mathrm{PH}}=e$ であることが計算により確認される。

双曲線 $\dfrac{x^2}{a^2}-\dfrac{y^2}{b^2}=1$ においても $e=\dfrac{c}{a}=\dfrac{\sqrt{a^2+b^2}}{a}$ とおくと，$e>1$ で上と同様のことが確認される。

放物線 $y^2=4px$ 上の点P (x, y) に対しては，直線 $x=-p$ に下ろした垂線をPHとし，$\dfrac{\mathrm{PF}}{\mathrm{PH}}=e$ とおくと，$e=1$。

したがって，２次曲線上の点Pから定直線に下ろした垂線をPH，２次曲線の焦点の一つをF，$\dfrac{\mathrm{PF}}{\mathrm{PH}}=e$ とすると，e は一定で，楕円：$0<e<1$，放物線：$e=1$，双曲線：$e>1$ である。

さらに，次の例を考えさせる。

原点と直線 $x=3$ との距離の比が $e:1$ である点Pの軌跡は何になるか。

コンピュータで図形を描くために，この軌跡の方程式を求める。

点Pから直線 $x=3$ に下ろした垂線をHとすると，$\mathrm{PO}:\mathrm{PH}=e:1$，これより，簡単な計算により，次の式を得る。

$$\left(1-e^2\right)x^2+6e^2x+y^2-9e^2=0$$

コンピュータでいろいろなeの値を代入して曲線を描く。ただし，関数ラボでは，この場合もe>1のときはeに具体的な値を代入し，式を一つひとつ入力しなければならない。

この例から推測されるように，２次曲線は次のように定義してもよい。

定点FとFを通らない定直線 ℓ に対して，Fまでの距離と ℓ までの距離の比がe:1である点Pの軌跡

このとき，$0<e<1$：楕円，$e=1$：放物線，$e>1$：双曲線　である。(Fを焦点，ℓ を準線という。)

⑥　曲線の媒介変数表示

ア．これまでにも述べてきたように，コンピュータで曲線を描くには，既成のソフトを使用する場合でも，自作のプログラムを使用する場合でも限界がある。

例えば，次の方程式で表される図形（デカルトの葉形）はこのままでは関数ラボを使って表わすことはできない。

$$x^3+y^3-3xy=0$$

このようなとき，曲線上の点の x 座標，y 座標をある変数 t の関数として

$$x=f(t),\ y=g(t)$$

と表わすことがある。このとき，t を媒介変数，この表わし方を曲線の媒介変数表示という。

例えば，先の曲線は，$\dfrac{y}{x}=t$ とおくと $x=\dfrac{3t}{1+t^3}$，$y=\dfrac{3t^2}{1+t^3}$ と表わされ，t を変化させることによって，コンピュータで曲線を描くことができる。

この曲線の媒介変数表示は，(コンピュータで) 曲線を描く場合だけではなく，曲線についての種々の問題を解決したり，複雑な曲線を簡明に表示したりするときにも使われる。

イ．ここでは次の曲線を取り扱う程度でよいと考えている。

直線，放物線，円，楕円，双曲線，サイクロイド

曲線を媒介変数表示する方法は一つではないが，直線，放物線以外は角 θ を使って表わす方法を中心に指導する。その方がコンピュータを使って曲線がスムーズに描けるからである。しかし，その他の表わし方があることにもふれておく。例えば，円 $x^2+y^2=r^2$ の媒介変数表示としては次のものもある。

$$x=\frac{r\left(1-t^2\right)}{1+t^2},\ y=\frac{2rt}{1+t^2}$$

これは，円 $x^2+y^2=r^2$ と直線 $y=t(x+r)$ との交点を考えて得られるものである。ただし，円上の点 $(-r,\ 0)$ は表わすことができない。また，この表示は，円上の点と原点とを結ぶ線分が x 軸との正の部分とのなす角を θ とするとき，$t=\tan\dfrac{\theta}{2}$ とおいたものになっている。したがって，楕円や双曲線でも同様の媒介変数表示が可能である。また，双曲線では漸近線の指導のときに用いた方程式から，$x=\dfrac{a}{2}\left(t+\dfrac{1}{t}\right)$，$y=\dfrac{b}{2}\left(t-\dfrac{1}{t}\right)$ という媒介変数表示が得られる。いずれの場合も実際にコンピュータで曲線を描き特徴を把握させておく。

２次曲線の基礎的な媒介変数表示の指導を終えた後で，媒介変数表示のよさを理解させるために，次

のような問題を考えさせる。

楕円 $9x^2+4y^2=36$ に内接し，辺が座標軸に平行な長方形の面積を S とする。このとき S の最大値と，そのときの 2 辺の長さを求めよ。

曲線が媒介変数を用いて簡明に表示される例としてサイクロイドを取り上げる。サイクロイドは数学Ⅲでも取り上げられる曲線であるが，曲線と x 軸とで囲まれる部分の面積を求めたり，曲線の長さを求めたりするだけで，詳しい説明はあまりなされない。この曲線は，17世紀～18世紀に盛んに研究され，等時性や最速下降性という特徴をもっている。このような研究の歴史などを紹介すると生徒はより興味をもつであろう。

⑦　極座標，極方程式

コンピュータで曲線を描くときの一つの工夫は曲線を媒介変数表示することであった。もう一つの工夫に曲線を極方程式で表わすことがある。まず，極座標について学習し，次に極方程式について学習する。

ア．これまで使ってきた直交座標に対して，極座標は，一つの点 O（極）と半直線 OX（始線）を用い，平面上の点 P を，O からの距離 r と線分 OP が半直線 OX となす角 θ で $(r,\ \theta)$ と表わす。

特に座標平面上で，極を原点 O，始線を x 軸の正の部分とすると，極座標 $(r,\ \theta)$ と直交座標 $(x,\ y)$ は次の関係がある。

$$x=r\cos\theta \qquad r=\sqrt{x^2+y^2}$$

$$y=r\sin\theta \qquad \cos\theta=\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}},\ \sin\theta=\frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}}$$

$$\left(\tan\theta=\frac{y}{x}\right)$$

いくつかの例をした後で，次のことを注意する。

・極座標では $(r,\ \theta)$ と $(r,\ \theta+2n\pi)$（n は整数）は同じ点を表わす。したがって，θ の範囲を $0\leq\theta<2\pi$ などに制限することが多い。

・$r<0$ のときを考える。例えば，極座標で $\left(-2,\ \frac{\pi}{3}\right)$ と表わされた点を形式的に直交座標座標に直すと，

$$x=-2\cos\frac{\pi}{3}=-1$$
$$y=-2\sin\frac{\pi}{3}=-\sqrt{3}$$

で，点 $\left(-1,\ -\sqrt{3}\right)$ を表わす。

これは，極座標で $\left(2,\ \frac{4\pi}{3}\right)$ と表わされる点と同一の点である。

そこで，極座標 $(r,\ \theta)$ で，$r<0$ のときは，$\left(|r|,\ \theta+\pi\right)$ である点を表わすものと決めておくと都合がよい。

イ．曲線上の任意の点の極座標を $(r,\ \theta)$ とするとき，$r,\ \theta$ の間に方程式

$$r=f(\theta),\ F(r,\theta)=0$$

という関係が成り立つとき，この方程式をその曲線の極方程式という。

生徒は極座標に不慣れであるので，曲線の極方程式の意味が捉えにくい。直交座標で曲線の方程式を考え，それを極座標に直す方向で授業の展開を考える方が生徒には理解させやすい。

まず，二つの図形を例にとる。

・中心が極，半径が a の円の極方程式は，$r=a$
　これが先ほどの円である。

・極 O を通り，始線とのなす角が $\frac{\pi}{4}$ である半直線の極方程式は $\theta=\frac{\pi}{4}$

　なお，極 O を通り，始線とのなす角が $\frac{\pi}{4}$ の直線の極方程式は，$\tan\theta=1$ であるが，先ほどの極座標の約束を使うと，$\theta=\frac{\pi}{4}$ で表わすことができる。

　この後，直線，円，2 次曲線の極方程式を指導する。

・直線は次のような具体例を使って指導する。

$x=3$

$y=2$

$x+y=2$

$ax+by=c$

ただし，第 4 式の c は 0 以上とする。

第 4 式では，原点からこの直線に下ろした垂線との交点の座標が $\left(\frac{ac}{a^2+b^2},\ \frac{bc}{a^2+b^2}\right)$ であることから，原点と交点との距離 p は $p=\frac{c}{\sqrt{a^2+b^2}}$ で，原点とこの交点を結ぶ線分が x 軸の正の部分となす角を α とするとき，

$$\cos\alpha=\frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}},\ \sin\alpha=\frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}}$$

第 4 式は $\frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}x+\frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}}y=\frac{c}{\sqrt{a^2+b^2}}$ と変形されるので

$$\cos\alpha\cdot r\cos\theta\cdot\sin\alpha\cdot r\sin\theta=p$$

すなわち，極方程式は，$r\cos(\theta-a)=p$

直線の極方程式を，次のような一般的な形で整理

する。

点A (p, α) を通り，線分OAと垂直な直線の極方程式は， $r\cos(\theta-a)=p$

・円は次のような具体例を使って指導する。

中心（2，0），半径2の円

中心（3，3），半径2の円

中心（a，b），半径rの円

直線の場合と同様に，第3式を指導した後で，円の極方程式を次のような一般的な形（余弦定理）で整理する。

点C (r_1, θ_1) を中心とする半径 a の極方程式は，
$r^2+r_1^2-2rr_1\cos(\theta-\theta_1)=a^2$

・2次曲線の場合，例えば，楕円 $x^2+4y^2=4$ で $x=r\cos\theta$，$y=r\sin\theta$ とすると，

$r^2(1+3\sin^2\theta)=4$ という極方程式が得られるが，直線や円の場合と異なり，図形的な意味が捉えにくい。その上，式も元の式よりやや複雑になり極方程式で表わすことにあまり利点がないように思われる。双曲線，放物線の場合も同様である。これは，極を楕円や双曲線の中心，放物線の頂点にとることに原因がある。2次曲線にはすべて焦点があり，焦点を極にすることも一つの方法である。（2つ焦点があるものは，そのどちらか一方を極とする。）

特に，**⑤2次曲線の定義の再考** で次のことを確認している。

2次曲線は，定点FとFを通らない定直線 ℓ に対して，Fまでの距離と ℓ までの距離の比が $e:1$ である点Pの軌跡で，$0<e<1$：楕円，$e=1$：放物線，$e>1$：双曲線 である。

これらを使って2次曲線の極方程式を考える。

極Oとして焦点Fをとり，準線 ℓ を点（d, 0）を通り始線OXに垂直な直線とすると，P(r, θ) に対して，いずれの曲線の場合も次の極方程式を得る。

$$r=\frac{de}{1+e\cos\theta}$$

もし，準線 ℓ を点（d, π）を通り，始線OXに垂直な直線とすれば，極方程式は次のようになる。

$$r=\frac{de}{1-e\cos\theta}$$

先の楕円では，$r=\dfrac{de}{1+e\cos\theta}$ において，$e=\dfrac{\sqrt{3}}{2}$，

$d=\dfrac{4\sqrt{3}-6}{3}$ とおいたものが極方程式である。

$x=r\cos\theta$，$y=r\sin\theta$ とすると，関数ラボを利用して先の楕円を表わすことができる。

また，$x=\dfrac{de\cos\theta}{1+e\cos\theta}$，$y=\dfrac{de\sin\theta}{1+e\cos\theta}$，で，$d$ を適当に定め，$0<\theta<1$，$\theta=1$，$\theta>1$ とすると，焦点の一致したいろいろな2次曲線を表わすことができる。

曲線の媒介変数表示と同様に，極座標，極方程式のよさを理解させるため，次ようなの問題を考えさせる。

2次曲線の一つの焦点Fで内分される弦の両端をP, Qとすると，$\dfrac{1}{\mathrm{FP}}+\dfrac{1}{\mathrm{FQ}}$ の値は一定であることを示せ。

複雑な曲線を極方程式で簡明に表わす例としてアルキメデスの螺旋（渦巻き線）を取り上げる。

$$r=a\theta$$

という式を提示して，$a=0.5$，1，2などと変えて曲線をコンピュータで描かせる。その上で，簡単にわかる曲線の性質を生徒に発表させる。また，対数螺旋などということにはふれずに $r=a^\theta$，$r=a\theta^2$，$r=a\theta^3\cdots$ とすると曲線がどう変るかを見させたりするのも生徒に興味をもたせることにつながると考えている。

⑧ いろいろな曲線

ここでは，内トロコイド，リサージュ曲線，正葉曲線，リマソンを取り上げるが，実際の授業では，これらのうち1～2の曲線を取り上げればよいと考えている。基本的な姿勢はこれまで学習したことをもとにして，曲線の式を求めコンピュータで曲線を描きその曲線の式の正しさを確認したり，これまで学習した式を他の式に置き換えたりしてコンピュータで曲線を描きその曲線の性質を考えたり，調べたりさせることである。

ア．内トロコイドの指導では，まず，デザイン定規（外側に歯車がついている円を内側に歯車がついている円に合わせ，内側の円を回転させながらいろいろな曲線を描くもの）でいろいろな曲線を描かせる。

デザイン定規で描いた曲線はすべて，次のような点の軌跡になっていることを確認する。

大小二つの円があり，小さい円が大きい円に内接しながらすべることなく回転するとき小さい円の内部にある定点の描く軌跡

この曲線を内トロコイドという。定点が小さい円の円周上にあるとき，この曲線を内サイクロイドという。

いきなり内トロコイドの媒介変数表示は求めにくいので，まず，内サイクロイドの媒介変数表示をサイクロイドの媒介変数表示を求めたのとほぼ同様の方法で求める。

大きい円の半径を a，小さい円の半径を b とすると，内サイクロイドの媒介変数表示は次のようになる。

$$x=(a-b)\cos\theta+b\cos\frac{a-b}{b}\theta,$$
$$y=(a-b)\sin\theta-b\sin\frac{a-b}{b}\theta$$

a，b（$0<b<a$）にいろいろな値を代入して曲線を描くと，おもしろい曲線をいろいろ描くことができる。(特に，$a=4b$ のとき描かれる曲線をアステロイドという。）デザイン定規で描いた曲線に似ているものもあるが，どれもやや異なっている。

小さい円の内部にある定点と円の中心との距離を c とすると，内トロコイドの媒介変数表示は内サイクロイドの媒介変数表示を少し変えて次のようになることがわかる。

$$x=(a-b)\cos\theta+c\cos\frac{a-b}{b}\theta,$$
$$y=(a-b)\sin\theta-c\sin\frac{a-b}{b}\theta$$

a，b，c にいろいろな値を代入して，コンピュータで曲線を描き，デザイン定規で描いた曲線と比較させる。

イ．リサージュ曲線は次の式で表される曲線である。

$$x=a\sin(m\theta+b),\ y=c\sin(n\theta+d)$$

ただ，この式を生徒にいきなり提示しても，これまでの学習内容と関連がなく生徒は唐突な印象をもつと思われる。そこで，楕円の媒介変数表示と関連づけて次の式で生徒に提示すればよいのではないかと考えている。

$$x=a\cos m\theta,\ y=c\sin n\theta$$

これはリサージュ曲線の特別な場合であるが，m，n にいろいろな値を代入してコンピュータで曲線を描き，なぜ曲線がこのようになるのか考えさせたり，リサージュ曲線はどのような場面で現れ，どのようなことがわかっているのかなどを調べさせたりする。

正葉曲線，リマソン（$a=b$ のときカージオイド）はそれぞれ次の式で表される曲線である。

正葉曲線　$r=a\sin n\theta$

リマソン　$r=a\cos\theta+b$

これらはともに，中心が始線上にあり，極を通る円の極方程式と関連づけて式を提示する。後の指導はリサージュ曲線と同様である。

ここでは，曲線の式を提示するという方向で考えたが，生徒がより主体的にコンピュータを活用して学習をすすめることができれば，より望ましい。すなわち，これまで学習した曲線の式を少しずつ変形した式をコンピュータに入力し，コンピュータで曲線を描き，それをもとに曲線の性質などを探究させる場面を設定することができればより望ましいと考えている。

5.　今後の課題と展望

4. 授業展開例　では，「展開」や「作成と工夫」，来年度から使用される各社教科書を参考にし，自分の実際の授業の反省から展開例を考えてきた。その中の　**(1)基本的な考え方**　で内容をできるだけ自然な形で発展させる，ということを述べた。唐突な形で授業を展開すると，多くの生徒は理解できなくなり，探究することをやめてしまう。そのようなときに生徒が発する言葉が「なぜ，これを学ぶのか。」「これを学ぶとどんないいことがあるのか。」である。生徒がこの言葉を発したときには，教員は謙虚に自分の授業展開を反省するとともに，この疑問に答えるべく自分なりの回答を準備しなければならない。また，さらに一歩，歩を進めてすべての教育内容を「なぜ，これを学ぶのか。」「これを学ぶとどんないいことがあるのか。」という観点で見つめなおしてみることも必要である。

数学Ｃは４つの章で構成されているが，４つの章はおおざっぱに分けると，代数，幾何，解析，統計（確率・統計）となっている。「いろいろな曲線」は幾何の中でも曲線論と言われる内容と関係があり，解析幾何学，代数幾何学，微分幾何学にまたがる内容のごく初歩的な部分である。ごく初歩的な部分であっても，コンピュータを活用せずに学ぶのは難しい。コンピュータを活用しながら，２次曲線の美しい性質にふれ，複雑な曲線を媒介変数表示や極方程式で簡明に表わしたりする工夫を学び，数学に対する興味・関心を深め，自然の中にある曲線や人工的に作り出される曲線に興味を持ち，探究をする。また，他教科・科目にその成果を応用する。こういう態度が「曲線に親しむ」と表現されたのであろうし，こういう態度を期待して，「いろいろな曲線」が数学Ｃに設定されたのであろう。

また，コンピュータの発達は日進月歩であり，数学の学習・研究にコンピュータを活用することは，今後ますます盛んになるだろう。コンピュータを活用せずに学習や研究を行うことの方がまれになるかもしれない。数学セミナー９月号に「21世紀の解析の講義」と題して次のような巻頭言が掲載されていた。

「(前略）さて，近い将来，そんなSF小説のような時代になったとき，理工系の大学生たちは，一体どのような解析学の講義を受けているのだろうか。(中略）こんなことも想像できるのではないだろうか。教室に入ると，学生一人一人に端末が用意されてい

る。授業が始まると，先生は準備してきた講義ファイルを端末に流し説明を始める。学生の端末画面では，先生の説明に合わせて証明や式変形が進行し，ときどきアニメーションも現れる。講義内容は自動的に記録されているので，学生はノートをとる必要がない。かつて学生たちが講義を聴く間もなく，せっせとノートをとっていた20世紀とは大違いである。また，計算の練習問題に時間を割かれることもほとんどなくなった。いくつかの例題で考え方さえ学べば，後は複雑な問題でもコンピュータに指示すれば計算してくれるからである。その代わり，先生がゆったりと話す数学的なアイデアやイメージを，時間をかけて学ぶゆとりができるようになった。講義には歴史的な話もふんだんに盛り込まれており，視覚的な効果をねらって，画面では数学者の肖像画や生家，当時の大学の絵などが送られる。少しでも過去の偉大な数学者の発想に触れさせようという試みだ。

もちろんカリキュラムも昔と違う。コンピュータを使うため，微積分，ベクトル解析などは1年生の前期で早々に終わり，後期には必修の「応用解析」に移る。(後略)」

(新井仁之　東北大学大学院理学研究科)

以上は近い将来の大学の授業風景をスケッチしたものであるが，当然，中学・高校の授業風景もこれと似たものになっているのではあるまいか。コンピュータを活用することは，より多くの生徒が楽しく，効果的に数学を学ぶことにも通じるはずである。これは何も授業の中に限ったことではなく，個人的に数学を学ぶ場合にもあてはまるであろう。そのためにも，数学Cの指導を通して，それぞれの生徒に適したコンピュータの活用法を身に付けさせることも考えられるべきである。つまり，コンピュータを活用した指導は同時に，それぞれの生徒に適したコンピュータの活用法の育成でなければならないと考える。そのためには，数学C以外の科目においても，授業の中で，「ここではコンピュータがあればいいが」と思われ場面で教員が積極的にコンピュータを使うことが必要であろう。そうすると，実習用の教室ではなく，普通教室の中にもコンピュータが1台ある方がよい。現在，教室でコンピュータを使うために，自分のノートパソコンを持ち込んで，生徒を周りに集めて画面を見せている状態である。これでは，授業の中で急にコンピュータを使いたくなったときに対応できない。急に使いたくなったときに使うのがもっとも効果的だと考えられる。

コンピュータ実習を行う場合には，前もって課題をいくつか提示しておく。それらの課題の中からそれぞれの生徒が興味を持てる課題を選択し，コンピュータを活用して課題を解決する。実習中はできるだけ生徒に指示をせず，生徒に自由にコンピュータを使わせたい。「遊びの中から斬新な発想は生まれる」と教員が余裕をもって授業を行わなければ，コンピュータを活用することの長所が生かせないし，教員も生徒もおもしろくない授業になる可能性が十分にある。ただ，それを授業展開の中心にすえると授業の焦点がボケてしまうことも考えられる。課題にして生徒に放課後，自由に使わせることも考えてよいのではないか。

また，生活の中でコンピュータを活用する場合，既成のソフトがあればそれを使い，それがない場合に自分でプログラムを作成するのが普通であろう。授業においても，プログラムの作成にこだわらない方がよい。既成のソフトはいろいろなものがあるが，将来のことを考えれば，マティマティカやエクセルのような汎用性の高いもの利用すべきであろう。ただし，利用にあたっては，生徒の実態に十分配慮する必要がある。

前にも述べたように，昨年度，今年度と数学Cの授業を受け持っているが，二年間で数回しかコンピュータを活用しなかった。この数回は，高校三年生の授業であり，コンピュータを使ってもあまり興味を持たないのではないかと思いながら教室にコンピュータを持ち込んだのであるが，生徒の反応は上々であった。最近，生徒が受験に関係なければ授業内容にあまり興味を示さないというような生徒の学習観の偏りを感じている。しかし，本稿を書きながら，自分も生徒の学習観を偏らせることに荷担し，授業改善の努力を怠ってきたことを痛感させられた。今後も，コンピュータの活用による授業改善やどうすれば生徒の学力を保障できるかを模索していきたい。

(引用・参考文献)

改訂高等学校学習指導要領の展開　数学科編　正田實，茂木勇　明治図書
高等学校数学指導要領　指導計画の作成と学習指導の工夫　文部省　学校図書
各社数学C教科書
数学セミナー　1998年9月号　日本評論社