

高校教育とコンピュータ

ともだ かつひさ
友田 勝久

新学習指導要領では、コンピュータの利用がうたわれているが、新学習指導要領の施行される4年後には、ハードもソフトも今とはかなり違った物になっているだろうから、どのように利用すれば良いのか、今から性急に決めてかかることもできない。しかし、具体的にどのような内容をどのような形態で利用したら良いのか、またその際に注意すべき事は何か、はっきりいって暗中模索の状態である。来るべき日に備えて、今から態勢を整えておくべきだろう。そこで、現在のCAIの状況を数学教育の観点から述べてみたい。構成は

1. CAIソフトの種類と利用方法
2. 教室での利用
3. コンピュータリテラシー (CL)

となっており、ハードや導入などについては、次の機会に述べる。

1. CAIソフトの種類と利用方法

CAIと聞いてチュートリアル型やドリル型のソフトを連想する方も多いのではないだろうか、実際市販されているオーサリングシステムのほとんどはこの種のタイプを対象としているし、受験産業の多くもこの種のソフトを発表している。

しかし、最近これらのソフトに対して、次のような問題点が指摘されている。

オーサリングシステム
プログラミング言語の知識なしにCAIソフトを作れるようにしたシステムで、ソフトを作成するためのエディタと、それを実行するためのエグゼキュータからなる。エグゼキュータは機械の台数分用意する必要がある。

(1) 高校生にとって、コンピュータに命令され、ほめられながら勉強するのはどのような気持がするだ

ろうか。

- (2) 「つまづき」に対してどのように対応するかは、その数学的な原因だけでなく、生徒の総合的な状態把握によって初めての確な判断を下せるのであり、コンピュータには到底できないことである。
- (3) 高校教育に要求されるのは、自分で問題を解決する能力の育成であり、コンピュータに手取り足取りで問題の解き方を教えてもらうことではない。

道具という物はその特徴を知って使わないと、役に立たないばかりか怪我をすることもある。結局のところ、この種のソフトは、問題解きの訓練や復習等、限られた部分で使うのがベストだろう。

CAIソフトの種類

チュートリアル型

教師が黒板で行う授業をモデルとして考えられたCAIソフトの種類で、

「説明→設問→(生徒の)回答→次の説明」といった構成を持っている。生徒は、コンピュータと1対1で学習を進める。

ドリル型

コンピュータが出す問題を生徒が解答していく。評価を多様なメッセージで伝える等、学習が単調にならないように、多くの工夫がみられる。計算練習用である。

シミュレーション型

各種理論をコンピュータの計算能力やグラフィック表示能力を用いて、シミュレートする。様々な条件に対して、それが結果にどのように反映するかを調べることができる。

データベース型

様々なデータを利用しやすい形で、学習者に提供する。学習活動の補助として使うので、利用する目的をはっきりさせておく必要がある。

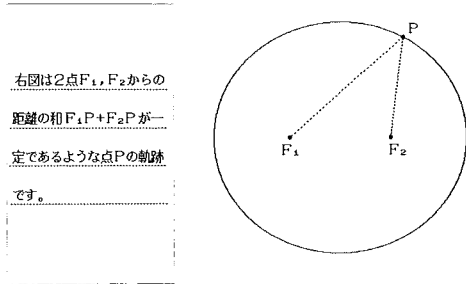
なお、この種のソフトの理論的基盤はプログラム学習にあるが、これは20年以上も前に一時流行し、その後すたれたと聞いている（過去の経験には謙虚でありたいものである）。

これに対して、最近重要視されているのがシミュレーションである。1次変換や空間図形をディスプレイ装置に表示させたり、数列の値をどんどん計算していくことで極限値を予想したりと、様々な利用分野がある。グラフィック機能を用いて、黒板や書籍では表現できなかったようなものを表現したり、高速演算を利用して様々な問題の結果を予想するなど、授業のスタイルを変える可能性も持っている。特に数学では、授業の進め方という観点からみて、従来の、定理などから具体的な事例へという演繹中心の授業に対して、多くの事例から予想を立てて一般的性質を導いていくという帰納的な考え方による授業の組み立てが可能になってくる。

いいことばかりを述べたが、シミュレーションソフトを作ったり利用したりする際に、押さえておかななくてはならないポイントがある。それは、ソフトを作る者と利用する者が同じかどうかということにかかわってくる。研究に携わる者が新しく考えた仮説を検証するためにシミュレーションを行うといった場合、そのソフトがどのような働きをするかということは利用者にとって明示的であり、コンピュータは信頼できるよきパートナーである。それに対して、教師が作ったソフトを生徒に使わせるような場面では、生徒はそのソフトの働きを知らない。ブラックボックスであるコンピュータの出力を単に「信じなさい」というのでは科学教育とはいえないから、生徒が納得できるような工夫が必要である。要するに、教師にとってはシミュレーションであっても、生徒にとってはわけの分からないソフトであるかもしれないのである。

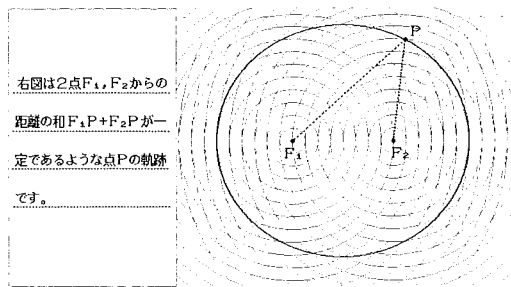
もうひとつ、教育へのシミュレーション利用という点からいえば、生徒に対してそのソフトで何をしたいのかということを確認しておく必要があるだろう。興味付けに使うのか、実験に使うのか、何かの確認に使うのか、その目的を明確にして使い分けるべきである。例えば、動機付けに使うのであれば、まず印象に残すことを考えるべきで、細かいことは後（の授業等）で補えば良い。それに対して、何かの確認に使うのであれば、なぜそうなのかというこ

とが分かるような工夫が要求される。漫然とシミュレーションソフトを作っても教育には役立たないのである。



右図は2点 F_1, F_2 からの距離の和 $F_1P + F_2P$ が一定であるような点 P の軌跡です。

どちらの方が説得力があるでしょうか？



右図は2点 F_1, F_2 からの距離の和 $F_1P + F_2P$ が一定であるような点 P の軌跡です。

次に、データベース型CAIソフトであるが、狭い意味では、各種統計資料などをグラフ化したり、あるいは検索して様々な性質を調べることができるようにしたソフトをいう（ビジネスソフトの「ロータス1-2-3」や「桐」などもこの要件を満たしているが、そのままでは生徒が扱うには難しすぎる）。ただ、最近データベースそのものの概念が変わってきており、この種のCAIソフトも可能性をどんどん広げつつある。これには、ハードやソフトの発達が重要な役割を果たしている。今まで扱えなかったような多量の情報をもったデータの扱いを可能にしたのは、大容量メモリーと高速

新しいデータベース

文字や図形のほかに音楽や写真・動画といった様々なメディアの情報を扱えるようなソフトが、最近注目を浴びている。

様々な種類のデータが扱えることをマルチメディアといい、これらデータを統一した環境のもとで扱えるようにすることをデータの統合化という。これを実現したソフトとしては、machintosh上で動くHyperCardなどが有名である。これらデータは、互いの関連によって結び付けられており、関連をたどって検索していく。このデ

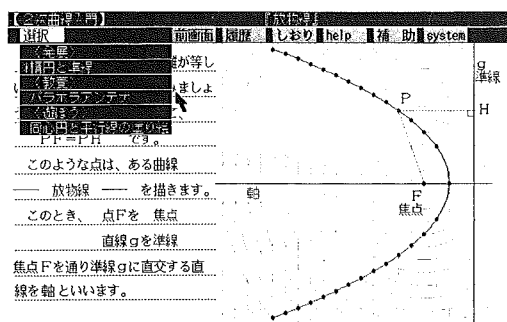
処理装置のお陰である。新学習指導要領が施行される4年後には、今よりもっと優れたハードが開発されているだろう。

ータ構造は、学習に必要なコースウェアを記述するのに都合が良い。次世代の国産OSであるB-tronも同じような構造をもっている。

ところで、この種のソフトの利用方法であるが、チュートリアル型やドリル型のように、生徒に指示や命令を与えるようなことは基本的にしない。また、シミュレーションソフトのように、黙って見ていれば何かが始まるというものでもない。学習する者が目的意識を持って、自ら積極的にデータを検索し利用することが要求される。したがって、これを教室での一斉授業で利用する場合には、課題やプリント等で生徒に目的意識を持たせる工夫をすることが大切である（自分で次々と検索していきたくするような、内容を用意することがもっと大切だが……）。

ここでことわっておくが、データとは文字や数字の羅列だけではない。学習に必要なもの、図、動画、音、ビデオ映像、シミュレーションソフト、問題練習ソフト、これらは全てここでいうデータである。

大容量のデータは、学習活動を豊かにするために不可欠なものであるが、一方でそれほどの量のデータをどのようにして作り出すのが問題になってくる。残念ながら個人レベルでは不可能だろう。



(MultiBinder)

2. 教室での利用

様々な種類のソフトについてその特徴を述べてきたが、教室で、特に授業で使うには、どのようなソフトをどのような場面で使えば効果的かを考えてみたい。

導入時では、デモンストレーションやシミュレーションを見せることで、後の時間で行う授業に対す

る興味付けを行うとともに、授業に対する理解を助ける効果も期待できる。ソフトに多少の不備があっても、それは後の授業で補えばよい。この場合、必要なハードは生徒1人に1台よりも、3~4人に1台のグループ学習の方が良いだろう。せつかく多くの友人と共に学ぶのであるから、1人に1台は不自然だと考えるがどうだろうか。

次に、展開時における利用であるが、この場合には1台のパソコンを教師が教具として利用することになる。大画面に投影するための装置を使って、パソコン画面をスク

大画面に投影するための装置ビデオプロジェクタの他に、パソコン画面をOHPを利用してスクリーンに投影する装置もある(プレゼンテーションディスプレイパネル)。

リーンに映し出す。この場合、パソコンを操作するのは教師と一部生徒だけであるから、パソコンは1つの教具として位置付け

られる。ここで活躍するソフトはシミュレーションソフトである。考察しようとしている対象を様々な角度から観察し、理解を深めたりその性質について予想を立てたりする。ただ、パソコン画面に映し出される映像は鮮明ではあっても、保存性がなく、次の画面が映し出されると共に消え去ってしまうし、また一度に表示できる情報量が少ないので、理論の展開などをするには不向きである。更には、日本の学校のクラス定員やハードの設置台数(36クラスもある学校で1クラス分程度の設置台数では、少なすぎる)、授業進度のことを考えるとき、このような教具としてのパソコン利用は最も現実的な利用スタイルであるといえる。パソコンを使うために特別な教材を用意し、特別な教室でいつもとは違う授業をするのも、たまには良いだろうが、そこまでして無理にパソコンを使うこともないだろう。もっとも、そのような誘惑を起こさせるほどのソフトがあれば話は別だが……。

これとは逆に、コンピュータリテラシーでの利用、例えばプログラミングの練習や生徒にシミュレーションプログラムを作らせるような場合、1人1台が理想だろう。この種の授業は形態としては実習であり、各人が操作を修得することが何より大切だからである。この場合、教師は生徒を1対1で指導する必要がある、1人の教師が50人近い生徒を指導する

のは無理である。ネットワークも焼け石に水で、クラスを半分に分けるか、教師を複数配するしかなく、時間割りの段階から対応していく必要がある。余談ではあるが、私の学校では海外へ留学する生徒が多く、帰国後に色々な話を聞かせてくれるが、アメリカ合衆国（といっても広いが）へ留学した生徒によれば、化学の授業はたったの8人で、先生がパソコンを使って説明をするとき、生徒はその1台のパソコンを囲んで見ているのだという。ごく自然にパソコンが授業の中に位置付けられている。何とも羨ましい話であるが、その生徒によれば、その学校では20人以上の授業はなかったそうである。

なお、CAIで習熟度別学習に対応できるのではないかという話を時折聞くことがあるが、高校生に対しては、計算練習などを除いて無理だろうと思っている。まず第1に、大規模学級での一斉授業に、(CAIによる)個別学習はなじまない。第2に、授業で使う場合、生徒1人1人が孤独な学習者になってしまい、教育的に好ましくない。第3に、多様な高校生を相手に教師の代わりをできるほどのソフトなどめったにできるものではない。なにより生徒が喜ばないだろう。特につまづきをもった生徒に対しては、教師が多面的に接触していくことが要求される。「先生よりパソコンで勉強した方がよく分かる」などといわれるようではプロ失格である。

これに関して、「CAIで教師は楽をできる」と考えるのは間違いである。教師の努力と情熱が授業の質を決めるのであり、コンピュータを使おうが使まいがその事実是不変である。生徒が望むCAIとは、コンピュータが教師の代わりをすることではなく、今までになかった世界を見せてくれることである。より創造的な授業を目指してコンピュータを使おうとするならば、今までの何倍もの努力が要求される。

3. コンピュータリテラシー (CL)

コンピュータを利用できる技術のことをいう。BASICやFORTRANなどのプログラム言語を修得して使いこなせることだとの考えもあるが、今やコンピュータ利用者のほとんどはプログラム言語を知らないか、あるいは知っているもほとんど何の役にも立たない程度である。実際、コンピュータを使って自分の可能性を広げることができれば十分と考

えるのが妥当である。その意味では、プログラム言語など知らなくても、ワープロ、表計算、データベース、通信の利用方法を知っていれば将来そう困ることはないだろう。これに関して注意すべきは、コンピュータの可能性や利用価値は時と共に変わるものであり、今あるハードやソフトにこだわりすぎるべきではないということである。特に操作方法(ユーザー・インターフェースあるいはマン・マシン・インターフェースという)は、機械が人間に近づく形で発達してきており、近い将来特別な学習なしに使える日がくるだろう。

コンピュータを利用するのにプログラム言語は不要だといったが、ソフトの働きを知るための知識としては重要である。また、数学の授業にでてくる程度の関数やグラフなら、ちょっとしたプログラムでも利用可能である(ただし、人に使ってもらうソフトを作るのは大変である)。生徒各自に数列の各項の値を求めるプログラムを作らせて、それで極限値を予想させるなど、今までにはできなかったような授業が可能になる。自分(自分たち)が作った通りにコンピュータが働いて出てきた結果だからこそ信頼できるのであり、教師が作ったソフトを生徒が使ったのでは、結果を印刷して配るのと同じことで、効果半減である。ソフトが正しく動作していることを認識できて初めてシミュレーションが成立するのである。

これに関連して、プログラム言語について少し触れておこう。いまパソコン世界ではBASICが最も普及しているが、これはメモリーの小さな8ビット機でも動いたことと、初心者にも使いやすい仕様を持っていたためである。反面、プログラムのモジュール化ができないなど大規模なプログラムの記述には適さないことや、動作速度が遅いなど欠点も多く、ゲームソフトやビジネスソフトではほとんど使われていない。また、BASICには関数概念がないこともぜひ知っておいてもらいたい。関数とは数値処理の抽象化であるが、BASICには抽象化の概念がないのである。以下の例はユークリッドの互除法の説明と、(アメリカ合衆国の高校では一般的な2つの言語)BASICおよびPASCALでの記述例である。

m と n の GCM を求めるには、
m を n で割った余りを r とすれば、
もし、r=0 ならば、n が求める値で、
r≠0 ならば、n と r の GCM を求めればよい。

[BASIC]

```
100 *GCM
110 c=m mod n
120 if c=0 then goto 200
130 m=n : n=c
140 goto 110
200 return
```

[PASCAL]

```
function GCM (m, n : integer) : integer ;
var
  c : integer ;
begin
  c := m mod n ;      { := は代入文 }
  if c=0 then GCM := n
  else GCM := GCM (n, c) ;
end ;
```

これだけではよく分からないだろうから、これを用いて与えられた 2 数 a と b の GCM を表示するプログラムを以下に示す。

[BASIC]

```
10 m=a : n=b
20 gosub *GCM
30 print n
```

[PASCAL]

```
write (GCM (a, b)) ;
```

数学を学ぶ者にとってどちらが分かりやすい記述かは明らかだろう。ただ実際に教室で生徒に指導するのは、ほとんどが教行程度の小さなプログラムであるから、結果を出すだけならどの言語を使おうと大した違いはない。また普及など現実的な面から見て、多くは BASIC で指導することになるだろう。しかし、プログラム言語の教育（修得）を数学教育に役立てようとするならば、最小限言語の特性を知って指導する必要があるだろう（なお、LOGO や C でも PASCAL と同様の記述となる）。

少し話は飛ぶが、通信について述べておこう。パソコン少年／少女といえは、暗くて人付き合いの苦手な少年／少女を連想するように、「パソコン＝社会

と切り離された空間」と捉えがちである。しかし、パソコンやそれより大きなコンピュータが、社会で活躍しているのは言うまでもないことである。パソコンそのものが電氣的に社会から孤立した空間を作っているとしても、その扱われ方によって社会性を持つことを指摘しておきたい。そしてさらに、電氣的にも外部との接続を行ったのがパソコン通信である。そこには、データベースや電子メールをはじめとして多くの情報が提供されており、必要とあれば自分から情報を提供することもできる。近頃、情報処理教育の必要性が叫ばれているが、本当に重要な情報とは社会性のある情報であって、その信頼性や有用性・加工方法などについて知ることが大切である。これに関連して、外部情報機器、特に AV 機器のコントロールについてもぜひ知っておかねばならないことであるが、次の機会に触れる予定である。

4. おわりに

マイクロコンピュータチップの発明は、コンピュータの利用範囲を大きく広げ、今や炊飯器から惑星探索衛星までいたる所に使われているが、高度に知的かつ情緒的な営みである教育にはまだ多くは使われていない。教育には理念と優しさが必要である。これからは教育ソフトの多くが業者によって作られるだろうが、無機質なコンピュータに人の顔を与えるのはやはり教育者の良心である。本格的な利用に備えて、知識と見識を磨いておく必要があるだろう。

(大阪教育大学附属高等学校池田校舎)

