

Series/新制度とコンピュータ		↓	↑
CAI ソフトウェアの選び方			↑
愛知県立千種高等学校	たかはら 高原	ふみのり 文規	
愛知県立国府高等学校	とりい 鳥居	ひでき 秀樹	
愛知県立三好高等学校	はない 花井	かずし 和志	↓
←			→

1. はじめに

平成6年度より実施される指導要領の柱の一つにコンピュータの利用があげられている。しかし、コンピュータを利用するためには、機器（ハードウェア）だけでなく、それを運用するプログラム（ソフトウェア）が必要となる。

この運用に関して、プログラムの選び方を中心に書いてみたい。これによって私たちのグループが開発すべきプログラムのおおまかな目標を設定することができるであろう。

2. まず導入

教育用に、ある程度まとまったコンピュータを設置することに決定するためには、まず目的をはっきりさせなくてはならない。漫然とコンピュータを使って生徒を教育するという目標ではなく、どのような場面でコンピュータを使うのかを明確にしなくてはならない。

現在のコンピュータで、どのようなことができるかは後述するが、安いコンピュータを買ったのはいいが、使いたかったプログラムがそのハードで走らなかったということではコンピュータの設置費用をまるまるドブに捨てるようなものである。

どのような用途でコンピュータを使いたいか、そのためにどのようなソフトウェアを使用するのかをよく考えた上で、その用途に必要なハードウェアは最低限買うようにしなくてははいけない。そのための調査と投資は絶対に妥協しないようにする。

したがって我々のグループは必要最小限の機器で稼働するようなプログラムを考える。

3. ハードウェアの決定

現段階は16ビット機から32ビット機への移行期といわれているが、8ビット機（PC-8801やFM-8、MZ-2500など、各社がシェアを取りあっていた時代）から16ビット機（ほとんどPC-9801がシェアを取った）への移行と比べると、互換機路線が取れる分、98が有利であり、よほど革新的な事態が起こらない限り今後も98がシェアを取り続けるものと思われる。ソフトウェア開発会社も商売であるため、最もシェアの多い機種で走る製品を真っ先に開発する。このことはハードウェア選定の一つの参考になると思う。

逆に、現在のシェアが大きく変動することがあるとしたら、それは学校が導入するハードウェアのシェアがどのようになるかがもっとも大きな要因となる。動向への注意は怠らないようにしたい。

したがって、我々は当面、PC-9801シリーズの16ビット機で稼働するプログラムを開発する。しかし、将来に対する保険の意味でどのような機種に対してもプログラムを移し替えやすいようなやり方しておかなくてはならない。

4. OS（基本プログラム）の選定

プログラムは現在では、単体では動かなくなっている。そのプログラムを動かすプログラムというものコンピュータの電源を入れたときに中に取り込ませ、そこから目的のプログラムを起動する方式が取られている。

なぜそのようなことをするかというと、ディスクからのデータを取ってきたり、マウスを使ったりと

いうところからいちいちプログラムを作っていたのでは手間暇がかかりすぎる。そのような、ほとんどのプログラムで共通にやらなくてはいけない仕事の部分を基本プログラムに任せ、本当にやりたい部分だけプログラムするようにすれば、プログラム開発の量はずっと小さくなる。そのため、そのプログラムの下で基本的な仕事をする基本プログラムを必ずコンピュータの中に入れておかななくてはならない。

この基本的なプログラムのことを OS と呼ぶ。

OS は各ハードウェアに対してだいたい一種類に決まっているが、PC シリーズのように、新しい OS が開発される場合もあるので、注意したい。

OS についても、ハードウェアとまったく同様なシェアの問題がある。これも注意の対象となる。

現在の状況でいけば、MS-DOS という OS を使用することが一番自然であろう。

5. 我々が開発するプログラムが使用される環境

以上の3節より、我々が開発するプログラムは以下のような仕様となる。

- ① 対応機種は PC-9801 (16 ビット)
- ② 補助機器として、モニタ、OHP プロジェクター、OHP (これは以下で述べるように使用方法を一斉授業での提示に限定しているため)
- ③ OS は MS-DOS
- ④ 作作用の言語は C

6. 現在考えられる CAI ソフトの種類

いよいよどのようなプログラムを選択(作成)するかのポイントに入るが、おおよそ CAI の形態として以下の5つを考えることができる。

- (1) チュートリアル形式の問題出題、採点
- (2) 一斉授業などの提示補助手段
- (3) (1)、(2)を複合した、(自習用)コースウェア
- (4) 自分の興味に合わせて検索していくことを目的としたデータベースタイプ
- (5) 独自の研究、開発の補助

このうち、(5)は大学の研究者レベルより上の段階でしか現在稼働していないので、カットして、(1)~(4)について述べる。

- (1) コンピュータが問題を出し、生徒に解答をさせ、その結果を記録しておくことは、かなり早い時期から行われていたが、問題の量が限られていること、

問題のレベル設定、生徒の解答に対するリアクションなどの問題点をもつ。

- (2) コンピュータを黒板の代わりに使うなどのコンピュータの表現能力を使用する方法。

多量のデータを扱う統計分野などでの計算の負担をコンピュータに肩代わりさせる方法。

など、従来の授業では、工夫で乗り切ることができたが難しかったことを正攻法で行う。

- (3) (2)+コンピュータによる説明により、生徒にその單元に対するイメージをもたせ、その上で、(1)のように、演習をさせる。

一斉授業と違って生徒各自のペースで学習できる利点はあるが、スローラーナーに対する対策、生徒のレベルに応じて説明の方法を変えるなどの細かい指導の点で問題がある。

- (4) (3)を発展させたものであり、生徒の好きなところからその單元に入っていくことができる。しかし、この方法は学校教育と、指導要領に対して、生徒個人個人の興味のばらつきなどの問題点があり、工夫を必要とする。

7. 我々が開発する CAI ソフトのねらい

各分類に対する長所と短所をあげてみたが、我々は特に(2)の分野におけるコンピュータの利用にテーマを絞り、プログラムを作成する。

現実的(予算的)に生徒ひとりに対して1台のコンピュータを与えることができない現在、(1)、(3)、(4)は机上の空論であり、コンピュータを利用する場面としては、1教室に1台のコンピュータを設置し、OHPなどの補助手段によって生徒に対してコンピュータの画面を見せる方法が最も現実的である。

更に、コンピュータを生徒のイメージ形成の道具として使用することを目的とする。

今までコンピュータを導入することが自明のことであるとして説明してきたが、コンピュータの導入によって効果が上がらなければ、予算の無駄である。

現在のチョークと黒板のシステムは、安価、簡便で操作性に優れているが、図などの情報を正確に生徒に伝えようとする、熟練が必要である。

数学では往々にして図によるイメージが重要な役割をもつ。しかし、それを生徒に伝える方法はもっぱらチョークと黒板による。これをより確実に伝え

る方法を開発できれば生徒に対して生き生きとしたイメージを伝えることができるのではないだろうか。

学習初期に学習したものに対するモデル・イメージがどれほど役に立つかは計りしれないものがある。

コンピュータを使うことにより、イメージの確立が容易にできるようになれば数学の授業ははるかに面白く、容易になるに違いない。

● ソフト評価（良いソフトとは）

平成6年度の改訂に向けて CEC や各委員会ではそろそろその準備の形を表そうとしている。しかし、CAI に関しては一部では戸惑いの色が隠しきれないところもあり CAI を使って何をしていいのか皆目検討のつかないところがあるのも現状である。そこで今回は CAI について考察してみた。

I. 今 CAI を使って何が……

時代の流れとともに情報処理に関しハードソフトとも変化する度合いが速い。CAI に関しては暗中模索の中で主に BASIC 言語で開発し利用してきたわけだが各方面で様々な問題点が指摘されるようになってきた。例えば紙芝居のようにセルをめくっていくだけならコンピュータをわざわざ使わなくても OHP や VTR といった教育機器でも使用でき、プログラム開発の時間を考えても不利な条件がそう。また、CAI のソフトを使うことでキーボードを押す技術が先になり、そのコンピュータソフトがなければ問題解決ができないといった問題もある（条件反射はできるが思考的な部分が欠ける場合がある）。そんな中で CAI が必要とされているのも何かありそうな気がする。不確かな表現しかできないのはそれが先端技術であるからなのかもしれない。そこで過去の流れの中から、今のような方向で取り組んでいったらいいものなかもまとめてみた。

II. 問題意識が過去、現在、未来でそれぞれ変わる例

昭和57年ごろ私のはじめて職員会議でワープロを使って資料を配布したころ、ワープロなんかまだまだと批判される方も多かった。それもワープロのソフトは BASIC 言語で開発されていて、他のソフトとのデータ共用も考慮されてはいなかった。ましてや16ドットの印字の荒さや横倍角しかできず第1水準までの漢字しか使用できなかった。今ワープロでそのプリンターを使ってみると第2水準は■で

印字されるので■を数えてみると今から思えば第2水準の必要性がよくわかる。しかし、今ではコストの低下もさることながらデータの再利用という最大のメリットが認識され印字の質の向上から以前より、よく印字されるようになってきた。今は職員会議の資料は表紙つきである。学期末にはかなりの厚さの資料となる。アンチワープロ派だった人も、今はメモ1つでもワープロという人もいる。時代の移り変わりで価値観の流れがだいぶ変わるものである。そこで CAI に関してこれから利用するにあたってどのような価値観があるものなのかかわからない時点から結論を出すのは早いような気がする。今ある CAI からだけでも少しでも価値観を出す努力が必要となる。

III. 目標分析（CEC 標準用語事典より）

	目標類型	達成目標	向上目標	体験目標
目標領域	認知的領域	・知識 ・理解	・論理的 ・創造性	発見 実験観察
	情緒的領域	・興味 ・関心	・態度 ・価値観	触れ合い 感動鑑賞
	精神運動領域	・技能 ・技術	・練達性	技術的達成

(1) 認知的領域の達成目標

知識・理解を重要視するならば反復練習という方法が考えられる。メニューなどで Yes, No を選択するとか1～5の中から選択するとかのように自由度を低くすることで速く必要なものだけを学習することができる。

(2) 認知的領域の向上目標・体験目標

論理的思考や創造性、発見を目的としたものの中にはツールのなものが考えられ自由度を高くしなければならない。ある程度練習していなければ使いこなすは難しい。いたずらに使用すればゲーム機になってしまう。

どの目的で使用するかによって CAI ソフトの評価が異なる。目的を定めることが重要な鍵となる。

IV. ソフト開発の条件

ソフトといっても様々なタイプがあり、ただ動けばよいというものから構造化を意識したものまである。開発の時間も少なく多方面でより多く利用でき

るものを開発しようとする構造化を意識し、テキストファイルなどのデータをフルに活用するなど、組み合わせを多くできるように工夫することが大切である。データのテキストファイルの中にも1つの形式や書式(フォーマット)を決めると意外と付加価値がでるものである。

V. ワープロで多目的利用(簡易データベース)

(1) カード型データベース

ワープロソフトの検索機能を利用すると単語を検索できるが、カード型のようにページで利用しデータ加工する方法があるので一例を紹介する。

- ・条件1
ページにどんな項目があるか INDEX を作る。
- ・条件2
ページの最初の行に INDEX 番号を書く。ここではページ数と INDEX 番号は一致しているがデータ加工してページがずれても利用できるようにする。
- ・条件3
1ページの行数が画面表示行数と同じにする。

利用例

ページめくり…………… CTRL+N (順次)

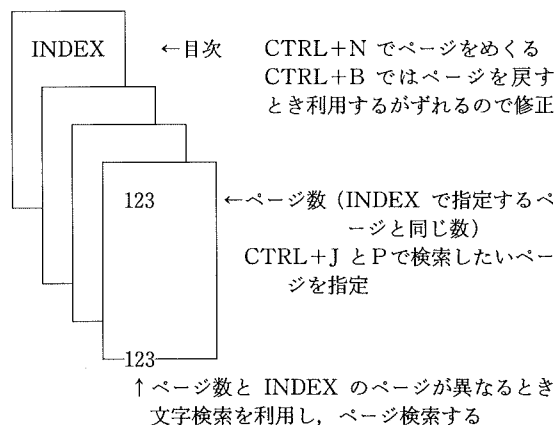
CTRL+B の逆めくりは→↓←↑で画面修正

ページ検索…………… CTRL+J, P

(ジャンプ, ページ指定)

注意) ワープロのページと INDEX のページが異なるとき, ESC, S で文字検索として利用すればページ検索することができる。

注意) 加工はコピーや移動の機能を利用する。



(2) 文字検索(漢字変換システム FEP を利用) カード型とは異なり, 文字検索文字入力に利用。ワープロの文字検索ではスピードもない。データ加工+スピードが要求されるとき利用。方法としては FEP (漢字辞書変換) を利用。利用するにはデータの一定の規則(書式)が必要。書式としてはコード化が考えられる(名簿番号等)。

例. 123 (漢字変換) → 愛知太郎

これを利用するには単語登録を利用すればよいが, 1000~2000 人を登録するには大変である。そこで手続きとして次のようにする。

- ① 登録単語のデータはテキストファイルで基本データとする。
- ② 基本データは表計算ソフトなどを利用し必要に応じてデータ加工する。例えば年度更新における名簿番号の更新とか, 加工後テキストファイル形式とする。
- ③ 大量の単語登録をするには単語の一括登録を利用する。そのときの辞書名を A1, A2 等, 様々な辞書集団に分ける。1年2年3年全学年とか。
- ④ 辞書の切り替えは, オプション等を利用する。

上の2つだけで利用方法を考察すると次の共通点があげられる。

・データ加工するには, データのある一定の規則や並び方といった書式が決まっていると利用範囲は広くなり, 付加価値が深まる。

VI. CAI のデータ加工に対するまとめ

BASIC 言語が主流のころはソフトの下にデータがあり, 出力結果があるといった価値観があったが, OS (MS-DOS) の上にソフトなりデータがある現在ではデータもソフト以上に価値観がでてい。ワープロで BASIC のプログラムを書き, BASIC で実行するなど様々な方法も考えられる。しかし, OS は定着しつつあるが, オーサリングシステムなどの書式はまだまだ定着していない。この書式を取り巻くデータ環境が整備され, 開発も容易にされるシステムが良いソフトの条件ともなろう。画像データに関しても開発がかなり残された分野でもあり書式や環境整備を考える必要がある。

◆ CAI ソフトの評価と実践

1. はじめに（本ソフト制作の動機と目的）

前回掲載した「2次曲線の導入（だ円）」のソフトに対して評価を行う。

2次曲線の単元は計算や公式が複雑で苦手とする生徒も多い。そこで、導入部分においてできるだけ定義にのっとった形で2次曲線のイメージをもたせ、その後に学習する性質等の理解を深めさせたい。しかし定義だけを与えて2次曲線をかかせるのは、非常に困難なようである。そこで、コンピュータを利用し作図させることを考えた。特に留意点として、目標の明確化・試行錯誤・経験に支えられた視覚的イメージ・一斉提示にも利用できること等を考慮し制作した。

2. 評価の観点と方法

学習は2つの面から評価できる。まず1つは学習成果である。これは基礎的な知識、理解、技能などについて評価されることが多く、一般的に評価という場合、この学習成果の評価を指すことが多い。もう1つは学習過程である。教材の改善にとって特に重要なのは、この学習過程の評価であり、学習している状態をよく観察・分析する必要がある。

また、評価の対象として認知的な面（知識、理解等）と情意的な面（関心、態度、意欲等）がある。CAI等の生徒の主体的な活動を前提とする授業では、情意的なものは認知的なものを下から支えるものとして重要である。こういった面も考慮して評価を進める必要がある。

ここでは、学習成果の面で「達成目標」、学習過程の面で「体験目標」をおき、まとめて「学習目標」として掲げることにする。その際、達成目標に対して具体的に「行動目標」をあげ、より明確に評価ができるようにする。また、体験目標については、授業中の、学習目標の達成に役立ったり、今後の授業で生かされるであろう体験を学習体験としてあげ、評価の対象とすることにする。ただし、試行錯誤等の個別学習では、通常の授業と比較し生徒が主体的に活動を進めるため、教師の介入する度合いが低くなってしまふ。つまり、教師の側からみて学習体験が実現しているか否かの判断が難しい。よって、今回は学習体験をそのままアンケートにし、生徒に記入させることで評価を行うことにした。

今回の場合、「ソフトの目標」はそのまま授業の「学習目標」とつながっている。すなわち、授業の学習目標がどれだけ達成されたかでソフトの評価をすることができる。ここでは、授業の観察とアンケートをもとに評価を進めていく。

4. 授業の展開と学習目標

対象は3年生文系の2クラスで、男女比は4対6ほどである。初めて機械に触れる生徒が多かったため、授業のはじめに機械の名称や操作方法について念入りに説明を与えた。授業の目標と流れについては以下の通りである（画面は前回10号参照）。

【学習目標】

試行錯誤を通して、主体的にだ円の概形や性質をつかむ。また活動を通して、経験に支えられただ円のイメージをもてるようにする。

イメージのもち方については十人十色であり、これではなくてはいけないとは考えない。ただしそのイメージの中で、〈だ円〉、〈焦点〉、〈焦点からの距離の和〉、〈円〉といったものが密接に結びついていなくてはならない。このイメージが明確になれば、後で学習する様々な内容についてもより理解を深めることができるであろう。

【授業展開】

① フレーム1（個別学習）

定義に従い、だ円を作図し、正解の図と比較する。

〔作図画面〕

画面上のPF、PF'の値を参考に $PF+PF'=10$ となる点Pの軌跡をマウスを用いてかく。

〔ヒント画面〕

PF、PF'に値を代入し、F、F'を中心とした円の交点を求め、軌跡の形を推測する。

〔正解の画面〕

正解の軌跡と自分のかいた図形を比較し評価。だ円、焦点の名称と定義を理解する。

② フレーム2（一斉提示型学習）

2焦点からの距離の和を一定にしたまま、焦点を近づけたり遠ざけたりした場合の、図形の様子を観察・推測する。（円←だ円→線分）

③ フレーム3（一斉提示型学習）

だ円は円を一定方向に一定の比で縮小したものであることをつかむ。

（注）学習体験と行動目標については、次のアンケート用紙を参照。

【感想】

42. コンピュータを使った授業は楽しいですか。43. コンピュータを使った授業はわかりやすいですか。
44. コンピュータを使った授業をこれからはしたいですか。45. その他、感想を書いてください。

4. 評価

アンケートの「行動目標」に関する回答より目標の達成度をつかみ、「学習体験」と授業の様子からその原因と方策を探ってみる。まず、38の「だ円の定義」に関する質問に対して正答率が低かった。また39の「だ円の性質」に関する回答にも、焦点からの距離の和に関係するものがほとんど含まれていなかった。フレーム1の学習体験(1~27)に関する回答や授業中の様子を見る限り、活動内容は比較的良くつかんでおり熱心に学習していたようだ。しかし、それが表面的な思考で終わってしまい、だ円の定義の定着には至らなかったらしい。「なんとなくはわかる」が「しっかり理解できていない」ということであろう。これに対しては、(i)動機づけをよりはっきりとさせる。(ii)活動した内容についてより数学的にとらえられるようにする。といった点を強化する必要がある。例えば、定義を満たさなくてはならないような場面をフレーム1の前に設定するとか、フレーム1でいったん中断し、一斉形式でもう一度よく説明をする(ノートに定義や概形をかかせる)といったことを考えてもよいであろう。

経験に支えられたイメージという点では、38, 39, 40を見ても多くの生徒が自分なりのイメージをもつことができたようだ。特に半数以上の生徒が

〈だ円〉〈円〉〈焦点〉を含めたイメージをもっており、ある程度の効果が認められる。ただ、定義の定着の悪さから、〈焦点からの距離の関係〉まで含めて考えている生徒は少なかった。これらが結びつくより良いイメージになるであろう。

また、フレーム3においては「なぜ?」という疑問(質問37)をもっともたせたかった。そうすることで、次の授業でだ円を代数的に扱い、方程式を立てていくための動機づけにもなる。導入を扱うCAIソフトでは、このように次の授業へつながっていくことが重要であろう。

また、42, 43からコンピュータを利用した授業に関しては、ほとんどの生徒が好意をもっている。なかなかとつきにくい単元を、意欲をもって取り組

ませることができた点は、一応成果が認められよう。

その他、評価すべき項目はいろいろあるが、以上が目標に従って行った評価の大筋である。

5. 最後に

今回はコースウェア自体が単純であったが、複雑なフレーム構成のものであると評価も煩雑になってくる。背景としている学習理論、学習類型、学習者の準備状態、学習成果の型と測定法、その他を考慮しつつ計画的に評価しなければならないであろう。

授業は2クラスで実施したが、アンケートの結果が幾分異なっていた。生徒の状況や時間帯によって、授業のあり方にも変化がみられる。データをとる際もこの点に注意したい。

だ円のイメージに関するアンケートの結果は、大変興味深いものであった。クニユ、ポワーンといった擬音的なものから、カワイイといった感情的なもの、円の中心を2点に分けたものといった数学的なものまでいろいろであった。これをみると、生徒それぞれの人間性がわかるかもしれない。

今回はコンピュータをシミュレーション的に利用したが、これはあくまで代替的経験に過ぎず直接的な経験ではない。つまり、コンピュータの映像により理解は助けられるが、実際の経験には及ばないであろう。こういった代替的経験で現象を理解したと早合点するのは危険であり、その後で数学的に裏づけを与えるといった事後指導が必要である。CAIを利用し評価する際は、こういった点を考慮することも重要であろう。

参考文献

コンピュータ支援的教育システム—CAI

中山和彦・木村捨雄・東原義訓 (東京書籍)

コンピュータによる授業設計と評価

西之園晴夫 (東京書籍)

わかる授業の心理学

北尾倫彦・速水図敏彦 (有斐閣選書)

コンピュータ教育 標準用語事典

コンピュータ教育開発センター (CEC) 監修

(アスキー出版)