

数学教育におけるコンピュータ利用について

佐伯卓也 (岩手大学)

はじめ

1983年の日本教科教育学会(5月富山大), 日本科学教育学会(8月山形大), 国立大学教育工学センター協議会(9月三重大), ICMIE-日教教国際会議(10月, 東京)の論文集にある合計61のパーソナルコンピュータ(以下パソコンと略す)関係研究, さらに中央地方を問うる, 現場におけるパソコンの利用研究など, ここに至って増加の一途をたどっている。

わが国ではいよいよINSプロジェクトも具体化し, 高度情報化社会の実現に向けて進んでいる。学校を取りまく環境もアットパソコン等のインパクトが強まってこよう。この時点で, パソコン利用のphilosophyが必要になると考えられる。このアプローチの第一歩として, 内外の研究者の発言をまとめ, 一つの方向性を示す必要を抽出し, 仮説的な命題を示唆したいと思う。

1 理論的側面からのアプローチ

筆者の用いる用語の二, 三を定義をする。

パソコン化教材 (personal computerized material = PCM)

パソコンCRT(ディスプレイ)に表示された数学の教材のこと。

パソコン化授業 (personal computerized teaching = PCT)

普通教室の授業の中で, PCMの一部または全部, 織り交ぜた授業を意味する。

PCTとCAIの区別。CAIはコンピュータ又はパソコン自体が授業

を制御し, 教師がいつも教授活動をよりよいとするマネージャー的な役割りを演ずるにすぎない。授業の流れも, 途中で変更は必ずしも可能。ハードウェアに対する困難は, 全体として剛構造の授業となっている。

これに対してPCTは, 授業の制御・意思決定は教師であり, 容易に授

業を更でる柔構造になっている。

パソコンが複数台接続してネットワーク、つまり LAN (local area network) になっていても、自動制御でなくて、教師が制御している限り PCT である。プログラムの言語も、普通は BASIC が多いが、BASIC のほか LOGO が用いられていても、この条件をみればやはり PCT である。

PCT の利用水準による分類。PCT を実践するのを次のようなカテゴリーを用いると便利がよい。この表は、PCT を、教師と生徒のパソコン

表 1 PCT の利用水準による分類

	第1水準	第2水準	第3水準
プログラミング	教師	教師	生徒
キー操作	教師	生徒	生徒

へのかわり方が5分類したものである。第1水準の PCT とは、PCM のプログラミング、PCT 層間のキー操作を教師が行う、という水準の PCT という意味で、他にもこのように読みとる。

「学」と「術」の理念。在島大学の平林氏 (1981) は、数学教育における「学」と「術」の理念を、歴史的に捉え、たどってみせる。学と術の例として、氏は今世紀初頭の数学教育の改進黨をあげ、ヘリーの「術」、クラインの「学」と述べている (平林, 1982)。わが国の数学教育は、両者が混同され、「学」の劣化となったという。この結果は、戦前のエリートのための中等教育ではあまり問題を起こさなかった。だが戦後になり中等教育が義務教育に拡大されたとき、カリキュラムの根本的検討はなされず、伝統的なエリートの数学がそのままのこった。このため今日現場に見られる「落ちこぼれ」現象の原因の一つとして、このカリキュラムの不適切性があると指摘している。

氏は、学と術が統合された例として、ヘスタロッチの算術教育、を以て改進黨をあげる (平林, 1981)。

氏曰く、術の精神として ① 実際性 < 術では記号よりも事物

そのものが重視される> ②生活性<術は生きるために必要なものであり, 実用性・有用性が重視される> ③体で覚える<術は単なる知識でなく, 実際に使える, 身についた知識である> とあげられる。一方 PCT を考えるとき, この術の精神があらはれる。その上, PCM は「学」としての数学をとりあつかうなら, パソコン操作という術といふにはなり学と術の数学の統一のパラダイムを見ることかたよる。

所で, ハンズオンは「術」の中へ「学」の精神をとり込んでいくようであるといふ。一方改造運動では, 「学」に対し「術」の復権があらはれていくように見える。これに対して, PCT で「どうなっているか」という“ハード(術)があって, そこへ「学」が入っていった側面がある反面, 「学」的立場で, どこのことかたよると PCM にし, あるいは PCT にするかと。このような, 「学」の中へ「術」をとり入れるという側面があるように見える。いずれにしても, PCT は, 学と術の数学の統一の一つのパラダイムに達したといえる。

Streibel (1983) は, 学習経験, 学習ツール, 教師の役割りの観点から, CAI と LOGO を比較検討している。主たる結論として, LOGO は top-down アプローチ, CAI は bottom-up アプローチ, 教師の役割りから, LOGO は guiding 時には co-learning になるのに対して, CAI はマネージャー的であるとした。

所で LOGO 環境は, 筆者の意味の第3水準の PCT と見なされる。この意味で LOGO だけでなく, BASIC でありかつ第3水準の PCT を考えれば, これは Streibel の意味の LOGO 環境でいっていることがすべてあらはまることになる。

Noss (1983) は, 数学における問題解決に小かれて, 「(パーソナル) コンピュータは選ばれたヒューリスティック方略の具体的なモデルを提供する」と発言する。つまりパソコンが問題解決ツールであり, それによる活動が問題解決活動と対応するといふのである。この発言も「学」と「術」の統合がパソコンを介してはされることに関係しているように見える。ゆが国でも竹之内氏 (1983) が PCT のことを「実験」に比喩しているのも, この意味からである。

2 PCT関連の研究からのアプローチ

学校における利用場面から(カテゴリ別)

文部省資料 — CAI, CMI, コンピュータ教育, クラブ活動

町田氏(1983ab) — CAI, CMI, 事務処理, CAL

佐伯 — CAI, CMI, PCT, 事務処理, 研究(教師)

以上は、学校におけるパソコン利用場面分類のカテゴリの一つである。数学教育という場面では、町田氏や筆者のものの方が使いやすいように見える。

授業における利用場面

内外の研究から、利用場面の発言をもとに8個のカテゴリを作り、まとめたのが表2である。この中でシミュレーションの中には統計が入っている。

表2 数学の授業における利用場面の実際

	問題解決 と創造性	シミュ レーション	モチベーション と提示	発見 学習	ドリル	LSI 教材	計算 代行	後の 洞察の ための
Zabinski 他 (1979)	○	○	○	○				
Leonard 他 (1980)	○					○		
Norris(1981)	○							
Dugdale(1982)					○	○		
Shilgalis(1982)			○		○			
Lappan 他(1982)						○		○
Wayner(1982)	○					○		○
阿部 他(1982)					○			
Collis(1983)			○				○	
木之内(1983)			○	○	○			○
佐伯(1983)	○		○	○	○	○		○
佐伯 研学生一同 (1983)		○	○	○	○	○	○	
千葉(1983)	○	○			○			
計	6	3	6	4	7	6	2	4

るし、計算代行も統計やその他の数値計算が入っている。これはSPCTの一つの傾向がうかがえる。度数の多しものについて検討を加える。

ドリルというのが一番多く、よくパソコンの機能にマッチするものと考えられる。水準から見れば「第2水準PCT」となる。これには単に数学教材だけでなく、パソコンキー操作のドリル(4葉, 1983)及び、それらにtime \$を投入、時間を見るゲームにしたものもある。また、得点を競うようにしたものもある。このようにゲーム化すれば児童生徒のモチベーションが一段と高まる結果も期待される。

問題解決をとりあげる。Norris (1981)は「コンピュータでは問題を解くことで、問題解決の多くは能力を要求する」といって、その過程で、創造活動の主要行動である「分析」(analysis)と「総合」(synthesis)が関係するとしている。またNoss (1983)はLO(LO環境)ではユースティック方略が要求されるとしている。したがってこのLO(LO)は前にも述べたが、筆者のいう第3水準のPCTに他ならぬ。

次はモデリングである。これはパソコンでは最も得意とすべき所で、美しいカラーディスプレイ機能を生かすことができる。OHP、スライド、VTRに比べパソコンでは、という提言が有効である。筆者の研究生の学生の関心した、 $y = ax^2$ のグラフ表示とが、ピタゴラス定理の面積移動による証明法、三角錐の体積公式の $\frac{1}{3}$ となる理由説明など、十分にパソコンのグラフィック表示機能を生かしたものである(これは研究会があったら公表する)。

よくさし教材、すなわち、程度を越えた教材をパソコン利用でできるようにする。かなり程度の高いグラフ表示(高次関数、超越関数など)、さらにパラメータ表示によるグラフ、「変化率」を扱ったスロープ関数など、内外ではかなりの報告がある。

コンピュータ問題となったのは、PCTないしはパソコンは子どもにとって「のめり込み」現象が起つて、人VSマシン関係に加え、人VS人の関係をまわす子どもが増加等の、いわゆるパソコンの教育的デメリットの研究も散見されたことである。従って、PCTをすすめるにあたり、このパソコンの否定的な面をも十分配慮した上で、トータルとしてのPCTを考慮が必要がある。

3 情報化社会とコンピュータと教育

社会 (society) とするとき、

(イ) ありゆる形態の人間の集団的生活をいう。家族、村落、キルド、教会、群集、階級、国家、会社、政党などはその主要な形態で、自然的に発生した集団と、人為的に特定の利害目的などに基つてつくられたものがある。

(ロ) さまざまな多くの集団の相互作用と、総和からな全体的な社会

という意味がある。

さらに 教育 とするとき、たとえば「デュルケムによると

「先行世代が後続世代に対して行なう組織的な社会化の営みである」

という。ここでいう社会化 (socialization) は、社会主義化という意味でなく

「子どもが成長過程で社会化のエージェント (社会化を促す母親、教師、マスメディアなど) の働きかけにより、人間が次第に社会のさまざまな価値、規範、役割りを学び、獲得し、内面化していくことで、この過程を社会化過程という。その目的は個人が集団の成員と同一化する事にある」

さらに、社会化過程とは、その属性

(1) 社会化される個人の属性 --- 性、年齢、社会的地位

(2) 社会化のエージェントの属性 --- 社会化される個人との関係

(3) 社会化の内容

(イ) 社会成員のすべてにあってはまる価値・規範 --- 言語、非世のしつけ

(ロ) 社会成員の一部の人だけあってはまる価値・規範 --- 母親の役割り、社長の役割りなど

このような観点に立ち、情報化社会を考えてみる。

情報化社会 (information society) の定義はいろいろあるが、ここでは後藤氏 (1983) の定義に従う。後藤氏によると情報化社会とは「情報・データの入手に際して多メディア化、多チャンネル化がいろいろ

「進歩した社会」という。

さて情報化社会における、社会から教育への期待要求は、情報検索型メディア自由人間、つまり各種メディアから必要な情報のみを選択でき、加工できる人間の育成に集約されていると思われた。これは従来から現行の学習指導要領で各教科の目標になっていたが、情報処理能力の育成と一致すると考えられる。そこで子ども達に情報処理能力を身につけさせるためには、まず、教師自身から、その能力資質を身に付ける必要がある。さて、情報処理のための中心的ツールは筆者は、当面、パソコンと考える。従って教師のパソコン教育が冒頭の課題となる。

このように立場から一つの数学カリキュラムの試案を次に提案してみよう。

- (1) 1st リテラシー --- 「読み・書き・そろばん」のそろばんの部分
- (2) 2nd リテラシー --- コンピュータリテラシーを中心、情報処理能力の育成
- (3) 専門職のための数学教育 --- 数学者、高度に数学を用いる職に就く人々のための数学教育
- (4) 上述(1)~(3)に必要な数学教師の育成のための数学教育

	小学校	中・高校	大学	大学院・成人・企業内教育
1st リテラシー 算術 数学		2nd リテラシー コンピュータ数学(コンピュータ教育に資する) マニピュレイション教育のための数学(算)の習得	専門的数学教育 (ハイパフォーマンス教育に資する)	

図1 数学教育のカリキュラムの概念図

筆者は、この中で特に(4)に関連し、インサービス(現職教育)としての教師教育が最大のネックになりそうと考えている。

参考文献

千葉亨之(1983) 第3水準のパソコン化教材の開発 ——

次方程式の応用 ——, 第15回東北数学教育学会年会要項

後藤和彦(1983) 情報化時代の人間に要請されること, 教育と情報, 303, 5~10.

平林一栄(1981) 数学にかける「学」と「術」の理念, 中四国数学教育研究紀要, 7, 81~84.

平林一栄(1982) 一般陶冶としての数学教育, 第16回日数教論文発表会論文集, 全9~12.

Noss, R. (1983) Doing Maths while learning Logo, *Math. teaching*, 104, 5~10.

Norris, D. O. (1981) Let's put computers into the mathematics curriculum, *Math. Teacher*, 74, 24~26.

佐伯卓也 (1983a) 現代の社会は数学教育に何と要求しているか, 数学教育学会昭和58年度秋季例会シンポジウム要項

佐伯卓也 (1983b) 数学教育におけるコンピュータ利用の意義, 第20回数学教育研究会要項.

Streibel, H. J. (1983) The educational utility of

LOGO, *School Sci. Math.*, 83, 474~484.

沢田内倫 (1983) 数学教育における問題点の研究と新しい教材の開発, 昭和57年度文部省科研報告.

On utilization for computers in

mathematics education

Takuya Saeki (Iwate University)

We shall consider the utilization for (personal) computers in mathematics education. We categorize the level of personal computer utilization in school by three categories, as the 1st level, the second level and 3rd level. And third level utilization, in which both programming and key operation are performed by student. We shall emphasize that the personal computer is an aid of mathematics class as "art" and as "science", especially, one of a central aid in the information society.