

教育におけるコンピュータ利用と数学教育〔I〕

真田克彦・植村哲郎

(1985年10月15日 受理)

The Computer Uses in Education and Mathematics Education〔I〕

Katsuhiko SANADA and Tetsuro UEMURA

I. はじめに

現代社会は高度情報化社会への途上にあるといわれる。現代の学校教育はそれに対して如何に対処すべきかを問われている。この問題に対してうまく対処できなければ学校教育の未来は明るくないと言える。コンピュータは、これからの我々の生活環境において必要不可欠のものとなるであろうし、それが通常のこととして受けとられる社会となるであろう。我々はこのような社会を念頭において、教育におけるコンピュータ利用を考えなければならない。

昭和60年3月29日に文部省社会教育審議会より「教育におけるマイクロコンピュータの利用について」の答申が出された〔1〕。その内容は教育におけるマイコン利用の現状分析、教育利用の諸形態とその留意点、教育利用のための条件整備などについての報告を行っている。その中で先進諸外国の学校へのマイコン導入状況、教育利用の状況と比して、我が国の現状は非常に遅れをとっていることを指摘し、積極的な教育へのマイコン利用の推進を提起している。

さらに昭和60年8月22日には文部省の調査協力者会議より「情報化社会に対応する初等中等教育の在り方に関する調査研究」の第一次審議とりまとめが出された〔2〕。報告は、進展する情報化に学校教育は無縁ではあり得ないとして、高校ではコンピュータ教育を独立した選択教科目としてカリキュラムに取り入れる。中学校では当面、希望する生徒にクラブなどの特別活動で学習の機会を与える。小学校では児童がコンピュータに慣れ親しむことのできる環境を与えるよう求めている。

これらの答申や報告にしたがい、我が国の教育におけるコンピュータ導入は推し進められつつある。文部省が昭和58年5月に行った調査では、全国に1台以上マイコンを保有している公立学校は小学校0.6%、中学校3.1%、高等学校56.4%であったが、昭和60年度に入って導入台数は飛躍的に増加しているものと考えられる。

これらの情勢ともなあって、教育におけるコンピュータ利用に関する研究も急速に熱を帯びて来たと言える。教育工学関連の学会での研究発表の増加、関連学会の新規発足など情勢は急速に変わりつつあるように見える。このような時期において、現状を改めて認識することは非常に意味のあることと考え、関連する研究の現状とそれらの目指す方向を探るための研究を行なった。

第Ⅰ章では、教育におけるコンピュータ利用の概要を認識し、以下の章の調査との関連づけを行なった。第Ⅱ章では学会論文の現状を分析して、それらの研究の流れの方向を探った。第Ⅲ章では、数学教育関係の2種類の雑誌に掲載されている論文を調べ、諸問題を分析した。第Ⅳ章はまとめの章であり、将来的展望を行なった。

Ⅱ. コンピュータ利用の概要

教育におけるコンピュータ利用については、現在短期的展望あるいは長期的展望ともに数多くの意見が闘わされて来ている。これらの意見を闘わす全ての人々が、効果的なコンピュータ利用を推進すべきだという点では、共通の目標を持っている。コンピュータ利用の効果についての評価は、初・中等教育にとって何が有益であるのか、そしてその必要性和実現性はどうかといった点に焦点を合わせるべきであろう。有効性については、例えばコンピュータとその利用法についての知識を増すこと、学習の基礎的方法についての改良、現行カリキュラムの拡充などが考えられる。兎に角、現代文明全体におけると同様に、教育環境においてもコンピュータは非常に幅広い範囲に利用することができる。

教育におけるコンピュータ利用は、次の3つの系統に分けることができる。

- (1) コンピュータを利用した学習指導
- (2) コンピュータについての教育
- (3) 学校経営援助と教育運用のためのコンピュータ利用

最初の(1)はCAIと呼ばれるコンピュータの教育利用であり、(2)は情報化社会におけるコンピュータの役割とコンピュータ科学の基礎についての教育である。(3)は生徒の成績の分析、処理などのコンピュータ化により、教師にできた余裕時間を生徒との接触にあてることことができる。

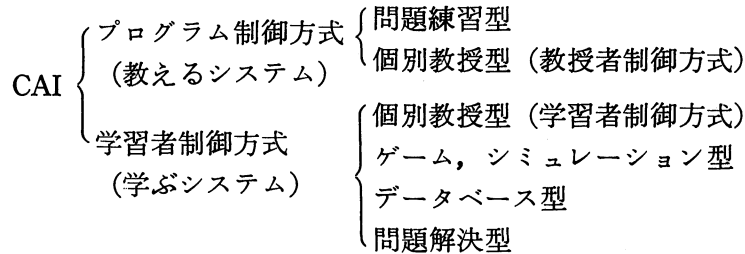
教育におけるコンピュータ利用は、教育の目標をしっかりと見定めた上で、その実現化に当たらなければならない。特に(2)においては、どんな内容を教えるべきか、どの学年の生徒にはコンピュータについてのどのような活動が適するかなどの、カリキュラムの問題をはじめ検討すべき問題は多い。

1. コンピュータを利用した学習指導

この利用方法に対しては、CAI (Computer-Assisted Instruction) あるいは CAL (Computer-Assisted Learning) とよばれる。この呼び方に対しては多少の意味の違いがあるようだが、ここでは、特にその区別をしない。

CAIの目的としては、[7]によるものを採用する。“コンピュータがもつ、特有の機能を生かし、個々の学習者がコンピュータと相互に独自の会話を交わしながら、学習を効果的にすすめていく。学習の個別化や教育の最適化、そしてコンピュータによって強化された教育を実現することを目的とするコンピュータ利用の教育学習システムである。”

CAI の学習形態による分類には、文献により多少のの差異はあるが、〔7〕を参考にして次のようにする。



1.1 問題練習型 (drill and practice)

問題練習型は最も普及し、最もよく知られている。そのためこの型のソフトウェアは極めて多い。実際複雑な学習理論を要しないこともあって、他の型に比べてソフトウェア作成が比較的簡単であることにも起因する。このソフトウェアの基本的教授過程は既に整理された内容の問題を提示し、生徒の答えが前もって用意された答えと一致するかをチェックする。プログラム設計においては、問題提示を、どのような方法で、どれくらいの頻度で行なうかを決定する必要がある。問題提示や応答形式に対しては、個人的な好みの違いも考慮する必要がある。この型式のソフトウェアは教授過程のレベルを数レベル持っていて、学習者が好みのレベルを選ぶことができるのが望ましい。そして研究の方向としては、その学習記録によってフィードバックしながら、最適なコースを探ろうとする傾向にある。フィードバックに関して、ヒント、KR 情報、応答形式などの研究が数多くみられる〔10〕。学習教材として取り上げられているのは、算数、数学、理科が最も多く、国語も少し見られる。(第Ⅲ章参照)

問題練習型は多くの教育者にとっては、あまり興味のあるものではない。場合によっては間違っただけの学習行動に強化を与えてしまうこともある。しかし使い方によっては、授業の補助としての技能・能力の定着のために効果を上げることができる。すなわち、この型の CAI は教育上あまり興味あるものではないが、必要なものではある。

1.2 個別教授型 (tutorial mode)

個別教授型は教師と学習者が一対一の状況で個別指導するのと同じ方法で行われる。ただし、この場合、コンピュータが教師の機能を代行して、学習者とコンピュータのインターフェースにより教授学習を進めていく。

ある教育目標を達成することを目的にして作られたコースプログラムは教授情報(説明・問題)教授方略ロジック。テスト評価情報、学習評価ロジックなどを含んでいなければならない。これらのソフトと共に教授に必要なパッケージをコースウェアと呼ぶ。この型の CAI では学習者の学習記録の分析が重要であり、それによる評価、診断にもとづく教授方略がプログラムの生命である。この方面の研究も多い〔9〕。この型には2つ制御方式があり、プログラ制御方式ではすべての学習過程がコース作成者(プログラム)の制御下におかれる。学習者制御方式は学習者の要求に従い学

習したいことを学習できるように学習者が主体的に学習することを許す。

1.3 データベース型 (data base mode)

データベース型 CAI は、教材をデータベース化し、エグゼキュータによって実行させる方式である。さらに、情報検索型 CAI が開発されており、教材内容をデータベースとして独立に管理させ、教授ロジックをコースデータとして作成する。エグゼキュータによって教授ロジックを解析実行し、教材内容データベースを検索し、画面イメージを作成する。また応答文解析もより柔軟な誤りに対するフィードバックメッセージが提供出来るようになっている。

1.4 ゲーム・シミュレーション型 (game and simulation mode)

コンピュータは学習者が探究することができる構造化された世界を創ることができる。学習者はその操作規則によって、因果関係によって、あるいは環境上の制限によって、その世界に対処することができるようになる。そのよく創られた制限された世界を操作することにより、学習者は問題解決の方略を学ぶことができる。シミュレーションは、自然・社会科学の両方の教育を補助するためにしばしば使用され、コンピュータは精巧で効果的な道具となる。ゲームはプレーをしながら因果関係と問題解決方略を学ぶことができ、シミュレーションと似た経験をすることができる。

コンピュータはそれ自体もまた、特別に構成された環境を作る。プログラミングは制限された語彙、明確な意味、そして因果関係のはっきりした規則により1つの世界をつくることができる。Logo プログラミングはこの意味で注目されている。同じ理由から、他のプログラミング言語 BASIC, Pascal など、初・中等教育の中にある程度までとり入れるべきであろう。(第IV, V章参照)

1.5 問題解決型 (problem-solving mode)

問題解決型 CAI は、学習者が問題解決に至る思考過程をプログラムに組み、それをコンピュータに実行させ、結果を得ながら問題解決をすすめていく。ときにはコンピュータは不完全な誤った問題解決から完全な問題解決に至る過程を評価指導する。使用される言語は BASIC, FORTRAN, Pascal, LISP, Prolog のほか教育用言語 Logo が用いられる。(第IV, V章参照)

最近、データベースをとり入れて、知的能力を組み込んだ、知的 CAI (ICAI) の研究が盛んになって来ている。これからの CAI 研究は ICAI が中心となることは間違いないと思われる。(第IV, V章参照)

2. コンピュータについての教育

2.1 コンピュータ科学 (computer science)

コンピュータの教育といえば、まずプログラミングを教えることと考えられる。プログラミングはコンピュータ科学にたずさわるものにとっては基本的な能力であるから、コンピュータ科学の学習のためには、まずプログラミングを学ぶということになる。プログラミングの教育は、米国の中・高校では極めて普通に行われている。日本でも近い将来そのようになるものと予想される。

プログラミングを学校で教える理由はいくつかある。

- (1) プログラミングすることにより問題解決能力を教える。
- (2) 職業教育としてプログラミングを教える。
- (3) コンピュータ科学の専門家教育としてプログラミングを教える。
- (4) プログラミングは読み書き能力と同じように生きるための基本的能力であるから教える。

などの理由があげられる。〔6〕

実際プログラミングがコンピュータに対して発揮する力を経験していなければ、人間とコンピュータの関係を十分に理解することはできないであろう。このような考えに対する異議の中には、他の教育目標が、すべての人にプログラムを教えることよりも優先すべきであるというものもある。しかし、この高度情報化社会へと急速に進む時代の流れは誰も変えることはできないであろう。

2.2 コンピュータ・リテラシー (computer literacy)

コンピュータ・リテラシーについては〔8〕の中で「コンピュータを取り扱うことを、コンピュータリテラシーという人間の基礎的能力とみなして教育する必要がある。といわれるようになってきた」という表現があるように、コンピュータや情報技術の行きわたった社会で、有効に機能するために必要な技能、理解力、価値といったものすべてを包含するものであると考える。したがって、コンピュータ・リテラシーの定義の中には

- (1) プログラミングをする能力
- (2) コンピュータを道具として利用できる能力
- (3) 社会全体に対するコンピュータの適切な利用とそれに対する正しい判断力

などの能力が含まれている。またコンピュータ・リテラシーはその言葉を定義するよりも、教えるべき内容を定義する方が有効であると思われる。

2.3 まとめ

〔AT-4-ii〕* の中で、教育におけるコンピュータ利用についての内容を適確に表現した系統図があるので(図1)に示す。

なお、学校経営援助と教育運用のためのコンピュータ利用は、一般社会におけるコンピュータ利用と本質的には変わるところがないのでここでは特に述べない。

Ⅲ. コンピュータ利用についての研究の現状

(1) 調査 1

教育におけるコンピュータ利用の研究の現状を調べるために、電子通信学会技術研究報告書(教育技術・教育工学)を調査した。調査対象とした報告書は84年以降のものであり

ET83-9~ET83-10

*) 〔AT-4-ii〕については付録Cを参照、AT は Arithmetic Teacher の略。

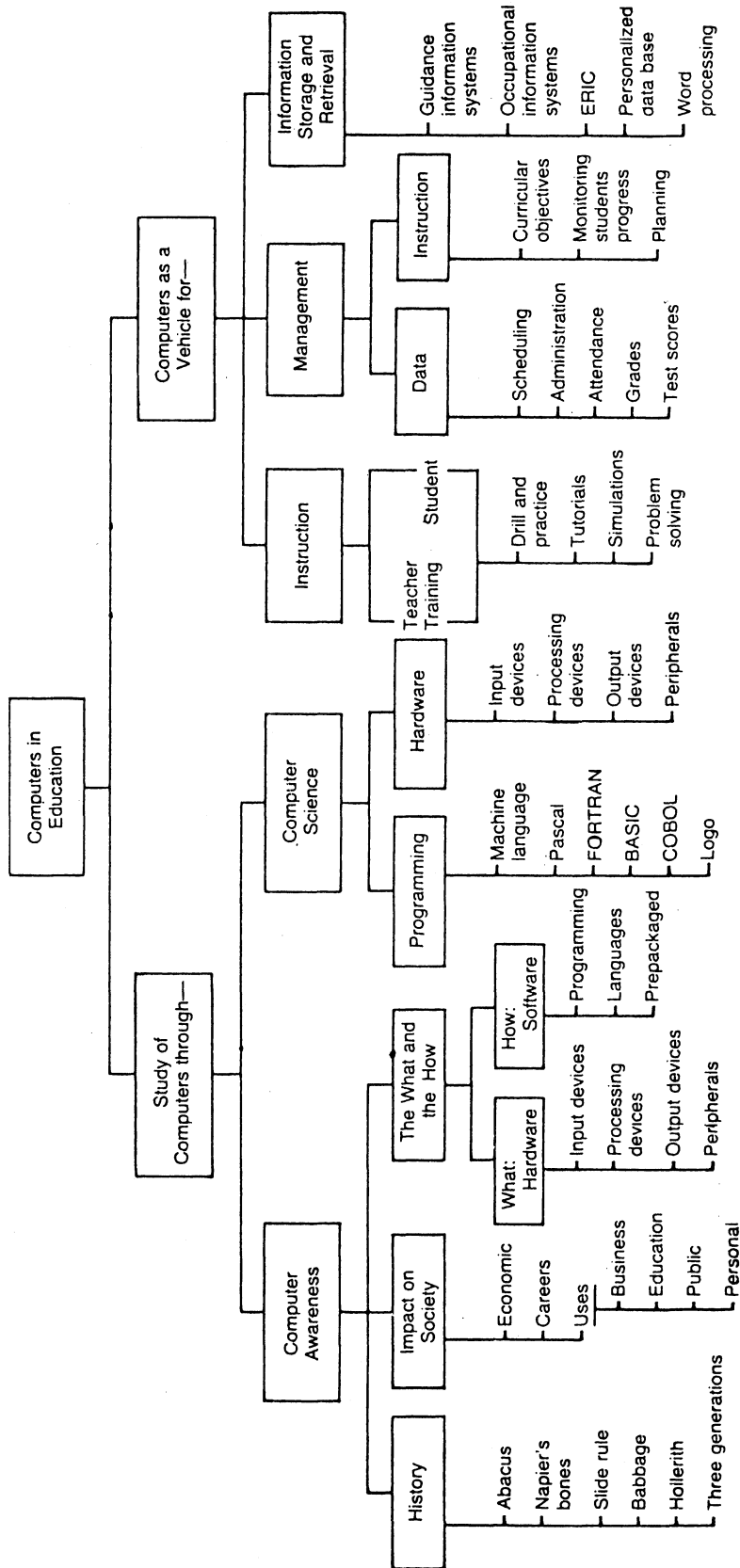


図1 教育におけるコンピュータ利用の概観

ET84-1～ET84-11 (ET84-5 欠)

ET85-3, ET85-4

を調査した。教育におけるコンピュータ利用に関する論文を抽出して分類すると

CAI に関するもの50件	{	CAI 一般	26件
		教科に関するもの	15件
		特殊教育に関するもの	9件

CAI 支援ツールに関するもの6件

コンピュータ・リテラシー教育に関するもの11件

教育データベースに関するもの5件

のようになった。これらの中で特徴のあるものを次に拾い出してみる。

CAI に関するものの中で、CAI の学習記録あるいは使用結果に対する分析に関するもの

ET84-2 CAI のアンケート

ET84-6 CAI 学習記録の分析

ET84-11 簡易 LOGGING システムによるマイコン教育

ET84-4 CAI と数学教育

CAI に関するものの中で、教科に関するものは15件あり、その内訳は

数学8件 理科3件 英語2件 国語1件 技術1件

となっており、やはり数学教育に関するものが圧倒的に多い。

数学教育に関するものの中で、誤答分析に関するものが注目される。

ET83-10 分数の足し算の誤答診断システム

ET84-10 中学数学テストの誤答分析

Logo を用いたもの

ET84-6 Logo を使った CAI の試み (特殊教育への応用)

ET84-9 自閉症のための Logo を使った教育

ET85-4 Logo の学習過程の分析

ET85-4 障害児への Logo の適用

データベースや人工知能の技術を適用した CAI の試みが最近増加の傾向にあり、注目されるどころである。

データベース型 CAI に関するもの

ET84-2 教授テキストデータベースに基づくスタンドアロン CAI

リレーショナルデータベースによる留学生向き日本語 CAI

教材データベースを用いた CAI の構成

ET84-6 数学教材の構造とハッシュ CAI

ET84-10 CAI 学習データの RDB 化

知的 CAI に関するもの

- ET83-11 マイコンによる知的教授支援システムの開発
授業における教授方略の意志決定シミュレーションの研究
- ET84-10 教授学習過程解析用擬似学習者の作成
- ET85-3 汎用 CAI 言語の言語仕様
CAI コース作成における予想解答記述方式
- ET85-4 学習援助システムのための知識の構造化について
テスト項目反応データファイルの作成と転送

コンピュータ・リテラシーは11件あるが、いずれもコンピュータをコンピュータで教育するという方式であり、CAI を用いてコンピュータを教える方式の研究が多い。

(2) 調査 2

Journal for Research in Mathematics Education Vol. 16, No. 4, July 1985 に掲載された84年度数学教育論文リストを調べて、コンピュータ利用に関する論文を抽出した(付録A)。これらの論文は、教員研修に関するもの、コンピュータ・リテラシー教育に関するもの、CAIに関するものの3つに分類できた。

教員研修に関するもの(4件)

- [A-1] CAI は CL^{*} に効果がある
- [A-3] 研修に参加する教師と参加しない教師の差
- [A-8] 社会人へのコンピュータ教育
- [D-2] 研修の内容の分析

コンピュータ・リテラシー(CL)教育に関するもの(14件)

- [A-2] (小5) CL をドリル CAI で教育
- [A-4] [A-5], [A-6] (高3) 学校でのコンピュータの利用
- [A-10] (中2) CL が科学教育に効果
- [A-11] (小5) ドリル型 CAI が CL に効果
- [D-6] (高2, 3) Logo と BASIC の教え方
- [D-13] (中3) CL に対する性差はみられない
- [D-14] (小5) 認識と動機づけの重要性
- [D-15] (小) Logo プログラミングの数学学習への効果
- [D-16] (中) 個人差の問題
- [D-21] (高) プログラミング完成度

*) CL はコンピュータ・リテラシー (Computer Literacy) の略

