

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のできる。

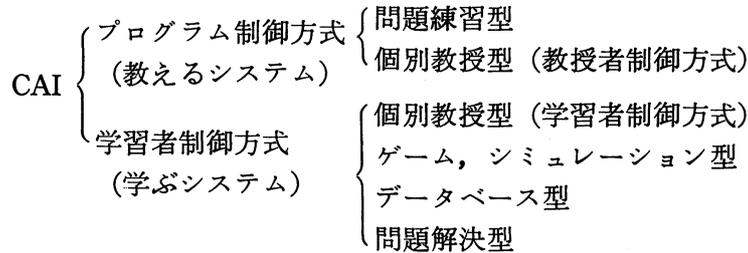
教育におけるコンピュータ利用は、教育の目標をしっかりと見定めた上で、その実現化に当たらなければならない。特に(2)においては、どんな内容を教えるべきか、どの学年の生徒にはコンピュータについてのどのような活動が適するかなどの、カリキュラムの問題をはじめ検討すべき問題は多い。

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。問題提示や応答型式に対しては、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。

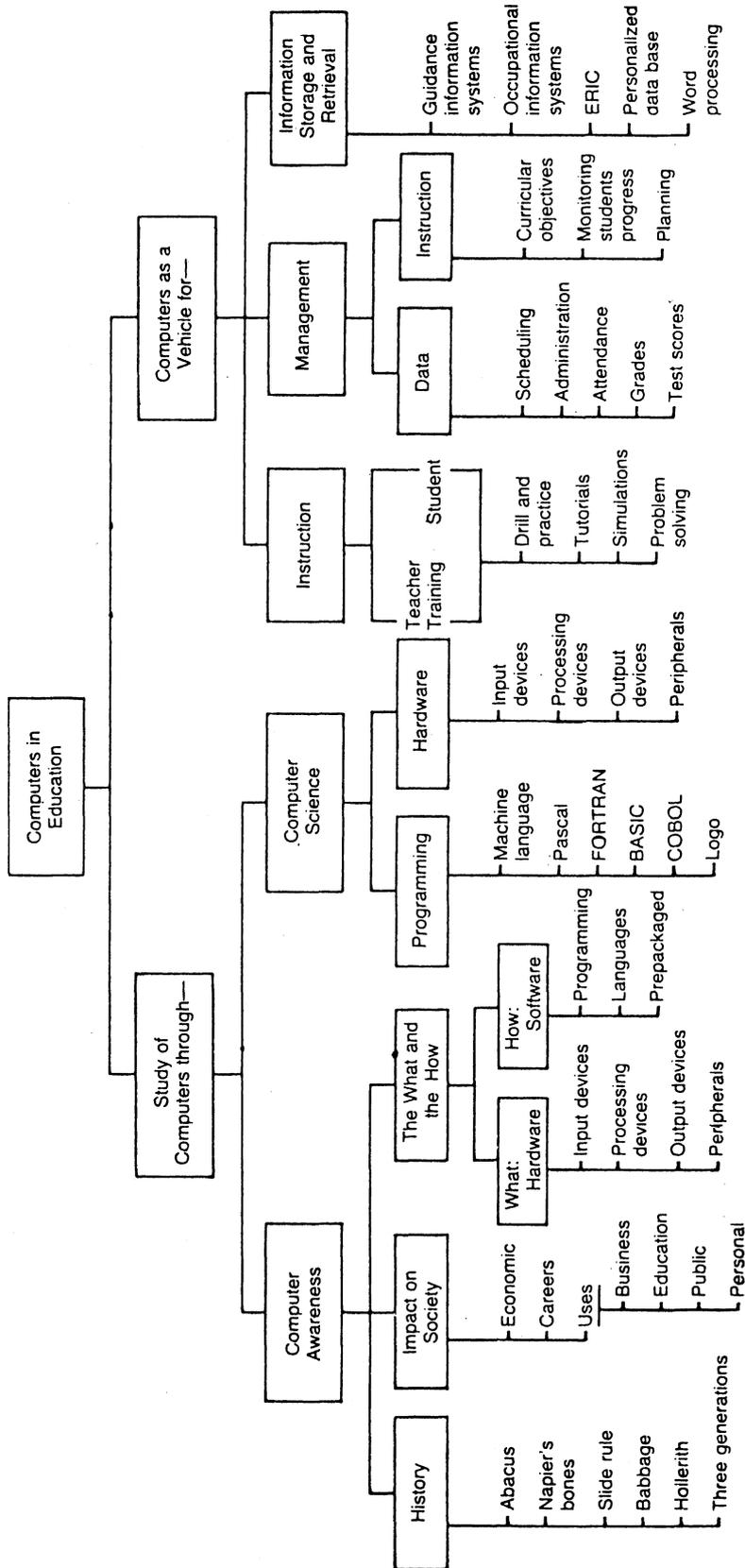


図1 教育におけるコンピュータ利用の概観

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

[D-22] (小5) 問題解決におけるプログラミング学習の効果

[D-24] (中2) プログラム学習と代数との関連づけと効果

CAI とコンピュータ利用に関するもの

[A-7] (中2) CAI の効用

[A-9] (小4, 5) CAI の効用

[A-12] (中) 誤りの分析

[D-1] (中1) CAI の効用

[D-3] (小4-6) CMI の数学への効用

[D-5] (小3) CAI の方式

[D-8] (中3) CAI の効用

[D-9] (中) CAI の効用

[D-10] (小6, 中1, 2) CAI の効用

[D-11] (中) Logo による問題解決

[D-12] (小) CAI ソフトの比較

[D-17] (小3) ゲーム型 CAI

[D-18] (小) ゲーム型 CAI

[D-19] (中3, 高1) CAI の方式

[D-20] (中) マイコン利用の現状と展望

[D-25] (中) CAI の効用

上記2種類の文献調査から、日米の研究の動向を比較することは、必ずしも合理性を持たないけれども、米国ではコンピュータ・リテラシー教育の研究が全研究の約50%を占めているが、我が国の研究は15%程度である。この方面での我が国の対処の遅れが、ここでもはっきりと現れている。

Ⅳ. 数学教育におけるコンピュータ利用の諸問題

数学教育誌 The Mathematics Teacher (MT, 1984年1月号より1985年9月号まで) と Arithmetic Teacher (AT, 1983年9月号より1985年5月号まで) の中の論文より、教育におけるコンピュータ利用に関するものを抽出し(付録B, C), 主たる問題ごとに分類した。そして問題ごとに注目すべき論点を紹介し、米国におけるコンピュータ利用の現状を知り、将来への展望の材料としたい。

1. コンピュータ・リテラシー教育

[MT-12-iii] において、プログラミング教育(中・高校レベル)の概要と教育方法が紹介されている。

(1) 授業計画

コンピュータクラスは各クラス約20名とし、50分授業で週4回行っている。

BASIC プログラミングコース

1年間コース 2・3年生

半期コース	}	1・2年生
4半期コース		

Pascal コース 今年から (約12名)

(2) 授業方法

各生徒に端末またはマイコンを提供し学習させるのが一番良い。場合によっては、能力の似た生徒2人のチームも、互いに助け合うことができるので良いこともある。2人以上のチームは学習効率が悪い。

講義をするときには、コンピュータから離れさせる。同じ課題をクラス全体にやらせることにしており、課題が時間内にできなかった生徒には、放課後教師の管理下でコンピュータを使わせることができる。早くできた生徒にはボーナスとしてゲームをやることを許す。

(3) 授業内容

課題用に約100のプログラムを用意している。

一般タイプ——算数の知識だけを必要とする問題で、BASICプログラムのトピックをすべてカバーするようにできている。

数学レベルタイプ——やや高度のプログラムで、難易度と数学の分野で分類している。

各生徒は一年間で、一般タイプのプログラムを約35、数学レベルのプログラムを約15~25完成する。

(4) その他

誤り発見(デバッグ)は学習にとって重要である。その方法として、あるキーとなる変数をPRINT文を用いてプログラムによりトレースするとか、紙上でのトレースを行なう。

プログラムの講義は大部分例題によって行なうが、ときには物を使って行なうこともある。また両親のボランティア制度を設けており、親が生徒と一緒にコンピュータを学ぶことも行なっている。

これに関連した論文は他に [MT-9-i], [AT-2-ii], [AT-5-ii], [AT-5-iii], [AT-5-iv], [AT-6], [AT-7-i], [AT-10] などがある。

2. カリキュラムの問題

[MT-12-i] (あるいは [AT-12-ii]) は、今日の数学教育が直面している危機的問題の1つは、コンピュータが数学とその教育にもたらす影響に、カリキュラムと教授方法が答える必要性の問題であると主張している。

[MT-5-ii] もコンピュータ時代における数学カリキュラムに対する提言を行なっている。両論文から共通する点を取り出して、次に列記する。

(1) 小学年 (小1~4年, elementary school)

*電卓・コンピュータは初学年より数学授業に導入すべきである。

*電卓・コンピュータは代数・幾何の理解を助ける (問題解決に通ずる)

- *暗算・見積り・近似などは強化すべきであるが、筆算は減らしてよい。(電卓・コンピュータが適する場合と、暗算・筆算が適する場合を教える)
- *データの収集や解析などをやるべきである。
- *小学生に対する数学的トピックを仮定すべきではない。(例えば10進数・負数・科学記号は電卓・コンピュータを使うと出てくるなど)
- *簡単なプログラミング (Logo, BASIC など) は、数学とコンピュータの概念を伝えるために早くから行う、コンピュータリテラシーはカリキュラムに入れるより、むしろ教科の副産物として自然に学ぶのがよい。

(2) 中学年 (小5・6, 中1・2, middle school)

コンピュータの進歩にもなって数学の変化があり、それにもなって新しい教材の開発が必要となっている。

- *従来のカリキュラムを整理し、離散数学、統計・確率、コンピュータ科学を新時代の基礎教科とみなす。
- *コンピュータ技術 (コンピュータ・グラフィックスなど) を授業に応用する。
- *コンピュータを道具として利用する。(繰り返し過程の学習、問題解決への応用など)
- *簡単なコンピュータプログラムを教える。

(3) 高学年 (中3, 高1～3, senior high school)

- *従来のカリキュラムのコンピュータ利用による再検討, (微積分の偏重に対する反省, 数式処理・グラフィックス・数値解析などにより手作業の重要さの減少, 幾何にはグラフィックスを応用, 初等関数は重要であるが計算は重要でないなど)
- *コンピュータは道具として, 原理や方法を発見しテストするために用いる。(問題解決)
- *カリキュラムに現実的な問題の問題解決をとり入れる。

上記提案に対しては、継続的にその効果についての検討が必要である。しかしカリキュラムより新時代に対する教師の対応の方がより重要であると述べている。そのために教員研修が必要になってくるが、これについては次節で述べる。

3. 教員研修

[AT-12-i]では小学校において、コンピュータを道具として使うことができることを教師に求めている。一般の小学校教師は大学学部生レベルのコンピュータ・プログラムの能力を必要とする。また各小学校にコンピュータ・スペシャリストも必要である。

コンピュータ教育を3つのレベル 初級 (awareness), 中級 (literacy), 上級 (competence-fluency) に分けるとき、初級の知識は小学校の全ての教師に必要である。中級は標準ソフトを利用し評価することができる。上級はソフトを書き変更することができる。全ての小学校はコンピュータ利用をカリキュラムに入れるべきである。そして各小学校には少なくとも1人の上級者、すなわちスペシャリストがいるべきである。しかし大多数の教師は初級で十分であろう。

[MT-12-i] における関連部分では次のように述べている。中学教師は教育におけるコンピュータ利用のコースとコンピュータ科学（問題解決，アルゴリズム的思考など）をマスターするべきである。高校教師は構造化プログラミング，アルゴリズム的思考，数学モデル化，その他の数学的基礎をマスターすべきである。

他に関連する論文は [AT-5-i] などがある。

4. 離散数学 (discrete mathematics)

[MT-4-i], [MT-13-i] は，離散数学がカリキュラムの中で重要な位置を占め始めていることを述べている。

離散数学の内容については [MT-13-i] では数理論理学，組み合わせ数学，グラフ理論，アルゴリズム（アルゴリズムの設計と解析），抽象線型代数学，確率論，集合論，整教論，などを含めており，場合によっては差分方程式，古典的有限数学なども含まれる，としている。中・高校の数学は連続解析に集中し過ぎている。離散的な問題を離散的に扱うことが重要であり，中・高校の数学でもこれを考慮すべきである。離散数学から連続数学に移るのがよい。また離散数学はコンピュータ向きの解析が容易であると述べている。

5. アルゴリズム (algorithm)

[MT-6-iii], [MT-10-ii] では数学の中でアルゴリズムを教える意義を強調している。古いアルゴリズム数学では完成したアルゴリズムを教えていたが，新しいアルゴリズム数学ではアルゴリズムをつくり出すことを教える。すなわち問題解決の中でアルゴリズムを用いて，そのアルゴリズムの開発により問題を解決する。[MT-6-iv] [MT-8-iii] の中でもこの点が強調されている。またアルゴリズムを表現するためには，プログラム言語を用いるのが最適であり，ここでも数学教育の中でのコンピュータ利用の意義が認められる。

6. 問題解決とコンピュータ (problem-solving with computer)

(1) [MT-7-ii] (中・高レベル) では，数学問題の解決に，コンピュータは生徒を助ける道具として如何に役立つかを例により示している。授業設定は4段階の Polya タイプ問題解決モデル (①問題の記述，②解析，③解決，④見直し) を用いて表されている。③解決の段階で，問題に対して考えられるすべての場合の結果を表にして出力するようなコンピュータ・プログラムを与える (BASIC で書かれたプログラム)。生徒はこのプログラムを調べて理解したうえで，コンピュータで実行させる。④見直しの段階で最適解を見つけ，さらに最適解の方略を見つける。

類似の論文として [MT-6-i] がある。

(2) [AT-4-i] (小5レベル) では，子供のためのプログラミング言語 Logo を用いて生徒にプログラムを書かせて問題解決練習を行なった。問題解決練習の中で数学，言葉の使い方，そしてコンピュータリテラシーを同時に経験できるよう工夫されている。特に Logo のような構造化されたモジュール構造の言語のプログラミングは問題解決のプロセスを理解する助けとなる。すなわち問題解決は問題の目的を理解すること，計画をたてること，一回1つの解を作り，その結果をチェッ

クする，というプロセスをたどることを生徒が実感する助けとなっている。

(3) [MT-3] は数式処理ソフト muMATH/muSIMP が教育利用に大きな効果をもつことを指摘している。muMATH パッケージは，通常の授業で使うのとほとんど同じ表現で処理されるので，授業で使い易く，その用途も BASIC などの適用できなかった分野への応用が可能である。muSIMP 言語は，分り易い LISP 系の言語である。そのプログラムの特徴は LISP のように多くの括弧を使わないでよく，またプログラムの繰返し再帰的定義の広い利用ができる。muSIMP のプログラミングの良い点とは，問題の数学の形で考えられることである。

7. Logo の使用例

小学校での使用例は [AT-1], [AT-4-i], [AT-7-ii], [AT-7-ii], [AT-8-ii], [AT-13], 中・高校での使用例は [MT-6-i], [MT-13-iv] であり，小学校での使用例が圧倒的に多い。しかし最近 Logo の研究が進み高学年での使用も増えつつある。

[AT-13] では Logo と BASIC の関係について，次のように述べている。Logo は 子供が憶え易い優れた言語であるけれども，BASIC の代りに Logo を選ぶのは間違いである。Logo は BASIC と共に使う言語として選ぶべきである。Logo はグラフィック (タートルグラフィックス)，手続き，構造化プログラミングなどに優れているが非常に多くのメモリを必要とするので費用が高くつく，座標系のグラフや大抵の数学に対しては，BASIC がまさっていて，あまり費用もかからない。

Logo の使用例の大部分は図形に関するものであり，[AT-4-i] だけが違った使い方をしている。(代数の問題解決)

8. 大学が求める教育内容

[MT-7-i] は大学入学者に要求される，大学以前の教育での学習経験と能力についての調査を示している。

調査は39大学から解答を得ている。学習経験についての調査では次のようなデータが示されている。

	BASIC	Pascal	FORTRAN		
必要である	9%	7%	8%		
好ましい	67%	63%	64%		
	機械語	アセンブリ語	COBOL	Logo	PILOT
要求しない	89%	77%	84%	87%	96%
	BASIC	Pascal	FORTRAN		
最も好ましい言語	29%	29%	30%		

大学でよく使われる言語はやはり Pascal か FORTRAN のようである。

関連した論文に [MT-6-ii] がある。

V. コンピュータ利用の将来的展望

1. Logo と教育

1.1 Logo による教育

Logo は、コンピュータの中に現実の世界を抽象化した小世界（マイクロワールド）を建設して、子供にその世界を体験させ、原理を体得させる。そうした小世界の最初の例として、タートルの小世界を挙げることができる。タートルの小世界は数学の国（Mathland）であり、原理的にはタートル幾何学の支配する世界である。

タートルは人間、動物、乗り物に類似しており、子供はタートルを擬人化し、タートルの動きと自分を一体化して、幾何学の原理を理解することができるようになる。子供は自分の身体を動かすことにより、Logo のプログラムを理解し作ることができるようになる。これは新しい体験であるとともに、強力な概念の獲得である。

小世界（マイクロワールド）の概念は人工知能研究から借りてきたもので、Logo を特徴付ける興味ある概念である。それは良く定義されてはいるが、制限された学習環境であり、そこにおいては、興味あることが起こり、学習するための重要なアイデアが豊富に存在する世界である。子供はその小世界で色々な体験をして、新しい知識や概念を身につけることができる。

子供が新しいことを学習する場合に、子供は新しいものを古いものの中へ吸収し、それを積極的に用いるうちに自分の知識を作り上げて行く。しかしこの過程にはしばしば障害が起こる。例えば新しい事柄が現実には起こり得ないような場合である。ところが Logo はそのような世界を、コンピュータの中に作り出すことができる。一つの例として、ニュートン力学の基礎的な学習で、永久運動の原理は一般の経験と矛盾する。すなわち現実の世界では、摩擦の存在によって物体はニュートン力学の慣性の法則が示すような運動はしない。そこで Logo はコンピュータのなかに理想的なニュートン力学の世界を作り出し、その小世界を子どもに体験させることができる。この小世界はダイナタートル（Dynaturtle）と呼ばれ、子どもはダイナタートルを思考上のツールとして、ニュートン力学を体験することができる。このダイナタートルは、ニュートン力学の法則に従うタートルであり、通常の幾何学的タートルに質量を与え、質点としての性質をもたせたものである。

Logo による教育の目標は、ピアジェ式学習—すなわち“教えられることのない学習”，“カリキュラムのない学習”—と、強力なアイデアの獲得という二つの目標を同時に達成しようとするものである。この理想を持つことによって、Logo の実践の場に重要な緊張感・切迫感を生じることになる。

1.2 学校での利用

Logo は幼稚園児から、小学生、中学生、高校生、大学生、そして彼らの先生にまで、その教育

用あるいは研究用として利用され得る。主として、教育用としては次のような利用がなされている。

- *数学の実験的学習のための環境作り
- *問題解決能力の開発を促進する
- *入門的プログラミング言語として
- *コンピュータ・リテラシー教育用として
- *落ちこぼれ生徒の学習を補助するため
- *種々の教科の学習環境の基礎として
- *ピアジェ式教育の全く新しい基礎の形成のため

Logo を教育に利用している例 ([15], [17])

(1) Edinburgh Logo プロジェクト

Edinburgh 大学人工知能研究所において、隣接私立学校の12, 13歳の子どもを対象にして、Logo を用いて、数学的思考をするための学習環境を作ることと、通常の学校数学の内容を教えるための新しい方法の開発、研究をした。

(2) Brookline Logo プロジェクト

MIT-Logo グループと Brookline, Massachusetts の公立学校の共同研究である。50人の6年生に Logo を学習させ、それを観察し分析した。さらに Logo をクラスで学習するためのカリキュラムを開発した。

(3) Lamplighter 校 Logo プロジェクト

MIT-Logo グループ、Texas Instruments と Lamplighter 校の共同研究である。十分にコンピュータを提供し、学習内容を制限せずにコンピュータに触れさせ、さらに全ての生徒と先生に Logo を教えた。

(4) New York 科学アカデミーによるプロジェクト

New York 科学アカデミーの指導により、New York 市の小中学校の先生に Logo を教えるための研修を行なった。その目的は、クラスにおいて有効に Logo を利用することにある。

(5) 日本における利用

我が国においては大規模な Logo のプロジェクトはない。富山県の湖南小学校の戸塚教諭の利用例がよく知られている。戸塚氏は自分で Logo インタープリータを開発し、教材として活用している。

他にも、米国、ヨーロッパなどでは、盛んに Logo による教育実践の研究が行なわれている。

1.3 Logo の問題点

(1) タートルグラフィックスを導入した後、子供たちが Logo を用いて自発的に遊びながら自己と外界との関係構造の基本を自然に学びとることができるか、という問題。実際問題としては、黙って Logo を与えておくと、大半の子供は暫くすると飽きてきて関心を示さなくなる。

(2) 日本の現在の教育制度の中で、Logo による教育がどのように生かせるという問題。Logo の

思想に従うと通常のカリキュラムと衝突する。学校の現場の先生方の意識を変える必要がある、など。

対策としては、良いインストラクターの必要性あるいは養成などが考えられる。いずれにしても、Logo を実際の教育に使う場合には、なお研究すべき点が多い。Logo は子供のための言語ではあるが、必ずしも易しい言語ではない。その背後にはかなりの論理性が隠されている。したがって、低学年児童に限らず高学年から大人の次元での教育にも利用すべきであろう。

2. 知的 CAI(ICAI)

第Ⅲ章の中の電子通信学会技術報告書[10]の論文中 ICAI に関する論文が7件である。また1985年教育工学関連学協会連合全国大会講演論文集[14]の中で CAI 関係の発表35件中7件が ICAI 関係で20%を占めている。このような数字からもわかるように、最近 ICAIに対する研究者の関心が非常に高くなっている。教育という人間の知的な活動をコンピュータを用いて支援あるいは代行するためには、人工知能の理論と技術が有用であると考えられる。人工知能の技術を取り入れた CAI の研究を ICAI(Intelligent CAI) と呼び、1970年代の初めから主にアメリカにおいて研究されてきた学問である。

人工知能の研究の最終目標は「人間に観察されるような、いわゆる“知的な振舞い”を示すコンピュータプログラムを作ることである」と定義されている。知識の伝達としての教育は、伝達する側とされる側との2組の人間の相互交流という意味から、人工知能の技術を受け入れるモデルとして最適であるといえる。人工知能の領域で最も重要なものは知識構造に関連した部分であり、自然言語処理システム、質問応答システムを加えた領域がメインである。

ICAI を教育学的側面から考察を加えると、(1)人間の教師は教授過程で特定の質問を単に列挙しているのではなくて、意味情報構造の形で蓄えている知識を用いて処理している。したがって ICAI も知識を正確に表現し、知的に使用するために、データベースに対して意味ネットワークを使用し、プログラムに人工知能的アプローチを用いる必要がある、(2) ICAI は人間の教師をよく観察し、その結果を吸収する必要がある。人間の教師は明らかに、内蔵された質問や答などに基づいて行動するのではなくて、事実とか概念とか手続きといった形式の知識に基づいて行動している。(3)人間と計算機の間での自然言語による会話の重要性、(4)予想外の答の処理と、それに関連して、学生のモデルを作ることが必要であり、このことによって学生の誤りを処理し、誤解を調べ、誤りを訂正する行動をとることが可能となるとされている。

ICAI における、現在そして将来の興味ある研究課題は、教育学上の“疑問”を研究することである。意味論的かつ統語論的観点から見て、質問の型の分類はどうすればよいか。もし特定の主題とは無関係に適用するならば、誤りの分類はどのようにすればよいか。診断と治療の目的のために効果的な技術とは何であるか。ICAI は極めて興味ある研究対象である。

参 考 文 献

- [1] 教育におけるマイクロコンピュータの利用について，文部省社会教育審議会教育放送分科会
- [2] 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協力者会議第一次審議とりまとめ
- [3] コンピュータと数学教育，別冊数学セミナー
- [4] FACOM ジャーナル，CAL システム 1985. 3
- [5] CAI のすべて，産業能率大学
- [6] J.B. Rogers "Computer Use in Precollege Education", Computer vol.17, No.14 april 1984
- [7] 東洋他 教育のプログラム，共立出版
- [8] コンピュータ利用の教育，教育工学実践シリーズ 72
- [9] 日本教育工学雑誌 vol.7 No.4 1983
- [10] 電子通信学会技術研究報告書（教育技術・教育工学）ET83-9 から ET85-4 まで
- [11] 坂元昂他 最近のパーソナル・コンピュータの教育利用に関する動向，東工大人文論叢 No.10 1984
- [12] D.G. Bobrow and A. Collin 人工知能の基礎，近代科学社
- [13] 学校教育とコンピュータ，啓学出版
- [14] 1985年教育工学関連学協会連合全国大会 講演論文集
- [15] BYTE, Aug. 1982
- [16] 別冊サイエンス 特集パーソナル・コンピュータ
- [17] 三宅なほみ 教室にマイコンをもちこむ前に，新曜社
- [18] Computer Today, 1985/1 No.5

付録A Journal For Research Mathematics Education vol.16 No.4 の中の文献リスト

論文 (A)

- [1] Battista, Michael T. and Krockover, Gerald H. The effects of Computer Use in Science and Mathematics Education upon the Computer Literacy of Preservice Elementary Teachers. *Journal of Research in Science Teaching* 21: 39-46; January 1984.
- [2] Battista, Michael T. and Steele, Kathleen J. The Effect of Computer-Assisted and Computer Programming Instruction on the Computer Literacy of High Ability Fifth Grade Students. *School Science and Mathematics* 84: 649-658; December 1984.
- [3] Beall, Dwight and Harty, Harold. Inservice Teacher Reactions to Implementing Microcomputers in Elementary Science and Mathematics Classes. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* 3: 34-38; Summer 1984.
- [4] Becker, Henry Jay. School Uses of Microcomputers: Report No.3 from a National Survey. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* 3: 26-32; Spring 1984. (grades K-12)
- [5] Becker, Henry Jay. School Uses of Microcomputers; Report No. 4 from a National Survey. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* 3: 24-33; Summer 1984. (grades K-12)
- [6] Becker, Henry Jay. Schools Ues of Microcomputers: Report No.5 from a National Survey. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* 4: 38-42; Fall 1984. (grades K-12)
- [7] Dalton, David W. and Hannafin, Michael J. The Role of Computer-Assisted Instruction in Affecting Learner Self-Esteem: A Case Study. *Educational Technology* 24: 42-44; December 1984.
- [8] Fahy, Patrick J. Learning About Computerized Instruction with Adults: One School's Trials, Errors, and Successes. *Educational Technology* 24: 11-16; July 1984. (adults)
- [9] Griswold, Philip A. Elementary Students' Attitudes During 2 Years of Computer-Assisted Instruction. *American Educational Research Journal* 21: 737-754; Winter 1984. (grades 4,5)
- [10] Menis, Yosef. Improvement in Student Attitudes and Development of Scientific Curiosity by Means of Computer Studies. *Educational Technology* 24: 31-32; May 1984. (age 14)

- [11] Schulz, Charles E. A Survey of Colleges and Universities Regarding Entrance Requirements in Computer-Related Areas. *Mathematics Teacher* 77:519-521; October 1984.
- [12] Steele, Kathleen J.; Battista, Michael T.; and Krockover, Gerald H. Using Microcomputer-Assisted Mathematics Instruction to Develop Computer Literacy. *School Science and Mathematics* 84: 119-124; February 1984.
- [13] Tatsuoka, Kikumi K. Changes in Error Types Over Learning Stages. *Journal of Educational Psychology* 76:120-129; February 1984.

学位論文 (D)

- [1] Abram, Sandra L. The Effect of Computer Assisted Instruction on First Grade Phonics and Mathematics Achievement Computation. (Northern Arizona University, 1984.) *DAI* 45A: 1032; October 1984.
- [2] Armstrong, Stephen. An Analysis of the Contents of Computer Literacy Courses for Educators. (East Texas State University, 1984.) *DAI* 45A: 727-728; September 1984. (DA8414780) (secondary in-service)
- [3] Austin, Richard Arthur. Teaching Concepts and Properties of Parallelograms by a Computer Assisted Instruction Program and a Traditional Classroom Setting. (The University of Florida, 1983.) *DAI* 44A: 2075; January 1984. (DA8324939)
- [4] Bailey, Alexander Ernest. The Effects of Computer Managed Instruction on Student Achievement in Mathematics. (Wayne State University, 1983.) *DAI* 45A: 775; September 1984. (DA8405950)
- [5] Bumgarner, Kenneth Merle. Effects of Informational Feedback and Social Reinforcement on Elementary Students' Achievement During CAI Drill and Practice on Multiplication Facts. (Seattle University, 1984.) *DAI* 45A: 1102; October 1984. (DA8415896)
- [6] Calamari, Mary Diane Bodin. A Comparison of Two Methods of Teaching Computer Programming to Secondary Mathematics Students. (The Louisiana State University and Agricultural and Mechanical Col., 1983.) *DAI* 45A: 67; July 1984. (DA8409574)
- [7] Dvarskas, Donna Perrotti. The Effects of Introductory Computer Programming Lessons on the Learners' Ability to Analyze Mathematical Word Problems. (The University of Connecticut, 1983.) *DAI* 44A: 2665; March 1984. (DA8400949)
- [8] Englebert, Betty Booth. A Study of the Effectiveness of Microcomputer-Assisted Math Instruction on the Achievement of Selected Secondary Specific Learning Disabled Students. (University of Southern Mississippi, 1983.) *DAI* 45A: 737; September 1984. (DA8414911)
- [9] Gallitano, Gail Marie. The Effects of a Computer Based Approach to Teaching Trigonometry on Student Achievement and Attitudes. (Columbia University Teachers College, 1983.) *DAI* 44A: 3311; May 1984. (DA8403256)
- [10] Hawley, Steven Carl. The Effect of Time Using Computer-Assisted Instruction in a Remedial Mathematics Program upon Achievement and Attitudes of Students in Grades 6,7,8. (University of Cincinnati, 1984.) *DAI* 45A: 1628; December 1984. (DA8420881)
- [11] Horner, Charlotte M. The Effects of Logo on Problem Solving, Locus of Control, Attitudes Toward Mathematics, and Angle Recognition in Learning Disabled Children. (Texas Tech University, 1984.) *DAI* 45A: 1716; December 1984. (DA8419865)
- [12] Humphrey, John E. A Comparison of How Paced and Unpaced Problems Affect Learning CAI Math Drills. (West Virginia University, 1983.) *DAI* 45A: 108; July 1984. (DA8407841)
- [13] Jones, Mary Harley. Sex Differences in Achievement on Cognitive Dimensions of Computer Literacy and in Attitudes Toward Computing and Computers. (University of Virginia, 1983.) *DAI* 44A: 3620; June 1984. (DA8402875)
- [14] Milojkovic, James Dusko. Children Learning Computer Programming; Cognitive and Motivational

- Consequences. (Stanford University, 1984.) *DAI* 458; 385; July 1984. (DA8408330)
- [15] Mitchell, Milton. The Effects of Learning the Logo Computer Language on the Mathematical Achievement and Attitudes of Preservice Elementary Teachers. (The University of Wisconsin-Madison, 1983.) *DAI* 45A: 777; September 1984. (DA8316228)
- [16] Miura, Irene Takei. Processes Contributing to Individual Differences in Computer Literacy. (Stanford University, 1984.) *DAI* 45B: 1934-1935; December 1984. (DA8420593) (middle school)
- [17] Moore, Melissa Colby. Using Contingent Access to Arcade-Like Computer Games to Improve Student Performance on Computer-Presented Math Problems. (University of Kansas, 1983.) *DAI* 144A: 3279; May 1984. (DA8403665)
- [18] Nelson, Gail Ann. A Comparison of the Speed and Accuracy Performance of Learning Disabled and Average Achieving Second-Grade Boys on Microcomputer Games Involving Basic Addition and Subtraction Facts. (University of Kansas, 1983.) *DAI* 44A: 3354; May 1984. (DA8403617)
- [19] Noonan, John Vincent. Feedback Procedures in Computer-Assisted Instruction: Knowledge-of-Results, Knowledge-of-Correct-Response, Process Explanations, and Second Attempts After Errors. (University of Illinois at Urbana-Champaign, 1984.) *DAI* 45A: 131; July 1984. (DA8409820)
- [20] Overdorf, C. Scott. Teacher Perceptions of the Current and Future Status of the Use of Microcomputers for Instructional Purposes in the Public Secondary Schools. (Temple University, 1984.) *DAI* 45A: 1631; December 1984. (DA841930) (secondary)
- [21] Rice, George Earl. An Investigation of Selected Variables for the Prediction of Computer Programming Performance of Secondary School Students. (The University of Mississippi, 1984.) *DAI* 45A: 1006; October 1984. (DA8415716) (ages 15-18)
- [22] Rose, Norman Stephen. The Effects of Learning Computer Programming on the General Problem-Solving Abilities of Fifth Grade Students. (North Texas State University, 1983.) *DAI* 44A: 2354; February 1984. (DA8327059) (grade 5)
- [23] Whitfield, David. Attitudes and Literacy of College Instructors and High School Seniors Regarding the Use of Microcomputers in Education. (University of San Francisco, 1983.) *DAI* 45A: 49; July 1984. (DA8408648) (grade12, college teachers)
- [24] Woods, James Edward. The Effects of Three Methods of Sequencing Programming Lessons and Algebra I upon Achievement, Programming Ability, and Comprehension of Variables. (Georgia State University-College of Education, 1983.) *DAI* 44A: 3313-3314; May 1984. (DA8403351)
- [25] Wright, Pamela A. A Study of Computer Assisted Instruction for Remediation in Mathematics on the Secondary Level. (Pepperdine University, 1983.) *DAI* 45A: 1063; October 1984. (DA8412629)

付録B The Mathematics Teacher (MT)

- 1 Volume 77 Number 1 January 1984
 - Factorial!
 - Robert Messer
- 2 Volume 77 Number 2 February 1984
 - i Approximation of Area under a Curve
James M. Seonyers
 - ii The Probability of Winning in McDonald's Star Raiders Contest
Jim R. Ridenhour and Ernest Woodward
 - iii modeling with Difference Equations: Two Examples
Leonard M. Wapner
- 3 Volume 77 Number 3 March 1984

- Symbolic Computer Algebra: The Classroom Computer Takes a Quantum Jump
Dan Kunkle and Charles I. Burch, Jr.
- 4 Volume 77 Number 4 April 1984
- i Modeling Growth—a Discrete Approach
Dan Kunkle and Charles I. Burch, Jr.
 - ii Program Your Microcomputer to Do Arithmetic
Lawrence E. Spence and Charles Vanden Eynden
- 5 Volume 77 Number 5 May 1984
- i Advanced Placement Computer Science
James S. Braswell
 - ii The Mathematical Sciences Curriculum K-12: What is Still
Fundamental and What is Not
- 6 Volume 77 Number 6 September 1984
- i A Square Share: Problem Solving with Squares
Margaret J. Kenney and Stanley J. Bezuska
 - ii College Entrance Mathematics in the Year 2000
Stephen B. Maurer
 - iii Two Meanings of Algorithmic Mathematics
Stephen B. Maurer
 - iv Using Computers to Reinforce and Enrich the Mathematics Curriculum
Gerald H. Elgarten
 - v Personal Computers, p-Values, and Hypothesis Testing
Larry A. Morgan and Frank W. Morgan
- 7 Volume 77 Number 7 October 1984
- i A Survey of Colleges and Universities regarding Entrance Requirements in Computer-related Areas
Charles E. Schulz
 - ii Problem Solving with Computers
Dwayne E. Channell
- 8 Volume 77 Number 8 November 1984
- i Ethics and Computer Use
Kay Gilliland and Mattye Pollard
 - ii ICCE Policy Statement on Network and Multiple Machine Software
 - iii Mathematics Processes and Computers in the Junior High School
Gerald Kulm
- 9 Volume 77 Number 9 December 1984
- i 125 Kids+4 Months' Prep+7 Computers=3 Great Days
Joyce Wiatt
 - ii A Heuristic Method for Solving Polynomial Equations
R.D. Small
- 10 Volume 78 Number 2 February 1985
- i Using Microcomputers to Solve Probability Problems
William E. Haigh
 - ii The Benefits of Computer Programming in Developing Algorithmic Thinking
Rita L. Petosa

- iii Dynamic Programming for Secondary School Students
Clifford W. Sloyer, Richard Course, William J. Sacco, and Wayne S. Copes
 - 11 Volume 78 Number 3 March 1985
 - In Praise of Trial and Error
Thomas Butts
 - 12 Volume 78 Number 4 April 1985
 - i The Impact of Computing Technology on School Mathematics: Report of an NCTM Conference
Mary Kay Corbitt
 - ii Video Mathematics
Frank A. Kahanec
 - iii Techniques for Managing a Computer Classroom
Mary Ann Sedran
 - 13 Volume 78 Number 5 May 1985
 - i Is Discrete Mathematics the New Math of the Eighties?
Eric W. Hart
 - ii The "Difference" in Babbage's Difference Engine
Mary L. Crowley
 - iii Measuring the Area of Golf Greens and Other Irregular Regions
W. Gary Martin and Joao Ponte
 - iv Investigating, Shapes, Formulas, and Properties with Logo
Daniel S. Yates
 - 14 Volume 78 Number 6 September 1985
 - i A Piagetian Approach to Transformation Geometry via Microworlds
Patrick W. Thompson
 - ii Microworlds: Options for Learning and Teaching Geometry
Joseph F. Aieta
- 付録C Arithmetic Teacher (AT)
- 1 Volume 31 Number 1 September 1983
 - Logo Fever: The Computer Language Every School is Catching
Carolyn Markuson, Joyce Tobias, and Tom Lough
 - 2 Volume 31 Number 2 October 1983
 - i Graphs and Microcomputers: A Middle School Program
Ronald Saltinski
 - ii Microcomputers in a Sixth-Grade Classroom
Janet P. Morris
 - 3 Volume 31 Number 3 November 1983
 - One Point of View: Mathematics Equity: Computers
Martin L. Johnson
 - 4 Volume 31 Number 4 December 1983
 - i Programming, Problem Solving, and Practice
Douglas H. Clements
 - ii Computers in Education
Karen A. Schultz and Lynn C. Hart
 - 5 Volume 31 Number 5 January 1984

- i Teacher Education: Using Microcomputers with Preservice Teachers
Thomas L. Schroeder
 - ii Kids with Computers: An Enrichment Program for Elementary Schoolchildren
Nancy L. Bloomstand
 - iii How Can 425 Students Learn to Use 1 Microcomputer? A Success Story
Lynn C. Hart
 - iv Computers Are Elementary
Karin Wiburg and Barbara Rader
- 6 Volume 31 Number 8 April 1984
Preschoolers and the Computer
R. Ann Williams
- 7 Volume 32 Number 1 September 1984
- i Added Dimensions to Literacy
Joyce Scalzitti
 - ii Exploring Geometry with Logo
Eleanor M. Thomas and Rex A. Thomas
- 8 Volume 32 Number 2 October 1984
- i Computer Power in Primary Grades: Mathematics with Big Trak™
Daiyo Sawada
 - ii Training Elementary School Teachers to Use Computers with Emphasis on Logo
Edward J. Davis, Jim Helms, F.A. Norman, and Joao Ponte
 - iii Research Report: Microcomputers in Mathematics Instruction
Marilyn N. Suydam
- 9 Volume 32 Number 3 November 1984
- i One Point of View: Elementary School Mathematics Specialists: Where Are They?
John A. Dossey
 - ii Computer Sorting with Kids
Carla J. Thompson
- 10 Volume 32 Number 4 December 1984
A Discovery Approach to Teaching Programming
William H. Doyle
- 11 Volume 32 Number 6 February 1985
Instructional Computing
Larry L. Hatfield
- 12 Volume 32 Number 8 April 1985
- i One Point of View: Computer Training for Elementary School Teachers and Elementary School
Computer Specialists
A. Richard Polis
 - ii The Impact of Computing Technology on School Mathematics: Report of an NCTM Conference
Mary Kay Corbitt
- 13 Volume 32 Number 9 May 1985
Why Logo?
Richard J. Shumway