

教育におけるコンピュータ利用と数学教育〔Ⅱ〕

植村哲郎・真田克彦

(1985年10月15日 受理)

The Computer Uses in Education and Mathematics Education〔Ⅱ〕

Tetsuro UEMURA and Katsuhiko SANADA.

〔Ⅰ〕 マイコンの算数・数学教育利用に関する動向

(一) 最近のマイコンの教育利用に関する論文の推移

教育現場におけるマイコンの導入状況は、まだ低水準であるが、教育利用への関心は著しく増大してきている。それを象徴する事例として、コンピュータの利用についての学会や研究会は年々増えているし論文も増加の一途をたどっている。

教育工学関係の研究が多く発表される学会、研究会の代表的なものである CAI 学会、日本科学教育学会(学会1と記す)が今年でそれぞれ10回、9回の論文発表会を催しており、昨年は、日本教育工学会も設立され、今年は、教育工学関連学連合全国大会(学会2と記す)も9月下旬に開催されている。

マイコンの教育利用に関する論文の発表件数の推移は次のとおりである。

学会1の1977年の年会では1件の発表も無かったのに対し、1982年には29件、1983年には33件であったものが1984年には70件(総数206件中)、1985年には50件(総数166件中)の発表が見られる。また学会2では、一般の発表論文総数150件のうち95件がマイコンの教育利用に関するものである。

内容としては、教育方法改善のための道具としてのマイコン利用に関する研究の伸びが顕著で、また、理数系の教科教育に関するものが特に増えつつある。算数・数学教育へのコンピュータ利用に関する論文の発表数は次の様である。

学会1では、1984年、1985年で21件、学会2では、今年だけで10件の発表がある。日本数学教育学会総会の発表論文では、1982年15件であったものが、昨年は33件、今年は28件の論文発表がある。(付録資料参照)

この事よりマイコンの数学教育への有用性が徐々に数学教育関係者や実践者の間に浸透し始め、様々な算数や数学教育への利用の工夫や研究の気運が高まっていることが推察できる。

日本数学教育学会では、第16回(ICMI-JCMEの国際会議を兼ねた)を除いて非常に少ない。奇異な感じもするが今後増加することが予想される。

(二) コンピュータの教育利用の形態

我が国におけるコンピュータの教育利用の形態は、①によると次の様な状況である。

- | | |
|------------------------|---------------------------|
| (1) CMI (41%) | (2) CAI (31%) |
| (3) 教育管理業務における利用 (11%) | (4) 提示, 実験等の教具としての利用 (9%) |
| (5) 情報処理教育における利用 (7%) | (6) 図書館のファイル管理における利用 (1%) |

利用形態の分類は他にもいろいろな分類が考えられている。(3)や(6)も CMI と考えたり, CAI を広く解釈して(4)は CAI 的利用に含めて考えたり, CAI 的なものを更に CAL, CBE などといったものに区別して考えることもある⁴⁾。

本稿では, マイコンの算数, 数学教育への利用についての検討が主眼であるので, (3), (6)については省略し, 利用の仕方を細かく分析するために(2)と(4)は区別し, (2)は CAI 本来の意味に限定することにする。

(三) 算数・数学教育におけるマイコン利用の内容について

教科教育へのマイコン利用の内容について考察するとき, 前述の4つの視点の他に, 教科の領域を視点に置かない訳にはいかない。

ここでは, 1982年から1985年9月までの間に発表されたマイコンの数学教育利用に関する研究(参照した文献は後掲資料)をマイコン利用の形態に関するカテゴリーと小・中・高校の算数・数学の領域に関するカテゴリーによって分類し, その傾向を調べた。更に, カテゴリー別に論文の編数をまとめ, 分野別の動向を観察した。

1. 算数・数学教育におけるマイコン利用の形態

1.1 CAI (Computer Assisted Instruction)

ある程度のシステムを擁し, コンピュータに教師の授業を代行させ, 生徒とコンピュータが対話することによる個別学習を意図したコンピュータ利用を意味する。筑波大グループの竹園東小における利用等は良く知られている。

次の2つに大別される。

- (1) システムの開発や運用に関するもの (11編)
- (2) コースウェアに関するもの (17編)

1.2 教育方法改善の道具としての利用

スタンドアロン型の利用も含めた小規模のシステムで, 教師の指導や学習者の学習を援助する教育機器としてのマイコンの利用である。

次の様なカテゴリーに大別される。

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| (1) 教材のデモンストレーション (40編) | (2) 教材のシミュレーション (13編) |
| (3) 数値計算の用具 (17編) | (4) ドリルや練習 (15編) |

(5) 問題解決の手段 (14編)

(1)と(2)をまとめてシミュレーションということもある。CAIの型の分類では、この他に個別学習型やデータベース型が考えられるが、個別学習型は、1.1のCAIの中に含めて考えた。データベース型は、CMIの中に含めたものだけでこのカテゴリーにはいるものはなかった。

1.3 CMI (Computer Managed Instruction)²⁾

時間割作成、教材設計、問題作成などの授業設計に関するもの(5編)、授業中の生徒の反応分析や授業モニターシステムなどの授業分析に関するもの(7編)、成績処理SP表作成など評価や評定に関するもの(10編)に大別される。

1.4 教育内容としてのマイコン

次の2つに大別される³⁾。

(1) 情報処理教育(情報処理技術者養成, コンピュータ・リテラシー)(9編)

(2) プログラミングの指導(21編)

その他、教育用ソフトの利用方法や教材作成支援ツールの開発についての論文もあるが、今は発表件数は少ない(5編)。この種の研究も今後増加することが予想された。

次に、マイコンの機能別の数学教育への利用を観てみる。

1.5 数学教育に利用されるマイコンの機能

数値計算(統計処理を含む)(20編)、グラフィック(48編)、乱数発生(10編)、音発生、その他BASIC以外の言語(簡易言語を含む)が利用できることや、マイコンがプログラムによって動くことが数学教育上は重要な意味をもつと思われる。

2. マイコン利用の有効な算数・数学の領域

マイコンの算数・数学教育への利用の編数を小・中・高校の領域別に観ると次の様である。

小学校 数と計算(19編), 図形(5編), 数量関係(5編) 量と測定(4編)

中学校 数と式(19編), 関数(3編), 図形(10編), 確率・統計(4編)

高等学校 数と式, 方程式(3編), 関数(13編), 図形, 二次方程式(4編), 平面上のベクトル
行(14編, 1次変換6編), 数列, 極限(9編), 微分(6編), 積分(6編), 確率・統計
(4編), 電子計算機(4編)

現在、高校の数学へのマイコン利用(教育内容としてではなく)が最も多い。小・中学校とも数と計算の領域が、高校では関数の領域が多い。全体的に図形や幾何的な教材に対して、マイコンを利用するケースが多い。

(四) 資料に関する総括

以上で考察した資料としての論文の中から、代表的な考え方や、算数・数学教育へのマイコン利用の典型的な例を紹介する。

1. コンピュータの算数・数学教育への利用の意義について

このことについて、横地は「基礎数学(子どもが現在あるいは将来の社会で真に必要とする数学)をより現実的なものにしたたり、数値的に面倒で扱えなかった現実的な数学を基礎数学の中に盛り込むことを可能にするのがコンピュータである」という。[B2, 83, 2]

岡森も同様に「身の回りの現を象抽出しそれを数学の世界で分析し、再び現実の世界へ応用していく」といった *problem solving* の教育媒体としてマイコンの利用価値があるとしている。[E2, 81, 1]。また町田は CAL (Computer Assisted Learning) 「教師、コンピュータ、学習者の三者がそれぞれの役割を最大限に発揮して、多様な能力、興味、関心を持つ学習者の教育に対処できるように仕組みられたシステム」としてのマイコンの利用を主張する。換言すると、先生の指導能力と学習者の学習能力アップの為にマイコン利用の意義を認める。

また、学校教育においてはマイコンを、従来指導が困難であったことや新しいことを指導するのに、新しい教育効果をもたらす教育機器の1つとして位置づけられることが多い。竹之内は、理科教育の実験に例えて「当面の問題に対する興味を喚起し、おぼろげに問題の方向を理解する。そしてそれが深い理解につながる」ものとして、マイコンの数学教育における実験的意味をもつという [J1, 85, 2]。プログラミング指導との関連で数学教育へのマイコン利用の意義を述べる人も多い。

例えば、まず Engel, A. 「はアルゴリズム的思考は数学教育の全分野に浸透しなければならない」とし「プログラムはアルゴリズムの表現である」また「アルゴリズムこそコンピュータ科学の中核である」[X1, 90, 11] とし、数学教育におけるアルゴリズム的思考の育成のためのマイコンのプログラムの必要性を論じている。日本でも多くの人が同様の考えでマイコンの数学教育的意義を認めている。植竹 [J1, 85, 1] など。

また藤井、岡森は Turing, A.M. の仮説「アルゴリズム=機械によって計算できること」を受け入れ、そしてコンピュータ・プログラミングに新しい論証教材としての可能性を指摘している。[E1, 81, 1]。プログラミングの論証としての意義については [E2, 83, 3] に詳説されている。

町田は「今までは、正しく推論したかどうかは、論理の筋道を1つ1つ吟味することによってしか確かめられなかった。それを実際に計算させ実物を作ってみせることによって確かめられるようになった」[X1, 81, 9] という。この考えは、今までの数学の研究方法を変える程の重要な意味をもっている。(1985年秋期の日本数学会のシンポジウムでも、榎本氏の「四色問題」や村上氏の報告でも同様の考えが述べられた)

2. マイコンのグラフィック機能を利用した教材のデモンストレーション

シミュレーションとの併用でこの種の使われ方が最も多い。指導の最初の段階で学習する教材を提示し結果を予測させたりしながら教材に興味や関心を持たせたり、あるいは、既習の教材をCRT上で実際に実行させたりして理解を深めさせるような意図で扱われるのが一般的である。

代表的な例として高校の代数・幾何の分野の一次変換がある。ある絵(猫の例が多い)各種の一

次変換によってどのように変化するかを CRT 上に表示し視覚化し、一次変換の性質の理解を援助するものである。〔I1, 85, 9〕〔X1, 83, 10〕など。同じ技法を使ったものとして図形の移動（回転、平行移動）や拡大縮小などの図形の動きを演示させるものがある。〔A1, 85, 6〕〔A1, 85, 13〕など。

また関数のグラフの指導例も多い。例えば、宮城県の高校の電子計算機研修部では、「CAM基礎解析編」というコンピュータ・グラフィックスを数学の授業に有効に利用するためのプログラム集を作成している。〔A1, 84, 13〕〔A1, 85, 26〕など。

3. シミュレーション

実際の実験に手間がかかったり、実行しにくい様な場合にマイコンに実験を代行させる方法である。乱数発生機能を使って点をプロットさせて確率的に面積を求めたり、確率の応用実験〔J1, 85, 10〕や二項分布になる確率の現象を CRT 上に再現したりする例などがある。〔K1, 83, 6〕その他。物体を CRT 上で動かし速さの指導をしたり〔X1, 85, 3〕、立方体の切断の様子をマイコンで実演する例などがある。〔I1, 85, 7〕。

4. ドリルや練習による基礎技能の定着

研究報告例の件数としては少ないが、実践方法としては最も手軽なマイコン利用法である。整数の四則計算 分数計算などのような、正誤の明確な問題を反復練習させ、既習の基礎事項の定着をはかるプログラムである。〔I1, 85, 4〕

この種の利用では、単なる反復練習ではなしに、問題を細かく分析し、学習者の反応（例えば、誤答例や解答に要した時間など）をディスクに記録し、SP 表などを用いて、教師が必要に応じて評価し、学習者の能力に応じた学習の指示やプログラムの変更などができるようにしたものもある。〔A1, 85, 5〕など。

しかし、今のところ数と計算の領域に集中しており、他の領域での研究が望まれる。

5. プログラミングの指導と問題解決

5.1 BASIC 以外の原語の利用

BASIC 以外の原語、例えば、LOGO のタートルグラフィックスを使った、小学生から高校生ままでの図形の性質（拡大・縮小、移動など）に対する作業を通してのプログラミングの指導、〔E1, 84, 4〕〔E1, 84, 5〕〔E1, 83, 4〕、Prolog を用いた人工知能型 CAI の開発を試みたもの、〔H1, 84, 12〕〔J1, 85, 6〕〔A1, 84, 2〕、APL を用いた数式処理の容易にすることを高校の数学で試みた例がある。〔A1, 85, 26〕など。

5.2 プログラミングの指導

BASIC を使ったプログラミングでも、中学生程度にも困難はないとする報告もある。〔J1, 85, 15〕。そして、プログラミングの習得により、その数学的問題解決の道具としての積極的利用により、

数学の学習の幅を広げられ、また、論理的思考力の育成に効果が期待されるという。[E2, 83, 3]。例えば、2数の最大公約数を求めるなどの初等整数論の問題を簡単なプログラムを組んで解く手順は、アルゴリズムの指導に好都合であり、また、プログラミングそのものが一種の論証であるとする見解である。[J1, 85, 1]。

その他に例えば、整係数以外の2次方程式の解、さらには、一般の方程式の近似解のマイコンによる求め方は、プログラムは易しく、しかも、より現実的な問題へのアプローチを可能にするというメリットもある。[X1, 81, 8]。

5.3 数値計算

数式処理機能を利用して、 $\sqrt{2}$ 、 e 、 π などの無理数の近似値を求めたり、関数や数列の値を電卓やマイコンで計算し、収束や発散の様子を調べることに利用する。[A1, 85, 18] [E1, 81, 1] など。

6. 評価方法の改善

マイコンの成績処理等への利用は、学校現場では最も多い。良質のソフトも市販されており説明するまでもない。

その他、注目したいものに次の2つがある。

(1) 学習診断システムの開発

学習目標や評価の視点を構造化してマイコンに入力し、評価問題をテストし得られたデータを長期的に入力し、必要に応じて学習診断を行なうシステムの開発である。この方法は、観点別到達度評価の方法の改善に有効な様に思われる。[C1, 84, 7]。

(2) 数学の問題に対する誤答分析およびその処理方法の研究

この研究は、個別学習型のマイコン利用のための基礎研究になる。[C1, 85, 4] [H1, 83, 1]。

7. その他

上記の研究の他、(1)問題解決の道具として、(2)個別学習を意図したCAIのためのマイコン利用の研究と(3)プログラム作成を簡単にするための教材作成システムについての研究等がある。(1)については、横地、岡森、町田氏等の論文等に数多く見られ、(2)については、科学教育学会やCAI学会の論文に多い。[H1, 84, 9] [C1, 85, 8] (3)は [C1, 85, 5], [A3, 84, 2] [H1, 84, 10] などがある。ここでは触れない。

〔Ⅱ〕 マイコンの算数・数学教育への利用の可能性

(一) マイコンの数学教育への利用例

森川は「どこの学校でも、日常的に行われている授業そのものにたった1台か2台かのパソコンを持ち込んで、どんなことがいえるか」「視覚機器の種として自分の授業をもう少し面白くしたい

という個人の欲求に応えるためにパソコンはどんなことができるか」という立場での実践報告をしている。〔X1, 85, 5〕。

生徒1人1人に個別学習ができる程にマイコンが普及するのは、まだまだ先のことと思われ、また、CAI 研究も進んではいるが、実用化にはまだ時間がかかると思われる。森川の考えは、現時点での最も現実的なマイコンの教育利用への立場であると考えられる。私が以下に示す実践(案)例は、森川氏と全く同様の立場で考えたプログラム例である。実際の授業では未使用で、現場教師に意見をきいてある程度の評価を得ているものもあるが、ほとんどはまだ実践のための案にすぎない。

(例1) 成績処理

- (1) 成績一覧表(合計点, 平均点, 総合順位, 偏差値)
- (2) 全科目毎の順位表, 上位者一覧表, 度数分布表
- (3) 個人成績表
- (4) 相関図; S-D 表, レーダーチャート

成績処理のプログラムは、プログラムの技術としては初歩的なものであるが、成績処理の作業の労力は相当軽減される。教育関係者や学生のプログラム作成の初歩の訓練に最適である。

(例2) 評価方法の改善

到達度評価の簡便化：観点別目標 例えば、「知識、理解」「技能」「数学的思考方」「関心、態度」などの観点の評価を正確に早く行なう。

授業前に教育目標を細かく分析し、授業あるいは途中で、その目標への達成度を観る評価方法が試みられているが、目標をあまり細かく分析しすぎて、目標毎の分析に手間がかかり結果的には評価ができず、目標分析をした意味を為さなくなったケースを見かける。形成的評価においては、特に、目標毎に手軽に正確にできる評価方法の開発が望まれるが、そこでのマイコンの利用は有効である。

(例3) 計算練習

かけ算九九、整数の四則計算などのような正誤の明確な問題を反復練習させ、既習事項の定着をはかるプログラムである。乱数を発生させ、意図に合った問題のみを構成し、それを学習者に呈示し、それに対する学習者の反応を分析し、弱干の KR 情報を与える。学習者のレベルに応じて問題の種類を細かくし、KR 情報の与え方を工夫することによって個別学習をさせることもできる。

(例4) 空間図形

投影図を理解させるための演示を例にとる。サンプルとして見取り図で示された空間図形の1

つについて、その図形を回転させ、3つの方向から見た様子が正面に見えるようにし、側面図、立面図、平面図を理解させる。

この他にも、平面や直線を動かすことによって空間図形が構成される様子や立体の切断によってできる断面図を例示してみせる。(鹿児島大学学生、水之浦君¹²⁾の制作したものである。)

この種の利用例としては、小学校では、拡大・縮小、回転、折り返し、平行移動などの動きを演示したり、高校では1次変換による変換後の図形の表示などが考えられる。

(例5) 関数のグラフ

例えば、 $y = a \sin(bx + c)$ において、パラメータ a, b, c の値をインプットし、グラフを描かせる。 a, b, c の値を変えることによるグラフの変容から、振幅、周期、初期値などの意味の理解を助ける。

この他、様々なグラフで同様な扱いが可能である。また、関数を生徒に作らせて、そのグラフをマイコンに描かせてみるといった事も容易にできる。

例4、例5にある空間図形、図形の移動、関数のグラフ作成などの様に、マイコンのグラフィック機能の応用は、マイコンの数学教育利用の際の最大のメリットと思われる。まず、黒板では静的にしか扱えないが、マイコンでは動的な扱いが可能になる。空間図形を平面の黒板に描く事は非常に困難であり、また、関数のグラフは教師が黒板に描くことは不可能ではないが、関数によっては手間がかかるし、いくつものグラフを描いたりすると複雑にもなり見難い、こういった難点をマイコンによって克服できる。

(例6) 確率・統計の内容の実験

(1) モンテカルロメソッド

乱数を発生させて、半径10の円の1/4の面積を計算し、また、それをもとにして、円周率 π は、3.1415……に近くなっていくことを見せる。

(2) 母集団と標本の関係

$N(50, 10^2)$ の母集団から n 個の標本をとる時の標本平均 \bar{X} や、標本分散 S^2 、不偏分散 U^2 の分布の様子や、母集団と標本分布の関係を見せる。

ここでは、実際の実験に手間がかかったり実行しにくい様な場合に、マイコンの乱数発生機能を用いて実験をマイコンに代行させ、計算や散布図作成などの処理も実行させる。

(例7) 簡単なプログラミングと数学の問題解決

```
(1) 10 FOR N=1 TO 50           15 S=S+N
    20 PRINT N,                 20 PRINT N,S
    30 NEXT N
```


完成した簡単なプログラムで、その意味を知らせ、20行を変えたり、15行を加えたりしてプログラムの仕方やマイコンの使い方や便利さが自然に学べる。

(2)	10 INPUT N	10 INPUT X,Y
	20 FOR J=2 TO N	20 IF X<Y THEN SWAP X,Y
	30 F=N/J	30 R=X-INT(X/Y)*Y
	40 IF F=INT(F) THEN 70	40 IF R=0 THEN PRINT "9cm=";Y:END
	50 NEXT J	50 X=Y
	60 END	60 Y=R
	70 PRINT J	70 GOTO 3
	80 N=F	
	90 GOTO 20	

整数 N の約数を求めるプログラムを与え、次に「1349は素数か」とか「12345と67890の最大公約数を求めよ」といった問題の解法へ発展させる。最初の問題は既習の筆算では容易でないし、マイコンを利用すると解ける。

しかし、プログラムを修正すると計算にかかる時間が少なくて済む。後の問題は、プログラムの修正が少し複雑になる。更には、コークリッド互除法もあり、プログラムも短くて済むものが短いプログラムが生徒には必ずしも解り易いとは言えない。整数についてのこの種の問題は、問題解法のアルゴリズムの考え方の指導に好都合である。

(3)	10 INPUT X1, ST
	20 FOR X=X1 TO X1+10*ST STEP
	30 Y=4 X*X*X-8*X*X-29*X-13
	40 PRINT X,Y
	50 NEXT X
	60 GOTO 10

例題、「 $4x^3-8x^2-29x-13=0$ の解を、次のプログラムを用いて求めよ。」⁹⁾ 始点 $X1$ と区間 ST を入力し区間縮小法によって近似解を求めさせる。更には、二分法への発展も容易である。現在数学教育において扱われている整数解ばかりの方程式や、解の公式に代入して求まる方程式の解法が実際的には、どれ程の意味をもつのだろうか。現実には、上記のような方法が用いられる場合が多い。マイコンの利用により教材でももう少し現実的な問題の扱いが可能になる。

(二) 数学教育におけるマイコン利用

1. 数学教育におけるマイコン利用の可能な領域

上記のマイコン利用例を踏まえて、ここでは、数学教育への利用方法を総括的に見てみる。

日本での数学教育へのマイコン利用の実践の歴史は浅く、小グループでの研究論文や実践例も報告はされているが、利用領域を総括できる程の実践の経験や研究の蓄積もない。

過去20年以上のコンピュータの教育利用の経験を持つ米国では、教科の教育の中では数学教育が最も盛んに研究されている領域である。当然のこととして、数学教育へのコンピュータ利用 (Mathematics Instructional Computing 以後この節では、MIC と記す) の経験や教材が幅広く蓄積されている様である。

Hatfield 氏⁶⁾は、MIC を次の様な3つのカテゴリーに集約している。

- (1) student programming
- (2) computer based instruction
- (3) teacher utilities

§ 1 で述べたマイコンの教育利用 (Educational Computing) の分類からすると、(1)はコンピュータリテラシーの教育、(2)は CAI 的利用、(3)はCMI的利用に近いものを指していると思われる。

コンピュータリテラシー (CL) の用語の定義は一定していないが、「コンピュータとは何か、どんなことができるのか」といったコンピュータ全盤についての基礎知識と考えるとき、CL 全盤にわたっての教育の全責任を数学教育だけが負うことに賛成できない。

しかし、プログラミングは CL の一部分である。実践7でも見たように、プログラミングは、アルゴリズムの考え方なしにはできない。数学的な問題の解決に、プログラミングを含めたマイコンの利用をはかると問題解決の可能性は著しく拡大する。

この意味で、CLの教育の責任の一端を数学教育が、担うのは当然である。将来、中学校程度には、数学カリキュラムの中にプログラミングが組み込まれても良い程である。しかし、日本では、今の段階では、実践報告は少い⁷⁾。

(2) すなわち、コンピュータを基礎にした数学教育は、Hatfield の分類⁶⁾を参考にすると、次のように分析される。

Practicing : 実践例で示したような、既習事項を定着させるための練習やドリル的なもので、一般には、正誤の判断はするが説明等はあまり与えない。手軽にプログラムが、組める為、この種の利用は多く、市販のソフトは大部分は、これに近い。

Tutoring : 可能な限り、通常の先生の授業に近い形で個別指導をするためのプログラム、practicing に KR 情報を増やした程度のもは日本でもあるが、本来の CAI が意図するようなマイコンでの実践例は、あまり見かけない。

Simulating : 学習者に、できるだけ実際に近い方法で、実生活の環境や現象の側面を経験させる方法。確率実験や実践例6などが、このカテゴリーに含まれる。シミュレーション。

Gaming : 本質的には、Simulating であるが、学習者がゲームをしながら無意識のうちに数学的概念を理解できるように作られたプログラムである。学習の動機づけや意欲の喚起に適している⁸⁾。

Demonstrating : 実践例4, 5などの様に、数学的なアイデアや処理を実演してみせるプログラム。実例や反例、イラストレーションなどを豊かに表現できる為、動機づけや導入、指導などに

有効に利用できる。

Testing：数学のテストを作成して、学習者に呈示したり、反応を受け取り、それを記録したり、得点をつけるなどの評価の手続きをすべて実行させるプログラム。実践例 1, 2 はこの考え方に含まれる。

Informing：学習者が、学習に必要な情報を得るために、マイコンに貯えられた情報を検索したり、あるいはマイコンに問いかけたりすることができるような利用法。

この様に、数学教育へのマイコンの利用法は、多岐にわたって考えられる。しかし、現在のマイコンの使われ方は、**Practicing** がほとんどといってよい。個別指導は、日本の一斉指導にはなじまない面があり、我が国ではあまり見当たらないが、僻地の複式学級の授業では、マイコンを利用した個別学習をさせる **Tutoring** が有効ではないかと思われる。(次項)

また、**Simulating** や **Demonstrating** は、マイコンの図形処理機能を有効に用いるとその利用価値は大きい。

2. 小規模複式学級における算数教育へのマイコンの利用

筆者がマイコンの教育利用を緊急に考えてみたいものに、複式学級における CAI (CAL といった方がよい) がある。

昭和59年度の統計によると、複式学級は全国で小学校 8,234 学級、中学校 319 学級ある。鹿児島県は特に多く、小学校187校 (小学校総数603校)、424学級 (小学校総学級325,725学級)、中学校では34校 (中学校総数 286 校)、34学級 (中学校総学級数 2,366 学級) である。鹿児島県の学校では実に31%の学校が複式学級をもち、学級の7.4%が複式である。全国の複式学級数の5%が鹿児島県にあることになる。驚くべき数字である。

複式学級では、何学年もの生徒の学習と同時に見ていかなければならない。さらに、同じ時間内に異なった内容 (同单元異内容) を別々に指導しなければならないこともある。実技系においては、同一内容を指導する (同单元同内容) こともあるが、算数のように系統性の強い教科は、ほとんどの場合2学年以上にまたがった生徒にそれぞれ別の内容を同一時間内に指導する。一方を直接指導するときは他方は間接指導をすることになる。

筆者は、小学校1年生、2年生から成る複式学級の算数の授業を見る機会があった。1年生は0を含む引き算 ($a-a=0$, $a-0=a$, $a-0=0$) の指導、2年生は、くり下がり1回の3桁の数-3桁の数の指導であった。まず、1年生は教室内で5本の空き缶を、ボーリングのピン代わりにして、ボーリングをして遊ばせる。そしてその記録をとるよう指示された。その間2年生は文章題のプリントを与えられ、「その計算方法を考えるように」という指示のもとに間接指導される。生徒の1人が教壇に立ち、皆の考えを集約して、黒板に書かせる。やがて教師は、2年生の直接指導にうつる。その間、同じ教室の半分ではボーリングゲームをしている。騒がしく、2年生の直接指導はやりづらい。しばらくして、計算の指導が終了し、演習問題を与えて1年生の直接指導に当る。こ

の間、2年生のある児童は、演習問題を終え退屈しており、またある児童は、解けた児童に尋ねたり、ある児童はボンヤリとしている。このような直接指導と間接指導のくり返して1時間の指導が終わる。単式学級にない間接授業の指導の困難もさることながら、直接指導においても、児童の注意も散漫になり、指導の能率は落ちる。

複式学級では、単式学級以上に指導方法の工夫がなされているようである。TV やテープレコーダー、さらにシンクロファックスなど、教育機器の導入も積極的にすすめられているが、さらにマイコンを利用して、授業の効率化をはかることを提案したい。

この授業で2ヶ所、マイコンの利用が有効と思われるところがあった。1つはマイコンでのボーリング実験のシミュレーションである。手軽にできるし、騒音もない。もう1つは計算の演習である。適当な KR 情報や問題を出すような個別学習をさせるようなプログラムを作ることは、難しいことではない。すでにどこかで研究済みで、市販のソフトでもおそらく良質のものがあるに違いない。

複式学級におけるコンピュータ利用の研究として2つある。

1つは筑波大学における SMILE プロジェクトである。小規模複式学級における CAI のあり方と有効性の研究で、算数では、間接指導におけるドリルを、より効果的なものにするための CAI システムの開発を行っている。[C1, 84, 8] など

他の1つは、田村の研究である。これは、教科書中の「練習」を児童が1人で学習できるための補助として、マイコンを使おうとするものである。[X1, 80, 8]

前者の研究で特筆すべきねらいはもう1つある。複式学級では、「同級生が少ないために、とかくすると決った考え方におちいりやすい。多様な考え方を引き出すのにどうすればよいか」このためにコンピュータの利用を考えていることがある。

(三) マイコンの教育利用に際しての留意点

1. BASIC は知らなくても、マイコンの利用はできる。

これまで、述べてきた利用例は、プログラムなしでは何もできない。「マイコン、ソフトがなければただの箱」という諺がある。ソフトすなわち、ソフトウェアは、プログラムをはじめとするコンピュータを使う方面の仕事を意味するが、しかしプログラムが組めなければ、マイコンを有効に使うことが出来ないという考え方は、誤りである。実際、CAI を7年間も研究している学校で、BASIC の勉強はしたことがないという学校もある。また、鹿児島大学の計算機室では、一般の人のコンピュータの研修会では、最初、BASIC については指導せず、MULTIPLAN という、市販のソフトを使うことから始めている。MULTIPLAN は、ビジネス用に開発された多目的利用のできるソフトであるが、そのソフトを購入すれば、BASIC は知らなくてもマイコンを仕事に有効に利用できるのである。マイコンをワードプロセッサとして、利用する場合も同様である。

このようなソフトを汎用原語、簡易言語と称しているが、教育でも同じ様な意図を持ったツール

が、開発されつつある。これを教育ソフト開発支援ツール、または、authoring system と呼んでいるが、これを用いるといろいろな教育用のソフトが作れることになっている⁸⁾。

現状では、まだ、実用的なものになっていないし、市販の教育用ソフトも良質なものがなく、教師のねらいに合ったソフトを入手するのは難しい。自分で、簡単なプログラムを組むか、作成されたものを手直しするか、作成者に注文をつけて作り変える等、何人かで協力して作る方法しかない。

しかし、すべての教師が BASIC を知ることは不可能であり、また、プログラムを組むことに時間を費すよりは、パソコンの有効利用のための教材研究に労力を注ぐべきである。将来は、そういう方向に進むようにしなければならない。

2. マイコンの教育利用で起こると思われる問題点

マイコンの教育利用が、有効に働く場合についてのみ考察してきたが、それは決して、プラス面だけではない。「教育に機器を持ち込んで、教育に危機を持ち込むな」とも言われている。次の様な、否定的な意見も聞かれる。

- (1) コンピュータで、先生の代りに人間教育ができるか。
- (2) コンピュータは、教育に有効なのか。
- (3) コンピュータの人間関係に与える悪影響はないか。
- (4) コンピュータを導入すると計算力が落ちるのではないか。
- (5) コンピュータによる評価でテスト偏重主義にならないか。
- (6) コンピュータを与えると予期した以上に熱心になるが、それは、ホーソン効果であって、真の意味の動機づけになっていないのではない。

以上のような疑問点と下記に述べるような点に、留意すべきことが指摘されていることを確認して、本論文を閉じたい¹⁰⁾。

- (1) 利用目的の明確化
- (2) 優れたソフトウェアの利用
- (3) 適切な位置づけと他の方法との調整
- (4) 教師、指導者の役割
- (5) 技術的な問題
- (6) 倫理上、又は法律上の問題
- (7) 健康への留意
- (8) 利用体制の整備

(注)

- 1) 日本におけるマイクロコンピュータの利用，日本視聴覚教育学会，1984
- 2) 教育データを分析し，学習のための有効な情報を取り出すためのマイコンの利用法
- 3) 一般には，教育内容としてのコンピュータは，専門性の高い情報処理教育と一般教育を志向するコンピュータリテラシーに分けられるが，算数・数学教育の範囲に限定して考える場合，(1)(2)のように分けるのがよい。(1)は高校の商業科や工業科の情報処理教育，数学Ⅱにあるような内容を考え，(2)は，小学校から高校などの算数・数学教育の問題解決やアルゴリズム的思考の学習のためにプログラミングを指導することを指している。
- 4) CAI, CAL, CBE 等の用語については，次の論に詳しい，中山和彦，「CAI と CAL」，FACOM ジャーナル，1985.3

- 5) Robert S. Roberts, Margaret L. Moore, Programming to Learn Problem Solving, NCTM Year Book 1984, p. 163
- 6) Larry L. Hatfield, Toward Comprehensive Instructional Computing in Mathematics, NCTM Yearbook, 1984, pp. 1-4
- 7) p.95, 5.2 プログラミングの指導のところにも述べたが, 岡森氏等の研究がある。後掲資料 [E1, 8, 2]~ [E1, 84, 5], [E2, 83, 3]
- 8) Sharon Dugdale, Computer:Application Unlimited, NCTM Year Book 1984, pp. 82-88
- 9) 「BASIC は知らなくても教育ソフトは作れる。», 学習コンピュータ, 1985.2, pp. 99-113
- 10) 文部公報, 第781号, 昭和60年3月30日
- 11) 松延健二, 「コンピュータ・リテラシーについて」, 西日本数学教育学会紀要第11号, pp.110-115
- 12) 鹿児島県曾於郡松山中学校教諭

鹿児島大学教育学部研究紀要 人文・社会科学編 第37巻 (1985)

としてのマイコンの活用 —3年間のまとめ—, 加 賀	A 1, 84, 5
コンを使った図形指導, 重 松	A 1, 85, 6
クロンピュータを利用した教育方法の改善についての実践的研究 (2), 岡 田	A 1, 85, 7
機器の効果的利用と指導法の工夫	A 1, 84, 8
コンを取り入れた数学の指導法の工夫—, 飯 塚	
コンを活用した立方体の切断面の指導, 酒 井	A 1, 84, 9
教育, 現代化教材の見直し —コンピュータのプログラミングを通して—, 松 丸	A 1, 84, 10
変換の図形的イメージのいろいろなどらえ方について, 岩 本	A 1, 84, 11
操作による一次変換の指導 —作業学習を通して概念の獲得—, 中 村	A 1, 84, 12
「COMPUTER ASSISTED MATHEMATICS 基礎解析編」その方向と実践	A 1, 84, 13
教育における電子計算機の利用 (14)—, 橋 川	
解析における電子計算機の利用 —数学教育における電子計算機の利用—, 水 原	A 1, 84, 14
解析 (積分) における電子計算機の利用への試み	A 1, 84, 15
学教育における電子計算機の利用—(10)—, 寺 沢	
計算機の微分への利用 —数学教育における電子計算機の利用 (11)—, 星	A 1, 84, 16
微分方程式の解の分類とモデル化	A 1, 84, 17
階同次形微分方程式の解曲線を求めて—, 鎌 刈	
コンを用いてアルゴリズムを指導するための教材の開発, 田 中	A 1, 84, 18
フィックパッケージによる教材開発について	A 1, 84, 19
学教育における電子計算機の利用 (15)—北 野	
コンを利用した数学教育について, 伊 藤	A 1, 84, 20
コン利用による数学の問題演習の一試行, 小 川	A 1, 84, 21
II における電算機教育, 吉 原	A 1, 84, 22
科高校におけるコンピュータ授業, 伴 野	A 1, 84, 23
積分と一般二項定理と APL, 秋 本	A 1, 84, 24
クロンピュータによる π の計算, 若 松	A 1, 84, 25
ピュータを利用した微分法 (基礎解析) の授業	A 1, 84, 26
値計算を取り入れて—, 田 沼	
科におけるコンピュータ教育展望 —その可能性と問題点—, 黒 沢	A 1, 84, 27
学力向上のための計算技能の分析, 永 原	A 1, 84, 28
法についての工夫 —数学教育における電子計算機の利用 (12)—, 神 谷	A 1, 84, 29
による授業分析, 寺 嶋	A 1, 84, 30
数学科における SLOW-LEARNER の指導に関する総合的研究 (その3)	A 1, 84, 31
アイコンによる個人診断祭と治療教材の開発—, 山 元	
数学教育学会誌 (1985年第67回総会) 論文集	A 1, 85
クロンピュータを取り入れた速さの指導, 小 川	A 1, 85, 1
授業におけるマイコンの活用 —第4年次報告—, 加 賀	A 1, 85, 2
計算」における電卓の活用に関する研究, 辻 本	A 1, 85, 3
コンを生かした授業の試み (第2次), 志 村	A 1, 85, 4
コンを利用した数と計算領域の学習	A 1, 85, 5
法, 小数の乗除法の指導を通して—, 恩 田	
コンを用いた授業 (2), 小 林	A 1, 85, 6

本論に関して、参照した文

- A1) 日本数学教育学会誌 (第65回, 第66回, 第67回総会) 特集号
 A2) 日本数学教育学会誌 (1983～)
 A3) 数学教育論文発表会論文集 (第15回, 第17回 ICMI-JCME R
 MATICS EDUCATION)
 B1) 数学教育学会 (昭和59年度, 昭和60年度 秋季) 発表論文集
 B2) 数学教育学会紀要 (1983～)
 C1) 日本科学教育学会 (第 6 回, 第 8 回, 第 9 回) 年会論文集
 D1) 1985年 教育工学関連学協会連合全国大会講演論文集
 E1) 大阪教育大学紀要第 V 部門 (第30巻～)
 E2) 大阪教育大学数学教育研究 (第11号～)
 F1) 算数・数学教育実践講座18 教育機器
 H1) CAI 学会 (第 8 回, 第 9 回) 研究発表大会論文集
 I 1) パソコンの数学教育研究会 研究紀要 Vol./No. 1, 1985
 J 1) コンピュータと数学教育, 日本評論社, 1985
 X1) その他, 10編 (資料参照)
 K1) パソコンと数学教育—その利用と限界—, みずうみ書房, 1983
- 日本数学教育学会誌 (1983年第65回総会) 論文集
- 1) 教具としてのマイクロ・コンピュータ —第2年次報告—, 加
 - 2) マイコンのグラフィック機能を利用した一次変換の応用について
 - 3) 数学教育におけるアルゴリズムとプログラミング, 田 中
 - 4) 高校における電算機利用の有用性について, 黒 沢
 - 5) パソコンの高校数学への影響, 植 松
 - 6) 計算機の授業における実践, 伴 野
 - 7) 授業における電卓の活用について, 南 山
 - 8) パソコンを利用した数学の学習指導法, 因数分野, 重 野
 - 9) 流れ図とアルゴリズムの指導について, 山 下
 - 10) パソコンを利用した授業に関する研究, 梅 野
 - 11) マイクロ・コンピュータを利用した微分積分の授業
—グラフィックス機能を活用して—, 田 沼
 - 12) 学習指導と学習分析, 藤 井
 - 13) 数学教育における新しい指導法の研究 —コンピュータとのかかわ
 - 14) コンピュータによる中学校高校数学の教材開発 (I), 稲 森
 - 15) 簡易 CAI による数学の指導 —学習データの分析を中心に—, 寺
- 日本数学教育学会誌 (1984年第66回総会) 論文集
- 1) マイコンによる面積の指導, 大 島
 - 2) コンピュータを教具に使う問題解決 —LOGO による指導—, 戸
 - 3) 自由に使える学習道具としてパソコン
—計算技能の習熟と自己学習能力の向上をめざして—, 佐 藤
 - 4) 小学校における教育情報システムの設計に関する研究 (Ⅲ), 中 西

5) 教具
 6) マイ
 7) マイ
 8) 教育
—バ
 9) マイ
 10) 数学
 11) 一次
 12) 図形
 13) 「CC
 数学
 14) 基礎
 15) 基礎
 —
 16) 電
 17) 線
 —
 18) マ
 19) グ
 —
 20) マ
 12) パ
 22) 数
 23) 算
 24) 大
 25) 一
 26) 一
 27) 一
 28) 一
 29) 一
 30) 一
 31) 一
 1)
 2)
 3)
 4)
 5)
 6)

- 7) 中学生のパソコン・プログラミング能力 —一部活動での指導を通して—, 阪 口 A1,85,7
- 8) 数学指導におけるパソコンの利用 —パソコンを使っての一斉指導—, 村 井 A1,85,8
- 9) パソコン・OHP の授業における効果的利用, 森 田 A1,85,9
- 10) 統計・確率指導でのパーソナル・コンピュータの利用, 乾 A1,85,10
- 11) パソコンを利用した授業分析とその活用について, 高 谷 A1,85,11
- 12) 新しい教育課程を指向した現職教育のあり方
—パソコンの教育活動への利用を通して—, 大 丸 A1,85,12
- 13) パソコンを使った授業設計 —一斉授業での CAI 的利用—, 阿 尾 A1,85,13
- 14) パソコンを利用した正の数・負の数指導の一考察, 米 田 A1,85,14
- 15) マイコン数楽, 村 上 A1,85,15
- 16) コンピュータグラフィックス・プログラム作成を通しての行列・ベクトルの指導, 南 A1,85,16
- 17) $(1+1/N)^N$ の計算, 竹之内 A1,85,17
- 18) LISP による各種探索法, 田 中 A1,85,18
- 19) 普通科における情報処理教育について, 平 塚 A1,85,19
- 20) マイコンを使った実習授業について, 服 部 A1,85,20
- 21) コンピュータを用いた関数の発展的な取り扱いについての研究, 室 岡 A1,85,21
- 22) 「パソコン講座」5年間のまとめ —学年の枠を越えて複数の教師で集中講義—, 岡 田 A1,85,22
- 23) 確率・統計におけるパソコン利用について, 植 松 A1,85,23
- 24) Prolog を用いた人工知能型 CAI の試み, 万 代 A1,85,24
- 25) 数式処理とグラフィックスによる教材開発について, 北 野 A1,85,25
- 26) 数学の指導とグラフィックス
—数学教育における電子計算機の利用 (17)—, 橘 川 A1,85,26
- 27) パーソナルコンピュータを活用した数学教材について, 梅 野 A1,85,27
- 28) 多変量解析をもちいた授業分 —CAI 析システムの授業の評価—, 寺 嶋 A1,85,28
- 29) コンピュータを利用した教材の提示, 西 田 A1,85,29
- 日本数学教育学会誌 (1983~) A2
- 1) 小学校の一斉授業におけるマイクロ・コンピュータの活用, 加賀, 算数教育,
第65巻, 第2号, 1983 A2,83,1
- 2) 中学校数学指導におけるマイコンの利用
—基礎的な計算の個別指導を中心に—, 瀬崎, 数学教育, 第65巻, 第5号, 1983 A2,83,2
- 3) マイクロ・コンピュータを利用した微分・積分の採業, 田沼,
数学教育, 第66巻, 第5号, 1984 A2,83,3
- 4) パソコンを算数の学習指導に活用していく場合の可能性, 戸井田,
算数教育, 第66巻, 第6号, 1984 A2,83,4
- 5) 数学科における新しい採業 (学習) システムによる学力の充実をめざす
実践研究について, 石黒, 数学教育, 第67巻, 第3号, 1985 A2,83,5
- 6) パソコン利用による数学問題演習 (行列) の一試行, 榊原
数学教育, 第67巻, 第7号, 1985 A2,83,6

日本数学教育学会教学教育論文発表会論文集

- 第15回 A 3, 82
- 1) 幾何教育への試み 一小学校低学年に作業を通して一, 岡 森 A 3, 82, 1
 - 2) 文字指導への試み 一中学生にプログラム電卓を通して一, 藤 井 A 3, 82, 2
- 第19回 A 3, 83, 1
- ICMI-JCME REGIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS EDUCATION (1983, 11)
- 1) 小学校算数の教育過程の改善と電卓, 片 桐 A 3, 83, 1
 - 2) 小学校における幾何教育の試み
一教具 (パーソナル・コンピュータを含む) と価値ある作業を通して一, 岡 森 A 3, 83, 2
 - 3) パーソナル・コンピュータを利用した教材と授業, 佐 伯 A 3, 83, 3
 - 4) 数学教育における CAL (COMPUTER ASSISTED LEARNING) の提唱と
その教材開発について, 町 田 A 3, 83, 4
 - 5) プログラミングに関する教育実験, 鈴 木 A 3, 83, 5
 - 6) コンピュータ社会におけるリテラシーのための教育工学, 植 竹 A 3, 83, 6
 - 7) 分数における間違いの分析: PLATO システムにおける診断システム, 森 本 A 3, 83, 7
 - 8) 数学教育におけるマイコン・ネットワーク「E-システム」の利用, 浜 谷 A 3, 83, 8
 - 9) グラフィック機能を利用した1次変換, 新 居 A 3, 83, 9
- 第17回 A 3, 84
- 1) 数学教師教育のためのコンピュータ・リテラシー測定用具, 佐 伯 A 3, 84, 1
 - 2) MCALC の構想 一教材プログラムを作るためのプログラム一, 植 竹 A 3, 84, 2
 - 3) CBEシステムの開発に関する研究 A 3, 84, 3
一算数経験調査の解析システムの設計を中心として一, 中 獄
- 教学教育学会 秋期例会発表論文集 (1985年) B 1, 85
- 1) パソコンと算数・数学教育の研究と実践 (I), 柳本 B 1, 85, 1
 - 2) パソコンと算数・数学教育の研究と実践 (II), 岡森 B 1, 85, 2
 - 3) 微積分教育へのコンピュータ利用, 吉田 一数列の収束に関する数値実験一 B 1, 85, 3
 - 4) コンピュータと図形認識について, 鈴 木 B 1, 85, 4
 - 5) パソコンによる小学校の図形教育, 鈴 木 B 1, 85, 5
 - 6) マイコンの数学教育への利用の可能性, 植 松 B 1, 85, 6
 - 7) なぜ教室にコンピュータが必要か 一CAL 授業の実現のために一, 町 田 B 1, 85, 7
 - 8) CAL による授業の事例研究 (5) 一反応速度 SP 表の活用一, 町 田 B 1, 85, 8
- 数学教育学会研究紀要 (1983~) B 2
- 1) 教育過程よりみたコンピュータ, 佐伯, VOL.24/No.1・2, 1983 B 2, 83, 1
 - 2) パーソナルコンピュータの教育的意義, 横地, VOL.24/No.1・2, 1983 B 2, 83, 2
 - 3) パーソナルコンピュータ利用による「地球儀の幾何」への1つの応用
一その変換の幾何と教育への期待一, 金本, VOL.24/No.3・4, 1983 B 2, 83, 3
 - 4) 研究会報告 B 2, 83, 4
 1. 数学教育におけるコンピュータ利用の意義, 佐伯, VOL.24/No.3・4, 1983

2. 数学教育はコンピュータに何を求めるか, 町田, VOL.24/No.3・4, 1983
3. 計算機の数学教育への利用, 山田, VOL.24/No.3・4, 1983
4. 数学教育におけるコンピュータ利用の意義, 椿原, VOL.24/No.3・4, 1983
5. コンピュータ利用による正距方位図の作成, 金本, VOL.24/No.3・4, 1983
数学教育学会研究紀要 (1984~)
- 5) 微積分学教育におけるコンピュータ実験 (1) B2, 84, 5
一問題の発見と結果のチェックー, 吉田, VOL.25/No.3・4, 1984

日本科学教育学会年会論文集

- 第6回年会算 (1982)
- 1) CAI 数プログラムのコース設計と実践評価に関する実証的研究(1) C1, 82
ードリルコースの試みと誤答処理一, 東 原 C1, 82, 1
 - 2) マイクロコンピューターを使った「数と計算」の診断, 治療プログラムの
開発と実践, 岡 田 C1, 82, 2
 - 2) 教育工学のための高校のカリキュラム開発について, 寺 田 C1, 82, 3
 - 4) 高校数学科におけるスローラーナーのための数学診断システムと
評価方法の開発について, 北 川 C1, 82, 4
 - 5) 数学学習におけるパーソナルコンピューターの利用と限界, 町 田 C1, 82, 5
 - 6) 数学教育用の教材データベースの構成とその資料属性について, 安 藤 C1, 82, 6
 - 7) 数学教育実践・研究資料からみる研究内容の推移とその問題点について, 窪 田 C1, 82, 7
 - 8) CAI コースウェアにおける音の機能に関する研究 C1, 82, 8
一小学校算数モジュール教材の開発を通して一, 大 谷
 - 9) CAI ドリル学習による算数演算技能構造の変容に関する研究(2), 村 瀬 C1, 82, 9
 - 10) 高校数学における CAI 教材 一教材化に伴う問題点と展望一, 西 川 C1, 82, 10
- 第8回年会 (1984)
- 1) 高校数学におけるマイコンを利用した採業展開, 馬 野 C1, 84, 1
 - 2) 小学校における算数科の基礎学力を定着させるパソコンの活用, 服 部 C1, 84, 2
 - 3) 算数・数学教育におけるハッシュ CAI, 中 村 C1, 84, 3
 - 4) 数学学習設計への教材データベースの適用, 安 藤 C1, 84, 4
 - 5) APL におけるグラフィック関数の規格化とそれを用いた教材開発について, 北 野 C1, 84, 5
 - 6) 引き算の誤答診断システムの開発, 堂 本 C1, 84, 6
 - 7) 長期的な学習データの蓄積と学習診断への利用 C1, 84, 7
中学校1年数学を事例として一, 天花寺他
 - 8) 誤答パターンの診断・治療機能をもつ自動生成型 CAI 算数ドリル C1, 84, 8
一小規模校複式学級における CAI (その3)一, 東 原
 - 9) 確率実験プログラムによる概念形成 C1, 84, 9
一シミュレーション CAI の開発と評価一, 坂谷内
- 第9回年会 (1985)
- 1) 文字計算における誤りの知識表現と誤答構造の推論機構, 益 子 C1, 85, 1
 - 2) 教師のための自己研修用学習診断支援システムの開発 C1, 85, 2
一中学校1年数学科への試行事例を通して一, 天花寺
 - 3) 数学教育における CAL の事例研究(4), 町 田 C1, 85, 3
 - 4) 中学校数学「正の数・負の数の計算」における誤答分析, 北 川 C1, 85, 4

- | | |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| 5) 数学用教材作成支援ツールの開発
—テキスト画面の作成について—, 佐 伯 | C1, 85, 5 |
| 6) CORE57-CAI 学習実行管理システム(6)
—能動的学習を支援する数学学習コマンド—, 坂谷内 | C1, 85, 6 |
| 7) 高等学校数学 I CAI 学習コースの体系化, 山 下 | C1, 85, 7 |
| 8) Prolog を用いた人工知能型 CAI の試み, 万 代 | C1, 85, 8 |
| 9) CAI の練習演習様式におけるヒントの類型化とその効果, 倉 井 | C1, 85, 9 |

教育工学関連学協会連合全国大会講演論文集 (1985年)

- | | |
|-----------------------------------------------|-----------|
| | D1 |
| 1) 幾何証明問題に対する基礎的検討, 町 田 | D1, 85, 1 |
| 2) 正の数・負の数の計算における誤答シミュレーション, 北 川 | D1, 85, 2 |
| 3) 数式処理システムを用いた新しい数学教育, 村 上 | D1, 85, 3 |
| 4) CAI と数学教育(2), 中 川 | D1, 85, 4 |
| 5) 概念の階層性に着目した数学学習用 CAI の提案 —LICAI システム—, 浅 井 | D1, 85, 5 |
| 6) 数学教材によるハッシュな CAI —四則の場合—, 中 村 | D1, 85, 6 |

大阪教育大学紀要第 部門

- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| | E1 |
| 1) 数学教育におけるプログラム電卓について (第30巻, 第1.2号, 1981), 岡 森 | E1, 81, 1 |
| 2) 数学教育におけるコンピュータープログラミングの指導について
(第31巻, 第1号, 1982), 岡 森 | E1, 82, 2 |
| 3) 数学教育におけるプログラム電卓について (第2報) (第31巻, 第2.3号, 1983), 藤 井 | E1, 83, 3 |
| 4) 数学教育におけるコンピュータープログラミングの指導について(II)
—LOGO を中心として— (第33巻, 第1号, 1984), 岡 森 | E1, 84, 4 |
| 5) 数学教育におけるコンピュータープログラミングの指導について(III)
—LOGO を中心として— (第33巻, 第2号, 1984), 岡 森 | E1, 84, 5 |
| 6) 中学校における確率概念の指導について(I)
—パーソナルコンピュータを通して— (第33巻, 第2号, 1984), 松 宮 | E1, 84, 6 |

大阪教育大学数学教育研究

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| | E2 |
| 1) 教具としてのパーソナルコンピュータ (第11号, 1981), 岡 森 | E2, 81, 1 |
| 2) 数と計算の教育におけるパーソナルコンピュータの利用
—小学校低学年を中心として— (第12号, 1982), 石 見 | E2, 82, 2 |
| 3) プログラミング教育への試み(I) (第13号, 1983), 岡 森 | E2, 83, 3 |
| 4) 幾何教育の試み(II) (第13号, 1983), 岡 森 | E1, 83, 4 |
| 5) マイコン作りの計算問題 (第13号, 1983), 原 | E2, 83, 5 |
| 6) パソコンと算数教育の研究と実践 (第14号, 1984), 岡 森 | E2, 84, 6 |
| 7) 中学校における確率概念の指導について(II)
—手作業とパーソナル・コンピュータの併用を通して— (第14号, 1984), 松 宮 | E2, 84, 7 |
| 8) パーソナル・コンピュータを利用した数学教育
—高等学校における確率・統計教育の試み— (第14号, 1984), 平 林 | E2, 84, 8 |

- 算数・数学教育実践講座18 教育機器 F1
- 1) 小学校における CAI の導入, 木 村 F1, 84, 1
 - 2) 計算機利用のすすめ, 志 田 F1, 83, 2
 - 3) 私とパソコン 一部活動を通して一, 守 屋 F1, 83, 3
 - 4) 創造的な思考・態度をどうとらえるか 一マイコンを利用して一, 樫 本 F1, 85, 4
 - 5) マイコンを利用した数学教材研究 一整式の除法, 互除法一, 梅 山 F1, 84, 5
 - 6) クラブ活動に利用できるマイコンによる数学問題へのアプローチ, 梅山 F1, 83, 6
 - 7) マイコンを用いた数学指導, 万 代 F1, 85, 7
 - 8) 高校数学における CAI, 今 田 F1, 79, 8
 - 9) マイコンを活用した微分方程式の導入, 長 田 F1, 83, 9
 - 10) 数学にパソコンを利用して, 林 野 F1, 83, 10
 - 11) マイコンコンピュータを利用した微分積分の採業, 田 沼 F1, 84, 11
- CAI 学会 (第 8 回, 第 9 回) 研究発表大会論文集 H1
- 1) 誤答シミュレーションによるひき算の診断プログラムの開発, 堂 本 H1, 83, 1
 - 2) CAI ドリル教材の開発ツールとパソコン教育, 宝 槻 H1, 83, 2
 - 3) 数学教材とハツシュ CAI, 中 村 H1, 84, 3
 - 4) CAI システムを用いた中学校数学科の学習について, 吉 原 H1, 84, 4
 - 5) ドリル演習形 CAI による方程式の学習実験 (中学 1 年生・低学年生徒), 大 下 H1, 84, 5
 - 6) CAI 教材による 2 次曲線指導の考察, 竹之内 H1, 84, 6
 - 7) 射影幾何の授業へのコンピュータ・グラフィックス利用について, 吉 松 H1, 84, 7
 - 8) パソコン CAI 教材製作上の問題点について, 大 下 H1, 84, 8
 - 9) 学習者の理解構造ネットに基づく CAI ひき算ドリルコース, 東 原 H1, 84, 9
 - 10) CAI 教材記述システム (LESSON WRITER) における図形生成機能
—CAI 教材作成システム—, 千 村 H1, 84, 10
 - 11) ページめくり方式に解答照合機能を組み込んだ CAI 学習コース記述システム
—CAI 教材作成システム—, 森 本 H1, 84, 11
 - 12) LOGO が子供に与える影響, 戸 塚 H1, 84, 12
 - 13) パソコン CAI による低学力生徒の学力回復 (中学 1 年生数学), 大 下 H2, 84, 13
- パソコンの数学教育研究会 研究紀要 VOL. 1/NO. 1, 1985 I 1, 85
- 1) 算数・数学の授業におけるパソコンの役割 一CAL の理論化と実践への課題一, 町 田 I 1, 85, 1
 - 2) 成績処理プログラム, 恩 田 I 1, 85, 2
 - 3) 定着度診断へのパソコンの利用, 水 田 I 1, 85, 3
 - 4) パソコンを利用した到達度評価, 椎 橋 I 1, 85, 4
 - 5) LOGO を利用した CAI の教材開発
—四角形の性質・学習プログラム—, 堀 井 I 1, 85, 5
 - 6) 分数学習におけるパソコンの利用, 永 島 I 1, 85, 6
 - 7) 立方体の切断, 永 島 I 1, 85, 7
 - 8) クラフ作成プログラム, 車 I 1, 85, 8
 - 9) 一次変換のプログラム, 永 島 I 1, 85, 9
 - 10) FM-LOGO を使ったグラフィックス, 福 島 I 1, 85, 10

- | | |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------|
| 11) 等差数列の学習プログラム, 植 松 | I 1, 85, 11 |
| 12) 直線とその方程式の変換, 植 松 | I 1, 85, 12 |
| コンピュータと数学教育, 日本評論社, 1985 | |
| | J 1, 85 |
| 1) コンピュータの時代の算数・数学教育 一何を教えるべきか一, 植 竹 | J 1, 85, 1 |
| 2) 教育工学と数学教育, 竹之内 | J 1, 85, 2 |
| 3) 算数・数学教育と CAI 一低学力生徒の解消をめざして一, 大 下 | J 1, 85, 3 |
| 4) プログラミング言語 LOGO, 小 谷 | J 1, 85, 3 |
| 5) 教材作成を支援するプログラム, 奥 田 | J 1, 85, 5 |
| 6) LOGO と子供たち, 戸 塚 | J 1, 85, 6 |
| 7) ATTEL システム | J 1, 85, 7 |
| 一適合的な診断・評価と学習のための実践システム, 岡 田 | |
| 8) 算数教育における電卓・マイコン, 片 桐 | J 1, 85, 8 |
| 9) 算数教育に電卓を, 坂 本 | J 1, 85, 9 |
| 10) 架空座談会中学校の数学とコンピュータ, 吉 村 | J 1, 85, 10 |
| 11) 中学校数学教育のオートメーション化 一集団用自動教育装置と CAI一, 吉 本 | J 1, 85, 11 |
| 12) 高校数学とコンピュータ, 馬 野 | J 1, 85, 12 |
| 13) 高等学校の数学とコンピュータ教育 一ある試みの記録一, 喜多見 | J 1, 85, 13 |
| 14) 教室のなかのコンピュータ, 橋 川 | J 1, 85, 14 |
| 15) 数学教育におけるコンピュータ・プログラミング | J 1, 85, 15 |
| 一実践して得た結果を基礎にして, 岡 森 | |
| パソコンと数学教育 その利用と限界, 町 田 | |
| | K1 |
| 1) CAL (Computer Assisted Learning), 町 田 | K1, 83, 1 |
| 2) 子どもの認識からみた教具としてのパソコン, 石 見 | K1, 83, 2 |
| 3) 高校生の空間概念の認識調査と授業, 森 | K1, 83, 3 |
| 4) 小学校「資料あつめとせり」 一交通量調査をもとに一, 森 | K1, 83, 4 |
| 5) 中学校「切断の幾何」, 町 田 | K1, 83, 5 |
| 6) 高等学校「二項分布の正規近似」, 町 田 | K1, 83, 6 |
| 7) パソコンを利用した評価資料の作成, 恩 田・駒 林 | K1, 83, 7 |
| 8) パソコンを利用した時間割の作成, 植 松 | K1, 83, 8 |
| 9) 空間概念の養成と学生実習, 鈴木・芹沢・仲井・宮下 | K1, 83, 9 |
| 10) デッサンの幾何とその応用, 鈴木・雨宮・山主 | K1, 83, 10 |
| その他 | |
| 1) 算数・数学教育におけるパーソナルコンピュータを利用した教材について,
佐伯, 岩手大学教育学部年報, 第43巻1号, S.58 | X1, 83, 1 |
| 2) 算数教育への計算機の利用, 山田ゼミ, 数学教育研究, 新潟大学教育学部
数学教室, 第20号, 1984 | X1, 84, 2 |
| 3) マイクロコンピュータを取り入れた速さの授業, 同上, 第21号, 1985 | X1, 85, 3 |
| 4) 数学教育への計算機利用についての一考察, 同上, 第19号, 1983 | X1, 83, 4 |

- 5) 算数科でのパソコン利用による授業改造への提案と実践報告（その1），森川，
鳥取大学教育学部研究報告，教育科学，第26巻，S.59 X1, 82, 5
- 6) コンピュータ・リテラシーについて，松延，西日本数学教育学会紀要，第11号，1985 X1, 85, 6
- 7) 数学教育におけるコンピュータ言語 LOGO に関する考察，同上 X1, 85, 7
- 8) 複式学級におけるマイコンの利用，田村，神戸大学教育学部研究集録，第64集，1980 X1, 80, 8
- 9) パーソナルコンピュータ利用の学習理論，町田，数学教育学序説（下），S.56 X1, 81, 9
- 10) 数学教育における問題点と新しい教材の開発，竹ノ内，昭和57年度
文部省科研報告，1983 X1, 83, 10
- 11) 数学教育におけるアルゴリズムとコンピュータの役割，世界の数学教育その
新しい動向，第13章，共立出版，1980 X1, 80, 11