

中学校数学とコンピュータ利用のマルチメディア環境について

佐伯 卓也*

(1993年9月29日受理)

Takuya SAEKI

On Multimedia Computer Environments in Junior High School Mathematics

言うまでもないが、今日のコンピュータ利用のマルチメディアシステム、ないしは、コンピュータ利用のマルチメディア環境の授業の原点は伝統的な普通教室における授業にある。伝統的な授業そのものは、教科書・黒板等を駆使し、教師が諸メディアのリンクとなっているマルチメディア環境そのものであると言える。この考えの元に、筆者の実践しているコンピュータ利用の授業の考察を試みた。

〔キーワード〕 コンピュータの教育利用, 中学校数学, 教師教育, 教材開発, マルチメディア

1 はしがき

筆者は、1979年から、研究室配属の4年次学生の卒業研究も加味して、附属中学に協力を依頼し、実際の生徒の協力でコンピュータを利用した数学の授業の研究を始めた。この時のパソコンはPC8001であった。組織的な中学校数学の教材開発の実践的研究は1982年から、PC88を用いて始まる。以来1992年度まで、37課題のパソコン教材を開発している。しかもこの大部分が附属中学の1年・2年の生徒の協力を得て、実践的な研究となっている。初めの19課題はPC88で、残りの18課題はPC98シリーズで行っている。さらに、現在1993年度は3課題に取り組み中である。37課題のうち22課題は“ふくらまし教材”である。ふくらまし教材(enriched material)とは、当該学年の学習指導要領の範囲を越えている教材か、または、入っていない教材のことであり、学習にあたり対象の生徒全員が学習できることを前提にしている点、教科書にある「研究」課題とは異なることを強調して名付けた。

一般に、学校におけるコンピュータの利用も、始めはフレーム型とかチュートリアルのようなCAIを実現するツールとして利用等から始まった。筆者はCAIのもとになった授業文節のモデルとして、①提示、②受容、③応答・反応、④評価、⑤KRをとって考えている。CAIはこの5段階すべてがコンピュータ制御でなされるのを原型として考えた。

* 岩手大学教育学部

その利用方法も初めはコンピュータ化できる教材という、統一性を欠いた利用法、用いるときもC A I と称しているが、コンピュータを主としてグラフィックスの提示機能の利用として、上の授業文節の5段階のすべてをコンピュータが制御する形ではなく、コンピュータはせいぜい①の提示段階に用いられるに過ぎず、評価やK R 情報の大半は“なまみ”の教師に頼るという形の授業である。現在でも、教育現場レベルの研究では、C A I と称しても、このような水準（1993年度第75回日数教の全国大会高校部会コンピュータセッション〈大津市膳所高校〉を見る限り）にあるように見える。

一方アカデミックな学会、例えば日数教全国大会直前に行われた第9回日本教育情報学会年会（埼玉県新座市十文字学園女子短大）では全く異なり、それこそ種々のマルチメディアシステムの構成とかその理論的研究、さらにそのソフト開発と実践の研究等の発表が主力を占めていたのと比べてその落差の大きいことを指摘したい。教育現場とアカデミックな学会レベルの落差を縮めることは、容易ではないが、教員養成系大学学部の教科教育の教官にも一部は責任があると考えている。しかし、この落差も教科によっていろいろあるように見える。このような背景で、本稿では筆者の関係する教科「数学」においての実践的研究の位置付け、さらに教科「数学」とマルチメディア環境ないしはマルチメディアシステムとの関わりと調和の適切さ、今後の見通し等について論じることにする。

2 マルチメディア環境

まず、マルチメディア（以下“MM”と略す）という用語であるが、一部ハイパーメディア、メディア・ミックスという用語との混同もあるので、ここで整理しておく。まず、「メディア」であるが、かつては、「なんらかのメッセージを搭載してこれを伝達するもの」ということで、伝達機器にウエイトが置かれていた。ところが、その後情報科学の進展もあり、「情報の表現手段」という意味になってきている。ここで基本になるのは概念メディアであり、それらは現在では、文字メディア、図形メディア、画像メディアそして音声メディアの4種類に分けて考えている。

さてMMであるが、用語の上からは、単なるMM、MM通信システム、さらにMMシステムと分けて考えると混乱が少ない。また、ハードウェア構成面からは、①複数機器使用型MMシステム、②統合機器使用型MMシステム、さらに、システムの機能の上からは、①複数機器同時使用型MMシステム、②メディア変換型MMシステムと分けられるとされている（芦葉、1993）。

次に学習用MMについて見てみよう。学習活動と言ってもMMシステムを有効に利用する学習とは、人間が本を読むとき、いろいろな事典類を参照したり、また文章を書くときもいろいろな参照するものがある。この事典や参照するものが簡単にコンピュータの画面に実現するのがMMシステムと考えてよい。さてMMシステムを有効に利用するためにはソフトウェアを作成しなければならない。そのため、ハイパーメディア、ハイパーメディアOS、MMオーサリングシステム、MMデータベースが必要になるだろう。ここでいうハイパーメディアとは、文字等の4種類のメディアによる情報をリンクさせるソフトウェアを意味している。このリンク機能には、組織リンクと参照リンクがある。組織リンクではブラウジング（拾い読み）が可能であるし、参照リンクではナビゲーションにより、人

間の思いつくまま作業が進むものまで考えられている。

元来MMシステムの発達は次に記す3つの根元を持つとされている。すなわち、①テレビ等のAV機器からのスタート、②パソコンからのスタート、そして③通信機器からスタートである。例えば、昨年(1992年)出現したソニーのCD-I(キーボードのないパソコンと言ってよい)は、AV機器からのスタートであった(黒田・佐藤, 1992)が、機械そのものは①と②を合わせ持ったものとして位置付けられるであろう。

さて、次に教育の目的であるが、主として先行世代が後続世代の個人が社会生活を営むために必要とする知識・技能を体得させることにある、としておく。ところで、この教育の目的を達成するための組織的なシステムとして学校がある。ここでは、伝統的に教師・児童生徒がいてそれに教科書、黒板等から構成されている。それに種々の学習シート、OHPに代表される種々のAV機器が加わって、これらがあたかも、一つのMM環境を作っていると見なされる。上述の統合機器使用型MMシステムでは、諸メディアのリンクの役目はコンピュータが果たしているのに対して、伝統的な授業場面をMM環境として位置付ければ、諸メディアのリンクの役目は、まさしく教師自身(時には児童生徒)が行っているということができる。筆者はここで伝統的な教室における授業場面は1つのMM環境であることを強調しておきたい。ここでは、ハード優先で教師も子どもも機械に振り回されるような人間性無視もないし、子どもサイドで見た場合は“テクノストレス”もない。したがって、今後コンピュータをリンクの中心にしたMMシステムが如何に発達しても、それを考える時は、いつもMMシステムの原点はやはり伝統的な授業場面であることを念頭に置く必要があることをここに強調しておきたい。

授業におけるMM環境は、伝統的な授業の水準から、上述の統合機器使用型MMシステムを利用する水準までいろいろな形の段階がある。どの水準のMM環境で自分の授業を実現するかは、その時得られるMM環境にかかっている。その上言えることは、どのような水準のMMシステムであろうが、授業構成の要素、①教師の力量、②児童生徒の力量、③授業設計、④教材開発、そして⑤教授技術にかかっていることは否めない(木下, 1993)。特にどんなに優れたMMシステムでもそれに伴う教師の力量がなければ授業の効果は期待できない。これからの教師教育を考えると、近未来の教育現場のMM環境化を見越して、特にMM環境のための授業設計技術、教材開発技術、そしてMM機器を駆使する授業技術の指導が必須の条件になり、これらの能力を保証することが教師教育に要求されるに違いない。

3 筆者のコンピュータ利用の授業事例

筆者は、1979年来の試行的研究を経て、1982(昭和57)年以来、岩手大学教育学部附属中学校の協力でコンピュータ利用の授業を、学生の卒業研究の指導をかねて実施している。その間、附属中学の設備も変わり1990年以来、CAI教室として、PC98系パソコン20セット、教卓には教師用親機を備え、ランとしてはPCゼミ、それにビデオ装置、実物投影機を備え付けている。今年から生徒用子機にマウスを付けている。なお、プログラム開発と授業実践は全部研究室配属の4年次学生のグループが行うことにしている。PCゼミは一斉ロードはできないので、生徒にパソコンのキー操作をさせるときは、生徒用フロ

パイディスクを準備する必要がある（筆者は授業時の混乱を避けるため、生徒用フロッピイディスクは全部自動立ち上がり、必要なプログラムはオートスタートするように学生に指導している）。これだけのハードウェアを元にして、MM環境を作り授業実施するのが当面の課題であった。

筆者のコンピュータ教育はプレサービス教師教育が対象である。その目標は、生徒の授業の場としてのMM環境を指向したものとなり、当面の目標項目は

- ①学生がMM環境を前提としたソフトウェアや種々の教材の作成能力を付けること、
- ②学生が自分で開発したソフトウェアや教材を利用するMM環境の授業の実践能力を付けること、

に絞られている。初めは研究室配属の学生が主な対象であったが、1990年以來は一般の数学科の学生も対象になった。昨年までは数学科教育法で行ったが、1992年度からは新科目「コンピュータ」の中で行っている。教育目標は、研究室配属の学生の「数学教育特別講義」では目標①と②で、必ず授業を附属中学校で実施しているが、「数学科教育法」や「コンピュータ」での目標は①だけである。なお、昨年までは毎年、東北大学理学部においても集中講義「数学科教育法」で、4単位のうち2単位分はこの方式のコンピュータ指導を行っていたし、数年前に行った山形大学教育学部の集中講義でも同様である。

次に附属中学における筆者の展開しているコンピュータ利用の授業を、MM環境の立場から考察してみる。まず、ハードウェアであるが、今のところ、部分的な複数機器使用型MMシステムと言えるところもあるが、システム構成の意図の中にはあまりMMという考えが入っていないように見えるシステムである。したがって、筆者はMMシステムという用語を避けて、単にMM環境と表現する理由がここにある。次に、どのようにMM環境を実現しているかをやや詳しく触れる。

コンピュータを通してのメディアとしては文字、図形（幾何の図形、関数のグラフ等）、画像（VTRの画像部分の表現、生徒の解いた学習シート問題の説明（音声は生徒の口から））、音声はコンピュータ自体からではない。このほか、生徒全員から見えるように、OHP（静止図形・画像）提示、模型の提示と演示（立体の平面による切り口等）、実験の演示（今までは物理用のバネ、斜面、メスシリンダーと水等）も同時に行っている。これら諸メディアのリンクは授業者（一部はコンピュータ）が主として行っている。授業の展開は、学習シート主体の伝統的な授業であり、問題解決場面では、生徒は一部コンピュータを利用（生徒用フロッピイによる）させたり、あとは紙・鉛筆方式で行うようにしてある。

筆者は1979年より、附属中学校の協力でパソコン利用の授業を毎年行ってきたが、パソコンのセットも大学から持ち込んで行うというマイクロティーチング方式の授業であった。1989年に至り、附属中学では上述のCAI教室を設置したことにより、本格的なコンピュータ利用のMM環境の授業の展開が可能になった。このような授業を仮に“コンピュータ利用MM環境授業”（computerized multimedia mode teaching）と呼ぶことにする。次に1990年度以降のコンピュータ利用MM環境授業の例とその評価を表に記しておく。授業はすべて研究室配属の4年次学生の集団で、2名から3名の班にして、

表 コンピュータ利用MM環境授業とその評価

班 (担当学生)	授業 (ソフト) 内容	P-Pグラフの型	距離
1990 (H 2) 年			
A班 (男子 2名)	モンテカルロ法によるさまざまな立体の体積	II	37
B班 (女子 2名)	線と面の移動により生成される立体	O	05**
C班 (女子 2名)	立体の平面による切断で生じるいろいろな図形	I	44
1991 (H 3) 年			
A班 (男子 2名)	立方体の平面による切り口の形	II	21
B班 (男子 2名)	立体の生成 (線・面の移動による)	O	00***
C班 (女子 2名)	区分求積法による球の体積	IV	27
D班 (女子 2名)	傾き関数から微分へ<中3用>	III	14**
1992 (H 4) 年			
A班 (女子 2名)	平面図形の移動	II	23
B班 (男子 3名)	立体の切断面 (立方体を中心に)	III	08***
C班 (男子 2名)	面積関数 (速さ・時間・距離)	III	19*
D班 (女子 3名)	回転体の体積	II	12**

班で同じテーマに取り組みパソコンソフトを中心にしたコンピュータ利用MM環境授業の設計および教材の作成, さらに代表者の一人が授業者になっている。選んだ単元は教科書の中からと, ふくらまし教材とがある。実践した授業の評価は1980年ころに, アメリカの先行研究をもとに開発した岩手式言語連想テストによるCATI法による(佐伯, 1981ab : 1982ab)。表ではP-Pグラフのパターンと事後のクラスレベルの生徒集団の認知構造と教材の内容構造の距離を記している。グラフパターンは最も優れた授業はO型, 次いでII型, III型, I型の順になっている。またIV型は特別の解釈を必要とすることになっている。また, 距離では***が“大変近い”, **が“近い”, *は“やや近い”ということになっている(佐伯, 1992ab)。

これらの授業は1991年度D班だけが3年であった以外は全部中学1年か2年の1個学級で実施している。総合的に見て結果的には成功の度合いに差はあるが, 全部の単元が学生先生というレベルの教師で授業が成立したことは, 附属中学という特殊な学校と言う条件はあっても, 一応は評価できるであろう。

4 考 察

筆者の実施してきたコンピュータ利用MM環境授業は, 附属中学のコンピュータ環境と研究室配属学生の卒業研究も兼ねた教師教育という2つの制約から, “条件を示して結果を記す”という形の「事例研究」の域を脱していないと考えている。しかし, 条件さえ許せばもっと学問的な立場から“仮説検証”の域の研究がよりベターと考えているが, 本研究は事例研究で満足せざるを得なかった。

次に単元の選び方について触れる。現場レベルのこの種の研究は“できることからす

る”方式が多いが、筆者の場合もできるところからする方式になっていることは否めない。特にコンピュータグラフィックス（CG）化できる単元に偏っていたことが指摘される。しかし、ふくらまし教材の中で、区分求積法による体積計算、面積関数からの積分へのアプローチ、傾き関数からの微分へのアプローチは既に数回も試みていて、当該学生が先輩の結果を見て、成功した点、失敗した点を見定め、後の研究に利用するという研究の積み重ねの指導をしているところが、この先行研究の積み重ねが明確でない普通の現場レベルの研究とは異なっている。

次に、一般的なMMシステムと数学の観点で考察する。数学という教科においては、理科や社会科とは異なり、問題解決場面でもよほどのことがなければデータベースを検索する事態は起こらないように見える。したがって、ハイパーメディアレベルのMM環境が数学では必要か否かは何とも言えないように見える。しかも、数学における問題解決時には普通はいろいろな方法（学校数学のレベルでも、数学では解が何通りもあるオープンエンドの問題まである）が可能であり、例えば、問題解決の方法を集めたデータベースの作成は困難を極めるだろう。このような時は筆者の実行しているコンピュータ利用MM環境授業が適切になるのではなかろうか。この方法では、“なまみ”の教師がメディアのリンク役を演ずるので、この方法の方が問題の実態や生徒の能力に応じて柔軟に対応できると考えられるからである。

将来は各学校に、今考えられる最も進んだMMシステム（ダイレクトマニピュレーションやメタファ機能を持つ）ないしはそれ以上の機能を有するMMシステムが設置される時代がくるに違いない。そのような時代が来ても数学の授業では、やはり教師による各メディアのリンクをするという役目はなくならないように思っている。これは、単なる演算能力とか、CGの表現力を除けば、数学における問題解決の思考時に見られる柔軟性は、容易に機械では代行できないと考えられるからである。

参 考 文 献

- 1) 相原 彰 (1982) 「マルチメディアで科学の学習」, 『教育と情報』 (9月号), 36-39
- 2) 芦葉 波久 (1993) 「マルチメディアシステムと感性情報処理」, 『日本教育情報学会第9回年会論文集』, 152-157
- 3) 井出 昭 (1989) 『シミュレーション作成のための実践テクニック集』, 東京書籍, 東京
- 4) 飯島 康之 (1992a) 「コンピュータで作図に関わる活動がどうかかわるのか —— 作図ツールに関する文献の紹介」, 『新しい算数研究』, 1月号, 59-62
- 5) 飯島 康之 (1992b) 「作図ツールの導入に伴う学習活動の変化」, 『日本科学教育学会第16回年会論文集』, E221
- 6) 柿本 幸治 (1992) 「マルチメディアと教育」, 『日本教育情報学会第8回年会研究発表収録』, 243-261
- 7) 木下 昭一 (1993) 「マルチメディアの教育における位置付け」, 『日本教育情報学会第9回年会論文集』, 158-159
- 8) 黒田 壽祐・佐藤 貴司 (1992) 「CD-Iについて」, 『日本教育情報学会第8回年会

研究発表収録』, 263-264

- 9) 中原 紀(1993)『巨大マーケットの牽引役マルチメディアパソコンの世界』, 工業調査会, 東京
- 10) 佐伯 卓也(1981a)『『数学的構造の学習』の評価法』, 『日本数学教育学会誌・数学教育』, 35-1, 31-36
- 11) 佐伯 卓也(1981b)『言語連想テスト(I式)の処理——WAテストP-Pグラフ分析』, 日本教科教育学会誌, 6, 195-199
- 12) 佐伯 卓也(1982a)『学習者の認知構造変容の測定と分析』, 『日本教育工学雑誌』, 7, 1-8
- 13) 佐伯 卓也(1982b)『標準P-PグラフとP-Pグラフ分析(2)』, 『岩手大学教育学部研究年報』, 42, 237-246
- 14) 佐伯 卓也(1992a)『CATI法(P-Pグラフ分析)』, 『東北数学教育学会年報』, 23, 3-12
- 15) 佐伯 卓也(1992b)『授業における教師・教材・学習者の関係を記述する方法としてのキーワード分析グラフ——中学校数学の授業の場合』, 『日本教科教育学会第18回全国大会要項集』, p.17
- 16) 佐伯 卓也(1993a)『プレサービス教師教育としてのコンピュータプログラミングの指導——マルチメディア時代に向けて』, 『日本科学教育学会第17回年会論文集』, 97-98
- 17) 佐伯 卓也(1993b)『パソコン利用の積分教材開発とその授業実践——中学校数学・面積関数』, 『日本教育情報学会第9回年会論文集』, 34-35
- 18) 清水 康敬(1992)『メディアを活用した教育の展開』, 『教育と情報』(9月号), 8-13
- 19) 宇佐見 昇三(1991)『マルチメディアと授業研究——受け手から探し手へ』, 『第3回JCE T1991論文集』, 673-674