

## 中学校数学教材のコンピュータソフト開発の指導

——マルチメディア時代に向けて——

佐伯卓也\*

(1992年12月25日受理)

### 1 はしがき

平成4(1992)年3月30日に文部省社会教育分科審議会教育メディア部会の答申がでた。ここでは、マルチメディアを次の意味で使用している。すなわち

マルチメディアの用語は、コンピュータを中核としてコンパクトディスク(CD)、ビデオディスクなどを結びつけて文字、音声、映像などの多様な情報を一体的に取り扱える装置とそれに用いる視聴覚教材を総称することにした。

としている(柿本, 1992)。このようにした理由は、従来マルチメディアはほかのハイパーメディアとかメディアミックス(佐伯, 1992b)とかいろいろあって、これらの機器を開発製造販売している業界で対応に困っていたらしく、コンピュータを含む業界からの要望があって、文部省で答申をして一応の結論を出したと説明されている。ところで、清水(1992)は教育メディアを、伝統メディア、視聴覚メディア、電気通信メディア、マルチメディアの4種類に分類している。さらに、マルチメディアの部分をくわしく見ると、情報の形態は、文字、図形(CG)、静止画、動画、この機器システムはパソコン、ワークステーション、VDT(Visual Display Terminal)、CD-ROM(Compact Disk-Read Only Memory)、CD-I(Compact Disk-Interactive)、LD-ROM(Laser Disk-Read Only Memory)、DVI(Digital Video Interactive)さらに音声、音楽という情報形態に対しては、CD-ROM、LD-ROMが対応するとしている。一方、ハイパーメディアはマッキントッシュコンピュータのコンセプトが、ネルソンのハイパーテキストを反映したハイパーカードが現れてから急速にハイパーメディアという用語が広がり、日本で幾つかのハイパーメディアのソフトが開発されている。ところで、ハイパーメディアの特色はコンピュータのデータベース管理機能とマルチウィンドウ機能にあって、学習者は自由に必要な情報を検索し入手できて自己学習を容易にしている。地方の科学館等にも設置され始めていて、これが今後の生涯学習用の機器として期待される(相原, 1992)。

1992年の7月になって、マルチメディアに入るコンピュータとしてソニーのCD-Iが登場しその実物に接する機会があった。このCD-Iはキーボードがなくマウスだけで操作するようになっている。このキーボードレスというコンセプトは従来のコンピュータ教育やコンピュータリテラシーの概念を根本的に変えることを示唆している。つまり、学習者はキーボード操作をしないで済むからである。このコンセプトはCD-Iだけでなく、従来のキーボードを有するパソ

---

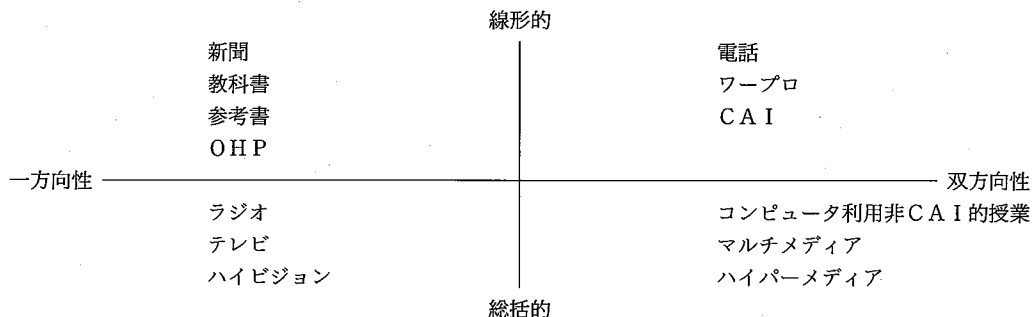
\* 岩手大学教育学部

コンでも、それを教室で授業にだけ使用するならば生かされる。つまり、学習者はキーボードの文字の部分には全く触れずに、マウスだけでプログラムが進むとか、もしマウスがないときは単にテンキー、ストップキー（勿論これを押してもプログラムは止まらないようになっている）、スペースキー、矢印キー等を指示にしたがって押すだけでプログラムが進む方式がこのコンセプトと考えてよい。市販のソフトでは以前からこのような例があり、新しいものではない。筆者はこのコンセプトを用いて、ここ2年ほど、学生のコンピュータプログラミング指導で実践してきた。このようなプログラムをBASICレベルで組んでいるとき、そのプログラムを、「文字キーレス方式のプログラム」と言って利用してきた。

1992年になり、大学のカリキュラムが変わり「コンピュータ」が実施されることになったが、岩手大学教育学部のコンピュータの授業では、文字キーレス方式でプログラミングの指導を行った。また、同年8月に実施した東北大学の集中講義でもプログラミング指導も文字キーレス方式で行った。本稿ではこのようなプログラミング指導を実施したときの問題点、それを用いた授業実践を普通サイズの教室で行った結果について述べることにする。

## 2 授業とメディア

1992年10月に茨城大学で第8回日本教育工学会年會が行われた。その時のシンポジウムIで水越（1992）が提案したメディアの分類は筆者の興味を引いた。一部修正の上、第1図に示す。さらに、1単位時間の授業におけるメディアの使用例を第2図で示す。図の中で「コンピュータ利用非CAI的授業」について簡単に説明する。普通（初期）のCAIは、授業分節モデル



第1図 教育用メディアの分類

段階	メディア
導入	一方向性メディア
展開	プリント マルチメディア コンピュータ利用非CAI的授業 OHP VTR
終結	OHP

第2図 授業とメディア利用

を、①提示、②受容、③反応・応答、④評価、⑤KRの5段階で示すと、これら総ての過程が、コンピュータ（パソコン）を利用して行うものであった（フレーム型CAI）。これに対し筆者の非CAI的授業は、①だけをコンピュータが担当、外は主として“なまみの”教師が担当する形態の授業の意味である。筆者の授業展開では、さらにこれに加えて、マルチメディア的な要素を他の機器、例えばPCゼミ等のLANシステムを利用してVTRや実物投影機（ビデオカメラ）を連動させて“マルチメディアもどき”の授業をすることであり、なまみの教師も従来の伝統的な授業と同じような方略で介入する授業という展開になる。従って、第1図ではコンピュータ利用非CAI的授業を、一応、マルチメディアと同じような総括的双方向性の次元に位置付けて置いた。

### 3 筆者のコンピュータ教育の概要と経過

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、

①学生プログラミングの能力を付けること、

①学生の自分で開発したソフトを利用するパソコン利用の授業実践の能力を付けること、にあり、1982年から本格的にコンピュータ教育を始めた時から変わっていない。初めは研究室配属の学生が主な対象であったが、1990年以来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。ただ、東北大学理学部数学教室ではやはり数学科教育法（4単位）の中で行っている。研究室配属の学生では目標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。

現在筆者が実施しているコンピュータの指導について触れる。まず、使用するパソコンをPC98シリーズに絞っている。この理由は、岩手大学教育学部数学科のパソコン、佐伯研究室のパソコン、同附属教育実践研究指導センターのパソコン、同附属中学校のCAI教室のパソコンがすべてPC98シリーズであり、さらに岩手県の場合、県の総合教育センター（花巻市）の教育工学室のパソコンもPC98シリーズのためか現場でもこのシリーズが多い。さらに筆者にとっては東北大学で準備できるパソコンがPC98シリーズというコンピュータ環境であったからである。

次に使用しているプログラミングの言語は全部N<sub>88</sub>日本語BASIC(86)である。これは、学生にとって初等的であるし、中にはBASICを知っている学生もいることと、筆者の研究室に蓄積してある歴代の教材ソフトがすべてBASICであった上、他から交換で手に入れているソフトも大部分がBASICだからである。よくBASICは遅い、という声も聞くが、教育用のソフトでは早すぎても困ることもある（そのためにわざわざ遅くするタイミングFOR N=1 TO 10000: NEXTもある）ので、今のところ大体これで対応できると考えている。

1992年12月現在までの、筆者の研究室では、長年研究室配属の学生を指導して非CAI的授業用パソコンソフト（中学1・2年用）を開発し、つねに附属中学校の協力を得て、パソコン利用の授業実践を続けている（開発したパソコン教材の題目は付録として最後に掲げる）。これらはすべて授業実践を経ていることを強調しておく。

この中で1989年度では、一部文字キーレス方式のプログラムを採用し、1990年度以後は前にも触れたが、全プログラムが文字キーレス方式のプログラム（か方式の部分的採用プログラム）

になった。一方、一般の授業での指導も、東北大学を含めて、1992年度は文字キーレス方式のプログラムの指導を試みていることも、前に触れた通りである。

#### 4 文字キーレス方式のプログラムの指導の実際

数学科対象の科目「コンピュータ」のときと、4年次学生の授業実践ソフト開発指導はレベルが違うが、いずれも文字キーレス方式のプログラム作成を意図して行っている。今年(1992年)の4年次の指導を例にとる。

初等的な BASIC はできるのでその後から行っている。まず、テキストとして井出(1989)を購入させた。そのほか、参考書として研究室には、CG 関係図書、3DCG 関係図書、特に数学教材関係の CG 図書も含み約 10 種類ほど準備し、これらの図書や、それ以外の図書も必要とするなら学生が自分で購入することもある。次に、主として筆者の作成した文字キーレス方式の教材プログラムのコピーを配布し、パソコンに実際入力させ、一つ一つのコマンドに対するパソコンの作動を確かめさせる訓練をする。この時の注意事項は、ややもすると学生はプログラムを打ち込めばコンピュータが動くものだから、どのコマンド・ステートメントがどの動作に対応するか覚えないうままになるので、ここは入念に時間をかける必要がある。例えば、矢印キーで画面上の点を動かす方法は 3 種類ほどあるが、この場合も矢印キーのアスキーコードの指導も入念に行っている。

特に学生達が興味を持つことがある。それは矢印キーで点(CGでは赤丸)を任意の方向に動かし、リターンキーで固定するところがある。このとき文字 A とかの記号がついているが、文字も点の動きに伴って一緒に動くようになっている。それは次のサブルーチンでなされる。

```
200400 * MOJI: 'テンノザヒョウ XM YM イロ COL WINDOW ノ 0,0 +XW +YW モジ A$=" "
```

```
200410 LX=(XW+XM)/8+2: LX=INT (LX): LY=(YW+YM)/16+1: LY=INT (LY): IF LX<0 OR LY<0 THEN 200430 ELSE LOCATE LX, LY
```

```
200420 COLOR COL: PRINT A$
```

```
200430 RETURN
```

1992年8月東北大学理学部の集中講義でこれを指導してた時、ある学生の組は文字を先に動かし、後から点がついて来るようにプログラムを作ったのもあった。いずれにしても、これは学生から受けがよく興味をもって作成する。

筆者の指導する教材プログラムは基本的には一度プログラムが走りだすと、途中どんなキーを押しても停止しないように指導している。これは実際教室で中学生を対象として指導しているとき、生徒はいろいろなキーを押したがるし、メタゲームを仕掛けて授業者に挑戦することを覚悟しなければならない。そのときいちいちコンピュータが停止したり、誤作動したら授業の進行に影響を与えてうまくない。この種のトラブルを未然に防止するため、このようなソフトを作成するし、学生にもそのように指導する理由である。

ところが、これも東北大学での例であったが、次のようなトラブルがあった。プログラム作成過程では、プログラムが一度走りだしたら止まらない状態になっては困る(最低セーブが不可能になる)ので、どこかでプログラムが停止するようにしている。例えば、ON STOP GOSUB \* FINI: STOP ON の所に "" を付けておくとか、筆者の指導では STOP キーを押すと、ど

ここからでもメニューに戻り、メニュー画面が出るようになっているので、メニューのところに停止するルーチンを入れることで目的を果たしている。ところが、この時の東北大学での指導過程である学生の組は、うっかりしてこのような手立てを忘れてプログラムをランさせたから、プログラムを止めるのには電源を切るより外の手段がなくなって質問を受けた。しかし電源を切るより外に手立てもなく、せっかく作ったプログラムをセーブすることができずに無駄にしていまい、もう一度作り直したというトラブルである。岩手大学では時間が十分あるせいか、注意も行き届く関係で、プログラミング指導の過程で今のところこのようなトラブルはまだ起こっていない。しかし、これはこの種類のプログラミング指導ではいつでも起こり得るので十分注意する必要がある。

また、指導の上ではセーブは全部アスキーセーブにさせている。これだと、コマンド MERGE で、プログラムが接続できるので、プログラムを数人が分担して作成し、最後に一つの大きなプログラムに仕上げることができることと、また、これらのプログラムは必要があればいつでも MS-DOS の OS に乗せるためである。

プログラム接続のことでの留意事項を述べる。複数の学生が勝手に部分部分のプログラムを開発しているので、まず、①サブルーチンのラベルは一つに統一しておくこと、②接続するとき、あらかじめ、サブルーチンエリヤ、コメントエリヤ等を定めておき、メインルーチンとサブルーチンが重ならないようにすること（このメインルーチンとサブルーチンの混合は今年（1992年）のプログラム開発段階で実際に起こり、とうとうデバック不可能になった苦い経験がある）等が指摘される。

このほか、附属中学設置の PC ゼミは一斉ロードができない不便さがある。このため生徒にキー操作をさせるときはあらかじめ生徒用子機分のフロッピーディスクを準備する必要がある。そのとき、生徒の負担を少なくすることと、授業遂行の時間節約のため、生徒用のフロッピーディスクには自動立ち上がり処理と、その中の必要プログラムにはオートスタート処理をするのがよい。

このほかプログラミングの指導上いろいろの問題もあるが、知られていることも多いので略すことにする。ただ授業実践を前提にするプログラミング指導は、それを実現する教室の環境に絶対的に影響を受けるので、あらかじめ学生にはコンピュータ室に連れて行き、教卓側からは一斉送信の状態の把握とか、テレビカメラの画像の送信の実際、さらに生徒用子機については、あらかじめオートスタート処理をしたフロッピーディスクをかけて、その作動確認等、PC ゼミシステムのリテラシーを獲得させることが大切である。このリテラシーは今後の実際のパソコンソフト開発や、その他、マルチメディアもどき授業に利用するための教材を開発する重要な指針となるのでこの種の指導では欠くことのできない段階である。筆者の所では、このコンピュータ室訪問は毎年7月初めに実施している。

## 5 コンピュータ利用非 CAI 的授業の実践——結びに代えて

筆者が研究を進めているコンピュータ利用非 CAI 的授業は、前に授業分節モデルの説明で触れた通りであり、マルチメディアもどきのスタイルで展開することになっている。目標はプレサービス教師教育と位置付けての実践にあるので、学生に教師になってもらい、岩手大学教育学部附属中学の CAI 教室で、正規の時間内で1単位時間実施している。生徒の人数は男女 20 名

づつの40人学級である。設置されているパソコンはPC-9801EXが20セット(生徒用)と教師用親機1セットである。LANはPCゼミであることはすでに触れた通りである。子機1セットに生徒2人が配置される。教師役の学生は2名ないし3名の班にして指導している。その中の1人が教師、残りは助手を努める。助手の主なる役目は机間巡視をしてコンピュータのトラブルに対処して授業が途中で停滞しないようにすることである。PCゼミでは生徒用のパソコンCRTを教卓でモニターできる。こうするとひろく生徒用のパソコンCRTを監視できる。教室の前面には生徒のためのパソコンのキーの説明文を書いたポスターを掲示する。この内容は授業で使うキーの説明だけに止めてある。コンピュータ利用非CAI的授業を“マルチメディアもどき”に運営するためには、コンピュータソフトのほか、VTRソフト、模型、実験用道具等もあらかじめ作成する必要がある。そのためには、本時の指導の目標を明確に意識し、しかも生徒にとっては妥当かつ適切で、通年の授業計画に照らしても適切で、しかも数学的な意味を損なわないような教具でなければならない。これらのソフトと教具の開発は、要点の指導助言や、手助けは筆者や一部は附属教官がするが、最終的な計画の立案、ソフトおよび教具の開発は学生が自主的に当たることになる。

プログラミング指導の要点をソフト内容の種類から見てみよう。教育用ソフトは以前は単なる提示機能を主とした、フレーム型とかチュートリアル型が多く、それにドリル・アンド・プラクティスを加えたものであった。ところが最近、子どもの問題解決学習が叫ばれていることを反映してか、コンピュータを問題解決のツールと位置付けたソフトが多く見られるようになって来ている(守屋, 1991; 飯島, 1992 ab)。筆者の対学生のプログラミング指導もこの方向を意識的に取り入れることになっている。学習者にCG上の点を自由に動かすこと、立方体の平面による切り口を、3D回転の技術で面の形をテンキー操作だけで正面から見た形になおすこと、学習者自身の問題解決を促すプログラムに変化させたのもこのためである。授業の評価は長くIWATによるCATI法(佐伯, 1992 a)で行っていたが、1990年からはキーワード分析グラフ(佐伯, 1992 e)にウェイトをおいて評価している。また、すべての授業は8ミリビデオで収録し、音声部分からテープ起こしをして、プロトコルを作成し分析に供している。

筆者の考えでは、コンピュータの教育利用は、今後はマルチメディアの方向に向かうと考えられる。さらに学習者にとっては文字キーレス方式になっていくと思う。こうなればコンピュータリテラシーは、学習者にとっては、コンピュータのCRTの見方とかマウスの操作の仕方やテンキープラス若干のキー操作だけになってしまうと考えられる。そうなれば、文字キーの利用はワープロ時の利用に限られてくるだろう。

しかし、教師となれば問題は別である。コンピュータリテラシーはやはり文字キーの操作を含む、プログラミングの技術の必要性はいつになっても不変であろう。いくらオーサリングツールが進んでも、それに対するリテラシーが要求されるからである。

学生のプログラミング指導を効率的に行うのに効果的な方法について触れる。筆者は、今のところ、筆者の作成した教材プログラムの一部を、そのまま入力しパソコンを走らせコマンド・ステートメントの作動を確かめさせるが最も効果的と考えている。今年度のスタートの時、次のようなことがあった。それは日本語かな混じり文でコメントを書くのだが、たまたま筆者の例文で“《,》”とか“→, ←”が入っていた。学生はさっそく質問してきたがすぐには答えず、日本語入力のマニュアルを読んで自分で方法を見つけるように指示した。時間がかかるが、この程度のことは学生自身に発見させる方法も有効と思い実施している。

最後に筆者の利用しているシステムディスクについて一言触れる。マニュアル通りであれば日本語入力時はシステムディスクと辞書ディスクの2枚のフロッピィが必要で、パソコンのドライブ1と2に挿入することになっている。しかし、これでは開発中のプログラムをセーブするときはフロッピィを差し替えなければならない。この不便を解消するために、筆者は附属のフロッピィディスクを用いて、1枚のフロッピィディスク（ドライブ1に挿入）で可能な辞書を入れたシステムディスクを自作した（作成方法はよく知られていると思う。また、このシステムディスクは辞書を入れたので、普通のシステムディスクに入っているファイルのフォーマットプログラムやファイルコピー機能等が消されて使えない泣き所がある）。この新作のシステムディスクを利用すれば日本語入力時もパソコンのドライブ2は空になるので、そこへプログラムセーブ用のフロッピィを入れて利用できるので便利である。このディスクはコピーをして、筆者の研究室のほか、岩手大学教育学部の数学科所有のPC98シリーズのパソコン全部と、附属の教育実践研究指導センターのPC98シリーズのパソコン全部で利用している。このシステムディスクのコピーは東北大学理学部数学教室にも流れている。

### 参 考 文 献

- 1) 相原 彰, 1992, 「マルチメディアで科学の学習」, 『教育と情報』 9月号, 36-39。
- 2) 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。
- 3) 飯島康之, 1992 a, 「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
- 4) 飯島康之, 1992 b, 「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』, E 221。
- 5) 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。
- 6) 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。
- 7) 水越俊行, 1992, 「メディアが教育を変える」, 『日本教育工学会第8回大会講演論文集』, p.3。
- 8) 守屋誠司, 1991, 「パーソナル・コンピュータの論理教育への応用(3)——論証支援システムの試み」, 『東北・北陸数学教育基礎的研究報告』, 19, 65-70。
- 9) 佐伯卓也, 1992 a, 「CATI法(P-Pグラフ分析)」, 『東北数学教育学会年報』, 23, 3-12。
- 10) 佐伯卓也, 1992 b, 「数学の授業実践におけるコンピュータと教師と生徒のかかわりについて——マルチメディア, メディアミックスそしてハイパーメディア」, 『東北数学教育学会年報』, 23, 25-32。
- 11) 佐伯卓也, 1992 c, 「中学校数学でのパソコンの利用——区分求積法」, 『日本科学教育学会第16回年会論文集』, E 231。
- 12) 佐伯卓也, 1992 d, 「コンピュータ利用の非CAI的授業とマルチメディア——中学校数学の場合」, 『日本教育情報学会第8回年会研究発表収録』, 201-204。
- 13) 佐伯卓也, 1992 e, 「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。
- 14) 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。
- 15) 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

JCET 1991 論文集』, 673-674。

(付録)

佐伯研究室開発の中学校数学のパソコンソフト題目一覧

- 1983 (S 58) 年度 (PC88 シリーズ)
    - A 班 (女子 3 名) 三平方の定理の図形的証明
    - B 班 (女子 3 名) 関数のグラフ ( $y=x^2$   $y=Ax^2$  の PCT)
    - C 班 (男子 2 名) 立方体の平面による切断で生じるいろいろの多角形
    - D 班 (男子 3 名) 回転体 (線・面の運動による立体の生成)
    - E 班 (女子 4 名) 三角錐の体積
  - 1984 (S 59) 年度
    - A 班 (男子 2 名女子 1 名) 確率・統計
    - B 班 (男子 2 名) 資料の整理
  - 1985 (S 60) 年度
    - A 班 (男子 2 名) 傾き関数 (微分に相当)
    - B 班 (女子 3 名) 面積関数 (積分に相当)
    - C 班 (女子 3 名) 円の面積と  $\pi$
    - D 班 (男子 2 名) 円の加法 (ベクトルの合成)
  - 1986 (S 61) 年度
    - A 班 (女子 4 名) 内・外接正多角形による円周率  $\pi$  へのアプローチ
    - B 班 (男子 3 名) 2 次関数から高次関数 (3 次・4 次) への発展
    - C 班 (男子 3 名) 面積関数・区分求積法による積分へのアプローチ
    - D 班 (男子 2 名) 円錐の体積・区分求積法によるアプローチ
  - 1987 (S 62) 年度
    - A 班 (男子 3 名) 最大の体積を考えよう! (関数の極大)
    - B 班 (男子 2 名) 円の加法 (一方を楕円として)
    - C 班 (女子 3 名) サイクロイド曲線・内サイクロイド曲線
    - D 班 (女子 3 名) 等差数列
- 以上 19 点
- 1988 (S 63) 年度 (PC98 シリーズ)
    - A 班 (男子 3 名) パスカルの定理 (平面図形)
    - B 班 (男子 2 名) 球の体積と表面積
    - C 班 (女子 2 名) パスカルの三角形 (2 項定理)
    - D 班 (女子 3 名) 回転体の体積
  - 1989 (H 1) 年度
    - A 班 (女子 1 名) 図形の移動 (ゲームを含む)
    - B 班 (男子 2 名)  $\pi$  の計算 (モンテカルロ法)
    - C 班 (男子 2 名) 立方体の断面図 (3 D 回転を含む)
  - 1990 (H 2) 年度 (パソコン教室使用)
    - 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計算
    - B 班 (女子 2 名) 線と面の移動により生成される立体
    - 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
  - 1991 (H 3) 年度
    - A 班 (男子 2 名) 立体図形の切断 (立方体の平面による切り口の形)



- B班 (男子2名) 立体の生成 (線・面の移動による)
- C班 (女子2名) 区分求積法による球の体積
- D班 (女子2名) 傾き関数からの微分へのアプローチ<これは中3用>
- 1992 (H4) 年度
  - A班 (女子2名) 平面図形の移動
  - B班 (男子3名) 立体切断面 (立方体を中心にして)
  - C班 (男子2名) 面積関数 (速さ・時間・距離)
  - D班 (女子3名) 回転体の体積