

# 数式処理システムの数学教育への応用

高橋 正

(神戸大学 発達科学部)

## 1 はじめに

筆者は、本誌において、数式処理システムの教育への応用についての解説記事を依頼された。当初は、この種の解説は、教育関係の方が適していると思い、何人かの方に依頼してみた。しかし、教育におけるコンピュータの利用についてならば書いてもらえるものの、“数式処理システムの...”となると、書いてもらえる人が見つからなかった。このこと自体が、今だに、数式処理システムの教育利用が進んでいない状態の反映であると思われる。

日本における数式処理教育は、教科書特集の解説 (Vol. 5, No. 4) において村尾氏が指摘したように、以下の状況が問題である。

数式処理教育として、日本語で書かれた優れた教科書が少ない。

大学・研究所などにおいて、数式処理を専門的に学べる機関が少ない。

数式処理の先進的な研究成果は欧米からの輸入ばかりで、研究者・教育者を育成する体制が整えられていない。

このような大学教育の状況は、今後大きく変えて行くべきである。

近年、大学教育においても、多くの分野でコンピュータの効果的利用が求められ、コンピュータを数学の講義及び演習に利用する方法も盛んに研究されている。そのような際に使われるソフトウェアとして、数式処理システムが挙げられることが多い。しかし、ただ何となく使うだけでは、数学教育として、数式処理システムを効果的に利用することができない。このことは、中学校・高等学校における利用の際も同様である。教育において使用する際には、その目標・位置付けを明確にしておくことが必要である。このことを明確にしておかなければ、数式処理システムを数学の講義及び演習に利用することは、数学教育としての意義(学習者のための利用としての意義)を失ってしまう。数学教育の視点から見た数式処理システムの利用を考えなければならない。

コンピュータを使うまでの数学の学習課程、カリキュラム全体の中での整合性、テキストの整備、指導者の教育など多くの準備を必要とする。

数式処理システムを用いた数学の教授は、未来の可能性の段階ではない。数式処理システムによって新たにつくり出される教授可能性を、早急にかつ徹底的に研究しなければならない段階にきている。

さらに、数学教育における数式処理システムの利用と言っても、各学校段階によって、その形態が異なる。本稿においては、紙面の関係及び筆者の研究との関わりから、大学教育に焦点をあてることにする。中学・高等学校段階での利用については、御意見及び実践結果等をお知らせいただければ幸いである。

大学での数学教育では、今、何が求められているのか。情報化社会への対応をキャッチフレーズに進められている大学教育改革における数学教育の改革は、何を指すべきなのか。さらには、大学教育改革において進んでいる数理科学（数理情報もしくは情報数理などの名称に改組された、数学と情報科学の融合を目指した学科・講座など）の教育は、どのような教育をすべきであるのか。これらの問題は、現実的な問題である。

本稿では、2節において、数学教育の目標を踏まえ、数学教育における数式処理システム効果的利用の可能性を明らかにする。そして、3節では、大学における数式処理システムを用いた教育活動の例を紹介し、4節において、今後の動向を考察する。最後に、5節において、我々の研究室での数式処理システムの教育利用に関する取り組みについて紹介する。

## 2 数学教育における数式処理システムの可能性

### 2.1 数学教育の目標

数学教育の目標は、古くから、数学的な知識・技能の習得と、数学的な考え方の育成にあると考えられてきた。これは、現在においても同様であると言える。これまでの研究により、次のことが知られている。

数学教育によって得られた知識は、記憶としてだけの「死知」ではなく、「生きている知」「はたらく知」でなければならない。数学的な考え方の育成は、態度や思考力の育成と関連を持つと考えられてきた。古くは、一般的形式陶冶＝「数学」と「古代語」であり、思考力の育成には、数学が適していると考えられてきた。現在では、一般的な形式陶冶は否定されたが、形式陶冶を全く否定することはできない。篠原助市は「知識獲得の方法及び態度に対する形式陶冶」をこれからの形式陶冶としてあげている。数学科の目標は、数学的な「方法・態度」の形式陶冶であると考えられている。

「数学的な考え方とは何か」ということに対して、これであると一義的に定めることは難しい。数学教育は、数学，教育学，心理学等の複合領域であり、さらに、各人の数学観に依存するものであるため、その目標を一義的に示すことは困難である。この問題に対し、60年代から、観点を定め分析することがされている。それらの多くは、数学的な考え方とは、数学を創造し、発展させていく原動力となるものであるとしている。

- ・ F. X. Eggersdorfer, 富田 竹三郎訳,「青少年陶冶」, 協同出版 (1981)
- ・ 篠原 助市,「理論的教育学」, 協同出版 (1949)

- ・ 片桐 重男・古藤 怜・小高 俊夫編 「新しい算数・数学指導法の創造」, 学研 (1978)
- ・ 中島 健三・大野 清四郎 「現代教科教育学大系 4, 数学と思考」, 第一法規 (1974)
- ・ 日本数学教育学会 「数学的思考とその指導」, 明治図書 (1970)
- ・ 日本数学教育学会 「創造性の開発とその指導」, 明治図書 (1970)

## 2.2 「数学的な考え方」の分析

秋月康夫は、「数学的な考え方とは「よい問題」について生徒が対決する間に生徒自らが実際につかんでいくものである」と述べ、また、片桐重男も「数学的な考えを伸ばし、創造的発見の能力を育てるには、よい問題を与えることが大切である」と述べている。確かに、数学的な考え方の働く問題場面に接し、それを解決していく時に、その考え方を吸収していく。「よい問題」について片桐は、次のような条件を挙げている。

- (1) 現実の問題をとりあげて、数学化の過程をふませることができるような問題
- (2) 総合的発展的考察が子どもたちにとって十分可能である、いわゆる開いた問題

- ・ 秋月 康夫 「数学的な考え」, 明治図書 (1968)
- ・ 片桐 重男 「新しい問題の開発とその指導」, 東洋館 (1975)

問題を与えるということは、「考えさせる」ということである。では、数学教育において、「考える」ということは、具体的にどう捉えられるのか？これに対して、以下に示す Freudenthal の主張がある。

### Norman の Cognitive Artifact 論

教育界において文化の伝達だけでなく、文化の創造ということが叫ばれ、数学教育においても、活動としての数学（創られ、発見される、手作りの数学）が、結果としての数学（完成した、他人が発見した数学）以上に重要視されるようになってきた。そこで大切なことは、「どんな数学を」にあるのではなく「どのように数学を教えなければならないか」である。その第一法則は、数学は実在を美化したものであるということである。これが、数学の究極の姿である。体系化は数学の大きな美点である。でき得るならば、学生もこの美点を学ばなければならない。しかし、体系化する活動を学ばなければならないといっているのではない。その活動の結果は美しく閉じた体系である。人間が学ばなければならないことは、閉じた体系としての数学ではなく、むしろ、活動としての数学、すなわち、実在を数学化する過程や、でき得るときには、数学を数学化する過程である。

- ・ H. Freudenthal 「Why to teach Mathematics so as to be useful」, Educational Studies in Mathematics , vol 1 . No. 1/2 (1968)

この主張において、Freudenthal は数学教育において「考える」ということを数学的活動をすること」と捉えている。

数学的活動とは何か？このことを島田茂は、次のように捉えている。

既成の数学の理論を理解しようしたり、数学の問題を解こうとして考えたり、あるいは新しい理論をまとめようとして考えたり、数学を何かに応用して、数学以外の問題を解決しようとする数学に関係した思考活動を一括して、数学的活動と呼ぶ。この活動は次のような図で表すことができる。

このように、「数学的な考え方」を育成するためには、数学的活動を促すような問題を開発し、それを解決させることが、重要な関わりを持つ。

- ・ 島田 茂編「算数・数学科のオープンエンドアプローチ」, みすず書房 (1977)

## 2.3 数学教育に対する社会的要請

コンピュータ科学の発展は、数学科カリキュラムの内容を変えようとしている。すなわち、高度情報化社会に対応した教育として、コンピュータ科学に関する、数学科における教育が求められている。現状と、求められている状態との間には、大きな差がある。そのため、「どのように利用すべきか」について、近年多くの研究がされている。数学教育国際委員会 (The International Commission on Mathematical Instruction, ICMI) は、当面の最大の課題として、次の二つを挙げている。

多様化社会に対応する数学教育

ハイテク時代に対応する数学教育

この課題に基づきいくつかのテーマを掲げている。その最初のテーマに掲げられているものが、「コンピュータと情報科学が数学および大学や高等学校レベルでの数学教育に及ぼす影響に関する研究」である。

- ・ A. G. Howson and J. P. Kahane 「The Influence of Computers and Informatics on Mathematics and its Teaching」, Cambridge University Press (1986)

## 2.4 数学教育において求められているコンピュータ利用

数学教育において求められているコンピュータ利用として、次のことが考えられる。

### (1) 数学における実験的作業

数学における実験的作業の範囲は著しく増大している。シミュレーション、データ解析など



は、多くのソフトウェアが開発されている。

(2) グラフィックによる教育活動の支援

コンピュータは、直観を形成する上で役立つ質のよいグラフィック描写を与えてくれる。コンピュータが他のメディアよりもまさっているのは、動的な図を描けることである。

(3) 数式処理システムの利用

数式処理システムは、数だけではなく、記号を操作することにコンピュータを用い、代数的操作を実行することを可能にする。

(4) 学習の個別化の手段

コンピュータは、生徒に、脅威を感じさせない個別的な反応を提供できる。しかしながら、学習すべき事柄の認知上の複雑さが増大するに従って、それにふさわしいソフトウェアを作ることが非常に困難になってきている。CAI等がこれにあたる。

(5) 学習状況の診断

授業の改善を目的とする教師の活動の支援及び教師の機能を拡張するためのコンピュータの利用。

## 2.5 コンピュータ利用の留意点

コンピュータそれ自身について、どのように指導するのは、難しい問題である。玩具としてのコンピュータを強調しないように注意する必要があり、コンピュータ科学を背景において提示されるべきであるといわれている。また、コンピュータを使うということが、説明しようとしている数学を伝えることとは別なものであるということも指摘されている。

- ・ D. Tall, 「Understanding the calculus」, Maths. Teaching(1985)

コンピュータという道具の存在は、人間のある能力を代替し、新しい可能性をもたらすとともに、同時に今までとは違った能力や知識を要求する。どのような知識や能力が要求されるのかを明かにすることは、コンピュータを用いた数学教育の効果を考える際に重要である。これについて、次に示す Norman の認知科学的理論がある。

### Norman の Cognitive Artifact 論

Artifact とは、「人間によって作られた、もしくは修正されたもの」を示すものとする。Artifact が人間の能力を伸ばすという考えのみを取ることは誤りである。例えば、人間と電卓を組みにして捉えれば、電卓は人間の計算能力を増大させると見ることができる。しかし、その人間が電卓抜きにできる計算は以前と変わっていない。この意味では、電卓という道具は人間の能力を増大してはいない。そして、電卓 + 計算問題 という見方をすれば、計算を電卓の機能を用いて行うという課題に人間を向かわせている。道具を使って問題に取り組んでいる人間を、外から見る場合には、人間・道具・[Artifact]・問題を一つのシステムとして捉えている。このような捉え方を、System View と呼ぶ。このように「人間+電卓」というシステムで捉えれば、あたかも、道具は人間の能力を増しているように捉えられる。この捉え方は、

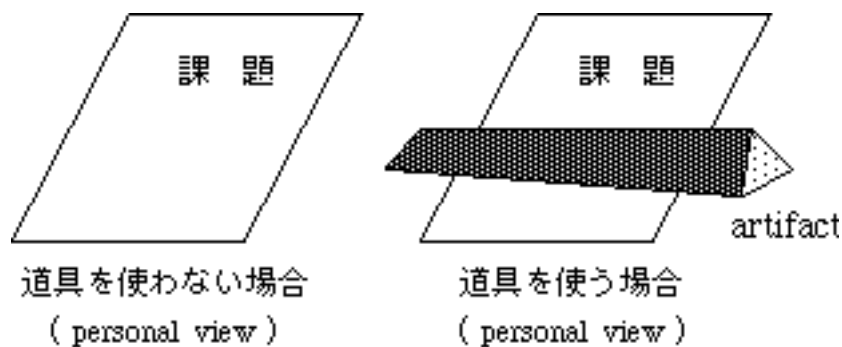


図 2

道具を捉える見方としては、ある意味では、自然なものである。しかし、視点を課題を遂行する個人に移してシステムを捉えてみると、道具を使わない場合と道具を使う場合は、次の図のように現すことができる。

この personal view、すなわち個人の視点に立てば、道具が課題の有り様を変えていることが分かる。道具は人間の認知能力を増大するのではなく、課題自体を変容させている。そして、人間は、その道具を使用するための新しい手続きを学習することを強いられる。「道具 + 課題」というシステムによってもたらされる新しい課題は、それに取り組む人間にとって、その取り組み方のプランを変えるという働きを持っている。

- D. A. Norman 「Cognitive Artifact」, paper presented in the Workshop on Cognitive Theory and Design in Human-Computer Interaction(1990)

この理論を考慮することは、数式処理システムの教育への応用においても重要である。数式処理システムの教育への応用は、学習者及び指導者の課題に対する心理的技能的負担を著しく増大させるからである。

このことは、人間が数式処理システムを操作する際、操作の目的論的なモデル化が必要になることを意味する。認知科学に基づいた研究が必要である。

## 2.6 数式処理システムの可能性

数式処理システムは、学習者の数学探究の道具となる。そして、数式処理システムを用いた数学教育は大いなる可能性を持っている。しかし、現在の数式処理システムのユーザインターフェイスは、教育用としての視点からは、学習者にとって負担の大きいものである。さらに、数式処理システムを効果的に用いるためには、数学を理解しなければならない。

数式処理システムを十分に活用するためには、教室の環境も変える必要がある。教室には、大画面のモニター、あるいはモニターが投影されるスクリーンを用意する必要がある。教室の外でも、学生があまり管理にうるさく言われることなく、気楽に、数式処理システムに接

するための方法が必要である。さらに、教師の側にも、教材を準備するために必要な、個人的な数式処理システムの活用能力が要求される。

### 3 大学における数式処理システムを用いた教育活動

大学における数式処理システムを用いた教育活動は、世界的には様々な試みがなされている。しかし、日本においては、その実践が少ない。この節においては、イリノイ大学での実践を紹介し、さらに、現在、日本の大学において、インフラ整備が進んでいるネットワーク環境下での使用可能性を整理する。

#### 3.1 イリノイ大学における数式処理システムを用いた教育

筆者は1997年2月1日から3月30日まで、海外研究開発動向調査によって、米国のイリノイ大学に滞在し、イリノイ大学での数式処理システムを用いた数学教育の実態を調査した。イリノイ大学数学科では、Calculus and Mathematica という、微積分教育に数式処理システム Mathematica を用いた授業を行っている。イリノイ大学での Calculus and Mathematica の授業実践について、その内容を紹介する。

##### 3.1.1 Calculus and Mathematica

イリノイ大学はアメリカ中央部（アメリカにおけるセントラルタイムの地域）、シカゴから約300キロ程南に位置する。イリノイ大学の数学科では、Calculus and Mathematica という講義及び演習（以下、講義とする）があり、数式処理システム Mathematica を使った微積分の講義を行っている。

この講義の担当者は Professor Uhl, Professor Davis, Professor Porta である。私は Professor Uhl に頼み、この講義の内容を調査した。古い数学科の建物の中の、その中でも特に古めかしい部屋でこの講義は行われていた。学生は各自 Macintosh (Power Mac 7100/80AV) に向かい、課題を行っていた。



Professor Uhl は教室に入る早々に動き回り、学生達の演習に OK か NO を出していた。彼の行動は授業というよりは審判のようであった。





Professor Uhl は TA の学生に、私への説明を指示した。TA の学生は丁寧に Calculus and Mathematica の教材について説明してくれた。教室内の Macintosh は、Apple Talk で接続され、インターネットにもゲートウェイを経由して接続されていた。しかし、授業内容（授業で使う教材）には、外からでは、直接アクセスはでない設計であった。

教材は、日本の大学における微積分とほぼ同様の構成であった。教材の構成は、解説、例題の提示、問題の 3 段階の構成が全ての項目（各々の単元）に設けられていた。1 年間で微分方程式の前まではほぼ全員が演習するようになっているとのことであった。この講義の内容の一部は、インターネット上に公開されている。

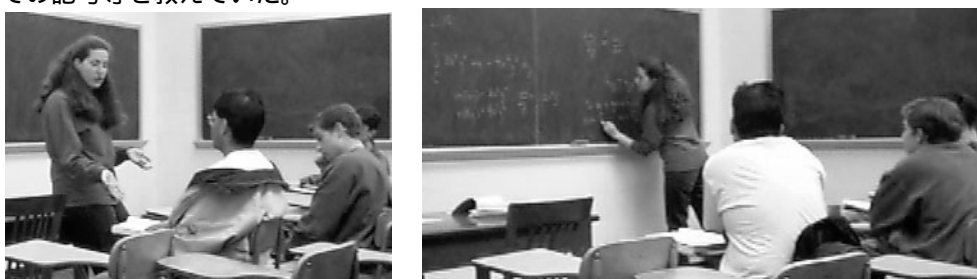
### 3.1.2 講義及び演習の前後

このような形式の講義では、その前後の学習の方法をいかに確立するかが大きな問題となる。なぜならば、ただマシンを相手に、この時間だけ学習するのでは、学習の定着も効果的とは言えない。単なる学習ゲームに終わってしまう。イリノイ大学の Calculus and Mathematica では、講義及び演習の前後に、個人のペースに合わせて学習できるように工夫されていた。

まず、講義及び演習の前には、自分の来られるときに来て、マシンを使い、予習することになっていた。そのために、この部屋のドアには、TA として大学院生の写真が 38 人も貼ってあった。



学生は写真の TA を見つけて分からないことを質問していた (TA にも人気の TA がいた)。TA も丁寧に教え、アルバイトでありながらその職業意識の高さには驚いた。そして、講義後には、一般教室で、マシン相手に学習した内容をドクターコースの学生が解説し、数学としての記号等を教えていた。



この数学としての記号を教えるのは、あたりまえのことであるが、重要なことであった。コンピュータ相手に学習してきた学生は、Mathematica の入力記号で黑板に書いていた。ドクターコースの学生は、「それは数学記号では、こう書きます」と解説し、さらに、数学の概念を話した。この授業は進度によって選択性になっていた。

Calculus and Mathematica のように、講義及び演習の前後に、いかに授業形式を取り入れておくかが重要である。そのことを真剣に考えなければ、本当の意味でのコンピュータを用いた数学教育 (数式処理システムを用いた教育を含む) はできない。特に、数式処理システムを効果的に用いるためには、必要となる、数学を理解しなければならない。卵が先か鶏が先かの議論ではないが、使える数学が高度になればなるほど、それを数学として使うための授業設計が大切である。

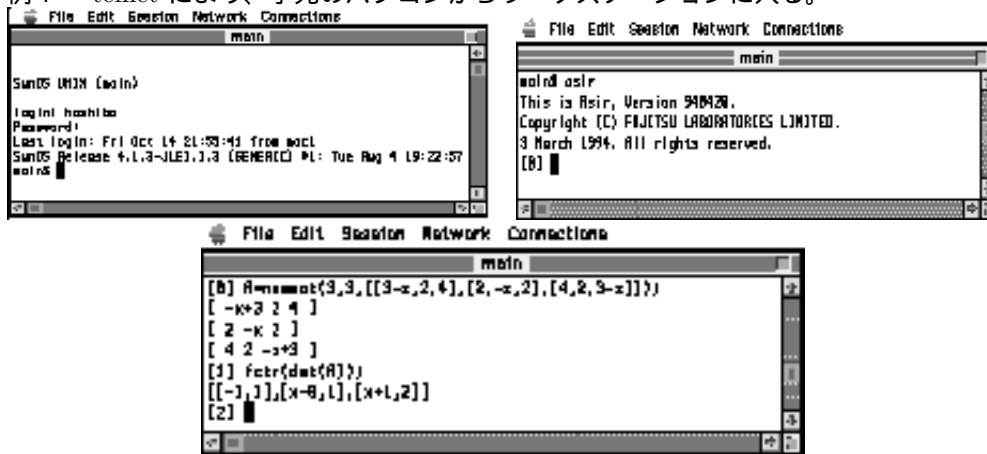
### 3.2 ネットワーク環境下における数式処理システムの教育利用

近年日本の多くの大学において、ネットワークインフラの整備が進められている。ネットワーク環境下における数式処理システムの利用について、その可能性を整理する。

### 3.3 サーバ・クライアントシステムを用いた教育利用

パソコンをネットワークを介してワークステーションに接続することにより、ワークステーションをあたかも自分のマシンのように使うことができる。

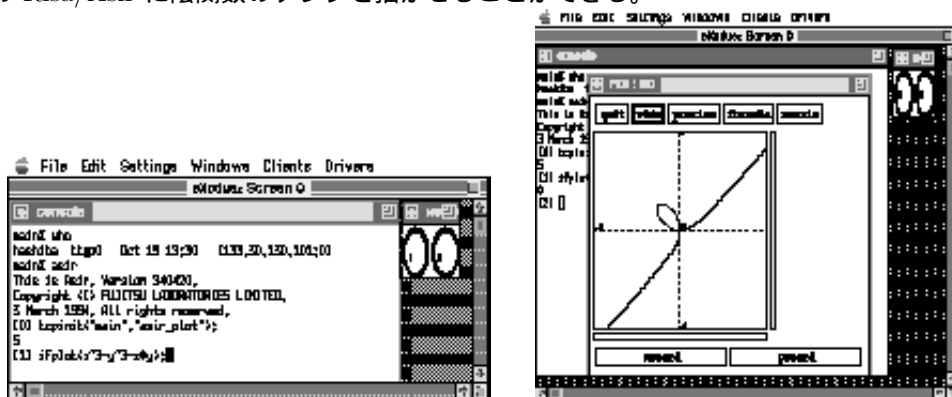
<例 1> telnet により、手元のパソコンからワークステーションに入る。



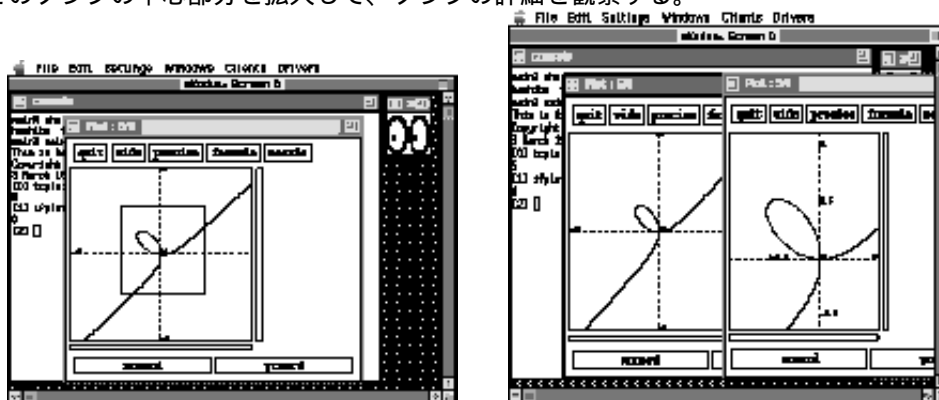
そこにインストールされている数式処理システム Risa/Asir を起動する。

行列を定義し、その行列式を因数分解した形で出力する。

<例 2> ソフトウェアを使って、手元のパソコンをワークステーションの X 端末にし、ワークステーションの Risa/Asir を使う。このようにして X 端末にすると、ワークステーション上の Risa/Asir に陰関数のグラフを描かせることができる。



Risa/Asir を起動し、 $x^3 - y^3 - x * y = 0$  (ノード) のグラフを描く。  
そのグラフの中心部分を拡大して、グラフの詳細を観察する。



ネットワーク環境が整備されれば、大学(広い意味で学校)は、ある場所に教室を固定し、そこに集まり、教師が声を発し、学習者はその音声を捉え、学習するという形式自体に変化をもたらすことになる。世界中とリアルタイムに繋がり、マルチメディアとして対応できることにより、家庭からでも、職場からでも教育を受ける可能性が生じることになる。数式処理システムを教育に用いる際にも、この視点を活かすべきである。

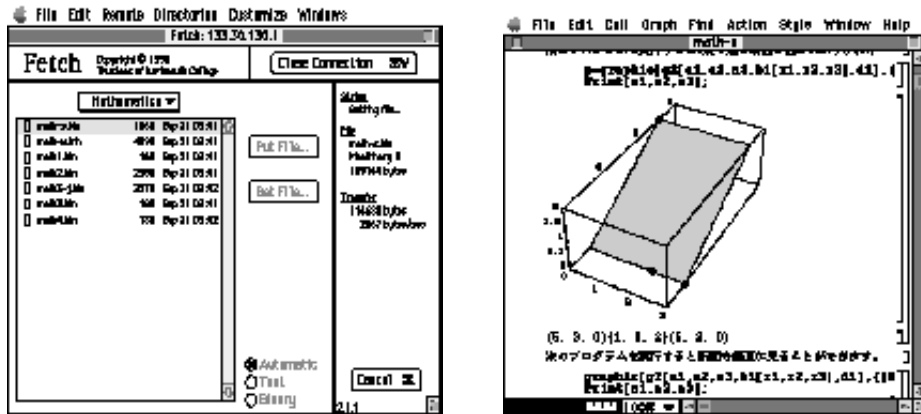
### 3.4 サンプルプログラムの FTP サイト構築

ネットワーク環境で得た情報を自分のコンピュータで使い、さらに、他のユーザに自分の情報を与えたり、互いに協力して教材を作ることができる。

数式処理システム Mathematica の開発販売元である Wolfram Research 社は、Mathematica の効果的な利用例を集積し、MathSource などですれらを公開している。

Wolfram Research 社の Mathematica の効果的な利用例集も期待されるが、数学教育としての効果的な使用例を (Mathematica を用いたものに限らず) 自ら作成し、蓄積し、公開し、評価する活動もすべきである。

現在、サンプルプログラムを、神戸大学発達科学部数理情報教室のワークステーションに設定した anonymous ftp サイトに置き、公開する準備を進めている。anonymous ftp サイトは、インターネットを利用できる環境にあれば誰でもアクセスできる ftp サイトである。この ftp サイトから教材を手元にコピーし、使用した結果や感想、プログラムを改良したもの、または改良のアイデアなどを再び ftp サイトに置き、公開するという活動が可能である。  
<例 3> Feach で ftp サイトから数式処理システム Mathematica のファイルをパソコンにコピー (get) する。



get した Mathematica のファイルをパソコンの Mathematica で実行する。

このように開発した教材を、誰でも利用・改良できるようにすることで、電メールと共に、ftp サイトが教材の共同開発の場と成り得る。多くの現場教師により吟味され、改良されることが、より優れた教材の開発にとって必要である。

#### 4 今後の動向

欧米、特に、米国の数学教育界で最近顕著な話題は、数式処理システムの教育への利用である。米国では、数学教育に、関数ソフト、グラフ電卓等によるテクノロジー導入が進み、その成果を果たした。その成果の延長線上の新たな挑戦という見方をすれば当然の目標と思われる。大学での初等数学はもちろんのこと、進んだ高校ではテクノロジー機器/数式処理システムの活用により新たな数学教育変革の端緒についていることが数多く報告されている。

また、Java, CGI 等を用いたサーバ・クライアントモデルにおける利用技術を教育現場に取り入れる研究も世界的に盛んである。今年 6 月に開催された Worldwide Mathematica Conference においても、これらの技術を取り入れ、教育現場での利用を拡大することを意図としたプレゼンテーションが数多く見られた。

数式処理システムの教育利用に関して、HomePage 上での利用は、教育現場へのネットワーク環境の普及と共に拡大するであろう。

「数式処理の教育への応用」それは、多くの人々の要望であり、それぞれの人々の立場でのエゴであり、かつ、次世代の教育における大きな問題である。しかし、教育として考える限り、教育を受ける生徒、学生のことを中心に考えなければならない。彼等は、どのような教育を受けることが良いのか。このことを考えた時、数式処理が必要であれば、設備的、人的に困難なところを是正し、教育に取り入れるべきである。”数式処理は、教育として敷居が高い”とか”現状ではカリキュラムとして確立できない”等の要因は、目的に対しての問題である。現在の教育の枠組み(カリキュラム等)では、取り入れることが難しければ枠組み(カリキュラム自体)をかえれば良い。数式処理の有効性を活かし、発展させて行くためには、教育において多大な投資をしなければならない。また、いつまでも欧米後追いの教育

システムではなく、どのような生徒，学生を育てるのかについて明確なビジョンを提示するべきである。それを持たない教育者は、思想のない烏合の衆である。

考え方さえ柔軟にすれば、現在の教育の枠組みにおいても、部分的に取り入れることは十分に可能である。当面、その試行的導入の中で、数式処理を活用した数学教育に関する教授法（それは、現在の数学教育を、より生徒主体のものに変革することになる）の開発と人材の育成をはかるべきである。

## 5 我々の研究室での取り組み

教育現場における、HomePage 上での数式処理システムの利用技術は多種多様である。ここでは、紙面の関係上、CGI プログラム経由での数式処理システムの利用，Java を用いた Home Page 上での数式処理システムの利用，Java Applet による使いやすい数式処理機能の作成について簡単に紹介する。

### 5.1 プログラム経由での数式処理システムの利用

HTML の規格であるフォームを使用することにより、ブラウザからデータをクエリー文字列という文字列に変換して Web サーバに送信する。サーバでは、その文字列を受け取るための CGI(Common Gateway Interface) というインターフェイスを備えた CGI プログラムによって、クエリー文字列をもとの文字列に変換し、その内容によって様々な処理を行う。プログラミング言語としては、C 言語や Perl を利用するため、CGI によってサーバで実行可能な全ての処理を実行できることになる。この仕組みを用いて、クライアントからサーバの数式処理システムを使用することができる。

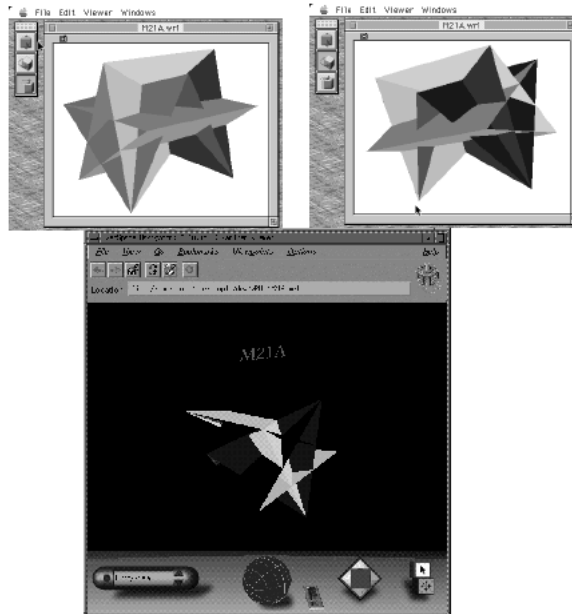
数学において、図形の認識は重要な要素の一つである。特に立体図形は平面図形と異なり、三次元の構造を持つものが二次元構造に変換されて、平面上に表現されるというところに困難な点がある。平面上に表現された立体図形から、実際にその図形が表わしている三次元構造を頭の中で構成するためには、念頭操作が必要である。しばしば、授業の導入部で立体模型が利用されるのはそれを支援するためである。立体模型の利点は、角度を自由に变えて、見ることができる点にあり、立体図形を認識するというのは、別の角度から見た場合に描かれるべき平面図形を頭の中で構成することができるということである。

V R M L を利用して、対象物の回転・移動、視点の移動をコンピュータ上で行うことにより、わざわざ立体模型を用意しなくても、その立体のデータを用意することによって容易に同じ効果を得ることができる。さらに、導入部だけでなく、必要な場面ではいつでもすぐにご利用できるため、立体図形の認識に必要な学習者の念頭操作を支援するのに適している。

数式処理システム Mathematica, Maple による立体図形の出力結果を V R M L データに変換し、そのデータを F T P で入手可能な場所に置き、ホームページからリンクさせたものを WWW 上で公開することができる。

データはマウス操作により自由に動かすことができる。V R M L データは端末に依存しな

いので、VRMLを表示できるクライアント・ソフトがあれば、様々なコンピュータを用いて利用できる。



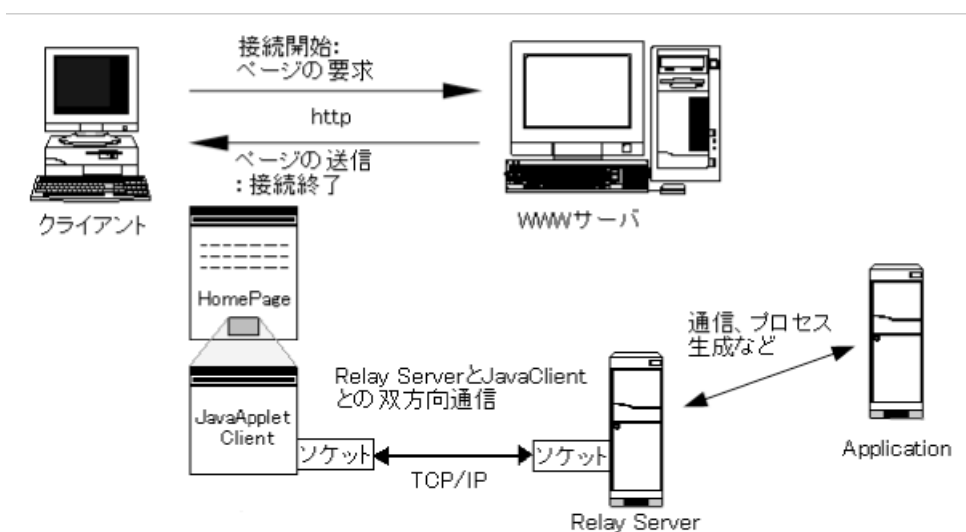
Mathematica のグラフィックを VRML データに変換するためのパッケージ VRMLConvert.m は、インディアナ大学ペンシルバニア校 (Indiana University of Pennsylvania, College of Natural Sciences and Mathematics, Mathematics Department) のホームページからダウンロードできる。

- ・ 出口 博章, 数学教育におけるテクノロジーについて, 神戸大学教育学研究科修士論文 (1997)

## 5.2 Java を用いた Home Page 上での数式処理システムの利用

数式処理システムをネットスケープやインターネットエクスプローラーなどのブラウザ上で使用することにより、数式処理システムがインストールされていないマシン上でもブラウザさえあればワークステーションの数式処理システムを使用することができる。

旧来のクライアント・サーバモデルではクライアントすべてにクライアントプログラムをインストールしておかなければならなかったが、Java を用いてブラウザ上で動かすことにより、その必要がなく、Java の動くブラウザさえ入手すればよいということになる。クライアントプログラムに Java Applet を使い、サーバと通信することにより常時対話が成立する。中継サーバを経由して、クライアントはサーバ側のアプリケーションをリモート処理できる。



この方法によって、数式処理システムがインターネット環境で手軽に使えるようになる。教育用システムの有用性はユーザインターフェースの善し悪しに大きく依存する。ホームページ上での数式処理システムの利用技術は、ユーザレベルでのインターフェイス作りを可能にする。

- ・ 杉山 武志, ネットワーク上での数式処理システムの応用について, 神戸大学教育学研究科修士論文 (1998)

### 5.3 Java Applet による使いやすい数式処理機能の作成

数学教育に Java を用いることが盛んになっている。Java は、C++ 等と同じオブジェクト指向のプログラミング言語であり、OS に依存しないという特徴から、インターネットの普及に伴い、急速に普及した。数学教育の教材を、Java を用いて作成したり、かつて、他の言語で開発された教材を Java に移植する活動が多い。さらに、Java アプレットを用いることにより、ホームページ上でアプリケーションが実行できることにより、数学教育での利用は一層盛んになった。

現在の数式処理システムのインターフェイスは、教育用としての視点からは、学習者にとって負担の大きいものである。現在の数式処理システムの機能を、使用する機能に限定し、その機能を Java アプレットで作成することができる。アプレットでは、数式展開、数値代入、グラフ描画、因数分解等、中等教育で必要な数式処理機能を実行できる。

- ・ 松嶋 純也, Java を用いた使いやすい数式処理機能について, 神戸大学教育学研究科修士論文 (1998)

これらの技術は、数式処理システムの教育への応用に関して、新たな可能性を開拓するであろう。