

Conference on Computer Algebra 報告

稲田 信幸 (理化学研究所・情報科学研究室)

はじめに

筆者は昭和59年3月25日より4月12日までの間、英国・ケンブリッジ大学計算機研究所、米国・ニューヨーク大学およびランド社に滞在した。目的は、8月に理化学研究所で行われる数式処理国際シンポジウムの下打ち合わせ、数式処理ソフトウェアの国際共同開発のための国際通信の打ち合わせと通信実験、およびニューヨーク大学のクーパー・ユニオンにて開催された数式処理の国際会議に参加出席することであった。

この国際会議の案内がかなり遅れて送られてきたため、はじめ出張の日程の中には入っていないく3月のうちに全日程終える予定でいた。しかし、この会議の案内が送られてきた時、筆者は国際シンポジウムの下打ち合わせのために各地を回る必要がなくなることがわかり、是非会議に出席するために日程を4月にシフトした。

通常国際会議といえば、今迄の経験からすると100米ドル程度の送金小切手を送っていたが、今回はたったの10米ドルと少なく少し奇妙な気がした。米国へ行く前の3月の末は英国に滞在したためその間に新たにプログラム類が送られてきたが知ったのは帰国後であった。会議の当日10米ドルしか送金していない人は更にその場で10米ドルを支払った。筆者は当然予稿集なるものを期待していたが何もなかった。

会議は4月5日と6日の2日間開催され、当初の予定人員をかなり上回ったため急遽会場をクーラント研究所よりクーパー・ユニオンに移したようである。筆者の大まかな見当では少なくとも300名、多ければ400名ぐらいと思っていたが、後から送られてきた参加者名簿によると367名で日本からは筆者だけのようであった。

筆者も予稿集がでると思っていたわけであるが、残念ながら何もなくてまた会議の時に写真とか録音をとることは出来なかったので、今回は興味のあるものを一生懸命に聞いた。ノートも分かるものはとったが、高度なアルゴリズムの発表あるいは群論等の数学の発表はよくわからなかったので、ノートをとるのをやめ国際シンポジウムの打ち合わせに時間をさいた。

会議はレクチュア形式で行われ、新しいアルゴリズムの発表というよりは、これまでの数式処理で何ができてあるいはどういうことが問題であるとの提起の方が多か

った。ひとつアメリカ内における数式処理のまとめのような性格を有し、学生等の若い芽というかこれから研究が期待される人達の参加が多かったし、企業の参加も多いように見受けられた。

アメリカでは、MACSYMAのプロジェクトも終わり数式処理が研究より企業ベースでの商品として完成されたとの見方もあるとは思えるが、IBMのnew SCRATCHPADのようにあるいはオーストラリアのCALEYのように新しい数学の概念を取り入れて発展しているものもあり、研究は研究、商品は商品として別個に考えなければならない。

会議のプログラムを観せる。プログラムにもあるように会議の間中並行して、クーラント研究所の13階にて7種類の数式処理システムのデモがとり行われていた。筆者の目に一番印象深く残っているのは、やはりnew SCRATCHPADのデモであった。

講演内容より

A. C. Hearn氏の講演は、数式処理の手引きみたいなもので筆者は今迄に何回か聞いていたのと殆ど同じに思えた。逆に言うとうまいトークであった。最近10年間に開発されたアルゴリズムについて述べ、それらは多項式のGCD、因数分解および不定積分の名アルゴリズムであり、20年前のIBM7094上のシステムでの話も少しされた。

数式処理の研究を興味深く次のように別けておられた。

- (1) Algebraic algorithm implementation
- (2) Data management
- (3) Simplification
- (4) Language and systems
- (5) Applications
- (6) Communications and hardware
- (7) Numerical algorithms

この中で(2)については、多変数多項式におけるデータの表現法について述べられていた。(3)については、

$$\log \tan(x+\pi/4) - \operatorname{arcsinh} \tan(2x) = 0$$

という例の問題を取り上げていた。

J. H. Davenport氏の講演では数式処理におけるアルゴリズムの選択とそれに付随する問題を例題を上げながら解説していた。例えば、Vector representation では、 $(m+1)(n+1)$ の問題

$$(X^{**10000+1})(X^{**10000-1})=X^{**20000-1}$$

あるいはSparse representation においてAおよびBがSparseであったとしてもF(A, B)が必ずしもSparseにはならないということを例題で示された。

$$(X^{**1000-1})/(x-1)=X^{**999}+X^{**998}+\dots+1$$

また、Dense factorization においても無限に大きくなる場合があることなども話された。正準標準形における"Zero"の問題、 $(y+1)$ と $1/(y+1)$ あるいは $Y^{**2}=2$ と $Y=\text{sqrt}(2)$ 等の問題。次のようなものの正準形の問題。 $1/(\text{sqrt}(2)+\text{sqrt}(3)+\text{sqrt}(5)+\text{sqrt}(7))$

最近のアルゴリズムについても終わりに述べられていた。

W. H. Kahan氏の講演はIEEEの浮動小数点方式における特異点のトークであったが、近い将来に3ないし5MIPSの浮動小数点用チップがでるとか、十の無限大との演算について例をあげながら話されていた。筆者としては、日立の浜田方式のほうが良いと思っている。

R. W. Gosper氏の講演はSymbolics 3600を使用したMACSYMAで数式処理をしたというトークで筆者には何か半分は宣伝のように思えた。

S. Wolfram氏のSMPのトークは宣伝と機能の紹介にあったように思えた。C言語との補完性が良さそうに思える例が幾つか紹介されていた。

R. D. Jenks氏のnew SCRATCHPADシステムのトークでは、モジュラリティ、単一言語、汎用性、および使い勝手を紹介し、代数的知識に言及しコア、ドメイン、カテゴリーおよびそれらの実現について述べられていた。また、現在のシステムの進行状況について現在および1985年1月ごろまでの希望的予測を述べられた。インターフェイスは50%より90%に、能力は80%より200%に、コンパイラの完成度は80%より95%に、マニュアル等の文書化は75%より100%になると予測しておられた。多少会場からは笑う声が筆者には聞こえたと思っている。

今思い出すのは、D. B. Mumford氏のトークが外の講演者に比べて下手で会場は何か少し白けたようであった。最低他の講演者と同じようにOHPの準備ぐ

らいして貰わないと疲れてしまう。

パネル・ディスカッションの途中で筆者とHearn氏は一緒に会場をでた。

デモンストレーション

REDUCE

電話による公衆回線接続でRand社と結びHearn氏がデモっていた。余りにも有名なので人集りはマーマーというところ。Randでは、VAX11/750なので余り早くはないようです。今やユーザの方がインプリメンターより立派なマシンを持っている時代なのですね。

muMATH86

ハワイ大学のStoutemyer氏がオールインワン・タイプのIBM-PCのセカンド・ソースのCOMPAQを自分で携帯してこられ、デモっていた。彼の周りには結構な人集りでレセプションの食事も取れないほどであった。筆者は余りにも可愛そうなので、ワイン、ビールおよび食事の差し入れをしてその労を労った。一昨年、筆者は彼の大学の研究室を訪れている。

MACSYMA

シンボリクスより何名か会議に出席しており、3600を持ち込んで盛んにデモっていた。筆者は一昨年、シンボリクスで講演を急提依頼されていたので、その時知り合ったHoffmanも来ているようであったので待っていたが会えなかった。カナダとアメリカの大学では非常に安い費用で入手が可能であるが国内からは業者を通す必要があるかもしれない。パンフレットではカナダとアメリカの大学にしか触れていない。人集りは今一です。

SMP

Inference社より、Apollo Domainを持ち込んでのデモでした。盛んに他のシステムではできないことをデモっていたようでした。例えば、グラフィクスとかで、マルチ・ウィンドウなども得意と言わんばかりに説明していたのが印象に残ることです。大学以外には膨大な費用を課しているのが残念です。筆者から見れば大方の事はREDUCEで出来ますから、やはり何とんでも大型機上のREDUCEが大抵の問題について一番高速に処理できる筈です。

SCRATCHPAD '84

大型のプロジェクターによるスクリーンの写しだしから始まって、筆者にはやはり一番感心が在りましたし、結構人集りも多かったようです。370Lispはケンブリッジ大学のLispより速いしAlgebraic Modeのモードの決まらない場合には、インタープリタの速度になりますのでREDUCEより簡単な問題では速いような気がします。

MAPLE

このシステムは、カナダのWaterloo大学で作成されたもので、カナダと接続していたのかは聞きませんでした。とにかく電話接続でデモっていました。あまり人集りは無かったように見えたが、パンフレットは貰ってきました。

CALEY

オーストラリアのシドニー大学で開発されたシステムです。数学上の拡張が為されている興味深いシステムです。驚くことにこのシステムは、Fortranで記述され、25万行になるそうです。

PFSA

このシステムはデモの中には含まれていませんが、というわけか帰国後集めてきたパンフレットの中に在ったというわけです。今のところ、誰にこのシステムのことを尋ねてよいのかも分かりません。

FINAL PROGRAM

Conference on COMPUTER ALGEBRA as a Tool for Research in Mathematics and Physics

New York University
Courant Institute of
Mathematical Sciences

April 5-6, 1984
251 Mercer Street
New York, NY 10012

All lectures will be held at COOPER UNION, 41 Cooper Square,
near 7th Street and Third Avenue, a short distance from NYU.
Systems will be demonstrated on 13th Floor of Courant Institute

Thursday Morning, April 5 (Cooper Union)

- | | |
|-------------|--|
| 7:45- 8:45 | Registration; Coffee and Danish |
| 8:45- 9:00 | Opening Remarks: S. R. S. Varadhan, Director, CIMS
Chairman: David Y. Y. Yun (SMU) |
| 9:00- 9:45 | Anthony C. Hearn (RAND Corp.)
What is Computer Algebra? |
| 9:45-10:30 | James H. Davenport (U. of Bath)
Algorithmic Constructions and Problems in Algebra |
| 10:30-11:15 | William H. Kahan (UC, Berkeley)
Symbolic Singularities and the IEEE Floating-point
Arithmetic Standard |
| 11:15-12:00 | Jacob T. Schwartz (NYU)
Some Computational Decision Procedures in Logic |
| 12:00- 1:45 | LUNCH |

Thursday Afternoon, April 5 (Cooper Union)

Chairman: Richard Fateman (Berkeley)

- 1:45- 2:30 R. William Gosper (Symbolics, Inc.)
Computer-assisted Strip Mining in Abandoned Ore Fields of
19th Century Mathematics
- 2:30- 3:15 Stephen Wolfram (IAS)
The Computer Mathematics System: SMP
- 3:15- 4:00 Richard D. Jenks (IBM Research)
The New SCRATCHPAD System and Language for
Computer Algebra

Thursday Evening, April 5

- 5:00-10:00 Reception and DEMONSTRATIONS
(13th Floor of the NYU Courant Institute)

MACSYMA (Symbolics, Inc.)
MAPLE (U. Waterloo)
muMATH (Soft WareHouse)
REDUCE (Rand Corp.)
SCRATCHPAD'84 (IBM Research)
SMP (Inference Corp.)
CAYLEY (U.Sydney)

Friday Morning, April 6 (Cooper Union)

Chairman: S. Eilenberg (Columbia)

- 9:00- 9:45 George E. Andrews (Penn. State)
Physics, Ramanujan and Computer Algebra
- 9:45-10:30 Charles Sims (Rutgers)
How Well Can You Get to Know a Group?
- 10:30-10:50 Coffee Break
- 10:50-11:35 David and Gregory Chudnovsky (Columbia)
The Use of Computer Algebra for Diophantine and
Differential Equations
- 11:35-12:20 David B. Mumford (Harvard)
What Can Be Computed in Algebraic Geometry?
- 12:20- 2:30 LUNCH

Friday Afternoon, April 6 (Cooper Union)

Chairman: John W. Milnor (IAS)

- 2:30- 3:15 William P. Thurston (Princeton)
Some Geometric Problems and Computations
- 3:15- 4:45 PANEL DISCUSSION:
The Potential of Computer Algebra as a Research Tool
- Jacob T. Schwartz (NYU) - Moderator
Richard A. Askey (Wisconsin)
Michael E. Fisher (Cornell)
John McCarthy (Stanford)
Joel Moses (MIT)
- 4:45- 5:00 Closing Remarks: J. Barkley Rosser (Wisconsin)

The Maple Symbolic Computation System

Bruce Char Keith Geddes Gaston Gonnet

Symbolic Computation Group
Department of Computer Science
University of Waterloo
Waterloo, Ontario Canada N2L 3G1

1. A brief description of Maple

Maple is an interactive mathematical manipulation system. (The name "Maple" is not an acronym but rather it was simply chosen as a name with a Canadian identity.) The primary motivation for the development of Maple when the project started in December, 1980, was to provide user accessibility to symbolic computation. In particular, there was a need for a system which large numbers of students could use simultaneously on a time-sharing mainframe computer, or alternatively on microprocessor-based workstations. This general goal has translated into two subsidiary goals: to be portable across several kinds of computer systems, and to provide an efficient system for both student and general-purpose scientific usage.

In order to pursue the former goal, Maple was implemented with a package of macros using the Margay macro processor written at Waterloo. The macros are designed to be easily expanded into "BCPL-like" languages. Currently, Maple runs in B on Honeywell GCOS-8 systems, and in C on DEC VAX/Berkeley Unix, Spectrix 68000/Xenix, and DEC 20/TOPS20 systems. Demonstration ports have been also been made to Pixel and SUN Microsystems computers.

There are several ways in which Maple was designed to meet the latter goal. One is through *compactness*. Maple initially loads a small kernel of modest power, implemented completely in the system implementation language (e.g., B or C). This kernel contains facilities such as integer and rational arithmetic, simple polynomial manipulation, the garbage collector, pretty-printing, file input/output, and the user command interpreter. Most of the other capabilities of the system are contained in external library routines which are automatically loaded as required. These library routines are coded in the user-level language, which is Algol-like in syntax.

THE MODERN ALGEBRA SYSTEM CAYLEY

John Cannon
Rutgers University and the University of Sydney

SUMMARY

The utilization of ideas from modern algebra in various branches of pure mathematics (e.g. topology, number theory, geometry), together with their application to areas of modern applied mathematics (e.g. coding theory, graph theory, solid state physics) has produced a demand for efficient computation in such structures as discrete groups, rings and modules.

Cayley is designed to permit efficient computation with the more useful examples of such structures. The associated language enables the user to work with sets, sequences and mappings, as well as with algebraic structures. The system is supported by an extensive library of powerful functions for determining structural information, with particular emphasis on groups. As an indication of the power of the system, Cayley can construct and identify the composition factors of a permutation group having degree 10,000.

The system has successfully solved problems arising in group theory, topology, knot theory, geometry, number theory, graph theory, coding theory, numerical analysis and in solid state physics.

Program For Simple Algebra

1. Introduction

The Program For Simple Algebra (P=SA) is a fortran program created to perform simple manipulations on algebraic systems involving large numbers of variables, terms, and sums (of terms). The manipulations P=SA will perform are addition, subtraction, multiplication, differentiation, pattern replacement, and Taylor expansion. Procedures and an "if" command are implemented. A limited sort of division is also provided. Macsyma and Reduce offer many manipulations more complex than those used in P=SA, however, the relative simplicity of P=SA allows for greatly improved speed.

New Scratchpad * IBM * New Scratchpad

Example 2: Rational Function Integration

u:QF UP(x,RN) {QuotientField UnivariatePolynomial in x over RationalNumber}

u:=(x+1)**2/((x+1)**6+1)

$$(0) \frac{x^2 + 2x + 1}{x^6 + 6x^5 + 15x^4 + 20x^3 + 15x^2 + 6x + 2}$$

Time: 2.936(I) + 0.051(E) + 0.187(P) = 3.174 SEC.

integrate u

$$(1) \begin{aligned} & \alpha \log(x^3 + 3x^2 + 3x + 6\alpha + 1) \\ & \alpha + \frac{1}{36} = 0 \end{aligned}$$

Time: 0.699(I) + 0.208(E) + 0.117(P) = 1.024 SEC.

u:=(2*x**2+4)**4/(x**2-2)**5

$$(2) \frac{16x^8 + 128x^6 + 384x^4 + 512x^2 + 256}{x^{10} - 10x^8 + 40x^6 - 80x^4 + 80x^2 - 32}$$

Time: 0.922(I) + 0.072(E) + 0.146(P) = 1.14 SEC.

integrate u

$$(3) \frac{-10x^7 - 12x^5 - 24x^3 - 80x}{x^8 - 8x^6 + 24x^4 - 32x^2 + 16} + \alpha \log(\alpha x - 3)$$

$$\alpha + \frac{-9}{2} = 0$$

Time: 0.047(I) + 0.249(E) + 0.215(P) = 0.511 SEC.

u:=x**5/(x**4+x**2+1)**2

$$(4) \frac{x^5}{x^8 + 2x^6 + 3x^4 + 2x^2 + 1}$$

Time: 0.627(I) + 0.042(E) + 0.08(P) = 0.749 SEC.

integrate u

$$(5) \frac{(-\frac{1}{6})x^2 + \frac{1}{6}}{x^4 + x^2 + 1} + \alpha \log((\alpha + \frac{1}{3})x^2 + 2\alpha)$$

$$\alpha + \frac{1}{27} = 0$$

Time: 0.048(I) + 0.17(E) + 0.197(P) = 0.415 SEC.