

数式処理の個人的記憶

竹島 卓*

金沢工業大学

1 数式処理との出会い

私が数式処理というものを知ったのは大学院の修士の学生のころ (1971 年頃) である。そのころは PC などというものは存在せず大型計算センターというところに大型計算機というものがあって、プログラム (多くの人は Fortran だったが、私はへそ曲がりだったので PL/I を使っていた) と JCL¹⁾ を打ち込んだパンチカードの束を抱えてバッチ計算の依頼をし、二三時間後にラインプリンタに出力される結果を取りにいくというものであった。

ロボットの機構学的/運動学的な計算が目的であって、某かの数値の時系列を計算するためにはかなり複雑な (長大なと言った方がより正しいかも知れない) 数式を予め導いておいて、それをプログラムにコーディングすることで、あとは計算機が飽きもせず繰り返し計算を実行して、結果を (数値の) 系列として表示してくれた。

計算機がやってくれる計算とは基本的に数値の計算であって、計算に必要な数式を導くのは基本的に人間の仕事であることは現在でも大きくは変わっていない。しかし、ある種の数式は単に多項式の加減乗算とたまたま除算の繰り返しで得られるもので、このような労力を消費すれば良いだけの式の導出も計算機がしてくれるといいのだが、といつも考えていた。

10 数個の変数を持つ連立微分方程式を解くプログラムでさえ、ロボットの機構が変わるたびに式の導出からやり直し、異なるプログラムテキストを作成せねばならないことが面倒でならなかった。プログラム作業を少しでも軽減しようと、PL/I でアナログ・デジタルシミュレータを試作したこともあった。

式の導出についても、記号式を要素とする 4×4 行列を何個か掛けるということを研究室仲間で協力してやっていたのだが、6 個目か 7 個目で 1 エントリが 2~3 ページにもなり途中で諦めたこともある。(賢くやれば別の方法もあったろうが。)

記号を含んだままの式を計算する「数式処理」という技術とソフトウェアがあるらしいと聞き、「数式処理」の研究をテーマとしていた記号処理研究会 (情報処理学会の研究会) でいろいろ

*tak@neptune.kanazawa-it.ac.jp

¹⁾Job Control Language, Unix の shell のようなもの

と勉強させてもらった。そこで Lisp という言語でプログラミングする数学パズル的な面白さに惹かれ、記号処理とその応用分野全般に興味を持つようになった。

記号処理研究会の主たる研究対象は Lisp に代表される記号処理の処理系開発と応用分野の開拓であった。数式処理は記号処理の成功しつつある応用分野のひとつであって、数式処理を効率良く行うためにも記号処理言語の研究と開発が欠かせないと考えられていた。また、数式処理は人間の高度な知的活動の所産のひとつであり、人間の知能に迫る人工知能の開発を目指すにも、道具としての記号処理の研究開発が重要であると考えられていた。この人工知能研究の流れは、後に第五世代コンピュータシステム開発という国家プロジェクトの母体のひとつとなっていった。

2 数式処理研究会と数式処理学会

日本での数式処理の導入と利用は原子力関係の研究者の間で始まり、本格的な数式処理システムの開発は、NTT 研究所と理化学研究所で行われていた。NTT 研究所では池原らが assembly 言語で独自のシステム AL を開発 (1975) していた。一方、理化学研究所では本学会名誉会員でもある後藤英一先生がリーダーとなって、Reduce システムを効率的に動作させる種々の工夫をこらした専用ハードウェア FLATS を開発した (1979-1983)。理化学研究所では後に GAL が開発されている。

筆者は 1976 年に富士通に入社し、当時 IT 産業界で開発を競っていたリレーショナル・データベースシステムの勉強にもっぱら明け暮れていた。1982 年に第五世代コンピュータ国家プロジェクト (5G プロジェクト) が開始されると、その核言語 ESP (論理型言語 Prolog のオブジェクト指向への拡張) の仕様確定作業の一部を分担することになり、反証証明系の試作などに携わった。1985 年 5G プロジェクトの中期開始に伴い、核言語の応用ソフトシステムとして数式処理システム開発を提案したところ、採択された。

丁度その頃 (1985 年)、理化学研究所の佐々木建昭博士 (当時) の紹介もあって、ソフトウェア科学会に新たに設置された数式処理研究会に参加し、後の数式処理学会の設立に関わるメンバーとともに幹事を努めさせていただいた。

1991 年に数式処理の研究・開発・普及をより強力に進めるために独立した学会を設立したいとの機運が高まり、翌 1992 年に東京電気大学 (当時) の一松信先生 (現名誉会長) を会長に推戴して、日本数式処理学会が設立された。期せずして、設立以来 2011 年度末まで 10 期 20 年に互り学会の理事など役員を努めさせていただくことになった。

3 数式処理の面白さ

筆者は記号処理としてのシステム作りに興味があったが、5G プロジェクトに当たり、上司である国際情報社会科学研究所の北川敏男所長から、「お前に有能な部下を二人付けてやるが最初の 1 年間は決して計算機に触らせてはならない。」と嚴重注意を受けた。後になって考えてみると、所長は「数式処理システムは数学システムである。単に記号処理のプログラムを作ればいいのではない。記号を処理するという見掛けの形だけを追わず、背景となる数学構造を確実に理解した上で開発をしなければならない。」と言ったのだと思える。

数学者でない筆者には十分理解できずにいたが、二人の部下に数学を教わりながら、数式処理のアルゴリズムを勉強した。当初は(今でもかも)頓珍漢なことを言ってかなり呆れられたと思えるが、勉強が進むにつれてこれは思っていたより手強いぞという緊張感とともに、それまで知らなかった世界が開けて行くようで、楽しみも感じるようになって行った。

5G プロジェクトの研究のターゲットとなる技術として、不定積分、制約処理のいずれかを提案したところ、5G プロジェクト側の希望は不定積分であった。しかし、制約処理に将来の大きな応用があるように筆者達は予感していた。そのため、どちらのターゲットにも共通に必要な因数分解のアルゴリズムをかなり熱心に勉強したことが、後の富士通版数式処理システム Risa/Asir の開発においてその強みの基盤となったと思われる。

制約処理の中でも、Gröbner 基底の応用が極めて広範囲であることが分かり、5G 後期には参加せず、富士通独自で数式処理システムの開発を進めることになった。

そのシステム Risa/Asir は企業の開発システムとしてはめずらしく、無償で提供することを会社に認めてもらい、開発が加速した。当初は因数分解が速いこと、そのつぎには Gröbner 基底計算が高速なことで heavy user の要望に応えることができた。高速性は、最先端理論の迅速なキャッチアップとそれを越える独自の理論研究、それらに基づく改良アルゴリズムの開発、部品となる下位アルゴリズムのリファインメントが効いている。研究の進展には部下の一人が RISC-Linz の Buchberger 所長の下で指導を受け、研究する機会が与えられたことが大きい。

さらに、Gröbner 基底の次に来る研究ターゲットとして産業応用への可能性に着目し、QE(限定子除去)アルゴリズムに関心を寄せていた。丁度その頃、当時 IT 業界で重大な関心事項であった次世代暗号システム (AES) の研究に数式処理研究の成果をぜひとも活用せよとの社命を受け、リソースをそちらにも振り向ける必要が生じていた。幸いにも Passau 大学の Weispfenning 教授の下で若手研究者の指導を受けることができ、QE に関する研究開発を開始することができた。

QE については、筆者が富士通を退職し、現在の職場に着任する頃に漸く成果が結実し始め、社内でも評価されるようになった。その後も新しいメンバーを加え、企業の現場での問題解決に寄与しつつ発展を続けている。

4 学会の発展を願って

非才凡々たる筆者ごときが名誉会員称号を頂いたことは大きな驚きであった。しかしながら、20年間継続して役員を務めた者が他にいなかったという稀有の事象、謂わばお目出度さ、を祝って下さるといふならば、如何にへそ曲がりといえども素直に感謝してお受けすることを厭えるはずはない。

その間学会が順調に発展して来たことは、歴代会長のご指導、仕事を分担していただいた役員各位の努力ならびに学会事業への会員各位の協力に負うところが多であることは疑いない。この場をお借りして歴代会長のご指導と会員各位のご協力に御礼申し上げます。

数式処理の次の理論的な研究目標、システム開発の目標、応用の目指す対象、はそれぞれなんであろうか?

CPU 能力はこの 40 年間で 10^7 倍以上も向上し、multi-core がごく普通に使われている結果、AI 技術を利用した big データ処理など、数値処理と記号処理のハイブリッドな処理は当り前の

技術になって来た。

しかも、システム開発が短期間に可能なように、部品となる技術も数多く出回るようになって
いる。そのため、商用システムに理論的成果が採り入れられるサイクルはかなり短くなり、各分
野の基本的な技術の組み合わせ、アSEMBルが容易に行える時代になっていると考えられる。

これからの学会を支える会員各位が、活発に意見、異見を交換し合い、他分野との交流を含
め、多方面で新しい魅力ある数式処理の世界を拓いて行かれることを祈念して、拙稿を閉じるこ
ととしたい。