

PSI 上の数式処理システム SAM

5L-10

竹島卓¹, 野呂正行¹, 須永知之², 塚本有子², 井深克憲²
1 富士通(株), 2 (株)富士通 SSL

0. 概要

このたび第五世代コンピュータの逐次型推論機械 PSI II で動作する数式処理システムを開発したので報告する。本システム SAM は、論理型言語による本格的な数式処理システムとしては、世界で初めてのシステムである。

1. 数式処理

数式処理とは数式を数値的にではなく、記号のまま代数的に取り扱うことができる一種の記号計算の技術である。これは記号計算という点で証明支援システムなどの論理システムと同様の技術を必要とする一方、ベクトルや行列の高速演算といった数値計算類似の技術も欠くことができない。数式を記号のままに取り扱うという数式処理の特質は、科学技術の理論展開に極めて有効であり、近年重要な研究開発道具として認識されるようになってきた。

数式とは大雑把に言えば多項式と有理式であり、係数は任意多倍長整数(有理数)である。その他の数式も内部的にはこれらと同様の形をとる。行われる主な演算は、四則、代入、整理、微分、積分、因数分解、GCD などであり、数学的には自明な演算ばかりである。しかし、exact な計算をやみくもに行えばたちまち数式は膨張し計算不能におちいる。このため、数式処理においては演算を時間的空間的に効率よく高速に行うためのアルゴリズムの開発が不可欠となる。我々も労力の多くをアルゴリズム開発に傾注している。

2. システム開発の目標

開発すべきシステムの目標を定めるに当たり、(1) 実用的ソフトウェアの基礎となること、(2) 計算機代数学の基本要素技術を可能な限り多く含み、この分野に貢献できること、(3) たとえカバーする範囲が小さくとも、最先端の問題のひとつにはチャレンジすることを基本的要請とし、検討の結果目標機能を初等関数の不定積分とした。

3. システム試作

PSI II は第 5 世代コンピュータ・プロジェクトにより開発され、論理型言語を直接実行する記号処理マシンである。SAM はこの機械の上に開発され、ESP 言語で書かれている。SAM では、目標とした初等関数の不定積分機能をサポートしているほか、さらにユーザーのためのプログラミング言語を完備している。

以下に試作における感想を述べる。

まず、数式処理のためには、大きな実装記憶空間が極めて有効であるが、逐次型推論機械 PSI は記号処理に対応するため最大 80MB もの実記憶が実装でき、このことにより他のパーソナルシステムの真似のでき

ない数式処理システムが実現できている。また論理型言語を使う利点として、特別にこだわらなければ数式処理言語(ユーザ言語)のパースが容易に作成できることがある。一方、Prolog 系の論理型言語の特徴であるユニフィケーションやバックトラックなどの機能はほとんど使用しなかった。また、ESP では配列を基本データ対象としていないため、多倍長数の演算や行列、ベクトル演算などの線形演算の多くについて代数的アルゴリズムの記述が複雑になりがちであった。これらは、今後処理系で考慮すべき事柄といえる。

今回の試作では、結果として論理型言語の特徴を十分には活用できなかったが、これは現代的な数式処理システムでは人工知能的側面は殆どなく、記号処理的側面でさえ相対的に重要でなく、代わって代数的諸演算を高速に実行するアルゴリズム的側面が重視されるからであり、そのようなアプローチを直に採用したためである。

4. 評価

たいがいの既存のシステムでは、初等関数の不定積分までをサポートしている。我々のシステムも一応不定積分までを行えるが被積分関数の範囲が狭く、効率も十分ではない。また多変数多項式の GCD、因数分解においても、最良とされるアルゴリズムをまだインプリメントしていないため既存のシステムと比較して効率が良いとはいえない。しかし一変数多項式の因数分解では上述のシステムと遜色ない効率を得ている。また、Reduce、Mathematica などでは正式にサポートしていない代数体上の因数分解も可能であり、いくつかの問題で Macsyma を上回る結果も得ている。SAM の言語は Macsyma、Reduce など多くのユーザーを持つシステムの言語の機能にはまだ及ばないが、これらの長所を取り入れた言語仕様となっている。

全体としては、PSI II にとって最良のインプリメントを工夫したことと、最大 80MB もの主記憶のために、相当大きな数式でさえも処理可能であり、SAM は十分実用になると思われる。

5. 付記

SAM の開発においては、理論検討を横山和弘君(富士通(株)国際研)が主として担当し、またプログラミングの一部を吉沢浩、清慎一、原木貴司((株)富士通 SSL)の各氏が、さらに、プログラムのデバッグなどを浅尾、菅原((株)富士通 SSL)の各氏が、それぞれ開発の途中段階において担当した。ここに記して各氏の努力に感謝する。なお、本研究は通産省の第五世代コンピュータプロジェクトの一環として行われた。