

5 E - 3

知的計算のための計算機アーキテクチャ トリプルコンピューティングシステム(1)

山口人生

神奈川大学理学部情報科学科

§ 1. 序論

浮動少数点演算を知的に実行する計算機アーキテクチャを提案する。実数を計算機内部でデジタル変換する際、従来の表示以外に、その表現を上下からデジタル的に挟んだ“3倍体表示方式”（切り下げ、従来、切り上げ）を採用する。そして、各演算の実行ステップ毎に、結果の3倍体表示の大小順序が保存されるように計算を行う。例えば、引き算なら、（下-上、従来+従来、上-下）と結果が出るわけである。（中の項の演算は常に“従来通り”とする。）この方式による“トリプル計算法”は、従来の（ソフトによる）区間計算法や誤差解析と比較して、大きなメリットがある。紙数の関係上、一度に全貌を発表することは不可能であるが、中心的なアイデアはこの序論で把握できるものと期待する。以下、本論文では全体的な基本思想について、その概略を論ずる。

§ 2. 誤差概念の規定と議論の方向性

現実世界に生じる様々な現象を、何らかのモデルで把握した後、そのモデルに基づいた科学技術計算を行う際、必然的に誤差の問題が生ずる。ここで言う誤差は、大雑把に分けて、実験科学と不可分の“測定誤差”と理論科学が重視する“（計算の打ち切りや離散化による）近似誤差”と計算科学特有の概念である“丸め誤差”の3種類に類別できよう。ところが、測定器自体が計算機システムへと組み込まれてくる今からの時代には、測定誤差と丸め誤差とは相互に干渉しあうため、統一的に取り扱う必要が増大し始める。結局、広い意味での計算機システムの入出力関係という観点から見た場合、これら2種類の誤差を総体として処理するのが理想であろう。一方、アルゴリズム、すなわちソフトウェアの領域に本質的に関連してくる近似誤差の概念は、計算機アーキテクチャの研究という目的の対象外であるとする。我々のアプローチはこのような基本スタンスに沿ったものであることを、まず最初に確認しておく。つまり、以後、我々の言う誤差とは、測定誤差もしくは丸め誤差のことであるという大前提を置くことにする。そして、“測定と丸めの両誤差概念を初めのうちは峻別して議論するが、やがて両者を自然に融合する方式”の提示へと話は進展していくことになる。

§ 3. 基本思想：誤差論へのAI的アプローチ

従来の誤差の自動評価システムのソフトによる実現の場面、例えば、区間解析に基づく精度保証付き数値計算を実行する場面を考えてみよう。この時にはプログラムの全面的改訂が必要になるし、（区間のズレ等）場合によっては、採用したアルゴリズムの変更すら余儀なくされる。

これに対し、我々のシステムは、誤差評価が自動的に遂行できて、なおかつソフトの周辺部以外の変更は必要ないものでありたい。つまり、例えば、我々のアーキテクチャをワークステーションならワークステーションに採用した場合、それまでのワークステーション用アプリケーション資産が、入出力インターフェイス部分の細部を変更するだけで、そっくりそのまま継承できるようなものを目指す。これを、ソフトウェア

工学的に言えば、“ソフトウェアの再利用の観点から見て、優れたシステム構築”となる。つまり、従来のように、再利用可能なように前もってソフトを構成していくという姿勢ではなく、科学技術計算用の既存ソフトが最大限再利用可能なように、全体としてのシステムアーキテクチャを創成していくという逆転の発想である。それならば、既存の計算機システムバージョンアップですでに実現されていると思うかもしれない。

そうではなく、この新システムは、(単なる性能的バージョンアップではなく、)“既存のソフトの細部を微調整するだけで、同一アプリケーションに対する誤差の自動評価ができる”という重要な新機能を標準装備している点が画期的なのである。つまり、ここで追加される誤差の自動評価機能とは、従来のような既存の諸機能とは関連しつつも独立した新機能やインタフェース絡みの機能ではなく、そのものズバリ、計算という中心機能に完全に依存した新機能なのであり、これをメインの計算機能に影響を与えず実現するという点が従来とは根本的に異なるアプローチになっている。しかも、使用される具体的な計算アルゴリズムへの適用範囲は無限、つまり、任意の科学技術計算用ソフトに適用可能な汎用性のある機能として実現したい。かてて加えて、従来の倍長モードのように、通常のシンプルな計算と誤差付き計算とが、ワンタッチのモード切り替えて実行可能なように仕上げたい。(このような機能実現に関する話題は、また後の機会により詳しく議論する予定である。)

以上のように、我々の基本思想は、入出力関係という観点から見た時に、計算機システム全体を“誤差に関し賢く”することに重点が置かれている。これを“**誤差へのAI的アプローチ**”と名付けたい。

§ 4. まとめ

本論文では我々の提唱する“3倍体表示方式”と“トリプル計算法”に基づくAI的誤差評価方式の基本思想について述べた。ここでは紙数の都合上、実現のための基本戦略を紹介することすら出来なかったが、別の機会に続きを書く予定である。

我々の最終的な意図は、単なるアイデアの提示に留まるのではなく、本方式に基づく計算機アーキテクチャの実現をビジネス化することにある。このために、アイデアの特許権を獲得することを第一義に置いている。つまり、本論文に引き続く学会発表シリーズは、そのための準備であるという位置付けである。言い換えると、(著作権は情報処理学会に属することになるとしても)本論文で開示した基本的アイデアの知的所有権は著者に属することを、この場で陽に主張しておく。本論文で基本思想を提案した“誤差の自動評価機能”が(倍長機能のように)、やがては各計算機システムに標準装備されるようになるものと信ずる。本アイデアに興味のあるメーカーの関係者は、著者に連絡をとっていただきたい。念のため、本アイデアはすでに2年以上前から、一部の関係者の間で非公式に知られており、それを証明する証拠資料があるという、優先権に関する事実を指摘しておきたい。

なお、著者の所属は大学ではあるが、ビジネスのためベンチャー企業を創業した。

参考文献

- [1] G. Alefeld and J. Herzberger, *Introduction to Interval Computations*, Academic Press, New York, 1983.
- [2] 大石進一、非線形現象の解析手法 [I] —非線形現象の精度保証付き数値解析(1)—、電子情報通信学会誌 Vol. 79, No. 2 (1996), 162-168.
- [3] 戸川隼人、*計算機のための誤差解析の基礎*、サイエンス社、1974。