

## 米国における新しい計算機方式の研究動向

Recent researches on computer architecture in United States

喜連川 優\*

Masaru KITSUREGAWA

### はじめに

真空管, トランジスタ, IC における計算機の時代をそれぞれ第一, 第二, 第三世代と呼び, 現在の計算機は VLSI による第四世代にあるとされている。一昔前に比べると, 半導体技術の目覚ましい進歩により, 計算機を構築する基盤技術が大きく成長したため, 計算機的方式も変化しつつある。米国での新しい計算機アーキテクチャ研究動向について紹介する。

### VLSI 指向計算機アーキテクチャ

VLSI 技術により, 従来の汎用中型機クラスの計算機は, 1つのチップに実装することが可能となってきた。多くの機能をチップ上に展開可能となったため, 従来とは異なる VLSI 指向型のマシンが模索され始めている。カーネギーメロン大の Kung 教授らの提案するシストリックアレイはその代表的なもので, 同一の機能セルを多数平面上に並べ, 高次の並列度により処理速度を上げようとする試みである。個々のセルは単純にし, 設計コストを下げ, “数で勝負”の方式である。たとえば,  $0(N^3)$  のマトリックス乗算演算も  $0(N^2)$  の乗算器を平面上に配置すれば  $0(N)$  時間, すなわち完全パイプライン処理が可能になるわけである。筆者が CMU を訪れたときには, WARP プロセッサと名づけたシストリックマシンを設計中であった。これは主にはロボティクスに使用するための専用プロセッサとのことであった。シストリックアレイは当初 1チップに数千個のセルを展開し, きわめて高次の並列処理を行う点に特長があったが, WARP プロセッサはまだまだそのレベルには達せず, 1プロセッサが1つのボード, これをパイプライン的に数台結合した程度であり, 少々興ざめの感がした。リピータビリティを生かした真の VLSI マシン実装には米国でもまだ時間が必要であるようだ。

同じく, VLSI 化が容易なマシンとして画像処理用アレイプロセッサがあげられる。NASA のゴダード宇宙局にある MPP (Massive Parallel Processor) は  $128 \times 128$

の画像の各画素にプロセッサを対応させ, 全画素に対する演算をいっせに行おうとする SIMD マシンである。各プロセッサはビットシリアルな演算を行う単純な構成で, 1つのチップの中に 8ヶ入っている。

MPP 設計に参加したジョージメイソン大のシェーファ教授を訪れ, そのチップ構成, ピラミッド化等について議論した。その後, 日本では NTT が  $256 \times 256$  プロセッサの AAP を稼働させており, VLSI 実装技術においては, 日本の優位性を感じた。しかし, このような超高速マシンを効率よく動作させるためには, その入出力系が柔軟に構成されていることが必要であるが, この点に関しては, MPP もまだかなり不十分で, ディスクの入出力が処理のネックとなっていた。今後の課題とこのことであつた。VLSI アーキテクチャは, プロセッサだけでなくメモリ, 相互結合網, 入出力系を含めて, より統合的研究を進める必要がありそうだ。

VLSI 指向マシンの別のアプリケーションとして, データベース処理があげられる。大容量のデータ操作を中心とするデータベースシステムにおいては, その処理には多大の並列度が内在し, データを適度な量に分割し, そのおのおのにプロセッサを対応させることが考えられる。アリゾナ大のオズカラハン教授は, このような型の連想プロセッサの提案者であり, RAP と呼ばれるセルラマシンを見学した。IC 等はすべてインテルからサポートされており, インテルの VLSI ファミリーを用いてきわめてコンパクトなマシンが構成されていた。マシンの記憶媒体は, RAM を用いており, 本来大容量データが格納されるべきディスクを結合する段階には至っていなかった。これは, スポンサーであるインテルの方針が変わったために中断しているとのことであった。

その他同じくデータベースプロセッサの開発を行っているウイシコンシン大のデウィット教授, シラキューズ大のベラ教授も訪れた。デウィット教授はセルラマシン反対派, MIMD プロセッサ主張派であったが, 訪問したときにはマルチポートメモリによる 8台のマルチプロセッサ (LSI-11 を使用) を実装して性能を測定したところ, プロセッサ間通信オーバーヘッドが極端に大きく, 予期していた性能が得られず, MIMD を断念し, マシンはスク

\* 東京大学生産技術研究所 機能エレクトロニクス研究センター

ラップとなっていた。マシン全体の性能はそのインプリメンテーションに大きく影響され、よい経験になったと話を聞き、実装の重要性を感じた。マルチプロセッサを効率よく動作させるには、既存OSの改造では不十分であるようだ。なお、ウィスコンシン大ではコンピュータサイエンス学科全体でクリスタルという分散処理の大きなプロジェクトを進めていた。計算機室のフロアにはVAX-11/750を二十余台結合した大きなネットワークを構築しており、豊かな計算機資源がうらやましい限りであった。

VLSIの与えるもう一つの大きな影響として、RISC、CISC論争がある。これは、VAX-11を始めとする最近のマシンの命令が、プログラミング言語と機械語とのセマンティックギャップをうめるため、極端に複雑化し、1つの命令でたいへん高度な機能を支援する傾向にあるのに対し(Complex Instruction Set Computer)、むしろ簡単な命令セットからなるマシン(Reduced Instruction Set Computer)のほうがハードウェアが単純になり、クロックが上がり性能がよくなるのではないかという議論である。ゼロックス、パロアルト研究所を訪れ、ボブロー氏とスモールトーク、ループス等について意見を交わ

した。ゼロックスではRISCによるスモールトークマシンを設計中であった。RISC研究で感心した点は、丹念にプログラムの動作を調べ、統計情報に基づきアーキテクチャを設計しているという点であった。RISCはコンパイラの構成からも評価する必要があり、まだ不明な点も多く、その優位性が確認されるまでには、もう少し時間がかかりそうであった。

### おわりに

奨励会三好助成金により、初めて米国を訪れる機会を得、国際会議出席、大学研究所訪問などにより多くの貴重な経験をすることができた。

米国で最も強く印象を受けた点は、ネットワークの使い心地の良さと、VLSIチップがいとも簡単に作れるということであった。その他研究環境の相違など考えさせられる面も多かった。現在、筆者は大容量データ操作を対象とする高性能入出力系の開発を行っているが、今回の米国訪問による経験は研究遂行上たいへん有意義であった。貴重な機会を与えて下さった奨励会の皆様に深く感謝いたします。

(三好研究助成報告書 1985年7月29日受理)

