

## 並列処理はこれから — 150歳の青春 —

田中 英彦

東京大学工学系研究科

コンピュータは、現代社会に不可欠の道具になっているが、まだまだ十分なものではなく、さまざまな要請がある。動画、音声などを気楽に扱ったり、ハイテクの設計開発、環境シミュレーション等に、ますます高性能なマシンが要求されるに留まらず、高速通信との整合性、さまざまなマシンとのシームレスな連携、頼るに足る信頼性、誰でもが使える使い易さなど等である。これに対して、実現技術としては、今後1チップに数億にも上るゲートを埋め込み、それが、10GHzのクロックで動作するLSI技術、電子一つ一つのスピンの情報を埋め込んだり、光子一つで動作するような超高密度デバイス、また、 $10^{20}$ にも上る超並列で解を求める量子コンピュータ技術などが期待されている。しかし、LSI技術では、その内部の高性能処理を保証する高速入出力技術、クロックとともに上昇する消費電力の抜本的な削減策、が大きな課題である。今後のプロセッサ技術を考えて、汎用技術としては、コンパイラ技術が発展し、静的な並列性の抽出、キャッシュ支援としてのデータアクセスの予測、分岐命令の予測ヒントなどが期待される。またそれに伴って、抽出した並列性を簡潔なハードウェアで実行するVLIWに代表される技術、動的な判断処理を補って、より単純に動的並列性やデータアクセスを効率化する静的解析との融合などが考えられ、今後はコンパイラとアーキテクチャ技術のより緊密な連携が予想される。応用分野を絞った専用技術では、昔検討された連想マシンがデバイス技術の進歩とともに復活することや、データフローマシン技術が、専用プログラムをハードウェア化する技術として見直されること、メディアの高速処理用にデータ並列専用チップの再来などが期待される。実装技術からみると、チップ内データ授受遅延が外部とのデータ授受遅延に比べて1/20位となることなどから、一つのチップ内に複数のプロセッサを埋め込むチップマルチプロセッサがよく利用されるであろう。このプロセッサ数としては、

当初の数台から、100 台程度までが考えられる。一方、コンピュータシステムからみると、大規模応用がまだまだ存在するので、数十万程度の並列度を備えたマシンが実現可能になるであろうし、高速ネットワークの実現により、インターネット上に存在するさまざまな計算リソース、例えば、高速マシン、大容量特殊データ、専門知識を持った利用者などが、広く統合されて便利な処理環境を構成する GRID 技術が重要になろう。しかし、このアイデア自体は 1970 年代に考えられた資源共有でもある。このように考えると、今後のアーキテクチャ技術は、従来のさまざまなマシン技術、ネットワーク技術が、コンパイラなどのソフトウェア技術の熟成とともに見直されて、デバイス、ネットワークなどの新たな環境下で復活し、CAD 技術と融合して、さまざまな技術選択を容易に可能ならしめるシステムコンパイラになるという方向が考えられる。利用者からみれば、ハードウェアやソフトウェアの境界を意識することなく、応用目的が与えられれば明確にその分析が可能となる結果、晴れて面白い様々なアーキテクチャを自由に使いこなせる世界が出現することになる。現在のコンピュータアーキテクチャの原型を初めて考案したバベッジのマシンから 150 年、今、コンピュータアーキテクチャは青春を迎えているのである。