

会員の声



情報科学・工学, 私はこう考える

これからのアーキテクチャ, 私はこう考える

森 眞 一 郎†

機械工学の世界ではマイクロマシンに代表されるようなナノ・テクノロジー関係の研究が話題を呼んでいる。これに対してわれわれ計算機アーキテクチャの分野は、現在ギガ・テクノロジーの時代である。計算機のスピード、主記憶容量、ネットワークのバンド幅いずれもギガのオーダーに到達している。

ナノとギガという非常に対称的なオーダーではあるが、ナノ・テクノロジーの世界で、物体の運動を支配する物理量が物体の質量から表面積へ変わるという劇的な質の変化があったのに対し、計算機アーキテクチャの分野での技術に質的な変化が起こったとは思えない。これは、計算機アーキテクチャの分野でのキロ→メガ→ギガへのテクノロジーの進歩が、主にトランジスタの小型化ならびに高速化によって実現されたからではないだろうか。もう一つの主役であるパイプライン処理による高速化もすばらしい技術ではあるが、技術の質を変えるものではない。では、計算機アーキテクチャにおける質的な変化はいつ起こるのだろうか。以下は、この疑問に対する、私の放談である。

ギガの次の世代のテラ・テクノロジーの風が吹き始めているが、そこに技術の質的な変化が現れ始めているようだ。それはまず、プログラミング・スタイルの変化に現れる。テラ・テクノロジーの主役として超並列計算機が名乗りを上げているが、この世界ではおそらく数万台のプロセッサを動かすためのプログラムとして従来のプログラミング・スタイルとは違ったものが要求されるからだ。しかし残念ながら、超並列計算機ではアーキテクチャ自体に質的な変化はまだ望めない。超並列計算機が今までのプロセッサ・アーキテクチャ、メモリ・アーキテクチャ、ならびにネットワーク・アーキテクチャの組合せにすぎないからである。

超並列計算機の研究は、今後数年間、アーキテクチャ研究の中心になることは間違いない、それを否定しているわけではない。

おそらく、技術の質的な変化が起こるのは、ポスト超並列計算機においてであろう。では、そのようなポスト超並列とはどのようなものであろうか。物理学者ファインマン氏が、一つの可能性を示している^{1),2)}。それは、原子レベルの大きさの計算機である。ただし彼は、あくまでも量子力学的な実現可能性を述べているだけであり、以下の話しには私の空想も含まれている。したがって、眉に十分唾をつけて読んでいただきたい。

ここでは原子1個のスピンの向きで1ビットを表現す

るメモリと、原子3個で構成する可逆ゲートが計算機の最小構成素子となるらしい。このとき1チップIC程度の空間に、従来の計算機と同程度の能力を持った原子レベル計算機が1万個以上入ってしまう。さらにこのような計算機では、素子間の情報の伝達は物理的な「場」の下での近接作用によって行われる。従来の計算機でみられるような、ネットワークを介した遠隔作用的な情報の伝達は行われない。また、素子間の相互作用の記述、すなわち、この計算機のプログラムは、時間軸に関して巨視的には連続系で記述されていなければならない。かつ微視的には量子力学的な揺らぎをゆるすため可逆性を持たなければならない。

相互作用の記述によるプログラミングという概念はすでに超並列計算機のプログラミング・スタイルとしても考えられている。原子レベル計算機との違いはそれが離散系で記述されているという点とそれが可逆でない点である。

このような原子レベル計算機は、現在の計算機に比べて汎用性が著しく低いことは明らかである。しかし、ある種の問題に対しては非常に強力であり、さらに、ある種の物理計算においては、その法則を記述することが即プログラミングであるという点に、私は非常に興味をそそられる。現時点で、原子レベル計算機の制御方法などはまったく見当もつかない。また、超並列計算機のすぐ次が原子レベル計算機ともとうてい考えられない。しかし、ナノ・テクノロジーの進歩で原子の操作が可能になりつつある今、原子レベル計算機あるいはその背景にある概念が、将来実用化されることを私は信じている。

- 1) Feynman, R. P.: 未来の計算機, 数学セミナー 30 ans, pp. 96-108, 日本評論社, 東京 (1992).
- 2) Feynman, R. P.: *Quantum Mechanical Computers, Foundations of Physics*, Vol. 16, No. 6, pp. 507-531 (1986).

(平成4年6月22日受付)



森 眞一郎 (正会員)

1963年生。1987年熊本大学工学部電子工学科卒業。1989年九州大学大学院総合理工学研究科情報システム学専攻修士課程修了。1992年同大学院博士後期課程単位取得退学。同年京都大学工学部情報工学教室助手、現在に至る。並列処理、計算機アーキテクチャの研究に従事。IEEE-CS 会員。

† 京都大学工学部情報工学教室