

## 巻頭言

## ペタスケール時代の幕開け

工学院大学情報学部長  
東京大学名誉教授 小柳 義夫



最初に実用になった電子計算機ENIACが稼働したのは1946年であるから、昨年はその60周年であった。ENIACの計算速度は数百Flops (Flopsは1秒間に加減乗の計算が何回できるかを示す) に過ぎなかったが、昨年世界最速のコンピュータBlueGene-L (米国Lawrence Livermore National Laboratory) の計算速度は約300TFlops (Tはテラで、 $10^{12}$ を表す) であった。すなわちコンピュータは60年間に約1兆倍も速くなった。科学技術の発展はどの分野でも素晴らしいが、わずか60年の間に12桁も能力が向上した技術は他に例を見ない。

しかしこれで終わりではない。2009年頃にはPFlops (Pはペタで、 $10^{15}$ を表す) の計算速度をもつコンピュータが出現すると予想されており、米国、欧州、中国、日本などがそれに向かってしのぎを削っている。日本では、文部科学省のイニシアティブのもと、総事業費 (平成18年度～24年度) 1154億円を投じて、理化学研究所が「次世代スーパーコンピュータ」プロジェクトを推進している。これによると平成22年度の稼働を目指して、10PFlops級のコンピュータが設置され、科学技術・学術研究、産業、医・薬など広範な分野で活躍することが期待されている。 $10^{16}$ は日本の数詞で京 (けい) にあたることから、「京速 (けいそく) コンピュータ」というニックネームが付けられている。

現在、概念設計が進められている段階で、構成の詳細については明らかになっていない。性能から考えて、万をはるかに超えるプロセッサから成る超並列コンピュータになることは間違いない。報道によると最終的に二つの案が並行して検討されており、一つは要素技術としてベクトル処理を用いるもの、他方はスカラー処理を用いるものとのことである。本稿が発行される頃には概念設計が明らかになっているものと思われる。なお、このコンピュータの設置場所は神戸市のポートアイランドの南側に決まっている。

ベクトルかスカラーかという議論はスーパーコンピュータの歴史の出発そのものに端を発している。最初のスカラー並列計算機は、1964年に米国イリノイ大学で開発が始まったILLIAC IV (50 Mflops、ピークを示す。以下同様) であるが、1965年には最初のベクトル計算機であるIBM 2983 Array Processor (10MFlops) が発表された。Senzigらは両方式の優劣について議論している<sup>1)</sup>。

歴史的には、スーパーコンピュータとして最初に実用化したのはベクトル計算機であった。代表的なものとしてCray-1 (1976、160MFlops) やCyber 205 (1980、400MFlops) などが挙げられる。1980年代には日本もこれに参入し、日米は熾烈な競争に突入した。日本のメーカーは、米国のメーカーと違って半導体の大メーカーであり、自社で高度なチップが製造できたので、性能的に急速に米国製に追いつき追い越した。実用的なプログラム・カーネルで1 GFlops を実現し

たのはNECのSX-2 (1985、1300MFlops) が世界初であろう。我が国におけるスーパーコンピュータ開発の歴史については論文<sup>2)</sup> に詳しく述べた。

日本の進出は米国に衝撃を与えた。1985年に米国の研究所で日本製のスーパーコンピュータが落札したが、議会の圧力により米国製が導入された。2年後にも大学で同様な事件が起こった。1989年には米国がいわゆるスーパー 301条を日本のスーパーコンピュータに適用し、日本に米国製スーパーコンピュータの輸入を要求した。1996年には、日本のメーカーが不当な廉価販売をしているという理由で、454%の懲罰的な関税を課し、米国でのビジネスを不可能にした。

日本がベクトルコンピュータに参入した頃、米国などでは並列コンピュータを製造する多数のベンチャービジネスが誕生していた。名前(略号)だけ挙げると、Alliant、Encore、KSR、MasPar、Meiko、Multiflow、nCUBE、Sequent、TMCなどがある。BBN、FPS、ICL、Intelなどの既存の会社も並列コンピュータに参入した。これに対し日本では、大学や研究所では並列処理の研究が盛んに行われていたにもかかわらず、商品売り出そうという動きはほとんどなかった。ベクトルコンピュータでも、米国は初期から並列ベクトル機を製造していたが、日本では1990年前後に初めて登場した。並列では一歩遅れを取った。

1990年代前半に日本の優位はますます顕著になる。富士通は航空技術研究所とともに数値風洞(1993、280GFlops)を開発してTop500(連立方程式を解くベンチマークLINPACKの速度により、世界のコンピュータの上位500を表にしたもの。年2回発表)の首位を4回獲得し、その技術を用いて分散メモリ高並列ベクトル計算機VPP-500を商品化した。

しかしこのころからPC用などの汎用プロセッサの性能が急激に向上し(いわゆる「キラー・マイクロの来襲」)、これを用いたクラスタや並列コンピュータがベクトルコンピュータを追い越しつつあった。CRI社はAlphaチップを用いた超並列機T 3 D (1993)を開発し、同年IBMもPowerチップによる並列計算機SP-1を出荷しこの分野を席卷し始めた。その裏には1991年高性能コンピュータ通信法成立を受けて始まった米国のHPCC計画(1991~96)がある。このころ多くの並列機ベンチャーが吸収されたり倒産したりした。

1 TFlopsを最初に超えたのは汎用プロセッサを用いたASCI Red (1997、1.8TFlops)であるが、それより遙か前からアメリカではペタフロップスをねらう動きが起こっている。第1回のPetaflops Conferenceが1994年に、それに続いて数回のワークショップが開かれ、1999年の第2回会議には筆者も参加した。毎年11月に開かれるSupercomputing国際会議でも、1996年からペタフロップスのパネルが開かれている。初めのうちは超伝導デバイスを使ってペタフロップスを実現しようという構想が有力であったが、シリコン技術で実現可能であることが分かると、超伝導はさらに次のための技術ということになった。

2002年に超並列ベクトルコンピュータである地球シミュレータ(40TFlops)が登場し、Top500の首位を2年半確保した。アメリカでは主流でないベクトル技術を駆使していることと、直前の首位の性能を3倍以上凌駕していることにより米国に衝撃を与え、スプートニクになぞらえてComputonikショックと言われた。その後、米国はBlueGene-Lで首位を奪還したが、ペタフロップスでも首位を確保しようとDOE、NSF、DODなどの各省が計画を進めている。

ペタフロップスの計算速度、ペタバイトのメモリをもつペタスケールのコンピュータの実現には、半導体技術、実装技術、相互接続技術、省電力技術、コンパイラ、ソフトウェアなど多くの課題を克服する必要がある、その技術は汎用サーバ、PCのみならず家電などの組み込みコンピュータにまで波及する国家基幹技術である。しかし単に性能記録を塗り替えるだけでなく、科学

技術のさまざまな研究・開発に活用されることが重要である。同時に、一点豪華主義でなく、その1ランク下のコンピュータが、国内各地に設置され、広く利用可能になることが望まれる。ペタスケールの幕開けは近い。

- 1) D.N.Senzig and R.V.Smith, "Computer Organization for Array Processing," AFIPS Proc. FJCC, **27** (1965) pp. 117-128.
- 2) Y.Oyanagi, "Development of Supercomputers in Japan: Hardware and Software," Parallel Computing **25** (1999) pp. 1547-1567.