

巻頭言

エクサスケールに向けて

神戸大学計算科学教育センター 東京大学名誉教授
小柳 義夫



「ペタスケール時代の幕開け」という巻頭言を書いたのは2007年であった。このとき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したが、現実には1年早く2008年6月には米国ニューメキシコ州のロスアラモス国立研究所に建設されたRoadrunnerという名のコンピュータが1.026 PFlopsのLinpack性能を実現した。ちなみにこの名前は州鳥「オオミチバシリ」に由来する。日本では、2010年11月に東京工業大学のTSUBAME 2.0が1.192 PFlopsで初めてPFlopsの大台に到達した。世界4位であった。このとき世界1位の「天河1A」(中国)をはじめ7位までPFlopsを越えており、米国3台、中国2台、日本とフランスが各1台であった。ペタスケール時代はあっという間に到来した*)。

ご存じのように翌年2011年には、理化学研究所が神戸に建設した「京」コンピュータが、6月には8.162 PFlopsで、11月には10.51 PFlopsで世界1位を獲得した。翌2012年には一般利用が始まり、様々な科学技術上の問題や社会的な課題の解決に活用されている。しかし2012年6月には米国カリフォルニア州リバモア国立研究所のSequoia (州を象徴する大木名) が16.32 PFlopsを実現し「京」は1年で世界一の座を奪われてしまった。2014年末現在、「京」は世界4位に落ちており、PFlopsを越えるコンピュータは50台に及ん

でいる(うち日本は5台)。コンピュータ技術の進歩は急激である。

大規模なコンピュータを利用した計算科学技術は、科学研究のみならず、産業競争力の強化や、安心安全な生活のためにも重要な方法論となっており、その重要性はますます高まっている。しかしユーザは満足しているわけではない。逆説的であるが、成果を上げれば上げるほど、精度を上げ複雑な対象を扱う必要性が明確化し、かえって計算力の不足を実感することになる。例えば870mメッシュの全球気象シミュレーションは、雲の構造まで扱えるので正確な予報ができるが、「京」全体を使っても1日分の計算に20時間ほど掛かり、天気予報には使えない。10倍以上速いコンピュータが必要である。精密な津波の浸水予測は「京」でも1.5日掛かるが、1時間以内で実行できれば防災に役立つ。また「京」で40日を要する自動車の衝突解析は、10時間以内で実行できれば自動車設計の時間やコストが大幅に削減される。このように、スーパーコンピュータへの要求は止まるところを知らない。

各国で次世代のスーパーコンピュータの計画が進んでいる。例えば米国エネルギー省は、2014年2月にCORAL (Collaboration of Oak Ridge, Argonne and Lawrence Livermore) という3研究所のプロジェクトを立ち上げ、11月にはその具体計画の一部を

明らかにした。それによると2017年までにテネシー州のオークリッジ国立研究所はSummitを建設してピーク150~300 PFlopsの性能を目指し、リバモア国立研究所のSierraは100 PFlops以上を目指す。いずれも、IBM Power 9をCPUとし、GPUとしてNVIDIA Voltaを組み合わせたノードをMellanoxのネットワークで結合したスーパーコンピュータである。予算は合計で3.25億ドルを見込んでいる。イリノイ州アルゴンヌ国立研究所の計画も追って発表されると思われる。現在世界トップのスーパーコンピュータ「天河2号」を有している中国も、第12次5カ年計画の終わる2015年末を目標に100 PFlopsのシステムを計画していると伝えられている。

我が国でも情報基盤センターを中心に「京」を越えるピーク性能のコンピュータを整備する計画が進んでいる。例えば東京大学と筑波大学は共同してPostT2Kシステムを2015年に東大柏キャンパスに設置する計画を進めている。また東京工業大学はTSUBAME 3.0システムを2015年後半に設置する予定である。いずれも20+PFlopsのピーク性能を狙っている。京都大学は2016年に、九州大学は2017年に、いずれも10+PFlopsのシステムを構想している。「京」が国内でも最高速のコンピュータでなくなる日は近いかも知れない。

他方理研では、2020年運用開始を目指して「京」の100倍程度の実効性能をもつFLAGSHIP 2020 (Future Latency core-based General-purpose Supercomputer with High Productivity)、通称「ポスト京」の開発を進めている。Latency coreとは、通

常のCPUのように、個々の演算を少ない待ち時間で独立に実行する演算機構のことをいい、GPUのようなthroughput core、すなわち多量のデータに同一の演算を一斉に実行する機構と対比して言われる。「京」やBlueGene/Qは典型的なlatency coreである。現在、電力消費が最大の課題であり、電力を減らすにはデータの移動を少なくする必要がある。その意味では多量の演算を一斉に実行した方が演算当たりの電力効率はやいが、すべての問題がそういう形に定式化できるとは限らず、利用者の立場からは不自由である。従ってFLAGSHIP 2020では、広い分野の利用を考えて、GPUのような演算加速機構を用いずにlatency coreで高い性能を出そうとしている。

「京」のLinpack性能はピークの93.17%であるが、そのような高効率は一時的である。問題の性質にもよるが、ピークの10%を越えていれば割に効率の高いプログラムであり、残念ながら1%を切る場合も少なくない。今後性能のばらつきはさらに顕著になると思われる。とくにthroughput coreではその傾向が激しい。「京」の100倍というとすぐ1 EFlops (Eはエクサで10¹⁸を表す) ですね、と言われるが、この領域ではピーク性能やLinpack性能は必ずしも意味をもたない。実際の問題を解決する能力が問題である。Latency coreでは、throughput coreと比べてピーク性能は低くても、実用性能は大きいことが期待される。

米国を初め欧州や中国でもエクサスケールの計画が進められており、熾烈な競争が行われている。我が国も実用性能で「一番」を取りたいものである。

*) コンピュータの歴史については、電子ジャーナルHPCwire Japanに「HPCの歩み50年」を連載中 (<http://www.hpcwire.jp>)。