

京速コンピュータ

清遠 友貴, 西田 健

Tomoki KIYOTO, Takeshi NISHIADA

1 はじめに

計算機には、家庭やオフィスなどで利用されるパーソナルコンピュータや、業務用の高機能なワークステーションなどがある。しかし、地球規模のシミュレーションや、タンパク質の構造解析、津波予測、ロケットのエンジン設計などを扱う場合、これらのコンピュータの演算性能では莫大な解析時間がかかってしまう。

そこで開発されたのがスーパーコンピュータである。しかし、計算は、新技術の開発など産業界における重要な要素であることから、その発展のために、近年ではさらに高度な解析やシミュレーションを行えるよう、より高い演算性能が求められている。

このような背景から、各国では今まで以上の演算性能を持つ次世代スーパーコンピュータとして、開発を行っている。その目標は、1秒間に1京回の演算ができることであり、「京速コンピュータ」と呼ばれている。

本稿では、スーパーコンピュータの現状を述べた後、次世代スーパーコンピュータである「京速コンピュータ」の開発にあたり、どのような課題があるか、およびその対策を紹介し今後の展望を述べる。

2 スーパーコンピュータ

スーパーコンピュータとは、私たちが普段使っているコンピュータでは到底すぐにはできないような、大規模な科学計算に用いられる超高性能コンピュータである。その定義は時代とともに変化し、開発された時点での最先端技術が結集している²⁾。現在は、地球シミュレータのように、特定の分野に対して用いられるものが多い。

2.1 スーパーコンピュータの現状

スーパーコンピュータの性能を評価するものとして、Linpack ベンチマーク⁵⁾ というものがある。これは CPU の演算性能を比較する際に広く用いられており、これによって世界中に設置されたスーパーコンピュータの大規模計算機システムのデータを収集し、半年に1回、不動小数点演算性能の上位 500 位までが紹介される「TOP500」がある。その TOP500 の 2007 年 11 月の結果によると、世界最速のスーパーコンピュータは米国の IBM が開発した BlueGene/L であり、その演算性能は 478.2TFLOPS である。

さらに、2008 年に入ると、TACC (Texas Advanced Computing Center) が「Ranger」²⁾ と呼ばれるスーパーコンピュータを開発し、その性能は 504TFLOPS と世界最速のスーパーコンピュータとなった²⁾。また、IBM は 2006 年より、Cell プロセッサと Advanced Micro Devices

のプロセッサを組み合わせた「Roadrunner」²⁾ と呼ばれるスーパーコンピュータの開発に着手しており、この性能は 1.6PFLOPS という演算性能を実現するといわれている。Roadrunner は 2008 年の夏に完成予定であることから、TOP500 の 2008 年ランキングには注目が集まっている。

2.2 次世代スーパーコンピュータ

次世代コンピュータの開発にあたり、各国の目標は演算性能 10PFLOPS の実現である。この目標に向けて、各国で開発計画が立てられている。米国では、IBM は、2010 年～2012 年に 10PFLOPS の性能を持つスーパーコンピュータ「BlueGene/Q」の開発を計画している¹⁾。一方、日本でも、「汎用京速計算機」³⁾ という国家プロジェクトとして 2010 年完成を目標に開発が進められている。「BlueGene/Q」および「汎用京速計算機」は、10PFLOPS (1 秒間に 1 京回の演算回数) を実現できるという特徴から、京速コンピュータと呼ばれている。以降では日本で開発が進められている「汎用京速計算機」の実現に向けた問題点、およびそれらを解決する技術について述べる。

2.3 汎用京速計算機の概要

現在、汎用京速計算機は、神戸市中央区港島南町 (ポートアイランド) に建設中である。かつて日本最速だった地球シミュレータの 250 倍の演算性能を持っており、1 台で汎用性をもたせるためにベクトル型とスカラ型のプロセッサを用いているのが特徴である。汎用性を持たせるに至った背景として、米国でも利用分野を絞り込んだスーパーコンピュータ複数台用意して汎用性を確保する計画があることから、「汎用性」を持たせることが国際的な流れであると考えられる。また、評価の高い要素技術を結集させ、総合性能で対抗する考えを示している³⁾。

3 汎用京速計算機を実現させる技術

汎用京速計算機の実現において求められることは、計算速度の向上、それに伴うコストや莫大な消費電力の削減、設置面積の縮小、その運用性の向上などである。本章では、開発、運用のコストを抑制する技術、システムの低消費電力化、および汎用性を高める要素技術について述べる。

3.1 高速化の実現

3.1.1 小型光リンクモジュール

光リンクモジュールは、ケーブルと機器をつなぐ役割をするものである。従来の光リンクモジュールを Fig. 1 に示す。光素子と IC を同一平面上に配置、あるいはミ

ラーを介して光ファイバーと光素子を結合していたため、小型化が容易ではなかった。そのため、この接続技術で大容量のデータ伝送を実現しようとする、計算ノードを構成するボード上に並ぶケーブルコネクタが入りきらないという問題があった。

このスペースの問題を解決するために開発された小型光リンクモジュールを Fig. 2 に示す。Fig. 2 に示したように、光ファイバーと光素子を直接結合しており、光素子と IC を微小な空間内部で接続する屈曲電気配線という技術を開発したことにより小型化を実現した。これにより、データ転送のボード上に高密度にのせることができ、省スペースで大容量のデータ転送を実現した。また、部品数の減少などから低コスト化を実現できるようになった。

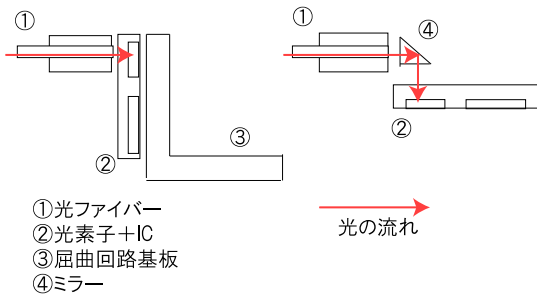


Fig.1 従来の光リンクモジュール (参考文献¹) より参照)

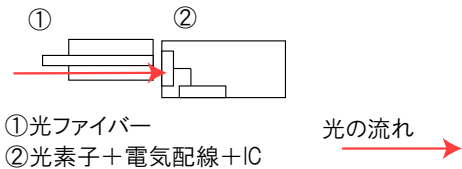


Fig.2 小型光リンクモジュール (参考文献¹) より参照)

3.1.2 光スイッチ

光スイッチとは、通信網の交差点において、光信号を電気信号に変換することなく光のまま処理することで、高速化を実現する装置である。Fig. 3 に従来のスーパーコンピュータに用いられているスイッチを示す。Fig. 3 に示したように、スーパーコンピュータには多くの電気スイッチが用いられているが、これを用いて 10PFLOPS を実現させようとする、Fig. 3 に示すように、電気スイッチやケーブルの数が膨大になり、消費電力の増加といった問題が生じる。この問題を解決するために開発された光ファイバーを用いたスイッチを Fig. 4 に示す。Fig. 4 に示すように、光スイッチでは、波長合波器において複数の波長の光信号を合成して、一つの光信号に多重化して送信する。また、波長分波器を用いて波長毎の信号を取り出すことができる。この光スイッチを用いることで、スイッチの数とケーブルの数、および消費電力も減少することができる。

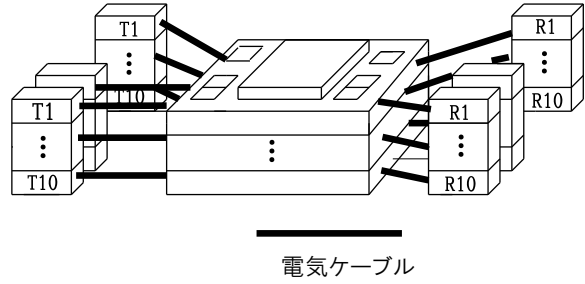


Fig.3 電気スイッチ (参考文献¹) より参照)

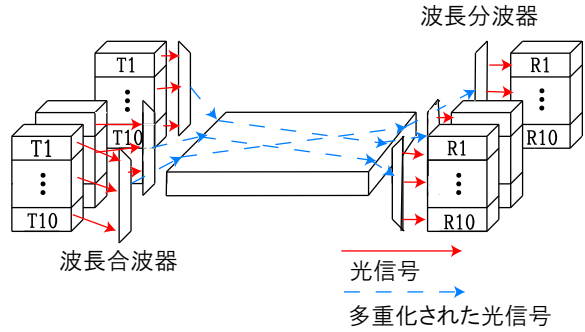


Fig.4 光スイッチ (参考文献¹) より参照)

3.2 汎用性の実現

コンピュータの種類にはベクトル型、スカラ型があり、京速コンピュータは 1 台で汎用性を実現するためにベクトル型とスカラ型のプロセッサを組み合わせた混在型として開発されている。ここでは、ベクトル型、スカラ型それぞれの特徴を述べ、さらに、混在型の特徴を述べる。

3.2.1 ベクトル型スーパーコンピュータ

ベクトル型のスーパーコンピュータのプロセッサを Fig. 5 に示す。このようなベクトル型プロセッサという専用の CPU が搭載されており、ベクトル型プロセッサは 1 つの命令で複数の処理を行うことができるので、膨大な量のデータを扱う自然現象などのシミュレーションに適している。

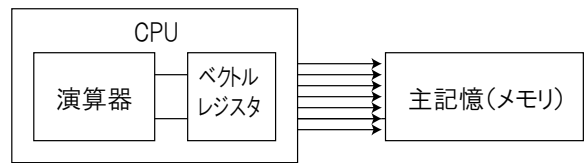


Fig.5 ベクトル型コンピュータの概要図 (参考文献⁴) より参照)

3.2.2 スカラ型スーパーコンピュータ

スカラ型のスーパーコンピュータは、Fig. 6 に示すような汎用コンピュータで用いられているマイクロプロセッサを大量に搭載したスーパーコンピュータである。汎用コンピュータで用いられるマイクロプロセッサを用いることができるので、専用のプロセッサを開発する必要があるベクトル型と比較してコストパフォーマンスに

優れている。プロセッサ単体での性能はベクトル型プロセッサの方が優れるが、プロセッサの並列接続が容易になるにつれて、コストパフォーマンスが高いスカラ型のスーパーコンピュータでも、ベクトル型のスーパーコンピュータの構成に匹敵する速度での演算が可能になった。現在は、スカラ型スーパーコンピュータがスーパーコンピュータの主流となっており、先述した「BlueGene/L」もスカラ型である。

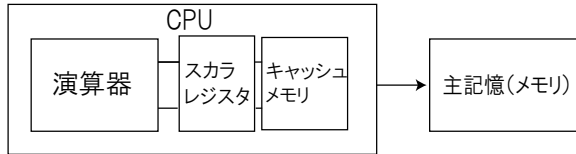


Fig.6 スカラ型コンピュータの概要図(参考文献⁴⁾より参照)

3.2.3 混在型の特徴

混在型の有用性を示す例として、「複合シミュレーション」があげられる。これは、Fig. 7に示すように、ベクトル型、スカラ型のコンピュータがそれぞれ行っている計算の途中結果を互いに共有し、シミュレーションを実行しながらのデータ解析、計算資源の配分の効率化をはかることが可能となる。

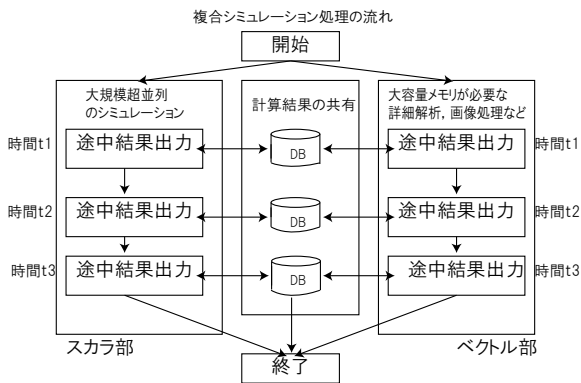


Fig.7 複合シミュレーションの概要図(参考文献³⁾より参照)

複合シミュレーションの具体例として「太陽電池の設計」があげられる。Fig. 8に示すように、材料や構造の評価をする際に、大容量メモリが必要な詳細解析をベクトル型で、大規模並列のシミュレーションをスカラ型での数値計算をそれぞれ行うことで設計する。このように、スーパーコンピュータに混在型を用い、汎用性を持たせることで、スカラ型とベクトル型が得意とする計算をそれぞれに分担させることができ、計算資源の有効活用や演算処理の短縮化が可能となる。また、並列計算と詳細解析を組み合わせた高度なシミュレーションの実現も可能となる。

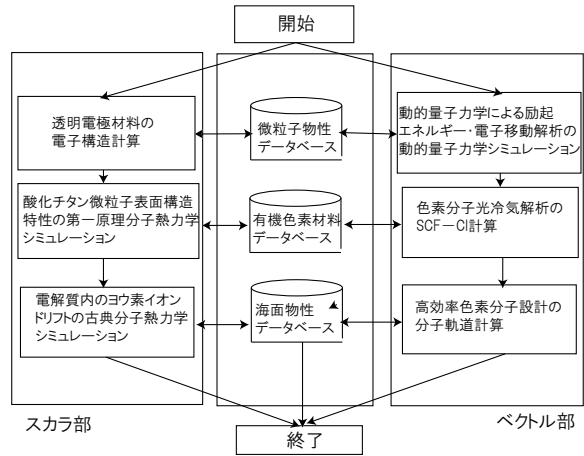


Fig.8 太陽電池の設計(参考文献³⁾より参照)

4 今後の展望

3章で述べた技術を用い、高速化・省電力・汎用性を実現することで、京速コンピュータの実現が近づいている。京速コンピュータが実現されることで、従来と比べて10倍以上の精度で集中豪雨の予測や、従来は100年以上かかると考えられていた計算を約1週間で終わらせることができ、銀河系形成も解明に貢献することができるようになると思われる³⁾。このように、今まで以上に高速で精度の高いシミュレーションが可能になり、今まで不可能であった事象の解析ができるようになることが期待されている。

また、次世代汎用高速計算機はエクサフロップスや次々世代汎用高速計算機はゼタフロップスへの挑戦となることは、技術の流行から予測され、今後の目標になると思われる。

参考文献

- 1) 「Tech-on!」
<http://techon.nikkeibp.co.jp/>
- 2) 「ITmedia News」
<http://www.itmedia.co.jp/>
- 3) 「スーパーコンピューティングの将来」
<http://jun.artcompsci.org>
- 4) 「EnterpriseWacth」
<http://enterprise.watch.impress.co.jp>
- 5) 「IT用語辞典」
<http://e-words.jp/>