

## 関連団体

# 一般社団法人ニューガラスフォーラム・第5回定時総会記念講演会傍聴記 『スーパーコンピュータ「京」、そしてその先へ』

## ー開発者から見たスーパーコンピューター

講演者：理化学研究所 計算科学研究機構 統括役 井上愛一郎氏

セントラル硝子（株）

扇谷 幸宏

## Report on Memorial Lecture of NGF's 5th General Meeting

**Yukihiro Ogitani**

Central Glass Co., Ltd.

2015年6月5日（金）に第5回定時総会が開催され、その後恒例の記念講演会が行われた。今回の講演は、理化学研究所計算科学研究機構統括役の井上愛一郎氏による「スーパーコンピュータ「京」、そしてその先へ」であった。井上先生は、元富士通常務理事、フェローで、理化学研究所においてはスーパーコンピュータ「京」の開発責任者として知られる。講演では、「京」の特長、威力、使用例、さらにポスト「京」についてご解説いただいた。本報告ではその概要を記す。

### スーパーコンピュータ「京」とは

「京」（英語表記 K computer）の名称は、開発目標性能の10ペタを表す万進法の単位であるだけでなく、「京」は象形文字として大きな門を表し、「計算科学の新たな門」にもつながる言葉でもある。日本人は漢字に意味を込め、語呂や響きを大切にしていることから、「京」を選定した。



井上愛一郎氏

「京」は、TOP 500 と呼ばれるスーパーコンピュータの演算速度を競うランキングで2011年6月に世界第1位を獲得し、当時は第2位のスーパーコンピュータよりも2倍以上の速度であった。また、「京」は演算速度だけでなく、ビッグデータやグラフィック処理の能力が高く、科学的成果を出すことができるスーパーコンピュータと言える。次に、「京」の威力を示す使用例の一部を紹介する。

### 「京」による成果事例

ライフサイエンスの分野においては、心臓を精緻にシミュレーションすることができ、バーチャルの心臓で心電図を描くことができる。つ

まり、心筋細胞内のたんぱく質の確率的運動から細胞の収縮、心拍動、血液駆出、冠循環までを一貫してシミュレートができる。シミュレーションから超音波エコー、流速ドップラー、心電図、カテーテル検査などの精緻なデータが再現される。そのデータを基に病態の解析が可能になったという成果である。

防災・減災の分野においては、全球大気シミュレーションで積乱雲をリアルに表現することができた。このシミュレーションでは積乱雲1つの大きさよりも小さい870 m メッシュで地球全体を区切ることにより、これまでの2 km 程度のメッシュでの結果よりも、積乱雲を非常に良く表現できることが明らかになった。本研究により、一つ一つの積乱雲から全球規模の積乱雲群との相互の関係をより正確に調べることが可能となり、台風や集中豪雨などの発生メカニズムの解明、数日後の雲の予想が可能になる。

また、津波のシミュレーションへの利用も進めている。南海トラフ巨大地震が起ると、高知県は沿岸10市町を最高20 m 超の津波が襲うと想定されている。県全域を5 m メッシュで区切り、「京」を利用して地震発生から3時間以内の津波の挙動を広域かつ詳細に計算した。津波の状況を予測することは、安心できる街づくりのための指針にすることができる。

次世代のものづくりの分野においては、実車CADデータからの超高速空力解析が可能となった。実車のCADデータから修正なしに10分で計算格子を作成し、18時間で空力解析が実現できた。これまでは格子作成も含めて一週間以上かかっていたことから大幅な短時間化と精緻なシミュレーションが可能となった。また、1 mm 以下の微小な渦までシミュレーションできることから、可視化された渦を制御して抵抗を低減させる設計にすぐに反映させることができる。「京」によるシミュレーションで、自動車空力設計プロセスが従来の風洞実験から大きく変化することが考えられる。

宇宙の分野においては、超新星爆発の様子を

シミュレーションすることができた。超新星がどのようなメカニズムで爆発するのは、複雑な高エネルギー現象が絡みあうために難問であったが、「京」を用いて初めて現実に近い形で超新星爆発が計算できた。ニュートリノ加熱説を支持する強い証拠を示すことができ、超新星爆発の詳細な研究の進展につながっている。

## ポスト「京」の開発について

「京」の特長は故障が非常に少なく安定的に稼働できることである。世界のスーパーコンピュータの中でもこれだけ高い稼働率を示しているものは無い。さらにスーパーコンピュータは、演算性能だけ良ければ良いと言うものではない。システム全体としての性能が当然求められる。

「京」が出てくる以前のスーパーコンピュータを見ることで、未来のスーパーコンピュータの傾向を捉えることができる。スーパーコンピュータの「地球シミュレータ(2002年)」と「京(2011年)」を比較すると、「京」は「地球シミュレータ」の250倍の性能である。しかし、「京」を構築するためには、性能あたりの電力を1/100、性能あたりの面積を1/200にする必要があった。半導体を150 nm から45 nm へと微細化しただけでは、電力は1/8、面積は1/11しか小さくなっていない。さらに電力は1/12、面積は1/20にする必要があった。そこで、我々は「設計」と「システム」によって、電力と面積を小さくすることを考えた。

設計については、「地球シミュレータ」はベクトル型、「京」はスカラー型である。ベクトル型とは、スーパーコンピュータ専用設計された、行列計算を得意とするプロセッサであるベクトルユニットを複数並列させることで高速化を実現している。スカラー型とは、パソコンなどでも使われる低価格汎用プロセッサを数百個から数万個並列させることで高速化を実現している。

高性能化するために、最新のMPUを使って

性能を大幅に上げると消費電力も飛躍的に上がる。例えば、プロセッサの動作の同期を取るクロック周波数を2倍に早めれば消費電力は8倍に増える。そこで、「周波数を下げて電力も下げる」という逆転の発想に至った。つまり、クロック周波数を抑えて電力を下げる一方、周波数によらずに演算性能を上げる技術を用いた。8万個以上のMPUを同時に動かす「京」のシステムはこの省電力技術により成り立っている。このようなアプローチにより「京」は、省電力と小面積を実現した。

ポスト「京」については、省電力技術、世界最大規模の超並列システムの制御技術により、社会的・科学的課題の解決に貢献できるシステムを構築する。トップレベルの研究成果を得るためにはトップレベルのスーパーコンピュータが必要である。具体的には、2020年に「京」の100倍の計算性能を有するポスト「京」を実現する。また、電力消費を抑えるため、性能あたりの電力や面積を1/100にする必要がある。半導体の微細化スピードは「地球シミュレータ」から「京」のときよりも鈍化していることから、「京」を構築したときよりも「設計」と「システム」に知恵を働かす必要がある。「周波数を下げて電力も下げる」という傾向は今後も続くと考えられる。

### まとめと提言

ITテクノロジーの進化は速く、ソフトウェアすらついていけない状況である。顧客がついていけないのは当然であり、顧客視点で物事を考えると対応が遅れてしまう。一方、科学者や技術者のような作り手はテクノロジーを熟知しているため、新しい世界や市場を形成することが可能である。つまり、世界を変えることができるのは作り手である。これはITの分野でもガラスの分野でも同じことである。

また、テクノロジーは新しいものだけではなく、枯れたテクノロジーを使って、タイムリーにリーズナブルに製品を投入することも必要で



講演風景

ある。大切なことは何を成すかということである。手段がテクノロジーで、目的はやりたいことである。一方で、枯れたテクノロジーは誰でも使える手段であり、歩みを止めると簡単に真似されてしまう。重要なことは新しい価値を生み出し続けることである。現状維持で製品の性能向上や品質向上を狙うだけでは勝ち目は無い。新しいテクノロジーはタイムリーな製品が生み出しにくく、高額の製品になり市場競争力が無いものになる傾向がある。新しい価値を生み出し続けることはとても難しいことであるが、作り手がポリシーを持って顧客をリードしていくべきである。新しい価値を生み出し続けることが日本の産業競争力の強化につながると思う。

「京」を通して、日本の技術はどうあるべきか、どのように使っていくべきか、何が技術の肝なのか、作り手は知っているはずである。しっかり活かして日本の企業が自信を持ち技術を誇って、新しい価値を生み出していく。「京」を見て、その新しい価値を感じていただければと思う。

以上、井上先生の講演内容をまとめたものである。最先端の科学や技術の話から、ポスト「京」の在り方、今後の科学や技術の在り方まで、多岐にわたるご講演をいただいた。また、「新しい価値を生み出し続けることが産業競争力につながる」という考えは、研究開発に従事する者として強く意識すべき言葉であると感じた。