

## 関西支部だより

2014年7月25日13時30分～16時50分に、2014年度第2回関西支部講演会・見学会が神戸市のポートアイランドにある神戸大学統合研究拠点コンベンションホールおよび理化学研究所計算科学研究機構において開催された。参加者総数は講演者を含め31名（大学・研究所関係17名、会社関係・一般14名）で、関西地区以外からも数名の参加があった。今回のテーマは「計算科学の研究最前線」であり、計算科学における最先端研究の成果と「京」をめぐるスーパーコンピュータ開発について、ご講演いただいた。併せて、計算科学研究機構のスーパーコンピュータ「京」の見学を行った。なお、本講演会は神戸大学自然科学系先端融合研究環重点研究チームNo.19第1回シンポジウムを兼ねて行われた。

始めに関西支部長の濱田 衛氏による開会の挨拶、重点研究チームNo.19代表の武田 実氏による共催の挨拶が行われ、続いて以下の2件の講演が行われた。

「GPGPUを用いた超臨界ヘリウム自然対流場の直接数値計算」 岡村崇弘氏（高エネルギー加速器研究機構）

「スーパーコンピュータ開発の経験から」

横川三津夫氏（神戸大学システム情報学研究所/理化学研究所計算科学研究機構）

岡村氏の講演では、GPGPUを用いた超臨界ヘリウム自然対流場の直接数値計算について、数値流体力学の入門編から超臨界ヘリウムへ適用した計算結果などが紹介された。GPGPUとはGeneral-purpose computing on graphics processing units; GPUによる汎目的計算のことであり、GPUの演算資源を画像処理以外の目的に応用する技術のことである。一般に数値流体力学は、工学的には装置の定量的な設計や装置内で生じる現象の予測に適用できる。ただし、多くの場合なんらかの物理モデルが必要であり、全スケールの構造再現は難しい。一方、物理学的には物理現象の解明に適用され、流体基礎方程式を用いてモデルの構築・検証を行うことができる。また、計算の自由度（負荷）が膨大であるが、全スケールを再現できる。数値流体力学において、工学的に重要なことは平均場をきちんと予測することであるが、Navier-Stokes式を基にレイノルズ分解を施して渦粘性モデルを用いて平均場の流体運動方程式を解くことが要求される。このような数値流体力学を低温流体に適用する場合、ほとんどが通常の（粘性）流体力学で記述できるが、ヘリウムに限れば超流動や超臨界状態は特異なケースに当てはまる。その理由は、粘性流体力学が使えないこと、臨界点近傍における物性値異常、連続体モデルの破綻などである。続いて、超臨界ヘリウムを対象として、平均熱伝達、壁面摩擦応力、乱流への遷移過程、渦構造、速

度・温度等の統計的性質を計算した結果が述べられるとともに、温度・速度の瞬間場の可視化や乱流への遷移過程、乱流中の微細渦構造の可視化、擬似流線の様子などについて報告があった。今後は、閉じた系の圧縮性の効果、特に新たな不安定性による乱流遷移の可能性や乱流モデルの補正などが課題であるとのことである。

横川氏の講演では、スーパーコンピュータの必要性および何ができるかに触れた後、スーパーコンピュータ「京」の開発の経緯、概要、「京」の施設概要、運用及び利用状況について説明があった。日本は、地球シミュレータ計画以降、大規模スーパーコンピュータ開発の計画がなく、米国に大きく性能を引き離されてしまったため、第3期科学技術基本計画においてスーパーコンピューティング技術が国家基幹技術として位置付けられた。7年のプロジェクト期間（2006～2012年度）で、システムおよびアプリケーション開発、施設建設が並行して行われ10 PFLOPS級の次世代スーパーコンピュータが実現した。途中、事業仕分けにより開発者側から利用者側の視点への転換があったが、引き続き世界最高水準を目指しつつ、多様なユーザのニーズに応えるべく開発が行われた。開発目標は、LINPACK性能で10 PFLOPSを達成すること、実用アプリケーション性能で数 PFLOPSを達成すること、高性能かつ低エネルギー消費のシステムであること、さらに信頼性、高可用性、運用性に優れたシステムであることであり、計算科学推進のための汎用かつ実用に耐えるシステムを追求した。システムは45 nm CMOS 半導体プロセスによる128 GFLOPSの性能を有する8コア構成のCPUと、Tofuと呼ばれる新規開発のインターコネクトから構成されている。Tofuは、複数のルートによる故障ノードの回避が可能となっている。OSはLinuxをベースとし、科学技術分野で広く使われているFortran、C/C++などの言語環境、さらに並列化用の標準ライブラリであるMPI等をサポートし、汎用性と高いスケラビリティを提供している。施設は「京」が設置してある計算機棟、「京」の心臓部を冷却するための熱源機械棟、関西電力からの受電を行う特高施設、研究棟から成る。施設があるポートアイランドは埋め立て地であるため、地盤の液状化対策が施され、積層ゴムやダンパーによる免震構造で震度6レベルの大地震時にも主要機能を確保することが可能となっている。また、計算機室は設置レイアウトの自由度の確保、均一配置、スパコンの相互接続時の通信ケーブル長の短縮化に対応するため無柱となっている。開発は上手く進み、目標性能を実現し、LINPACK性能世界一を獲得するとともに、非常に安定に稼働している。利用者数および課題数は順調に増加しており、1日当たりの利用者は100～150名であり、利用者はインターネット回線を通じて「京」にアクセスすることができる。多くの成果も出始めており、全球大

気シミュレーション、地震・津波の発生および伝搬解明、医薬品開発、車の振動や騒音・走行安定性把握等多岐に亘っている。すでに、ポスト「京」に向けて、「京」の100倍規模の演算性能を目指すエクサスケールシステムの開発が始まっているとのことである。

神戸大学統合研究拠点での講演会に続き、隣接する理化学研究所計算科学研究機構に移動してスーパーコンピュータ「京」の見学会が行われた。最初に70名程度が収容可能な見学室で「京」の構築状況を記録した映像による「京」の紹介があった。講演会で横川氏から紹介があった「京」の概要に関する映像の他、富士通でのCPUの開発からシステムボードの自動組立て、CPUの水冷や冷却効率を最大限に生かしたラックの開発等についても紹介があり、開発の経過が手に取るように理解できた。その後、広報国際室の松本様より具体的なシミュレーションの成功事例について紹介があった。そして、いよいよ「京」とのご対面では、松本様の「それでは、「京」を見学いただきます！」の声と同時に見学室前面のカーテンが開くや否や、ライトアップされた真っ赤なフロントパネルに白色の「京」の文字が映え、フロア一面に整然と並ぶ「京」の姿が目前に現れて、参加者一同から驚きの声が上がった。参加者は自由に「京」の写真を撮り、横川氏や松本様と個別に質疑応答を行った。見学した部屋は静かであったが、計算機室内は地下鉄に乗車している位の70デシベル程度の騒音があるとのこと。メンテナンスでは、ボードの1つが故障しても、全体を停止させることなく一部のみ取替が可能であること、防災では10mの津波に耐えること（ポートアイランドの外壁）、停電に対しては（瞬低が稀に発生）補助電源だけでは全体を稼働させることが不可能なのでCPUはOFFになりジョブは停止すること、ユーザファイルのあるディスク装置は自家発電により動作が維持されること、成果をオープンにすることを前提に使用量は無料であること等、活発なやり取りがなされた。

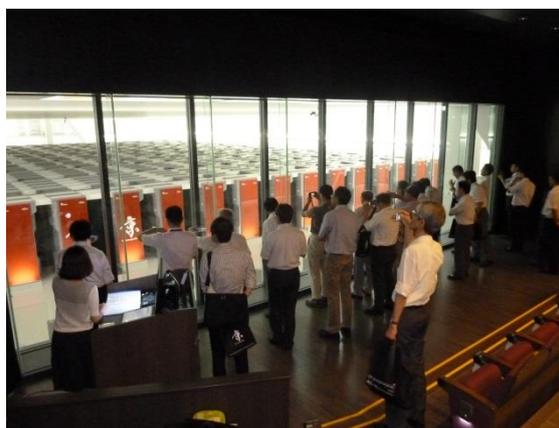
講演会・見学会終了後、有志16名による恒例の懇親会がJR三ノ宮駅前の三宮ターミナルホテル屋上のビアガーデンで開催され、六甲山に沈みゆく夕日を浴びながら交流を深めた。

最後に、今回の講演会・見学会を企画・開催するにあたり、講演会の場所をご提供いただきました神戸大学統合研究拠点、講師の先生方に感謝申し上げますとともに、スーパーコンピュータ「京」の見学を引き受けていただきました理化学研究所計算科学研究機構、案内を務めて下さいました同広報国際室の松本様にこの場をお借りして、厚くお礼を申し上げます。

(神戸大 武田 実, 住友電工 永石 竜起)



講演会の様子（講師は岡村氏）



スーパーコンピュータ「京」の見学会の様子