

SC12 参加報告

實本英之 中島研吾 片桐孝洋 大島聰史 鴨志田良和
東京大学情報基盤センター

東京大学情報基盤センターの教職員が、2012年11月10日から16日まで、アメリカのユタ州ソルトレイクシティにて開催されたSC12 (International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis) に参加した。本会議は、高性能計算(HPC)分野では著名な国際会議であると共に、様々な情報技術関連企業の技術展示会でもある。本稿はその参加報告である。

1 はじめに

今回会場となったソルトレイクシティは、ユタ州の州都で末日聖徒イエス・キリスト教会が築いた宗教都市であり、同教の本部が置かれている。2002年の冬季オリンピック開催地でもあり、非常に気温が低く、到着日も5秒程度で体に雪が積もるほどの吹雪であった。しかしながら、湿度の影響か刺すような寒さではなく、気温の割には過ごしやすく感じた。歴史的経緯から、日系人の比率が高い都市であるとのことだったが、食事は他のアメリカの都市と同様、ビアバーでのファースト・フードが主となった。アルコール・カフェインを禁じる宗派の都市でありながら、いくつかのブリュワリーが堂々と都市の中央に構えていたことが大変おもしろく感じられた。会場は Salt Palace convention center で、昨年度の2ホールを使う構成から1ホールに戻ったためか、若干広い感覚を受けた。

例年と違い、本年のカンファレンステーマはあらかじめ決定はされず、開催までの1年間の動向を広く分析して決定するとされた。実際の会議では、ビッグデータや仮想化技術などを主な展示内容としていたように思う。

技術展示の方では、Intel の Xeon Phi の発表をうけ、メニーコアアーキテクチャの展示が散見された。しかしながら、昨年に引き続き、目立った新規要素技術は少なく、昨年 Infiniband FDR を発表し、次の規格である EDR を控える Mellanox 社をはじめとするインタークネクトの分野が比較的目立つ展示を行っていたように感じた。先だっておきた、アメリカ政府のスキャンダルのために、アメリカ政府・公的機関の一部が予算難により出展を中止していたが、いくつかの研究機関はアメリカ国内の大学機関展示に乗り入れる形で展示を行っていた。例えば、新規のスーパーコンピュータシステム Titan を擁する Oak Ridge National Laboratory などは、テネシー大学のブースでの展示であった。

2 SC-XYについて

本会議は以前はSupercomputing-XY(XY:開催年)という名称で、1988年フロリダ州オーランドで第1回が開催されてから、毎年11月にアメリカ各地を転々としながら開催されている。SC-XYという名前に変わったのは1997年で、Supercomputing-88から数えて、今回で24回目の開催である。

会議は、毎朝行われる基調講演や、研究発表、今後のトレンドを占うBoF(Birds of a Feather:特定のトピックを定めた小規模集会)やパネル討論、主要技術の理解を助けるチュートリアル

などで構成されている。

また、企業や各種研究機関による、最新の製品、技術の展示発表も注目すべき内容である。

3 研究機関／企業展示、研究発表

先にも述べたように、Intel の Xeon Phi (これまで、Knights Ferry, Knights Cornerと呼ばれていた物の正式リリース名) を始め、NVIDIA の HPC版 Keplaler 等のメニーコアプロセッサへの対応技術が多く見られた。これらの動向に関して、GPUについては大きく分けて、最新GPU Keplerアーキテクチャに関する話題、対アクセラレータ汎用自動コンパイラ規格 OpenACC に関する話題、既存の GPU を用いた研究結果の発表であった。OpenACCに関してはGPU専用の技術ではなく、後述する MIC (Many Integrated Core) も対象になる技術で、OpenMPのような指示文を用いてGPU等のヘテロな並列計算環境向けのプログラムを作成できるようするものであり、今後の発展が期待される。一方 MIC として作られた Xeon Phi はGPUと同様に現世代のCPUコアよりも単純な計算コアを多数搭載したハードウェアであり、Intelによる対GPUもしくはIntel版のGPGPUとして多方面から注目を集めてきた。MICはx86アーキテクチャを継承した計算コアを搭載し GPUと比べて既存のプログラムの移植性が高いことや、計算コア上でLinuxなどのOSを動かせるといった汎用性の高さが特徴である。プログラミング手法としても既存のCPU向け開発環境が活用可能であり、Intel製のコンパイラやライブラリが利用できる。アーキテクチャや性能に関する情報は様々な場で少しずつ公開され、一部の研究機関や提携企業にはサンプルの出荷などが行われていた。このプライマリ機関により、MICを搭載した計算機システムの展示が多数行われており、またMICを用いた研究やデモを展示するブースも見られ、MICへの注目の高さを伺うことができた。

加えて、本年の研究発表では、従来1セッション程度の Fault Tolerance (耐故障技術) が、Checkpoint/Restart, Fault Resilience, Fault Detection の3セッションに渡り行われた。この3つの話題は完全に分けることはできないが、一つ目が、システムレベルでの耐故障機能にも利用可能な、チェックポイントリストアアルゴリズムの効率化、二つ目がアプリケーションレベルの耐故障技術、三つ目が他二つのトピックを支える故障検知、予測技術についてである。他にも、ビッグデータの処理や省電力アーキテクチャといった、今後の計算機環境の大規模化に向けてのトレンド技術が多く発表されていた。

展示については参加団体数は企業199件、研究機関132件と、総数としては微減となった。これは、先にも述べた、GSA (米国連邦政府調達局)のスキャンダルにより、カンファレンスへの参加に予算的な制裁が取られたことも一因かもしれない。

また研究発表の投稿論文数は412件、採択数は100件で、採択率は21%であり、セッション数が増えたのは論文投稿数が増加したことに伴ったもので採択率は横ばいである。日本からの発表は5件でうち4件が東京工業大学の絡んだ発表であった。さらに、ポスタ発表には12件採択されており、活発な論議を行っていた。

4 東京大学情報基盤センターによる展示

東京大学情報基盤センターは本年、東京大学物性研究所と合同で Oakleaf-Kashiwa Alliance という団体を作り展示参加を行った。計算センターと実際の利用者が組んで展示を行うことにより、例年と比しても、濃い内容の展示を行えたと感じた。情報基盤センターからは、教員の



図1 会場とAICS ブース



図2 Oakleaf-Kashiwa Alliance ブース全景と集合写真

研究紹介や富士通PRIMEHPC FX-10 を含む本センターの主要スーパーコンピュータの紹介を行った。主軸とした内容は JST CREST 「ポストペタスケール高性能計算に資するシステムソフトウェア技術の創出」において行っている「自動チューニング機構を有するアプリケーション開発・実行環境」の展示で、これは複雑化、大規模化するスーパーコンピュータ上でのプログラム開発とその安定な実行を支援するライブラリ・フレームワークを開発するプロジェクトである。本年は、このプロジェクトの成果物である ppOpenHPC ver. 0.1.0 の配布を行った。また、例年行っているブースでの公演に、今年は海外の講演者を招待し活発な意見の交換を行った。加えて、本年度は本センターの教員をはじめ、多種企業の参加する文部科学省のプロジェクト「レイテンシコアの高度化・高効率化による将来のHPCIシステムに関する調査研究」に関する提案、発表も本ブースに併設し、多種の質問、討議を行うことができた。

5 基調講演・招待講演

初日の基調講演は Physics of the Future と題し、素粒子・超弦理論研究者の Michio Kaku 氏が行った。氏は科学解説者としても著名でアメリカの科学テレビ番組、ディスカバリー・チャネル等にもよく出演している。内容は、技術発展による未来を想像するというもので、技術の価値とその技術がもたらしていく未来を社会情勢と合わせ論じた。氏はすぐには商業化されない基礎技術の重要性を蒸気機関や電力の例を以て説き、それらの基礎技術の重要性は広報により世間に知らしめる必要があるとした。さもなくば、未来において、他の団体に遅れを取ること

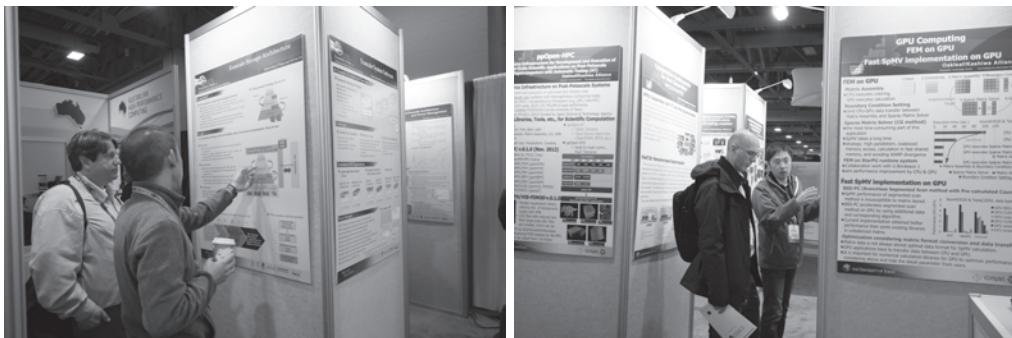


図3 来場者へ研究内容を説明する教員



図4 プレゼンテーション

とになるという。これが、氏が行っているテレビ出演活動の動機となっていると考えられる。このようにして知らしめられた技術は、最終的に「Everyware and Noware」つまり、どこにでもあるものはどこにもないという遍在性を獲得し、日常語からすら消えていくだろうとした。これにも water や electricity をもはや日常の蒸気機関、電力に対応する語として使っていないことを例にあげていた。そして、今後同じ進展をたどるものとして Computer Chip があると氏はいう。そして、Computer Chip が遍在化した後、様々な媒体が電子化、人工知能も急激な発展をとげ、ブルーカラージョブや想像力を必要としない仕事は取って代わられることになるので、人間は物質ではなく、思考とイメージを価値として生きていくべきだと締めた。氏が解説者であることもあり、始終エンターテイメント性の高い語り口で会場を沸かさせていた。

翌日の招待講演は Simulating the Human Brain - An Extreme Challenge for Computing と題



図5 基調講演・招待講演の模様

し、Henry Markram氏による The Blue Brain Project についての講演となった。このプロジェクトは、コンピュータに人間の脳をシミュレーションさせるというもので、神経細胞の相互作用、神経回路のマップといったプリミティブな仕組みに関して膨大な観察、モデル化、検証という手順を経て BlueGene/Q 上に人間の脳を再現する。氏は実際の観察のみで脳の反応を再現しようと思うと2000年はかかると言い、もし正しいモデルを構築でき、それをHPCで処理できれば、様々な入力を仮想脳に与えることができ、従来のネズミを使う実験よりも高速に、データを得ることができる。また、この仮想脳によって、将来、人間が我が子を育てるように人工知能を教育し、高速で柔軟な人工知能を作ることができる様になるとのことだった。

双方とも、計算機の行き着く先としてどのような手段があるか、そしてどのような未来になるかということに注視した講演であり、人々を興奮させるようなかなり大規模な構想、想像を語ったものであった。

そのほかにも、理化学研究所 計算科学研究機構の横川三津夫氏による日本のスパコンの発展と「京」開発の経緯について講演した The K Computer - Toward Its Productive Application to Our Life や、DoE のWilliam J. Harrod 氏による A Journey to Exascale Computing と計算機の未来についての講演が多かったように感じた。

6 Grand Challenge

6.1 TOP500/Green500/HPCC

Top500 List (<http://www.top500.org/>)は、世界のスーパーコンピュータの性能を、LINPACKという、係数行列が密行列の連立一次方程式を解くベンチマークの処理速度によって競うものである。1993年の開始以来、6月にヨーロッパで行われる会議であるISCと、本会議SCにて年2回の更新を続けている。また、TOP500の結果から、電力当たりのLINPACK性能を比較したランキングとしてGreen500(<http://www.green500.org/>)がある。TOP500の上位ではGPU(NVIDIA Kepler, NVIDIA Fermi)、CPU(Intel Xeon E5, IBM Power BG/Q, IBM POWER7, Fujitsu SPARC64)、MIC(Intel Xeon Phi)と様々なプロセッサが用いられているが、BlueGene/Qが上位10機のうち4機を占めたことが特徴的であった。昨年度1位であった「京」は3位に後退した。トップは2009年11月、2010年6月にトップであったJaguarに最新のNVIDIA GPUを搭載したORNLのTitanで、2年ぶり(2011年11月のTianhe-1A以来)にGPUスパコンが頂点に立ったことにな

り、改めてGPU業界は注目を集めていた。そのほか、特筆すべきは7位になったテキサス大学の Stampede で、これは Intel Xeon Phi を利用した初の大規模スーパーコンピュータとなる。

Green500においては上位はやはりアクセラレータを搭載したシステムか BlueGene/Q のどちらかで占められていた。大型スーパーコンピュータの中では Titan と JUQUEEN が双方で10位以内にランクインしている。Green500は小型のシステムであるほど好成績を収めやすく、公平性を欠く部分があるが、その中でこの2つのシステムの値は特筆すべきと考える。

さらに、多面的にスーパーコンピュータの性能を評価する目的で作られた HPC Challenge(HPCC)というベンチマーク(<http://icl.cs.utk.edu/hpcc/>)がある。これは各ベンチマークアプリケーションにおいて同一のシステム構成で測定する物であり、幅広いアプリケーションへの対応力が求められる。HPCCではHPL、STREAM、RandomAccess、FFTの4つを特に主要な性能評価アプリケーションとしてHPCC Awardを発表しており、2011年4冠であった「京」は4つのベンチマークすべてにおいて未だ3位以内に入っていた。

6.2 ACM Gordon Bell Award

大規模シミュレーションの実効性能および計算科学の成果を競うACM Gordon Bell賞では、石山智明氏・似鳥啓吾氏（筑波大）、牧野淳一郎氏（東工大）の 4.45PFlops Astrophysical N-Body Simulation on K Computer - The Gravitational Trillion-Body Problem がスケーラビリティと計算時間の高速化を評価され最優秀賞を受賞した。このプログラムは、N体問題を京コンピュータ上で行ったもので、他のファイナリストで Sequoia を使ったチームが FLOPS 値では2倍の性能を出していた。しかしながら、氏らは、アルゴリズム上浮動小数演算が減っており、FLOPS 値は下がっているが、アプリケーションが目的とする答えを得る時間は Sequoia のチームより高速であると主張した。最優秀賞はこれが評価された形となる。なお、昨年と違い、特別賞等の発表はされていない。

6.3 Graph500

近年重要とされているスーパーコンピュータの大規模データ処理に利用されるグラフ処理は、計算効率を上げづらいアプリケーションの1つである。この性能を競うものとして昨年のSC10からGraph500というベンチマーク(<http://www.graph500.org/>)が発表された。指標としてはグラフ構造の幅優先探索処理におけるTEPS (Traversed Edges Per Second : 1秒間に辿るグラフのエッジ数)を用いる。今年はAICSの「京」コンピュータが4位、KEKの SAKURA が12位、当センターのOakleaf-FXも18位の成績を納めた。また、昨年3位だった東京工業大学のTSUBAME2.0も20位に位置している。TEPSは、問題規模により変わってくるが、Graph500ではこれを考慮せず、純粋にTEPSによってのみ審査を行った。これは昨年から問題視されており、今年は対応が行われるといわれていたが、実際は今年もTEPSのみでの評価となっていた。

7 おわりに

本年のSC12はMIC、GPUといったメニーコアアクセラレータ系の発表が目立った会議となった。また、研究としてはエクサ規模の次世代アーキテクチャを意識したものが多く、実物が見え始めたメニーコアを如何にしてエクサの規模を持って行くか、あるいはどのようにエクサ規

模のシステムを効率よく利用するかといったトピックが散見された。基調講演を含め、今後の計算機の未来へのビジョンを全面に押し出した会議だったようだ。来年のSC13は2013年11月17日から22日にかけてコロラド州デンバーで開催される予定である。

表1 TOP500 List 上位10位

Rank	Site/System/Country	Rmax (TF/s)	Power (kW)
1	DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory, Titan - Cray XK7 , Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20x, Cray Inc.	17590	8209
2	DOE/NNSA/LLNL, Sequoia - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom, IBM United States	16324.8	7890
3	RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS), K computer, SPARC64 VIIIfx 2.0GHz, Tofu interconnect, Fujitsu, Japan	10510	12660
4	DOE/SC/Argonne National Laboratory, Mira - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom, IBM, United States	8162.4	3945
5	Forschungszentrum Juelich (FZJ), JUQUEEN - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.600GHz, Custom Interconnect, IBM, Germany	4141.2	1970
6	Leibniz Rechenzentrum, SuperMUC - iDataPlex DX360M4, Xeon E5-2680 8C 2.70GHz, Infiniband FDR, IBM, Germany	2897	3423
7	Texas Advanced Computing Center/Univ. of Texas, Stampede - PowerEdge C8220, Xeon E5-2680 8C 2.700GHz, Infiniband FDR, Intel Xeon Phi, Dell, United States	2660.3	
8	National Supercomputing Center in Tianjin, Tianhe-1A - NUDT YH MPP, Xeon X5670 6C 2.93 GHz, NVIDIA 2050, NUDT, China	2566	4040
9	CINECA, Fermi - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom, IBM, Italy	1725.5	822
10	IBM Development Engineering, DARPA Trial Subset - Power 775, POWER7 8C 3.836GHz, Custom Interconnect, IBM, United States	1515	3576

表2 Green500 List 上位10位

Rank	MF/W	Site	Computer	Power (kW)
1	2,499.44	National Institute for Computational Sciences/University of Tennessee	Beacon - Appro Green-Blade GB824M, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband FDR, Intel Xeon Phi 5110P	44.89
2	2,351.10	King Abdulaziz City for Science and Technology	SANAM - Adtech ESC4000/FDR G2, Xeon E5-2650 8C 2.000GHz, Infiniband FDR, AMD FirePro S10000	179.15
3	2,142.77	DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory	Titan - Cray XK7 , Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20x	8,209.00
4	2,121.71	Swiss Scientific Computing Center (CSCS)	Todi - Cray XK7 , Opteron 6272 16C 2.100GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA Tesla K20 Kepler	129.00
5	2,102.12	Forschungszentrum Juelich (FZJ)	JUQUEEN - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.600GHz, Custom Interconnect	1,970.00
6	2,101.39	Southern Ontario Smart Computing Innovation Consortium/University of Toronto	BGQdev - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.600GHz, Custom Interconnect	41.09
7	2,101.39	DOE/NNSA/LLNL	rzuseq - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom	41.09
8	2,101.39	IBM Thomas J. Watson Research Center	BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom	41.09
9	2,101.12	IBM Thomas J. Watson Research Center	BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom	82.19
10	2,101.12	Ecole Polytechnique Federale de Lausanne	CADMOS BG/Q - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.600GHz, Custom Interconnect	82.19