



## 会議レポート

# The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis (SC16) 参加報告

### HPCに関する巨大国際会議

本稿では、2016年11月13日～18日にかけて米国ソルトレイクシティで行われた、高性能計算、ネットワーク、ストレージ、解析に関する国際会議(The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis; 通称 SC) について参加報告を行う。会議の Web ページは <http://sc16.supercomputing.org/> である。主催は ACM, IEEE Computer Society, SIGHPC で、論文は ACM のデジタルライブラリから入手可能である。

SC は、高性能計算に関係する話題を、アーキテクチャ、スーパーコンピュータ、システムソフトウェアから、アルゴリズム、アプリケーションに至るまで、縦にも横にも広く扱う巨大会議である。会議の扱う範囲だけでなく、期間中に開催される会合・イベントの多さ、会場の広さという意味でも巨大である。いわゆる講演の種類だけでも、チュートリアル、ワークショップ、基調講演、メイン論文、ポスター、招待講演、パネル、Birds-of-Feather などがどれも多数あり、PDF 版のプログラム(抄録入り)はなんと 180 ページもある。通常の単独の学会であれば、並列セッションであったとしても、そこで発表される論文のうちの何分の一かを見て、大いに学んだ気になって帰るものだが、この学会に参加してもまったくそんな気にはさせてくれないことは請け合いである。

これ以外に、巨大な展示会場で 300 を超える企業・研究展示が期間中ほぼ常時開催されていて、展示会場の天井の方を見上げると、HPC 業界の名だたる企業名の看板が、うちのブースはここですよとアピールしている。また、多くの企業は SC の場で、潜在的な顧客へロードマップを示したり、ユーザとの関係を保つためのミーティングを開催する。潜在的な顧客である大学の計算機センターのようなどころにいる人は、このミーティングでほとんどの時間が埋まってしまったりする。これは筆者には当てはまらな

いのだが、それでもその巨大さゆえ、見られたのは会議のうち、筆者の興味に偏った、ごくわずかな断片にすぎないということをお断りした上で、内容の報告に移る。

### ホットトピック: ムーアの法則後の HPC

会議全体で多く関心を集めている話題は、2015 年度も同様であったが、ムーアの法則終焉後のコンピューティングに関する話題である。2016 年度は、“The 1st International Workshop on Post-Moore Era Supercomputing (PMES)” というワークショップが開かれたほか、“Post Moore's Era Supercomputing in 20 Years” というパネル(筆者は不参加)、また、言葉は違えど話題としては共通部分が多い、“The End of Von Neu-mann? What the Future Looks Like for HPC Application Developers” というパネルが行われた。ムーアの法則の終焉とは、CMOS デバイスの集積度の指数関数的向上が終焉するということであり、現在は、2021 年ごろを目処に止まると目されている。2005 年くらいに終焉したとされる Dennard スケーリングの終焉が、周波数の向上の終焉を意味したのに対し、ムーア則の終焉はマルチコアやメニコアを大規模化させることによるスループット向上の終焉を意味する。取り扱われている話題はデバイスレベルからアーキテクチャ、ソフトウェア、アルゴリズムまで非常に幅広い。それぞれのレイヤで研究を続けてきた人にとっては、ムーアの法則が終わろうが終わるまいが、追求してきた話題も多い。全体的に、ムーアの法則の終焉に対してさあどうしよう、と終末論的に議論したり、とってつけたように変わったことを言い始めるといった浮足立った雰囲気は感じられない。そうではなく、これからの高速化は計算のあらゆるレイヤを常に視野に入れ、垂直的に最適化するという意識を持つことが必要で、そのための各分野の蓄積はすでにさまざまあり、ただ、“We need to be smarter” —したがってこれからもやるべきことがいっぱいある— という前向きな雰囲気が感じられるのが印象的である。

### 併設ワークショップ

期間中、全部で 40 を超える半日・もしくは全日のワークショップが催された。

上述した PMES ワークショップは、第 1 回の開催でありながら(あるがゆえに?) 200 名近くの出席者を集めた。基調講演では Tom Conte 氏が IEEE Rebooting Computing Initiative (RCI) の活動を紹介しながら、今後の計算基盤の進化のためのアプローチを、レイヤごとに、必要な disruption の度合いという軸で整理した。たとえば、レベル 1 は、CMOS に変わるデバイスを希求するアプローチで “More Moore” と呼ばれる。対極のレベル 4 は、Non-Von Neumann 量子計算やアナログのニューロ計算機などである。その後の講演も、Probabilistic Computing、偏微分方程式を解くための専用アーキテクチャ、シリコンフォトニクス、FPGA、ヘテロジニアスアーキテクチャ、ニューロ計算機、量子計算機と非常に多様である。興味のある方はプ

順位	システム	プロセッサ	ピーク比 (%)
1	Sunway TaihuLight	Sunway	74
2	Tianhe-2	Intel Knights Corner	61
3	Titan	NVIDIA K20x	65
4	Sequoia	IBM Power	85
5	Cori	Intel Knights Landing	50
6	Oakforest-PACS	Intel Knights Landing	54
7	K-Computer	Fujitsu SPARC64 VIIIfx	93

HPCG 順位	ピーク比 (%)
K-computer	5.3
Tianhe-2	1.1
Oakforest-PACS	1.5
Sunway TaihuLight	0.3
Cori	1.3
Sequoia	1.6
Titan	1.2

表-1 密行列 (TOP500) 上位システム (左) と、疎行列 (HPCG) 順位 (右)

ログラム <https://sites.google.com/site/2016pmes/program> をぜひ参照されたい。

## Birds-of-Feather

Birds-of-Feather は SC プログラムの特徴の 1 つと云ってよい。非常に焦点の絞られたしたトピックについて、昼休みや通常セッションの終了後に、高並列で開催される。期間中、全部で 50 を超える Birds-of-Feather が開催された。話題は、Lustre (並列ファイルシステム)、バーストバッファ、TensorFlow (Google の機械学習フレームワーク) などの特定システムに関する話題や OpenMP, OpenACC, MPI などの標準仕様など、絞り込んだ話題で多くの人の興味を引くものが多い。日本国内でこの絞り込みで会議をやってもなかなか成立しないだろうと思われるような話題に、非常に多数 (トピックによっては 150 名以上) の聴衆を集めるところが印象的である。

## スパコンランキング

全世界のスーパーコンピュータランキングが発表されるのも、Birds-of-Feather セッションにおいてである。以前は TOP500 というランキングのみで、密行列の連立一次方程式の求解で評価していたが、現実のアプリケーションの性能と乖離しているという批判が古くからあった。最近では Green500 (指標: 消費電力あたりの性能)、Graph500 (指標: グラフの探索性能)、HPCG (指標: 疎行列の連立一次方程式の求解) などが加わり、さまざまな指標でのランキングが発表されている。TOP500 では上位システムに大きな変化はないが、日本から Intel Knights Landing ベースのシステムである Oakforest-PACS (東大と筑波大の連携) が初登場で 6 位にランクインしたところが新しい。TOP500 (密行列) と HPCG (疎行列) の順位を比較すると興味深い (表-1)。後者では京コンピュータ、Oakforest-PACS がそれぞれ 1 位、3 位を記録している。疎行列問題はメモリアクセス性能に律速される。その中で CPU ピーク性能との比という意味では京コンピュータの性能 (5.3%) は群を抜いている。広く使われる疎行列アプリケーションでプログラマビリティと性能を両立させていることがうかがい知れる。

## メイン会議論文

442 件の論文投稿に対して採択数は 81 件であった。会議全体と同じくスコープは幅広く、SC の王道的な計算科学アプリケーションの最適化に関するものから、シリコン

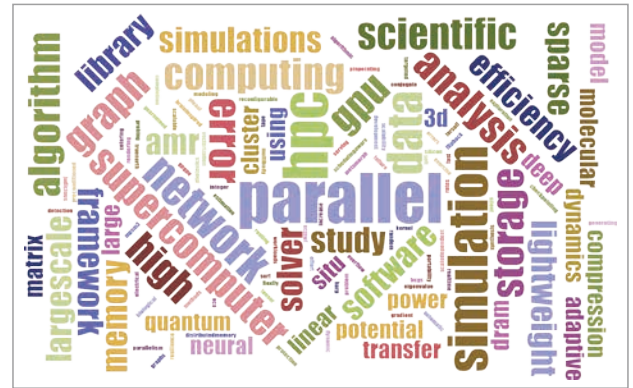


図-1 会議論文タイトルの word cloud

フォトニクス、バーストバッファ、FPGA の HPC 応用に関するもの、IBM TrueNorth チップや Deep Learning の並列化最適化に関するもの、機械学習などへの応用も念頭に置いていると思われる、Intel Knights Landing 用の小さな行列積専用のライブラリから、量子コンピュータを通常のコンピュータで高速にシミュレートする話など、幅広い。全体の傾向などを細かく紹介する紙面はないので、雰囲気味わっていただくため、図-1 にメイン会議論文のタイトル中単語の word cloud を掲載する。

少し変わり種だが多くの人に重要かもしれない話として、Intel Haswell プロセッサにおける、性能モニタリングカウンタ (Performance Monitoring Counter) に関するバグの回避という話を紹介する。“Reliable and Efficient Performance Monitoring in Linux” と題するこの論文は、Hyperthreading を有効にすると一部のカウンタの値が信頼できない値になる、という Haswell までのプロセッサのバグを、OS によって回避するという内容で、Linux Kernel の version 4.1 以降に取り込まれている。なおこのバグは Broadwell 以降の機種では修正されている。

数多くの論文の中、最優秀論文として、Mohamed Wahib Attia (理研)、丸山直也 (理研)、青木尊之 (東工大) の Adaptive Mesh Renement 法のアプリケーションフレームワークに関する論文が選ばれた。

## SC17

来年の SC はデンバーで開催される。論文の登録締切は、2017 年 3 月 20 日である。

(田浦健次郎 / 東京大学情報理工学系研究科・情報基盤センター)