



会議レポート

IEEE/ACM SC19 会議参加報告

SCについて

SC (The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage, and Analysis) とは、IEEE および ACM が主催のスーパーコンピュータ関連技術を幅広く扱う国際会議で、毎年11月に約1週間北米で開催されており、31年の歴史がある(図-1)。高性能計算分野におけるトップカンファレンスの1つで、メインラックの採択率は23%である。また、論文発表に加えて、スーパーコンピュータの性能ランキングであるTOP500リストが発表されるほか、開発状況の共有やディスカッションのためのBoF (Birds of a feather) セッションや、さまざまな企業や研究機関がブースを構える広大な展示フロアを有することが特徴である。来場者数は増加を続けており、日本からの参加者も多い。開催都市の中心部のホテルを確保することが難しくなるほどの状況であり、街自体がSC一色になるといっても過言ではない。実際のところ、街を歩けば参加者を多く見かける上、近隣のホテルの会議室も打合せやイベントで占められている。研究者に限らずさまざまな職種の参加者がいることも特徴であり、関係者が一堂に会することから情報交換や商談の場としても機能している。

今回の会場はコロラド州デンバーの Colorado Convention Center であり、同都市における開催は2年ぶりであった。参加者数は13,500人を超え、3年前と比較して約2,500名増加している。同会議は大規模であることから、各種ラ



図-1 1988年の初回開催以降のハイライトを記したパネルが入り口付近に並べられている

ンキングや特徴的な展示を中心に紹介したい。

スーパーコンピュータの性能ランキング

TOP500

スーパーコンピュータの最大の価値は大規模な問題を短時間で解けること、すなわち演算の速度である。演算性能ランキングの1つであるTOP500リスト¹⁾は、LINPACKベンチマークの実測性能に基づいて決められている。このベンチマークは、多元連立一次方程式を並列計算によって解く際の演算性能(FLOPS: 1秒あたりの浮動小数点演算回数)を測定するものであり、現時点では最も広く用いられている指標である。このランキングは、6月と11月の年2回更新されており、後者がSCにおいて発表される。すでに30年近くリストが更新され続けており、トップのマシンに関しては10年間でおよそ84倍の性能向上が見られる(図-2)。

2019年6月に発表されたランキングと比較して、上位10システムの顔ぶれに変化はない。1位は引き続き米オクリッジ国立研究所に設置された“Summit”であり、このシステムはIBM社製のPOWER9 CPUと、NVIDIA社製のGPU(アクセラレータ)を用いている。上位10システムのうち5システムは1位システムと同様にCPUとGPUを用いており、これは直近数年で多く見られる構成である。このほか、Intel社製のCPUのみを用いたものや、中国の“Sunway TaihuLight”のように独自プロセッサを用いたものがある。日本国内に設置されたスパコンに限ると、8位に産業技術総合研究所のABCI(AI Bridging Cloud Infrastructure)がランクインしている。

Green500

消費電力あたりの演算性能を評価するランキングとして、Green500リストがある。実行するベンチマークプログラムはTOP500リストで用いられるものと同じであるが、Green500リストにエントリする際には、システムの消費電力を測定する必要がある。測定された消費電力(W)と演算性能(FLOPS)により、1W(ワット)あたりの演算性能(FLOPS/W)を求め、この値により順位を決定する。

今回のSCで発表されたリストでは、日本のスーパーコ



図-2 過去20年のTOP500ランキングにおけるトップシステムのTFLOPS(テラFLOPS)値推移(文献1)に掲載されたデータから作成)

ンピュータ「富岳」のプロトタイプが初登場し、1位にランクインした。富岳は理化学研究所と富士通により開発が進められている次世代のスーパーコンピュータで、Armアーキテクチャを採用したCPUを使用しており、ベクトル拡張命令「SVE」や先端半導体プロセスにより、高い消費電力あたりの演算性能を実現している。

IO-500

IO-500とは高性能計算向けの高速度ファイルシステムのアクセス性能に関するランキングである。ファイルやディレクトリ情報といったメタデータ操作の性能と、データ転送の速度(帯域)を評価し、それにより順位を決定する。ランキングはベンチマークを実行するノード数に制限がないものと、10ノード(サーバ)に限定した場合の2種類がある。今回初登場かつ特徴的なエントリは、Intelにより開発されているDAOSである。DAOSは、ノード数に制限のないランキングでは2位であるが、10ノードの場合では1位であり、処理ノード数あたりの性能では他と比べて2倍近い差をつけている。これは、DAOSがDRAMスロットに接続するタイプの不揮発メモリを最大限活用する形で基本設計が行われていることが理由の1つであると考えられる。通常、分散ストレージシステムの内部では、ネットワークを介した通信とデータの永続化(ストレージへの記録)の両方が頻繁に行われることから、オペレーティングシステムの処理がオーバヘッドになりやすい。ところが、不揮発メモリを用いる場合、メモリ空間にマップされた領域がそのまま永続化されることから、従来の通信や入出力とは異なり、リモートのノードから直接データを転送(RDMA)し、そのまま永続化することが可能となる。この結果、処理負荷の大幅な削減につながり、性能が向上する。このように、新しいデバイスの使いこなし技術もSCにおける見どころの1つである。

特徴的な展示

膨大な展示の中から、特に印象に残った1つをピックアップする。米Cerebrasが、Wafer-Scale Engineと呼ばれる、半導体ウエハをそのまま切り出した大きさの機械学習向けチップ(図-3)と、そのシステムであるCS-1を展示していた。このチップは18ギガバイトのSRAM(スタティッ

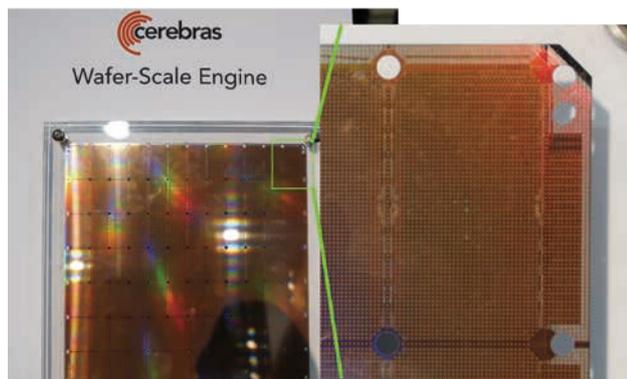


図-3 Cerebrasの機械学習チップ

クランダムアクセスメモリ)と40万のコアを有しており、TensorFlowやPyTorchといった機械学習フレームワークをサポートしている。

深層学習をはじめとする機械学習は、それだけでも需要が多いことから、このような専用ハードウェアが作られるようになりつつある。今後、汎用プロセッサの性能向上ペースが低下すると、用途特化による性能向上を目指すケースが増えてくると考えられるが、これはその良い一例であると言える。

基調講演

基調講演はNASAのSteven Squyres氏により行われた。SCの基調講演は多くの場合、高性能計算とは異なる分野の専門家を招待して行われる。今回は、火星探査機においてソフトウェア技術が果たした役割を中心に講演が行われた。火星探査機のソフトウェアは、打ち上げてから探査機が火星に到着するまでの間に開発されていることや、現地で発生した問題を画像処理や制御ソフトウェアの工夫により乗り切ったエピソードが紹介された。きわめてクリエイティブな用途かつ一般化の難しい環境において、いかにソフトウェアを活用するかという点で、興味深い講演であった。

発表論文の傾向

冒頭でも述べたように、SCが扱う範囲はきわめて広い。直近数年で目立つようになったトピックとしては、機械学習の大規模化が挙げられる。スーパーコンピュータは高速なノード間接続ネットワークを備えていることから深層学習を並列実行するための環境として適している。そのため、深層学習をスーパーコンピュータで高速に実行するための研究や実証事例に関する発表も見られる。また、IO-500の節でも述べたように、不揮発メモリについても、本分野において活用するための検討が進んでいる状況であり²⁾、評価論文やユースケースに関する論文が見られた。

参加のすすめ

スーパーコンピュータは先進的かつ高性能なハードウェアと、それらを活用するためのシステムソフトウェア、高度にチューニングされたアプリケーションがすべて揃うことで、高い性能を実現している。さまざまな分野の知見が集まる会議であり、情報技術に携わる多くの方に参加をお勧めしたい。

参考文献

- 1) <https://www.top500.org/>
- 2) Weiland, M. et al. : An Early Evaluation of Intel's Optane DC Persistent Memory Module and Its Impact on High-Performance Scientific Applications. In The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage, and Analysis (SC'19), p.13 (2019). <https://doi.org/10.1145/3295500.3356159>

(大辻弘貴/株式会社富士通研究所)