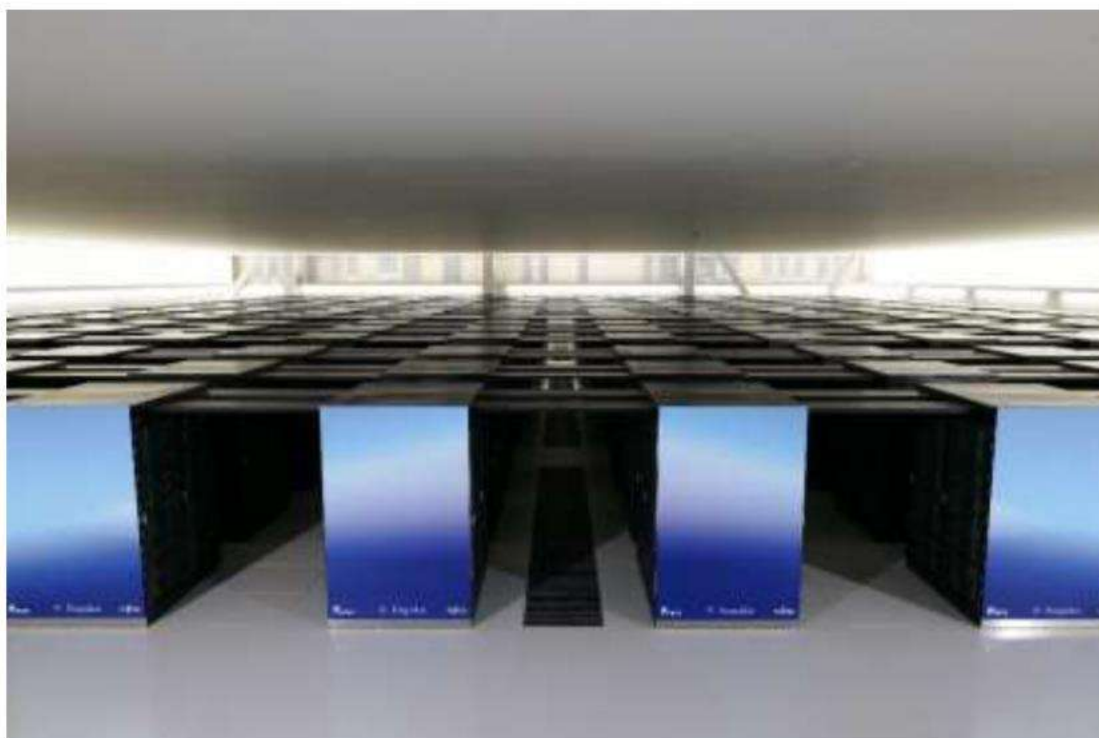


スーパーコンピュータ「富岳」は、TOP500、HPCG、HPL-AI、Graph500において世界第1位を獲得

理化学研究所（理研）が開発主体として、九州大学、株式会社フィックスターズ、富士通株式会社による開発・整備を進めているスーパーコンピュータ「富岳」は、世界のスーパーコンピュータに関するランキングの、①「TOP500」、②「HPCG (High Performance Conjugate Gradient)」、③「HPL-AI」、④「Graph500」のすべてにおいて、第2位に大きな差をつけて、第1位を獲得しました。また①「TOP500」、②「HPCG」、④「Graph500」で同時に世界1位を獲得するのは世界初となります。

大規模グラフ解析の性能は、大規模かつ複雑なデータ処理が求められるビッグデータの解析において重要な指標となるもので、「富岳」は開発・整備中ながら2015年6月から9期連続第1位獲得の実績を持つスーパーコンピュータ「京」よりも2倍以上の能力を有することが実証されました。



スーパーコンピュータ「富岳」（開発・整備中）

1. 「富岳」測定結果

共同研究グループは、「富岳」の一部である 92,160 ノード（全体の約 58%）を用いて、約 1.1 兆個の頂点と 17.6 兆個の枝から構成される超大規模グラフに対する幅優先探索問題を平均 0.25 秒で解くことに成功しました。Graph500 のスコアは、70,980GTEPS（ギガテップス）です。同じく「京」の測定結果は、31,302GTEPS（2019 年 6 月時点）であったため、2 倍以上の性能向上を達成しました。

なお、2020 年 6 月時点の「Graph500」のランキング第 2 位は、中国の「SunwayTaihuLight」で、測定結果は 23,756GTEPS です。すなわち、第 2 位とは約 3 倍の性能差となります。

2. Graph500 について

実社会における複雑な現象は、大規模なグラフ（頂点と枝によりデータ間の関連性を示したもの）として表現される場合が多いため、コンピュータによる高速なグラフ解析が必要とされています。例えば、ソーシャル・ネットワーキング・サービスなどでは、「誰と誰がつながっているか」といった関連性のあるデータを解析する際にグラフ解析が用いられます。

さらに Society 5.0 に向けた取り組みにおいて、IoT（Internet of Things）などの技術で取得された大量のデータをグラフに変換して計算機で高速処理することによって新しい価値を産み出す新規ビジネスの開拓が推進されています。これらは新しい産業の創出と廃棄物排出の削減の両立を目的としており、「持続可能な開発目標（SDGs）」のうち特に 9（産業・技術革新・社会基盤）および 11（持続可能なまちづくり）の推進に大きく寄与することが期待されています。

このような多種多様な応用を持つグラフ解析の性能を競うのが Graph500 です。Graph500 は 2010 年から始まり、そのランキングは年に 2 回（6 月と 11 月）更新されます。

Graph500 では 1 兆個の頂点を超えるような大規模グラフを扱うため、グラフのデータを複数台のノードに分散して配置する必要があります。共同研究グループは、スーパーコンピュータ上で大規模なグラフを高速に解析できるソフトウェアの開発を進めてきました。

共同研究グループは、「京」による測定結果で 9 期連続（2014 年 6 月～2019 年 6 月、通算 10 期）で Graph500 の世界第 1 位を獲得しました。「京」は

すでに運用を終了したため、2019年11月以降のランキングからは外れていますが、今回の「富岳」の測定結果は「京」を大きく上回るものでした。なお、「京」の結果も「富岳」を除いて、いまだ破られていません。

Graph500の第1位獲得は、「富岳」が科学技術計算でよく用いられる規則的な計算だけでなく、不規則な計算が大半を占めるグラフ解析においても高い能力を持っていることを実証したものであり、幅広い分野のアプリケーションに対応できるという「富岳」の汎用性の高さを示すものです。また、ハードウェアの性能を最大限に活用できるソフトウェアを開発した、共同研究グループの技術力の高さを示すものでもあります。

3. 補足説明

[1] スーパーコンピュータ「富岳（ふがく）」

「京」の後継機。社会的・科学的課題の解決で日本の成長に貢献し、世界をリードする成果を生み出すことを目的とし、電力性能、計算性能、ユーザの利便性・使い勝手の良さ、画期的な成果創出、ビッグデータやAI（人工知能）の加速機能の総合力において世界最高レベルのスーパーコンピュータとして2021年の共用開始を目指している。

「富岳」は“富士山”の異名で、富士山の高さが「富岳」の性能の高さを表し、また富士山の裾野の広がりや「富岳」のユーザの拡がりを意味する。また、“富士山”は海外での知名度も高く、名称として相応しいこと、さらにはスーパーコンピュータの名称は山にちなむ潮流があることなどから理研が選考した。

[2] TEPS

Graph500ベンチマークの実行速度を表すスコア。Graph500ベンチマークでは与えられたグラフの頂点とそれをつなぐ枝を処理する。Graph500におけるコンピュータの速度は1秒間あたりに処理した枝の数として定義されている。TEPSはTraversed Edges Per Secondの略。GTEPSのGは10の9乗を表し、GTEPSは1秒あたりに処理した枝の数を10の9乗で割った値である。GTEPS値の計算には、64試行における調和平均が使用されている。

[3] TOP500

LINPACK(密行列の直接解法)と言われるベンチマークプログラムの性能を競う

ランキング。1993年からの歴史があり、このランキングで第1位になったスパコンが「世界一のスパコン」と称される場合が多い。多くの科学技術計算や産業アプリケーションで使用される浮動小数点数の演算能力に焦点をあてている。

「富岳」のスコアは 415.5 ペタフロップス（1秒間で40京回以上の計算）。2位の Summit（アメリカ、148.6 ペタフロップス）に2.8倍の差をつけた。

[4] HPCG (High Performance Conjugate Gradient solver)

疎な係数行列から構成される連立一次方程式を解く計算手法である共役勾配法 (conjugate gradient method) を用いた新たなベンチマーク・プログラム。

TOP500での性能と実際のアプリケーションを実行したときの性能が乖離しているという問題意識から、自動車や飛行機の空力設計、構造計算などの実際のアプリケーションでよく使われる共役勾配法のプログラムで性能を評価するために提案された。

「富岳」のスコアは 13.4 ペタフロップス。2位の Summit (2.92 ペタフロップス) に4.5倍以上の差をつけての圧勝となった。これは「富岳」の実用性の高さを実証しており、シミュレーションによる社会的課題の解決などへの活用が期待される。

[5] HPL-AI

低精度計算を用いることを認めた HPL (High-Performance LINPACK) の性能を計測するベンチマーク。

近年、GPU や人工知能向けの専用チップで低精度演算（10進数で5桁、もしくは10桁）の演算器を多数搭載し、高性能化をする計算機が多数現れており、ディープラーニングなどの AI 処理に使われているが、これらの性能演算性能が TOP500 に反映されない問題から、提案された。間接的に、低精度演算での演算能力を評価することで、ディープラーニングなどの AI 処理の性能を評価することを目的とする。

「富岳」のスコアは 1.42 エクサフロップス*、2位の Summit (0.55 エクサフロップス) に2.5倍以上の差をつけ、AIへの適応能力の高さを示した。

「エクサ」は「ペタ」の1000倍。1エクサは100京。

[6] Graph500

ビッグデータ解析に使われる、超大規模グラフの探索能力で計算機を評価するベンチマーク。

実社会における複雑な現象は、大規模なグラフ（頂点と枝によりデータ間の関連

性を示したもの)として表現される場合が多いため、コンピュータによる高速なグラフ解析が必要とされる。このベンチマークで高スコアを出すためには、演算能力だけでなく、メモリ性能、ネットワーク性能が重要となる。

「富岳」のスコアは70,980 ギガテップス*、2位の神威・太湖之光（中国、英名は Sunway TaihuLight）の23,756 ギガテップスに約3倍の差をつけた。

<関連リンク>

Graph500 ランキング

<https://graph500.org>

理研 計算科学研究センター

<https://www.r-ccs.riken.jp/jp/>

大規模グラフ解析プログラムの GitHub レポジトリ

<https://github.com/suzumura/graph500/>

日本語原文

<https://www.r-ccs.riken.jp/library/topics/fugaku-no1.html>

文 JST Science Portal 編集部