

PRESS RELEASE

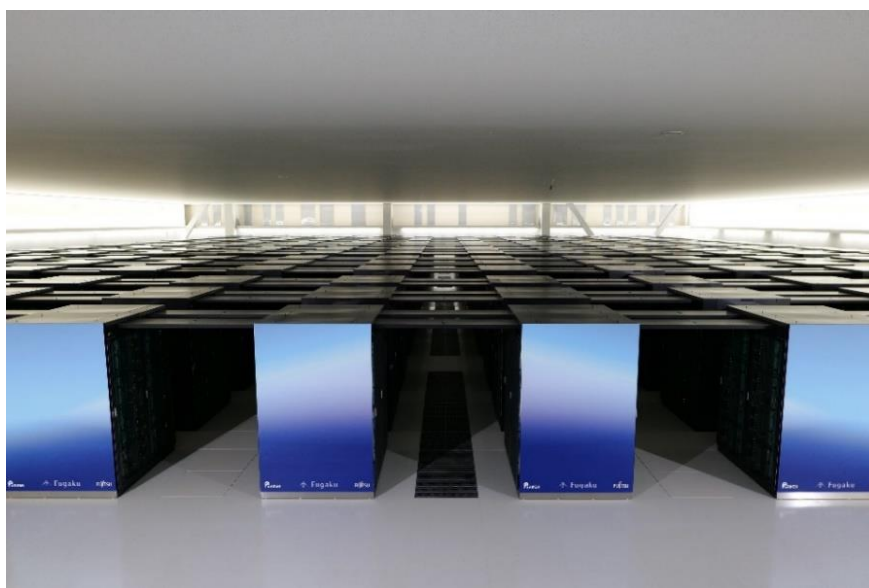
2025 年 6 月 10 日
理化学研究所
東京科学大学
株式会社フィックスターズ
日本電信電話株式会社
富士通株式会社

スーパーコンピュータ「富岳」を用いて Graph500 の世界第 1 位を獲得 ー11 期連続首位、高いビッグデータ処理能力を証明ー

理化学研究所、東京科学大学、株式会社フィックスターズ、日本電信電話株式会社、富士通株式会社から成る共同研究グループは、大規模グラフ解析に関するスーパーコンピュータの国際的な性能ランキングである「Graph500」の BFS（Breadth-First Search：幅優先探索^[1]）部門において、スーパーコンピュータ「富岳」^[2]を用いた測定結果により、引き続いて世界第 1 位を獲得しました。「富岳」としては 11 期連続での世界第 1 位となります。「Graph500」のスコアは約 204 TeraTEPS（テラテップス）^[3]です。

このランキングは、現在ドイツ・ハンブルクの kongress-zentrum-hamburg で開催中の HPC（ハイパフォーマンス・コンピューティング：高性能計算）に関する国際会議「ISC High Performance 2025」に合わせて、高性能計算分野の国際的な専門家グループである Graph500 実行委員会から発表されます。

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ける重要な指標です。共同研究グループは「富岳」を用いた大規模グラフ処理技術の開発を引き続き進めていきます。



スーパーコンピュータ「富岳」

共同研究グループ

理化学研究所 計算科学研究センター 運用技術部門 先端運用技術ユニット

ユニットリーダー

山本啓二（ヤマモト・ケイジ）

技師

中尾昌広（ナカオ・マサヒロ）

東京科学大学 総合研究院 デジタルツイン研究ユニット

教授

藤澤克樹（フジサワ・カツキ）

特任助教

山村圭一郎（ヤマムラ・ケイイチロウ）

株式会社フィックスターズ

フェロー

上野晃司（ウエノ・コウジ）

ディレクター

高木 瞭（タカギ・リョウ）

リードエンジニア

大野真暉（オオノ・マサキ）

シニアエンジニア

井上雄登（イノウエ・ユウト）

シニアエンジニア

柴田敦也（シバタ・アツヤ）

シニアエンジニア

鈴木浩介（スズキ・コオスケ）

シニアエンジニア

南 規楽（ミナミ・キラク）

エンジニア

阪本哲郎（サカモト・テツロウ）

日本電信電話株式会社 コンピュータ＆データサイエンス研究所

主幹研究員

高橋寛幸（タカハシ・ヒロユキ）

主任研究員

及川一樹（オイカワ・カズキ）

主任研究員

新井淳也（アライ・ジュンヤ）

研究員

尾形嵐士（オガタ・アラシ）

研究員

今西遼人（イマニシ・リョウト）

1. 「富岳」測定結果

共同研究グループは、「富岳」の 152,064 ノード^[4]（全体の約 95.7%）を用いて、約 8.8 兆個の頂点と 140.7 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 0.69 秒で解きました。「Graph500」のスコアは 204.068 TeraTEPS です。測定では、共同研究グループが開発した省メモリ化技術を用いることで、「Graph500」ランキングでこれまで例がない大規模なグラフの処理に成功しました。一般に大規模な問題ほど効率的な並列処理が可能であるため、省メモリ化技術は性能面でも良い効果をもたらしました。さらに乱数による性能の変動を抑えるため、良い性能を与える乱数シード値^[5]の自動探索機能を開発しました。

<関連リンク>

Graph500 ランキング

<https://graph500.org>

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（SNS）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^[6]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り、新しい価値を生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）^[7]」のうち特に「9.産業と技術革新の基盤を作ろう」および「11.住み続けられるまちづくりを」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力を持つグラフ解析の性能を競うのが「Graph500」です。

「Graph500」は 2010 年に BFS 部門と共に始まり、現在は SSSP（Single-Source Shortest Path：単一始点最短路）と Green（BFS の電力効率）を加えた 3 部門それぞれのランキングが年に 2 回更新されます。BFS および Green 部門では頂点間の枝の長さが同じグラフを扱うのに対し、SSSP 部門では頂点間の枝の長さが異なるグラフを扱い、単位時間（1 秒）当たりの処理数でランキングします。

「Graph500」では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、「富岳」のような大規模ネットワークを持つシステムでは通信性能の最適化も重要になります。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おり、これまでの成果として下記（1）～（6）の先進的なソフトウェア技術を高度に組み合わせることにより、今後予想される実データの大規模化および複雑化に対応可能な世界最高レベルの性能を持つグラフ探索ソフトウェアの開発に成功しています^{注 1)}。

- （1）複数のノード間におけるグラフデータの効率的な分割および圧縮
- （2）冗長なグラフ探索を削減するアルゴリズム
- （3）BFS の結果に影響を与えずに不要な頂点を削除する前処理
- （4）スーパーコンピュータの大規模ネットワークにおける通信性能の最適化
- （5）探索アルゴリズムの動作を制御するパラメータの自動チューニング
- （6）乱数による性能変動を緩和するシード値探索

「Graph500」の BFS 部門における第 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性能を発揮することを実証し、幅広い分野のアプリケーションに対応できる「富岳」の優れた汎用性を示すものです。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。現在も共同研究グループでは前処理を通じた後続の計算の負荷低減やデータの圧縮の検討を継続しており、測定で得たデータを基に性能改善を加速させていきます。

<関連リンク>

理化学研究所 計算科学研究センター

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

本研究で開発したプログラムの GitHub リポジトリ

<https://github.com/RIKEN-RCCS/Graph500-BFS/>

注 1) 本研究では以下の成果（アルゴリズムやプログラム）を活用しています。

1: 科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業 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（研究総括：佐藤三久）」における研究課題「ポストペタスケールシステムにおける超大規模グラフ最適化基盤（研究代表者：藤澤克樹、拠点代表者：鈴木豊太郎）」

2: 科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業 CREST「ビッグデータ統合利活用のための次世代基盤技術の創出・体系化（研究総括：喜連川優）」における研究課題「EBD：次世代の年ヨッタバイト処理に向けたエクストリームビッグデータの基盤技術（研究代表者：松岡聡）」

3: 日本学術振興会

科学研究費助成事業「自動性能チューニング機能を持つ高性能グラフライブラリの開発（研究代表者：中尾昌広、研究分担者：藤澤克樹、児玉祐悦）」

4: 大規模グラフ解析プログラムの GitHub リポジトリ

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

参考文献

1. Junya Arai, Masahiro Nakao, Yuto Inoue, Kanto Teranishi, Koji Ueno, Keiichiro Yamamura, Mitsuhsa Sato, and Katsuki Fujisawa, "Doubling Graph Traversal Efficiency to 198 TeraTEPS on the Supercomputer Fugaku," in SC24: International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis, November 2024.
2. Masahiro Nakao, Koji Ueno, Katsuki Fujisawa, Yuetsu Kodama, and Mitsuhsa Sato, "Performance of the Supercomputer Fugaku for Breadth-First Search in Graph500 Benchmark," in High Performance Computing: 36th International Conference, ISC High Performance 2021, June 2021, pp. 372-390.
3. Koji Ueno, Toyotaro Suzumura, Naoya Maruyama, Katsuki Fujisawa, Satoshi Matsuoka, "Efficient Breadth-First Search on Massively Parallel and Distributed-Memory Machines," Data Science and Engineering, vol. 2, no. 1, pp. 22-35, March 2017.
4. Koji Ueno, Toyotaro Suzumura, Naoya Maruyama, Katsuki Fujisawa, Satoshi Matsuoka, "Extreme Scale Breadth-First Search on Supercomputers". in 2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), December 2016, pp. 1040-1047.

3. 補足説明

[1] 幅優先探索

グラフの始点から距離の近い順にすべての頂点をたどるアルゴリズムである。枝の長さがすべて等しい場合に、始点から各頂点への最短経路を求めるのに適している。

[2] スーパーコンピュータ「富岳」

スーパーコンピュータ「京」の後継機。2020 年代に、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、ユーザーの利便性・使い勝手の良さ、画期的な成果創出、ビッグデータや AI 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 3 月に共用を開始した。

現在「富岳」は日本が目指す Society 5.0 を実現するために不可欠な HPC インフラとして活用されている。

[3] TeraTEPS（テラテップス）

「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。Tera は 10 の 12 乗を表し、TeraTEPS は 1 秒あたりに処理した枝の数を 10 の 12 乗で割った値である。TeraTEPS 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。TEPS は Traversed Edges Per Second の略。

[4] ノード

スーパーコンピュータにおけるオペレーティングシステムが動作できる最小の計算資源の単位。「富岳」の場合は、一つの CPU（中央演算装置）と 32 GiB（ギビバイト＝2 の 30 乗バイト）のメモリから構成される。

[5] 乱数シード値

疑似乱数生成器（ランダムに見える数列をつくるプログラム）を初期化するために使用される数値であり、同じ値を使用すると、常に同じ疑似乱数列が生成される。

[6] Society 5.0

狩猟社会（Society 1.0）、農耕社会（Society 2.0）、工業社会（Society 3.0）、情報社会（Society 4.0）に続く、新たな社会を指す。第 5 期科学技術基本計画において日本が目指すべき未来社会の姿として初めて提唱された。IoT、ロボット、AI（人工知能）、ビッグデータといった社会の在り方に影響を及ぼす新たな技術をあらゆる産業や社会生活に取り入れ、経済発展と社会的課題の解決を両立していく新たな社会の実現を目指す。

[7] 持続可能な開発目標（SDGs）

2015 年 9 月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」にて記載された 2016 年から 2030 年までの国際目標。持続可能な世界を実現するための 17 のゴールと 169 のターゲットで構成され、発展途上国のみならず、先進国自身が取り組むユニバーサル（普遍的）なものであり、日本も積極的に取り組んでいる。（外務省ホームページから一部改変して転載）

4. 問い合わせ先

理化学研究所 神戸事業所 計算科学研究推進部 アウトリーチグループ
Email: r-ccs-koho@ml.riken.jp

理化学研究所 広報部 報道担当
Tel: 050-3495-0247
Email: ex-press@ml.riken.jp

東京科学大学 総務企画部 広報課
Tel: 03-5734-2975
Email: media@adm.isct.ac.jp

株式会社フィックスターズ 広報担当
Tel: 03-6420-0751
Email: press@fixstars.com

日本電信電話株式会社 サービスイノベーション総合研究所 企画部広報担当
お問い合わせフォーム
<https://tools.group.ntt.jp/news/contact/index.php?param01=P¶m02=203>

富士通株式会社 富士通コンタクトライン（総合窓口）
Tel: 0120-933-200 受付時間：9:00～12:00 および 13:00～17:30（土・日・祝日・当社指定の休業日を除く）
お問い合わせフォーム
<https://contactline.jp.fujitsu.com/customform/csque04802/873532/>

スーパーコンピュータ「富岳」（富士通公開ページ）
<https://www.fujitsu.com/jp/fugaku/>