



RIKEN  
Since 1917



Tokyo Tech



UCD  
DUBLIN



九州大学  
KYUSHU UNIVERSITY



お知らせ

2015年7月14日

理化学研究所

東京工業大学

ユニバーシティ・カレッジ・ダブリン

九州大学

富士通株式会社

科学技術振興機構

PRESS RELEASE

## スーパーコンピュータ「京」が Graph500 で世界第 1 位を奪還 ービッグデータの処理で重要となるグラフ解析でも最高の評価ー

### 要旨

理化学研究所（理研）と東京工業大学、アイルランドのユニバーシティ・カレッジ・ダブリン、九州大学、富士通株式会社による国際共同研究グループは、ビッグデータ処理(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<sup>※</sup>において、スーパーコンピュータ「京（けい）」<sup>[1]</sup>による解析結果で、2014年6月以来、再び第1位を獲得しました。これは、東京工業大学博士課程（理研研修生）上野晃司氏らによる成果です。

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となるもので、今回のランキング結果は、「京」がビッグデータ解析に関する高い能力を有することを実証するものです。

本研究の一部は、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 理研計算科学研究機構）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 九州大学、拠点代表者：鈴木 豊太郎 ユニバーシティ・カレッジ・ダブリン）および「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 国立情報学研究所）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 東京工業大学）の一環として行われました。

※）ドイツのフランクフルトで開催中の HPC（ハイパフォーマンス・コンピューティング：高性能計算技術）に関する国際会議「ISC2015」で7月13日（日本時間7月14日）に発表。前回（2014年11月）のランキングでは、「京」は第2位。



お知らせ

1. Graph500 上位 10 位 (<http://www.graph500.org/>)  
本日公開された Graph500 の上位 10 位は以下の通り

順位	システム名称	設置場所	ベンダー	国名	ノード数	プログラムスケール	GTEPS
1	K computer	理研 計算科学研究機構	富士通	日	82,944	40	38,621
2	Sequoia	ローレンス・リバモア研	IBM	米	98,304	41	23,751
3	Mira	アルゴンヌ研	IBM	米	49,152	40	14,982
4	JUQUEEN	ユーリツヒ研	IBM	独	16,384	38	5,848
5	Fermi	CINECA	IBM	伊	8,192	37	2,567
6	天河2A	国防科学技術大学	NUDT	中	8,192	36	2,061
7	Turing	GENCI	IBM	仏	4,096	36	1,427
7	Blue Joule	ダーズベリー研	IBM	英	4,096	36	1,427
7	DIRAC	エジンバラ大学	IBM	英	4,096	36	1,427
7	Zumbrota	EDF社	IBM	仏	4,096	36	1,427
7	Avoca	ピクトリア州生命科学計算イニシアティブ	IBM	豪	4,096	36	1,427

## 2. Graph500 とは

近年活発に行われるようになってきた実社会における複雑な現象の分析では、多くの場合、分析対象は大規模なグラフ（節と枝によるデータ間の関連性を示したもの）として表現され、それに対するコンピュータによる高速な解析（グラフ解析）が必要とされています。例えば、インターネット上のソーシャルサービスなどでは、「誰が誰とつながっているか」といった関連性のある大量のデータを解析するときにグラフ解析が使われます。また、サイバーセキュリティや金融取引の安全性担保のような社会的課題に加えて、脳神経科学における神経機能の解析やタンパク質の相互作用分析などの科学分野においてもグラフ解析は用いられ、応用範囲が大きく広がっています。こうしたグラフ解析の性能を競うのが、2010 年から開始されたスパコンランキング「Graph500」です。

規則的な行列演算である連立一次方程式を解く計算速度（LINPACK<sup>[2]</sup>）でスーパーコンピュータを評価する TOP500<sup>[3]</sup> においては、「京」は 2011 年（6 月、11 月）に第 1 位、その後、2014 年 11 月は第 4 位になりました。2015 年 7 月 13 日に公表された最新のランキングでも引き続き第 4 位につけています。一方、Graph500 ではグラフの幅優先探索（1 秒間にグラフのたどった枝の数(Traversed Edges Per Second;TEPS<sup>[4]</sup>）という複雑な計算を行う速度で評価されており、計算速度だけでなく、アルゴリズムやプログラムを含めた総合的な能力が求められます。

今回 Graph500 の測定に使われたのは、「京」が持つ 88,128 台のノード<sup>[5]</sup>の内の 82,944 台で、約 1 兆個の頂点を持ち 16 兆個の枝から成るプログラムスケール<sup>[6]</sup>の大規模グラフに対する幅優先探索問題を 0.45 秒で解くことに成功しました。ベンチマークのスコアは 38,621GTEPS（ギガテップス）です。Graph500 第 1 位獲得は、「京」が科学技術計算でよく使われる規則的な行列演算によるだけでなく、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有し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



## お知らせ

「京」の汎用性の高さを示すものです。また、それと同時に、高いハードウェアの性能を最大限に活用できる研究チームの高度なソフトウェア技術を示すものと言えます。「京」は、国際共同研究グループによる「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プロジェクト」および「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」の2つの研究プロジェクトによってアルゴリズムおよびプログラムの開発が行われ、2014年6月に17,977GTEPSの性能を達成し第1位、2014年11月に19,582GTEPSを達成し第2位でした。今回、国際共同研究グループによって「京」のシステム全体を効率良く利用可能にするアルゴリズムの改良が行われ、2倍近くの性能向上を達成し、世界第1位を再度獲得しました。

### 3. 今後の展望

大規模グラフ解析においては、アルゴリズムおよびプログラムの開発・実装によって今回のように性能が飛躍的に向上する可能性を示しており、今後も更なる性能向上を目指していきます。また、上記で述べた実社会の課題解決および科学分野の基盤技術へ貢献すべく、スーパーコンピュータ上でさまざまな大規模グラフ解析アルゴリズムおよびプログラムを研究開発していきます。

#### <東京工業大学博士課程 上野晃司氏のコメント>

「京」は昨年6月に1度は1位を獲得したものの11月には2位となっていました。今回共同研究者の方々と共に、アルゴリズムの新手法の考案、実装、および徹底した性能の分析とそれによる改良を実施し、大幅にスコアを向上させることに成功しました。再び世界1位になれたことを大変嬉しく思っています。今後もこのような努力を続け、「京」のポテンシャルをどこまで活かせるか、挑戦したいと思います。

### 4. 関連サイト

- ・ Graph500の詳細について（英語） <http://www.graph500.org/>
- ・ 理研計算科学研究機構 <http://www.aics.riken.jp/>

## 補足説明

### [1] スーパーコンピュータ「京（けい）」

文部科学省が推進する「革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ(HPCI)の構築」プログラムの中核システムとして、理研と富士通が共同で開発を行い、2012年に共用を開始した計算速度10ペタフロップス級のスーパーコンピュータ。「京（けい）」は理研の登録商標で、10ペタ（10の16乗）を表す万進法の単位であるとともに、この漢字の本義が大きな門を表すことを踏まえ、「計算科学の新たな門」という期待も込められている。

### [2] LINPACK

米国のテネシー大学のJ. Dongarra博士によって開発された規則的な行列計算による連立一次方程式の解法プログラムで、TOP500リストを作成するために用いるべ



## お知らせ

ンチマーク・プログラム。ハードウェアのピーク性能に近い性能を出しやすく、その計算は単純だが、応用範囲が広い。

### [3] TOP500

TOP500 は、世界で最も高速なコンピュータシステムの上位 500 位までを定期的にランク付けし、評価するプロジェクト。1993 年に発足し、スーパーコンピュータのリストを年 2 回発表している。

### [4] TEPS (Traversed Edges Per Second)

Graph500 ベンチマークの実行速度をあらわすスコア。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 秒間あたりに調べ上げた枝の数として定義されている。

### [5] 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 (OS) が動作できる最小の計算資源の単位。「京」の場合は、ひとつの CPU (中央演算装置)、ひとつの ICC (インターコネクトコントローラ)、および 16GB のメモリから構成される。

### [6] プログラムスケール

Graph500 ベンチマークが計算する問題の規模をあらわす数値。グラフの頂点数に関連した数値であり、プログラムスケール 40 の場合は 2 の 40 乗 (約 1 兆) の数の頂点から構成されるグラフを処理することを意味する。

## 機関窓口・問い合わせ先

### <機関窓口>

理化学研究所 計算科学研究機構 広報国際室 担当 岡田 昭彦  
TEL : 078-940-5625 FAX : 078-304-4964  
E-mail : aics-koho@riken.jp

理化学研究所 広報室 報道担当  
TEL : 048-467-9272 FAX : 048-462-4715  
E-mail : ex-press@riken.jp

国立大学法人東京工業大学 広報センター  
TEL : 03-5734-2975 FAX : 03-5734-3661

国立大学法人九州大学広報室  
TEL : 092-802-2130 FAX: 092-802-2139

富士通株式会社 広報 IR 室  
TEL : 03-6252-2174 FAX : 03-6252-2783

科学技術振興機構 広報課  
TEL : 03-5214-8404 FAX : 03-5214-8432