



PRESS RELEASE (2014/06/25)

## スーパーコンピュータ等のビッグデータ処理性能を計測するベンチマークテストで世界1位を獲得

### 概要

九州大学マス・フォア・インダストリ研究所の藤澤 克樹 教授、東京工業大学学術国際情報センターの佐藤 仁 特任助教、ユニバーシティ・カレッジ・ダブリンの鈴木 豊太郎 客員准教授、理化学研究所らの共同研究チームは、大規模なグラフを処理するソフトウェアを独自に開発し、「京」コンピュータや TSUBAME2.5 などの様々なスーパーコンピュータ上でビッグデータ処理性能を計測する Graph500(注1)及び Green Graph500(注2)ベンチマークテストを実施した結果、両者において世界第1位となったことが、ドイツのライプチヒで開催されたスーパーコンピュータの国際会議「ISC'14 (International Supercomputing Conference)」で2014年6月23日(日本時間6月24日)に発表されました。

### 背景

新しいスーパーコンピュータ(以下スパコン)の応用として大規模なグラフ解析が注目を集めています。グラフは点集合と枝集合から構成されます。例えば、道路交通ネットワークでは点は交差点、枝は交差点間の道路に該当します。また、Twitterなどのソーシャルネットワークの解析では、点はユーザ、枝はユーザ間のフォロー関係(あるいはメッセージ送信)などに関連させることが多くなっています。実際にカーナビゲーションシステムでは道路ネットワークがグラフデータとして内蔵されていて、ユーザの指示に応じて出発地点と目的地点間の最短経路検索を行っています。このように社会における実データをグラフデータに変換して、計算機で高速処理する需要が非常に高まっています。

スパコンのベンチマークテストでは Top 500(注3)が有名ですが、Top 500では主に数値計算能力が測定されます。今日ではスパコンの応用が幅広い分野に及び、交通ネットワーク分析やソーシャルネットワーク解析で注目されている大規模グラフ解析などのビッグデータ処理用途においては Top 500の結果を用いて計算機評価を行うことが難しくなりました。

そのため、スパコンの大規模データ処理性能を計測する Graph 500 ベンチマークテストが2010年より開始されました。また、Green Graph500は Graph500と同じくグラフ探索性能を競うベンチマークテストであり、昨今の厳しい電力事情を考慮すると、性能と同時に省電力性も極めて重要であり、今回の省電力グラフ探索の技術の多方面への応用が期待されています。

### 内容

九州大学マス・フォア・インダストリ研究所、東京工業大学学術国際情報センター、ユニバーシティ・カレッジ・ダブリン、理化学研究所らの共同研究チームは、次世代のスパコン上で大規模なグラフの高速な探索処理を行うソフトウェアの開発を2011年から進めてきました。冗長なグラフ探索を削減するアルゴリズムの利用、数千~数万台規模が高速なネットワークで接続された超並列計算機上での通信性能の最適化、マルチコアプロセッサ上でのメモリへのアクセス最適化、フラッシュデバイスの利用による大規模グラフ処理と高性能化の両立など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、モバイルデバイスからスパコンまでの様々なコンピュータ上での高速かつ省電力なグラフ処理を可能にしています。このたび、独自に開発したソフトウェアを用いて、大規模なグラフを解くことでスパコン上のビッグデータ処理を計測する Graph500、及び、その省電力性を計測する Green Graph500ベンチマークを様々な研究機関や企業の協力と支援によって実施した結果、両者において世界第1位等の高成績を達成しました。具体的な結果は以下のとおりです。

## ○ Graph500 ベンチマーク

順位	性能値	コンピュータ名	コンピュータ設置機関
1位	17,977 GTEPS	「京」コンピュータ	理化学研究所計算科学研究機構
12位	1,280.432 GTEPS	TSUBAME 2.5	東京工業大学 学術国際情報センター
42位	131.427 GTEPS	ismuv2k2 (SGI UV 2000) GraphCREST-Sandybridge-	統計数理研究所 統計科学技術センター
52位	45.709 GTEPS	EP-2.7GHz	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所

「京」コンピュータでは約 1 兆頂点、約 16 兆枝からなる超巨大グラフに対する幅優先探索を 0.978 秒で終了し、17,977 GTEPS(Giga TEPS)の性能を達成して Graph500 で 1 位となりました。17,977 GTEPS とは 1 秒間に約 17 兆 9770 億枝のグラフ探索が出来ることを意味します。TSUBAME2.5 スパコンでは 3 年間で約 12 倍の高速性能を達成しています。また SGI UV2000 は SMP(共有メモリ型)マシンでは最速となり、GraphCREST-Sandybridge-EP-2.7GHz マシンは 1 台のサーバとしては最速となります。我々が作成したソフトウェアはスパコンから 1 台のサーバまで非常に高性能であることが示されました。

## ○ Green Graph500 ベンチマーク ビッグデータ部門

1位	59.12 MTEPS/W	GraphCREST-Sandybridge-EP-2.4GHz	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所
2位	48.29 MTEPS/W	GraphCREST-Sandybridge-EP-2.7GHz	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所
3位	35.21 MTEPS/W	GraphCREST Node #1	東京工業大学 学術国際情報センター
4位	28.88 MTEPS/W	MEM-CREST Node #2	東京工業大学 学術国際情報センター
5位	17.24 MTEPS/W	GraphCREST-Bulldozer	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所
6位	14.06 MTEPS/W	TSUBAME-KFC	東京工業大学 学術国際情報センター
7位	12.48 MTEPS/W	Ismuv2k2	統計数理研究所

この部門では 1 位から 7 位までを我々の結果で独占しています。上記の 1 位の結果では 1 台のサーバ上で、約 10 億頂点、約 171 億枝数のグラフに対して、わずか 1 ワットの電力で 1 秒間あたりに約 5,912 万枝数のグラフ探索が行えることを実証しました。通常は、大規模なグラフを処理する際は全てのデータをコンピュータ上のメモリ上に格納して計算を行います。今回開発した手法では、冗長なグラフ探索を削減するアルゴリズムの利用、マルチコアプロセッサ上へのメモリアクセスの最適化、不揮発性デバイスへの効率的な I/O 手法などのソフトウェア技術や、低コストで高性能・大容量な不揮発性デバイス構成手法を高度に組み合わせることにより、コンピュータのメモリに収まらない規模のグラフに対しても、省エネルギーで高速な処理を可能にしています。上記の 3 位と 4 位の結果は、不揮発性デバイスの活用とソフトウェア技術により、従来はスパコンでなければ解くことができなかった規模のグラフが、1 台のサーバでも、安価かつ省電力で高い性能が達成できることを示しました。

1 台のサーバの主なスペックは以下のとおり

GraphCREST-Sandybridge-EP-2.4GHz

: Intel Xeon CPU E5-4640 2.40GHz 4-way マシン(メモリ 512GB)

GraphCREST-Sandybridge-EP-2.7GHz

: Intel Xeon CPU E5-4650 2.70GHz 4-way マシン(メモリ 512GB)

Graph Crest Node #1

: Intel Xeon CPU E5-2690 2.9GHz 2-way マシン (mSATA 256GB x16、メモリ 256GB)

## ○ Green Graph500 ベンチマーク スモールデータ部門

2位	235.15 MTEPS/W	GraphCREST-Xperia-Z1-SO-01F	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所
3位	230.41 MTEPS/W	GraphCREST-Xperia-A-SO-04E	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所
4位	204.38 MTEPS/W	EBD-GoldenBox-Prototype	東京工業大学 学術国際情報センター
5位	180.76 MTEPS/W	GraphCREST-Xperia-A-SO-04E	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所
6位	171.77 MTEPS/W	GraphCREST-Xperia-Z1-SO-01F	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所
7位	153.17 MTEPS/W	GraphCREST-Xperia-A-SO-04E	中央大学

この部門でも様々な測定を行いました。例えば SONY Android 携帯 Xperia SO-01F（上記の GraphCREST-Xperia-Z1-SO-01F）の測定では 235.06 MTEPS/W を達成して、世界 2 位を獲得しました。これは 1 秒間あたりに 2.35 億枝探索する性能をわずか 1 ワットで達成できる電力性能です。昨今の厳しい電力事情を考慮しますと性能と同時に省電力性も極めて重要であり、今回の省電力グラフ探索の技術の多方面への応用が期待されています。

## ■今後の展開

今回の研究によって、スパコンから Android 携帯まで高性能かつ省電力なソフトウェアの開発に成功しました。今後はこのソフトウェアを用いることによって、以下の分野に対してグラフ解析を適用することが期待できます。

1. 交通データに対する経路探索：動的に変化する交通量等から高速な重要度判定を行うことによって、交通管制等に活用する。
2. ソーシャルネットワークデータ(マイクロブログや SNS など) やウェブデータに対する動的な重要度、影響度の判定。各点の周辺、及び広域内における影響(情報の伝播力)を推定する。
3. その他：疫病の拡散、人口の増減、経済動向等の分析。ライフライン等の基盤計画(電力、水、食料)。生命科学系(創薬、遺伝子)。ビジネス系(金融、データマイニング)。安全保障分野(組織構成の解明、事件事故の事前予測)。

## 【共同研究チーム】

九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 教授 藤澤克樹(チームリーダー)、同テクニカルスタッフ 安井雄一郎、ユニバーシティ・カレッジ・ダブリン客員准教授 鈴木豊太郎、東京工業大学 学術国際情報センター 特任助教 佐藤仁、東京工業大学大学院 情報理工学研究科 計算工学専攻 博士課程 上野晃司(理化学研究所研修生を兼任)、数理・計算科学専攻 博士課程 岩渕圭太、東京工業大学 学術国際情報センター 教育研究支援員 溝手竜ら

本研究は以下の研究機関や企業の協力と支援を受けました。

- 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」
- 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」
- 独立行政法人理化学研究所 計算科学研究機構
- 国立大学法人東京工業大学 学術国際情報センター (平成 26 年度春期 TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度を利用)
- 統計数理研究所 統計科学技術センター
- 日本 SGI 株式会社
- NVIDIA Japan

## 【用語解説】

(注 1) Graph500：幅優先探索によって 1 秒間に探索したグラフのエッジ(枝)の数が指標として用いられる。具体的には単位指標は TEPS (Traversed Edges Per Second) が用いられ、TEPS 値が高ければ、高速にグラフ探索を行うことができることを意味する。

Web サイト：<http://www.graph500.org/>

(注 2) Green Graph500：単位指標は TEPS / W (Traversed Edges Per Second / Watt) が用いられ、TEPS / W 値が高ければ、単位消費電力あたりのグラフ探索性能が高い、つまり省電力性能が高いことを意味する。Green Graph500 では処理する対象となるグラフの規模に応じてビッグデータ部門とスモールデータ部門に分かれている。

Web サイト：<http://green.graph500.org/>

(注 3) Top 500 では 1993 年よりスパコンの数値計算における性能を半年ごとに世界 1 位から 500 位までのランキングが行われている。当ベンチマークでは LINPACK という密な行列を持つ連立方程式の解を求めるアルゴリズムを用い、その実行時の性能(FLOPS)値を指標として用いる。

**【お問い合わせ】**

&lt;研究内容に関すること&gt;

&lt;報道に関すること&gt;

<p>九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所 教授 藤澤 克樹 (ふじさわ かつき) TEL : 092-802-4402 FAX : 092-802-4405 Mail : fujisawa@imi.kyushu-u.ac.jp</p>	<p>九州大学 広報室 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 TEL : 092-802-2130 FAX : 092-802-2139 Mail : koho@jimu.kyushu-u.ac.jp URL : <a href="http://www.kyushu-u.ac.jp">http://www.kyushu-u.ac.jp</a></p>
<p>東京工業大学 学術国際情報センター 特任助教 佐藤 仁 (さとう ひとし) TEL : 03-5734-3876 FAX : 03-5734-3876 Mail : hitoshi.sato@gsic.titech.ac.jp</p>	<p>東京工業大学 広報センター 〒152-8500 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL : 03-5734-2975 FAX : 03-5734-3661 Mail : media@jim.titech.ac.jp URL : <a href="http://www.titech.ac.jp/">http://www.titech.ac.jp/</a></p>